

TÁMOP 4.1.2.B.2-13/1-2013-0007
„ORSZÁGOS KOORDINÁCIÓVAL A PEDAGÓGUSKÉPZÉS MEGÚJÍTÁSÁÉRT”

Eötvös Loránd Tudományegyetem
TTK Földrajz- és Földtudományi Intézet Földrajztudományi Központ

Makádi Mariann – Radnóti Katalin – Róka András – Victor András

A természetismeret tanítása és tanulása

Szakmódszertani tankönyv

Budapest, 2015

SZÉCHENYI 2020



MAGYARORSZÁG
KORMÁNYA

Európai Unió
Európai Szociális
Alap



BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

A természetismeret tanítása és tanulása

Szakmódszertani tankönyv

Szerkesztő:

dr. Makádi Mariann

Szerzők:

dr. Makádi Mariann

(1.1., 1.2., 5.1., 5.2, 7.2., 7.3., 7.4., 7.5., 7.6., 8.1.,
8.2., 9.1., 9.2., 10.1., 10.2., 10.3. fejezet)

dr. Radnóti Katalin

(2.1., 2.2., 3.1., 4.1., 7.4., 7.6. fejezet)

dr. Róka András

(3.2., 4.2., 5.1., 5.2. fejezet)

dr. Victor András

(4.2., 6.1., 6.2., 6.3., 7.1., 7.2., 8.2., 9.2. fejezet)

Lektorálta:

dr. Lakotár Katalin

dr. Papp Katalin

dr. Szerényi Gábor

Előszó

“A természettudományok tanárának nemcsak természettudományi ismereteket kell adnia, hanem azt is meg kell értetnie, mi a modern természettudomány jelentősége az emberiség történetében. Az ember sokféle kulccsal próbálta meg nyitni a természetet, de a modern természettudomány az első, amely valóban nyit is. Az egyetlen világmagyarázat, amely nem a mítosz vagy művészi vízió laza összefüggését teremti meg a dolgok közt, hanem az egész természetet egyetlen, minden részletre kiterjedő egységes fogalmi hálózattal magyarázza.

A természettudomány az ember legtökéletesebb mítosza. Végül ez az, amelynek a legnagyobb gyakorlati következményei vannak; a természettudomány mögött ott jár egyre hatalmasabb alkotásaival a technika, az emberi lét egyik legnagyobb formálója.”

(Németh László)

A természetismeret különleges tantárgy a magyar közoktatási rendszerben. Nem kicsinyített biológia, földrajz, fizika és kémia tudomány, nem is az ilyen nevű tantárgyak egyszerűsített, alapozó változata egy tantárgyba gyúrva. Alapvetően **szemléletformáló** tantárgy a természettudományok szisztematikus tanulása előtt, amely előkészíti a tanulókat a tudományterületek befogadására azáltal, hogy megszeretteti a természeti környezetet, azok objektumait, felkelti irántuk a gyerekek érdeklődését, megismerteti a természettudomány gondolkodásmódját, és segít azoknak a készségeknek a kialakulásában, amelyek nélkül nem lehet eredményesen tanulmányozni és megismerni a természetet. Ezért hát különösen fontos, hogyan, milyen szemlélettel készülnek fel hivatásukra a természetismeretet tanítók.

Ez a tankönyv nem tér ki a szak módszertan minden területére, csak azokkal a pedagógiai, didaktikai és szak módszertani témákkal foglalkozik, amelyeknek szerepük van a szemléletformálásban. Tartalmi szempontból pedig a természetismeret alapvető területeiben gondolkodik: az anyag és energiafogalom, a kölcsönhatások és a mozgás fogalmi rendszerének kiépítéséről, illetve a tér- és az időszemlélet alakításának kérdéseiről. Ezek a szaktudományos tartalmú fejezetek (2–4. fejezet) azt tárják az olvasó elé, hogy milyen ismeretelméleti, szaktudományi és pedagógiai logika mentén érdemes foglalkozni a természettel azoknak a tanároknak, akik a 10-12 éves gyerekek tanítására vállalkoznak. Tehát hangsúlyozzuk, hogy nem a tanulóknak átadandó ismereteket foglalja össze, nem is az ide vonatkozó szaktudományi tartalmakat, hanem a természettudomány megközelítésének egyfajta szemléletét. Nem törekszik a témák azonos terjedelmű és mélységű kibontására sem. Úgy gondoljuk, hogy a leendő természetismeret tanároknak “át kell rágniuk magukat” a szakmai és szak módszertani gondolatmeneteken, hogy felépíthessék majd saját tantárgyfilozófiájukat és szemléletüket.

Budapest, 2015. június

dr. Makádi Mariann

Tartalom

1. fejezet. A természetismeret tanításának társadalmi alapjai	7
1.1. A tudáskép és a tantervek időbeli változása a szakmai és a társadalmi elvárásokkal	8
1.1.1. A természettudomány és a természetismeret tantárgy kapcsolata	8
1.1.2. A természetismeret az iskolai tantárgyak között	9
1.1.3. A természetismeret tanításának céljai és feladatai	13
1.1.4. A természetismereti tudás értelmezése	15
1.2. A természetismeret tanár tudásközvetítő, tanulást irányító-szervező szerepe	19
1.2.1. Ismeretátadás vagy tanulásirányítás?	19
1.2.2. A tanulásirányítás pedagógiai elvei	21
A fejezetben felhasznált és ajánlott irodalom	22
2. fejezet. Az anyagkép és az energiafogalom tanításának szaktudományi háttere és szemléleti kérdései	23
2.1. Az anyagkép alakítása a természetismeret tantárgyban	25
2.1.1. A részecskemodell bevezetése a természetismeret tanításában	25
2.1.2. A sűrűségfogalom kialakítása a természetismeretben	31
2.1.3. A testek rugalmassága	36
2.2. Az energiafogalommal kapcsolatos tudás fizikai alapozása a természetismeretben	38
2.2.1. Az energiaforrások és az energia megmaradása	39
2.2.2. A hő és a hőmérséklet fogalmának szétválasztása	43
2.2.3. Az energiaterjedés módjai	50
A fejezetben felhasznált és ajánlott irodalom	56
3. fejezet. A kölcsönhatások témakör tanításának szaktudományi háttere és szemléleti kérdései	58
3.1. A kölcsönhatások típusai és azok megjelenése az oktatásban	59
3.1.1. A gravitációs és az elektromágneses kölcsönhatás	59
3.1.2. A gyenge és az erős kölcsönhatás	65
3.1.3. Az anyagot felépítő részecskék közötti kölcsönhatások	67

3.2. A kölcsönhatások és következményeik komplex megközelítése	71
3.2.1. A kölcsönhatás fogalmának bevezetése és bővítésének kezdeti szakasza	72
3.2.2. Az erők világa	81
3.2.3. A kölcsönhatásokra jellemző energiafajták értelmezése	87
3.2.4. A kölcsönhatás kiterjesztése a halmazokra (a részecske sokaságra)	95
3.2.5. Egymásra épülés – a rendszerek hierarchiája	98
A fejezetben felhasznált és ajánlott irodalom	117
4. fejezet. A mozgások témakör tanításának szaktudományi háttere és szemléleti kérdései	118
4.1. A mozgásokkal kapcsolatos tudás fizikai megalapozása a természetismeret tantárgyban	119
4.1.1. Az elérendő fontosabb fogalmi váltások	119
4.1.2. Javaslatok a mozgások témakörének feldolgozásához	122
4.2. A mozgástípusok rendszertanának értelmezése	128
4.2.1. Ismeretek és tudásszintek	128
4.2.2. A mozgási fogalmak egymásra építésének egyszempontú szakasza	130
4.2.3. A mozgási fogalmak egymásra építésének többszempontú szakasza	136
A fejezetben felhasznált és ajánlott irodalom	152
5. fejezet. A tér- és az időszemlélet alakításának szaktudományi háttere és szemléleti kérdései	153
5.1. A térszemlélet és alakítása a természetismeret tanulása során	154
5.1.1. A téri dimenziók és szemléletük fejlődéstörténete	154
5.1.2. A téri intelligencia és a téri képesség fejlődési folyamata	167
5.1.3. A téri képesség fejlesztése a természetismeret tanítása során	174
5.1.4. A tájszemlélet formálása a természetismeret tanításában	176
5.1.5. A térképi tájékozódás és a topográfiai tudás fejlesztése	182
5.2. Az időszemlélet és alakítása a természetismeret tanítás-tanulás során	189
5.2.1. A tér testvére az idő	190
5.2.2. Gondolkodtatás különböző időléptékekben	195
5.2.3. Miért fontos, hogy mi mikor történt?	209
A fejezetben felhasznált és ajánlott irodalom	211
6. fejezet. Az összefüggő rendszerek tanításának szaktudományi háttere és szemlélete	213

6.1. A rendszer-gondolkodás fejlesztése a természetismeret tanításában	214
6.1.1. Minden mindennel összefügg	214
6.1.2. Az exkluzív és az inkluzív gondolkodásmód	216
6.2. Az ökológiai szemlélet és a természeti környezet egységes szemlélete	222
6.2.1. Összefüggések az ökológiai rendszerekben	222
6.2.2. Ökológiai szintek és kapcsolatok	229
6.2.3. Bolygónk mint élőlény?	236
6.3. A környezettudatosság és a fenntarthatóság szemlélete	238
6.3.1. A környezetvédő gondolkodás	238
6.3.2. A hálózatok világa	243
6.3.3. A fenntarthatóság szemlélete	247
A fejezetben felhasznált és a ajánlott irodalom	249
7. fejezet. A természetismereti tudásszerzés didaktikai háttere	250
7.1. Alkalmazkodás az életkori sajátosságokhoz a természetismeret tanítása során	251
7.1.1. A felfelé tekintő pedagógiai látásmód	251
7.1.2. Az életkori szakaszok sajátosságai	252
7.1.3. Gondolkodási műveletek 10-12 éves gyerekeknél	258
7.2. A természettudományos megismerés	260
7.2.1. A tanulók érdeklődésének megnyerése	260
7.2.2. A megismerés alsóbb szintjei	263
7.2.3. A megismerés dinamikus szintjei	272
7.3. Természettudományos megismerési és elemzési algoritmusok kialakítása, alkalmazása	278
7.3.1. Algoritmizált élet az iskolában és a mindennapokban	278
7.3.2. Az algoritmikus gondolkodás tanulása a természetismeretben	281
7.4. A konstruktivizmus elemeire épülő természetismeret tanulási-tanítási folyamat	286
7.4.1. A konstruktivista tanulásszemlélet	286
7.4.2. A tanulási folyamat elősegítése a természetismeret tanítása során	290
7.5. Tanulás kérdésekkel	293
7.5.1. A világ megismerésének útja a kérdezés	293
7.5.2. A természettudományos kommunikáció szabályainak érvényesítése a tanulása során	301

7.6. Természetismeret-tanulás eltérő utakon és együttműködésben	303
7.6.1. A differenciálás pedagógiai alkalmazásának szükségessége	303
7.6.2. A kooperatív természetismeret-tanulás	307
A fejezetben felhasznált és ajánlott irodalom	311
8. fejezet. Készség- és kompetenciafejlesztés a természetismeret tanításában	313
8.1. A készségfejlesztő pedagógiai alapjai	314
8.1.1. A készségfejlesztés szak módszertani értelmezése	314
8.1.2. A természetismeret-tanítás készségfejlesztési rendszere	319
8.2. A természetismeret tantárggyal összefüggő kompetenciák és fejlesztésük módszerei	323
8.2.1. Az életnek tanulunk?	323
8.2.2. A kompetencia fogalmi tisztázása	324
8.2.3. Kompetenciák fejlesztése a természetismeret tantárgyban	330
A fejezetben felhasznált és ajánlott irodalom	333
9. fejezet. A természetismeret tevékenységközpontú tanítási-tanulási gyakorlata	335
9.1. A tevékenységközpontú természetismeret tanítás-tanulás pedagógiai és szak módszertani háttere	336
9.1.1. A tanulási folyamat pedagógiai megközelítésének fejlődése	336
9.1.2. A tanulói kutatásra épülő tanulási folyamat	339
9.1.3. Természetismeret tanulás projekt módszerrel	344
9.1.4. A természetismert tanulása terepi módszerekkel	350
9.2. A természetismeret tanulása modellezéssel	355
9.2.1. A modell és a modellezés értelmezése	355
9.2.2. Tanulás modellek segítségével	358
A fejezetben felhasznált és ajánlott irodalom	366
10. fejezet. A tanítási-tanulási folyamat tervezése és értékelése	367
10.1. Tanári felkészülés a természetismeret tanítására	368
10.1.1. A helyi tanterv és tantervi program összeállítása	369
10.1.2. Felkészülés a tanítási folyamatra	371
10.2. A természetismereti tudás ellenőrzése és értékelése	379
10.2.1. A tanulók természetismereti tudásának ellenőrzése	379

10.2.2. A tanulók természetismereti teljesítményeinek értékelési elvei	382
10.2.3. A tanulói teljesítmények értékelésének módszerei	388
10.3. A tanítási folyamat elemzése és értékelése	390
10.3.1. A tanítási órák megfigyelése	390
10.3.2. A tanítási órák tanári elemzése és értékelése	391
A fejezetben felhasznált és javasolt irodalom	397

Fogalomtár

Névtár

1. fejezet

A természetismeret tanításának társadalmi alapjai



1.1. A tudáskép és a tantervek időbeli változása a szakmai és a társadalmi elvárásokkal

Írta: dr. Makádi Mariann

Kulcsszavak: természettudomány, természetismeret, komplex tantárgy, Nemzeti alaptanterv, Ember és természet műveltségi terület, kerettanterv, tudáskép, természettudományos megismerés, alkalmazó tudás, gondolkodási tudás, ismeret jellegű (tartalmi) tudás, képesség jellegű tudás, kompetencia alapú műveltségmodell, szakértői tudás, természettudományos műveltség, természetismereti tudás

1.1.1. A természettudomány és a természetismeret tantárgy kapcsolata

„A természettudomány végeredményben nem más, mint az ember kísérlete arra, hogy tisztán lássa saját szerepét, saját helyét az egész mindenségben. Más szóval: a természettudomány egyik útja, módja annak, hogy az ember megértse önmagát.” Ditfurth filozofikus definíciója rámutat az élő és élettelen természet jelenségeinek, objektumainak tanulmányozásával foglalkozó tudományágak, azaz a **természettudomány** lényegére, arra, hogy az a természet működésének megértésére irányul. Alaptudományai (a fizika, a kémia, a biológia, a földtudomány és a csillagászat) az adott tudományok vizsgálati módszereinek, logikájának megfelelő módon roppant mennyiségű tény, adatot, törvényt és összefüggést szolgáltatnak a működés természetének megértéséhez. E tudományok analizálják a természeti világot, a természettudomány pedig rendszerezi és szintézisbe helyezi ezt a tudást.

Ami évezredek óta jól működik a tudományban, nem (feltétlenül) alkalmazható az oktatásban. Különösen igaz ez a közoktatásra, ahol nem tudományos mélységű és rendszerezettségű tudással rendelkező emberek, hanem sokféle motivációval, intuícióval és tapasztalattal rendelkező gyerekek a tudásszerzési folyamat résztvevői. Ezért a tantárgyak rendszere és belső felépítése, tudásrendszere és módszerei csak részben követhetik a tudományt, igazodniuk szükséges a tanulók életkori sajátosságaihoz, mentális fejlődésük aktuális szintjéhez, és ami talán a legfontosabb, le kell egyszerűsíteniük a valóságot annak érdekében, hogy a gyerekek számára érthető és befogadható legyen. Meg kell találni azt a kényes egyensúlyt, amelyben a tudományok nem sérülnek (például a leegyszerűsítéssel vagy általánosítással nyert valóság igazság marad), ugyanakkor vonzók a tanulónak és feldolgozhatók általuk. Szó sincs arról, hogy a természettudósok művelik a „nagy tudományt”, az iskolások pedig szerzik a „kis tudományt”. Tudomány és tantárgy között nem mennyiségi különbség van, hanem minőségi. Az iskolai természettudományos tartalmú tantárgyak a lexikális ismeretek halmozása helyett **az ismeretszerzés céljainak és módjainak**

megismerését kívánják elérni. Ugyanakkor a tudományágak belső rendjéből kialakított ismeretek nem könnyen állnak össze egésszé, és a módszerek megismerése nem pótolja a tényszerű ismereteket, nem helyettesíti a gondolkodást (Csorba, 2011).

Természettudomány tantárgy nincs a magyar közoktatási rendszerben. Tartalmához, szemléletéhez és szándékához a **természetismeret** áll a legközelebb. Természetismeret néven jelenleg kétféle tantárgy is van: az oktatás alapozó szakaszában, az általános iskolák 5-6. évfolyama, valamint a szakiskolákban 9-10. évfolyama számára. Abban azonosak, hogy a természettudományokat valamilyen integráló elv mentén közelítik meg. A tankönyv, amelyet most Ön olvas, az **5-6. évfolyamos** kisdiákoknak szóló természetismeret tanításával foglalkozik. A tantárgy tanulása a természettudományos nevelés és a kompetenciafejlesztés fontos és egyedi szakasza. Az alsó tagozatos környezetismeretre épül, amellyel együtt megalapozza az **egységes természetképzet** kialakulását. Ez az első és utolsó kapcsolatteremtés a természettudományos tartalmak között a mai hazai iskolarendszerben.

1.1.2. A természetismeret az iskolai tantárgyak között

A természetismeret tantárgy kialakulásának folyamata

A tantárgy az első Nemzeti alaptanterv bevezetésével húsz évvel ezelőtt (1995-ben) került a közoktatási rendszerbe, amikor az Ember és természet műveltségi területében egy részterületet így neveztek el, aminek következtében a tantárgy neve is ez lett az 1-6. évfolyamon. Azt megelőzően a környezetismeret tantárgy töltött be hasonló szerepet. A **környezetismeret** hagyományosan (az 1962-es tanterv bevezetésétől) az alsó tagozatosok tantárgya, amelynek tanulását az 1978-as tanterv bevezetésekor kiterjesztették az 5. évfolyamra is, mert már erős volt a társadalmi igény az integrált természettudomány oktatására (1.1. táblázat). A környezetismeret tantárgy csak az 1-3. évfolyamon volt többé-kevésbé integrált jellegű, amelynek a természetben előforduló kölcsönhatások (például halmazállapot-változások, az időjárás és a felszínformák változása) adták a tartalmi keretét. 4-5. évfolyamon bár egy tantárgyban kapott helyet az élő és az élettelen természeti környezet megismerése, azok elemeit egymástól elkülönült témakörök keretében tanulták a gyerekek. Egyenestől nagyon eltérő mélységű, fogalomkészletű és absztrakciós szintű témák (például a szarvasmarha életmódja és a talaj kialakulása, a mészkőhegységek és a tölgyerdő) váltogatták egymást. E komplex jellegű természettudományos tananyagmozaik struktúráját és gondolatmenetét a 10-11 éves tanulók alig követték. Nehezen birkóztak meg a roppant nagy mennyiségű és elvont fogalomkészlettel, az ahhoz kapcsolódó elvárt több okból kiinduló gondolkodással, tevékenységekkel (például a szférikus geometria alkalmazása a földrajzi koordinátarendszerben, éghajlatok kialakulása, a rendszerszemlélet az éghajlatban, a közetek csoportosításában). A szűkre szabott időkeretek miatt pont az maradt el, ami miatt létrejött a tantárgy: a környezet cselekvések általi megismerése. Így aztán a 6. évfolyam-

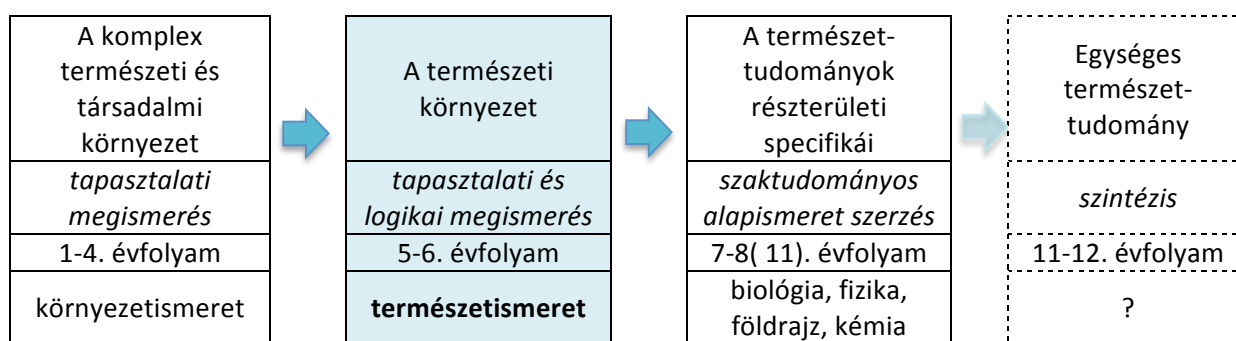
Tanterv	1-4. évfolyam	5-6. évfolyam	7-8. évfolyam
1962-as	környezetismeret (2 + 2 + 2 + 2 óra/hét)	biológia	
		fizika	
		földrajz	
		kémia	
1978-as	környezetismeret (2/1 + 1/2 + 2/1 + 3/2 + 3/2 óra/hét)	biológia	
		fizika	
		földrajz	
		kémia	
Nat-1995	természetismeret (javasolt arány: 2 + 2 + 2 + 2 + 2 óra/hét)		biológia
			fizika
			Földünk és környezetünk
			kémia
Kerettanterv-2000	környezetismeret (2 + 2 + 2 + 2 óra/hét)	természetismeret (2 + 2 óra/hét)	biológia
			fizika
			Földünk és környezetünk
			kémia
Nat-2007 → kerettanterv	környezetismeret 1-2. évf. 1 óra/hét 3-4. évf. 2 óra/hét	természetismeret (minden évfolyamon 2-2,5 óra/hét)	biológia
			fizika
			földrajz
			kémia
Nat-2012 → kerettanterv	környezetismeret (1 + 1 + 1 + 1 óra/hét)	természetismeret (2 + 2 óra/hét)	biológia
			fizika
			földrajz
			kémia

1.1. táblázat. A természettudományos alapoó tantárgyak rendszere a különböző tantervekben (Makádi M. 2015)

tól önállóvá váló természettudományos tantárgyak (biológia, földrajz, kémia és fizika) megalapozása sikertelenné vált. Az ismeretközpontú, a tanulók adottságai helyett elsődlegesen a szaktudományok szempontjait szem előtt tartó tananyag befogadhatatlanná vált, nem szolgálta a természet dolgainak, jelenségeinek megértését, és elszakadt a valóságtól. Az 5. évfolyamra kiterjesztett környezetismeretnek mint tantárgynak volt egy másik lényegi problémája is. A környezetismeret eredetileg a környezet megismertetésével nemcsak a természettudományos, hanem a társadalmi alapismeretek közvetítésére volt hivatott. Az 5. évfolyam tananyagából viszont a társadalmi ismeretek, különösen annak állampolgári vonatkozásai gyakorlatilag kimaradtak (legfeljebb egy-egy tartalmi jellegű utalás volt azokra). Vagyis az 5. osztályos tantárgy, bár környezetismeretnek nevezték, tartalmát tekintve természetismeret volt.

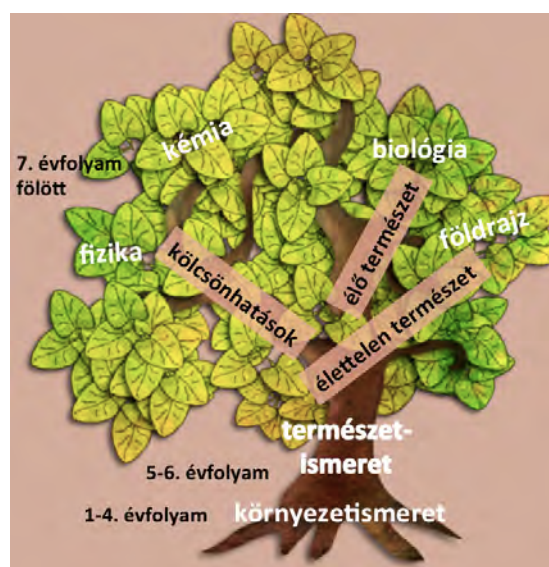
E sikertelen előzmények után az 1995-től bevezetett Nemzeti alaptantervvel alapvetően megváltozott a **természettudományos nevelés** helyzete. Az **Ember és természet műveltségi területben** lerakták egy egységes ívű alapoázás építőköveit. Ugyan a kerettantervek később 1-

4. évfolyamon környezetismeret és 5-6. évfolyamon természetismeret tantárgy bevezetését indukálták (28/2000. (IX. 21.) OM rendelet), a 6-10 éves tanulók **fejlesztését** egységes szempontokra építették. A természettudományos tartalmak a gyerekek gondolkodásának szintjéhez igazodnak, a fejlesztés javasolt útja a képi gondolkodástól az elvont fogalmi gondolkodás irányába vezet. Kiterjedt a tapasztalati megismerés szerepe, és a tantárgy a tanulói kompetenciák fejlesztésének eszközévé vált. A természetismeret-tanulás két évének kiemelt feladata, hogy a tanulók fokozatosan elsajátítsák **a természettudományok tanulásának műveleteit**, az alapvető **megismerési módszereket** és **a természet egységes szemléletét**, amely a **környezettudatos** gondolkodásban és magatartásban, cselekvésekben teljesebben ki. Mind a képességek, mind a tartalmak tekintetében fontos **láncszeme** annak a tudásépítési folyamatnak, amely során a környezetről tapasztalatilag szerzett egységes, komplex képzet egyre szűkül és differenciálódik, előbb (5-6. évfolyamon) már csak a természeti környezetre irányul (csekély társadalmi kitekintéssel), majd 7. évfolyamtól a természettudomány szaktudományi területeire (fizikára, kémiára, biológiára és egészségtanra, illetve földrajzra) tagolódik (1.1-1.2. ábra).



1.1. ábra. A természettudományi tudásépítés elemei a közoktatásban hazánkban 2012 után (Makádi M. 2015)

Megjegyzendő, hogy ez a megismerési logika akkor teljesebben ki, ha a középiskolai tanulmányok végén a szaktudományokként differenciált tudásszerzést egy integráló, szintetizáló szakasz (esetleg tantárgy) zárna le. Ez azonban – összefüggésben a természettudományok alacsony társadalmi presztízsével – feltehetően nem következik be a közeljövőben sem, legfeljebb az egyes tantárgyak szintetizálják valamilyen szempont szerint a tudást (például a földrajz a globális problémák, a biológia a gazdálkodás és a fenntarthatóság témakörökben). (A szakiskolai természetismeret tantárgy jelen tartalmával, időkeretével és metodikájával meg sem közelíti ezt a szerepet.)

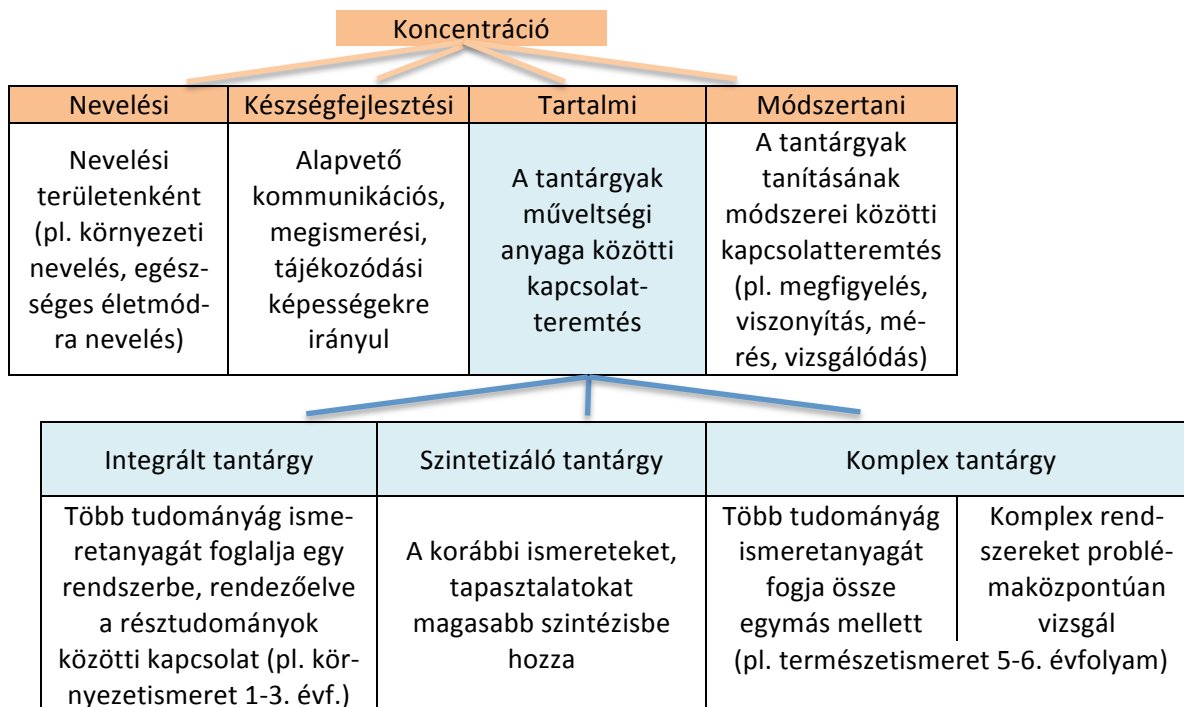


1.2. ábra. A természetismeret tantárgy helye a tantárgyak rendszerében (Makádi M.)

A természetismeret tantárgy szerepe a közoktatási rendszerben

A tantárgy kibontakozásának bemutatásából már érzékelhető, hogy a természetismeret **egyedülálló szerepet** tölt be a magyar közoktatási rendszerben azáltal, hogy még a felső tagozatban is **egységes szemlélettel** közelíti meg a gyerekek számára egyáltalán nem differenciálódó természeti környezetet, a teret, annak jelenségeit, folyamatait és összefüggéseit. Jól jelzik ezt a Nemzeti alaptanterv Ember és természet műveltségi területében felsorakoztatott **közműveltségi tartalmak** is. 5-6. évfolyamon ugyanazok a tematikus egységek ismétlődnek, mint alsó tagozatban, részben más megközelítésben (a természeti környezetre szűkítve), de hasonló tevékenységekhez kapcsolódva, a hagyományostól és a tudományokétól eltérő rendszerben: rendszerek, felépítés és működés kapcsolata, állandóság és változás a környezetünkben, környezet és fenntarthatóság.

A tantárgy **módszerkészlete** igazodik a kognitív fejlődés sajátosságaihoz, ahhoz a pedagógiai-pszichológiai igényhez, hogy a kisgyermekeknek megközelítően 12 éves korukig komplex jellegű megismerésre és alapkészség-fejlesztésre van szükségük. Ezért az 5-6. évfolyamos tananyag nem földrajz, nem is biológia, még kevésbé fizika vagy kémia, tehát nem leegyszerűsített szaktudományok! A természetismeret **közös logikára fűzi fel a természeti alapfolyamatokat, jelenségeket, és felfedeztet**i, nem verbálisan ismerteti meg azokat a tanulókkal.



1.3. ábra. A koncentrációs elv elemei a természettudományok tanításában (Makádi M. 2005)

Mindez jól mutatja, hogy a természetismeret egyedülálló módon ad lehetőséget a **koncentrációs elv** megvalósítására, ami a pedagógiában a különböző szaktudományi tartalmak, pedagógiai és metodikai eljárások közötti kapcsolatteremtést jelenti. A természetismeret az egyetlen tantárgy a magyarországi közoktatási rendszerben, amely nemcsak a szaktudományok műveltségi anyagát fűzi össze egy logika mentén (**tartalmi koncentráció**), hanem a szaktudományok iskolai feldolgozásának alapját képező hasonló módszerek közös elsajátítását és az azokkal összefüggő készségek fejlesztését is felvállalja (**készségfejlesztési és módszertani koncentráció**). Sőt, bizonyos értelemben az egészséges életmódra nevelésnek és a környezeti nevelésnek is az egyik bázisantárgya, így a **nevelési koncentráció** elvét is képes érvényesíteni (1.3. ábra). Azonban megjegyzendő, hogy a koncentrációs elv csak akkor valósul meg, ha a tanterv szellemében tanítják a természetismeretet. Azokban az iskolákban, ahol a természetismeretet feldarabolják biológiára, földrajzra, esetleg még fizika-kémiára is, alapjaiban döntik romba ezt az elvet, s ezen keresztül a tantárgy lényegét.

1.1.3. A természetismeret tanításának céljai és feladatai

A természetismeret tanításának céljai összefüggésben állnak a tantárgy egyedülálló szerepével. **Alapvető célja**, hogy – továbbfejlesztve az 1-4. évfolyamon a környezetismeret tantárgy által megalapozott képességeket – **előkészítse a természet- és társadalomtudományos megismerési módszerek elsajátítását**. Ezek segítségével együtt fejlődhet ki a tanulóknak a környezetre vonatkozó alapismeretek megszerzésének a képessége.

A pedagógusi munka oldaláról nézve fontos, hogy pontosan értsük a **tantárgy metodikai szándékait** is. Hazánkban hagyományosan a különféle szaktudományos tárgyakat (fizikát, biológiát stb.) oktató tanárok tanítanak 5-6. osztályban (noha biztosított a jogszabályi lehetőség a tanítók számára is, illetve néhány éve indult a természetismeret szakos osztatlan tanárképzés). Ám a természetismeret nem tanítható a szigorúan vett szaktudományok tanításának módszereivel, mert más a lényege. Nem egyszerűsített, elemi szintű biológia, földrajz, fizika és kémia. A tantárgy **nem az egyes természettudományok alaptételeivel foglalkozik**, hanem vizsgálódásának középpontjában az élő- és az élettelen természet, a jelenségek és a folyamatok megismerése, a **valós és egységes környezet** áll. Tanításának legfőbb pedagógiai célja, hogy **meginduljon a természettudományos** (és részben a társadalomtudományos) **ismeretek megszerzésének folyamata** a tanulóknak. Ezt pedig elsősorban a **pozitív beállítódás kialakításával** kívánja elérni. Azt szeretné, hogy a gyerekek rácsodálkozásai, pozitív élményeik alapján megszeressék a természetet, és ezen keresztül ébredjen fel érdeklődésük annak tárgyai, élőlényei, jelenségei iránt, tehát igényeljék azok alaposabb megismerését.

E célok elérése érdekében a természetismeret tanító tanár **feladata** nem az, hogy tényismeretek sokaságát, tudományos fogalmak definícióját zúdítsa a gyerekekre, hanem hogy **megszilárdítsa a természettudományos nevelés kognitív alapjait**, közvetítésével, irányításával elsajátítsák a környezet elemeinek és jelenségeinek megismeréséhez szükséges **módszereket**. Ezért a fogalmaknak csak a tartalmi jegyeit vizsgálhatja, ok-okozati és kölcsönhatási kapcsolatokat kerestet közöttük, de nem kíván elvont fogalmakat kialakítani. Ahhoz azonban, hogy a tanulók pontosan el tudják mondani és le tudják írni megfigyeléseik, vizsgálódásaik során szerzett tapasztalataikat, a szakkifejezések pontos alkalmazására van szükség. A természetismeret tanító tanár nem ismereteket közöl, hanem **végigvezeti a tanulókat a természettudományos megismerés útján**.

Mivel az 5-6. osztályos gyermekek természettudományos gondolkodásmódja még szemléleti, erősen képi tartalmakhoz kötődik, a tanulási folyamatot célszerű az észlelhető, a megfigyelhető, a mérhető, a vizsgálható jelenségekre, folyamatokra, élőlényekre, tájakra építeni. Ám kibontakozó térbeli és időbeli elvonatkoztatási képességük egyre valóságűbb képzetek kialakulását teszi lehetővé, ami nélkülözhetetlen a valóságos természeti folyamatok, kapcsolatok és törvényszerűségek megértéséhez. Ennek érdekében általánosításokon és konkretizálásokon keresztül szinte észrevétlen módon alapozódik meg az egyszerű absztrakt fogalmak, ítéletek és következtetések használata. Mindezek elősegítik **a természettudományos gondolkodáshoz szükséges képességek** kialakulását. A tantárgy továbbfejleszti a tanulók által alsó tagozatban elsajátított elemi képességeket. Megtanítja, hogyan kell megtervezni és pontosan végrehajtani a megfigyeléseket és vizsgálatokat különböző célok elérése érdekében. Megismerteti, miként célszerű megválasztani a mérésekhez szükséges mértékegységeket, és hogyan kell pontosan és szemléletesen feldolgozni a mért adatokat. Fokozatosan fejleszti a tanulók eszközhasználati készségét és önállóságát a megfigyelések, vizsgálatok végzésében és azok megtervezésében. Az imént megfogalmazott célok pedagógiai és szak módszertani megközelítésben az alábbiakban foglalhatók össze.

A természetismeret tantárgy célja:

a. Készségfejlesztés

- **a természettudományos megismerési módszerek** (például megfigyelés, becslés, mérés) elsajátíttatása és egyre önállóbbá tétele;
- a spontán és a tudatos tapasztalással szerzett **tudást** (tényanyagot, adatot) **feldolgozó képességek** megalapozása és erősítése a valóságról szerzett tapasztalati anyag tudatosításával, rendszerezésével, gondolkodási műveletek során fogalmi konstrukciók létrehozásával.

b. Attitűdformálás:

- a természeti környezet iránti pozitív érzelmek kialakításával a természeti értékek megőrzése, a fenntarthatóság iránt érzett személyes felelősség felismertetése;

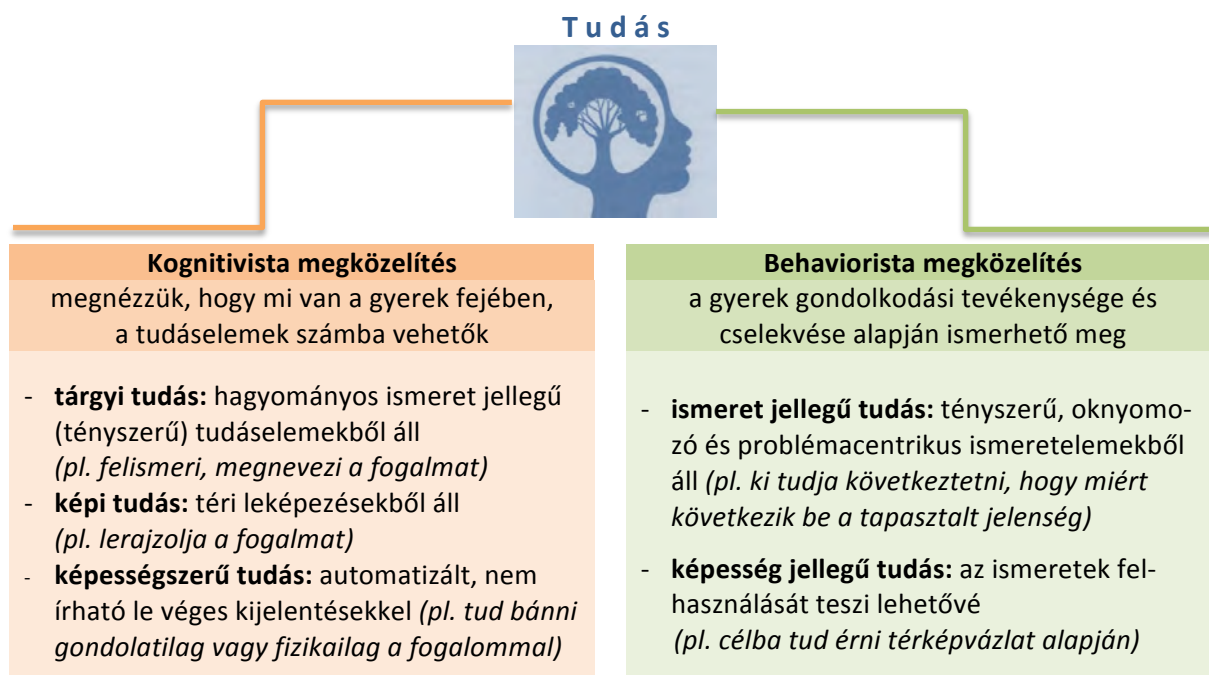
- a természet és működésének megismerése iránti igény kialakítása, az egészséges életmód, a védelem és a fenntarthatóság szellemében a mindennapi életvitelbe beépíthető szokáselemek kialakítása.

Az integrált szemléletű tantárgy **komplex látásmód** kifejlődését kívánja **megalapozni**. Ennek érdekében bemutatja a természet elemeinek egymásra utaltságát, a társadalom természetére való utaltságát, vagy éppen fordítva: a természet kiszolgáltatottságát a társadalomnak. Sőt, tárgyánál fogva a társadalmi-gazdasági elemek egymásra utaltságát is érzékelteti a tanulókkal példákon keresztül. Lehetőséget teremt a környezet különböző szerveződési szintű anyagainak és tárgyainak megismerésére ugyancsak példákon keresztül. Ezzel az a célja, hogy a tanulók vegyék észre, lássák a különböző szerveződési szintek egymással való kapcsolatát, viszonyukat, de nem kívánja részleteiben bemutatni bonyolult kapcsolatrendszereiket. Tehát az 5-6. évfolyam a természeti környezetről (és részben a társadalmi környezetről) való **tapasztalatszerzés** időszaka. Nemcsak a természeti környezet megismeréséhez szükséges módszerek elsajátítása folyik ekkor, hanem azt szeretné elérni, hogy a gyerekek szerezzenek gyakorlatot ismereteik felhasználásában a környezetükben lezajló **történések megértése**, a mindennapokban jelentkező **problémák megoldása** érdekében.

1.1.4. A természetismereti tudás értelmezése

A **természetismereti tudás** sokféleképpen értelmezhető a társadalom és különböző rétegeinek műveltségfelfogása alapján. A nemzetközi és a hazai pedagógia tudománya sem egységesen közelíti meg. A **leíró műveltségkonceptciók** a kultúrában játszott szerepük alapján értelmezik (Shen, P. 1975, Knopfer, L. E. 1991, Hurd, D. 1998) a tudást, tények, fogalmak, elvek, elméletek ismeretével és a köznapi helyzetekben való alkalmazásával, a tudomány, a technika és a társadalom közötti kölcsönhatással azonosítják. A **fejlődésmodellek** a természettudományos műveltséget a gondolkodás fejlődésével összhangban fokozatosan kialakuló, hierarchikusan építkező tudásrendszernek tekintik (Shamos, M. 1995, Bybee, R. W. 1998). Tehát az előbbiek a természettudományos tudás lényegét a felhasználható, működőképes elemek számában és mélységében, az utóbbiak a természettudományos problémák felismerési és megoldási képességében látják. Azonban mindkét felfogásban elkülönülnek egymástól az ismeret és a képesség jellegű összetevők (1.4. ábra). Az **ismeret jellegű természetismereti tudás** hagyományosan is a közműveltség része, alapkérdései („mi?”, „hol?”, „milyen?”) a természettudományok hajdani, ismereteket közvetítő szerepét tükrözik. A **képesség jellegű tudásmodellben** a tényismeretek felhalmozása helyett azoknak az ismereteknek a megszerzésén és feldolgozásán van a hangsúly, amelyek szükségesek a természeti környezet jelenségeinek felfedezéséhez és megértéséhez, a tér- és az időszemlélet kialakulásához, a tények közötti összefüggések feltárásához, a problémák felismeréséhez és megválaszolásához. Tehát a tények közötti

kapcsolatok, összefüggések és következmények felismerése, a nagyságrendek, tendenciák érzékelési képessége, a viszonylagosság értelmezése és a hatékony felhasználhatóság felismerése lett a **társadalmi szempontból hasznos természettudományos ismeret**. A természetismereti tudás olyan, a konkrét természettudományos tartalmakhoz kötve kialakuló gondolkodási programok birtoklását jelenti, amelyek lehetővé teszik az ismeretek felhasználását, az ismeret jellegű tudás működtetését. Az 1990-es évek előtti tantervek egy-egy témával kapcsolatban módszeresen felépítették a hozzá kötődő jártasságok, készségek és képességek egymást feltételező rendszerét. A Nemzeti alaptanterv óta nem határozható meg ilyen rendszer, mert egy tartalomhoz sokféle képesség, egy képességhez pedig sokféle, különböző tantárgyakból tanult tartalom kapcsolódhat.



1.4. ábra. A tudás megközelítése (Csapó B., Pléh Cs., Csíkos Cs. alapján Makádi M. 2006)

A legmodernebb természettudományos műveltségmodellek arra irányulnak, hogy a tanuló milyen sajátosságokkal bír, mit tud, illetve mit tud tenni. A **kompetencia alapú műveltségmodellek**¹ (pl. Gräber, R. 2000) alapgondolata, hogy a komplex és szövevényesen globalizálódó világunk kérdéseire a probléma-felismeréshez és feladatmegoldáshoz kapcsolódó kompetenciák rendszerében tudunk csak válaszokat adni, tehát a természettudományos műveltség a „mit tudunk?“, a „mit tartunk értéknek?“ és a „mit tudunk tenni?“ kérdéskörök és a hozzájuk kapcsolódó kompetenciák metszete (1.5. ábra):

- ismereti kompetencia: a természettudományok különböző területeit átfogó ismeretek és a megértés;
- megismerési kompetencia: a természettudomány szisztematikus megközelítése;

¹ Nagyon sokféle kompetenciaértelmezés van, amelyekre részletesebben kitérünk a 7. fejezetben.

- etikai kompetencia: a normák ismerete, a térbeli és az időbeli viszonylagosság megértése;
- tanulási kompetencia: a szükségletekhez igazodó különböző tanulási stratégiák alkalmazásának képessége;
- társadalmi kompetencia: az együttműködés képessége a tudás megszerzése és hasznosítása során;
- tevékenységkompetencia: a megfigyelés, a vizsgálódás és a kísérletezés, valamint a kiértékelés és az értelmezés képessége;
- kommunikációs kompetencia: a természettudományos szaknyelv megértésének és használatának, az érvelésnek a képessége.



1.5. ábra. A természettudományos műveltség kompetenciaalapú modellje (Gräber, R. 2000 nyomán)

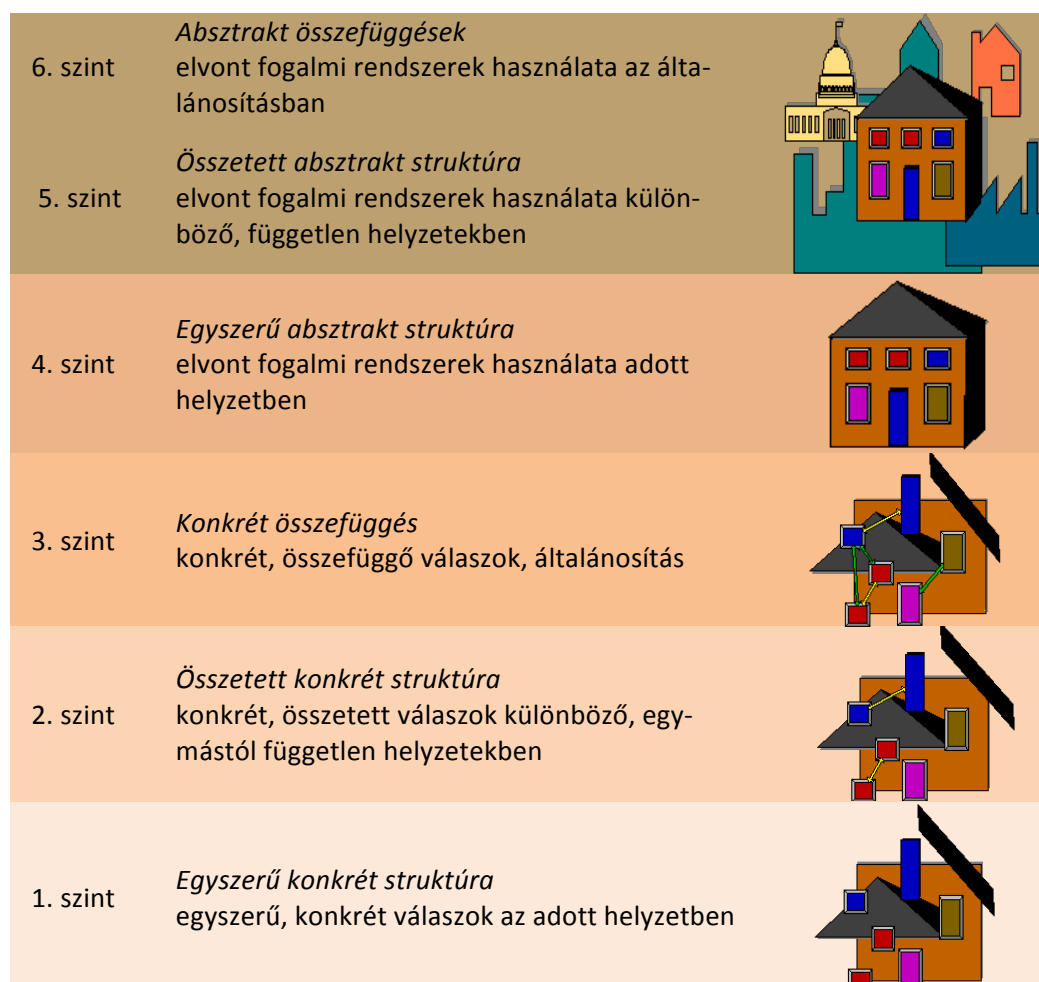


1.6. ábra. A természettudományos tudás dimenziói (Makádi M. 2015)

A kompetencia-összetevők felsorolásából is érzékelhető, hogy amikor természetismereti tudásról beszélünk, csak igen kis hányadban gondolhatunk tényekre, fogalmakra, sokkal inkább azok tapasztalati megismeréséről, kipróbálásáról, az azokról való gondolkodásról és okoskodásról, továbbá felhasználásuk képességéről van szó. Tehát a természetismereti műveltség lényege **az aktuális problémák megértésének és megoldásának képessége**, egyfajta **rugalmas alkalmazkodás** a mindig változó feltételekhez, körülményekhez. Ebben a megfontolásban kirajzolódik a természettudományos tudás három alapvető dimenziója: a tartalom, a gondolkodás és az alkalmazás (1.6. ábra).

Egyre nyilvánvalóbb, hogy az iskolában nem lehet mindent megtanítani, a tananyag nem tud lépést tartani a rendkívül gyors tudományos és technikai fejlődéssel. A tanulók egyre nagyobb arányban szereznek tapasztalatokat a világ működéséről az iskolán kívül (egyes mérések szerint ez már a tudás háromnegyed részét adja), amely tudományos megbízhatósága sok esetben megkérdőjelezhető. A tapasztalati alapú naiv elképzelések és az áltudományos ismeretek hatékonyabban vernek gyökeret a tanulók fejében, mint az iskolában verbálisan közvetített tananyag. Ezért az iskolában a hagyományos tudásátadás

helyett a **tudás újraszervezésének** kell történnie, továbbá olyan **képességek elsajátításának**, amelyek birtokában az aktuális helyzet, probléma értelmezhető, alakítható, a tudás rugalmasan és kreatívan felhasználható. A **tudás tartalmi dimenziója** a **szakértői tudást** jelenti, ami nem az ismeretek (fogalmak, folyamatok, összefüggések) halmaza, hanem a fogalmi váltások sorozata, az ismeretek fokozatosan kiépülő rendszere, valamint alkalmazhatóságuk kiterjesztése. A tudásellenőrzéskor elsősorban arról kell meggyőződni, hogy mennyire képes a tanuló az egyes tudáselemeket egymáshoz kapcsolni, mennyire lát összefüggéseket. A **tudás gondolkodási dimenziója** *Bloom, B. (1956)* és *Piaget, J. (1929)* rendszerében gyökerezik, és – bár ahány további rendszer, annyképpen értelmezik, abban közősek, hogy a természettudományos tudást a tanulóktól elvárt tevékenységekkel és érzelmi tulajdonságokkal írják le (1.7. ábra). A **tudás alkalmazási dimenziója** azzal a társadalmi elvárással hozható kapcsolatba, hogy az iskolai és az iskolán kívüli tanulásból származó tudás valós élethelyzetekben működőképes legyen. Ennek előfeltétele, hogy az elsajátítási, vagyis a tanulási és a felhasználási, alkalmazási szituáció közelítsen egymáshoz.



1.7. ábra. A tudás gondolkodási dimenziójának szintjei az 1–6. évfolyamos tanulóknál
(Structure of Observed Learning Outcomes taxonomy 1982 és Korom E. 2012 alapján)

A természettudományos műveltség tehát nehezen megfogalmazható, sokféle nézete van. Abban azonban erőteljes egyetértés van, hogy igen összetett tudásstruktúra, amely magában foglalja az alábbi elemeket (Roberts, A. 2007):

- a természetre vonatkozó tudás – a természettudományok legfontosabb fogalmainak, elveinek, módszereinek ismerete, megértése, alkalmazása;
- az értékekre vonatkozó tudás – a természettudományok jellemzőinek, céljainak, korlátainak ismerete;
- a gondolkodási műveletek szervezett rendszere, az alkalmazásához szükséges kompetenciák;
- a gondolkodás természettudományos formái;
- természettudományos érdeklődés és hozzáállás.

Hallgatói kérdések és feladatok

1. Gyűjtse össze azokat a pszichológiai és pedagógiai érveket, amelyek indokolják, hogy a természetismeret tantárgy tananyaga másként építkezzen, mint a természettudomány egyes területeinek ismeretrendszere!
2. Keressen példákat a Nemzeti alaptanterv Ember és természet műveltségi területének anyagából a természetismeret természettudományos tantárgyakat alapozó szerepére!
3. Keressen példákat a kerettantervben olyan tartalmakra, amelyek nem a vonatkozó szaktudomány logikája vagy szemlélete szerint rendeződnek!
4. Keressen olyan példákat a természetismeret tankönyvekből, munkafüzetekből, amelyekben pedagógiai szempontból nem tartja helyesnek a tananyag építkezését! Indokolja, és adjon javaslatot az átalakításukra!

1.2. A természetismeret tanár tudásközvetítő, tanulást irányító-szervező szerepe

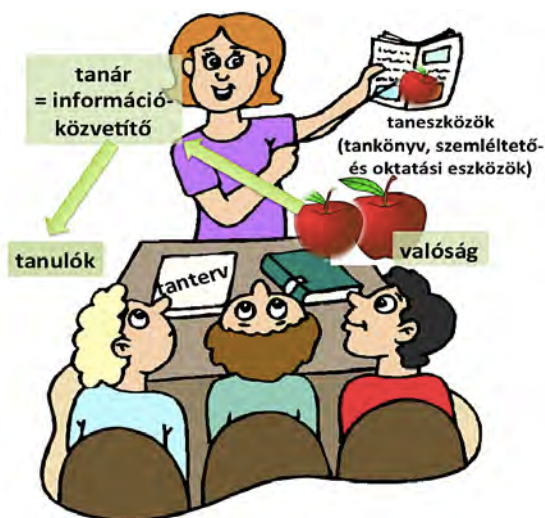
Írta: dr. Makádi Mariann

Kulcsszavak: tanári szerep, ismeretátadás, tudásszerzés, tanulásirányítás, készségfejlesztés

1.2.1. Ismeretátadás vagy tanulásirányítás?

Az elmúlt két évtizedben alapjaiban változott meg a pedagógus szerepe az iskolai oktatási, képzési, nevelési folyamatban. A hagyományos gyakorlat szerint a tanár képviselte a tudást, ő nyújtotta az ismereteket, az információkat a tanulók számára, elmondta azt és úgy, ahogyan annak reprodukcióját várta tőlük, az elsajátítás és a bevésés ütemét ő szabta meg,

általában mindenki számára azonos tempóban (1.8. ábra). Így a tanítási folyamat könnyen tervezhető, a tanulás pedig kiszámítható volt. Viszont azzal járt, hogy a tanulók egy része nem tudott lépést tartani a szorosan vezérelt tanulási folyamattal, de ha mégis, gondolkodásuk a tanári minta szerint fejlődött.



1.8. ábra. A tanár szerepe a hagyományos tanítási folyamatban (Makádi M.)

Csak hogy az információs forradalom nyomán nyitottá váló világban az iskola „nem tudta felvenni a versenyt” a gyerekek számára könnyen elérhető roppant mennyiségű információval és a használatukhoz kapcsolódó képességekkel (például gyorsaság, elérhetőség, digitális kultúra). Közismert tény, hogy ma már a gyerekek tudásának körülbelül háromnegyed része az iskolán kívüli világból származik, és tartalma erősen különbözik a tantervek által elvárttól. Ezért létfontosságúvá vált, hogy az iskola, a tanárok a hagyományostól eltérő módon közelítsenek a tudásszerzési folyamathoz, elismerjék az isko-

lán kívül szerzett tudás létjogosultságát, és a tudásszerzés különböző útvonalait, elemeit beépítsék a tanítási-tanulási folyamatba. Ennek eredményeként a különböző típusú információhordozók az ismeretközvetítésben háttérbe szorították a tanárt, akinek a feladata immár túlnyúlik azon, **a tanulásirányításra, a tanulói készségek tudatos fejlesztésére** irányul. Legfőbb feladata, hogy **segítse, irányítsa** a tanulók egyre önállóbbá váló, kooperatív információt szerző és feldolgozó tevékenységét. Mint egy menedzser, a háttérből, de célirányosan terelje tanítványait különféle gondolkodási utakon az új tudás felé. Ez a pedagógusi szerep a tartalom szempontjából közvetettebb, módszertani szempontból pedig összetettebb, jóval időigényesebb és kevésbé kiszámítható, mint a hagyományos (1.9. ábra).

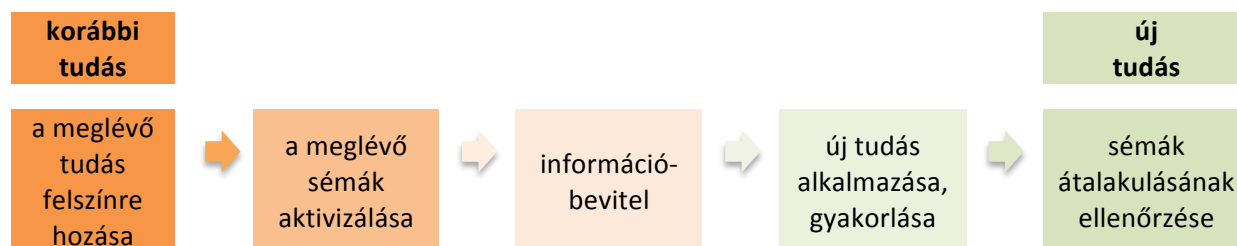


1.9. ábra. A tanár szerepe az információs társadalom idején (Makádi M.)

A tudás nem ismerethalmaz, amely „beletölthető” a gyerekek fejébe, hanem **személyes konstrukció eredménye**, amelyet mindenkinek saját magának kell megszereznie. Nem arról van szó, hogy a tanulók „üres fejjel” izgatottan várják, hogy a tanár tényeket, adatokat, fogalmakat töltsön azokba, amelyek mikor már jó sok gyűlt össze belőlük, egyszer csak egy ismeretrendszerrel teljeseznek ki. Minden tanulónak vannak a tanulás előtt is elképzelései a világ egészéről és részleteiről, egyes tárgyairól, élőlényeiről, anyagairól, helyeiről, illetve jelenségeiről is. A természetismeret tanár feladata, hogy hozzásegítse a gyerekeket ahhoz, hogy ezt felfedezzék, és képessé tegye őket arra, hogy próbára tegyék előzetes tudáselemeiket, azokhoz hozzáillesszék az új elemeket, ütköztessék a régieket az újakkal, vagyis olyan helyzeteket teremtsen, olyan eszközöket kínáljon, olyan gondolatokat és cselekvéseket indítson el, amelyek segítségével mindenkinek sikerül **új tudást szerezni**.

1.2.2. A tanulásirányítás pedagógiai elvei

Az eredményes tanítás azzal kezdődik, hogy a tanár tájékozódik a tanulók adott tartalommal kapcsolatos előzetes képzetéről (**diagnózis**), és azzal végződik, hogy a tanítási-tanulási folyamat végén (az adott tanítási óra végén, a témakör végén stb.) visszatekint: megnézi, miben, miként változott az előzetes képzet vagy tudás (az ismerteken túl a hozzájuk kapcsolódó jártasságot, készséget, attitűdöt is beleértve). Közben **folyamatos az építkezés a már meglévő és a kialakítandó tudás között** (1.10. ábra). Mivel a tanulók előzetes tudása éppúgy eltérő, mint az érzékenységük (vizuális vagy manipulatív típus, alacsony vagy magas az ingerküszöbe stb.) és a gondolkodásuk, a tudásépítés különböző utakat és tempót igényel (**differenciálás**). Azonban bizonyos lépéseket még a gyorsabban haladók sem ugorhatnak át, mert a tudás következő lépcsője feltételezi az előzőt. Például logikai térképolvasásra csak azután lesz képes a tanuló, ha már jártas a szemléleti térképolvasásban; a részecskeszemlélet birtokában lesz képes megmagyarázni a halmazállapot-változásokat, illetve értelmezni, hogy miért szükséges több energia egy anyag elforralásához, mint a megolvasztásához; az erdő élőlényének kölcsönhatásait nem értheti meg, ha még nem ismeri a táplálkozási típusokat. Reprodukív feladatokra minden tanulónak szüksége van a műveleti rutinok kialakulása érdekében, de a tudása csak kreatív feladatokban, kisebb-nagyobb problémahelyzetekben való **megmérettetésekben fejlődik**. A tudásfejlődés ugyanis nem mennyiségi természetű, nem összeadódást, hanem **átstrukturálódást** jelent.



1.10. ábra. A tudásfejlődés útja (Makádi M. 2015)

Hallgatói kérdések és feladatok

1. Milyen módszerekkel irányítható a tanulási folyamat? Készítsen listát azokból!
2. Válasszon ki egy témakört a természetismeret tananyagából, és mutassa be azon, miben különbözik a hagyományos és az új tanári szerep!
3. Mutassa be a tananyagból vett példákra építve, hogy hogyan, mely lépéseken keresztül fejleszthető a tanulók tudása!

A fejezetben felhasznált és ajánlott irodalom

1. *Bánkúti Zs. – Csorba F. L. (2011): Átmenet a tantárgyak között. A természettudományos oktatás megújításának lehetőségei. Oktatókutatató és Fejlesztő Intézet, Budapest, pp. 7–13.*
2. *Bloom, B. – Krtahwohl, D. R. (1956): Taxonomy of Educational Objectives, Handbook 1. Cognitiv Domain. David McKay, New York*
3. *Bybee, R. W. – Ben-Zvi, N. (1998): Science Curriculum: Transforming goals to practices. In: Fraser, B. J. – Tobin, K. G. (szerk.): International handbook of science education. Kluwer Academic Publishers, Boston, pp. 487–498.*
4. *Ditfurth, H. (1973): A Világegyetem gyermekei. Létezésünk története. Táncsics Kiadó, Budapest, pp. 10–11.*
5. *Csapó B. (szerk., 2002): Az iskolai műveltség. Osiris Kiadó, Budapest, 320 p.*
6. *Fűzné Koszó M. (2011): Környezetünkről természetesen tanítani. Szegedi Tudományegyetem Juhász Gyula PKTÓI, Szeged, 67 p.*
7. *Gräber, W. (2000): Aiming for scientific literacy through self-regulated learning. In: Stochel, G. – Meciejowska, I. (szerk.): Interdisciplinary education – challenge of 21st century. FALL, Krakkó, pp. 101–109.*
8. *Havas P. (2009): A természetismeret tantárgy helyzetéről. Tanítás és tanulás tanárszemmel. Oktatókutatató és Fejlesztő Intézet, Budapest, <http://www.ofi.hu/tudastar/tanitas-tanulas/termeszetiismeret>*
9. *Hurd, P. D. (1998): Scientific literacy: New minds for a changing world. Science Education, 82. 3. pp. 407–416.*
10. *Knopfer, L. E. (1991): Scientific literacy. In: Lewy, A. (szerk.): The international encyclopedia of curriculum. Pergamon Press, Oxford, pp. 947–948.*
11. *Makádi M. (2001): A tanulói képességek fejlesztése a természetismeret tanításában. In Tanári kincsestár. Természetismeret. 5. osztály. Alapsorozat. A. 3.1. Raabe Kiadó, 38 p.*
12. *Makádi M. (2004): Természetismeret 5-6. évfolyam kerettanterve – Mozaik Kerettantervrendszere, Szeged, 15 p. http://www.mozaik.info.hu/Homepage/Nat2003/Termism5-6_C_valtozat.pdf*
13. *Makádi M. (2006): Földönjáró 2. Módszertani kézikönyv. Stiefel Eurocart, Budapest, pp. 151–174.*
14. *Nahalka I. (2014): A természettudományos nevelés pedagógiai háttere. In: Radnóti K. (szerk.): A természettudomány tanítása. Mozaik Kiadó, Szeged, pp. 20–48.*
15. *Németh M. – Korom E. (2012): A természettudományos műveltség és az alkalmazható tudás értékelése. In: Csapó B. – Szabó G. (szerk.): Tartalmi keretek a természettudomány diagnosztikus értékeléséhez. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, pp. 59–92.*
16. *Piaget, J. (1929): The child's conception on the word. Routledge & K. Paul, London, 420 p.*
17. *Roberts, D. A. (2007): Scientific literacy / Science literacy. In: Abell, S. K. – Lederman, N. G. (szerk.): Handbook of research on science education. Lawrence Erlbaum, Mahwah, pp. 729–780.*
18. *Shamos, M. (1995): The myth of scientific literacy. Rutgers University Press, New Brunswick*
19. *Shen, P. (1975): Science literacy and the public understanding of science. In: Day, S. B. (szerk.): Communication of scientific information. Karger AG, Basel, pp. 44–52.*

2. fejezet

Az anyagkép és az energiafogalom tanításának szaktudományi háttere és szemléleti kérdései



A természetismeret – mint ahogyan azt már a korábbiakban hangsúlyoztuk – kulcsfontosságú tantárgy az alapképzésben, mert nemcsak hogy valamennyi természettudomány tanulásának alapját képezi, hanem **integrált természettudományos szemléletet** közvetít a tanulók felé. Ennek nagy jelentősége van a tudományágakra vagy tudományterületekre darabolt magyar közoktatásban. Ne feledjük azonban azt sem, hogy elsődleges szerepe a természettudományok megszerettetése a 10-12 éves gyerekekkel, és ezen keresztül tartalmilag a természettudományos gondolkodás természetének megismertetése, nevelési szempontból pedig a természeti környezet jelenségeinek, folyamatainak, titkainak megértése, tisztelése! A következő négy fejezetben tudományos tartalommal és a hozzájuk kapcsolódó metodikai lehetőségek feltárásával bemutatjuk azokat a szemléleti vonatkozásokat, amelyek birtokában a természetismeret szakos tanárok a szaktudományok és a pedagógia elvárásainak megfelelően taníthatják tantárgyukat az 5-6. évfolyamon.

A témák, fejezetek egymásra építése többféle szempont szerint történhet. Azoknak, akiknek a fizikai ismereteik felelevenítésére is szükségük van, javasoljuk, hogy a negyedik fejezettel kezdjenek (A mozgások témakör tanításának szaktudományi háttere és szemléleti kérdései), a harmadik fejezettel folytassák (A kölcsönhatások témakör tanításának szaktudományi háttere és szemléleti kérdései) és utána térjenek vissza a második fejezetre (Az anyagkép és az energiafogalom tanításának szaktudományi háttere és szemléleti kérdései).

2.1. Az anyagkép alakítása a természetismeret tantárgyban

Írta: dr. Radnóti Katalin

Kulcsszavak: anyagkép, energia, energiamegmaradás, erő, halmazállapot-változás, hőmérséklet, hőátadás, hőelnyelés, hősugárzás, hőtágulás, hővezetés, nyomás, részecskemodell, rugalmasság, sűrűség, tévképzet, modell, tömegmegmaradás, viszkozitás

2.1.1. A részecskemodell bevezetése a természetismeret tanításában

Hogyan alakul ki az anyag részecskemodelljének képzete?

Az **anyagfogalom** fejlődésében a tanulók számára meghatározó lépés a **részecskemodell** megértése. E nélkül lehetetlen számos jelenség (például halmazállapot-változások, oldódás) megértése. Ezek elsajátítása alapját képezi a későbbi fizika és kémia tanulmányoknak, de a biológiai és a Földön végbemenő változások leírásához is nélkülözhetetlenek (Korom E. 2005). A témakör tanításának az a különös jelentősége, hogy az anyag részecskékből való felépítettségének elve és a gázok számos tulajdonságát hatékonyan magyarázni tudó golyómodell a fizikai ismertetek tanítása során az első, amelyről be is valljuk a gyerekeknek, hogy modell. Az anyag részecskemodellje folyamatosan változik, differenciálódik a közoktatás teljes időtartamában, így e téma tanításának kezdetén a tananyagot túl, deklaráltnak is foglalkozni kell a természet megismerése során alkalmazott modellezéssel. A tanítási tapasztalatok szerint a gyerekek könnyen elfogadják a **modellek alkalmazását**, mert a modellalkotás az emberi gondolkodási folyamat természetes része: a mindennapi élet során, a hétköznapi jelenségek magyarázatánál már kisgyermekkorától alkotunk modelleket. Amikor egy, a gyerek számára még ismeretlen tárgyat, jelenséget hasonlatokkal írunk le, akkor valójában modellt alkotunk: kiválasztjuk azt a tulajdonságot, amely az ismerős és az ismeretlen tárgyra egyformán jellemző, miközben a többi tulajdonságot nem vesszük figyelembe. Ezen kívül egymás mellett több hasonlatot is alkalmazhatunk, az egyik nem zárja ki a másikat (például az elefántot hasonlíthatjuk egy házhoz, ha a méretét akarjuk leírni, és a gyerek cipőjéhez, ha a színét). Kulcskérdés a tanulási folyamat kezdetén a gyerekeknek a levegővel való ismerkedése. A levegő fizikai tulajdonságainak a tudományos kép szerinti megkonstruálása alapvetően fontos, de ugyanakkor nehéz feladat. A gyermeki szemléletben a levegő kezdetben azonos a semmivel vagy az álom, az emlékezet, a gondolat asszociálódik hozzá. A gáz a legtöbb gyermek számára nem más, mint az „energianyeréshez” használt földgáz (PB-gáz, háztartási gáz). Az anyag (még a gáz is) a gyermeki elképzelések szerint kezdetben folytonos.

A témakör feldolgozása során több fogalmi váltást kell elérni a tanulóknál, amelyen sok későbbi ismeret megértése múlik. Az anyag részecskemodelljén alapuló **anyagszerkezeti képe** segítségével építhető ki korszerű elképzelés először a gázokról – amit a későbbiek során a többi halmazállapotban lévő anyagra is

alkalmazunk –, az energiaátadás legkülönbözőbb folyamatairól, a termikus kölcsönhatásokról, az anyagmegmaradásról, a nyomásról. Ez teszi lehetővé, hogy a fizikában a hő, a belső energia, a hőmérséklet fogalmak megfelelő módon differenciálódjanak.

Az anyagfogalommal kapcsolatos fogalmi váltás főbb lépései a következők:

1. a gázok részecskékből állnak;
2. a gázok részecskéi egyformán oszlanak szét bármilyen zárt térben;
3. a részecskék között üres tér van;
4. a gáz részecskéi mozognak, és ehhez a mozgáshoz nem szükséges valamifajta külső hatás;
5. két gáz keveredésekor különböző részecskékből álló gáz jön létre.

A témakör feldolgozásához a gázok golyómodelljének alkalmazásával rendkívül sok egyszerű, látványos kísérlet értelmezhető, és sok köznapi jelenség magyarázható meg eredményesen. Ez arra ad jó lehetőséget, hogy a modell alkalmazhatóságáról a tanulókat saját tevékenységeik győzzék meg. E téma tanulása során az elmélet alkalmazása és néhány részlettel való bővítése többségük számára izgalmas szellemi kihívást jelenthet. A téma eredményes tanulásához a kezdeti szakaszban (a számszerű összefüggések megfogalmazása előtt) nagyon kevés előismeret szükséges, így különösen a természetismeret tanulása során az figyelhető meg, hogy gyakran azok a tanulók teljesítenek kiemelkedően e témában, akik korábban nem mutattak különös érdeklődést a természettudomány iránt.

Viszonylag sok tanulónál tapasztalhatjuk a téma tanítása során, hogy az anyag korpuszkuláris felépítettségéről alkotott elmélet és a folytonos anyagkép egyidejűleg, mintegy egymással versengve határozza meg a kérdésekre adott válaszaikat. Az egyes magyarázatokban gyakorta felfedezhető e két elmélet elemeinek „összefésülése” is, ami összhangban van azzal, hogy a tudományban is jelen van mindkét elméleti megközelítés, és sok esetben a jelenségek teljes magyarázatát a két elmélet egyidejű alkalmazása adja meg (például a fény, az elektron tulajdonságai, viselkedése). Az nem meglepő, hanem inkább törvényszerű, hogy az egyén – legyen felnőtt vagy gyermek – a jelenségek magyarázatánál ösztönösen a tudománytörténeti úthoz hasonlóat jár be, hiszen az utat mindkét esetben az emberi gondolkodás sajátosságai határozzák meg. Nem ritka az sem, hogy a gyerekek bizonyos jelenségeket a folytonos anyag elképzelése alapján magyaráznak meg, vagy a két elmélet összebékítésére tett konstrukciós kísérleteik során olyan változatokkal állnak elő, amelyek szakmailag ugyan nem helyesek, de ezt addigi ismereteik alapján nem tudhatják. Az ilyen gyermeki konstrukciók megfelelő kezelése komoly felkészültséget kíván a pedagógustól, hiszen – ha ezeket a tanár butaságnak minősítve elutasítja, gyakran igen nagy szellemi teljesítményeket minősíthet „rossznak”, ami örökre elveheti a tanulók kedvét a természettudományos tantárgyakkal való foglalkozástól. A tanulók hibás elméleteinek korrigálása remek alkalmat adhat arra, hogy a tanár beszéljen arról, a tudománytörténet is tele van tévedésekkel, zsákutcába vezető elméletekkel, és a sikerhez gyakran gyötrelmes út vezet. A tudós a jó magyarázatra nem valamilyen megvilágosodás által, hanem komoly munka árán, sokszor kudarcok sorozatán keresztül jut. A tudománytörténeti vonatkozások tárgyalásánál általában a tévedéseket, a hibákat nem említjük meg, így a gyerekekben olyan kép alakul ki a tudományos kutatásról, hogy szinte emberfeletti ésszel megáldott emberek agyából minden tudományos problémára, kérdésre kipattan a megoldás. Ha

érzékeltejük a gyerekekkel, hogy a kutatás során a sikerek mellett természetesek a tévedések is, talán sikerül jobban emberközelbe hozni a tudományt és annak művelőit. Azt is fontos megértetnünk a tanulókkal, hogy a tudomány nem egy lezárt, befejezett mű, hanem állandóan alakul: új elméletek váltanak fel régiakat. Sokszor használják áltudományos elképzelések mellett azt az érvet, hogy egyes tudományos elméletekről is kiderült az idők folyamán, hogy tévesnek bizonyultak, ezt sokszor mintegy „bizonyítékként” hozzák fel amellet, hogy a tudományban sem lehet megbízni. Meg kell értetnünk a tanulókkal, hogy a tudományos kutatásnak természetes velejárói a tévedések is!

A továbbiakban végigtekintjük az anyag szerkezetével kapcsolatos kép alakításának lehetőségeit és az elvart tanuló teljesítményeket a természetismeret tantárgy keretein belül.

Az anyag felépítésének részecske elképzelése a tananyagban

Az anyag felépítésének részecske elképzelését az 5-6. évfolyamon célszerű megismertetni a tanulókkal. Tudniuk kell, hogy a részecskék szabad szemmel és optikai mikroszkóppal nem láthatóak, és nem rendelkeznek makroszkopikus anyagi tulajdonságokkal (szín, szag, keménység stb.). Az előbbi tényt nehéz elfogadtatni a tanulókkal (még középiskolában is). Ennek több oka van: a köznap életben azt tapasztalják, hogy ha egy nagyobb tárgyat kicsi darabokra tépünk, törünk, a darabok általában például ugyanolyan színűek, mint amilyen az eredeti tárgy volt. Továbbá nehéz elfogadni, hogy bár a részecskének van tömege, kiterjedése, alakja, azonban nincsenek makroszkopikus tulajdonságai. Előfordulhat ennek az ellenkezője is: ha egy gyerek elfogadja, hogy a részecskéknak nincsenek makroszkopikus tulajdonságai, akkor nehezen fogadja el azt, hogy van tömege. A részecskemodell (és minden más modell) alkalmazásánál a legnehezebb azt megértetni a gyerekekkel, hogy vannak olyan jellemzők, amelyek soha nem hanyagolhatók el (például a molekula tömege akkor sem, ha pontszerűnek tekintjük), azonban vannak olyan tulajdonságok, amelyeket egyes jelenségek magyarázatánál elhanyagolunk, máskor pedig figyelembe veszünk (például a vízmolekulát a vízgőz viselkedésének leírásánál pontszerűnek tekinthetjük, de a víz sok más tulajdonságának magyarázatánál figyelembe kell vennünk a molekula méretét, sőt alakját is). A diákok nehezen fogadják el, hogy valamely jellemző nem abszolút, hanem relatív, vagyis a megítélése a körülményektől, a tárgy környezetétől függ: például a Föld lehet nagy (ez könnyen felfogható, hiszen a tárgyak nagy részét önmagunkhoz mérjük), de lehet kicsi is, például a Naprendszer egészéhez viszonyítva (ezt viszont már nehezebb elfogadni). Ez a gondolkodásmód jellemzi a természettudományokat, ami egyben nehezzé is teszi a tanulását.

A részecskeké kialakítása érdekében több tankönyv tartalmazza a következő vizsgálatot. Egy vízzel félig töltött kémcsőbe töltünk a vízzel közel azonos mennyiségű alkoholt, és jelöljük meg az így kialakult folyadékszintet! Zárjuk le dugóval a kémcsövet, és jól rázzuk össze a két folyadékot! Ezután figyeljük meg ismét a folyadékszintet! Azt fogjuk tapasztalni, hogy a létrejött elegy felszíne az eredeti jel alatt lesz, tehát az elegy térfogata kisebb, mint külön-külön az összetevőké volt. A magyarázathoz az anyag részecskeképe visz közelebb, amelyet a következő modellkísérlettel lehet szemléltetni. Töltsünk meg egy jól zárható befőttesüveget félig homokkal (vagy rizzsel), majd fölötte babbal! Jelöljük meg, hogy az anyagok meddig töltik ki az edényt, majd rázzuk jól össze! Ezt követően nézzük meg ismét, hogy hol van a keverék felszíne

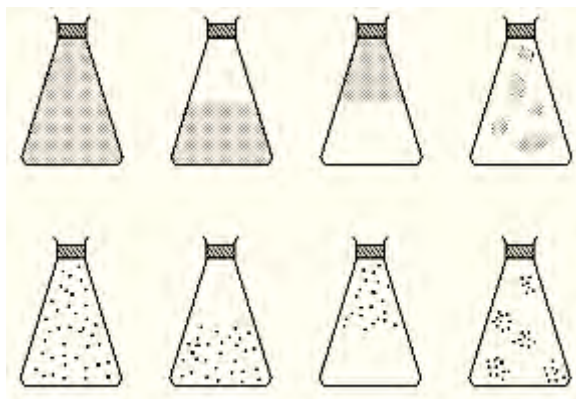
(2.1. ábra)! Az alkohol-víz elegyhez hasonlóan ebben az esetben is alacsonyabban lesz, mint az anyagok beletöltésekor. A jelenségnek az az oka, hogy a részecskék, a babszemek nem töltik ki teljesen a rendelkezésükre álló teret, összerázáskor ezekbe a résekbe mennek a homokszemek. Ehhez hasonlóan kell elképzelni az alkohol-víz elegy térfogatcsökkenését is. Abba ezen a szinten természetesen nem kell belemenni, hogy a vízrészecskék a kisebbek (mint ahogyan a homokszemek), ráadásul nem is a vízrészecskék töltik ki az alkoholrészecskék között kialakuló üres teret, hanem éppen fordítva.



2.1. ábra. Az anyag részecskeképének kialakítását célzó vizsgálat (Radnóti K. felvétele)

Javaslatok az anyag témakör feldolgozásához

Van egy feladat, amelynek segítségével viszonylag egyszerűen elég sokat megtudhatunk a gyerekek anyagfelfogásáról. A tanulónak el kell képzelniük, hogy egy lombikból a benne lévő levegő felét kiszivattyúztuk, és meg kell mondaniuk, hogyan helyezkedik el a lombikban a megmaradt gáz. Azt is el kell képzelniük, hogy a gázt mintegy „láthatóvá tesszük”, vagyis rajzban jól szemléltethető a gáz elhelyezkedése a lombikban. A feladatot érdemes megoldani úgy, hogy a gyerekeket kérjük rajzolásra, és úgy is, hogy bemutatunk számukra nyolc rajzot, amelyek közül négy a folytonos anyagképhez, négy pedig a részecskeszemlélethez kapcsolódik (2.2. ábra). Ki kell választaniuk, hogy melyik ábra jelzi a leginkább valósághűen az anyag lombikban való elhelyezkedését.



2.2. ábra. Ábrásor a lombikban maradt gáz helyes ábrázolásának kiválasztásához

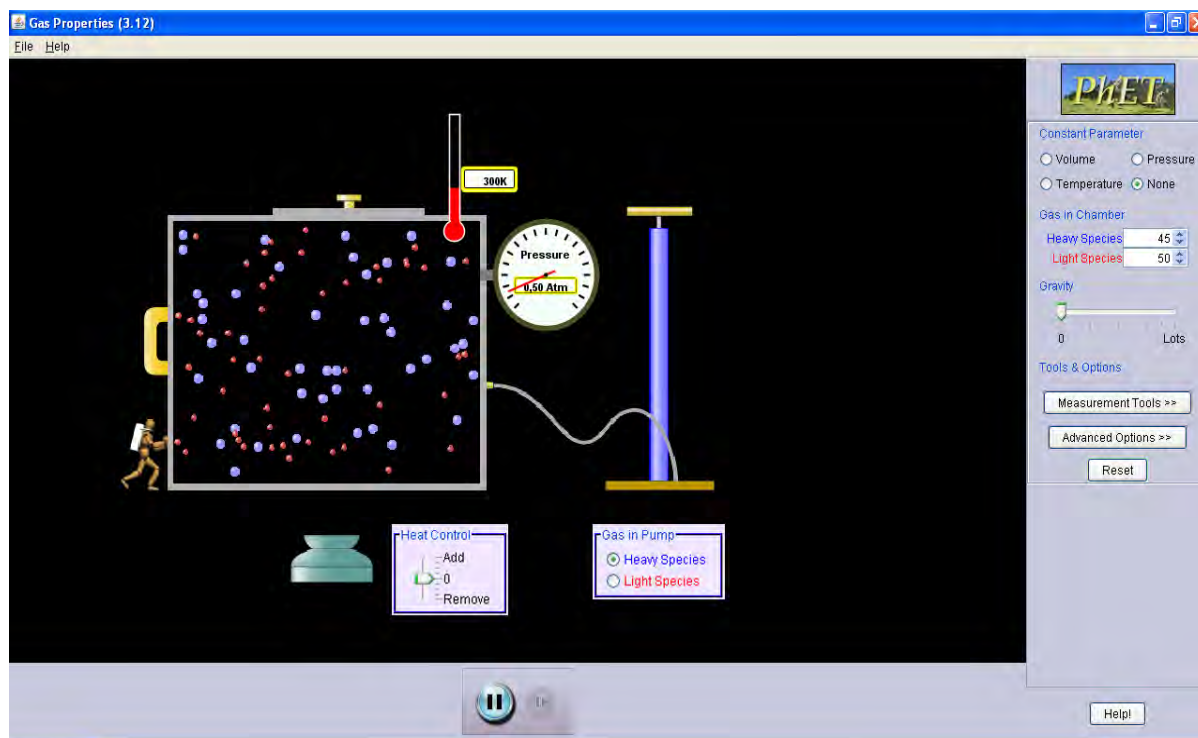
Sok mindent feltár a sajátos gyermeki elképzelések hatásából az a feladat, amelyben arra kéri a tanulókat, hogy mondják meg, mi van a részecskék közötti térben. Saját vizsgálatainkban, még a 15 évesek körében is szép számmal tapasztaltuk azokat az elképzeléseket, miszerint a részecskék között levegő van. Nem elhanyagolható arányban kaptunk olyan válaszokat is, amelyekben mikrobák, szennyeződések, más részecskék, s hasonlók szerepeltek, mint amik a részecskék között helyezkednek el. Arra kell gondolnunk, hogy a részecskék nagyon sok gyerek számára egyáltalán nem azt jelentik, mint egy fizikus vagy egy vegyész számára. Sajátos „tárgyaknak” gondolják a részecskéket, olyanoknak, mint amilyenek a székek, a házak, a ceruzák, csak valamivel (esetleg tudják, hogy sokkal) kisebbek. Közöttük mindenféle még kisebb „dolgok” lehetnek, amik a hétköznapi tárgyaink, anyagaink között is szerepelnek, elsősorban a gyaníthatóan folytonosnak gondolt levegő. Tehát a gyerekek „szótárában” a részecskék hamar megjelennek, azonban a kép „tisztulása” hosszú folyamat. Kutatók gyakran tapasztalják, hogy a gyerekek a részecskéket kis anyagdaraboknak gondolták, a folyadékok esetében például cseppeknek, amelyek ugyanolyan tulajdonságokkal rendelkeznek, mint bármilyen más anyagdarab, s nincs közöttük kölcsönhatás. Ez mintegy „mentő kísérlet” a folytonos anyagkép fenntartása érdekében, hiszen csak annyit kell elképzelni, hogy ezek a kis „részecskék” együttesen építik fel a vizsgált anyagdarabot, s tulajdonképpen az egész folytonosnak tekinthető. Ebből a képből vezethető le a gyermeki elképzeléseknek az a szintén nagy arányban előforduló jellegzetessége, hogy az anyagi tulajdonságokat (mint a keménység, a hideg, a meleg, a szín, az összenyomhatóság, stb.) a részecskéknak, később gyakran az atomoknak tulajdonítják.

A **részecskekép fejlődését** jelzi a kisebb gyerekek esetében a szilárd anyagok részecskéinek elképzelése során gyakran előforduló képzet, hogy véletlenszerűen elhelyezkedőnek gondolják az építőköveket, addig az idősebbek egyre inkább elfogadják a rendezett struktúra létét. Míg a fiatalabbak nem gondolják a részecskéket egyformáknak egy adott (homogén) anyagdarabban, addig az idősebbek (16-18 évesek) nagy többsége már birtokolja ezt a tudást. Az egymással való kapcsolatok, kölcsönhatások tekintetében is fogalmi váltás következik be. A fiatalabbak még kisebb arányban tudják, hogy a részecskék vonzzák és taszíthatják egymást, s ennek jelentős a szerepe a szilárd anyagok szerkezetének kialakulásában.

A fizikát tanuló egyetemista már jól tudja, hogy a fázisátalakulások során az anyag „jellege”, vagyis alapvető kémiai „azonossága” nem változik meg. Ezt a gyerekek nem minden esetben gondolják így. Jellegzetes példa a vízgőzé. Vannak, akik szerint az valójában levegő, mások vízcseppekként gondolnak a vízgőzre, csak kicsiben, tehát nem különálló vízmolekuláknak képzeli a levegőmolekulák között. A 12 éves gyerekek többsége már használja a részecskék fogalmát a fázisátalakulások megmagyarázása során. A részecskék sebessége, kölcsönhatásai, egymástól való elszakadásuk már magyarázataik részét képezi. Ugyanakkor e folyamatok szemléletét még számos sajátos elképzelés terheli, s nehezíti meg a későbbiekben a tudományos magyarázatok elsajátítását.

Az anyagmegmaradás, vagy kicsit precízebben a **tömeg- és energia-megmaradás** sokáig nem része a gyermeki tudásnak. Saját vizsgálatainkban is tapasztaltuk, hogy még a 15 évesek is igen nagy arányban gondolják úgy, hogy a jég elolvadásakor csökken a tömeg, ugyanez a helyzet a forrással és az égéssel is.

A helyzetet a tanítás szempontjából megkönnyíti, hogy a leggyakrabban alkalmazott modell, amit gyakran golyómodellnek is nevezünk, viszonylag egyszerű. Ráadásul ezt a modellt számos könnyen és szabadon elérhető internetes szimuláció is jól szemlélteti, amely sok gyerek számára könnyebbé teszi a megértést (például a 2.3. ábra).



2.3. ábra. Az anyagfelépítés golyómodelljének szimulációja
(forrás: <http://phet.colorado.edu/en/simulation/gas-properties>)

A hőmérséklet növekedése következtében bekövetkező térfogati változások, hogy a részecskék a magasabb hőmérséklet hatására megnőnek. Ez természetesen nem igaz, de a golyómodellben nem szoktuk megfogalmazni azt, hogy a részecskéket jelképező merev golyók mérete állandó. Így logikailag akár jó is lehetne a tanulók megoldása, persze tudjuk, hogy ez a magyarázat nem helyes. Az előbbi példát azért mondtuk el, mert e téma tanítása során különösen igaz, hogy csak akkor van esélyünk az igazi sikerre, ha a gyermeki magyarázatok értékelésénél mindig figyelembe vesszük, hogy azon ismeretek alapján, amelyekkel a gyermek rendelkezhet, logikailag helyes-e a válasza. Ha igen, és ez a konstrukciók fejlődése, alakulása szempontjából hallatlanul fontos, azt meg kell mondanunk neki, akkor is, ha esetleg a végeredmény tudományos szempontból még nem helyes. Miután itt deklaráltan egy modell működtetése során nyert eredményekről, magyarázatokról van szó, különös gonddal kell értékelni és elemezni a tanulók válaszait. Természetesen azonnal ki kell egészíteni a modellt, el kell mondani a helyes megoldást.

A **nyomás** fogalmának kialakítása is a részecskeképhez tartozik. A természetismeret tanulásának végére már elvárható a tanulóktól, hogy tudják, a levegőnek is van nyomása és azt a részecskeképpel magyarázzák. A nyomásfogalom alakításához is jól használható a fentebb ajánlott szimulációs program, melyet célszerű kiegészíteni különböző tanulói vizsgálatokkal is. Például a léggömb nyomásának vizsgálata

felfújás közben, vagy gyűjtsenek példákat a tanulók a gázok nyomásával kapcsolatban, például miként és miért úgy változik egy félig üres műanyagflakon térfogata, ha kivesszük a hűtőszekrényből? Az áramlások részecskékép segítségével történő magyarázatához az alábbi kísérleti vizsgálat javasolható:

- Tegyetek vizet egy főzőpohárba, majd a pohár falához közel dobjatok bele hipermangán kristályt! Kezdjék el itt melegíteni! Mit gondoltok, hogyan fog változni az oldat színe a melegítés során?
- Rajzoljátok le fél percenként a látottakat!
- Ismertek-e a tapasztalathoz hasonló földrajzi jelenséget?
- Fújjatok két függőleges helyzetű papírlap közé! Mit vártok, mi fog történni?
- Magyarázzátok meg a tapasztalt jelenséget!

2.1.2. A sűrűségfogalom kialakítása a természetismeretben

A sűrűségfogalom

Az anyagi tulajdonságok egyik fontos jellemzője a sűrűség, pontosabban a tömegsűrűség, melynek kialakítása a természetismeret tantárgy keretein belül történik. A fogalommal kapcsolatban azonban több tévképzet is létezik. A vizsgálatok szerint a sűrűség fogalma keveredik a viszkozitás fogalmával a gyermeki gondolkodásban, de nyugodtan mondhatjuk, hogy a mindennapi életben is. Különösen áll ez folyadékok esetében. Bizton állíthatjuk, hogy az emberek döntő többsége az étolajat sűrűbbnek tartja, mint az ivóvizet, a kenyérre kenhető vaját sűrűbbnek, mint a tejet, a háziasszony pedig habarással sűríti be a levest. Ezért a tanulás kezdetén tisztázni kell a sűrűség fizikai fogalma és a köznapiban használt sűrűség fogalma közötti különbséget. Mivel a köznyelvben a sűrűség keveredik a viszkozitással, ezért a sűrűség fogalmával párhuzamosan célszerű foglalkozni a viszkozitással is, legalább a megkülönböztetés szintjén.

A sűrűség fogalmának kialakításához elengedhetetlen a térfogat, a tömeg és az anyag állandósága tudatának kialakulása. Piaget (1970) agyaggolyós kísérlettel vizsgálta az említett fogalmak megmaradását. „A kísérleti személynek egy agyaggolyót adunk, és felszólítjuk, hogy csináljon egy másik, ugyanilyen nagyságú és súlyú golyót, az egyik golyóból hurkát, süteményt vagy több apró darabot csinálunk.” Kérdések: ugyanannyi mennyiségű anyag van-e még? (anyagmegmaradás); ugyanannyi-e a súly vagy sem? (súlymegmaradás, tömegmegmaradás); ugyanannyi helyet foglal-e el a vízben, és ugyanolyan magasra fogja-e felnyomni a vizet? (térfogat megmaradás). Az anyag és a tömeg állandóság képzelete már 9-10 éves korra kialakul, és 11-12 éves korra a tanulók közel 80%-a jut el a térfogat állandóságának felismeréséig.

A sűrűségfogalom egy lehetséges feldolgozása

Az alábbiakban bemutatunk egy lehetséges, néhány tanórát igénylő feldolgozási lehetőséget a sűrűségfogalom bevezetésére.

1. óra – Bevezető, diagnosztikus feladatok

Három csoportot alakítunk, és a csoportok asztalára előkészítünk különböző anyagpárokat:

- A. csoport: olaj – víz, puding – olaj, vas – víz, vas – alumínium
- B. csoport: alkohol – víz, méz – olaj, alumínium – víz, vas – alumínium
- C. csoport: glicerín – víz, tejföl – tej, fa – víz, meleg víz – csapvíz

A következő kérdés adható: Mit gondoltok, az asztalon lévő anyagpárok melyik tagja a sűrűbb? Indokoljátok a választokat!

Nem biztos, hogy minden anyag ismert a tanulók előtt, ezért célszerű azokat megnézni, megtapogatni, vizsgálgatni. Biztosan lesznek olyanok, akik egyik edényből átöntik a folyadékot egy másik edénybe, lehet, hogy néhányan vízbe helyezik a felsorolt szilárd tárgyakat. Sőt, ha érdekesnek tartják a tanulók, a folyadékokat is egymásra rétegezhetik, esetleg összekeverhetik. A várható válaszok között az alábbiak fordulhatnak elő:

- az olaj sűrűbb, mint a víz, mert lassabban folyik;
- a vasnak nincs is sűrűsége, mert nem folyik;
- a vas sűrűbb, mint a víz, mert elmerül a vízben;
- a szilárd testek sűrűbbek, mint a folyadékok, mert azokban közelebb vannak a részecskék egymáshoz (ezzel a megállapítással jól lehet továbbhaladni, már közelít a helyes fogalomhoz);
- az a fém a sűrűbb, amelyik a nehezebb (ha ilyen megállapítás előfordul, akkor nyert ügyünk van, mert ez már a sűrűség fogalmához vezet).

Érdekes ezek után megkonstruálni a sűrűség, pontosabban **tömegsűrűség** fogalmát, miszerint: az azonos térfogatú anyagok között az a nagyobb sűrűségű, amelyik nehezebb, azaz amelyiknek nagyobb a tömege. Állapodjunk meg tehát abban, hogy a testek sűrűségét azzal jellemezzük, hogy mekkora az egységnyi térfogat tömege!

Jöhet a következő kérdéskör: mit kell megmérnünk ahhoz, hogy meg tudjuk állapítani az asztalunkon lévő tárgyak sűrűségét? A csoportok beszéljék meg elképzeléseiket, majd ismertessék a kialakult véleményeket. A megbeszélés után ki kell alakulnia a mérési módszernek. Ezek után arra kérünk egy csoportot, hogy az asztalunkon található szilárd testeknek mérjék meg a tömegét és a térfogatát! A többi csoport folyadékokkal foglalkozva ugyanabból az anyagból válasszon ki különböző térfogatokat, és azoknak a mérje meg a tömegét! A hőtani tanulókísérleti eszközkészlet (2.4. ábra) elemei között találhatunk megfelelő testeket a mérésekhez. Amennyiben szükséges, adjunk segítséget. A folyadékokat célszerű mérőhengerbe tölteni, így a térfogat azonnal leolvasható. A szilárd anyagok térfogatát pedig a folyadék-kiszorítási módszerrel lehet meghatározni, vagy megmérhetik a jellemző hosszúságadatokat, és azokból számolják ki a térfogatot. A kapott mérési adatokat jegyezzék föl, mert a következő órán ezekkel az adatokkal fogunk tovább dolgozni.



2.4. ábra. Hőtani tanulókísérleti eszközkészlet (Radnóti K. felvétele)

2. óra. A mérési adatok feldolgozása

Az előző órán kapott adatokat dolgoztatjuk fel a tanulókkal. Minden csoport egyféle anyagnak a mérési adatait ábrázolja olyan koordináta-rendszeren, amelynek tengelyein az anyag térfogatát illetve tömegét ábrázoljuk. Az a jó, ha minél több mérési adat kerül az ábrára, ezért felhasználhatják a másik csoport által mért adatokat is. Az egyféle anyag esetében felvett pontokra feltehetően egyenest lehet illeszteni. A testek tömege és térfogata közötti összefüggés tehát egyenes arányosság, matematikailag kifejezve: egy adott anyagból kiválasztott anyagmennyiség tömegének és térfogatának hányadosa állandó. Az így kapott mennyiséget nevezzük a test sűrűségének, amely minden anyag esetében más és más, de az adott anyagra jellemző állandó.

Az óra további részében az összegyűjtött adatok alapján a tanulók kiszámítják az asztalokon lévő tárgyak, folyadékok sűrűségét és táblázatot készítenek a kiszámított sűrűségértékekből. Az elkészült táblázatot összehasonlíthatják a tankönyvben lévő táblázattal. Ezt követően felvethetjük a kérdést: valóban állandó-e a testek sűrűsége? Nem változhat-e egy anyag sűrűség azáltal, hogy felmelegítjük? Ne adjuk meg rögtön a választ, hagyjuk, hogy a csoportok tagjai gondolkodjanak el a kérdésen, beszéljék meg egymással gondolataikat, majd mondják el, hogy mire jutottak! Az előzetes elképzelések megbeszélése után a tanulók nézzenek meg a tanár által bemutatott konkrét eseteket (például a víz, az alkohol, a levegő, a huzalok hőtágulását), majd beszéljék meg, hogy milyen gyakorlati következményei vannak felfedezésüknek (a hőtágulósos példa stb.). Továbbá lássák, hogy egy anyag sűrűsége mindig csak adott körülmények között állandó, az anyagra jellemző érték, ha változik az anyagok állapota, változhat a sűrűsége is.

3. óra. A következtetések megfogalmazása

Ezen az órán térjünk vissza a sűrűség hibás értelmezéséből adódó téves válaszokra, amit az 1. órán a diagnosztizáltunk, de már akkor utaltunk arra, hogy ezekre még visszatérünk!

A testek úszása és elmerülése a folyadékokban

A gyerekek sokszor azt gondolják, hogy egy tárgy úszása vagy elsüllyedése annak tömegéről függ, amelyet úgy fogalmaznak meg, attól függ, hogy „milyen nehéz a tárgy”. Pedig valójában a sűrűségek viszonya a döntő. Annak ellenére gondolkodnak így, hogy tudják, például az acélból készült hajók úsznak a vízben, pedig eléggé nehezek. Az e témakörhöz tartozó feladatok azt a célt szolgálják, hogy rámutassunk a sűrűségviszonyok szerepére.

Feladatok

1. Írjátok le elképzeléseketek arról, mitől függ, hogy egy test elmerül vagy úszik valamilyen folyadékban!
2. Helyeztetek fahasábot különböző folyadékokba (vízbe, alkoholba, olajba, glicerinbe stb.)! Nézzétek meg, hogy mennyire merül el a hasáb az egyes folyadékokban!
3. Ismételjétek meg az előbbi vizsgálatsorozatot az egyik alumíniumtesttel is!
4. Hasonlítsátok össze a fa, a víz és az alumíniumtest sűrűségét! Mire következtettek ezekből az adatokból?
5. Helyeztetek kis orvosságosüveget vízbe, olajba, glicerinbe, alkoholba különböző esetekben! Egyszer legyen teljesen üres, majd félig, illetve teljesen megtöltve vízzel! Mérési eredményeiteket, tapasztalataitokat táblázatos formában jegyezzétek föl!
6. Miért nem süllyednek el az acélból készült hajók? Hogyan változik egy hajó bemerülési mélysége, ha árut szállít / édesvízben (folyami hajózás) vagy tengeren (tengeri hajózás) közlekedik?
7. Mit gondoltok, ha egy kémcsőben lévő víz tetejére olajat öntötök, melyik anyag lesz felül és melyik alul? Miért? Végezzétek is el a vizsgálatot! Az történt, amit vártatok?
Rázzátok össze a kémcsőben lévő folyadékokat, majd várjátok meg, míg ismét szétválnak! Ebben az esetben is az az anyag kerül végül felülre, mint az összerázás előtt?
8. Vágjatok le néhány csíkot egy nagyon vékony papírból, majd tartsátok ezeket a fűtőtest fölé! Miért fognak vajon felfelé lebegni?
Környezetismeret órán többször emlegettétek, hogy a meleg levegő felszáll. Meg tudjátok magyarázni ezt a tényt eddigi ismereteitekkel?

Van-e kapcsolat a folyadékok sűrűsége és folyékonysága (viszkozitása) között?

A gyerekek egy részénél a sűrűségfogalom keveredik a viszkozitás fogalmával. Azt az anyagot nevezik sűrűbbnek, amelyik nehezebben folyik, ezért például az olajat sűrűbbnek tartják, mint a vizet. Tehát a feldolgozás során differenciálni kell a két fogalmat. A gyerekeknek látniuk kell, hogy mást jelent a sűrűség fogalma, mely tömegsűrűség, és mást a folyósság, melyet a viszkozitás fogalmával jellemezhetünk, ami egy másfajta tulajdonsága a folyadékoknak.

Az egyes folyadékok különbözőképpen „folynak”. Az egyik hígan folyó, míg a másik kevésbé. Ezek a mindennapi kijelentések azt jelentik, hogy az olaj például sokkal lassabban folyik át egy szűk tölcseren, mint a víz. Az egyes folyadékok folyósságának a mértéke a **viszkozitás**. Egy erősen viszkózus folyadékban – ami lassan áramlik át egy szűk csövön – sokkal nehezebben mozognak a különböző tárgyak, mint a kisebb viszkozitásúban. Ezt az utóbbi jelenséget fogjuk felhasználni néhány folyadék viszkozitásának összehasonlításához mi is.

Feladat a sűrűség és a viszkozitás fogalmak elkülönítéséhez

1. Töltsetek azonos térfogatot a mérőhengerekbe vízből, étolajból, gliceriből, denaturált szeszből! Ejtsetek azonos méretű és anyagú golyókat az egyes folyadékokba, és mérjétek a leeséshez szükséges időket!
2. Állítsátok sorba a folyadékokat csökkenő viszkozitásuk alapján!
3. Állítsátok sorba az előző folyadékokat csökkenő sűrűség szerint is! Láttok-e valamilyen összefüggést a sűrűség és a viszkozitás között?

A sűrűségtáblázat használata

Gyakoroltassuk a tanulókkal a sűrűségtáblázat használatát! A gyakorláshoz kérdéseket tartalmazó feladatlapot kaphatnak a tanulók. Fontos, hogy lássák a különböző táblázatok használhatóságát, amelyek segítségével a legkülönbözőbb kérdésekre lehet választ találni. Bátorítsuk őket, hogy tervezzenek kísérleteket is, amit azonnal el is végeztethetünk. Továbbá tegyenek fel kérdéseket ők is egymásnak, amelyekre a táblázat adatainak felhasználásával lehet válaszolni!

Feladatok a sűrűségtáblázat használatára

1. Mely anyagokból készült tárgyak úsznának a vízen?
2. Mely anyagokból készült tárgyak úsznának az olajon?
3. Mely anyagokból készült tárgyak úsznának a higanyon?
4. Mely anyagokból készült tárgyak úsznának az alkoholon?
5. Mely anyagokból készült tárgyak úsznának a glicerinen?
6. Mely anyagokból készült tárgyak úsznának a szén-tetrakloridon?
7. Mely anyagokból készült tárgyak úsznának a tengervízen?
8. Melyik anyag sűrűsége a legkisebb?
9. Melyik anyag sűrűsége a legnagyobb?
10. Melyik szilárd anyag sűrűsége a legkisebb? Szerinted mi lehet ennek az oka?
11. Milyen furcsaságot fedezel fel a víz (folyadék és szilárd állapotban is) sűrűsége és a hőmérséklete között? Mely jelenségeket lehet ennek ismeretében megmagyarázni?
12. Bizonyára hallottál arról, hogy az egyes anyagok különböző keménységűek. Vajon van ennek köze a sűrűséghez? (Például a gyémánt az egyik legkeményebb anyag a világon, az arany viszont az egyik legpuhább fém (ezért kell ezüsttel ötvözni az ékszerek esetében). Megmutatkozik ez a sűrűségükben is?)
13. Találjatok ki kérdéseket egymás számára, amelyekre a táblázat adatainak felhasználásával lehet válaszolni!

Arkhimédész és a korona

Szirakuza királya, Hierón, koronát csináltatott magának. Ehhez megadott mennyiségű aranyat adott át az ötvösének. Később azonban gyanút fogott, hogy az ékszerész az arany egy részét ezüstre cserélte. Gyanújának igazolásához Arkhimédészt kérte fel. Tegyük fel, hogy a korona éppen 1 kg tömegű volt.

- a. Mekkora térfogatú lett volna a korona, ha színaranyból készül? (az arany sűrűsége: $19,3 \text{ g/cm}^3$)
- b. Mekkora lett volna a korona térfogata, ha színezüstből készül? (az ezüst sűrűsége: $10,5 \text{ g/cm}^3$)
- c. Tegyük fel, hogy az ötvös valóban csalt: az arany tömegének egytized részét ezüsttel helyettesítette. Mekkora lett volna a korona térfogata ebben az esetben?
- d. Hogyan jött rá Arkhimédész a csalásra?

e. Próbáljátok meg bemutatni az esetet vas és alumínium felhasználásával! A szükséges adatokat mérjétek meg, illetve használjátok sűrűség táblázatot!

Tanácsok az arkhimédészi koronával kapcsolatos feladathoz:

- A kétféle fémeket nem kell feltétlenül megolvasztani és ténylegesen összekeverni, elég, ha csak szorosan összeerősítik a gyerekek.
- A sűrűségértékeket lehet kerekíteni. Az arany esetében 20 g/cm^3 -re, míg az ezüstöt 10 g/cm^3 -re.

Csak háttérismeretként írok le, hogy a legnagyobb sűrűségű elemek a periódusos rendszerben a d mezőben helyezkednek el, azok közül is a nagyobb rendszámúak, mert ezek a legkompaktabbak. Nagy az f mezőbeli elemek sűrűsége is. Továbbá az atommagok sűrűsége állandó, függetlenül attól, hogy mely elem atommagjáról is van szó. Sőt, mai tudásunk szerint vannak olyan égitestek, amelyek atommagnyi sűrűségűek, ezek a neutroncsillagok.

2.1.3. A testek rugalmassága

A **rugalmasság** fogalmának kialakításánál először a tanulók mindennapi tapasztalataira építünk. Szerencsés, hogy a rugalmasság köznapiban használt fogalma nem tér el a tudományostól. Ebben a témakörben alig vannak általánosnak mondható tévképzetek. Arra azért megfelelő időben fel kell hívni a tanulók figyelmét, hogy ha összenyomunk vagy megnyújtunk egy szilárd testet, annak nem változik meg a térfogata. Az **erő** fogalmát az erő alakváltoztató hatásán keresztül is lehet szemléltetni az erő mozgásállapot-változtató hatása mellett. Mind a rugalmasság, mind az erő fogalma kialakításának már a természetismeret tantárgy keretében el kell kezdődnie. A 7-8. évfolyamon a tanulók már kvantitatív ismereteket is kell, hogy szerezzenek a rugalmas alakváltozás mértéke, a rugalmas erő és a test rugalmas tulajdonsága közötti összefüggésről (grafikonon történő ábrázolás, számítási feladatok). A rugalmas tulajdonság magyarázatánál felhasználjuk a részecskeképet, az anyagok belső szerkezetének ismeretét.

A gyerekek már egészen fiatal életkorban sokféle tapasztalattal rendelkeznek a testek és az anyagok makroszkopikus tulajdonságairól, így a rugalmasságról is, amelyekre nagy mértékben támaszkodhatunk a rugalmasság fogalmának kialakításánál. A mindennapi életben a közlekedés során, játék közben, sportolás során megfigyelhetik, hogy a tárgyaknak megváltozhat az alakja, és arról is vannak tapasztalataik, hogy a változás valamilyen külső hatásra következik be. Azt is megfigyelhetik, hogy a külső hatás lehet természeti (például erős szélben meghajlanak a fák) vagy embertől származó (például eltörünk vagy meghajlítunk egy ágot). Egyaránt találkoznak rugalmas és rugalmatlan tárgyakkal.

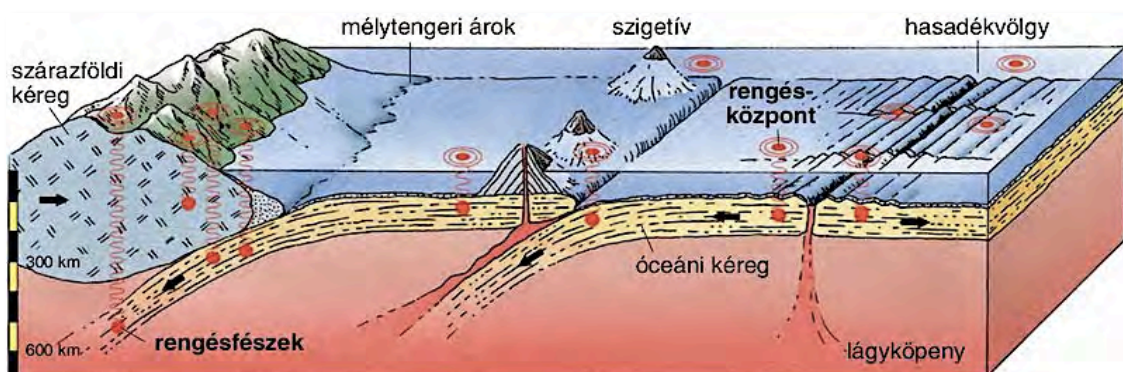
- Megfigyelhetik, hogy egyes tárgyak alakja a külső hatás megszűnése után újra ugyanolyan lesz (például a gumilabda újra gömbölyű lesz), míg más tárgyaknál megmarad az alakváltozás (például elszakad a ruha, összetörik a porcelántányér).
- Megfigyelhetik, hogy a tárgyak rugalmas tulajdonsága részben az anyagától függ (például a leejtett labda visszapattan, a nyers tészta szétlapul, az üvegtárgy pedig eltörik).

- Megfigyelhetik, hogy a tárgyak rugalmas tulajdonsága a tárgy alakjától is függ (például másképpen pattan vissza a tömör labda, mint az üreges, vagy másképpen viselkedik hajlításkor egy fémrúd, mint egy rugó).
- Meg tudják figyelni azt is, hogy az alakváltozás mértéke az erő nagyságától is függ (például minél erősebben húzunk ki egy gumikötelet, annál hosszabbra nyújtható). Sőt azt is érezhetik, hogy minél jobban megnyújtják a gumikötelet, annál nehezebb azt tovább húzni.
- Vannak tapasztalataik azzal kapcsolatban is, hogy különböző erősségű külső hatás esetében ugyanaz az anyag szenvedhet maradós és nem maradós (rugalmas) alakváltozást, sőt a kettő között átmenet is van (például ha meghúzzák egy lufi anyagát, az elszakad, vagy a hatás megszűnése után teljesen visszanyeri eredeti alakját, vagy tartósan deformálódik).
- Vannak tapasztalataik azzal kapcsolatban is, hogy a testek rugalmas tulajdonsága megváltozhat (például a pulóver a sok használat során kinyúlhat, a forró vízben mosott ruha gumija elveszíti rugalmasságát, vagy a labda már nem pattog olyan jól, mint új korában).

A természetismeret tanulóktól elvárható, hogy egy vázlatos ábrába be tudják rajzolni egy nyíllal az alakváltozást létrehozó, valamint a kezükre ható erőt. Így is bevezethetjük a kölcsönhatás fogalmát, az erő – ellenő (hatás – ellenhatás) fogalmakon keresztül. A tanulók már megtanulhatják az erő jelét és mértékegységét is. Ismerjék fel azt, hogy a rugalmas alakváltozás arányos az alakváltozást létrehozó erővel: figyeljék meg azt, hogy ha nagyobb erőt fejtenek ki, azzal nagyobb alakváltozást tudnak létrehozni (például gumikötéllel, rugóval)! Figyeljék meg azt is, hogy minél jobban megnyújtanak egy gumikötelet vagy rugót, annál nehezebb további alakváltozást előidézni!

A testek rugalmasságával kapcsolatos feladatok

1. Nyújts meg egy acélrugót! Készíts erről egyszerű rajzot! Rajzold be egy nyíllal az alakváltozást létrehozó, valamint a kezére ható erőt!
2. Nyújts meg egy acélrugót! Figyeld meg, hogy milyen összefüggés van a kifejtett erő és a megnyúlás között! Írd le, hogyan változik az általad kifejtett erő, miközben egyre jobban megnyújtod a rugót!



2.5. ábra. A földrengés a rugalmas energia szétszóródásának következménye (szerk. Makádi M.)
(forrás: http://www.mozaweb.hu/Lecke-gqhr_fy-A_Fold_amelyen_elunk_9-Mivel_jar_a_nyughatatlansag-106260)

A földrengések kialakulása a szilárd anyagok szerkezetével, azok rugalmasságával kapcsolatos jelenség. A földrengések jelentős része a kőzetlemezek találkozásának közelében pattan ki (2.5. ábra). Ennek oka, hogy amikor az egyik kőzetlemez a másik alá bukik, a lefelé haladás közben a lemezt felépítő kőzetek egy darabig rugalmasan változtatják alakjukat, de amikor már nem bírják a keletkező feszültséget, akkor a felgyűlt rugalmas energia földrengés formájában szóródik szét.

Hallgatói kérdések és feladatok

1. Figyelje meg hospitálások és saját tanítási gyakorlata során, hogy a különböző anyaggal kapcsolatos kérdésekre (például hőtágulás, halmazállapot-változás, oldódás) érkező tanulói válaszokban milyen mértékben figyelhető meg az anyagról alkotott folytonos kép, illetve a részecskekép! Van-e olyan tanulói válasz, ahol a kétféle elképzelés keveredik?
2. Tervezzen vizsgálatot a tanulók anyag és a sűrűség fogalommal kapcsolatos elképzeléseinek feltérképezéséhez! Mennyiben mutatható ki a viszkozitással való keverés?
3. Tervezzen meg egy tanórát az anyagok rugalmasságának vizsgálatával kapcsolatban!
4. Tervezzen meg egy olyan kísérletekre épülő órát, ahol a gyerekeknek egy szabálytalan alakú test, például kavics sűrűségét kell meghatározni!

2.2. Az energiafogalommal kapcsolatos tudás fizikai alapozása a természetismeretben

Írta: dr. Radnóti Katalin

Kulcsszavak: energia, energialánc, fény, halmazállapot-változás, hő, hőáramlás, hőmérséklet, hőmérséklet-változás, hővezetés, üvegházhatás

Az energia szó a görög ενεργεια kifejezésből ered, ahol az εν- jelentése be-, az έργον-é munka, az -ia pedig absztrakt főnevet képez. Az εν-εργεια összetétel az ógörögben „isteni tett”-et vagy „bűvös cselekedet”-et jelentett, Arisztotelész később „ténykedés, művelet” értelemben használta. Mai értelmezésünk szerint az **energia** a fizikai objektumok egyik skalár jellegű állapotjelzője, amelynek a Világegyetem összes fizikai objektumára megállapított értékeinek összege állandó. A természettudományokban az energia-megmaradás törvényének felfedezése az egyik legfontosabb elem volt. Az energia – mai tudományos szemléletünkben – egy konstrukció, emberi alkotás, amely azért lehet hasznos a törvényszerűségek feltárása során, mert a „világ valahogy úgy működik”, hogy az energia összmennyisége állandó marad.

2.2.1. Az energiaforrások és az energia megmaradása

Az energia fogalma

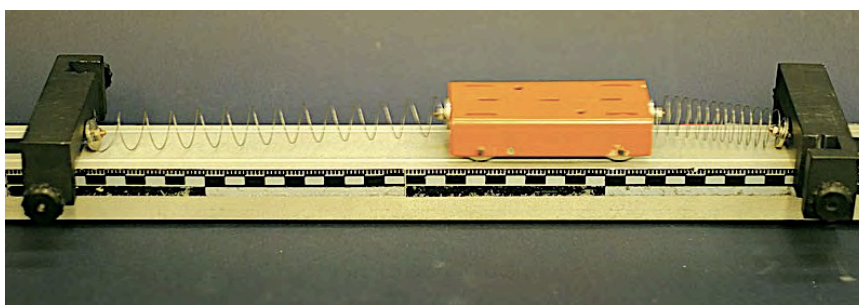
Az energia fogalmának kialakulását és vele együtt az energia megmaradásának, a termodinamika első főtételének (a viszonylag késői) felismerését a hő és a (mechanikai, elektromos, kémiai) munka „rokon” voltának tapasztalati alátámasztása tette lehetővé. A munka és a hő analóg fogalmak, mindkettő energiaközlési forma, de egyik sem energiafajta. Ezért a „hőenergia” nem elfogadható kifejezés, helyette a termikus energia kifejezést lehet használni. Az energia állapotfüggvény, értéke csak a kezdeti és a végállapottól függ, az úttól nem, megmaradási törvény van rá. A hőre és a munkára mindez nem mondható el.

Vigyázat, **az energia nem azonos a munkavégző képességgel**. Egyrészt ez a definíció csak akkor volna igaz, ha nem lenne disszipáció! (A **disszipáció** egy zárt rendszerben az energia munkavégző képességének csökkenése, mivel a hőmérséklet-kiegyenlítődés megszünteti a munkavégzés lehetőségét a rendszerben.) Másrészt az energia ténylegesen megmarad a folyamatok során, ellenben csak egy része alakítható át munkává, másik része szétszóródik a környezetben a termodinamika második főtétele szerint. Ugyanakkor éppen ez a szétszóródás teremti meg annak a lehetőségét, hogy egy részét munkavégzésre lehessen felhasználni. Nézzünk erre példákat!

Amikor egy kazánban olajat, fát vagy kőszénét égetünk el, akkor szándékosan belső energiává alakítunk át más energiaformákat. Azonban energia ekkor sem keletkezik. Amikor az olaj, a fa stb. molekulái és az oxigénmolekulák reakcióba lépnek, az égési folyamatban új molekulákat alkotnak. Annyi történik, hogy az eredeti molekulák atomjai úgy rendeződnek át, hogy több energia raktározódjon belső energiaként, és – ami nagyon fontos – magas hőmérsékletet érjünk el. Szerkeszthetünk olyan gépeket, amelyek munkát végeznek számunkra, példaként tekinthetjük a benzinmotort, és megmagyarázhatjuk, miként alakul át a benzin és az oxigén energiája az égéstermékek belső energiájává. A hőmérséklet az égés során nagyon magas lesz, melynek következményeképp a hengerben magas lesz a nyomás, mely mozgásra készíti a dugattyút. Ha például a motor egy autót mozgat hegynek felfelé, akkor az energia egy része potenciális energiává alakul. Egy hegyi úton felfelé haladó autó motorja néha annyira felforrósodik, hogy meg kell állni, és hagyni kell hűlni. E példával tehát rámutathatunk arra a tényre, hogy a betáplált energia egy része mindig a környezet belső energiájává alakul. A példa alapján be lehet látni, hogy az a kifejezés, hogy „elhasználjuk az energiát” mindössze azt jelenti, hogy az előidézett folyamat során a különböző energiafajták egy része az abban a folyamatban használhatatlan belső energiává alakul.

Az energiaátalakulásokat egyszerű vizsgálatokkal demonstrálhatjuk. Például egy kiskocsit helyezhetünk egy pályára – amelyet első közelítésben súrlódásmentesnek tekintünk – és a pálya végébe egy rugót helyezünk (2.6. ábra). A kiskocsit elindítjuk a pályán, kezdeti mozgási

energiát adunk neki. Amikor nekiütközik a rugónak, a kiskocsi lassan nyugalomba kerül, és energiáját az összenyomott rugó tárolja mint potenciális energiát. Ezután a rugó visszalöki a kiskocsit, ekkor a rugó által tárolt potenciális energia újra a mozgó kiskocsi mozgási energiájává alakul. Ha ki tudjuk küszöbölni a súrlódást, akkor a kiskocsi ugyanolyan sebességgel indul el visszafelé, mint kezdetben. Az előbbi folyamat során a potenciális energia mozgási energiává és a mozgási energia potenciális energiává alakulhat veszteség nélkül, ha nincs súrlódás. Az ilyen rendszert konzervatív rendszernek is nevezik.



2.6. ábra. Az energiaátalakulás vizsgálata kiskocsival

(forrás: https://www.mozaweb.hu/Lecke-FIZ-Fizika_11-

[1_2_A_harmonikus_rezgomozgas_dinamikai_feltetele_A_rezgesido_Az_energiaviszonyok-105010](https://www.mozaweb.hu/Lecke-FIZ-Fizika_11-1_2_A_harmonikus_rezgomozgas_dinamikai_feltetele_A_rezgesido_Az_energiaviszonyok-105010))

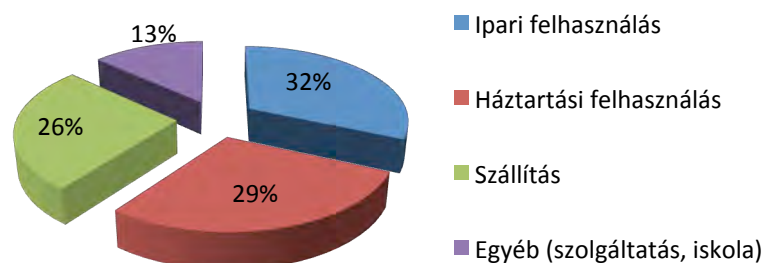
Tanári háttérismeretként írjuk le, hogy a belső energia a molekulák, atomok vagy ionok mozgásával és kölcsönhatásaival függ össze. Az anyag alkotóelemei közötti kölcsönhatások nagy része az elektromágneses kölcsönhatás megnyilvánulásainak tekinthető. Az erős és a gyenge kölcsönhatás kis hatósugarú és az atommagban hat, a gravitációs kölcsönhatás pedig jellemzően a Föld és a tárgyak közötti kölcsönhatásra egyszerűsíthető, mivel kis tömegek esetén a gravitációs vonzás közöttük elhanyagolható. A nehéz atommagokban nagy mennyiségű energia van felhalmozva, amely úgy is magyarázható, hogy az egymást elektromosan taszító protonok rendkívül kis távolságra vannak egymástól és közöttük potenciális energia raktározódik. Az atomok egymással az elektronburkon keresztül érintkeznek, ezek közül is a legkülső, úgynevezett vegyérték elektronok vesznek részt a kötések kialakításában. Mechanikai kölcsönhatás esetén is a két érintkező test külső elektronjai szorulnak egymáshoz és taszítás alakul ki közöttük. Az energiaforrások gyakorlatilag potenciális energiát tárolnak, melyek láthatatlan „rugóknak” tekinthetők. Az energia megmaradás törvényét figyelembe véve ezt úgy is tekinthetjük, hogy amikor „energiát termelünk”, akkor az ezekben a „rugókban” tárolt energiát szabadítjuk fel.

Az energiaforrások és az energia felhasználása

Az energiafelhasználás problémaköre két lényeges pontra koncentrálódik a tanítás során. Egyrészt az energiaforrásokra, a természetben található „nyers” formákra, mint például az olaj, a gáz, a szén, a nap-, a víz- és a szélenergia. Másrészt mindezek használatára, azaz a hálózatban hasznosítható munkára, mint például világítás, fűtés, főzés, szállítás, ipari árucikkek előállítása. A két rész között kell elhelyeznünk az úgynevezett **konvertereket**,

amelyek abban vannak segítségünkre, hogy az energiát számunkra hasznosítható formába alakítják át. Létrejön az **energialánc**, ami a konverterek olyan sorozata, amelyek összekötik az energiaforrásokat a végső felhasználással (Duclaux 1984).

A legjobb energia-átalakító az **elektromos rendszer**. Szinte mindegyik energiaforrás felhasználható arra, hogy elektromos energiát állítsunk elő belőle, és az elektromos energiát is át lehet alakítani például melegítésre, hűtésre, világításra, szállításra, kommunikációra. Az energia tetszőlegesen osztható, kényelmes, könnyen ellenőrizhető. Az energia-átalakító ipari üzemeket általában erőműveknek nevezik, ahol az energiát előállítják. Azonban ez több szempontból is helytelen, függetlenül attól, hogy a köznyelvben így használjuk. Először is az erő és az energia fogalmak keveredése figyelhető meg, továbbá azért, mert nem energiatermelésről, hanem az energia átalakításáról van szó. Energia szükséges ruháink, bútoraink előállításához és még sok egyéb dologhoz, amelyek kényelmesebbé, komfortosabbá teszik életünket (2.7. ábra).



2.7. ábra. Az energiafelhasználás szerkezete a világban (2014)

A fogalmi képzet alakulási folyamata

Az energiának, különösen a hőnek valamifajta, a kémiai anyaghoz hasonló szubsztanciaként való felfogása a tudomány történetének egy szakaszát ugyanúgy jellemezte, mint ahogy a gyermekek és a felnőttek nagy részének e fizikai fogalommal kapcsolatos gondolkodását is. A fogalom kialakulása a 19. században zajlott, s már ekkor eltávolodott a tudomány az energia szubsztanciaként történő felfogásától. A szakmódszertan egyáltalán nem veti el az energia „kvázi szubsztanciaként” való kezelését. Ez azt jelenti, hogy **a gyerekek fejében kialakuló energiafogalom** lényegében bátran építhető az energiának valamifajta „vándorlással” kapcsolatos képére, az „ide-oda adogatásra”, a „tárolásra”. Ez ugyan nem a lehető legkövetkezetesebb kezelés, de a gyerekek számára rendkívül szemléletes lehet, vagy legalábbis sokkal jobban megérthető, mint a fizikai objektumokhoz rendelt, teljes összegében minden folyamatban megmaradó skalár fogalma. Nem baj, ha a tanuló az energiát áramló valaminek képzi el. Természetesen a lehető leggondosabban tisztázni kell vele, hogy ez nem azt jelenti, mint a víz vagy a levegő áramlása! Ez a kép könnyebben elfogadhatóvá teszi az energia-megmaradás törvényét is.

A sajátos gyermeki elképzelésekben az energia „termelődik és elhasználódik”, vagyis nem érvényes benne az energia-megmaradás elve. Úgy tűnik, ez a törvény nem tartozik azok közé, amelyek már

születésünkkor adottak bennünk, ezt igen nehéz is lenne elképzelni. Az energia megmaradását tehát meg kell tanulnunk, s a vizsgálatok bizonyossága szerint ez rendkívül nehéz feladat. Különösen kisebb gyerekeknél fordulhat elő, hogy az energiát kifejezetten az élő szervezetekhez rendelik hozzá. Ez kapcsolatban lehet azzal, hogy a gyerekek az önmozgással rendelkező „dolgozat” tartják élőknak. Az energia ebben az összefüggésben a „hatással”, a „tevékenységre való képességgel” azonosul. Az energia és az erő a kisgyermek gondolkodásában ugyanannak a differenciálatlan „fogalom-konglomerátumnak” a részei. Ezért nem csodálkozhatunk azon, hogy kezdetben ezek a szavak egymás szinonimái (egyik test „erőt ad át a másiknak”, a testnek „elfogy az ereje”, „nagy energiával löki meg az egyik test a másikat”, stb.).

A gyermeki elképzelések között az energiával kapcsolatban még a következők szerepelhetnek:

- az energiának kizárólagosan a mozgó testekhez való hozzárendelése;
- az energiának az energiahordozókkal való azonosítása;
- az energia folyadékként való viselkedésének elképzelése;
- az energia valamilyen hozzáadott anyagként illetve termékként kezelése.

Néhány energiával kapcsolatos tanulói tevékenység

1. Fogalmazzatok meg állításokat az „energia” szó használatával!
2. Gyűjtsétek össze, hogy milyen energiahordozókat ismertek! Válasszatok ki egyet közülük, majd gondolkozzatok el az alábbi kérdéseken:
 - Milyen kölcsönhatás során változik meg a kiválasztott energiahordozó energiája?
 - Milyen típusú felhasználási lehetőségei vannak?
 - Hogyan juthat hozzá az emberiség? (például bányászat)
 - Milyen előnyei és hátrányai vannak az alkalmazásának?
3. Gyűjtsétek képeket különböző erőművekről! Rendszerezétek azokat valamilyen átalatott választott szempontok alapján!
4. Gyűjtsétek össze, hogy mi mindenre kell az energia! Válasszatok ki közülük egyet, majd gondolkozzatok el az alábbi kérdéseken:
 - Milyen kölcsönhatás zajlik le a felhasználás során?
 - Milyen energiaváltozás történik?
5. Vizsgáljátok meg többfajta élelmiszer energiatartalmát a csomagoláson található adatok alapján!
6. Gyűjtsétek össze, hogy magatok és a környezetetek milyen folyamatokhoz használ fel energiát!

A feladatok megbeszélése során nagyon kell hangsúlyozni azt, hogy nem létezik olyan energiatermelési mód, amely nincs káros hatással a környezetre. Az is sokak által hangoztatott tévhit, hogy vannak olyan energiatermelési módok, amelyek ingyenesek (a szél ingyen fúj, a Nap ingyen süt), de e lehetőségek felhasználásához is berendezéseket kell építeni, amelyek drágák. További problémát jelent, hogy a szél nem fúj állandóan, és a nap sem süt mindig, a kieső időben egyéb forrásból kell biztosítani az energiát, az esetleges túltermelés esetére pedig tároló kapacitásokat kell létrehozni. Azt lehet csupán mérlegelni, hogy adott helyen melyik módszer okozza a legkevesebb környezeti terhelést, illetve melyik a leggazdaságosabb.

Fontos tudatosítani a tanulóknak, hogy az energiatermelést gazdasági-társadalmi igény teszi szükségessé. Szokásos – és sokszor a média által is támogatott – tévhit, hogy az energiatermelés csupán a kőolaj- vagy az atom lobbiz érdekeit szolgálja, és nem a mi igényeinket elégíti ki. Ezzel szemben a valóság az, hogy az előbb említett energiaforrások, energiatermelési lehetőségek nélkül nem tudnánk kielégíteni energiaigényünket, ami egyre nagyobb lesz. Gondoljunk bele, hogy egyre több elektromos berendezést működtetünk a háztartásokban is, nemcsak a világítás energiaigényéről kell gondoskodni, hanem a televízió, a mosógép, a mosogatógép, egy vagy több számítógép, mobiltelefonok stb. már természetes tartozékai a mai életünknek! Szintén tévhit, hogy csupán takarékossgal meg lehet oldani az energia-kérdést. (Persze a takarékoság is fontos.) Hogy milyen módszert választ egy ország vagy egy régió, az gazdasági és (sajnos) politikai szempontok alapján dől el. A természettudomány és a technika csupán a lehetőségeket biztosítja és segíthet mérlegelni (ha a döntéshozók hallgatnak a szakemberekre), valamint enyhítheti a környezeti terheket.

Adható olyan feladat a tanulóknak, hogy döntsék el lakóhelyetek adottságai alapján, hogy milyen új (nem hagyományos) energiatermelési módot érdemes ott választani. Nézzenek utána az interneten a tényeknek (például: a napsütéses órák száma, a szélviszonyok, a lakóhely közlekedésföldrajzi helyzete, folyó, tó, tenger közelsége, az ellátandó lakosok száma, kőszénbánya, olajvezeték közelsége).

2.2.2. A hő és a hőmérséklet fogalmának szétválasztása

Hő és hőmérséklet

A természetismeret tanítása során fontos feladat, hogy elkezdődjön a hő és a hőmérséklet fogalmak elkülönülése, differenciálódása sok hétköznapi tapasztalat felhasználásával. Lényeges momentum annak a megértése, hogy a hőmérséklet kiegyenlítő mennyiség, amihez az egyik legjobb tanulói tevékenység a hideg és meleg víz hőmérséklet-kiegyenlítődének vizsgálata, a hőmérsékletek alakulásának grafikus ábrázolása (lásd lentebb).

A tanítás során a **hő és a hőmérséklet fogalmak szétválasztására** a következő lépéseket ajánljuk (amelyeket e fejezet különböző részeiben fejtünk ki részletesebben):

- a. Mérjék meg a tanulók egyensúlyi állapotban lévő testek hőmérsékletét, a mérés megkezdése előtt alkossanak a mérendő értékekre vonatkozó hipotéziseket, és vessék össze azokat a tényleges tapasztalattal.
- b. Értelmezzék a termikus egyensúlyt.
- c. Magyarázzák meg a különböző hőérzeteket a hővezetés különböző módjainak ismeretében.
- d. Vizsgálják meg a hőmérséklet alakulását egy fázisátalakulás kapcsán, amely elvégzése előtt alkossanak hipotézist a hőmérséklet változási ütemével kapcsolatban, majd vessék azt össze a tényleges tapasztalatokkal.

A tanórai kísérletezés során a fázisátalakulások tapasztalt hőmérsékleti jellemzői (hogyan közben van hőfelvétel, mégsem változik a hőmérséklet) alkalmasak arra, hogy a tanulók különbséget tegyenek a hő és a hőmérséklet fogalma között.

Az **intenzív paraméterek kiegyenlítődésének** egyfajta, tanulói kísérletekre alapozott feldolgozási lehetőségére jó példa, ha különböző hőmérsékletű folyadékokat, vizet, öntenek össze a gyerekek. A feldolgozás lépései a következők:

- Előzetes hipotézist kérünk a tanulóktól arra vonatkozóan, hogy szerintük mi történik, ha azonos tömegű hideg és meleg vizet összeöntünk. Legyen 100 g a tömeg és a hőmérsékletek egyik esetben 20 °C és 40 °C, majd a második esetben 40 °C és 60 °C. Indokolják is meg a hipotézisüket! (A gyermektudományi vizsgálatok szerint a 10 év körüli gyerekek esetében az a leggyakoribb, hogy a tanulók az első esetben 60 °C-os közös hőmérsékletet várnak, míg a második esetben 100°C-ot. Ez azért is érdekes, mert ekkor forrnia kellene a víznek.)
- Arra kérjük a gyerekeket, hogy tervezzenek mérést állításuk igazolására.
- A tanulók elvégzik a mérést.
- Levonják a következtetést a tapasztalat alapján. Ebben természetesen a tanárnak segítenie kell. (Előfordult, hogy amikor a hőmérő nem a várt 60 °C-ot vagy 100 °C-ot mutatta, a tanulók másikat kértek, mondván az ő hőmérőjük elromlott, mivel csak 30 °C-ot, illetve 50 °C-ot mutat.)
- A tanár további problémákat vet fel, valamint lehetőséget ad differenciált foglalkozásokra is (például más kiindulási hőmérsékletek vizsgálata, különböző tömegű vízminták használata, különböző anyagok használata stb.).

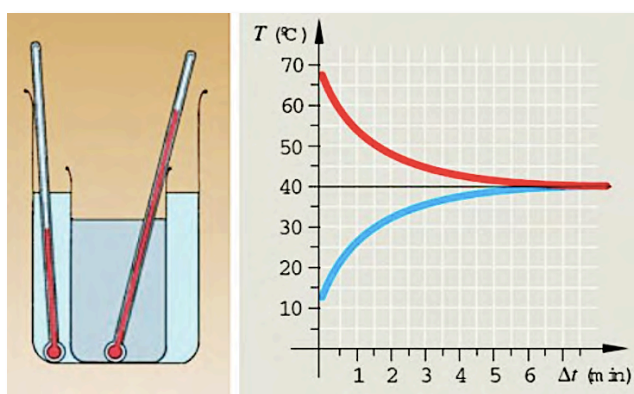
A megbeszélés során célszerű egyszerű mennyiségi leírást is adni a jelenségekre. A gyerekekkel el kell fogadtatni azt a tapasztalatot, hogy a közös hőmérsékletet nem összeadással kapjuk meg. Azonos víztömegek esetében a két hőmérséklet egyszerű számtani középértéke a várható eredmény, egyéb esetekben pedig a víztömegek arányától függ. Erre is kérjünk előrejelzéseket a gyerekektől néhány egyszerű, konkrét példa (1 : 2 és 1 : 3 tömegarány stb.) kapcsán! Mivel ez a fajta becslés különböző anyagok esetében már nem használható, érdemes erre az esetre is példát nézni. Például melegítsenek főzőlapon azonos ideig azonos tömegű (például 100 g) vizet, denaturált szeszt és olajat, miközben mérjék a hőmérsékletemelkedést, ami természetesen eltérő lesz a különböző anyagok esetében. Elég csak ennyit megállapítaniuk a gyerekeknek. Ezzel a fajhő fogalom bevezetését készítjük el, amely a 7. évfolyamon tananyag.

A közös hőmérséklet kialakulásának vizsgálata

Sok tankönyvben szerepel az alábbi kísérlet a termikus kölcsönhatás vizsgálatához: Egy meleg vízzel telt poharat nagyobb méretű hideg vizet tartalmazó pohárba helyezünk. Mindkét pohárba hőmérőt is teszünk, majd figyeljük a hőmérsékletek alakulását az idő

függvényében (2.8. ábra). Mindkét víz hőmérséklete megváltozik, a hideg víz folyamatosan melegszik, a meleg pedig hűl. A **hőmérséklet-változás** addig tart, amíg a két vízmennyiség hőmérséklete egyenlővé válik.

A tanulók alkossanak hipotéziseket a közös hőmérséklet és a hideg és a meleg víz hőmérsékletének időbeli változását mutató grafikonok várható menetével kapcsolatban. (Nem biztos, hogy minden gyerek köztes hőmérsékletet vár, mert számára a hőmérséklet összeadó mennyiség.) Ténylegesen végezzék el a mérést, jegyezzék le az adatokat és készítsék el azokról a grafikonokat! Ezt kövesse a kapott grafikonok elemzése. A valóságban a grafikonok általában nem olyan szabályosak, mint az ábrán. A kék és a piros grafikon a közös szakaszon nem lesz vízszintes, ha az elméletileg várható közös hőmérséklet magasabb lenne, mint a környezet hőmérséklete. Végül a teljes rendszer hőmérséklete azonos lesz a környezet hőmérsékletével. Érdekes ezen is elgondolkodni. Miért nem köztes hőmérséklet alakul ki? A magyarázat az, hogy a környezet ténylegesen melegszik, de jóval kisebb mértékben, hiszen nagyobb a tömege.



2.8. ábra. A közös hőmérséklet kialakulásának vizsgálata (forrás: http://www.mozaweb.hu/Lecke-Termesztismeret-Termesztismeret_6-1_Kolcsonhatas_valtozas-105303)

Idő (perc)	Hideg víz hőmérséklete (°C)	Meleg víz hőmérséklete (°C)
0		
0,5		
1,0		
1,5		
2,0		
2,5		
3,0		
3,5		
4,0		

2.2. táblázat. Táblázat a hideg és a meleg víz hőmérsékleti változásának rögzítéséhez

Feladatlap tanulók számára

- Tölts a 150 cm³-es főzőpohárba 100 g 40 °C-os vizet, majd ezt állítsd bele a 250 cm³ térfogatú főzőpohárban lévő 100 g 20 °C-os vízbe!
- Állíts hőmérőt mindkét főzőpohárban lévő vízbe! Félpercenként olvasd le, majd jegyezd fel mindkét víz hőmérsékletét (2.3. táblázat)!
- Mit vársz, hogyan változik a hőmérséklet?
- Ábrázold egyetlen grafikonban, hogy hogyan változott a hideg illetve a meleg víz hőmérséklete a mérés során!
- Olyan grafikont kaptál, mint amelyet elképzeltél? Elemezd a kapott grafikont!

Javasoljuk az alábbi vizsgálatok elvégzését is. Helyezzenek a tanulók különböző anyagból (például vas, alumínium, réz) készült fémtárgyakat forrásban lévő vízbe, és melegítsék azokat! Majd helyezték a fémtárgyat hideg vízbe, és olvassák le a közös hőmérsékletet! A tanulók fogalmazzanak meg hipotéziseket a közös hőmérséklet alakulására vonatkozóan a különböző fémek esetében!

A természetismeret tantárgy tanulása során vizsgált jelenségek közül fontos a **halmazállapot-változások vizsgálata**. Az olvadás, forrás, lecsapódás stb. jelenségeket, az olvadáspont, forráspont fogalmakat kell megismerni a tanulóknak. A jelenségek szemléletes elképzeléséhez a részecskeképet használják a tanulók, mely a kémiai tanulmányok során kibővül azzal, hogy a halmazokat felépítő részecskék különböző kölcsönhatásokban lehetnek egymással, mely meghatározó jelentőségű az egyes anyagok tulajdonságai szempontjából.

Jellegzetes tanulói tévképzet az olvadás és a szilárd anyag folyadékban történő oldódása folyamatok összekeverése. Az oldódási folyamatot is sok esetben olvadásnak nevezik a tanulók, például a só elolvad a vízben, a feloldódik helyett. Mindkét folyamatban ténylegesen szétesik a részecskék kristályos szerkezete, de másképp, más folyamatban és más hatásra.

A hőtágulás értelmezése

Az anyag részecskeképevel jól magyarázható a **hőtágulás** jelensége mindhárom halmazállapotban. Ez azért is fontos, mert így láthatják a tanulók, hogy **egy modell alkalmazásával** miként lehet jelenségeket megmagyarázni, illetve előre jelezni, hipotéziseket alkotni, azok alapján kísérleteket tervezni, majd azokat ténylegesen elvégezni, mely vagy alátámasztja az előzetes várakozásokat, vagy nem. A témakör feldolgozásához sokféle kísérlet végezhető el és sok példa hozható a mindennapi életből is (hidak, vasúti sín, gázvezeték stb.), amelyek érdekessé tehetik a témakör tanulását.

A melegebb környezetben a részecskék élénkebben mozognak, és ez magyarázza azt, hogy nagyobb a helyigényük. Analógiaként elmondható például az, hogy amikor futkároznak a gyerekek a testnevelés órán, nagyobb teremre van szükségük, a tornaterem mindig nagyobb,

mint az osztályterem. Sok esetben felfedezhető egy olyan tanulói elképzelés, amely szerint a hőtágulásnak az az oka, hogy megnő a részecskék mérete. Ez a részecskéképnek ténylegesen nem mond ellent, abból akár következhet is, de itt nem ez a helyzet. Amennyiben megjelenik ez az elképzelés, mindenképpen dicsérjék meg a tanulót, hiszen jól gondolkodott, valóban van olyan eset, nevezetesen az elektronállapotok gerjesztődésekor, amikor ténylegesen megnő a részecskék mérete. A beszélgetés során rá lehet térni arra, hogy mit gondolnak a tanulók, mely halmazállapotban milyen mértékű lehet a hőtágulás. Melyik esetben lehet a legnagyobb és mikor a legkisebb? Ennyi elméleti meggondolás után célszerű rátérni a tényleges halmazállapotonkénti vizsgálódásokra. A legtöbb természetismereti és fizika tankönyv a szilárd anyagok hőtágulásával kezdi a téma feldolgozását.

A szilárd testek hőtágulása

A **szilárd testek hőtágulása** kiválóan szemléltethető a **rézgolyó–rézkarika párossal**, ami sok szertárban megtalálható, az eszköz neve kitalálójá után Gravesande-féle **karika, golyó** (2.9. ábra). Gondolkodhatnak a tanulók arról, hogy mi fog történni, ha egyiket, másikat vagy mindkettőt felmelegítik, vajon átfér-e a golyó a karikán. A rézkarika környílása pontosan akkora, hogy szobahőmérsékleten a golyó éppen átfér rajta. Ha a golyót felmelegítjük, az kitágul, és így már nem fér át a karikán. Melegítsük a karikát is! A felmelegített karika nyílásán a meleg rézgolyó ismét átfér, bizonyítva ezzel, hogy a szilárd testek belső üregei melegítés hatására ugyanúgy tágulnak, mintha az üreget is anyag tölténé ki.



2.9. ábra. A Gravesande eszköz a szilárd testek hőtágulásának vizsgálatához
(Radnóti K. felvétele)

Ezt követően csak az úgynevezett **vonalas esetre** korlátozódik a tárgyalás, amikor a hosszúság mellett a többi méret elhanyagolható. A vizsgálathoz a legtöbb iskolai szertárban megtalálható emeltyűs pirométer használható (2.10. ábra). Hosszúkács vájába borszeszt kell önteni és azt meggyújtani, majd figyelni, hogy a behelyezett fémrúd miként változik a

hosszúsága, melyet a skála előtt elmozduló piros mutató jelez. A kísérletet csak tanár végezheti! A tanulók előzetes hipotézist alkothatnak a következőkről:



2.10. ábra. Emeltyűs pirométer (balra) és a három féle anyagból (vas, réz és alumínium) készült rúd (Radnóti K. felvétele)

- Hogyan változik a megnyúlás, ha egyre hosszabb ideig melegítik a rudakat?
- Azonos ideig tartó melegítés esetében melyik rúd fog legnagyobb mértékben megnyúlni: a vas, a réz vagy az alumínium?

A tanulók megfigyelhetik, hogy minél hosszabb ideig tart a melegítés, annál nagyobb lesz a megnyúlás mindhárom anyag esetében. Azonos ideig tartó melegítés esetében pedig az alumíniumrúd nyúlik meg legjobban.

Vegyük észre, hogy a rudak hőmérsékletét nem tudjuk megmérni, és egyáltalán nem biztos, hogy az azonos ideig tartó melegítés hatására azonos lesz a három rúd hőmérséklete. Sőt, biztos, hogy nem, hiszen különböző a fajhőjük. De erről a természetismeret órán nem kell beszélni, csak tanári háttérként írjuk le. A függvénytáblázatban megtalálhatók az úgynevezett hőtágulási együtthatók, de a természetismeret tanulás során mégsem ezt érdemes használni, mivel az kicsit bonyolult fogalom a 10-11 évesek számára ebben az életkorban. E helyett a tankönyvek azt szokták táblázatba foglalni a gyerekek számára, hogy az adott anyagból készült egy 1 méter hosszúságú rúdnak mekkora a hosszváltozása 100 °C hőmérsékletemelkedés hatására (2.2. táblázat).

A hőtágulást sok példán megfigyelhetik a tanulók a mindennapokban. Például a hőtágulással magyarázható, hogy nyáron a távvezetékek megnyúlnak, télen pedig csökken a hosszuk. A tartóoszlopokat úgy kell tervezni, hogy nyáron a belógó vezetékek ne akadályozzák például a közlekedést, vagy ne okozzon balesetveszélyt, télen pedig a méretcsökkenés miatt fellépő feszítőerő ne döntse ki az oszlopokat. Általában a hidaknak csak az egyik végét rögzítik, a másik végük gyakran görgőkön nyugszik, így a híd a hőtágulás következtében nem deformálódik. A tűzjelzőkben vagy a gázmelegítő készülékekben használt bimetall szalagban két különböző hőtágulási együtthatóval rendelkező fém (alumínium és réz) szegecselnek össze. Azonos hőmérsékletváltozás hatására a két fém különböző mértékben tágul, ezért a fémszalag elhajlik.

Anyag	Hosszváltozás 100 °C hőmérsékletemelkedés hatására (mm)
alumínium	2,4
beton	1,2
ezüst	1,9
gyémánt	0,1
ólom	2,4
réz	1,7
vas	1,2

2.2. táblázat. Néhány szilárd anyag hőtágulása

A folyadékok hőtágulása

A **folyadékok hőtágulásával** minden bizonnyal találkoztak már a gyerekek a természetismeret tantárgy tanulása előtt, hiszen a folyadékos hőmérők ezen az elven működnek. A részecskekép alapján is ki lehet gondolni, hogy a folyadékok is, a szilárd anyagokhoz hasonlóan, magasabb hőmérsékleten nagyobb térfogatot foglalnak el. Hogy mennyivel, az pedig anyagi minőségüktől függ. Ezt célszerű néhány esetben megvizsgálni (példaként víz, alkohol esetében), és összehasonlítani az eredményeket. A vizsgálat menete a következő:

- Töltsünk meg egy kémcsövet színültig vízzel, egy másikat pedig alkohollal! Ezt követően mindkettőt zárjuk le egy-egy üvegcsöves gumidugóval! Jelöljük meg a folyadékszintek helyzetét az üvegcsövön!
- Helyezzük mindkét kémcsövet egy meleg vízzel töltött, akkora méretű főzőpohárba, amelyben a víz szinte ellepi a kémcsöveket! Figyeljük meg a folyadékszintek változását!
- Hasonló vizsgálat végezhető úgy, hogy hideg vizet tartalmazó főzőpohárba tesszük a kémcsöveket.

A folyadékok hőtágulási együtthatója is megtalálható a függvénytáblázatban, de a természetismeret tanításakor mégis olyan táblázat adatait elemezzük a gyerekekkel, amelyben 1 liter térfogatú anyagok esetében az van megadva, hogy hány ml-rel növekszik a térfogat 10 °C hőmérsékletemelkedés hatására (2.3. táblázat).

Mindenképpen meg kell említeni, hogy ebből a szempontból a közismert víz különlegesen viselkedik, hiszen csak 4 °C felett jellemzi e viselkedés, 0 °C és 4 °C között csökken a térfogata a hőmérséklet emelkedésekor. A víz több szempontból is különlegesen viselkedik, például szilárd állapotában kisebb a sűrűsége, és fagyáskor a többi anyagtól eltérően a víz térfogata megnő (mintegy 9%-kal). Ezért úszik a jég a vízben. Ezeknek komoly jelentősége van a földi élet szempontjából, télen a folyóknak és a tavaknak csak a felszíne fagy be, így a jég alatt életben maradhat az élővilág.

Anyag	Térfogatváltozás 10 °C hőmérséklet-emelkedés hatására (ml)
alkohol	11
benzin	10
víz	1
higany	2

2.3. táblázat. A folyadékok hőtágulása

Fontos gyakorlati vonatkozása van annak, hogy a folyadékok hőtágulása általában nagyobb, mint a szilárd anyagoké. A szilárd anyag hőtágulása során növekszik az edény térfogata, de az edényben tárolt folyadék térfogata általában ennél nagyobb mértékben nő. Ezért ha színültig töltünk egy edényt folyadékkal egy adott hőmérsékleten, majd felmelegszik, akkor a folyadék egy része kifolyik. Ezért nem szabad az edényeket színültig tölteni folyadékkal (például folyékony étel, ital mélyhűtőbe helyezésekor, vagy a benzin kannában tárolásakor). Ezt a jelenséget használják fel a folyadékos hőmérő készítésénél. Mivel a folyadék nagyobb mértékben tágul, mint az üveg, ezért a vékony üvegcsőben felkúszik a folyadékszint, ha nő a hőmérséklet.

A gázok hőtágulása

A **gázok hőtágulásának** szemléltetéséhez a következő kísérletet ajánljuk. Tegyük festett (például réz-szulfáttal) vizet egy nagy üvegcádba, amibe a széléről beelóg egy hosszú nyakú lombik szája! Melegítsük kezünkkel vagy esetleg borszeszgőz lángjával a lombikban lévő levegőt! Kérdezzük meg a tanulóktól, mit várnak, mi fog történni? Ahogy a levegő kitágul, buborékok távoznak a lombikból. Le is hűthetjük a lombikban maradt levegőt. Öntsünk óvatosan kevés hideg vizet a lombikra! Tapasztaljuk, hogy az összehúzódó levegő helyére víz áramlik be. A vizsgálat alapján is látható, hogy a különböző halmazállapotú anyagokat összehasonlítva a gázok térfogatváltozása a legnagyobb. A gázok esetében azért nem közlünk táblázatot, mert a hőtágulás mértéke nem függ az anyagi minőségtől. Gyakorlati vonatkozása, hogy nem szabad szórópalackokat (spray-s dobozokat) a tűző napra tenni, mert a gázok hőtágulása miatt szétrobbanhatnak azok.

2.2.3. Az energiaterjedés módjai

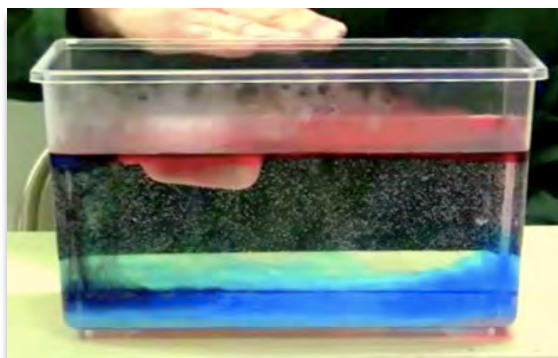
Az **energiaterjedés** (vagy régies nevén hőterjedés) mechanizmusa többféle lehet: hővezetés, hőáramlás és a hősugárzás. Mielőtt elkezdjük e téma feldolgozását a tanulókkal, célszerű beszélgetni velük arról, hogy ismét az anyag részecskemodelljét használva, milyen energiaterjedési lehetőségeket tudnak elképzelni.

- A modell alapján kikövetkeztethető, hogy az egyik lehetőség az, hogy a részecskék nem vándorolnak el a helyükről, csak a hőmozgás élénksége az, ami szomszédra terjed. Ez a **hővezetés** jelensége.
- A másik esetben pedig a részecskék ténylegesen elvándorolnak, ami a **hőáramlás** jelensége.

A hővezetés és a hőáramlás vizsgálata

A hővezető-képesség is függ az anyagi minőségtől, mint sok más tulajdonság. A fémek jó **hővezetők**, míg például a műanyagok, a téglák, a víz, a fa, a papír, a gyapot nem, ezek **hőszigetelő anyagok**. Érdekes vizsgálatok és kísérletek végezhetők ebben a témában is. Például több tankönyv ajánlja a következőt: A hőtani tanulókísérleti készletben található vas-, réz- és alumíniumlemezre rögzítsünk viasszal kis rajzszögeket, majd egyik végükön kössük össze a lemezeket! Kezdjük el melegíteni az összekötött lemezrészletet! Figyeljük meg, hogy melyik lemezről potyognak le hamarabb a rajzszögek! A felhasználás módjától függ, hogy éppen jó vagy rossz hővezető, hőszigetelő anyagra van-e szükség. Az épületekben használt fűtőtesteket például jó hővezető anyagból célszerű készíteni, míg a házakat jó hőszigetelő üreges téglából, mert a téglák üregeiben lévő levegő is jó hőszigetelő. Általában a laza szerkezetű anyagok jó hőszigetelők.

Milyen anyagokban terjedhet hőáramlással az energia? Kikövetkeztethető, hogy ez a fajta energiaszállítás a folyadék és a gáz halmazállapotú anyagokra lehet jellemző. De merre áramlik a folyadék vagy a gáz, ha elkezdjük melegíteni? Minden irányba, vagy lesz kitüntetett irány? Nézzünk két, a kérdés eldöntésére szolgáló vizsgálatot! Melegítsünk egy lombikban lévő vizet alulról! A víz útjának jelzésére tegyünk az aljába szép lila hipermangán kristályt! Látható a képen, hogy a víz felfelé áramlik. Több tankönyvben megtalálható a következő kísérlet, amelyhez a szükséges üvegeszköz általában a fizika- vagy kémiaszertárban fellelhető. Ejtsünk hipermangán kristálydarabkát négyzetesre hajlított, vízzel töltött üvegcső egyik sarkába! Ezen a helyen kezdjük el melegíteni, és figyeljük, hogy merre áramlik a víz!



2.11. ábra. A tenger- vagy tóvíz körforgásának modellezése (Makádi M. felvétele)

Mindkét vizsgálatban az látható, hogy a melegített víz felfelé kezd el terjedni. A négyszögre hajlított üvegcsőben lévő hipermangán lila színe szépen mutatja, ahogy a víz mintegy körbemeget a csőben, először felfelé, majd balra, végül le, és csak végül lehűlve tér vissza a kiindulási helyre. Ugyanezt látjuk a tengervíz mozgását (vízkörzést) modellező vizsgálatban is, ahol a pirosra festett meleg víz felfelé, a kék hideg víz pedig lefelé törekszik (2.11. ábra). A légkörben is hasonló jelenség játszódik le, amikor az a felszín közelében, a felmelegedő felszín hatására felmelegszik, és ennek következtében felemelkedik (2.12. ábra). A felemelkedő levegő egyre alacsonyabb hőmérsékletű tartományba kerül, így fokozatosan hűl, a hideg levegő pedig lefelé áramlik. Így alakulnak ki a különböző szélrendszerek.



2.12. ábra. A felmelegedő levegő felszállásának modellezése (Makádi M. felvételei)

A víz és a levegő felemelkedésének oka a felhajtóerő, mely azonban nem tananyag a természetismeret tantárgyban, csak tanári háttértudásként említjük meg. Mivel ($4\text{ }^{\circ}\text{C}$ felett) a víz vagy bármilyen folyadék, illetve gáz a növekvő hőmérséklet hatására egyre jobban kitágul (hőtágulás), a melegítés helyén és körül kisebb sűrűségű lesz, és elkezd felfelé emelkedni. A felmelegedett folyadék, gáz helyére hideg folyadék, gáz áramlik, amely ott szintén felmelegszik, kitágul és felemelkedik. A folyamat így állandósult körforgáshoz vezet. Egyik technikai alkalmazása a központi fűtési rendszer. A jelenség magyarázza, hogy miért van a kazán az épületek legalsó szintjén. Ezen az elven alapult a padlófűtés már az ókori rómaiaknál is.

A hőszugárzás vizsgálata

A Nap és lakóhelyünk, a Föld nevű bolygó közötti hatalmas tér csaknem teljesen üres, majdnem tökéletes vákuum uralkodik ott. A napfény mégis eljut hozzánk, energiát, életet adva a Földnek. A harmadik energiaterjedési mód a hőszugárzás, amelynek terjedéséhez nincs szükség semmiféle közegre, annak bármilyen mozgására.

A természetismeret órán kívül is megfigyelhetik a tanulók, hogy a napsugárzás hatására erősebben felmelegednek a sötét színű tárgyak, mint a világos színűek, vagyis a hőelnyelés és hőkibocsátás a test

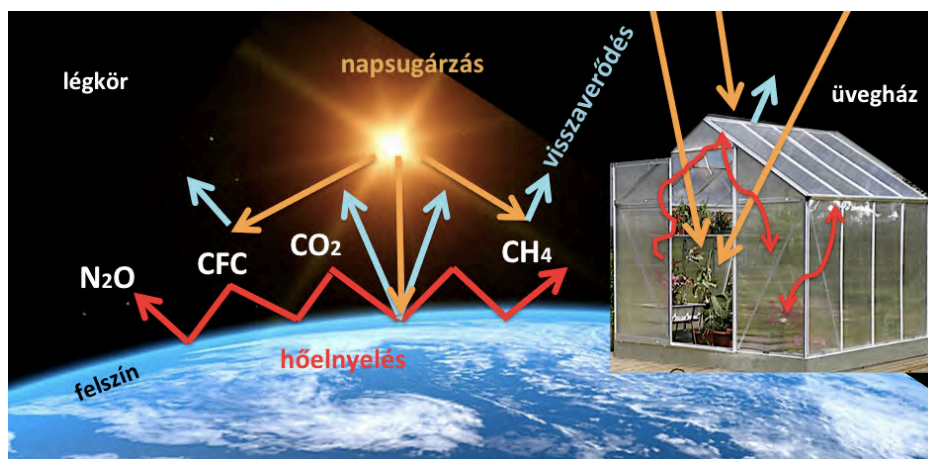
felületének színétől is függ. (Meglepő megfigyelés: ha behunyt szemmel simogatunk meg egy napozó sötét-világos foltos macskát, akkor a hőmérséklet-eltérés alapján is tökéletesen ki lehet tapintani a foltok helyzetét.)

A **hőelnyelés** és **hőkibocsátás** vizsgálatára érdemes kísérletsorozatot végezni. A hősugárzás forrása lehet a Nap, egy hősugárzó vagy egy infralámpa. Például a hősugárzótól azonos távolságban helyezzenek el két azonos sugarú gömbloblikot, amelyeknek eltérő a külső felülete: az egyiké fekete (festett, kormozott vagy fekete papírral bevont), a másiké pedig fehér (festett vagy fehér papírral bevont) vagy fényes (alufóliával bevont). A sugárzásnak kitett eltérő felszíni tulajdonságokkal rendelkező lombikok különböző mértékben nyelik el, majd sugározzák ki a hőt. A tanulók javasoljanak módszereket arra, hogy megmutassák a különbséget! Azokat, amelyek megvalósíthatók a gyakorlatban, próbálják ki, akár otthon is! Például ha lombikokba azonos hőmérsékletű vizet öntenek, és azonos idő elteltével megméri a hőmérsékletüket, azt tapasztalják, hogy a fekete felszínű lombikba töltött víz melegszik fel jobban, vagyis a fekete felületű tárgy nyel el, majd bocsát ki több hőt. A világos vagy fényes felületű tárgy pedig kevesebbet nyel el, és ezzel párhuzamosan több sugárzást ver vissza. Hívjuk fel a tanulók figyelmét arra, hogy az a test, amelyik több hő elnyelésére képes, az több hőt is bocsát ki!

Érdemes arról is beszélni, hogy a hősugárzás (infravörös sugárzás) a fényhez hasonló elektromágneses sugárzás egyik fajtája. Bármely test, amelyik melegebb az abszolút nulla foknál, elektromágneses sugárzást – és így infravörös sugárzást is – bocsát ki magából. Ez alapján lehet úgynevezett infrakamerával megtalálni sötétben is élőlényeket, embereket, vagy azt vizsgálni, hogy egy háznak jól zárnak-e a nyílászárói, hol szökik a hő stb. A gyakorlatban felhasználható tapasztalat, hogy a világos, sima felületek (például fehérre festett házfalak, a tengerpart homokos fövénye) jól visszaverik a hőt és rosszul sugározzák ki, míg a sötét, érdes felületek (például szántóföld, aszfaltozott úttest, panelházak betonfelületei) jó hőelnyelők és jól is sugároznak. A mindennapokban az is lehet cél, hogy egy tárgy erősebben felmelegedjen és az ellenkezője is. Gyűjtsenek a tanulók olyan eszközöket, berendezéseket, technikai megoldásokat, ahol ezt a jelenséget valamelyik cél érdekében felhasználják! (Néhány példát mi is felsorolunk: a kerti zuhanyozó víztartályát feketére festik; a termosz belső falát fényes bevonattal látják el; a lakás ablakára fényvisszaverő fóliát ragasztanak; a parkoló autó szélvédőjére nyáron fényvisszaverő fóliát tesznek; nyáron világos színű ruhákat hordunk, télen pedig inkább sötét színűeket.)

A hőelnyelés jelenségének az időjárás alakulása szempontjából is van jelentősége. A földfelszín anyagi tulajdonságainak (például szín, érdesség, szerkezet) különbözősége miatt a hőelnyelés, majd a hőkibocsátás is eltérő. Ezért a felszín fölött hőmérséklet-különbség alakul ki, aminek nyomáskülönbség a következménye. Amíg ki nem egyenlítődik a nyomáskülönbség, addig levegő áramlik a nagyobb nyomású hely felől a kisebb nyomású felé, vagyis a felszín közelében fúj a szél. A hőelnyelést a növénytermesztésben is felhasználják. Az üvegházban vagy a fóliasátorban melegebb van, mint azon kívül, mert a napsugárzás nagy energiájú összetevőkből áll, nagyrészt keresztülhatol az üvegen vagy a fólián, elnyelődik a talajban, a berendezési tárgyakban, a növényekben, és felmelegíti azokat. A felmelegített testek kisugározzák az elnyelt energiát, de mivel a hőmérsékletük alacsonyabb, mint Napé, ezért kisebb energiájú sugárzást (főként infravörös sugárzást) bocsátanak ki. Ennek azonban csak egy kis

része tud áthatolni az üvegen vagy a fólián, ezért „csapdába esik” és felmelegíti a bezárt levegőt (2.13. ábra). Érdeemes arról is beszélni, hogy ilyen módon egyszerűen fel lehet használni a Nap energiáját és nem kell például fosszilis energiahordozókat elégetni az üvegház fűtésére. Keressenek a tanulók példákat az üvegházhatásra a mindennapokból! Bizonyára sokan mondják majd példának, hogy a napsugárzás érezhetően felmelegíti a levegőt szobában vagy az autóban.



2.13. ábra. A hőscapdaként működő üvegház modellje (Makádi M.)

A Föld is üvegházként működik: az üveg szerepét a bolygót körülvevő légkör játssza. A Napból érkező nagyenergiájú elektromágneses sugárzás lényegében akadály nélkül halad át a légkörön, és a felszínt elérve, felmelegíti azt. A felmelegedett földfelszín kisebb energiájú sugárzást (főként infravörös sugárzást) bocsát ki. Ennek azonban csak egy része tud áthatolni a légkörön, más része visszaverődik és melegíti azt. Az üvegházhatásnak köszönhetjük, hogy ki tudott alakulni az élet a Földön, hiszen e nélkül a Föld átlaghőmérséklete lényegesen (kb. 30 °C-kal) alacsonyabb lenne. Az **üvegházhatás** mértéke a légkör összetételétől és a földfelszín tulajdonságaitól is függ, ugyanis mindkettő befolyásolja a sugárzás elnyelésének és kibocsátásának mértékét. A légkör összetételénél fontos, hogy milyen az üvegházhatást okozó gázok (szén-dioxid, metán, vízgőz, nitrogén-oxidok, halogénezett szénhidrogének) mennyisége. A földfelszín sugárzáselnyelő tulajdonságát pedig az befolyásolja, hogy mi borítja a felszínt: víz, hó és jég, növényzet, kopár talaj, szikla vagy utak és épületek.

Egyszerű vizsgálattal modellezhető az üvegházak és a földi üvegházhatás működése a természetismeret tanítás-tanulás folyamatában. (A vizsgálatot érdemes tanórán kívül, otthon elvégezni, mert időigényes.)

- Tegyenek a tanulók egy átlátszó tálat, poharat vagy Petri-csészét az asztalra a szájával lefelé, és helyezzenek hőmérőt az edény alá! (Fontos, hogy ne legyen rés az edény és a felület között, hogy ne „szökjön meg” a meleg.) Egy másik hőmérővel mérjék az edényen kívüli hőmérsékletet! A hősugárzás forrása lehet a Nap, egy hősugárzó vagy egy infralámpa. Akár egyszerre, akár egymásután végzik el a különböző méréseket, arra nagyon kell ügyelni, hogy azonos módon érje a sugárzás az „üvegházakat”!
- Mérjék meg a tanulók a hőmérsékletet adott időközönként, és rögzítsék táblázatban az adatokat!
- Tegyenek az edény alá különböző tulajdonságú felületeket, fehér papírt, fekete papírt, alufóliát, virágföldet, homokot, gyepreveget stb.!
- A mérések előtt állítsanak fel hipotéziseket, majd hasonlítsák össze a mérési eredményeket, és vonják le a következtetéseket!

A fény mint az energiatérjedés egyik formája

A természetismeret tanulása során is szükség van olyan alkalmakra, amelyeken a fény természete kerül szóba. Ebben az esetben is fontos a gyerekek előzetes tudásának felmérése, hogy ők miképpen gondolnak a fényre. Célszerű a felnőttek számára gyakran furcsának tűnő kérdéseket feltenni, mert ezek segítségével közelebb juthatunk a gyermekek világmagyarázatát képező elméletekhez. Ilyen kérdések lehetnek például: Van-e fény a sötétben? Miért látjuk a sarokban álló szekrényt? Mi történik a fénnel, ha egy befüggönyözött szobában lekapcsoljuk a villanyt? Mi történik, ha ezután felkapcsoljuk a világítást? Mit tudtok mondani az árnyékról?

A fénnel kapcsolatos gyermeki elképzelések a következőképp foglalhatók össze:

- A fénnel kapcsolatos értelmezések kezdetben messze állnak a tudományos elképzelés(ek)től. A gyerekek nem mint önálló fizikai létezőt szemlélik a fényt, hanem szorosan összekapcsolják a fényforrással (szinte azonosítják azzal), vagy a „tér” egyfajta állapotaként értelmezik (világos van). Mindenesetre a 300 000 km/s sebességgel száguldó „valamik” (hullámok, részecskék) képzete nehezen és csak sokára alakul ki.
- A kisgyerekek megkülönböztetik az éles és a „hétköznapi” (vagyis a dolgokat megvilágító) fényt. Ebben a képben a fények egy skálán helyezhetők el a nagyon éles, direkt fénytől a sötétségig (sok kisgyerek a sötétséget „fekete fénynek” tartja). Az árnyék ebben a képben csak az éles fény hatására alakul ki.
- Sok gyerek számára a fény részecskékből áll.
- Tapasztható az is, hogy a gyerekek olykor a fényt nem kapcsolják össze a látással. A fény megvilágítja a tárgyakat, de a kérdésekre adott válaszaikban nincs jelzés arra, hogy a látás a fény visszaverődése és a szembe jutása révén jönne létre. A látást pusztán annak tekintik, hogy a szem érzékeli a megvilágított dolgokat.
- A fényt emberi szándékokkal összefüggésben értelmezik: a fény azért van, hogy láthassuk a dolgokat.
- A fény a gyermeki tudatban a nagy, fénykibocsátásra képes tárgyak tulajdonsága.
- Úgy képzeli, hogy a fény éjszaka messzebb jut el, mint nappal.
- A tanulók a fényt nem kapcsolják össze a mozgással, úgy gondolják, hogy a fény körülöttünk, a dolgok körül van, de nem halad, nem mozog.
- A látást a kisgyerekek azzal magyarázzák, hogy a szemből sugarakat bocsátunk a tárgyra. (Ez volt az ókori elképzelés is.)

A természetismeret tanítása során nem arra van szükség, hogy a tanár „átadja a helyes ismereteket” a tanulóknak. Ehelyett meg kell ismernie a gyerekek elképzeléseit, s ami még ennél is fontosabb, nekik maguknak kell tudniuk kifejezni, egyre plasztikusabban megfogalmazni saját gondolataikat. A tudományos (vagy annak tartott) elképzelés alapgondolata, mint alternatíva szerepeljen, kínáljuk fel értelmezési lehetőségként. Kisebb gyerekeknek talán a részecskemodell a leginkább megfelelő: a fényben

nagyon-nagyon kicsi golyócskák repülnek iszonyúan nagy sebességgel. Ehhez persze szükséges, hogy már az anyaggal kapcsolatban egy viszonylag jól formált részecskeképpel rendelkezzenek.

Érdekes feladat, hogy a tanulók gyűjtsék össze csoportmunkában, miért, mennyi ideig és hogyan használunk különböző fényforrásokat a lakásban, az iskolában, a településeken, a színpadon, a közlekedésben és a természetben (például milyen lámpát használunk olvasásához, hová, hogyan helyezzük el az asztali lámpát, milyen lámpát használjunk a nappali szoba megvilágításához, stb.). A tanulók beszéljenek arról is, hogy fontos, hogyan takarékoskodjunk a fényforrások használatával.

Hallgatói kérdések és feladatok

1. Gyűjtsön kifejezéseket, szóösszetételeket, amelyben az energia szót használja a köznyelv! Milyen szemlélet áll ezek mögött? Melyik fizikai alapú?
2. Vizsgáljon meg ismeretterjesztő könyveket, cikkeket, nézzen meg ismeretterjesztő filmeket és figyelje abból a szempontból, hogy milyen módon írnak/beszélnek az energiáról! Milyen jellegzetes tévképzetek találhatók benne? Használják-e a hőenergia fogalmát? stb.
3. Vizsgáljon meg tankönyveket abból a szempontból, hogy a fejezetben tárgyalt jelenségek, mint hőtágulás, halmazállapot-változások, hővezetés, hőáramlás értelmezéséhez milyen mértékben használja az anyag részecskemodelljét!
4. Vizsgáljon meg természetismeret tankönyveket abból a szempontból, hogy milyen fénnyel kapcsolatos jelenségeket tartalmaz, és ezekhez milyen értelmezéseket fűz!
5. Vizsgáljon meg természetismeret tankönyveket abból a szempontból, hogy miként írnak az energiatermelésről, mennyire hangsúlyozzák például a megújuló energiaforrásokat?
6. Tervezze meg az energiával foglalkozó fejezetben tárgyalt valamelyik témakör feldolgozását a tanári és a tanulói tevékenységekkel együtt!

A fejezetben felhasznált és ajánlott irodalom

1. Budó Á. (1977): Kísérleti fizika. Tankönyvkiadó, Budapest, 517 p.
2. Carlton, K. (2000): Teaching about heat and temperature. *Physics Education*, 2. pp. 101–105.
3. Chi, M. T. H. – Slotto, J. D. – deLeeuw, N. (1994): From Things to Process: A Theory of Conceptual Changes for Learning Science Concepts. *Learning and Instruction*, 4. pp. 27–43.
4. Driver, R. (1983): The Pupil as Scientist? Open University Press, Milton Keynes, Philadelphia, pp. 541–555.
5. Driver, R. – Guesne, E. – Tiberghien, A. (szerk., 1985): Children's Ideas In Science. Open University Press; Milton Keynes, Philadelphia, pp. 193–201.
6. Csapó B. – Szabó G. (szerk., 2012): Tartalmi keretek a természettudomány diagnosztikus értékeléséhez. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, pp. 179–311.
7. Csákányiné – Károlyházy F. (1996): Fizika 6. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 124 p.
8. Király M. – Radnóti K. (2012): Az energiáról és az energiatermelésről I–III. A Fizika Tanítása. MOZAIK Oktatási Stúdió, Szeged, XX. 2. pp 8–18., 3. pp 3–12., 4. pp 3–14.
9. Korom E. (2005): Fogalmi fejlődés és fogalmi váltás. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 192 p.
10. Nahalka I. – Wagner É. (1996): Természetismeret. Tanterv 1–6. osztályosok számára. KOMP Iskolamodell, Budapest, 75 p.
11. Nahalka I. (1997): Konstruktív pedagógia – egy új paradigma a láthatáron I–III. Iskolakultúra. VII. évf. 2. pp. 21–33.; VII. évf. 3. pp. 22–40.; VII. 4. pp. 21–31.

12. *Nahalka I. – Poór I. – Radnóti K. – Wagner É. (2002): A fizikatanítás pedagógiája.* Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 330 p.
13. *Novick, S. E. – Nussbaum, J. (1978): Junior high school pupils' understanding of the particulate nature of matter; An interview study.* Science Education, 62. 3. pp. 273–281.
14. *Radnóti K. – Király B. (2013): Modellszámítások az energia oktatásához.* Fizikai Szemle. LXIII. évf. 12. pp. 422–425.
15. *Radnóti K. – Nahalka I. (szerk., 2002): A fizikatanítás pedagógiája.* Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 330 p.
16. *Radnóti K. – Schusztér F. (2003): Így is lehet tanítani.* Módszertani Lapok, Fizika, 10. évf. 2. pp. 8–14.
17. *Radnóti K. (szerk., 2014): A természettudomány tanítása.* Szakmódszertani kézikönyv és tankönyv. MOZAIK Kiadó, Szeged, pp. 70–180.
18. *Vosniadou, S. (1994): Capturing and Modelling the Process of Conceptual Change.* Learning and Instruction. 4. pp. 45–69.
19. *Wagner É. (2008): A gyermeki elképzelésekkel és változásaikkal kapcsolatos ismeretek és alkalmazásuk a konstruktivista szemléletű fizika tanítás során.* PhD értekezés, Budapest, ELTE PPK, 141 p.

3.1. A kölcsönhatások típusai és azok megjelenése az oktatásban

Írta: dr. Radnóti Katalin

Kulcsszavak: elektromágneses kölcsönhatás, erős kölcsönhatás, felületi feszültség, gravitáció (tömegvonzás), gyenge kölcsönhatás, kémiai kölcsönhatás, mágneses kölcsönhatás, mechanikai kölcsönhatás, termikus kölcsönhatás

A természettudományok oktatási folyamata során gyakran beszélünk különböző kölcsönhatásokról, mint például mechanikai és termikus kölcsönhatás. Melyek ténylegesen az alapvető kölcsönhatások? Az alábbiakban bemutatjuk, hogy a természetben valójában négy alapvető kölcsönhatás létezik: a gravitációs, az elektromágneses, a gyenge és az erős kölcsönhatás.

3.1.1. A gravitációs és az elektromágneses kölcsönhatás

A gravitációs kölcsönhatás

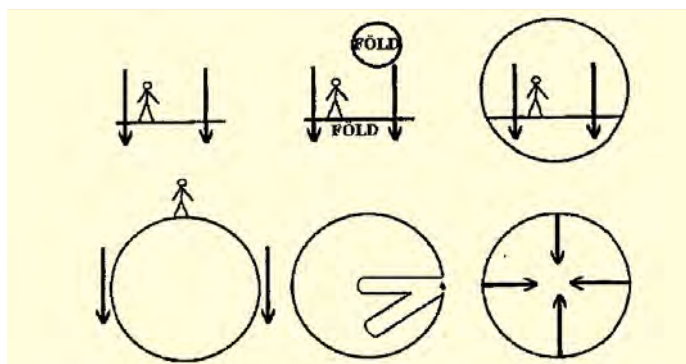
A **gravitáció (tömegvonzás)** a leggyengébb kölcsönhatás, mivel csak a testek tömegétől függ, hatótávolsága végtelen, és nem lehet úgy leárnyékolni, mint az elektromágneses kölcsönhatás esetén a negatív töltés terét egy pozitívval, ezért a nagyobb távolságok esetén (például a bolygók és a csillagok között) ennek a hatása a döntő. Végtelen hatótávolsága miatt a gravitáció felelős a nagy skálán kialakuló olyan alakzatok, mint a galaxisok, a fekete lyukak, a csillagködök szerkezetéért, a Világegyetem tágulásáért, a bolygók pályájáért, valamint a köznapi életben gyakran tapasztalt jelenségekért, mint például, hogy a testek leesnek, vagy ha felugrunk, akkor visszaesünk. A gravitáció volt az első kölcsönhatás, amelyet matematikai összefüggésekkel leírtak. Isaac Newton (1642–1727) egyetemes tömegvonzási törvénye (1687) nagyon jó közelítése a gravitációs kölcsönhatás viselkedésének. 1915-ben Albert Einstein (1879–1955) kidolgozta az általános relativitáselméletet, a gravitáció még pontosabb elméletét, amely azt a téridő geometriájaként írja le.

A gravitációs kölcsönhatásról szó kell, hogy essen a természetismeret tanulása során is. Azt kell kiemelni, hogy ez a kölcsönhatás a felelős azért, hogy a Földön lévő testek nem repülnek le róla. Mivel a mindennapi életünkben természetesnek vesszük a létezését, ezért az emberiség története során sokáig fel sem merült kérdésként, ahogyan a gyerekek számára sem kérdés. Éppen ezért a tanítás során fontos e ténynek problémaként történő

megfogalmazása. A téma feldolgozása szorosan kapcsolódik a gyerekek Föld-képének alakulásához is, amelynek több fő lépése különíthető el.

A tanulók gravitációval és a Földdel mint bolygóval kapcsolatos elképzelésének alakulása

A gyermekek Földdel kapcsolatos képzetének kialakulási folyamata hat, egymástól viszonylag jól elkülöníthető szakaszra osztható. Ezek a szakaszok azonban nem kihagyhatatlanok, vagyis egy-egy tanulónál nem biztos, hogy mindegyik szakaszt észlelhető. Az alábbiakban, annak érdekében, hogy segítsük a gyerekeket a gravitációs kölcsönhatás és az égitestek gömb alakja közötti kapcsolat megértésében, összefoglaljuk a **Föld-képzet változásának szakaszait** (3.1. ábra).



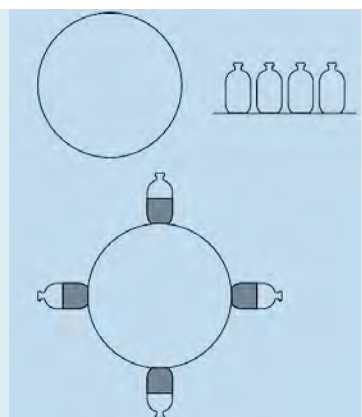
3.1. ábra. A gyermeki Föld-képzet alakulásának fázisai (forrás: Nahalka I. 2002)

1. A kisgyermekek kezdetben laposnak gondolják a Földet, mely képzet a közvetlen tapasztalatok alapján alakul ki, hiszen például a leejtett tárgyak a felszínre merőlegesen esnek le, az égitestek pedig a Föld körül keringenek.
2. A lapos Föld-képzet hamar ellentmondásba kerül azzal, hogy napjainkban egyre több helyről (például a televízióból, idősebb testvérektől, szülőktől) a gyermekek tudomást szereznek arról, hogy a Föld egy gömb alakú test, amely lebeg a Világegyetemben. Ezek hatására érdekes képzet alakul ki. Amikor azt kérjük a gyerekektől, hogy rajzolják le a Földet a rajta lévő házakkal, fákkal stb. együtt, többen rajzolnak egy lapos és mellé egy gömb alakú Földet, vagyis mintegy megkettőzik a bolygónkat.
3. A következő fejlődési fokozatban a gyermekek egy része úgy képzei, hogy a Föld gyakorlatilag azonos a rá boruló égbolttal, a Világmindenséggel.
4. A következő érdekes képzet a Föld gömb alakjának elfogadása, ugyanakkor egy abszolút függőleges irány feltételezése. Sok gyermek rajzol már gömb alakú Földet, de házakat, fákat stb. csak a gömb tetejére rajzol. Ha megkérjük őket, hogy ugyanezt rajzolják le a Föld egy másik részére is, akkor új ábrát készítenek, de ott is csak felülre rajzolnak. Előfordul az a gondolati probléma, hogy a nagy mennyiségű víz (például az óceán, de a nagy folyó is) miért nem folyik le a Földről. Ez arra utal, hogy ekkor még egy abszolút függőleges irányban gondolkodnak a gyerekek, és még nem ismerik a gravitáció jelenségét.

5. Érdekes rajzokat kaphatunk, ha azt kérjük, hogy gondolatban dobjanak le egy tárgyat a Föld különböző helyeiről, és rajzolják le, hogyan fog esni. Rajzaikon a tárgy vagy kikerül a Világegyetembe, vagy „ferdén” esik, nem a Föld középpontja felé.
6. Végül kibontakozik a gömb alakú Föld képzete, ahol a leejtett tárgyak már a Föld középpontja felé esnek.

Erre a fejlődési fokozatra kell elérniük a tanulóknak a 6. évfolyam végére annak érdekében, hogy a 7. évfolyamon belépő fizika és földrajz tantárgy tanulása eredményes legyen. Például az alábbi feladat adható a gyerekeknek ezzel kapcsolatban:

Az ábrán a kör a Földet, vagyis az otthonunkat jelentő bolygót jelképezi. Képzeld el, hogy hatalmas üvegeket vagy műanyag flakonokat akarunk elhelyezni az Északi-és a Déli-sarkon, valamint a bolygó két átellenes (ellenlakó) pontjain!
Rajzold ezeket a képzeletbeli, hatalmas palackokat a Földre!
Ezután képzeld el, hogy a palackokat félig töltjük tintával! Színezd ki a palackokat úgy, ahogyan elhelyezkedik bennük a tinta!
A helyes „választ” az ábra alsó része mutatja.



A tudomány története során a gravitációs kölcsönhatás és a mágneses kölcsönhatás felismerése szorosan összekapcsolódott. Johannes Kepler (1571–1630) még azt gondolta, hogy a Föld és a Nap között ez a kölcsönhatás működik, és ezért maradnak a bolygók a Nap körül. E gondolat háttérében az állt, hogy ekkor már ismert volt, hogy a Föld egy nagy mágnesnek tekinthető, amit fel is használtak a tájékozódás segítésére az utazásokkor. A gyermekek tanulási folyamatában sok esetben jelennek meg a tudomány története során kialakult elképzelések, így van ez a kölcsönhatások megismerésével is. A gravitációs, az elektromos és a mágneses kölcsönhatásokat mintegy differenciálni kell a gyermekek tudásrendszerében. A világos elkülönítést meg kell tenni sok vizsgálattal, kísérlettel és azok tapasztalatainak az elemzésével.

Az elektromágneses kölcsönhatás

Az **elektromágneses kölcsönhatás** az elektromosan töltött részecskék között hat. Magában foglalja a két nyugvó töltés között ható elektrosztatikai erőt, valamint az elektromosság és a mágnesség összetett hatásait, amelyek az egymáshoz képest mozgó töltött testek között hatnak. Az elektromágnességet klasszikus esetben a Maxwell-egyenletek írják le, melyeket a 19. század második fele óta ismerünk. Az elektromágnesség elég erős, hosszú hatótávolságú kölcsönhatás, felelős sok köznapi jelenségért, mint amilyen az izzó, a lézer és a rádió működése, a fémek és a molekulák szerkezete, a sűrűdés és a szivárvány. A kémiai változás

az atomok és molekulák elektronszerkezetéhez köthető átalakulás, amely valójában elektromos és mágneses kölcsönhatás. Az élőlények számára is a kémiai folyamatok, azaz az elektromágneses kölcsönhatás biztosítja az energiatárolást és energiafelhasználást, tehát valójában a biológiai jellegű energiák is elektromágneses eredetűek.

A fenti elektromágneses kölcsönhatás a közoktatásban két külön elemre bomlik, ahogyan az a tudomány történetében is történt. A két kölcsönhatás összekapcsolódása csak az indukció jelenségének tanításakor jelenik meg a 8. illetve a 10. évfolyam fizika tananyagában. A természetismeret tanítása során, mint két különböző kölcsönhatást kell feldolgozni. Érdekesebbé tehető a vizsgálódás, ha gondolatban visszamegyünk abba a történelmi korba, amikor ezeket a kísérleteket, méréseket először elvégezték. A téma kiválóan alkalmas arra is, hogy egyben a tudomány természetéről, a tudományos ismeretszerzés módszereiről, a hipotézisek, kísérletek, tudományos eszközök, analógiák szerepéről, a tudományos ismeretrendszer alakulásáról, fejlődéséről is lehessen beszélgetni a tanulókkal (*Zemplén G. 2011*). Vázoljuk fel dióhéjban az elektromos és mágneses jelenségek korai történetét, ami jó lehetőséget kínál a téma iránti érdeklődés felkeltésére és egyben a történelem tantárgyhoz való kapcsolódásra is.

A mágnesesség és az elektromosság jelenségét az ókori görögök óta ismerjük. *Milétoszi Thalész* (Kr.e. 624–546) felfedezte fel, hogy a mágnesvasérc vonzza a vasat és más mágnesvasérceket, a 17. század elejéig a mágnesvasérceket tekintették a mágneses erő egyetlen forrásának. Hozzá vezet vissza az a felismerés is, hogy a borostyánkő erős dörzsölés után képes könnyebb tárgyakat magához vonzani. (A régi görög „elektron” (magyarul borostyánkő) szó a mai napig utal erre a kapcsolatra.) Az ókorban általánosan ismert volt már, hogy míg a mágnesvasércek megtartják a maguk különleges tulajdonságait, addig a borostyánkő vonzási képessége általában rövid idő után kimerül, időnként újra és újra meg kell dörzsölni, hogy megtartsa különleges képességét. Az első iránytűk megalkotásának idején kifejezetten fontos lett vonzási tulajdonságuk, valamint az, hogy a mágnesvasércek és később a mágnesezett tűk egy határozott irányba (észak–dél) állnak (fordulnak) be. A jelenségnek fontos szerepe lett a tengeri navigációban és a földfelszín alatti tájékozódásban (például a bányászat során), továbbá elősegítette a földmérést és az ágyúk pontosabb irányzását. A borostyánkő és a mágnes különböző kölcsönhatásainak világos és egyértelmű elkülönítése mégis sokáig váratott magára. *Girolamo Cardano* (1501–1576) volt az első tudósok egyike, aki rámutatott, hogy nem csak hasonlóságok, de különbözőségek is megfigyelhetők a két különböző közet vonzási hatásában. A részletes, szisztematikus vizsgálatokat az angol *William Gilbert* (1544–1603) végezte el 1600 körül, amelyet latin nyelven le is írt a fejezet elején már említett „De Magnete” című könyvében, ami az elektromos és a mágneses jelenségek alapvető kézikönyvévé vált.

Gilbert kísérletei során sikeresen elkülönítette a mágnesvasérc vonzását az elektromosan töltött anyagok vonzásától. Kezdetben az **anyagok elektromos gerjeszthetőségével** kapcsolatban végzett vizsgálatokat, és az anyagokat két csoportba sorolta: dörzsölés által gerjeszthetők és nem gerjeszthetők. (Ezeket a vizsgálatokat könnyű anyagokon végezte, mint a szalma és a borsóhüvely.) Ő alkotta meg az elektromosság kifejezést is, amelyet arra használt, hogy leírja azt az érdekes tulajdonságot, amibe a megdörzsölt anyag kerül, amennyiben az elektromosan gerjeszthető. Az elektromosan gerjeszthető anyagokat „elektrikusnak”, a nem gerjeszthetőket pedig „nem elektrikusnak” nevezte el. Vizsgálta a fa és a fémek elektromos gerjeszthetőségét, ma úgy mondjuk, hogy elektromos állapotba hozásának lehetőségeit. A vizsgálatokhoz szerkesztett eszköze az úgynevezett „versorium” (magyarul „körülforduló”) volt. Ennek két változata ismert: fém vagy fa rudak egy selyemfonálra erősítve vagy egy tű tetejére helyezve. Ezek az eszközök kifejezetten érzékenyek voltak, mivel kis erőhatásokra elfordultak. *Gilbert* ezekkel igen sok vizsgálatot végzett, gyakorlatilag ezen eszközök „utódai” találhatók meg a mai iskolai szertárakban is.

„Fiatal” tudományos diszciplínákban, amelyekre kifejezetten jellemző az elméleti keretek (és így a magyarázatok és előrejelzések) hiánya, kedvező lehet valamiféle kísérleti stratégia alkalmazása. A sokféle jelenség vizsgálata, tagolása, válogatása és osztályozása segítségével elkülöníthetők a különböző jelenségterületek egymástól, hiszen csak ezen a módon lehetséges világos tapasztalati szabályok kialakítása. *Gilbert* megközelítése egy korai szakaszban lévő tudományág jellegzetességeit mutatja: a vizsgálatok, kísérletek célja, hogy a tulajdonságok megkülönböztetésével és osztályozásával minél több hasonló új jelenségeket vizsgáljunk meg. *Gilbert* a következő jellegzetességek alapján tudta elkülöníteni egymástól a mágneses és az elektromos vonzást:

– Az elektromos vonzás kimutatása

Vizsgálatai során kiterjesztette azon anyagok listáját, amelyek dörzsöléssel gerjeszthetők: a borostyánkőn kívül a gyémánt, a zafír, az opál, az üveg, a kén és a pecsétviasz is. Még nagyobb volt azonban azoknak az anyagoknak a listája, amelyek ugyan vonzhatóak voltak, de nem voltak dörzsöléssel gerjeszthetők.

A fa és a fémek vonzását a következőképpen tesztelte: egy darab szabadon függő fonálra vízszintesen vékony rudakat függesztett fel, majd az elektromosan gerjesztett anyagokat vagy mágneseket a rudak valamelyik vége felé kezdte el közelíteni. Ha a rúd elfordult, az anyag nyilvánvalóan vonzható volt. Ebben az esetben jól látható volt a hasonlóság egy egyszerű, felfüggesztett iránytűhöz. *Gilbert* vizsgálatai kezdetén úgy bizonyosodott meg az első tesztelt anyagok elektromos gerjeszthetőségéről, hogy megdörzsölte azokat, majd ellenőrizte, hogy képesek-e vonzást gyakorolni azokra a könnyű tárgyakra, amelyek már korábban reagáltak a megdörzsölt borostyánkőre. Azokat az anyagokat használta a további kísérletek kiindulópontjául, amelyekről már így tudta, hogy elektromosan gerjeszthetők. Így fokozatosan bővítette mind az elektromosan gerjeszthető, mind az elektromosan gerjesztett tárgyakkal vonzható anyagok listáját.

– Az elektromos vonzás és a mágneses vonzás elkülönítése

Gilbert a vonzás hatása szempontjából hasonlította össze az elektromosan gerjesztettként azonosított anyagokat a mágnesvasércekkel. Az elektromos kölcsönhatást és a **mágneses kölcsönhatást** megkülönböztető kritériumok a 3.1. táblázatban olvashatók.

Kritériumok	Elektromos kölcsönhatás	Mágneses kölcsönhatás
Milyen anyagokat képes vonzani?	Az elektromosan gerjesztett anyagok minden könnyű tárgyat vonzanak.	A mágneses tulajdonságok vasból készült tárgyakra és mágnesekre korlátozódnak.
A vonzás erőssége	Az elektromos vonzás úgy tűnik, pusztán kicsi és könnyű tárgyakra korlátozódik.	Még gyenge mágnesek is képesek megemelni hozzájuk képest nehéz tárgyakat.
A vonzás állandósága	Az elektromosan gerjesztett állapot bizonyos időtartam után megszűnik és dörzsöléssel kell megújítani.	A mágneses vonzás állandó jelenség, még a rálehelés sem váltja ki, hogy egy mágnes elveszítsa a vonzóerejét.
A vonzás megszüntetése	Amennyiben rálehelünk az elektromosan gerjesztett tárgyakra, a gerjesztett állapot megszűnik. A nedves-ség az elektromosan gerjesztett tárgyak vonzóerejének elvesztéséhez vezet.	A mágneseket még vízbe is lehet meríteni anélkül, hogy elveszítsék a vonzóerejüket.
A vonzás árnyékolása	Az elektromos vonzás hatását szinte minden anyag le tudja árnyékolni.	A mágneses vonzás megmarad.
Egyéb különbségek	Az elektromosan gerjesztett tárgyaknak nincs északi-déli pólusuk.	A mágneses tárgyaknak mindig van északi-déli pólusuk.

3.1. táblázat. Az elektromos kölcsönhatás és a mágneses kölcsönhatás jellemzői

A vonzás állandóságával kapcsolatban a tanár beszélhet a mágneses tulajdonság elvesztéséről hevítés vagy mechanikai hatások következtében, amennyiben a tanulók ilyesfajta kérdéseket tennének fel. A véletlenszerű rázkódás (például elejtés) az elektromosan gerjesztett tárgyak esetében is a vonzóképeség elvesztéséhez vezet (földelés), ami problémaként felvethető. A fenti történeti kísérleteket ki kell egészítenünk még az egyszerű áramkörök tanulmányozásával. Fel kell osztani az anyagokat abból a szempontból, hogy melyek vezetnek és melyek nem vezetnek az elektromos áramot. Mindennapi életünk során sok elektromos eszközt használunk, a gyerekjátékokban vannak elemek, motorok, izzók, huzalok, kapcsolók, esetleg még komolyabb elektronikus alkatrészek is. Már kisgyermek is végezhet olyan, elektromos árammal kapcsolatos műveleteket, mint az elektromos kapcsoló (például villanykapcsoló) használata, elemcsere (játékban, elektronikus háztartási eszköz távirányítójában stb.), játék elektromos jellegű játékkal (például autóval, mozgó, beszélő babával), „számítógépezés”, a telefon használata. Az elektromos árammal működő eszközök használata esetén is **energiaváltozások** figyelhetők meg. Az elektromos jelenségeknek az elektronok átrendeződésével kapcsolatos

magyarázatát már nem érinti a természetismeret tantárgy, az a felsőbb évfolyamok oktatási feladata.

Tekintsük át az alábbiakban leírt, tanulói tevékenységekre alapozott összefoglaló rendszerezést! A tanulók feladata az elektromos, a mágneses és a gravitációs kölcsönhatás megvizsgálása és rendszerezése hasonlóságuk és különbözőségük alapján, aminek tapasztalatait végül táblázatos formában rögzítik. A feldolgozás történhet csoportmunkában például úgy, hogy az egyes csoportok más-más témákat dolgoznak fel, végül frontális összegzés következik. A munkáról jegyzőkönyvet készítenek, amelyben leírják a hipotéziseket (nevezzük inkább előzetes várákozásoknak), a várákozások vizsgálatára elvégzett vizsgálatokat, kísérleteket és az azokból származó következtetéseket. Hívjuk fel a tanulók figyelmét arra, hogy a jegyzőkönyvnek olyannak kell lennie, hogy annak alapján rekonstruálni lehessen a kísérleteket! A kísérletezés megkezdése előtt a tanulók javasolhassanak csoportosítási lehetőségeket, amelyeket közösen vitassanak meg! Mindhárom kölcsönhatás esetében a kérdésekre keressük a választ, amelyek egyben csoportosítási szempontok is lehetnek (3.2. táblázat).

Kérdés	Elektromos kölcsönhatás	Mágneses kölcsönhatás	Gravitációs kölcsönhatás
Mire hat?			
Hogyan hat?			
Árnyékolható-e?			
Miként idézhető elő?			
Meddig tart a hatása?			
Hogyan lehet megszüntetni a hatását?			

3.2. táblázat. Az elektromos, a mágneses és a gravitációs kölcsönhatásokat összehasonlító táblázat tanulók számára

3.1.2. A gyenge és az erős kölcsönhatás

A gyenge és az erős kölcsönhatás nem témája a természetismeret tananyagának, csak a teljesség kedvéért írunk ezekről is néhány összefoglaló gondolatot, célja a tanári kitekintés.

A **gyenge kölcsönhatás** felelős az atomi skálán fellépő néhány jelenségért, mint amilyen például a béta-bomlás. A béta-bomlásban keletkező neutrínók csak ebben a kölcsönhatásban vesznek részt (a még sokkal gyengébb gravitációs kölcsönhatáson kívül), azért váratott magára sokáig a felfedezésük. Az elektromágnességről és a gyenge kölcsönhatásról felismerték, hogy az egyesített elektrogyenge kölcsönhatás kétféle vetülete (ahogy az elektromágneses az elektromosság és a mágnesesség) – ez volt az első lépés a standard

modellnek nevezett egyesített elmélet felé. A gyenge kölcsönhatás folyamataiból, a radioaktív bomlásokból származó energia tartja fenn a Föld belső magas hőmérsékletét, így ebből a forrásból táplálkozik a geotermikus energia. Kisebb mértékben az árapály-erőkön keresztül a Föld belső hőmérsékletét a gravitáció is emeli, illetve a Nap energiatermelésének kisebbik része is gyenge folyamatokból származik.

Az **erős kölcsönhatás** a nukleonokat (a protonokat és a neutronokat) tartja össze az atommagban, amely nélkül például a hélium két protonja szétrepülne az elektromos taszítás következtében. Atommagok egyesülésekor a kötési energiának megfelelő nagyságrendű energia szabadul fel. Az ilyen magfúzió felelős a Nap és a csillagok energiatermelésének zöméért. A lassú fúzió során az elemek a vasig épülnek fel a csillagok belsejében, ez ugyanis az az elem, aminek egy nukleonra eső energiája a legkisebb (azaz kötési energiája a legnagyobb). A vasnál nehezebb elemek szupernóva robbanás idején végbemenő gyors magfúzió útján jönnek létre. Földi körülmények között kísérleti stádiumban vannak a fúziós reaktorok, amik hosszú távon megoldhatják az emberiség energiaproblémáit. Miután a földi időjárást és életet a Nap energiatermelése tartja fenn – ami a Földet elektromágneses sugárzás révén éri el –, lényegében ide vezethető vissza az emberiség által felhasznált összes földi energiafajta, a többi kölcsönhatás mintegy átmeneti energiátárolóként működik közben – például a gravitáció a vízenergiánál, az elektromágneses kölcsönhatás a fosszilis energiahordozók, a gyenge kölcsönhatás a geotermikus energia esetén.

A tudományos kutatások egyik célja, hogy minden kölcsönhatást egyetlen közös elmélettel írjon le, így lehetővé válna, hogy minden kölcsönhatást egyetlen alapkölcsönhatásra vezessünk vissza. Eleinte az elektrosztatika és az elektrodinamika is külön jelenségnek látszott. Azonban a Maxwell-elmélet egyesítette az elektromosságot és a mágnesességet, később pedig a részecskefizikai standard modell, a részecskék kvantummechanikai elmélete egyesítette a gyenge és az elektromágneses kölcsönhatást. A **nagy egyesített elmélet** jelenti azt az elméletet, amely a gravitáció kivételével a másik hármat egyesítené, tehát az elektrogyengét az erőssel. További lépés lenne a gravitáció beolvasztása, melyet a **minden dolgok elmélete** tartalmaz.

A fejezetrész bevezetőjében említett kölcsönhatások közül a kémiai kölcsönhatásról megállapítottuk, hogy az valójában elektromágneses eredetű. De mit mondhatunk a termikus és a mechanikai kölcsönhatásokról? A hőmérsékletváltozással járó kölcsönhatásokat szokták a termikus kölcsönhatások közé sorolni. A **termikus kölcsönhatás** az anyagot felépítő részecskék mozgási energiájával kapcsolatos változásokról ad felvilágosítást. A hőmérséklet fogalma a részecskék mozgási energiájából származtatható mennyiség, ezért ennek tárgyalására az energia témakör kapcsán (a 2.2. fejezetben) kerül sor. A mozgásállapot megváltozásával járó kölcsönhatásokat szokták a **mechanikai kölcsönhatás** körébe sorolni. Ilyen eset valójában akkor történik, amikor a testre erő hat. Az

erő fogalmával pedig a kölcsönhatásokat írjuk le, tehát bármelyik kölcsönhatásról szó lehet ebben az esetben. A mozgásszemlélettel a 4. fejezetben foglalkozunk.

3.1.3. Az anyagot felépítő részecskék közötti kölcsönhatások

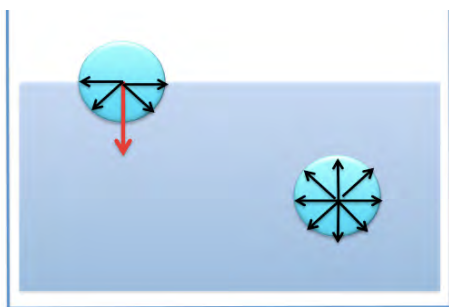
A **kémiai kölcsönhatás**, az első és másodrendű kölcsönhatás elektromágneses eredetű kölcsönhatások. Az anyagot felépítő részecskék közötti kölcsönhatások jellegükben és erősségükben igen eltérő erősségűek. Az anyagokban a kötési energia 10^7 – 10^3 eV tartományban található ($1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$). A nukleonok (protonok és neutronok) közötti kötések a legerősebbek, a leggyengébbek pedig a hélium-atomok között ható diszperziós erők. A semleges molekulák között fellépő kölcsönhatások az elsőrendű kémiai kölcsönhatásoknál néhány nagyságrenddel gyengébbek. Az egymástól a kémiai kötés távolságánál távolabb lévő molekulák kölcsönhatását **van der Waals kölcsönhatásnak** nevezzük. A kvantumozott mozgás következtében az apoláros molekulák esetében is dipól-dipólus kölcsönhatás alakul ki. Emiatt bármely két atom vagy molekula Van der Waals-vonzást fejt ki egymásra.

A felületi feszültség

A **felületi feszültség** a folyadékok alapvető tulajdonsága, ami miatt a folyadékok a lehető legkisebb fajlagos felületű alakzatot (gömb) igyekeznek felvenni, ha külső erőter nem hat azokra. Oka a folyadék részecskéi (atomok, egyszerű és összetett ionok, molekulák) között fellépő kohéziós erő. A felületi feszültség léte a molekuláris erőkkel függ össze, szép példája a részecskék közötti kölcsönhatásnak.

A felszínen lévő folyadékrészecskéknél az egyik oldalról nincsenek szomszédjaik, ezért ezek kevesebb kölcsönhatásban vesznek részt, mint azok, amelyek a folyadék belsejében vannak. Így a felszínen lévő részecskékre ható erők nem egyenlítik ki egymást, tehát a felszínen levő részecskékre befelé mutató eredő erő hat. A folyadékok belsejében lévő részecske több kölcsönhatásban vesz részt, mint egy felszínen lévő részecske, ezért a **kölcsönhatási energiája** a folyadék belsejében mélyebb, mint a felszínen (3.3. ábra). Ha a folyadék felületét növelni akarjuk, akkor ki kell húzni a részecskéket a folyadék belsejéből a felszínre, amihez munkát kell végezni, ezért a folyadék felszínének tulajdoníthatunk energiát is. A felületi energia arányos a felület nagyságával, tehát a felületi energia megváltozása arányos a felület megváltozásával. Az erő azonban nem függ attól, hogy mennyivel növeltük meg a hártást, mert a folyadékrészecskék kölcsönhatása rövid. Minél nagyobb egy folyadék felületi feszültsége, annál erősebb a részecskéi közötti kölcsönhatás. A felületi feszültség elnevezés csak részben helytálló, ugyanis nem feszültség jellegű a mennyiség, hanem a felületben, annak egységnyi hosszúságú vonalában ható erővel (N/m) vagy egységnyi nagyságú felület

létrehozásához szükséges munkával (J/m^2), az úgynevezett felületi munkával egyenlő (3.2. táblázat). A higany esetében atomok közötti kölcsönhatásról van szó, ezért a viszonylagosan magas érték. A többi anyagnál másodlagos kölcsönhatás van a részecskék között. Ebben az esetben pedig a víz felületi feszültsége emelkedik ki, mert a vízmolekulák között hidrogénkötés van, amely a legerősebb a másodrendű kölcsönhatások között. A felületi feszültség következménye, hogy bizonyos tárgyak és kis testű állatok (például a molnárka) nem süllyednek el a vízben, a felületén maradnak, bár a sűrűségük nagyobb, mint a folyadéké.



3.2. ábra. Kölcsönhatási energia a folyadékban és a felszínén

víz	0,0729 N/m
alkohol	0,0227 N/m
petróleum	0,0264 N/m
higany	0,3750 N/m

3.3. táblázat. Néhány anyag felületi feszültsége

Mi határozza meg, hogy mekkorák a víz- illetve folyadékcseppek? Mért nem nőnek akármekkora a cseppek? Mi lehet a magyarázata annak, hogy a különböző folyadékok esetében más és más egyetlen csepp térfogata? A felületi feszültségnek többféle meghatározási módszere van. Az egyik az úgynevezett csepegtetési eljárás, amely azon alapul, hogy a folyadék a pipettából (vagy bürettából) lassan kicsepege a felületi feszültségétől és a sűrűségétől függő nagyságú cseppeket képez. A víz nedvesíti az üveget, ezért a vízmolekulák kölcsönhatása gyengébb, mint a víz és az üveg részecskéinek a kölcsönhatása. A cső kerülete mentén ható $F = \alpha \cdot l$ erő tartja a cseppet. Ahogy a csepp növekedik, egyre nagyobb a rá ható gravitációs erő. Akkor esik le a csepp, ha a víz-víz kölcsönhatás már nem bírja el a vízcsepp súlyát. A csepp lecseppenése előtt a súlyát a pipetta végén lévő kör mentén ható felületi feszültségből származó erő tartja.

Az úgynevezett kapilláráktív anyagok, mint például a kis szénatomszámú alkoholok és karbonsavak, de az olaj is, csökkentik a víz felületi feszültségét. A víz-levegő határfelületen orientáltan adszorbeálódnak (poláris részükkel a víz-, apoláris részükkel a levegőfázis felé). A kiömlött olajnak (például egy tankerből a tengerbe kerülő olaj) ezért van komoly környezeti kockázata.

Egyszerű tanulói mérési gyakorlat témája lehet a felületi feszültség (3.4. táblázat).

Tanulói tevékenységek	Segítő tanári kérdések, feladatok	Fejleszthető képességek
Előzetes tudás felmérése	Milyen alakú egy folyadékcsepp? Miért olyan az alakja? A Világegyetemben is olyan alakja van egy folyadékcseppnek, mint a Földön? Miért szakad le a folyadékcsepp? A Világegyetemben is leszakadna a folyadékcsepp a szemcseppentő végéről? Függ-e a csepp nagysága az anyagától?	A tanulók előzetes ismereteinek szóbeli megfogalmazása
Becsüljétek meg, mekkora lehet egy vízcsepp térfogata!	Csepegtessetek néhány csepp vizet szemcseppentővel egy tálba! Becsüljétek meg, hogy mekkora lehet egy vízcsepp térfogata! Írjátok fel a tippeket!	Szemcseppentő használata Becslési képesség, nagyságrend becslése
Dolgozzatok ki mérési eljárást egy csepp térfogatának becsléséhez!	Hány csepp térfogatát célszerű egyszerre mérni? Milyen mérőeszközt használtok? Mely egyéb eszközökre van szükségetek? Hogyan fogjátok a mérés során kapott adatokat rögzíteni?	Laboratóriumi térfogatomérő eszközök megfelelő alkalmazása Az adatok rögzítésének tervezése
A mérés elvégzése	Hogyan olvassátok le a térfogatot? Hány mérést fogtok végezni?	Térfogatomérő eszközök megfelelő használata
A számítás elvégzése, a kapott eredmények összevetése az előzetes becsléssel, hibalehetőségek elemzése	Hogy számíthatok ki egy csepp térfogatát? Milyen mértékegységben adjátok meg? Különböznek-e az egyes csoportok eredményei? Hogy viszonyul a kapott térfogat az előzetes becsléshez? Mik lehettek a mérés hibái?	Matematikai, számolási képesség Előzetes becsléssel való összevetés, hibalehetőségek számbavétele
Mérés ismétlése más folyadékkal, pl. mosószeres vízzel, étolajjal, alkohollal, tejjel	Ugyanolyan értéket kaptok-e a különböző folyadékcseppek térfogatára? Mit vártok? Miért? Tervezzétek meg az adatfelvétel és az adatok rögzítésének módját!	Adatok rögzítésének tervezése különböző folyadékok esetében

3.4. táblázat. A csepptérfogat meghatározásának lépései

Mekkora egy csepp?

Sok folyadék halmazállapotú orvosság esetében található olyan utasítás, hogy abból egyszerre 20 vagy 30 stb. cseppet kell egy alkalommal bevenni. De mekkora lehet egyetlen csepp térfogata?

Lehetséges mérési módszer

Csepegtessétek a vizet (bármilyen folyadékot) egy tálból egy mérőhengerbe addig, amíg a víz térfogata eléri egy jól leolvasható értéket! Csepegtetés közben számoljátok a cseppeket!

Csepegtessetek ki ismert térfogatú, például 1 cm^3 folyadékot pipettából vagy bürettából, és számoljátok a keletkező cseppek számát!

A vízcsepp becsült térfogata: ml/cm^3 vagy mm^3 Karikázzátok be a megfelelő mértékegységet!

Az 1 cm^3 -ből keletkező vízcseppek száma: db

A mérőhengerbe összegyűjtött víz térfogata: ml/cm^3 vagy mm^3

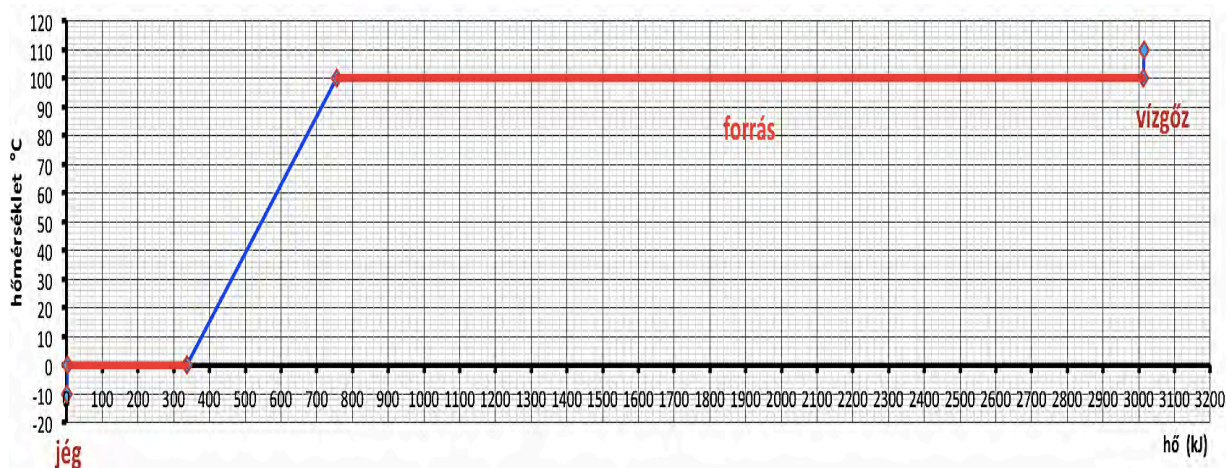
Egyetlen vízcsepp számítással meghatározott térfogata: ml/cm^3 vagy mm^3

Az anyagot felépítő részecskék közötti kölcsönhatás erősségével van kapcsolatban a különböző halmazállapot-változások lejátszódásához szükséges, anyagi minőségtől függő energiák nagysága, mint a párolgáshő, a forráshő és az olvadáshő. A forráshő minden anyag esetében nagyobb, többszöröse az olvadáshőnek (3.5. táblázat). Ennek oka az, hogy míg az olvadás esetében a kristályrács esik szét, de a részecskék együtt maradnak a folyadék halmazállapotban, addig a forrásnál a részecskék teljes mértékben elszakadnak egymástól, és az ehhez szükséges energiát is be kell fektetni.

Anyag	Forráshő (kJ/kg)	Olvadáshő (kJ/kg)
víz	2256,37	333,70
etil-alkohol	906,07	106,77
benzol	395,67	127,28
glicerín	1101,18	200,56

3.5. táblázat. Néhány anyag forráshője és olvadáshője

A 3.3. ábra a -25 °C-os víz egyenletes melegítése során bekövetkező hőmérsékletváltozást ábrázolja egészen 125 °C-ig. A víz által felvett energia a vízszintes tengelyen látható idővel arányos. Nagyon szépen látszanak az energia-felvétel arányai a különböző szakaszokon: a legtöbb energiát a forralás során kell közölni, hiszen ekkor bomlanak fel a vízmolekulák közötti kötések. Ez az ábra azért nagyon fontos, mert több tankönyv vagy csak az egyik (például az olvadási), vagy csak a másik (például a forralási) részt ábrázolja, de a kettő együtt kevés helyen szerepel, pedig az arányok így szemléletesek.



3.3. ábra. Hőmérsékletváltozás a víz egyenletes melegítése hatására

Hallgatói kérdések és feladatok

1. Vizsgáljon meg természetismeret tankönyveket, hogy miként dolgozzák fel a különböző kölcsönhatásokat! *Szempontok:* Milyen kísérleteket ajánlanak a feldolgozáshoz, milyen kérdések segítik a tanulást? Hogyan választják szét a különböző kölcsönhatásokat? Foglalkoznak-e ezzel egyáltalán vagy csak leírják a jellemzőket?
2. Készítsen foglalkozási tervet valamelyik kölcsönhatás feldolgozásához!
3. Készítsen foglalkozási tervet a különböző kölcsönhatások bevezető órájához és/vagy az összefoglaláshoz!
4. Vizsgáljon meg tankönyveket a halmazállapot-változások feldolgozása szempontjából! *Szempontok:* Milyen ábrákat mutatnak be a témához? Mennyire használják a részecskeképet, és a részecskék közötti kölcsönhatással kapcsolatos magyarázatot?
5. Kérdezzen meg tanulókat, hogy milyennek képzelik a Földet! Rajzoltassa le a Föld felszínén álló házakat a Föld különböző részein, mint például az Északi-sarkon, a Déli-sarkon, illetve a különböző földrészekben! Próbálja meg azonosítani, hogy a tanulók képzelete melyik fázisban van!

3.2. A kölcsönhatások és következményeik komplex megközelítése

Írta: dr. Róka András

Kulcsszavak: hatás, kölcsönhatás, erő, energia, hajtóerő, belsőenergia, a mozgás logikája, a folyamatok logikája

Ebben a fejezetben a kölcsönhatások áttekintése után a testek között ébredő kölcsönhatásból indulunk ki, és csak utána jutunk el a részecskék sokaságának (a halmazok, a rendszerek) kölcsönhatásáig, és annak a rendszer állapotának változásában megnyilvánuló következményeiig. A testek közötti kölcsönhatás érzékelhető megnyilvánulása az erő. Az erők tulajdonságainak megismerése után számba vesszük, hogy a lehetséges mozgástípusok kialakulása során mely erők játszanak szerepet, és ezek hogyan fedezhetők fel a táguló környezetben, a technika világában és a természeti jelenségekben (kiterjesztés). Az erők után térünk át az energia világára. A kölcsönhatástípusok és a hozzájuk tartozó energiafajták megismerése elősegíti a jelenségekben, folyamatokban történő megjelenésük és átalakulási folyamataik felismerését. A táguló környezetünkben megjelenő szerkezetek és folyamatok egymásra épülő jellegének megismerése egyúttal elősegíti a hozzájuk tartozó fogalmak, törvények logikus egymásra építését a tanítási-tanulási folyamatban.

3.2.1. A kölcsönhatás fogalmának bevezetése és bővítésének kezdeti szakasza

A. Egyirányú és kölcsönös hatás

Hatás – amikor csak élvezzük vagy elszenvedjük

„Óh, hát miféle anyag vagyok én, / hogy pillantásod metsz és alakít?” (József Attila: Óda)

Sok minden lehet ránk hatással: a táj szépsége, egy művészi alakítás élménye, egy mérnöki alkotás találékonysága vagy egy személy gátlástalansága. A Nap melegét élvezzük, de a megnövekedett ultraibolya sugárzást csak kerülni tudjuk, mert nem áll módunkban befolyásolni sem az energiatermelő folyamatot, sem annak következményeit, a Nap működésére nem tudunk visszahatni. Még egy szép koncertet is csak utólag (utóhatásként) tapasztalhatunk meg. A mindennapi személyes hatásokkal szemben általában szintén „kiszolgáltatottak” vagyunk, ezért válnak megismételhetetlen élménnyé vagy elfelejthető, sőt elfelejtendő eseménnyé. A hatás egyoldalú marad, amikor csak élvezzük vagy elszenvedjük, amikor tehetetlenek vagyunk vele szemben. Keressünk példákat egyre tágabb környezetünkben (3.6. táblázat)!

A kiterjesztés területei	Példák
gyermekkori tapasztalat	„Mikulás meglepetés”, büntetés
élvilág	állati, növényi mérgek hatása
természetföldrajz	földrengés, földcsuszamlás, szökőár, növekvő UV-sugárzás
csillagászat	kozmikus sugárzások és következményeik
űrhajózás	robbanás és következményei a fedélzeten

3.6. táblázat. Példák a mindennapokban elszenvedett kölcsönhatásokra

Kölcsönösség – kölcsönhatás

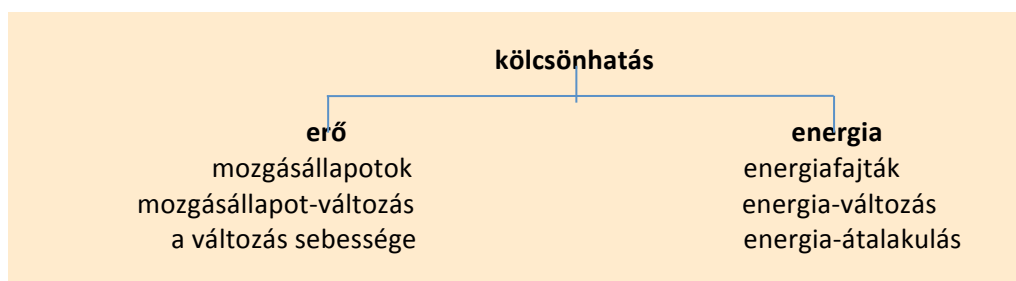
A környezet jelenségei, változásai érzelmeket keltenek, amelyek cselekvésre készítenek bennünket. Ha a hatásra képesek vagyunk válaszolni, a hatás kölcsönössé, oda-vissza hatássá, **kölcsönhatássá** válik. Az érzelmek és az általa indított válasz-cselekvések biológiai kölcsönhatásnak nevezhetők, melyek sok fizikai és kémiai folyamat eredményeképpen alakulnak ki. Ettől lényegesen egyszerűbb az élettelen testek egymásra hatása, a „fizikai” kölcsönhatás. *Newton* fejtette ki először, hogy a testek között ébredő hatás is kölcsönös, mert a hatás ellenhatást vált ki (*Newton III. törvénye*). A színre lépő folyamatok számától és sokféleségétől függően a kölcsönhatásokat is csoportosíthatjuk, rangsorolhatjuk, megkülönböztethetünk fizikai, kémiai, biológiai, sőt társadalmi kölcsönhatásokat. Hány féle kölcsönhatás jelenik meg a következő versidézetben?

„Elmémbe, mint a fémbe a savak,/ ösztöneimmel belemartalak” (József Attila: Óda)

Fizikai kölcsönhatás például a hőmérséklet kiegyenlítődése, kémiai az oxigénmolekulák hemoglobin (makro-) molekulákhoz történő kötődése, talán a legismertebb biológiai kölcsönhatás a párválasztás folyamata, míg társadalmi szintű kölcsönhatás lehet az érdekek érvényesítése. Annak ellenére, hogy a „hierarchia” alapján a legegyszerűbbnek a fizikai kölcsönhatás tűnik, erre épül az össze többi.

B. A kölcsönhatás és az erő hatásának elemzése

A kölcsönhatást két szemléletben vagy két fogalomkörrel közelíthetjük meg, melyeket nem szabad egymással keverni (3.4. ábra). Az egyik a **kölcsönhatás során ébredő erők** hatásának elemzése, a másik a **kölcsönhatásokra jellemző energiafajták** átalakulásával, átalakításával kapcsolatos jelenségek, törvények.



3.4. ábra. A kölcsönhatás megközelítésének lehetősége

Kezdjük az egyszerűbb esettel, a közvetlenül érzékelhető erővel, ami a testek között ébredő „egyszerű” erőktől kezdve az élőlények mozgását lehetővé tevő izomerőn át a természet építő és olykor (ember feletti) romboló erejéig terjed. A valóban érzékelhető erők mellett a mindennapokban gyakran találkozunk a hatást kifejező jelképes erőkkel (a szó ereje, a meggyőzőerő, a kifejezőerő, a társadalmi erő stb.). A testek közötti kölcsönhatás egyik megnyilvánulási formája az **erők „ébredése”**. A színre lépő erők egyszerű esetben a vonzást vagy a taszítást érzékeltetik, leggyakrabban azonban a vonzás és a taszítás versengése jelenik meg. Az erők jellemzése, hatásuk elemzése a fizikán (mechanikán) belül ugyancsak a dinamika témaköréhez tartozik, de szűk és tág környezetünkben nincs olyan terület, ahol a kölcsönhatás és egyik következménye, az erő ne jelenne meg. A természetismeret tantárgy fontos feladata, hogy elősegítse a kölcsönhatások és az ébredő erők jelenség szintű felismerését egyre tágabb környezetünkben.

C. A közvetlen kölcsönhatás, a kölcsönhatás időtartama

A tartós érintkezés, a tapadás

A testek közötti kölcsönhatások közül a legegyszerűbb példa a **tartós érintkezés**. Hiába húzzuk vagy toljuk, a szekrény „ellenáll”. Amikor egyre erősebben próbálkozunk, egyszer

csak megmozdul. A szekrény lába és a felület között kölcsönhatás ébred. Amíg a személyes élmények érzelmeket keltenek, a testek közötti kölcsönhatás során erő ébred. A szekrény csak akkor mozdul meg, amikor az izomerő – az izmainkkal kifejtett tolóerő – legyőzi az egymással érintkező felületek mentén kialakuló, gyenge, elektromos (elektrosztatikus) jellegű **tapadási erőt** (3.7. táblázat).

Feladatok

Kövessük a csúszás és a tapadás szerepét a csúszva mászó élőlények (például férgek, csigák) esetében!

A kiterjesztés területei	Példák
gyermekkori tapasztalatok	járás; csúszás gátló lábbeli; ragasztó, méz; homokvár és hóember építése; a lisztgyurma alkotóinak összetapadása
fizika	tapadási erők („tapadási súrlódás”)
technika	a kerekek elgördülése a tapadási pont mentén
közlekedés	téli-, nyári-, esőgumi (a Forma-1-ben), hólánc
kémia, technológia	felületi megkötődés, adszorpció; nedvszívó pelenka, gázálarcbetét
építészet	vert fal, vályogépítkezés, napon szárított téglá, kerámia
sport	csúszásgátló „magnézium”-por alkalmazása a szertornászoknál; a cipők tapadása a teremportokon vagy a táncparketten
élővilág	a tapadás és a csúszás egysége a rovarok mozgásában; tapadókorongok (levelibéka); ragacsos folyadék termelése; kígyók haladása
természetföldrajz	vizes homok, agyag, hó, homokfal; a sár után kiszáradó „föld” (szilikát ásványok); csapadékképződés (pl. talaj menti csapadékok)
csillagászat	a bolygók keletkezése a kozmikus „porból”
űrutazás	a vízmolekulák az űrbázison is cseppet alkotnak

3.7. táblázat. Példák a tapadási erő megnyilvánulására

A tapadás nagyon fontos jelenség. A tapadási erők nélkül nem tudnánk járni, az állatok nem tudnának helyet változtatni. A kerekek ónos eső nélkül is csak csúsznának (kipörögnének), és nem gördülnének. Tapadási jellegű erők kialakulhatnak testek és részecskék között is, amikor például a hűtőszekrény „szagtalanító” felületén vagy a gázálarcbetéten molekulák kötődnek meg (adszorpció). Az agyagásványok mikroszkopikus kristályai között kialakuló tapadási erők tartják össze a sárból tapasztott falat vagy a napon szárított vályogtéglákat (vályogtéglából épült például a világ legnagyobb piramisa, a cholulai piramis Mexikóban). Sőt, a molekulák között is tapadási erő jellegűek a gyenge (másodlagos) kötőerők. A vízmolekulák a hőmérséklettől függően harmat-, köd- és esőcseppekké, zúzmarává, hópelyhekké „tapadnak” össze.

Kiterjesztés: közvetlen külső kölcsönhatás

Földi viszonyok között megszoktuk, hogy nyomjuk a széket, és érezzük, hogy a szék is nyom bennünket (**nyomóerő**). Csak a Föld körül keringő űrállomáson, a „súlytalanság” állapotában

nem érezhetnénk ezeket az erőket. Az egyik test azonban még az Világegyetemben is elfoglalja a helyet a másiktól, mert az érintkezés ellenére függetlenek maradnak egymástól. Ha erőszakkal **összenyomjuk** azokat, akkor sem hatolnak egymásba. Az egymásra hatás kölcsönössé válik, és a nyomóerőnkkel szemben ellenerő, taszító erő ébred (hatás-ellenhatás, Newton III. törvénye). Annak ellenére, hogy a madarak látszólag belehatolnak a levegőbe vagy fürdéskor belemerülünk a vízbe, de valójában az anyagok részecskéi ekkor sem hatolnak egymásba. A **taszító erők** ébredése miatt a gázba, folyadékba merülő test egyszerűen kiszorítja a közeg részecskéit az általa elfoglalt térrészből, hiszen folyadékokban és gázokban a részecskék elmozdulhatnak (3.8. táblázat).

A kiterjesztés területei	Példák
gyermekkori tapasztalat	az egyik test elfoglalja a helyet a másiktól
fizika	az elektronburok taszításából származó taszító erők
technika	folyadékok összenyomhatatlansága; vízvezeték, kőolajvezeték; fékfolyadék, hidraulikus emelők
építészet	a felhőkarcolók, tévétornyok és átjátszó állomások stabilitása
élővilág	a vér keringése nyomás hatására; a magas fák sem rognak össze
sport	a biliárd és a tekegolyó tovapattanása ütközéskor
természetföldrajz	a legmagasabb hegyek sem rognak össze, (egy ideig) nem csúszik le a hó és a jég a meredek hegyoldalról
csillagászat	az égitestek becsapódása során a felszín roncsolódik, de az anyagok nem olvadnak össze

3.8. táblázat. Példák taszító erők ébredésére a testek vagy a részecskék összenyomódása során

Kiterjesztés: közvetlen kölcsönhatás – testek „mozgatása”, vontatása

A matchboxokat folyamatosan tolni kell, különben nyugalomban maradnak. A szerelvényt a mozdony, a pótkocsit a „vontató” vagy a traktor, az uszályokat a vontatóhajó, a vitorlázó repülőgépet a csörlő vagy a motoros repülő vontatja. A mozgásállapot megváltozását a testekre kívülről ható **húzó-, toló-, vontató-, emelő erő** idézi elő. Münchhausen-báró kalandjaiban a képtelenségek szórakoztatnak: „Gyorsan és nagy erővel megragadtam a varkocsomat, / ugyanakkor térdem közé szorítottam a lovamat, / könnyörtelen keménységgel szépen kirántottam magam paripástul a feneketlen sárból...”

D. A fogalom bővítése – az irány újra fontossá válik

A vontatás során az is kiderül, hogy a nyugalomban lévő test abba az irányba mozdul el, amerre a külső erő húzza, tolja vagy emeli, vagyis a sebességhez hasonlóan az erőnek a nagysága mellett az **iránya** is fontos jellemzője (3.9. táblázat). A mozgás (mozgásállapot-változás) szempontjából nem mindegy, hogy az erő milyen irányba hat.

A kiterjesztés területei	Példák
gyermeki tapasztalat	héliumos léggömb elszabadulása; az eldobott labda leesése; a víz alá nyomott labda kiugrása a vízből; a szánkó húzása
fizika	az erők hatásvonalai és iránya
technika	felvonó, leeresztő; repülés – felszállás, leszállás; járművek vontatása
élővilág	állatok irányt változtató futása, menekülése (pl. nyúl, antilop)
sport	vízisíző vontatása; jégsportok gyors irányváltása
természetföldrajz	csapadékhullás; szélirány, vízáramlási vagy folyásirány
csillagászat	üstökösök mozgásiránya
űrhajózás	mesterséges égitest fellövése

3.9. táblázat. Jelenségek, amelyekből az erő irányára következtethetünk

Kiterjesztés: közvetlen kölcsönhatás – közelhatás pillanatnyi érintkezéssel

A kölcsönhatás jellemzésére, az erő hatása szempontjából fontos tényező a hatás időtartama. A közvetlen érintkezés nem csak tartós, vagyis hosszú idejű lehet. Egy pillanat is elég, ha a hatás elég attraktív, mint például amilyen hatással Júlia volt Rómeóra:

*„Fehér galamb hollók közt úgy mutat, ahogy ő túlragyog más lányokat”, „Szerettem eddig?
Nem, tagadd le, szem. / Csak most látok szépet, ma éjjelen” (Shakespeare: Rómeó és Júlia).*

A **pillanatnyi közelhatás** egyik leglátványosabb példája a biliárdgolyók **rugalmas ütközése**, amikor a mozgásmennyiség egy pillanat alatt „költözik át” az egyik golyóról a másikra. Az várható, hogy a guruló golyó mozgásba hozza a nyugalomban lévőket. De miért áll meg, ha korábban még mozgott? Ez a momentum bizonyítja, hogy a hatás kölcsönössé válik! A golyók közötti taszítás megjelenésével ellenerő ébred. Ezért amikor a guruló golyó meglöki az állót, az álló visszalökve megállítja a korábban gurulót, miközben maga kezd gurulni. Nagyon fontos törvény, hogy a rugalmas ütközés során a mozgásmennyiség megmaradóan költözik át az egyik golyóról a másikra (a lendület vagy impulzus megmaradásának törvénye, Newton

A kiterjesztés területei	Példák
gyermekkori élmény, tapasztalat	a labda visszapattanása; a labda pattogtatása; dodzsemek ütközése
fizika	rugalmas ütközés (a mozgásmennyiség megmaradása)
technika	vasúti kocsik ütközése a rendezés során; a vasúti kocsik kerekének ellenőrzése ütéssel
hangtan – zene	hang keltése ütéssel, ütős hangszerek
technológia	ütve formázás; pattintás, kovácsolás, kalapálás
élővilág	ütközések a tulokfélék viaskodása során
sport	„ütős” sportok (tenisz, asztalitenisz, tollaslabda, röplabda, golf, baseball), ökölvívás, labdarúgás, biliárd, teke
természetföldrajz (csillagászat)	kráterek keletkezése égitestek (üstökösök, aszteroidák) becsapódásakor

3.10. táblázat. Példák a rövid idejű közvetlen kölcsönhatásra

III. törvénye). A rövid idejű erőhatás (ütés, ütközés) vagy megváltoztatja a test mozgásállapotát vagy deformálja a testet (például pattintáskor, kovácsoláskor, kalapácsoláskor, becsapódáskor) (3.10. táblázat). A deformáció mértéke függ a becsapódó test „méretétől” és sebességétől (tömegétől illetve mozgásmennyiségétől). Az ötvösök művészien formázó kalapácsa kicsi erőt fejt ki egy égitest becsapódásához képest.

Kiterjesztés: pillanatnyi érintkezések állandósuló sorozata – a szél nyomása

„Sok lúd disznót győz!” „Sok kicsi sokra megy.”

Egy-egy molekula ütközése icipici erőlködést fejt ki. De nagyon sok molekula egy idejű lökdösődése vitorlást mozgató erővé adódhat össze. Szélcsendben nem lehet vitorlázni. Ha a vitorla mindkét oldalán ugyanolyan módon ütköznek a levegő molekulái, a hajó nyugalomban marad. Amikor fúj a szél, az ütköző részecskesokaság csak az egyik oldal felől feszíti a vitorlát, ezért az áramló levegő a vitorlára tolóerőt fejt ki. A „szél ereje” tolja a vitorlást. Ha a szél folyamatosan fúj, a sok apró ütközés összeadódva éppúgy tartós erővé válik, mint amikor motorcsónak vontatja a hajót (3.11. táblázat).

A kiterjesztés területei	Példák
gyermeki tapasztalat	járás, futás, biciklizés széllel szemben
fizika	áramlás, lökeshullám nyomóereje
technika	vitorlás hajók; a propellerekre kifejtett nyomóerő forgatóerővé válik (szélerőmű)
sport	szörf, vitorlázás, jégvitorlázás
élővilág	növények, fák hajladozása a szélben; a felfelé áramló levegő madarakat emelő ereje (termik)
természetföldrajz	széllökések

3.11. táblázat. Példák a pillanatnyi ütközések állandósult sorozatára

Feladat

Elemezzük, hogy mi a hasonlóság és mi a különbség a vitorla és a léggömb kifestülése között!

Kiterjesztés: pillanatnyi érintkezések állandósuló sorozata – a gázok nyomása

A léggömbben nem „fúj a szél”, mégis kifestül! A vitorlával szemben a léggömb minden irányból körbeveszi a bele fújt levegőt. Mivel a rendezetlen hőmozgás következtében a részecskék minden irányban repülnek, a fallal is minden irányból ütköznek. Ez az összeadódó és tartóssá váló minden irányú erő feszíti ki a lufi falát. Sőt, a lufi gömbszimmetrikus alakja bizonyítja, hogy a feszítő erő minden irányban ugyanakkora. A gázok nyomása tehát egészen más természetű, mint a szilárd testeké, vagy a víz (folyadék oszlop) hidrosztatikai nyomása (hiszen a nevében is benne van, hogy statikus). A gázok nyomásának erőlködésből származó

jellege magyarázza meg azt a kérdést is, hogy: miért lehet egyáltalán felfújni a lufit, ha – azt tanuljuk, hogy – a gázok összenyomhatók?

Van Helmont 1652 körül rendkívül szemléletesen fogalmazta meg, hogy mit kell gázon értenünk: nem lehet „látható testté alakítani”, vagyis nem lehet cseppfolyósítani. A vízgőz is légnemű, össze is nyomható, ám nyomás hatására cseppfolyósodik. A gázzá válás akkor következik be, amikor a részecskék mozgása olyan hevéssé válik, hogy még a részecskék közötti távolság csökkentésekor is legyőzi a gyenge vonzó erőket. A gázok – szemben a szilárd testekkel és a folyadékokkal – erőszakkal valóban összenyomhatók. Azt azonban sokszor elfelejtik azonnal hozzátenni, hogy a gázokban is ébred ellenerő. Ez azért tűnik meglepőnek, mert a részecskék között nagy a távolság. A gázok ellenereje azonban nem is a részecskék taszításából származik, hanem a „mozgás bezártságának” köszönhető. A léggömb felfújásakor sok izgó-mozgó részecskét kényszerítünk kisebb térfogatra. Több részecske pedig többször ütközik a fallal, ezért nő a belső nyomás. A gázok összenyomásakor hasonló, és mégis más a helyzet, mert zárt rendszerben a részecskék száma nem változik. Ugyanannyi molekula a mozgástér csökkenése miatt ütközik gyakrabban a kisebb felülettel. Ha a kényszerítő erőt megszüntetjük, a külsőnél nagyobb belső nyomás visszatérítő erőként jelenik meg. Az összenyomással szemben ébredő ellenerő a gázok rugalmasságában nyilvánul meg, aminek több fontos következménye van. Az egyik a hang terjedése.

Kiterjesztés: a gázok rugalmassága következménye a hang keltése, terjedése, érzékelése

„Ezzel együtt azt is megfejtettük, hogy miért nem tudta a kocsis megfújni postakürtjét a hasadékbán. A hangok ugyanis belefagytak a kürtbe, de most a tűzhely melegétől felengedtek, és zengeni kezdtek. A kürt magától szólt, tisztán szárnyaló érces hangon...” (Münchhausen-báró)

A koppanás, pattogás, csattanás, pukkanás, durranás, éppúgy meglöki egy pillanatra a levegőt, mint a nagy erejű robbanás (detonáció). A hirtelen összenyomásra a rugalmas gáz hirtelen tágulással válaszol, ami a távolabbi réteget nyomja össze. A nyomás változása rétegről rétegre adódva (hullámszerűen) terjed tovább, amíg akadályba, például a dobhártyánkba nem ütközik. Amíg a koppanás csak hangérzetet kelt a fülünkben, a robbanás nagy erejű lökéshulláma még az ablakot is betörheti. Innen származik a szakszerű kifejezés, a „hangnyomás”. A keltett hang alapján különbséget tudunk tenni a zizegés, a zümmögés, a döngicsélés vagy a brummogás között, és látatlanul is tudjuk, hogy melyik rovar közeledik felénk.

A levegő olyan összetett nyomásingadozásokat is képes közvetíteni, mint amit egy szimfonikus zenekar egyszerre megszólaló hangszerei idéznek elő. A megszokás miatt persze már fel sem merül bennünk, hogy hogyan hallanánk a szimfóniát, ha a karmester intésére egyszerre belépő fagott és fuvola hangja más sebességgel érkezne hozzánk. A különböző (frekvenciájú) hangok azonos sebessége is a gázok különleges viselkedésének köszönhető. A

hang sebességét csak a közeg rugalmassága határozza meg, ezért a közegre jellemző tulajdonsága. A hallás kitűnő példa arra, hogy egy jelenségen belül hogyan **épülnek egymásra a különböző kölcsönhatások**. A hang keltése, terjedése és a dobhártya megrezgetése még az erők ébredésén alapuló fizikai kölcsönhatás. A hang által hordozott információ sejtek közötti átadódása kémiai jellegű kölcsönhatás. A hang felismerése, értékelése pedig már érzelmeket, sőt cselekvést is kiváltó biológiai kölcsönhatássá fokozódik (például a kutyák viselkedése a tűzijáték alatt) (3.12. táblázat).

A kiterjesztés területei	Példák
gyermekkori tapasztalat	dörög az ég; messze hangzó harang
fizika	a hang terjedési sebessége független a frekvenciától
technika, fegyverek	lőfegyverek hangja
technika, hangszerek	hangszerek nyomáskeltésének módjai
élővilág	állatok hangadásának, hangképzésének módjai
természetföldrajz	égzengés terjedése, földrengés hangja (morajlás), a tenger morajlása, a hullámok összeomlásának hangja

3.12. táblázat. Példák a hang keltése és terjedése során észlelhető erőhatásokra

A gázok rugalmasságának következménye: repülés a „semmiben”

Feladat

Hasonlítsuk össze a halak úszásakor és a madarak repülésekor ébredő erőket!

A gázok rugalmasságának másik fontos következménye a repülés élménye. Úszni tudunk, repülni nem. Annak ellenére, hogy a két mozgás azonos törvényen alapul (a mozgásmennyiség magmaradásának törvényén), a repülés különlegesebb jelenség, mint az úszás. Talán azért hihetetlen, mert a mi karunk akadálytalanul siklik a levegőben. Azonban egy nagy felületű legyezőt mozgatva már érzékeljük, hogy ott is van valami, ahol nem látszik semmi, mert megjelenik az ellenerő. A halak haladása könnyebben magyarázható, mert a vízben egymással érintkező részecskéket lök meg, amelyek visszalökéséből adódik a külső erőnek számító ellenerő. De a levegő részecskéi távol vannak egymástól. A levegő rugalmas viselkedése nélkül a madarak sem tudnának repülni. Amikor a szárnyak hátra lendülnek, a részecskék sokaságával ütköznek, ami lokális „sűrűsödést”, és ezzel nyomásnövekedést idéz elő a levegőben. Ha elég nagy a szárny felülete és elég gyors a lendítés, akkor nemcsak hang keltődik, hanem a madár az ellentétes irányban fel is emelkedik. A levegő számára a szárnyak lendítése, a madár számára a levegő rugalmasságából származó ellenerő adja azt a külső erőt, ami mindkettő mozgásállapotát megváltoztatja.

Az első szárnycsapás – A vállalkozó fióka az alkalmas pillanatot keresve széttárt szárnyakkal tipicgél a fészek szélén. Nagyra nőtt szárnyaival egyet legyint lefelé, egy pillanatra már a többiek feje fölött van, amikor a nehézkedésnek engedelmeskedve visszahuppan. De ez is elég volt ahhoz, hogy ráérezzen az élményre. (Róka A.)

A felszállás a nehéz. Repülni már könnyű, csak a megfelelő sebességet kell elérni, hiszen a papírrepülő csapkodás nélkül is siklik a levegőben. Azért esik le, mert a közegellenállás miatt csökken a sebessége (3.13. táblázat). A madarak esetében a repülési sebesség elérése után éppúgy működésbe lép a szárnyakra ható „fenntartó erő”, mint a papírrepülő esetében (dinamikus felhajtóerő). Ettől kezdve csak a sebesség fenntartása vagy az irányváltoztatás érdekében kell „legyezni”. A repülőgépek szárnya merev. A lopakodó bármennyire hasonlít, nem tud olyan finom „szárnycsapásokat” végezni, mint a rája. A tolóerő – származzon az csillagmotor által hajtott propellerektől vagy sugárhajtóműtől – az utazási sebesség fenntartására, a közegellenállás legyőzésére kell. Az élővilág izommeghajtásában pedig minden előfordul. Tréfásan mondhatjuk, hogy amíg a rája „repül” a vízben, a repülő halak „úsznak” a levegőben.

Feladat

Hasonlítsuk össze az élőlények és a technikai eszközök repülési módjait!

A kiterjesztés területei	Példák
gyermeki tapasztalat	papírrepülők, modellek, sárkányeregetés
fizika	dinamikus felhajtóerő
élővilág	termések repülése röptető szerkezetekkel; vitorlázó- és siklórepülők; rovarok, madarak repülése szárnyakkal, emlősök repülése bőrrödőkkel
repülő szerkezetek	a repülési sebesség elérése szabadeséssel; vitorlázó repülők, siklórepülők
	a repülési sebesség elérése motorral, motoros sárkányrepülők
	a repülési sebesség elérése, fenntartása sokhengeres motoros propellerekkel
	a repülési sebesség elérése és fenntartása sugárhajtóművekkel
űrhajózás	a repülési sebesség elérése rakétamotorral

3.13. táblázat. Példák a repülésre

A távolhatás élménye – a Föld vonzóereje

Newtont talán valóban a fáról lepottyánó alma döbbsentette rá arra, hogy az almát nem mozgatja senki, ezért a bolygók keringéséhez sem kell mozgó. A fán csüngő alma nyugalomban van mindaddig, amíg nem szakad el a fától. Vajon mi az a hatás, ami „leszakítja” és megváltoztatja a mozgásállapotát? Hiszen az almának nincs szárnya, amivel lökhetné magát a levegőben. Sőt, amíg a madarak tetszőleges irányban repülhetnek, az alma mindig csak lefelé esik. Ez a törvényszerűen kitüntetett irány a Föld déli félgömbjén érdekes módon éppen ellenkezője az északinak. Vagyis a lefelé és a felfelé viszonylagos, és minden a Föld középpontja felé esik. Ezért képzelhették a geocentrikus világképet védelmezők azt, hogy a Föld a Világegyetem középpontja. Talán ugyanezért gondolta *Newton*, hogy a vonzóerőt maga a Föld fejti ki. A látszat száműzése egy új típusú kölcsönhatás felfedezéséhez vezetett. A Föld közvetlen érintkezés nélkül is hatással van az almára. Ezzel született meg a

„távolhatás”, élménye és vele a Föld vonzóereje. A Föld vonzása egyoldalú, „elszenvedett” hatásnak tűnik, mert mi csak a testekre gyakorolt erőt érzékeljük, és a testek által a Földre kifejtett erőt nem. Csak azt érezzük, hogy a testek lefelé húzzák a kezünket, nehezek, súlyosak, súlyuk van. Így lett, ezért lett az érzékelt erő **nehézségi erő** vagy súlyerő.

3.2.2. Az erők világa

A. A kölcsönhatás következménye, a mozgás

Akár rövid idejű, akár tartós, akár közvetlen, akár távolhatástól alakul ki, a következmény ugyanaz: az ébredő erő hatására változik meg a mozgásállapot. **Az erő az ok, és a mozgásállapot-változás az okozat.** A korábban megismert mozgástípusokat rendszerezhetjük a fellépő erők száma és iránya szerint is. Lépésről lépésre haladva kezdjük újra a legegyszerűbb esettel!

Egyetlen erő hatása – a szabadesés

*„...szemed kékjét csodáltam épp az égen, / de elborult s a bombák fönt a gépben / zuhanni vágytak ...”
(Radnóti Miklós: Levél a hitveshez)*

Az erők száma szempontjából a legegyszerűbb mozgás a szabadesés. Amikor az alma pottyan, egyetlen erő hatása alatt mozog. Ha a test nyugalmi állapotból indul, a Föld vonzóereje meghatározza a mozgás, a sebesség, sőt még a sebesség változás irányát is. Az alma (a test) egyre gyorsabban és gyorsabban zuhan, vagyis folyamatosan növekszik a sebessége. Éppúgy gyorsul, mint az autók a gyorsulási versenyeken, amikor álló helyzetből indulva a minél nagyobb végsebesség elérése a cél (3.14. táblázat). Állandó nagyságú és irányú erő hatására a gyorsulás is állandó, és a test sebessége egyenletesen változik (**egyenes vonalú egyenletesen gyorsuló mozgás**) (3.5. ábra).

A kiterjesztés területei	Példák
gyermeki tapasztalat	minden lefelé esik
fizika	szabadesés; egyenes vonalú, egyenletesen gyorsuló mozgás
technika	cölöpverő; akrobatikus zuhanó repülés
élővilág	lepottyanó termések; ragadozó madarak zuhanó repülése
sport, extrém sport	ugrások; bungee jumping; sztratoszféra ugrás
földrajz (meteorológia)	csapadékok, jégeső
csillagászat	„hulló csillagok”, meteorok szabadesése
űrhajózás	visszatérő egységek szabadesése; „űrszemét” lezuhanása; a Rosetta Föld és Mars közeli gyorsítása

3.14. táblázat. Példák a szabadesés megjelenésére és jelentőségére



3.5. ábra. Az erő és az általa okozott gyorsulás iránya



3.6. ábra. Az erő ellentétes irányú a test sebességével

Egyetlen, de a sebességgel ellentétes irányú erő – a függőleges hajítás

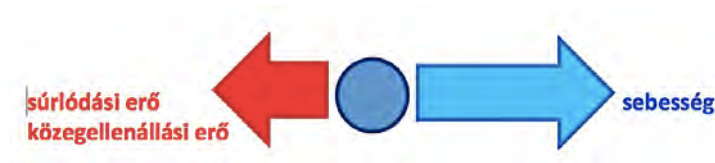
Miért fontos az erő iránya? Egyedül a Föld vonzóereje hat a függőlegesen felfelé hajított labdára, kőre is, csak ekkor az erő a kezdeti sebesség irányával ellentétes irányú (3.6. ábra). A labda egyre lassabban mozog, csökken a sebessége, lassul. Végül a holtpontra meg is áll. A kezdeti sebesség irányával ellentétes irányú erő lassít, lassulást okoz. Minél nagyobb sebességgel indítjuk el a testet, a nehézségi erő annál hosszabb idő alatt lassítja le, vagyis annál magasabbra jut. Csak a rakétahajtás felfedezése tette lehetővé az első kozmikus sebesség elérését. A Föld vonzóereje határt szab a molekulák mozgásának is. A kisebb tömegű Hold vonzóereje nem tudta fogva tartani a molekulákat, ezért nincs légköre.

Egyetlen, de a sebességgel ellentétes irányú erő

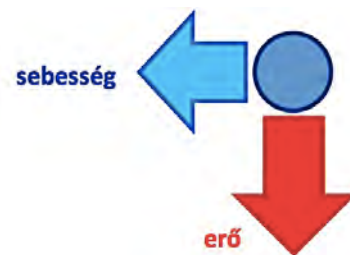
A feldobott kőhöz hasonlóan a vízszintes felületen elgurított golyó is megáll, amikor a mozgás „elvész”. A mozgás logikája alapján arra gyanakodhatunk, hogy egy sebességgel ellentétes irányú lassító erő jelentkezik, ami persze nem lehet azonos a Föld vonzóerejével. Az egymáson csúszó, az érdességük miatt mégis ütköző felületek között **súrlódási erő** ébred, ami a sebességgel mindig ellentétes irányú. A levegőben vagy vízben közlekedő testek szükségszerűen lökdösik az útjukba kerülő részecskéket, ami lassító **közegellenállást** fejt ki (3.9. ábra, 3.15. táblázat).

A kiterjesztés területei	Példák
gyermeki tapasztalat	az esernyő kifordul a szélben
fizika	nagysága a sebességgel arányos
technika	áramvonalas test kialakítása
élővilág	áramvonalas testek
sport	súrlódást csökkentő versenyruhák
csillagászat	a „hulló csillagok” felizzása
űrhajózás	hővédő pajzs

3.15. táblázat. Példák a közegellenállás megjelenésére



3.7. ábra. A sebességgel ellentétes irányú súrlódási erő lassítja a mozgást



3.8. ábra. A sebességre merőleges irányú erő körpályára kényszerít

Egyetlen, a sebességre merőleges erő (körmozgás, ingamozgás)

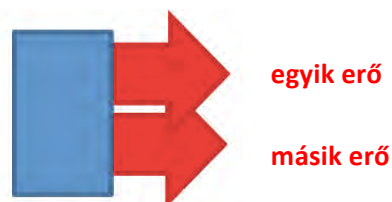
Régen tejeskannákban vittük haza a kimért tejet. Látványos és néha költséges mutatvány volt függőleges irányban megforgatni a teli kannát. Akkor még csak tapasztalatból tudtuk, hogy kellően nagy sebességgel forgatva a tej a kannában marad. A kalapácsvető forgással gyorsítja a repülési sebességre eszközét. A kalapácsot a kötelék kényszere mindaddig körpályán tartja, amíg a sportoló el nem engedi. A körmozgás feltétele a sugár irányába ható erő. Ilyenkor az erő merőleges a sebesség irányára. Ezért csak a sebesség irányát képes változtatni, de azt folyamatosan, pontról pontra a középponttól azonos távolságra lévő pályára kényszeríti (3.8. ábra). A távolható erők esetében nincs szükség kötelékre. A Föld vonzása a légüres térben is pályán tarja a Holdat, a Nap vonzása pedig a bolygókat. A műholdak és az űrszemét azonban még annyira közel vannak a Földhöz, hogy a nagyon „ritka” (kis sűrűségű) légkörben fékeződnek, ezért évek múltán a Föld vonzóerejének engedelmessé spirális pályán keringve végül lezuhannak.

B. Két erő hatásai

Két, azonos irányú erő – egymást erősítő, összeadó erők

Az egyszerű ember is tudta, hogy két igavonó állat több terhet képes elhúzni, mint egy (3.9. ábra). Keressünk példákat az összeadó, egymást erősítő erőkre (3.16. táblázat)!

„Amint kiérnének az erdőből, találkoznak a gróffal,
s a falubíróval. Ezek majd hanyattég estek, mikor látták,
hogy a két kis pirinkó ökör mekkora szekér fát viszen.”
(A két bors ökröcske, magyar népmese)



3.9. ábra. Két azonos irányú erő segíti egymást

A kiterjesztés területei	Példák
gyermeki tapasztalat	„közös erővel”
fizika	összeadódó erők, eredő erő
technika	tandem kerékpár, vízi bicikli; 2, 3, 4 illetve több hengeres motorok, csillagmotor; több hajtómű tolóereje; a súrlódás és a közegellenállás összeadódó ereje
technológia, építészet	összehangolt szállítás, emelés (pl. a piramisok építése során)
élővilág	„közös erővel”; izomszálak összeadódó húzóereje
sport	fogathajtó verseny
űrhajózás	több gyorsító rakéta (pl. űrsiklók) fellövése

3.16. táblázat. Példák egymást erősítő erőkre

Két, egyenlő nagyságú, de ellentétes irányú erő

Azt képzelhetnénk, hogy a nyugalmi állapot legegyszerűbb esete az, amikor nincs kölcsönhatás, ezért egyetlen erő hatásával sem kell számolni. Ilyen azonban talán nincs is! Az az igazság, hogy egyetlen kölcsönhatás, és azzal egyetlen erő megjelenése is ritka, speciális eset. Az ejtőkamrákból például kiszivattyúzzák a levegőt, hogy a közegellenállás ne befolyásolja a szabadesést. A bolygók közötti térben valóban nem kell számolni a közegellenállással. Ennek köszönhető például az, hogy a Rosetta űrszondát még gyorsíthatta is a Föld és a Mars vonzó ereje, hogy utolérje a Csurjumov-Geraszimenko üstököst. Az asztalon lévő testre hiába hat a Föld vonzó ereje, nyugalomban marad, nem esik lefelé, mert a testek taszítása nyomán azonos nagyságú **ellenerő** „ébred” (3.10. ábra).



3.10. ábra. Erő és ellenereje



3.11. ábra. A magdeburgi féltekék, és a rájuk ható erők

A fán csüngő almára éppúgy hat a Föld vonzó ereje, mint a lepottyanóra. Mégsem esik le. Csak addig maradhat nyugalomban, amíg oda köti az ellenerő, ami a vonzó erő ellenére tartja. Vagyis az erők szempontjából az alma függeszkedése összetettebb jelenség, mint a lepottyanás. Mert amíg a szabadon eső almára csak egyetlen erő hat, a függeszkedőt két, egymással ellentétes irányú, de azonos nagyságú erő tartja nyugalomban. A nyugalmi állapot tehát általában két vagy több ellentétes irányú erő egymást kioltó hatásaképpen alakul ki. Az ellentétes irányú erők látványosan jelentek meg Otto von Guericke, Magdeburg polgármesterének nagy közönség előtt bemutatott, tudománytörténeti jelentőségű kísérletében. Két, egymáshoz jól illeszkedő réz félgömb közül kiszivattyúzta a levegőt. A légnyomás olyan erővel préselte össze a félgömböket, hogy 8-8, ellentétes irányba húzó ló

sem tudta azokat szétválasztani. Guericke ezzel a kísérletével bizonyította be a levegő nyomásának „erejét” (3.11. ábra). A különböző irányú erők egyensúlyán (a statikán) alapul a művészetté fejlődő építészet.

A kiterjesztés területei	Példák
gyermekkori tapasztalat	a felegyenesedés, állás
fizika	az erők (és forgatónyomatékok) egyensúlya
építészet	építmények stabilitása; a megalit-építészet csodái; épületek, tornyok, vázszerkezetek
technika	a járművek vázszerkezete
élővilág	csontvázak
természetföldrajz	természet által alkotott kőalakzatok egyensúlya (pl. ingókő)

3.17. táblázat. Példák az erők egyensúlyára, az egyensúlyozásra

Két, ellentétes irányú erő – „ki az erősebb?”

Ha az ellentétes irányú erők nem egyenlők, a kisebb erő csak gyengíti a nagyobb hatását, de nem tudja hatástalanítani. A kötélhúzás hiába áll döntetlenre egy ideig, az erősebb végül győzedelmeskedik. A súrlódás és a közegellenállás szerencsére csak módosítja a hajtóerőt, de csak akkor lassítja le a testet, ha megszűnik a meghajtás. Az ellentétes irányú erők tehát általában „vetélkednek” egymással. Amíg a kerékpárokon, motorokon, autókon fékberendezésekkel növelik a súrlódási erőt, az állatoknak fékezni és megállni is izomerővel kell. Mennyire változatos az uszonyok és a szárnytollak mozgáslehetősége, hogy a halak és a madarak gyorsítani és fékezni egyaránt tudnak vele.

A közeg ereje, a felhajtóerő

A kiterjesztés területei	Példák
gyermeki tapasztalat	héliumos lufi
fizika	a test által kiszorított levegő vagy víz súlya
technika	hőlégballon, léghajó; csónakok, hajók vízkiszorítása; tengeralattjárók merülése és emelkedése; a sztratoszféra-ugrás kabinját emelő léggömb
élővilág	halak merülése és emelkedése
sport	a bűvárokra ható erők
földrajz	úszó jégtáblák, jéghegyek; a felmelegedett levegő felfelé áramlása; rétegződés a sűrűségkülönbség alapján; meteorológiai léggömbök

3.18. táblázat. Példák a felhajtóerő megjelenésére

A víz alá nyomott labdát vonzza a Föld, mégis „kiugrik” a vízből. *Arkhimédész* figyelt fel arra, hogy a vízben könnyebbé válnak a testek. Egyetlen erővel ezek a jelenségek nem magyarázhatók meg. Ébrednie kell egy másik, ellentétes irányú erőnek is, ami „vetélkedik” a nehézségi erővel. *Arkhimédész* ezt erőt találóan felhajtó erőnek nevezte el. Ez a test és a

közeg részecskéinek kölcsönhatásából származó erő látványosan akkor jelenik meg, amikor a test sűrűsége kisebb a közeg sűrűségénél. A **felhajtó erő** nagysága a test által kiszorított víz vagy levegő súlyával egyezik meg. „Minden vízbe mártott test, a súlyából annyit vesz...” / „... mint amennyi az általa, kiszorított víz súlya.”

Egyenlővé váló ellentétes irányú erők – egyenletessé váló mozgás, az egyenletes mozgás feltétele

A folyadékban süllyedő golyó vagy az ereszkedő ejtőernyős (a felhajtóerővel csökkentett súlyerő hatására) kezdetben gyorsul. A **közegellenállástól származó erő** érdekessége, hogy változhat a nagysága. Értékét a mindenkor (pillanatnyi) sebesség határozza meg, vagyis nem nőhet határtalanul, a sebességtől függetlenül. Ezért a gyorsulás során a sebesség, és általa a közegellenállás csak addig növekedhet, amíg egyenlővé válik a vele ellentétes irányú gyorsító erővel. Ettől a pillanattól kezdve azonban a sebesség nem változik tovább, és a golyó, illetve az ejtőernyős „tehetetlenül”, állandó sebességgel süllyed. A mozgás minden esetben egyenletessé, állandó sebességűvé válik, ha a testre ható erők kioltják egymás hatását. Általában, amikor megszűnik a külső erő hatása, a test „tehetetlenül” megtartja a mozgásállapotát (Newton tehetetlenségi törvénye).

Egymással versengő ellentétes irányú erők – a rezgőmozgás oka

A rugóra akasztott test nyugalomba kerül, amint a nehézségi erő és az azzal ellentétes irányú rugóerő egyenlővé válik. A két erő közül most a rugóerő nagysága változhat. Annál nagyobb, minél nagyobb a rugó megnyúlása. Kilendítve a testet az egyensúlyi, a nyugalmi állapotból a rugóerő és a nehézségi erő „verseng” egymással. A rugó maximális megnyúlásakor a rugóerő a nagyobb, ezért a test felfelé mozog, gyorsul. A felső holtponton az összehúzódás – a legkisebb megnyúlás - miatt a rugóerő lecsökken, és a nehézségi erő válik nagyobbá. Ezért a mozgás iránya ismét megváltozik. Minden fázisban megjelenik egy, a sebességgel ellentétes irányú visszatérítő erő, ezért a test oda-vissza mozgást, harmonikus rezgőmozgást végez.

Forgató erő, illetve erők – különböző hatásvonalú erők forgatónyomatéka

„Egyedül nem megy, egyedül nem megy...” – Egyedül nem lehet libikókázni. – *„Mióta százkilencven kilós vagyok, közösségi tevékenységgé vált a lipityókázás.”* Ha az ellentétes erők nem egy egyenes mentén hatnak, a testet (képzelt vagy valós tengely mentén) forgásba hozzák. A **forgató hatás** (forgató nyomaték) nagysága, függ az erő nagyságától és a forgástengelytől mért távolságától.

Gyermekkorunk történetét elemezve hamar rájöhettünk, hogy hosszú kapcsolatunk volt az erők forgató hatásával (a forgatónyomatékkal). A történet az első kerék meghajtású, háromkerékű pedáljának taposásával kezdődött, majd egy ideig a hátsókerék meghajtású, kétkerekű nem hagyta magát, mert rendre felborult, vagy

a forgó mozgást átvivő lánc kapta be a ruhánkat. Mire rájöttünk, hogy gyorsabban kell hajtani, megkaptuk az első sebességváltós biciklit, amivel nem kellett annyit erőlködni. Tapasztalhattuk, hogy ha nagyobb fogaskerékre ugrattuk a láncot, könnyebb volt hajtani (könnyebb volt a forgató hatást kifejezni). A BMX valahogy mindig könnyen gurult, pedig nem is volt váltója. A 18 sebességgel pedig már majdnem a falat is meg lehetett mászni. (Róka A.)

Nem mindig gondolunk rá, de a csukló, a könyök és a váll forgástengelyek. Más-más forgató hatást (forgatónyomatékok) fejthetünk ki csuklóból, könyökből vagy nyújtott karral indítva.

„Azzal a nehéz fát könnyeden forgatja, / Mint csekély botocskát, végénél ragadja;
Hosszan, egyenesen tartja félkezével, / Mutatván az utat, hol Budára tér el,
S mintha vassá volna karja, maga válva, / Még csak meg se rezzen a kinyújtott szálfá.”
(Arany János: Toldi)

A kiterjesztés területei	Példák
gyermekkori tapasztalat	libikóka; jojó; három kerekű bicikli
fizika	(az erő és az erőkar szorzata); mérlegelv; örvények keletkezése, turbulens áramlás
technika	áttétel; sebességváltók kerékpáron, motorokon, autókön
éővilág	végtagok (forgás jellegű) mozgatása
sport	ütések, lendítések indítása; pingpong, tollaslabda, tenisz, röplabda
természetföldrajz	örvények, ciklonok keletkezése
csillagászat	nagyobb égitestek becsapódásának hatása a forgásra
úrhajózás	megfordító manőverezés

3.19. táblázat. Példák az erők forgató hatásának (forgatónyomaték) megjelenésére

3.2.3. A kölcsönhatásokra jellemző energiafajta értelmezése

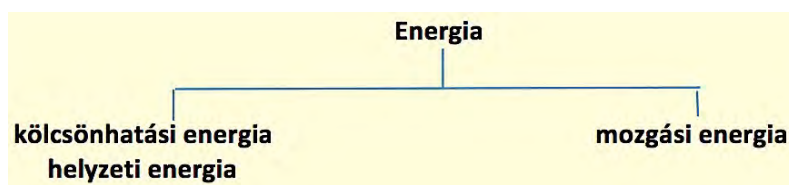
A. Az energia változása és átalakulása

Amikor a labdát felfelé hajítjuk, a holtponton egy pillanatra megáll. Bármilyen rövid ideig is tart a nyugalomi állapot, addig nulla a sebessége és a mozgásmennyisége. Mégis rendelkezik „valamivel” a földön heverő labdához képest. A fán függő alma hosszú ideig is lehet nyugalomban, de szintén rendelkezik „valamivel” a földre már lepottyanttal szemben. Szükségszerű tehát bevezetni egy új fogalmat erre a „valamire”, ami a példák alapján különbözik a mozgásmennyiségtől (lendülettől, impulzustól). A kölcsönhatás jellemzésére ezért szükséges egy új fogalmat, az **energiát** bevezetni.

A kölcsönhatás elkülönülő fogalomkörei

Ha a labdát nem dobjuk, hanem ugyanabba a magasságba emeljük, ugyanúgy képes leesni, mint a holtpontról visszainduló. A földön guruló labda éppúgy megáll, mint a feldobott a holtponton, de úgy is marad. Nem tesz szert az újbóli mozgás képességére. A két eset a felszíntől mért távolságban különbözik egymástól. A heverő labda a lehető legközelebb van a Földhöz, míg a magasban lévő esetében nagy a távolság. Vagyis az az energia, amivel a magasban lévő alma, labda egyaránt rendelkezik a Föld és a test egymáshoz viszonyított helyzetéből következik, és a közöttük lévő távolságtól függ. Ezért **kölcsönhatási vagy helyzeti energiának** nevezik. Az energia közvetlenül nem érzékelhető olyan közvetlen módon, mint az erő. Legfeljebb a következményei. Tapasztalatok árán tanuljuk meg, hogy mikor, milyen formában „rejtőzködik”, vagy jelenik meg, de nagyon egyszerű törvény vonatkozik rá: a megmaradás. *„Az energia nemvész el, csak átalakul!” (törvény és szlogen)*

A labdának a felfelé haladás során is van „valamije”, ami fokozatosan elfogy, de a földön heverőhöz képest helyzeti energiára tesz szert. A függeszkedő alma még hosszú ideig őrzi, raktározza ezt az energiát, még ha nem is látszik rajta („rejtőzködő” kölcsönhatási energia). A holtpontról lefelé induló labda egyre közelebb kerül a Földhöz, egyre kisebbé válik a helyzeti energiája. A becsapódás előtti pillanatban mégis rendelkezik „valamivel”, amivel a földön heverő nem. A lefelé induló labda, alma helyzeti energiája folyamatosan átalakul a mozgásban rejlő energiává, rövidebben a test mozgási energiájává (3.12. ábra).

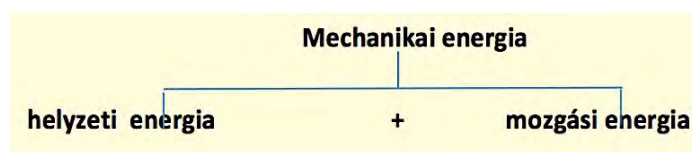


3.12. ábra. Az energia fajtái

Mivel az elgurított golyónak nem változik meg a földhöz viszonyított helyzete, a **helyzeti energiája** sem változhat meg. A kölcsönhatásban energia rejlik. A kölcsönhatási energia raktározódik, de át is alakulhat mozgási energiává. A mozgási energia viszont szükségszerűen előbb-utóbb „elvész”. A lökdösődő súrlódás következtében ugyanis átadódik a részecskének. Amikor az egymáson súrlódó felületek felmelegszenek, röviden azt mondjuk, hogy hő fejlődik. A mozgási energia semvész el, csak hővé alakul. A hő mögött viszont szintén mozgási energia, a részecskék rendezetlen mozgásának energiája rejlik. A súrlódás, közegellenállás bármennyire veszteséges, bizonyítja a részecskék létezését. A **test mozgási energiájának átalakulása** inkább az energia eloszlását jelenti a test és környezete a részecskék között.

A mechanikai energia és megmaradása

Leibniz a szabadesés és a hajítás helyett az inga lengését tanulmányozta. A jelenség szembetűnő érdekessége, hogy az inga a holtpontra visszafordul, és az egy pillanatra „elveszni látszó mozgás” újraszületik. Ezáltal a mozgás megismétlődővé, periodikussá válik. Érdekesség, hogy ezt az elveszni látszó, mégis megújuló „valamit” Leibniz a mozgási energia helyett még „eleven erőnek” nevezte. Azt azonban helyesen állapította meg, hogy az inga lengése során a mozgási energia helyzeti energiává alakul, és a folytonos egymásba alakulás miatt csak a két energia összege marad meg. Egyszerre születik meg a mechanikai energia fogalma, és megmaradásának törvénye (3.13. ábra).



3.13. ábra. A mechanikai energia fajtái

Új fogalom bevezetése – a munka

Az erővel és az energiával kapcsolatos területek ugyanazokat a törvényszerűségeket írják le, csak más szavakkal. A testek abban az értelemben is tehetetlenek, hogy maguktól nem változik meg sem a helyzeti, sem a mozgási energiájuk (a mechanikai energiájuk). Az iskolatáska nem kerül fel magától az emeletre és a labda sem repül magától a kapuba. Mindennapi nyelven is azt mondjuk, hogy munkát kell hozzá végeznünk. A szél, az áramló víz amikor az erőműveket hatja meg, szintén munkát végez. Valójában a munkavégzés mögött is energiaátalakulás – a mi esetünkben tudatos energiaátalakítás – rejlik. Az emelés, a cipekedés vagy a lendítés során az izmaink végeznek munkát, miközben „biológiai energia” alakul át a test helyzeti vagy mozgási energiájává. A végzett munka a test mechanikai energiájának megváltozására fordítódik. Amikor az áramlásban rejlő mozgási energia az

A kiterjesztés területei	Példák
gyermeki tapasztalat	a helyzeti és a mozgási energia változása, átalakulása a labda pattogása, a hinta lengése során
fizika	a mechanikai energia megmaradásának törvénye
technika	gravitációs elven működő siklók; vitorlázó repülők repülése, leszállása
élővilág	vadászó madarak zuhanó repülése; madarak „vitorlázása”
sport	„ugró” és „lesikló” sportok
természetföldrajz	a természetes folyóvizek mozgása (áramlása)
csillagászat	a mechanikai energia megmaradása a bolygók mozgása során
űrhajózás	lezuhanó alkatrészek, egységek

3.20. táblázat. Példák a helyzeti és a mozgási energia átalakulására, átalakítására, a mechanikai energia megmaradására

erőművekben elektromos „energiát termel”, valójában elektromos energiává alakul, akkor röviden azt mondjuk, hogy a szél vagy a víz végez munkát (3.20. táblázat).

B. Kölcsönhatások hatótávolsága

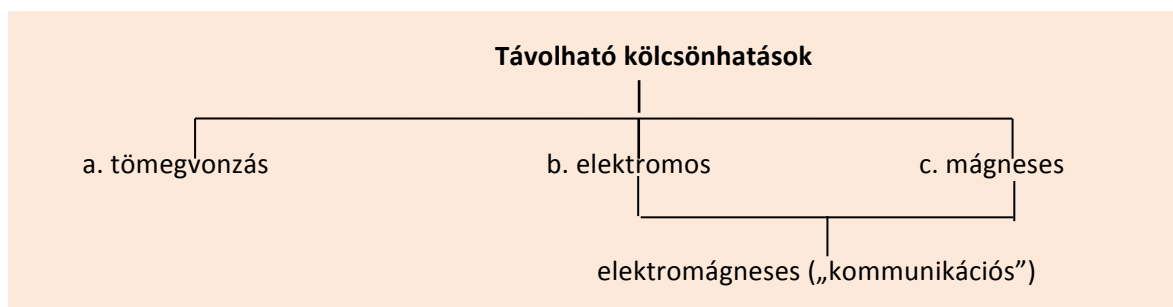
A jelenségek során a testek – rendszerek között kölcsönhatások jelennek meg, és az azokra jellemző energiák átalakulásai játszódnak le. A kölcsönhatások csoportosíthatók a hatótávolság szerint is.

„Közelhatás” – nukleáris kölcsönhatás

Azt gondolnánk, hogy két test attól közelebb már nem kerülhet egymáshoz, mint amikor összetapadnak. Pedig az atommagok még mindig sokkal távolabb vannak egymástól, mint a magot - az azokat - felépítő elemi részecskék, a protonok és a neutronok. A földi körülmények között az elektronburok taszítása miatt az atommagok sohasem lépnek kölcsönhatásba egymással. Ilyen esemény csak a részecskegyorsítókban fordulhat elő, ahol sok-sok energia árán atommagokat ütköztetnek egymással egy új elem felfedezése reményében. Ezzel a módszerrel jutottunk napjainkra a 118. elemig. Azt a kölcsönhatást, ami ilyen hihetetlenül kis távolságban is képes legyőzni a pozitív töltések rendkívül nagyra való taszítását, a fizikusok erős kölcsönhatásnak nevezték el. A hatótávolság olyan kicsi, hogy a mesterségesen előállított atommagokban már nem tudja összetartani az alkotó részecskéket, ezért rövid idő alatt elbomlanak. Az erős kölcsönhatásnak tulajdonítható az atommagok stabilitása, és ezen keresztül a vegyületek, a kőzetek, sőt a genetikai program (a DNS) stabilitása.

Távolhatás – távolható kölcsönhatások

A távolra ható kölcsönhatások (3.14. ábra) közül a szabadesésnél már érintettük a Föld vonzóerejét, de nem elemeztük, hogy a testek között ébredő vonzás nem olyan egyoldalú, mint amilyennek látszik.



3.14. ábra. A távolható kölcsönhatások fajtái

Tömegvonzás – gravitáció

Eötvös Loránd az általa tervezett nagyon érzékeny műszerrel, a torziós ingával mutatta ki, hogy a testek között ébredő vonzó erő nemcsak a bolygókat tartja a Nap körüli pályán, hanem kicsiny testek között is megjelenik. Az egymással összemérhető méretű testek esetében bizonyosodott be, derülhetett ki, hogy ez a vonzás kölcsönös. kölcsönösen vonzzák egymást, vagyis a hatás nem egyoldalú. *Newton* óta a kölcsönhatást a **gravitáció** mellett **tömegvonzásnak** is nevezik. Sajnos, a **tömeg** is azok közé a fogalmak közé tartozik, amit csak tapasztalatok árán ismerünk meg, de eredetét nem tudjuk megmagyarázni. Csillagászati tapasztalatok szerint az erő az anyag mennyiségével arányos, a gravitáció esetében tömeg az anyag mennyiségét jellemzi. Ezt legjobban talán az bizonyítja, hogy ugyanannyi anyagnak más bolygón eltérő a súlya. Egy zacskó lisztre (1 kg) más vonzóerő hat a Holdon és a Naprendszer bolygóin (3.21. táblázat).

Égitestek	Egy 1 kg liszt súlya (N)
Merkúr	3,70
Vénusz	8,87
Föld	9,81 ~ 10
Hold	1,66
Mars	3,68
Jupiter	23,12
Szaturnusz	8,96
Uránusz	8,69
Neptunusz	11,15

3.21. táblázat. Az 1 kg lisztre ható erő nagysága a Naprendszer bolygóin

A világ sokoldalúságának és sokféleségének az a következménye, hogy a testekre nem egyetlen kölcsönhatásból származó erő hat, nemcsak a nehézségi erő jelenik meg külső erőként. Ennek az a következménye, hogy a tömeg fogalma (sajnos) egyszerre több kölcsönhatásban, ennek megfelelően több funkciót lát el. A testek nemcsak abban az értelemben tehetetlenek, hogy nem képesek külső erő nélkül önmaguk mozgásállapotát megváltoztatni. A **tehetetlenség** azt is kifejezi, hogy a testet könnyebb vagy nehezebb gyorsítani, hogy kisebb vagy nagyobb erő szükséges az ugyanakkora sebesség eléréséhez. A tömegvonzás és a „mozgatás” (mozgásállapot-változtatás) egymástól eltérő jelenségek. Ugyanakkor mindkettő arányos az anyag mennyiségével, amit mindkét esetben a tömeg hordoz. A tömeg az egyik esetben a kölcsönható képességet fejezi ki, míg a másik esetben erővel szembeni „ellenállást”, a tehetetlenséget érzékelteti.

Nem számít, hogy „könnyű vagy nehéz – Hihetetlennek tűnik, mégis igaz, hogy a különböző súlyú testek egyszerre esnek le. A nagyobb tömegű testet hiába vonzza jobban a Föld, hiába nagyobb a súlya, ha nagyobb a tehetetlensége is. Ezért ugyanúgy esnek, egyszerre esnek le. Ugyancsak Eötvös Loránd mutatta ki, hogy ugyanaz a „tömeg” bármilyen erővel szemben ugyanolyan mértékben tehetetlen. Ez egyúttal azt is jelenti, hogy a ló, az ember, a mozdony és a traktor vonóereje egyenértékű egymással, bármennyire is különböző a működésük.

... és nem számít, hogy miből van! – Eötvös Loránd bizonyította be azt is, hogy a tömegek között ébredő vonzóerő független az anyagok minőségétől. A vonzóerő szempontjából érdektelen, hogy a test üvegből, vasból vagy műanyagból készült. Ma már tudjuk, hogy az anyag mennyiségét végső soron a nehéz részecskék (a protonok és a neutronok) száma határozza meg, függetlenül attól, hogy hányasával vannak csoportosítva. Vagyis függetlenül attól, hogy milyen elemeket alkotnak. A **tömegvonzás azért válik függetlenné az anyagi minőségtől**, mert minden anyagot ugyanazok az elemi részecskék építik fel. Másrészt, az azonos részecskék között végső soron az erők is azonos kölcsönhatásra vezethetők vissza, ezért a különböző erők is egyenértékűek egymással.

Elektromos kölcsönhatás – rejtőzködő tulajdonságok, rejtőzködő kölcsönhatás

A vonalzó, a fésű, a műszálas textília dörzsölés hatására szokatlan jelenséget mutat. A távolság ellenére vonzani kezdi a környező anyagokat, a papírszeletkéket vagy a hajunkat. Ez a távolhatás nem származhat a tömegvonzástól, mert korábban nem jelentkezett. A dörzsölés hatására új tulajdonság, és ezzel együtt új kölcsönhatás jelenik meg. Kezdetben a vonalzó magához vonzza a papírszeletkét, de attól a pillanattól, hogy egymáshoz érnek, az erő taszítóvá válik, és a papírszeletke lepattan a vonalzóról. Időnként az állapotváltozás odáig fokozódik, hogy a testek között parányi szikra üt át.

A kiterjesztés területei	Példák
gyermeki tapasztalat	„égnek álló a haj”; táncoló papírszeletkék; villámlás
fizika	dörzs elektromos jelenségek; elektromos erőter, mező; rejtőzködő elektromosság: a testek között ébredő tapadási és taszító erők
technika	tapadási erők; a benzines motorok gyújtó szikrájának keltése
élővilág	elektromos rája
sport	teremsportok esetében a feltöltődés lehetősége
természetföldrajz	felhők elektromos jelenségei, villámlás, szmog stabilizálódása
csillagászat	a Napból érkező protonok elektromos tere

3.22. táblázat. Példák az elektromos kölcsönhatás megjelenésére

Beavatkozás híján, a testek nem „delejesek”, nem mutatnak elektromos tulajdonságot, annak ellenére, hogy a felépítő (elemi) részecskék rendelkeznek elektromos töltéssel. Ha a pozitív és negatív töltések száma megegyezik, kompenzálják egymás hatást. Ilyenkor az elektromos kölcsönhatás és tulajdonság rejtve marad. Az ellentétes töltések vonzzák egymást, ezért az eredeti állapot előbb-utóbb visszarendeződik. Az azonos töltések pedig taszítják egymást. Ebből adódik többek között a testek taszítása. Az ellentétes töltések vonzásának legyőzése érdekében munkát kell végezni. A töltések azonban már súrlódás hatására is szétválnak. Ezáltal a testek elektromos töltésre tesznek szert. Ma már tudjuk, hogy a dörzsöléskor csak a negatív töltésű elektronok lépnek át az egyik anyagról a másikra.

Mivel az elektron negatív töltésű, az elektronhiányos test pozitívvá válik, és az elektron többletet hordozó lesz a negatív (3.22. táblázat).

Mágneses kölcsönhatás – a mágneses vonzás és taszítás

Az iránytű csak az alátámasztó tűskével érintkezik, mégis beáll az „északi” irányba. Az állandó mágneseknek sem kell egymáshoz érni ahhoz, hogy a vonzó és taszító erőt érzékelhessük. A mágneses kölcsönhatás is távolható, de különbözik az elektromos (elektrosztatikus) kölcsönhatástól, mert például a mágnes a papírszeletkét nem vonzza (3.23. táblázat).

A mágnes csak mágnessel vagy mágnesezhető anyaggal, például a vassal kerül kölcsönhatásba. Az azonos mágneses pólusok ebben az esetben is taszítják egymást, míg az ellentétesek között vonzó erő ébred. Fontos különbség, hogy egyetlen mágneses pólus nem jelenik meg. Mivel a mágnesesség egy-egy anyaghoz kötött, azt gondolnánk, hogy különleges, ritka tulajdonság. Valójában minden anyagban jelen van, csak a részecskepárok képződése miatt rejtőzködik. A ferromágnesek érzékelhető mágneses tere nagyon sok elektron parányi mágnesességének összeadódásával alakul ki. Egyetlen részecske mágnesessége csak műszerekkel mutatható ki. A proton (hidrogénatommag) mágnesességének érzékelésén alapul például egy modern diagnosztikai eljárás, az MRI. Az iránytűt a Föld mágneses magjának erőtere állítja irányba.

A kiterjesztés területei	Példák
gyermeki tapasztalat	iránytű, állandó mágnesek
fizika	magnetosztatika, felmágneseződés; ferromágnesesség; ferromágnesek, neodímium mágnesek; az elemi részek saját mágnesessége
technika	vasszerkezetek mágneses összetartása; „mágneses” vonatok
élővilág	állatok mágneses tájékozódása
természetföldrajz	mágneses ásványok (pl. magnetit); mágneses vihar a légkörben
csillagászat	a Nap és a Föld, a bolygók mágneses tere; „mágneses viharok”

3.23. táblázat. Példák a mágnesség megjelenésére a mindennapi életből

Távolhatás – „kommunikációs” kölcsönhatás, fény (sugárzások) és az anyag kölcsönhatása

A távolhatás különleges, nagyon gyakori és nagyon hasznos módja a **távolsági hatás**, vagy ahogy mindennap használjuk, a **„kommunikációs” kölcsönhatás**. A mobiltelefon segítségével akár a Föld túlsó felével is kapcsolatot létesíthetünk, ráadásul pillanatok alatt. A GPS a műholdakon keresztül másodpercnyi pontossággal követ bennünket, hogy utat mutasson, amikor szükséges. A „jel”, amivel az információ cserélhető, fénysebességgel „közlekedik” a beszélgető partnerek között. Így óriási távolságból is kifejtheti a hatását a születésnap köszöntő, illetve óriási távolság megtétele után is időben ér célba az útmutató segítség. A lehetőség mögött a sugárzások és az anyag kölcsönhatása rejlik, ami az egymástól már

elválaszthatatlan formában megjelenő elektromos és mágneses kölcsönhatásnak, az **elektromágneses kölcsönhatásnak** köszönhető.

Ez a két kölcsönhatás csak addig jelenik meg ilyen elkülönülően egymástól, amíg a töltések vagy a mágnesek nyugalomban vannak. Amikor a „*villany felkapcsolásakor*” a vezetőkben „*áram folyik*”, vagyis töltés áramlik, akkor a vezeték mentén a mágneses kölcsönhatás is kimutatható (az elektromos áram mágneses hatása). Ennek a rokon jelensége is bekövetkezhet: amikor a LED-es görkorcsolya vagy a dinamóra csatlakoztatott kerékpárlámpa világítani kezd, a periódikusan változó mágneses erők keltenek elektromos áramot. Ezekben a jelenségben mindkét kölcsönhatás megjelenik (3.24. táblázat).

Ha a töltéseket egyenletes mozgás helyett rezgő mozgásra kényszerítjük, vagyis állandóan gyorsulnak és lassulnak, akkor egy különleges jelenség következik be. Az elektromos és mágneses tér már nemcsak elválaszthatatlan egymástól, hanem önállósul, és sugárzás formájában hagyja el a sugárforrást. Ugyanez történik, amikor a LED és az izzó világítani kezd, amikor beszélünk a mobiltelefonon, vagy amikor világít a Nap. A napfény 149 600 000 km távolságból, a légüres téren keresztül, a legnagyobb sebességgel jut el a Földre, hogy végül valamiben elnyelődjön. Éppúgy célba ér, mint a „mobilhívás”, csak nem egy mérnökök által tervezett szerkezetben, hanem a növények zöld színtesteiben vagy a szemünk fényérzékelő sejtjeiben.

A kiterjesztés területei	Példák
gyermeki tapasztalat	a Nap sugarai; mobiltelefon; mikrohullámú sütő; távirányítók
fizika	az elektromágneses sugárzás típusai, fény; fényforrások
technika	fényforrások; hírközlés, GPS-adó; lézer- és UV-színház
élővilág	világító algák, krillek, halak, szentjános bogár; fotoszintézis
sport	lézeres célzás
természetföldrajz	tűzhányók
csillagászat	csillagok; a bolygókról, holdakról vagy az űrbázisról visszaverődő fények; fedélzeti adórendszer

3.24. táblázat. Köznapi példák sugárforrásokra

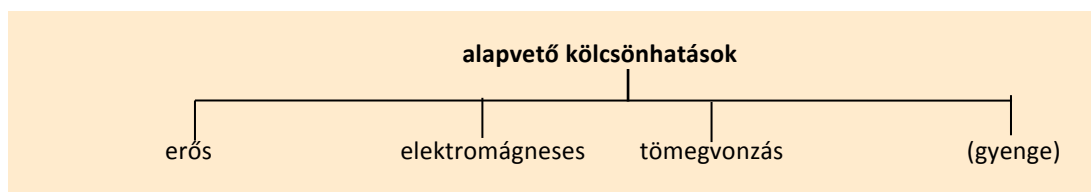
A kiterjesztés területei	Példák
gyermeki tapasztalat	a Nap melengető sugarai; mobiltelefon; az étel a mikrohullámú sütőben; a távirányítást lehető tevő érzékelők (szenzorok, infraszenzorok)
fizika	elnyelés (abszorpció); a színek kialakulása
technika	napelemek; vevőantennák, GPS-vevő
élővilág	fotoszintézis; az élővilág színei (növények, rovarok, más állatok); fényérzékelés, szem, látás
természetföldrajz	ásványok, kőzetek színei; a felszín fényelnyelő képessége
csillagászat	a csillagközi anyag fényelnyelése; távoli csillagok fényének elemzése; napelemek; fedélzeti vevőrendszer

3.25. táblázat. Köznapi példák a sugárzás és az anyag kölcsönhatására

A sugárzás tehát kapcsolatot létesít a forrás és az elnyelő között, akármilyen távol vannak egymástól. A több éven át „utazó” fény információt hoz a távoli csillagokról (3.25. táblázat).

Az alapvető kölcsönhatások – az elemi részek sokoldalúsága

Az eddig számításba vett kölcsönhatások és az ezekhez tartozó tulajdonságok sokszor függetlenül jelennek meg környezetünkben, ezért általában különállóknak is képzeljük azokat. Világunk sokoldalúsága azonban éppen abban rejlik, hogy az elemi részek ezeket a tulajdonságokat egyszerre hordozzák, és ennek megfelelően egyszerre több kölcsönhatásra is képesek. Az elektronok, a protonok egyedi, jellemző tulajdonsága a tömeg, a töltés és a mágnesesség. Ezeket a tulajdonságokat, melyeket híres tudósok ismerték meg, ma már mi is félreérthetetlenül ismerjük fel. Mégsem tudjuk származtatni azokat, nem tudjuk megmagyarázni az eredetüket. Ezért ún. **alapvető kölcsönhatásokká** váltak (3.15. ábra).



3.15. ábra. Az alapvető kölcsönhatások fajtái

A teljesség kedvéért meg kell említenünk, hogy létezik még egy negyedik alapvető kölcsönhatás is. A gyenge kölcsönhatásnak az elemi részecskék, többek között a neutron átalakulásában van szerepe.

3.2.4. A kölcsönhatás kiterjesztése a halmazokra (a részecske sokaságra)

A mozgástípusok elemzése során nem foglalkoztunk a testeket felépítő részecskékkel. Elhanyagoltuk, hogy valójában ezekkel is történik valami. A halmazok kölcsönhatásának vizsgálata során változik a helyzet. A jelenségek megértése érdekében már nem tekinthetünk el a „belső” következményektől, a halmazt alkotó részecskék kölcsönhatásának és belső mozgásának változásától. Tapasztalati szinten ezt már az ősember is tudta: addig dörzsölt egymáson két fadarabot, amíg az oda helyezett tapló meg nem gyulladt. A mozgatással hőt tudott fejleszteni. A mozgások értelmezésekor igyekszünk a súrlódást figyelmen kívül hagyni. A tűz gyújtása szempontjából viszont mekkora szerencse, hogy van súrlódás!

Színre lép a hierarchia – fontossá válnak a részletek

A jelenségek során valójában egyszerre jut szerephez a makroszkopikus és a mikroszkopikus világ. Ezért megosztott figyelemmel egyszerre kell foglalkoznunk a halmaz szintű történésekkel és a háttérben lejátszódó részecske szintű eseményekkel. A nyomon követhetőség érdekében célszerűen el kell különítenünk egymástól a megfigyelt térrészt, az általunk vizsgált rendszert és az azt körül vevő környezetet. A környezet a kölcsönhatás módja, típusa miatt fontos, mert csak azt vizsgáljuk, hogy ennek nyomán a rendszerben mi történik (3.16. ábra).



3.16. ábra. Kölcsönhatás a rendszer és környezete között

Rendszer – anyagi halmaz, részecske sokaság, testek sokasága

Rendszer lehet egyetlen atom, egy pohár víz, egy felfújt léggömb, egy papucsállatka, egy teknős, egy sziget, maga a Föld, a Naprendszer vagy a Tejútrendszer. Minél nagyobb, annál több kölcsönhatás, és az azokhoz rendelhető folyamat jelenik meg benne. Rendszerré válik a súrlódó test is, ha odafigyelünk arra is, hogy mozgás közben (az asztallal együtt) felmelegszik, ami egyúttal azt jelenti, hogy intenzívebbé vált az alkotó részecskék mozgása. A rendszer lehet zárt (mint például egy üveg felbontatlan, szén-dioxiddal dúsított ásványvíz), lehet nyitott (mint például egy pohár „bubis” víz). Lehet nyitható és csukható (mint az ásványvizes palack, egy belső égésű motor vagy mint egy élőlény) (3.26. táblázat).

A kiterjesztés területei	Példák
gyermeki tapasztalat	az akvárium és a szoba
fizika (termodinamika)	rendszer és környezet kölcsönhatása
technika	a motor lelke, a henger a benne mozgó dugattyúval és a hűtőközeg; a repülőgép és a légkör
élővilág	egy sejt és a többi sejt; egy élőlény és az élettelen környezet; egy élőlény és az élő környezet (populáció, társulás, élőhely); az élőlények és a szennyeződő élettér
természetföldrajz	a légkör és a Nap sugárzásának kölcsönhatása; a Nap által felmelegedő felszín és a vele érintkező levegő
csillagászat	a Föld és csillagászati környezete
űrhajózás	az űrhajó, űrsikló és a külső tér

3.26. táblázat. Példák nyílt és zárt rendszerre és környezetére, illetve kölcsönhatásaikra

A részecskék típusai az anyag fejlődéstörténete alapján

Az anyag fejlődéstörténete egyszerre több szálon játszódott le, és játszódik ma is. Az Univerzum szintű folyamatok csillagászati, majd földtörténeti eseményekkel folytatódtak, miközben a háttérben részecske szintű folyamatok sokasága zajlott az aktuálisan megjelenő részecskék főszereplésével. Az Ősrobbanást követő milliomod másodpercre a kvarkokból kialakultak az anyagi világunkat jelenleg is felépítő elemi részecskék (erős kölcsönhatás). Csillagászati méretben megkezdődik a csillagok kialakulása (tömegvonzás), míg a csillagok magjában beindul az atommagok képződése (erős kölcsönhatás, magfúzió). A csillagok fejlődéstörténetében számunkra a szupernóva robbanás a fontos, hiszen a Naprendszer feltehetően a szétrepült anyagból állt össze (tömegvonzás). A részecskék szintjén az atommagokat ekkor vette körbe az elektronburok, és kialakultak az atomok (elektromos és mágneses kölcsönhatás). Ettől kezdve az elektronburok taszítása már megakadályozta az atommagok találkozását (elektromos és mágneses taszítás), és a továbbiakban az elektronburok kölcsönhatása szabályozza az atomok-ionok között lejátszódó vegyülést (kémiai reakciókat, kémiai kölcsönhatásokat). Elkezdődött a bolygók kialakulása, miközben a kihűlő és megszilárduló felszínen (termikus kölcsönhatás) a vegyületekből ásványok, az ásványokból ásványtársulások, azokból kőzetek, a kőzetekből kezdetben egységes földkéreg jött létre, ami később kőzetlemezekre darabolódott. A hőmérséklet csökkenésével a légkörből kivált a víz, és kialakultak a Föld szférái: a kőzetburok, a vízburok és a légkör. Megkezdődött a felszínt és a légkört alkotó ősi anyagok átalakulása. Az életet megelőző kémiai fejlődéstörténet az anyag átalakulásának azon korszaka, amikor a Napból érkező sugárzások hatására kialakulnak az élet kialakulásához nélkülözhetetlen vegyületek. A Nap melengető hatásának köszönhetően Földünk nemcsak elkerülte a fagyhalált, hanem élet is születhetett rajta. Egyre fejlettebb szervezetek jelentek meg az őstengerekben, amik hamarosan birtokba vettek minden szférát, az egész Földet.

Részecsketípus	Példák a környezetünkben
elemi részek, protonok	Napból érkező nagy energiájú részecskék a sarkok felé térülve fényt keltenek; részecske gyorsító (CERN)
atommagok	Szabadon (mint a csillagok magjában) a Földön nem fordulnak elő, kivétel az alfa-sugárzás (nagy mozgási energiájú hélium atommagok)
atomok	a légkörben kis mennyiségben előforduló nemesgázok; higanyatomok a higanygőz lámpákban
molekulák	a légkör többi alkotójának molekulái: oxigén, ózon, nitrogén, szén-dioxid, víz; cukor, ecet
makromolekulák	a növények vázanyaga a cellulóz; a tej, a tojás, a hús alkotói a fehérjék; a gumi; a műanyagok
„molekula-kristályok” (molekularács)	jég, hópehely, jégvirág, kristálycukor
„ion-kristály” (ionrács)	konyhasó, mész, oltott mész, szóda, szóda-bikarbóna, sütőpor
„atom-kristály” (atomrács)	gyémánt, homok, agyag
„fém-kristály” (fémrács)	aranyrögök

3.27. táblázat. Példák a különböző részecskék megjelenésére az anyag szerveződési szintjein

3.2.5. Egymásra épülés – a rendszerek hierarchiája

Szerveződési szintek és kölcsönhatások

A rendszereket csoportosíthatjuk a bennük megjelenő részecskék, folyamatok szervezettsége alapján is (3.28. táblázat). A kvarkokat protonná és neutronná, majd az protonokat és neutronokat atommaggá az **erős kölcsönhatás tartja össze**, miközben a részecskék elektromos töltéssel és mágneses sajátsággal is rendelkeznek, és ilyen kölcsönhatásokra is képesek. Az atommagot és az elektronburkot az **elektromos kölcsönhatás** tartja egyben, de az atomok egymással is kölcsönhatásba kerülhetnek (ld. nemesgázokban), vagy külső elektromos és mágneses térrel, sőt sugárzásokkal is kölcsönhatásba léphetnek. Mivel a kialakuló elektronburok már „elszigeteli” egymástól az atommagokat, az atomok szintjén az erős kölcsönhatásnak már nincs szerepe, a „rejtőzködő” atommagokkal a nukleáris kölcsönhatás is „rejtőzködik”, és csak az instabil atommagok esetében ad jelt magáról (a radiaktív bomlás és sugárzás típusai).

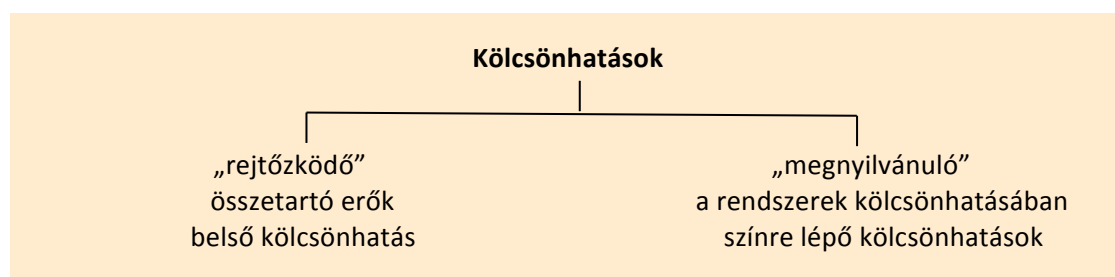
Az alkotó szerveződések típusa	Az alkotott rendszer
kvarkok	az Univerzum korai szakasza
elemi részek (protonok, neutronok, elektronok)	fiatal csillagok
atommagok és elektronok plazmaállapota	öregedő csillagok, szupernóvák
atomok, ionok	a szupernóva robbanást követő lehűlés pillanatai
kristályok, porszemek	kozmosz „por” a kozmikus gázban; vegyületek keletkezése
molekulák	bolygók kialakulása; a különböző halmazállapotú anyagok szétválása; a légkör kialakulása; szilárd anyagok, folyadékok, gázok
atomok, ionok, molekulák	a földkéreg megszilárdulása; ásványok, kőzetek; kőzetlemezek kialakulása
víz-molekulák	a víz cseppfolyósodása (kondenzációja); természetes vizek
makromolekulák	az élet megjelenése; élő szervezetek kialakulása
sejtek	szövetek, szervek
szervek	szervrendszerek
szervrendszerek	egyed és territórium
egyedek	populáció és élettere
különböző populációk	társulások és életterük
társulások	bioszféra
a Föld és a bolygók	Naprendszer
csillagok	a Tejútrendszer, galaxisok
galaxisok	az Univerzum mai állapota

3.28. táblázat. Az alkotók és a rendszerek hierarchiája

Az atomokat a tulajdonságaik által meghatározott **kémiai kötések kötik össze** molekulákká, makromolekulákká vagy kristályokká, miközben a kialakult szerkezetek – az atomokkal megegyező módon – külső kölcsönhatásra is képesek. Az atomok, a molekulák elektromos szempontból már semlegesek, az elektromos töltések egymás hatását kompenzálva rejtőzködnek. Ezért az elektromosság és a mágnesesség is rejtőzködik. A molekulákat, makromolekulákat már csak **gyenge (másodlagos) kötőerők** tarthatják fogva a folyékony és szilárd halmazállapotban, miközben a folyadékok és a kristályok a rájuk jellemző további kölcsönhatásokba léphetnek (áramlás, melegedés-lehűlés, halmazállapot-változás). A halmazállapotot meghatározó másodlagos kötőerők mellett a kémiai kötésnek közvetlenül már nincs szerepe, ezért **rejtőzködő kölcsönhatássá** válik mindaddig, amíg az anyag kémiai reakcióba nem lép (például a gyertyát égetjük, az agyagot kiégetjük, a fából faszenet gyártunk, a cukrot az élesztő hasznosítja).

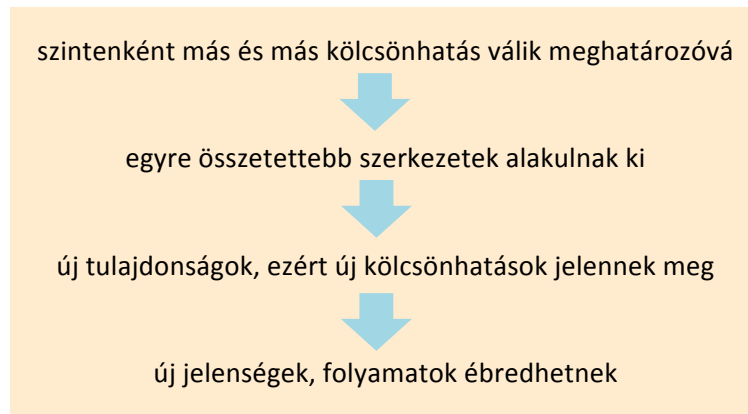
Végül, legalább az egyik „halmaz” tömegének növekedésével egyre nagyobb szerepet kap a **tömegvonzás**. Miközben a víz az évszakoktól függően az összes halmazállapot-változáson átmehet, sorsát alapvetően a tömegvonzás határozza meg. A hőmérséklet növekedésével a molekulák hiába győzik le a gyenge, másodlagos kötőerőket (a hidrogénkötéseket), a tömegvonzás a parányi vízmolekulákra is hat. Akkor is kicsi az esélyük a „megszökésre”, ha a felhők magasságában lévő „hidegcsapdán” túljutnak. Ezért marad meg a Föld légköre.

Akár a laboratóriumokban végzett kísérletekben, akár a természetben lejátszódó jelenségekben egyszerre mindig több kölcsönhatás jelenik meg. A megnyilvánuló kölcsönhatások mellett mindig rejtőzködik az összetett részecskék belső, összetartó kölcsönhatása (3.17. ábra).



3.17. ábra. A kölcsönhatások csoportosítása a megnyilvánulásuk szerint

Az anyag szerveződési szintjein szintről szintre lépve más és más kölcsönhatás játszik szerepet a megjelenő részecskék alkotóinak összetartásában. Az egymásra épüléssel egyre összetettebb szerkezetek alakulnak ki, melyek az új tulajdonságaikkal új kölcsönhatási lehetőségeket kínálnak fel. Ennek köszönhetően új, csak az aktuális szintre jellemző jelenségek, folyamatok jelennek meg (3.18. ábra).



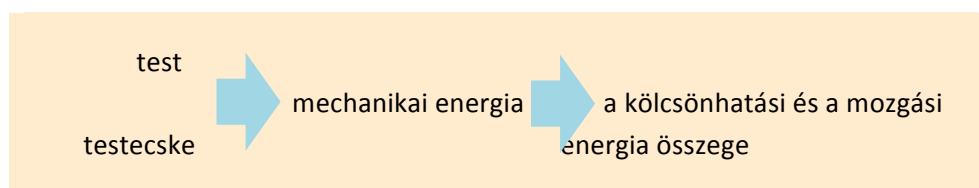
3.18. ábra. Szerveződési hierarchia

Az újabb és újabb szerveződési szintre jellemző jelenségek-folyamatok leírása a korábbiaktól eltérő, új fogalmakat, törvényeket igényel. Ezért a szerkezetek valódi egymásra épülése mellett a fogalmak, törvények is egymásra épülnek. A különböző szervezettségű részecskék tulajdonságai végső soron visszavezethetők az elemi részecskék tulajdonságaira. Ezért egy-egy fogalom végigvezetésekor a fogalmak **logikai láncot**, a szintek egymásra épülő foglmainak sokasága pedig már **logikai hálót** alkot.

A kölcsönhatás és következménye a halmazokban

A. Az energia kiterjesztése a részecskék sokaságára

A részecskék parányi testecskék. Ezért a részecskék sokaságát tartalmazó rendszer energiája egyszerűen származtatható a testekre jellemző energiafajtákból. Csak össze kell adni a részecskék „mechanikai energiáját” (3.19. ábra, 3.29. táblázat).

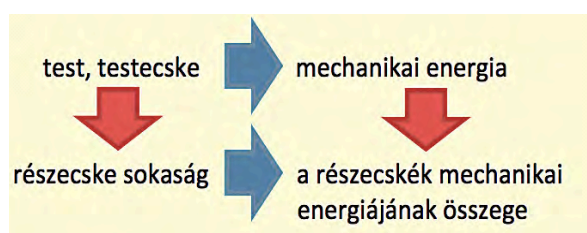


3.19. ábra. A „testecskék” részecskék mechanikai energiája

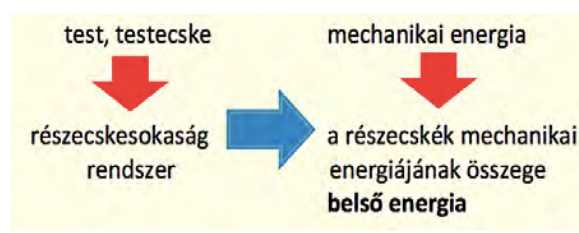
Amíg a testek kölcsönhatási energiája a tömegvonzástól származik, a részecskék kölcsönhatási energiája a kötéstípusokban rejlik, melyek az elektromágneses kölcsönhatásra vezethetők vissza (kovalens, ionos és fémes kötés, másodlagos kötőerők). Mivel a részecskék minden halmazállapotban szüntelenül mozognak, a testecskék is rendelkeznek mozgási energiával. A rendszerre nézve azonban ez a részecskék össze-vissza, céltalan, rendezetlen mozgásának az összes energiája, amit a rendszer termikus energiájával vagy hőtartalmával azonosíthatunk (3.20. ábra).

Test – egyszerű	Testecske	Rendszer – összetett részecskesokaság
kölcsönhatás		belső kölcsönhatás
a gravitációtól származó helyzeti energia	kölcsönhatási energia az elektromágneses kölcsönhatásra visszavezethető kötésekből	a részecskék összeadódó kölcsönhatási energiája, a megjelenő kötés típusok kötési energiája
mozgás	belső mozgás	rendezetlen belső mozgás, hőmozgás
mozgási energia	mozgási energia	a részecskék rendezetlen mozgásának összeadódó energiája, ami megfelel a rendszer termikus energiájának, hőmennyiségének
mechanikai energia, (összes energia), a helyzeti és a mozgási energia összege	a részecske összes energiája, a kölcsönhatási és a mozgási energia összege	a rendszer belső energiája a részecskék belső kölcsönhatásának és belső mozgási energiájának összege
a mechanikai energia megváltozása		a belső energia megváltozása
a helyzeti és / vagy a mozgási energia megváltozása		a kölcsönhatási és / vagy a termikus energia megváltozása
munkavégzéssel		munkavégzéssel és hőcserével

3.29. táblázat. Az energiafajták megfeleltetése részecskék sokaságára



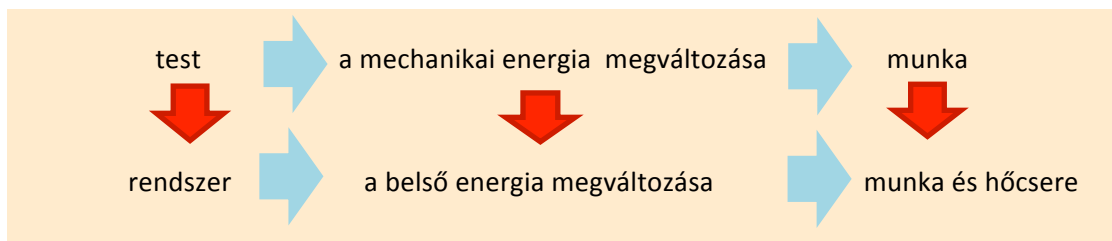
3.20. ábra. A részecskesokaság mechanikai energiája



3.21. ábra. A test belső energiájának értelmezése

B. A belső energia és megváltozása

Amíg a testek esetében a helyzeti és a mozgási energia összege a mechanikai energiát képezi, a rendszer esetében a részecskék belső kölcsönhatásának és belső, rendezetlen mozgásának összes energiája **a rendszer belső energiáját** adja (3.21. ábra). A testek mozgása esetében nem érdekel bennünket a részecskék belső mozgása, és ezen keresztül a test hőmérséklete, ezért a mechanikai energia csak egyetlen módon, munkavégzéssel változtatható meg. A rendszerek a részecskék mozgásának figyelembe vétele miatt sokoldalúbban viselkednek: a belső energia a **munka** mellett a hőcserével, a **cserélt hő** mennyiségével is változtatható (3.22. ábra).

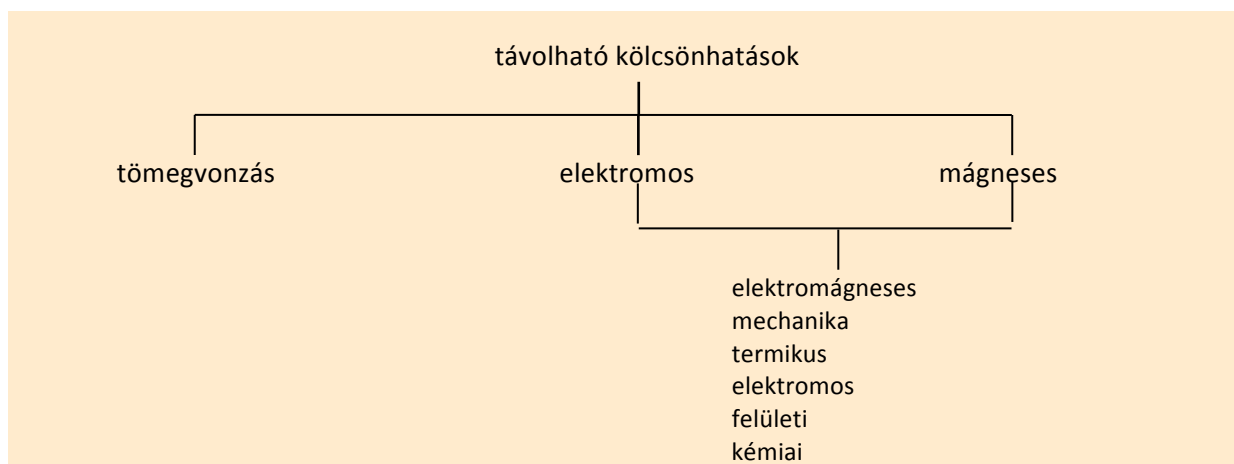


3.24. ábra. A test és a rendszer energiaváltozása

A testek esetében is többféle kölcsönhatással végezhetünk munkát (izommunka, gépi munka). A rendszerek esetében bármely kölcsönhatás megváltoztathatja a rendszer belső energiáját. Ezek a kölcsönhatások azonban általában származtatott kölcsönhatások, és visszavezethetők az elektromágneses kölcsönhatásra. A munkavégzés során energiaátalakulás történik. Amikor felfújtatjuk a labdát, felmelegítjük a vizet, feltöltjük a lemerült akkumulátort, elporítjuk a kristálycukrot, a fából faszenet „égetünk” (gyártunk), a rendszeren végzünk munkát az aktuális kölcsönhatás segítségével. Amikor a sűrített levegő meghajt egy szerszámot, a termotaszak felmelegíti a kezünket, az akkumulátor működteti a telefonunkat, a felfújott lufi elrepül, a benzingőz hajtja az autót, a gepárd üldözi kiszemelt áldozatát, akkor a rendszer végez munkát, és a rejtőzködő (kölcsönhatási) energia átalakul a megnyilvánuló kölcsönhatás energiájává. A törvény pedig megint rendkívül egyszerű: **energia nemvész el, csak átalakul!**

C. Halmazok, rendszerek között kialakuló kölcsönhatás típusok

Egy-egy kölcsönhatás önállóan talán sohasem jelenik meg. Egy-egy jelenségben azonban meghatározó szerepet játszhat, mert folyamatot indít vagy egy folyamat eredményeként jelenik meg. A halmazok, rendszerek között a 3.23. ábrán látható, az elektromágneses kölcsönhatásra visszavezethető kölcsönhatások jelenhetnek meg.



3.23. ábra. Az alapvető és a származtatott kölcsönhatás típusok

A mechanikai kölcsönhatás – a „vízesés elv”

A természetes vizek „fentről lefelé folynak”. Ilyenkor a helyzeti energiájuk alakul át a víz mozgási, pontosabban áramlási energiájává, ami a vízimalmokban és a vízerőművekben munkavégzésre hasznosítható. Sík terepen azonban magától nem jön áramlásba a víz, szélcsendben nem mozog a levegő. Ahhoz, hogy valamit felfújjunk, felfújtassunk, hogy csövekben (például a kőolaj- és földgázvezetékben) áramlást keltsünk, nyomáskülönbséget kell létrehozni. Az áramlási jelenségekben tehát a **nyomás** a főszereplő. Mivel a nyomás erő jellegű mennyiség (a felületre kifejtett nyomóerő), ezekben a folyamatokban a mechanikainak nevezett kölcsönhatás jelenik meg. A folyadékok összenyomhatatlanok, a gázok rugalmasak, ezért a külső **nyomás áramlást indít**, aminek határozott iránya van: mindig a nagyobb nyomású helyről a kisebb nyomású felé tart. Az áramlás során a rendezett mozgás energiája a súrlódás miatt előbb-utóbb a részecskék rendezetlen mozgásának energiájává, röviden hővé alakul. Ezért az áramlás folyamatossága érdekében fenn kell tartani a nyomáskülönbséget. Az áramlási energia nem vész el, csak eloszlik a részecskék között.

A kiterjesztés területei	Példák
gyermeki tapasztalat	felfújás, felfújtatás
fizika	folyadékok, gázok mechanikája; nyomáskülönbség
élővilág	az összehúzó és elernyedő szív áramlásban tartja a vért; a bordaközi izmokkal csökkentjük a mellkason belüli nyomást, és a nagyobb nyomású külső térből a levegő beáramlik
orvoslás	injekció, infúzió során le kell győzni a „vérnyomást”
technika, modellezés	sűrített levegővel/gázzal működő járművek, modellek
természetföldrajz	a szél, a folyók, a tengeráramlások áramlási iránya

3.30. táblázat. Példák a mechanikai kölcsönhatás megnyilvánulására

A termikus kölcsönhatás – a hőcsere

Érthető, hogy a szelet a nyomáskülönbség kelti, de nem érintettük, hogy egyáltalán miért, és hogyan alakul ki a nyomáskülönbség. Amikor a Nap sugarai felmelegítik a felszínt, színre léphet a **termikus kölcsönhatás**, a **hőcsere**. A magasabb hőmérsékletűvé váló felszín már melegíti a légkört. A hőtágulás következtében csökken a levegő sűrűsége, ezért felhajtóerő ébred. A felfelé emelkedő meleg levegő helyén csökken a nyomás, ami megindítja az áramlás a nagyobb nyomású, hideg levegő irányából. A szél keltésében tehát egyszerre több kölcsönhatásnak van szerepe. (A gravitáció híján csak a hőtágulás következne be.)

A termikus kölcsönhatásban a **hő**, a részecskék rendezetlen mozgásában rejlő energia a főszereplő. A keltett folyamatok során a hőmérséklet változik. A meleg testek csak akkor hűlnek le, ha a környezetük hidegebb, és csak akkor melegsznek fel, ha a környezetük

hőmérséklete magasabb. A környezetével azonos hőmérsékletű víz (ha nem éri napsütés) magától sohasem melegszik fel. A hő önként, mindig meghatározott irányba vándorol. Ezért gondolták nagyon sokáig, hogy a hő folyadékszerű anyag, „fluidum”. A hő önként mindig a melegebből a hidegebb irányába áramlik, miközben a **hőmérséklet kiegyenlítődik**. Ellenkező esetben a hő elvonása érdekében munkát kell végezni. A hűtőszekrényekben például az energiaigényes párolgás vonja el belülről a hőt, és a gőzként viselkedő gáz cseppfolyósításakor kell munkát végezni.

A kiterjesztés területei	Példák
gyermeki tapasztalat	a forró kanál ugyanúgy néz ki, mint a hideg
fizika	termikus energia, a rendezetlen hőmozgás energiája; hő, hőkapacitás, hőmérséklet
technika	első égésű motorok; repülőgép hajtóművek; rakétamotorok
élővilág	fiziológiai hőmérséklet; hüllők melegedése; állatok hőleadása
sport	„kimelegszünk”; hőtermelődés az izommunka során
természetföldrajz	geotermikus energia; a légkör hőelnyelő és hővisszatartó képessége, az üvegházhatás; a Föld hőleadása, kisugárzása
csillagászat	a bolygók felszíni hőmérséklete

3.31. táblázat. Példák a termikus kölcsönhatás megjelenésére

Az elektromos kölcsönhatás – a „vízesés elv” kiterjeszthetősége

A dörzsölés hatására kialakuló töltésfelesleg az azonos töltések taszítása miatt egyenletesen helyezkedik el a test felületén, és magától nem jön áramlásba. Az elektromosan feltöltött testekben nem folyik elektromos áram. Ezért nevezik sztatikusnak a jelenséget. A töltések szétválasztása munkát igényel. Ezt fedezheti például a dörzsölés során kifejtett munka. A többlet elektronok taszítják egymást, ezért nagy a **kölcsönhatási energiájuk**. A pozitív töltésű testen maradóknak viszont kedvezőbbé vált a helyzete, kisebb lett a kölcsönhatási energiája.

A kiterjesztés területei	Példák
gyermeki tapasztalat	elektromos játékok új elemmel és az elem „lemerülése” után
fizika	az elektromos áram hatásai más-más kölcsönhatást ébresztenek (hőhatás, mágneses hatás, kémiai hatás)
technika	elektromotor, elektromos meghajtás
élővilág	ingerületvezetés
természetföldrajz	villám – elektromos áram
csillagászat	„napszél” – protonokkal töltésáramlás

3.32. táblázat. Példák az elektromos áram megjelenésére

A kölcsönhatási energia különbsége, röviden **feszültség** éppúgy biztosítja az áramlás feltételét az elektronok számára, mint a helyzetienergia-különbség a vízesés számára. A feszültség az elektromos töltések meghatározott irányú áramlását indítja, a nagyobb kölcsönhatási energiájú (potenciálú) helyről a kisebb irányába. Az elektromos feszültség

áramot kelt. A kölcsönhatási energia a töltések mozgási energiájává alakul. A töltést azonban részecskék hordozzák, melyek az áramlás során „ütköznek”, ezért az áramlásban rejlő energia a részecskék között eloszlik. A vezető felmelegszik, érzékeltetve az elektromos áram hőhatását. Az áramlási energia a részecskékre történő eloszlása izzítja fel a lámpák izzóinak wolframszálat, továbbá a vasalók és elektromos melegítők fűtőszálát.

A felületi kölcsönhatás

A kristálycukrot, a búzát meg kell őrölni, a húst le kell darálni, a szappanbuborékot, a lufit fel kell fújni, a habot fel kell verni, a tésztát ki kell nyújtani, e tevékenységek közben munkát végzünk. A felület sem változik önként. A felület növelésekor nő a rendszer felületi energiája. A felfújott lufi, ha nem kötjük be a száját, elrepül, mert a rugalmas felület összehúzódik. Az apró kristályok összetapadnak, mert tapadási erők ébrednek közöttük. A folyamatok önként a felület csökkenése irányába játszódnak le.

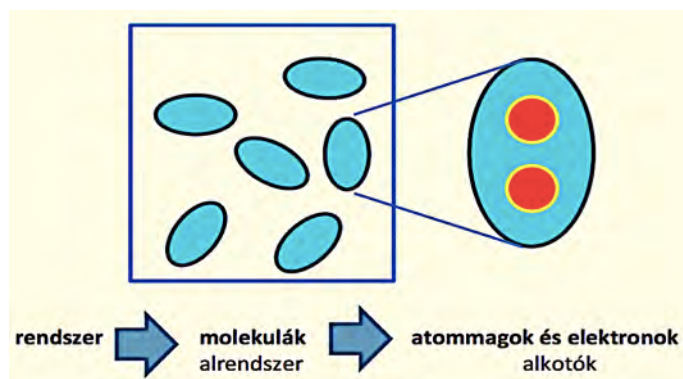
A kiterjesztés területei	Példák
gyermeki tapasztalat	szappanbuborék fújása
fizika	felületi energia, felületi feszültség; merev és rugalmas felületek
technika, technológia	hengerelés, nyújtás
élővilág	halak úszóhólyagjának térfogatváltozása; békák felfúvódó hanghólyagja; a méh összehúzódása szüléskor
természetföldrajz	a kőzet aprózódása, felszíni erózió; a hó átalakulása (átkristályosodása)
űrhajózás	a vízcsepp gömb alakúvá válik az űrhajóban (törekvés a legkisebb felületű állapot elérésére)

3.33. táblázat. Példák a felületi kölcsönhatás megjelenésére

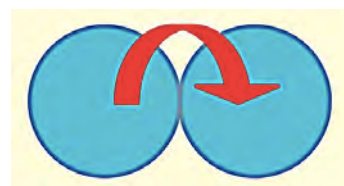
A felületi kölcsönhatás jelentőségének érzékeltetésére az egyik legszebb példa a szülés folyamata (3.33. táblázat). Hajdani „bölcsőnk”, az anyaméh csak látszólag zárt rendszer, hiszen a magzat növekedéséhez szükséges létfontosságú molekulák a méhlepényen keresztül mindvégig eljutnak hozzá. A szülés előtti pillanatokban, amikor ennek a transzportnak már csak az oxigénellátás szempontjából van jelentősége, a méh zárt rendszernek tekinthető. Ezért a méhizomzat összehúzódását jelző tolófájások jelentkezésekor csökkenni próbál a méh felülete, miáltal növekszik a belső nyomás. A folyadékok összenyomhatatlansága miatt a magzatvíz a méhszájat kezdi tágítani. A fokozódó feszítő erő hatására a magzatburok előbb-utóbb megped, kinyílik a „rendszer”, és az összenyomhatatlan magzatvíz az összenyomhatatlan magzattal együtt távozhat a szűk „kijáraton”. A fizika fogalmaira korlátozva a jelenséget, a méh izomzata által végzett felületi munka a magzatvíz és a magzat mechanikai energiájának megváltoztatására fordítódik.

A kémiai kölcsönhatás

Az olvadás, a párolgás, a forrás, az ionizáció, a kémiai kötés felszakítása, bármilyen kötés felszakítása energiát igényel. Fagyáskor, kristályosodáskor, le- és kicsapódáskor, kondenzációkor, kémiai kötés kialakulásakor pedig energia szabadul fel. Az említett folyamatok a **kémiai kölcsönhatás** körébe tartoznak.



3.24. ábra. A „Matrjoska-elv”, az egymásba skatulyázott rendszerek



3.25. ábra. Elektron átadása-átvétele közvetlen érintkezéssel kémiai reakcióban

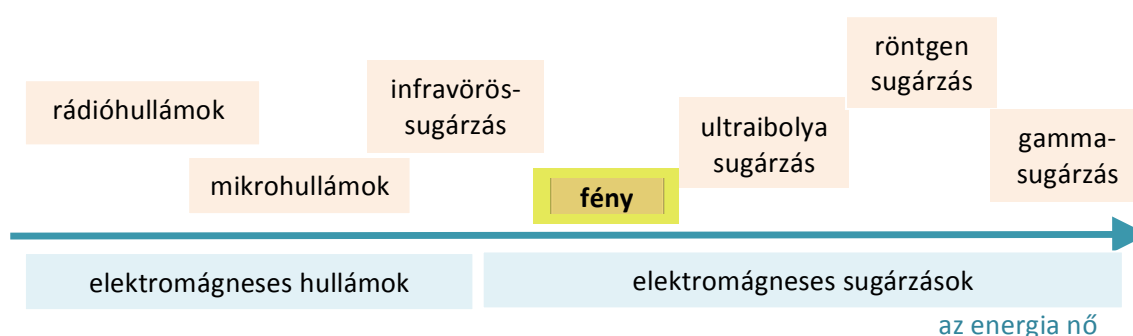
A **kémiai reakció** a folyamatoknak az a típusa, amelyben az anyag szerveződésének egyszerre több szintje jelenik meg (halmaz – részecske – elemi részecske). Ebben az esetben nem a rendszer részecskéi a fontosak, hanem e **részecskéknek a belső mozgása** válik a reakciót meghatározó tényezővé. A kémiai reakciókban ugyanis nem az atomoké, a molekuláké, hanem az elektronoké a főszerep! A kémiai reakciók során éppúgy **elektronok vándorolnak**, mint az elektromos áram esetében. A különbség csak annyi, hogy nem tömegesen és nem akár több száz kilométeres távolságra, hanem a szigorúan meghatározott számban, és részecskéről részecskére történő közvetlen átadással és átvétellel (3.25. ábra).

Ez a szigorú töltéscsere a kémiai reakciók lényege, jellegzetessége. E nélkül nem is tekinthetnénk önálló kölcsönhatásnak, mert a kémiai reakciókban az elektron-átrendeződést megelőző és kísérő folyamataiban egyszerre akár az összes kölcsönhatás megjelenhet, hiszen a reakciópartner megolvadhat és elpárologhat, mint a gyertya égése során a paraffin. A kémiai reakcióknak éppúgy van iránya, mint az elektromos áramnak. Az elektronok ebben az esetben is a nagyobb kölcsönhatási energiájú helyről, pontosabban részecskéről a kisebb felé haladnak. A felszabaduló energia azonban úgy oszlik el a részecskék között, hogy nemcsak az elektronok, hanem az atommagok is részesülnek belőle. A kötések átrendeződése során az atommagok rezgő mozgásba jönnek. Ennek egyszerre több következménye van: az intenzívebb rendezetlen mozgás következtében növekszik a hőmérséklet, a töltéssel rendelkező részecskék rezgő mozgása pedig egyúttal sugárzást kelt. Ezért az energiefelszabadulással járó reakciók esetében a hőfejlődést általában fénytűnemény is

kíséri. Természetes körülmények között az energia egy része mindig elektromágneses sugárzás formájában távozik a rendszerből.

A „kommunikációs” kölcsönhatás – elektromágneses sugárzás és anyag kölcsönhatása

Az elektromágneses kölcsönhatás éppen a sugárzás formájában terjedő „mozgási” energia miatt válhat **„kommunikációs” kölcsönhatássá**. Mobiltelefon hívás esetén az érkező energia munkát végez, és működésbe hozza a telefont. Az **elektromágneses sugárzás és az anyag kölcsönhatása** három lépésre bontható (3.26. ábra). Az elsőben a sugárforrás kibocsátja az energiát. A másodikban az energia elektromágneses sugárzás formájában fénysebességgel, még a légüres térben is terjed. A harmadik fázisban az energia elnyelődik és hasznosul.



3.26. ábra. Az elektromágneses sugárzások fajtái

A fényforrások, sugárforrások – az adó antennák

Az energia kisugárzása következtében a belső mozgás intenzitása csökken, ezáltal a rendszer (a sugárforrás) belső energiája csökken. A szerveződés bármely szintjén megjelenő szerkezet betöltheti a sugárforrás szerepét (3.34. táblázat).

Szerkezet	A kibocsátott sugárzás típusa	Példák
atommagok	gamma-sugárzás	a legveszélyesebb radioaktív sugárzás
atomtörzsek	röntgensugárzás	röntgen készülékekben keltett sugárzás
atomok	UV- és látható sugárzás	hélium-, neon-, argon-lézerek; xenonlámpák; csillagok
molekulák	UV-, látható- és infravörös	északi fény (világító N- és O-molekulák)
makromolekulák	látható	világító élőlények fényforrásai
halmazok	látható és hőszugárzás (IR)	izzó testek, folyadékok; lehűlési folyamat (termoszok)
fém szerkezetek, hírközlő adó antennák	mikrohullámú sugárzás, rádióhullámok	mikrohullámú sütő, mobiltelefonok, rádióadó-tornyok
csillagok	röntgen, UV-, látható, IR	a Nap
Univerzum	kozmikus sugárzás	

3.34. táblázat. Részecskék és az általuk kibocsátott sugárzás típusa

A sugárzáselnyelők – a vevőantennák

A szerveződés szintek bármelyikén megjelenő szerkezet sugárzás elnyelővé, vevő antennává is válhat (3.35. táblázat).

Részecskék, szerkezet	Érzékenységi tartomány	Példa
atommagok	gamma-sugárzás	szerkezetvizsgálat
atomok	UV- és látható sugárzás	szerkezetvizsgálat; nemesgáz lézerek gerjesztése
molekulák	UV-sugárzás	oxigénmolekulák az ózonképződés során; ózon-molekulák; fluoreszcenciára képes molekulák (fluoreszcein)
	látható fény	a növények és a vér fényelnyelő anyagai (a klorofill és a hemoglobin)
	infravörös sugárzás	üvegház-gázok; víz-, szén-dioxid-, metánmolekulák
halmazok felszín, víz, légkör	UV-sugárzás, látható fény és infravörös sugárzás	színek kialakulása; felmelegedés
fémkristályok félvezető-kristályok	látható fény	fotocella; napelemek
hírközlő vevő antennák	mikro- és rádióhullámok	rádióantennák, mobiltelefonok; rádiócsillagászati távcsövek
élőlények kültakarója	UV-, látható fény és infravörös sugárzás	élőlények színe, a kültakaró érzékenysége

3.35. táblázat. Részecskék és az általuk elnyelt sugárzás típusa

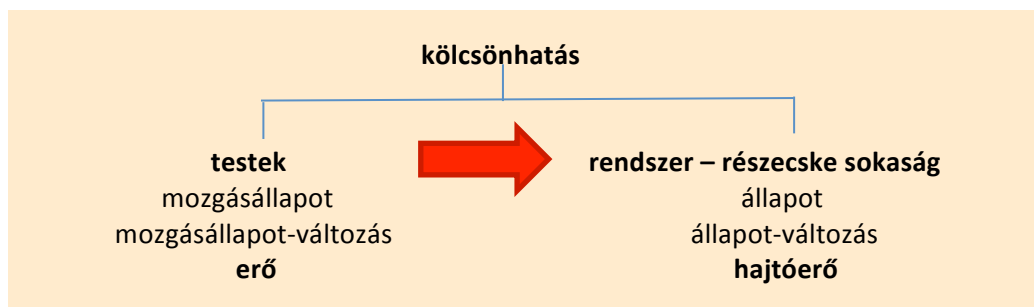
A **sugárzás elnyelődésének feltétele** rendkívül hasonlít az automaták és a bevásárlókocsik működéséhez: csak a megfelelő egység hozza működésbe. A szerkezet csak azt az energiát képes elnyelni, amilyen energiaváltozást a belső mozgás lehetősége megenged. A szabály egyszerű: amit kibocsájt, azt nagy valószínűséggel el is nyeli, hiszen pont az az energiaváltozás valósul meg a szerkezetben. Az üvegben, a gyémántban a látható fény nem képes mozgásállapot-változást előidézni, ezért átlátszóak. A koromban és a grafitban olyan gazdag a mozgáslehetőségek száma, hogy a látható tartomány összes színű sugárzását elnyeli, ezért fekete. A növények zöld színteste a vörös és a kék fényt nyeli el a legnagyobb mértékben, a visszaverődő maradék színek a zöldet alkotják.

D. A kölcsönhatás következménye a halmazokban

A folyamatok logikája

A **testek mozgásállapotának** a rendszer állapota felel meg. A testek időben változatlan nyugalmi állapotának az egyensúlyi állapot felel meg, míg a mozgásállapot-változást a rendszer állapotváltozásával azonosíthatjuk. Amíg a mozgásállapotot a mozgásmennyiség és

változása jellemzi, a rendszer állapotát a nyomás, a hőmérséklet, a térfogat és a részecskeszám, illetve az abból származtatott anyagmennyiség segítségével jellemezzük. A rendszer makroszkopikus jellemzőit azonban a háttérben a részecske szintű tulajdonságok határozzák meg, mint például a nyomást a részecskék mozgásmennyisége, a hőmérsékletet a részecskék mozgási energiája. A testekkel megegyezően a rendszer is tehetetlen, mert önmagától nem változik meg az állapota, a belső energiája. Önként nem ébred és nem is játszódik benne semmilyen folyamat. A részecskék szüntelen, rendezetlen hőmozgása az anyag elválaszthatatlan tulajdonsága, önmagában nem tekinthető folyamatnak.



3.27. ábra. A fogalmak megfeleltetése

A **testek mozgásállapot-változásával** a rendszerben lejátszódó folyamatokat azonosíthatjuk, ami a rendszer állapotának változásához vezet. Az állapotváltozást a makroszkopikus jellemzők (paraméterek), a nyomás, a hőmérséklet, az elektromos feszültség változásával jellemezhetjük. A rendszerben bekövetkező (állapot-) változásoknak éppúgy van iránya, mint a testek esetében a sebességnek, a mozgásmennyiségnek vagy ezek változását előidéző erőknek. Az önként lejátszódó folyamatokban a nyomás, a hőmérséklet, valamint az elektromos vagy a kémiai kölcsönhatási energiák különbözősége kiegyenlítődik. Ilyenkor a folyamat éppúgy leáll, mint amikor a mozgás a súrlódás következtében „elvész”. A folyamatok indításához illetve fenntartásához tehát éppúgy „külső erőre” van szükség, mint a testek mozgásállapot-változása esetén. A **hajtóerő** szerepét a testecskék sokasága esetében a nyomás-különbség, a hőmérséklet-különbség, az elektromos feszültség (potenciál-különbség) tölti be. Kémiai reakció is csak azok között az anyagok között várható, amelyeknek különböző a kémiai energiája (a kémiai kölcsönhatásban rejlő energiája). A folyamatoknak éppúgy van logikája, mint a mozgásállapot-változásnak. A rendszerek állapotváltozásában az erő logikai szerepét a hajtóerő veszi át.

A rendszer állapotváltozásához vezető folyamatot a hajtóerő indítja (3.28. ábra). A különböző áramlások (folyadékok, gázok, töltések) esetén az áramlásban rejlő energia éppúgy eloszlik a részecskék között, mint a testek súrlódása esetében. Ezért a folyamatok fenntartása éppúgy hajtóerőt igényel, mint ahogy a motornak hajtania kell az autót a már állandósult sebesség esetén is. Ahány kölcsönhatás, annyi hajtóerő és annyi féle folyamat! A

megismert kölcsönhatások mindegyikéhez tartozik hajtóerő, ami a kölcsönhatásra jellemző folyamatban a rendszer állapotváltozását okozza (3.36. táblázat).



3.28. ábra. Az ok-okozati összefüggés kiterjesztése a rendszerek állapotváltozására

Kölcsönhatás	A hozzá tartozó hajtóerő	Folyamat
mechanikai	nyomás-különbség	folyadékok, gázok áramlása (szél)
termikus	hőmérséklet-különbség	hőcsere, hőátadás (a légkör felmelegedése)
elektromos	feszültség (potenciál-különbség)	elektromos áram (villám kialakulása)
kémiai	kémiai kölcsönhatásban rejlő energia különbsége	kémiai reakció (a gyertya égése)

3.36. táblázat. Az egyes kölcsönhatás típusokhoz tartozó hajtóerő és az általuk keltett folyamat

A hajtóerő szerepét az áramlások keltésében és fenntartásában a nyomáskülönbség, a hőcserében a hőmérséklet-különbség, az elektromos áram indításában és fenntartásában a feszültség tölti be. Amíg az erő arányos a mozgásállapot-változás sebességével, a hajtóerő arányos a keltett, fenntartott folyamat sebességével. Minél nagyobb a nyomáskülönbség, annál nagyobb a folyadék vagy gáz áramlási sebessége, minél nagyobb a hőmérséklet-különbség, annál gyorsabb a hőcsere, minél nagyobb a feszültség, annál nagyobb áram folyik, és minél nagyobb a kémiaienergia-különbség, várhatóan annál gyorsabb a reakció (3.37. táblázat).

Jelenség	Hajtóerő
a felszín felmelegedése	a napsugárzás „erőssége”, intenzitása
vízesés	szintkülönbség, helyzeti energia különbség
folyóvizek áramlási sebessége	szintkülönbség, helyzeti energia különbség
szélesebesség	a nyomáskülönbség nagysága
lecsapó villám	a felhő és a felszín között megjelenő feszültség nagysága
villámlások a felhőkben	a felhőben kialakuló feszültség nagysága
izzók fényereje	a feszültség változása
felszálló légáramlás	a felmelegedés hatására kialakuló sűrűségkülönbség

3.37. táblázat. A természetben lejátszódó jelenségek hajtóereje

A folyamatok egymásra építése, egymásra épülése – egyetlen folyamat, egyetlen hajtóerő, egyetlen kölcsönhatás

Egyetlen kölcsönhatás, és ennek megfelelően egyetlen folyamat egyetlen hajtóerővel ritkán jelenik meg. Inkább csak nem vesszük figyelembe a kísérő folyamatok ébredését, ha csak az áramlásra, a hőátadásra, az elektromos áramra koncentrálnak, és a kísérő jelenségekkel nem foglalkozunk. Még a szél kialakulásában is egyszerre több kölcsönhatásnak van szerepe, hiszen az okot, a nyomáskülönbséget a Nap elnyelődő energiáján keresztül (elektromágneses kölcsönhatás) a termikus kölcsönhatás hozza létre. A felhajtóerő azonban nem ébredne tömegvonzás nélkül. Földi körülmények között a gravitáció mindig jelen van, de lehet, hogy nem befolyásolja a jelenség lényegét. A szél mellett az égési jelenségek esetében azonban nem tekinthetünk el tőle. Már a szél keletkezésének figyelmes elemzése során rádöbbenhetünk, hogy világunk sokoldalúsága nem abban áll, hogy a természeti jelenségekben vagy a technikai-technológiai folyamatokban egyszerre több kölcsönhatás jelenik meg, hanem abban, hogy a kölcsönhatások nem függetlenek egymástól. **Kölcsönhatás kölcsönhatást kelt.**

Kölcsönhatás-vetélkedő kölcsönhatást kelt – két hajtóerő, két folyamat

Az ellentétes irányú erők „vetélkedéséhez” hasonlóan az ellentétes irányú hajtóerők vetélkedésére az egyik legszebb példa az indukció jelensége. A mágnes mozdítása során hiába kényszeríti a vezető elektronjainak egy részét a tekercs egyik végéhez (mágneses töltésmegosztás), az elektronhiányossá váló pozitív pólus úgy is visszavonzza az elektronokat. A változó mágneses tér ideiglenes feszültséget (indukált feszültséget) hoz létre, vagyis a mágneses kölcsönhatás elektromos kölcsönhatást kelt. A mágnes vagy a tekercs periodikus mozgatása oda-vissza folyó, váltakozó áramot hoz létre a kerékpár dinamójától kezdve az autók generátorán keresztül a villamos erőművek ipari méretű generátoraiig. Ha a keltett kölcsönhatás „vetélkedő” kölcsönhatást kelt, akkor az ébredő hajtóerő ellentétes irányú folyamatot indít, és a folyamat visszafelé is lejátszódik. Két ellentétes irányú folyamat végül az időben állandósuló **dinamikus egyensúly kialakulásához vezet**. Ez azt jelenti, hogy a részecskék szintjén a folyamatok ugyan szüntelenül játszódnak, csak makroszkopikusan nem észlelünk semmit. Ilyen dinamikus egyensúly alakul ki zárt rendszerben minden halmazállapot-változás esetében (3.29. ábra).



3.29. ábra. Zárt rendszer dinamikus egyensúlya halmazállapot-változáskor

Dinamikus egyensúly áll fenn a szén-dioxid és a víz kölcsönhatása során is mindaddig, amíg nem bontjuk fel az ásványvizes palackot, vagy amíg a vízcsepp le nem cseppen a barlang mennyezetéről. A dinamikus egyensúly megbomlása vezet az ásványvíz kifutásához, illetve a barlangokban a cseppkövek kialakulásához. A kölcsönhatások „vetélkedésének” köszönhető az egyensúlyi folyamatok szabályozhatósága, ami alapja az élőlények alkalmazkodásának.

„Közreműködő” kölcsönhatások – a folyamatok szerveződése

„Alig tudom az alkalmazkodás szebb példáját elképzelni. A legjobb eredmény kedvéért a gyertya minden egyes része szolgálatra kész társa a másiknak.” (Faraday: Miről mesél a gyertya lángja)

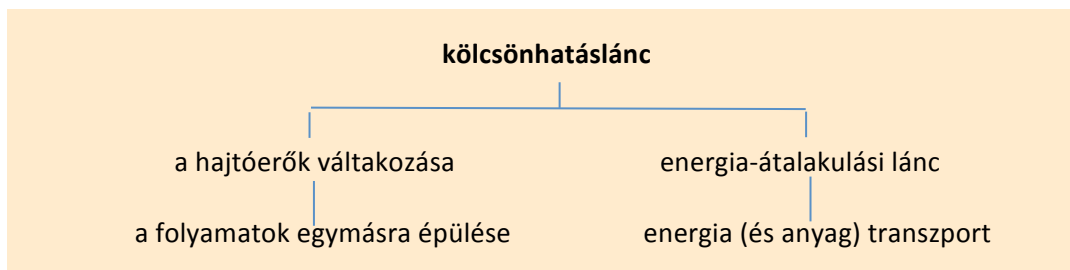
Az anyag szerveződéséhez hasonlóan a folyamatok is egymásra épülnek. Az elemi részecskékhez hasonlóan a jelenségben megjelenő folyamatokat is tekinthetjük elemi folyamatoknak. Faraday idézett mondatában nem a paraffin és a kanóc a gyertya „szolgálatra kész” része, hanem az égés során lejátszódó elemi folyamatok. A folyamatok egymásra épülésekor nem a megjelenő „szerkezetek” fennmaradása a cél, hanem a „működés” fenntartása. „*Ami elromolhat, az el is romlik.*” – A járművek a hosszan tartó működés során előbb-utóbb meghibásodnak, mégis használjuk azokat, mert a működésükre szükségünk van. A működés megértése érdekében számba kell vennünk a színre lépő kölcsönhatásokat, a hozzájuk tartozó hajtóerőket és a keltett folyamatokat, és meg kell vizsgálnunk ezek egymáshoz fűződő viszonyát, egymásra épülésükből következő logikai kapcsolatot.

A gyertya égése során az alábbi elemi folyamatok épülnek egymásra, amelyek egy-egy kölcsönhatáshoz tartoznak:

	elemi folyamat	és a hozzá tartozó kölcsönhatás
	felmelegszik	termikus
	megolvad	termikus
	felszívódik	hajszálcsovesség, tapadási erők
	elpárolog	termikus
	bomlik	termikus, kémiai
	elég	kémiai
	energia szabadul fel, ami eloszlik	termikus és elektromágneses termikus, tömegvonzás és elektromágneses

E. A kölcsönhatáslánc

Amikor a kölcsönhatások sorba állnak, akkor – a gyertya égéséhez hasonlóan – hosszabb vagy rövidebb láncot alkotnak (3.30. ábra). A kölcsönhatásláncban a hajtóerők váltakozása mellett egyúttal a megjelenő energiafajták átalakulása is lejátszódik. Ezért a folyamatok egymásra épülése – vagy egymásra építése – során az energia vándorlása (transzportja) is bekövetkezik, ami az agyagok vándorlásában (transzportjában) is megnyilvánulhat.



3.30. ábra. A kölsönhatáslánc megközelítései

Egymásra építés a technikában és a technológiában

A kölsönhatások és a hozzájuk rendelhető folyamatok láncszerű **egymásra építésére** és az energiák átalakulási láncára látványos példa a villamos energia atomerőmű által történő „termelése”. Az egymást követő lépésekben az energia valójában nem termelődik, csak sok-sok veszteséggel átalakul. A kölsönhatások és a folyamatok egymásra építése az „atomerőmű” működése során:

elemi folyamat	a hozzá tartozó kölsönhatás
maghasadás	erős, vagy nukleáris
sugárzások keletkezése	erős, vagy nukleáris
sugárzások elnyelődése	elektromágneses
a hűtővíz felmelegedése	termikus
hőcsere	termikus
a gőz előállítás	termikus
a turbina meghajtása	mechanikai
a generátor meghajtása	mechanikai
indukció(periodikus mágneses töltésszétválasztás)	elektromos és mágneses
villamos vezetés	elektromos
fogyasztó	elektromos, mechanikai, termikus, kémiai

Az urán ($^{235}_{92}\text{U}$) hasadásából származó sugárzási energia egy hányada a reaktor hűtésére szolgáló vízben elnyelődik. A hő egy része a hőcserélőn keresztül a gőz fejlesztésében hasznosul. A gőz összes energiájából az áramlásban rejlő része a turbinák forgásában rejlő mechanikai energiává alakul. Amikor a turbina meghajtja a közös tengelyre szerelt generátort, a mechanikai energia egy része elektromos energiává alakul. A „termelt” elektromos energia kis veszteséggel a távvezetéseken jut el a háztartásokba, ahol a fogyasztó olyan energiává alakítja, amilyenre éppen szüksége van. Hiszen az elektromos áram hő- és mágneses hatását kihasználva melegíthet, világíthat, üzemeltethet. Sőt, az áram kémiai hatásával még a mobiltelefon lemerült lítium-akkumulátorát is „feltöltheti” (elektrolízis).

A folyamatok egymásra épülés a természetben – a tápláléklánc

A kölcsönhatások és a hozzájuk rendelhető folyamatok láncszerű **egymásra épülésére**, és az energiák átalakulási láncára a természetben a legszebb, és egyúttal legfontosabb példa a tápláléklánc. A kölcsönhatások és a folyamatok egymásra épülése a tápláléklánc kialakulása során:

elemi folyamat	és a hozzá tartozó kölcsönhatás
magfúzió	erős, vagy nukleáris
fény születése	elektromágneses
a fény vándorlása	
a fény elnyelődése a zöld színtestekben	elektromágneses
fotoszintézis	kémiai
a növények fejlődése	biológiai
a növényevők táplálkozása	biológiai
a ragadozók táplálkozása	biológiai

A Nap sugárzási energiája a növényekben a fotoszintézis során (többek között) cukor és a párhuzamosan termelődő oxigén formájában a táplálékláncban élőlényről-élőlényre vándorol. Egy része a létfenntartás érdekében közvetlenül hasznosul (biológiai „*energiatermelés*”, energiaátalakítás), a másik része az élő szervezetek által átalakítva raktározódik („*raktározott tápanyag*”, glikogén, zsírok, olajok). A táplálékláncban olyan anyagok vándorolnak, amelyek kémiai átalakulása a Nap rejtőzködő energiáját újrahazsnosíthatóvá teszik. Az élőlények a reakcióban rejlő energiát közvetlenül olyan energiává alakítják, amelyet az adott élettani folyamat éppen igényel. Az idegrendszer elsősorban a töltések áramlásában rejlő bio-elektromos energiává, az izmok mechanikai energiává, az anyagcserében a lebontó és felépítő folyamatok igényét kielégítő energiává, szükség esetén a szervezetet belülről melegítő hővé (láz).

„Gondoskodás” – visszahatás – visszacsatolás

Szinte hihetetlen, hogy a folyamatok egymásra épülésében már megjelenik a „gondoskodás”! Vegyük észre, hogy a gyertyát nem kell külön melegíteni, magától melegszik és olvad meg. Az azonban látszólag érthetetlennek tűnik, hogy ha a fejlődő hő által felmelegített „füstgázok” – az ébredő felhajtóerő miatt – felfelé szállnak, akkor miért olvad meg a láng alatt a gyertya. Hiszen a felfelé szálló „hő” nem olvaszthatja meg. Az elektromágneses sugárzás keletkezésekor azonban már említettük, hogy az energia-felszabadulással járó reakciók esetében az energia egy része sugárzás formájában távozik. A látható és az infravörös sugarak terjedése számára azonban nincs kitüntetett irány. Vagyis minden irányban terjednek. Következésképpen a gyertya testében is elnyelődhetnek, ezáltal fedezik a megolvadás energiaszükségletét. A reakcióban keletkező energia egy része

„gondoskodik” a folyamat fennmaradásáról. Az ilyen típusú visszahatást **visszacsatolásnak** nevezik. A visszacsatolás megjelenésével a folyamatok lánc **körfolyamattá** zárul. A folyamat megismétlődővé, önfenntartóvá válik. A periodikusság megjelenésével – a körmozgáshoz hasonlóan – kialakul a jelenség saját ideje, a körfolyamat periódus ideje. A gyertya körfolyamattá záruló elemi lépései annyira szabályosan követik egymást, hogy időt lehet velük mérni (gyertya óra).

Körfolyamat a természetben – a víz körforgása

A természetben megjelenő legegyszerűbb körfolyamat a víz körforgása. Az egymást követő halmazállapot-változásokban elsősorban a termikus kölcsönhatásnak van szerepe. A Nap energiája fedezi a párolgás és a magasba jutás energiaszükségletét. A hidegcsapda magasságában annyira alacsony a hőmérséklet, hogy a molekulák mozgási energiája már nem vetélkedik a másodlagos kötőerőkkel, és a halmazállapot a korábbival ellentétes irányba változik. Bekövetkezik a kondenzáció, alacsonyabb hőmérsékleten a vízmolekulák kifagyása. A felületi erőknek engedelmeskedve egyre nagyobb cseppek vagy kristályok képződnek, melyek hőmozgása nem győzi le a tömegvonzást. Mivel a hó és a jég is képes szublimációra, a tömegvonzás hiányában a vízmolekulák előbb-utóbb megszöknek. A visszacsatoló lepottyanás, a körfolyamattá szerveződés a gravitációnak köszönhető.

A vízkörforgás elemi lépései és a hozzájuk tartozó kölcsönhatások:

elemi folyamat	a hozzá tartozó kölcsönhatás
felszíni melegedés	elektromágneses
felszíni párolgás	termikus
felfelé vándorlás	termikus, gravitációs
lehűlés, hóleadás	termikus
halmazállapot változás (kondenzáció)	kémiai
méretnövekedés	felületi
leesés	gravitációs visszacsatolás

Körfolyamattá szervezés jelenik meg a motorok folyamatos működésében is. A mechanikai visszacsatolást a mérnöki találékonyság folyamatosan fejlesztette tovább. Az egyhengeres motorokban még a lendítő kerék tehetetlen forgása állította vissza a kiindulási helyzetet. A modern motorokban a közös tengely kiképzésével érik el, hogy a hengerek működése ne legyen független egymástól. Az éppen működő henger „gondoskodóan” visszaállítja a másikat a kiindulási állapotot. A motorokban a reakció során felszabaduló energia egy része éppúgy a működés fenntartására fordítódik, mint a gyertya égése esetében.

A folyamatok egymásra épülésének hierarchiája – a biológiai szerveződés szintjei

Az élet a legegyszerűbb egysejtűek szintjén a körfolyamattá és láncná szerveződő folyamatok önszerveződésével alakulhatott ki. Az evolúció ettől kezdve a már „működő egységek”, élő szervezetek egymásra épüléséről szól.

A működő szervezetek egymásra épülése, a biológiai szerveződés szintjei:

egymásra épülő folyamatok	– sejtszervecskék
közreműködő sejtszervecskék	– sejt (eukarioták)
közreműködő sejtek	– szerv, a rá jellemző szövetrel, szövetekkel
közreműködő szervek	– szervrendszer
közreműködő szervrendszerek	– egyed
közreműködő egyedek	– populációk, társulások, életközösségek
kölcsönható életközösségek	– bioszféra

Az egyre magasabb szervezettségű szervezetek együttműködése mögött molekuláris szinten olyan körfolyamat rejlik, amit a Nap sugárzási energiája tart fenn. A legkülönbözőbb egyedek, a különböző területeket, kontinenseket meghódító életközösségek a közös energiaellátás, a közös légkör, az egységes anyagi felépítés és az egységes (univerzális) molekuláris folyamatok miatt végső soron nem függetlenek egymástól. Minden élőlényre igaz, hogy az energiát a sejtek szintjén, sejtszervecske erőművekben (a mitokondriumokban) „termeli”, és melléktermékként minden esetben szén-dioxid és víz keletkezik. Az ehhez szükséges „tápanyagot” pedig az összes növény ugyanazzal a folyamattal, a fotoszintézissel állítja elő, amihez a növények „molekuláris gépezetén” és a nap energiáján kívül éppen szén-dioxidra és vízre van szükség. Ezek az anyagok átalakulásuk, majd a legkülönbözőbb típusú és hosszúságú táplálékláncon történő vándorlás után újra termelődnek, és visszakerülnek a légkörbe. A szén-dioxid és a víz biológiai körforgása a bioszféra egyik, de talán legfontosabb körforgását jelenti.

A szférák harca

A Föld fejlődéstörténetében a lito-, az atmo- és a hidroszféra kialakulása után megjelent az élet, és ezzel a három szférára ráépült a bioszféra. Az élet zavartalan fejlődését vagy éppen az alkalmazkodás szükségességét támasztja alá az élővilág sokfélesége. Az ember színre lépése egy ideig nem sokat változtatott a természetes állapoton. Az értelem, a találékonyság azonban a faj evolúciós előnyéhez, elszaporodáshoz vezetett. A megnövekedett igények kielégítése érdekében az emberiség új szférákat hozott létre. Táplálkozása biztosítása érdekében a természetes élőhelyek rovására kialakította a saját, fenntartott „bioszféráját”, ami napjainkra a nagyüzemi mezőgazdasággá és állattenyésztéssé fejlődött. Az igényeket, majd a profitéséget kielégítő fejlesztések pedig kialakították azt a technikai-technológiai szférát, ami nemcsak tovább csökkent, hanem a felfutott termelés melléktermékeivel

szennyezi is az életteret. Napjainkra a népek már hagyományossá vált harca mellett megjelent a „szférák harca” is.

Hallgatói kérdések és feladatok

1. Gyűjtse ki az érvényes kerettantervből a kölcsönhatásokkal kapcsolatos fogalmakat! Rendezze azokat megismerési logikai sorrendbe a fejezetben olvasottaknak megfelelően! Mely fogalmak hiányoznak a rendszerből?
2. Mik a felépített rendszer megvalósításának nehézségei? Hogyan lehet azokat feloldani?

A fejezetben felhasznált és ajánlott irodalom

1. *Berend M. et al (2009–2011):* Biológia I–IV. Műszaki Könyvkiadó
2. *Csákányné – Károlyházy F. (1996):* Fizika 6. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 124 p.
3. *Duclaux, L. T. (1984):* Kemény energia – lágy energia. Fizikai Szemle. XXXIV. évf. 3–4. pp. 117–124.
4. *Henke, A. – Höttecke, D. (2011):* William Gilbert – Elektromos jelenségek elkülönítése mágneses jelenségektől. Iskolakultúra. XXI. évf. 10–11. pp. 98–112.
5. *Henke, A. – Höttecke, D. (2011):* Otto von Guericke – Analógiák, erők és tudományos eszközök. Iskolakultúra. XXI. évf. 10–11. pp. 113–124.
6. *Korom E. (2005):* Fogalmi fejlődés és fogalmi váltás. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 192p.
7. *Nahalka I. – Wagner É. (1996):* Természetismeret. Tanterv 1–6. osztályosok számára. KOMP Iskolamodell, Budapest, 75 p.
8. *Nahalka I. (1997):* Konstruktív pedagógia – egy új paradigma a láthatáron I–III. Iskolakultúra. VII. évf. 2. pp. 21–33.; VII. évf. 3. pp. 22–40.; VII. évf. 4. pp. 21–31.
9. *Nahalka I. (2002):* Hogyan alakul ki a tudás a gyerekekben? Nemzeti Tankönyvkiadó. Budapest. 143 p.
10. *Radnóti K. (szerk. 2014):* A természettudomány tanítása. Szak módszertani kézikönyv és tankönyv. MOZAIK Kiadó, Szeged, 575 p.
11. *Simonyi K. (1978):* A fizika kultúrtörténete. Gondolat Kiadó, Budapest, 616 p.
12. *Wagner É. (2008):* A gyermeki elképzelésekkel és változásaikkal kapcsolatos ismeretek és alkalmazásuk a konstruktivista szemléletű fizika tanítás során. PhD értekezés. ELTE PPK, Budapest, 141 p.
13. *Zemplén G. (2011):* Mi a haszna a természettudományos tárgyak oktatásában a tudománytörténet és a tudományfilozófia diszciplínáinak? Iskolakultúra. XXI. évf. 10–11. pp. 55–97.

A mozgások témakör tanításának szaktudományi háttere és szemléleti kérdései



4.1. A mozgásokkal kapcsolatos tudás fizikai megalapozása a természetismeret tantárgyban

Írta: dr. Radnóti Katalin

Kulcsszavak: *mozgás, mozgásállapot-változás, fogalmi váltás, erő, lendület, arisztotelészi mozgáskép, newtoni mozgásszemlélet, sebesség*

Előző részben tárgyaltuk a kölcsönhatásokat, amelyek lehetséges következményei közül talán a legegyszerűbben a testek mozgásállapotában bekövetkezett változás észlelhető. Ugyanakkor ez az a terület, ahol a legmakacsabb olyan előzetes tanulói elképzelésekre kell számítani, amelyek nem egyeztethetők össze mai tudományos világképünkkel. Ez indokolja, hogy a mozgással és a mozgásállapot-változásokkal kapcsolatos fogalmi váltás előkészítését minél hamarabb el kell kezdeni, ellenkező esetben a téves tanulói elképzelések annyira megerősödhetnek, hogy szinte lehetetlen lesz azokat később megváltoztatni. Ez a fogalmi váltás az egész fizikatanulás és ezek keresztül a természettudományok elsajátításának alappillére.

4.1.1. Az elérendő fontosabb fogalmi váltások

A mozgáskép

A mozgásfolyamatok értelmezése során a tanulóknak azt a nagyon fontos tényt kell megérteniük, hogy a testek nem külső hatásra mozognak, hanem a külső hatás éppen a mozgásállapot megváltozását okozza. Arisztotelész (Kr.e. 384–Kr.e. 322) fizikájában a mozgásnak mindig oka van, ha nincs mozgást fenntartó tényező, akkor a test megáll. A newtoni elvek szerint azonban a mozgás nem szűnik meg spontán módon, inerciarendszerben a magára hagyott testek állnak vagy egyenes vonalú, egyenletes mozgást végeznek. A két szemléletmód alapvetően különbözik egymástól: az arisztotelészi szerint a mozgást mindig valaminek fent kell tartania, a newtoni szerint viszont **a mozgás megváltoztatásához** valamilyen külső hatás kell.

A fizikában a testek közötti kölcsönhatás jellemzésére az erő fogalmát használjuk (konstruáltuk meg), amelynek hatására megváltozik a vizsgált test mozgásállapota, impulzusa (a tömeg és a sebesség szorzata). Egy testre több erő is hathat, többféle kölcsönhatásban is részt vehet. Annál gyorsabban változik a test impulzusa, minél nagyobb eredő erőhatás érte.

A fent leírt szembeállítás azonban nem pusztán művelődéstörténeti vagy fizikátörténeti érdekesség. A mozgásokról a gyerekek jelentős része a fizika tanulása előtt **arisztotelészi módon gondolkodik**. Azonban a tanítás folyamatában ez ennyire nem egyszerűsíthető le, a gyermeki elképzelések némileg eltérnek egymástól. Sőt, sok gyereknél megkezdődik egy newtonihoz hasonló világkép kiépülése már a fizikatanítás elkezdése előtt. Ezért fontos tanári feladat a természetismeret tanítása során ezeknek az azonosítása, és megerősítése is, különben elhalványulnak, esetleg eltűnnek.

Térjünk vissza az arisztotelészi mozgásképre! Sok kisgyerekek könnyen szavakba önti a mozgások okát, vagyis tudatában már határozott tudáselemként fogalmazódnak meg az arisztotelészi mozgáselmélet állításai. Ennek oka minden bizonnyal az, hogy ez az az elmélet – amely a mindennapi világban többnyire jól alkalmazható a jelenségek magyarázatára – sok megerősítést kap a tapasztalatok által anélkül, hogy másik, lehetséges magyarázat is elhangozna. Mire a fizikatanítás a 7. évfolyamon eléri ezt a tudásterületet, a legtöbb tanuló már csak arra képes, hogy olyan tudást hozzon létre, amely elegendő lehet a tudásszint mérésének előkészítéséhez, de nem tudja befolyásolni a mélyebb tudásrendszereket. Ezért olyan fontos már a kisiskolás korban, illetve a természetismeret tantárgy keretein belül ezzel foglalkozni.

Egy vizsgálat során megkérdezték a tanulókat arról, hogy szerintük miért áll meg az elgurított labda. A gyermeki gondolkodásnak ez az eleme, amelyre a newtoni elmélet alap gondolata építhető, azaz a labda mozgásának elemzése során ki lehet emelni a környezet mozgást befolyásoló hatását, a környezettel való kölcsönhatás szerepét. Ezt az oktatási elképzelést az is alátámasztja, hogy erre kérdésre a 6. évfolyamos tanulók közül sokan a newtoni elmülethez közelálló módon válaszoltak az év eleji diagnosztikus felmérésben. Jelentős részük írta le azt, hogy a környezet (a környezettel való kölcsönhatás) fékezi le a mozgó testet (változtatja meg a labda mozgásállapotát). Még nem mondhatjuk, hogy megtaláltuk a newtoni elmélet alapjait a gyermeki gondolkodásban, hiszen az elgurított labda az arisztotelészi elmélet alapján is megállna, annyit azonban mondhatunk, hogy a mozgásokkal kapcsolatos előrejelzésükben valamilyen kölcsönhatás elemzése áll. E kölcsönhatásnak a következetes elemzése elvezethetne az arisztotelészi elmélet állításainak megengatasához azzal, hogy a gyerekeknek a tapasztalat értelmezéséhez felkínál egy másfajta (newtoni alapgondolat) értelmezést. A legtöbb tanulói válasz az „elfogy a mozgásának az ereje” kategóriába sorolható (arisztotelészi kép). Ez azt jelzi, hogy a gyerekek jelentős hányadánál a mozgásokkal kapcsolatos jelenségek előrejelzésénél ténylegesen nem az erő, hanem valójában a lendület mint a mozgásokat leíró, zárt rendszerben megmaradó mennyiség, illetve ennek a fogalomnak valamilyen előképe szolgál magyarázatként. Ezek a tanulók (akik közül igen sokan magát a „lendület” kifejezést is használják a magyarázatukban) a testek között mozgásmennyiségek átadását-átvételét feltételezik a kölcsönhatás során.

A tanulói válaszok hátterében az a fajta kezdetleges impulzus-fogalom állhat, amely a tudománytörténetben *Jean Buridan* (1300–1358) nevéhez köthető, aki az 1300-as években alkotta meg az impetus fogalmát, amely a tömeg és a sebesség szorzatával jellemzett és alapvetően megmaradóként értelmezett mennyiség. Ez a mennyiség vezetett később az impulzus – mai szokásos nevén lendület – fogalom kialakulásához. *Buridan* a következőképp írta le elképzelését: „...mennél nagyobb a sebesség, amellyel a mozgató mozgatja a mozgatottat, annál nagyobb az impetus, amelyet közöl vele. ... Ez az impetus az, amellyel a mozgató mozgatja a követ, ha már a kéz megszűnik mozgatni.” (*Simonyi K. 1978, 126. o.*).

A mozgással kapcsolatos néhány lehetséges tanulói tévképzet

Számos kutatás foglalkozott a mozgásokkal kapcsolatos gyermeki értelmezések feltárásával, amelyek egy része az erővel kapcsolatos gyermeki szemléletet vizsgálta. A kutatások eredményeinek összegzéseként a következőképp foglalhatjuk össze az erővel (s benne tulajdonképpen a mozgással) kapcsolatos sajátos gyermeki elképzeléseket és hibáikat:

- *Ha van mozgás, akkor erőhatás is van (valójában a mozgásállapot megváltoztatásához szükséges az erőhatás), ha nincs mozgás, akkor nincs erőhatás.* – E téves elképzelésben benne van a statikus szituációkban tapasztalható erőhatások kizárása, pedig akkor is nyugalomban lehet egy test, ha erők hatnak rá. Ilyenkor a nyugalom feltétele, hogy az erők eredője nulla legyen. A Földön csak így lehet egy test nyugalomban, hiszen a gravitációs mezőben mindig hat a nehézségi erő, tehát hogy a test nyugalomban legyen (pl. az asztalon), ahhoz legalább még egy erőnek kell hatnia (ez a példánkban az asztal tartó ereje). A Földön tehát nem lehet elképzelni olyan szituációt, amelyben semmilyen erő nem hat a testre.
- *Nem lehetséges mozgás erőhatás nélkül.* – A mozgásállapot megváltoztatásához szükséges erőhatás, egy magára hagyott, minden más test hatásától mentes test egyenes vonalú egyenletes mozgást végez, ha rendelkezik kezdő sebességgel.
- *Ha egy test mozog, akkor a mozgása irányában hat rá erő.* – Egyáltalán nem biztos, hogy az erő a mozgás irányába mutat, gondoljunk egy ferdén elrúgott vagy eldobott labda mozgására, ahol a pálya minden egyes pontjában a Föld felé mutat a testre ható erő, ami nem más, mint a gravitációs erő, vagy a körmozgásra, ahol a kör középpontja felé mutató erő kényszeríti a testet arra, hogy körpályán maradjon, ami azt jelenti, hogy mozgásának iránya a pálya minden pontjában merőleges az erő irányára! Továbbá az egyenes vonalú egyenletes mozgáshoz sem szükséges erő Newton első axiómája szerint.
- *Egy mozgó test megáll, ha elfogy az ereje.* – Ebben az állításban az is hibás, hogy az erőt a test egyik tulajdonságának gondolja, holott az a testek közötti kölcsönhatást írja le. Továbbá a testek megállása mozgásállapot-változás, tehát ahhoz is erő szükséges, gondoljunk az autó lefékezésére.

- *Egy mozgó testnek ereje van, amely belülről mozgásra készíti.* – Az erő nem a test tulajdonsága.
- *A mozgás arányos a ható erővel.* – Az egyenes vonalú egyenletes mozgáshoz nem szükséges erő.
- *Állandó sebességet állandó erő eredményez.* – Nem az állandó sebességhez szükséges állandó erőhatás, hanem az állandó gyorsuláshoz.

A felsorolt elképzelések egyike-másika azzal kapcsolatos, hogy a tanulók közül többen az erőt egyetlen (mozgó) testhez rendelik, s nem a testek közötti kölcsönhatáshoz. Ez az elképzelés közel áll a már említett a fizika történetében is komoly szerepet játszott impetus-elmélethez, s valójában megoldást kínál a problémák elkerülésére. Több kutató javasolja, hogy a gyermeki értelmezést használjuk fel egy következetes impulzus fogalom kiépítésére, s az erőt később vezessük be.

A mozgás értelmezésével kapcsolatban a gyermeki elképzelésekben nehezen kap helyet a gyorsulás. A szót sokkal inkább magával a sebességgel asszociálják a gyerekek. A két fogalom elkülönítése természetesen csak a 7. évfolyamon belépő fizika tantárgy feladata, de a fogalmi differenciálást már el kell kezdeni a természetismeret tantárgy tanulása során.

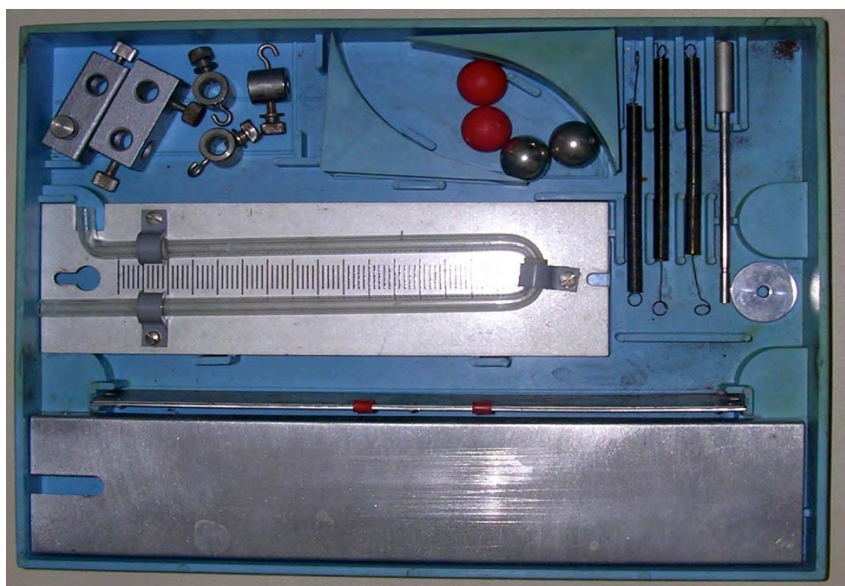
4.1.2. Javaslatok a mozgások témakörének feldolgozásához

A téma feldolgozásához például a következő problémák megbeszélését, elemzését javasoljuk:

- A tanulók figyeljenek meg minél többféle mozgást (emberek, állatok, közlekedési eszközök mozgása, sportok), és foglalják szavakba a testek helyzetváltozását! Figyeljék meg, mikor változik meg a vizsgált test mozgásállapota, miben nyilvánul meg! Kezdjék el kutatni, hogy mi lehet a mozgásállapot megváltozásának az oka!
- Figyeljék meg, hogy a kölcsönhatásnál mindegyik résztvevő megváltozik, például tanulmányozzanak a tanulók mozgásfázisokat állóképeken és képsorozatokon!

Fontos, hogy a tanulóknak tudatosodjon: amikor egy test sebességének nagysága, vagy a mozgás iránya vagy mindkettő megváltozik, akkor **mozgásállapot-változásról** beszélünk. Fontos a mozgás irányának hangsúlyozása! Tudatosuljon továbbá, hogy a nyugalomban lévő testet is úgy tekintjük, mint aminek mozgásállapota változatlan, hiszen amikor elindul, akkor megváltozik a mozgásállapota, mivel növekszik a sebessége.

A tanulók a különböző mozgások megfigyelése mellett végezzenek saját maguk egyszerű vizsgálatokat is, amelyhez használható eszközök találhatók az általános iskolai **mechanika tanulókiértési készletben** (4.1. ábra)! Például:



4.1. ábra. Általános iskolai mechanikai tanulókísérleti eszközkészlet
(Radnóti K. felvétele)

Feladat

Gurítsatok egy acélgolyót egy másik, nyugvó acélgolyónak a tálcán! Figyeljétek meg, hogyan változik a golyók mozgásállapota az ütközés következtében!

Tapasztalat, magyarázat

A nyugalomban lévő golyó elindult, növekedett a sebessége, tehát változott a mozgásállapota, az elgurított golyó pedig lelassult az ütközés következtében, esetleg meg is állt, tehát szintén megváltozott a mozgásállapota. Szépen látszik az is, hogy mindkét golyó mozgásállapota megváltozott, kölcsönösen hatottak egymásra. Kölcsönhatás történt, amelynek eredménye a mozgásállapot-változás.

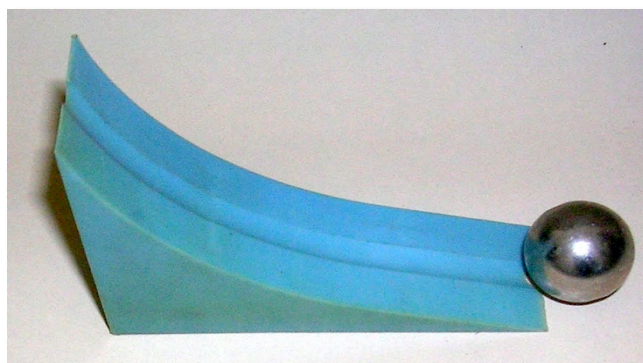
Feladat

Helyezd a gurító tetejére az acélgolyót (4.2. ábra), majd engedd el és figyeld meg a mozgásállapot-változást kétféle helyzetben!

- A golyó érkezzon a tálcára!
- Szórj a gurító aljára, a golyó útjának egy részére homokot, és a második esetben a homokos részre érkezzon a golyó!
- Hasonlítsd össze a golyó mozgását a két különböző esetben! Az történt, amit vártál?

Tapasztalat

Az első esetben a golyó leérkezése után lassan csökken csak a sebessége; a második esetben viszont a homok miatt sokkal jobban csökken a sebessége, gyorsabban változik meg a mozgásállapota.



4.2. ábra. A gurító (Radnóti K. felvétele)

A következő vizsgálatokban különböző tárgyakat ejtegetnek a tanulók.

Feladat

Ejtsd a tálcára a könyvedet különböző magasságokból és figyeld, hogy melyik esetben hallható nagyobb koppanás! Mielőtt elvégzed a kísérletet, fogalmazd meg, hogy milyen eredményt vársz!

- a. 5 cm magasságból
- b. 10 cm magasságból
- c. 20 cm magasságból

Tapasztalat, magyarázat

A gyerekeknek minden bizonnyal az lesz a hipotézise, hogy minél magasabbról ejtik le a könyvet, annál nagyobb koppanást fognak hallani, ami feltehetően valóban egyezni fog a tapasztalatokkal. Fontos, hogy a ténylegesen történt jelenséget elemezzék ki közösen: Miért változott meg elengedéskor a test (könyv) mozgásállapota? Mivel került kölcsönhatásba? Meg kell beszélni, hogy eséskor a test csak a Földdel van kölcsönhatásban (a közegellenállást elhanyagoljuk a mozgások vizsgálata során, ezért is ejtünk kis magasságokból), míg előtte a kezünkkel fogtuk. Tehát akkor két kölcsönhatásban is részt vett, amelyek mintegy kiegyenlítették egymás hatását (a testre ható erők eredője nulla volt). Az esés során folyamatosan nőtt a test sebessége, és minél magasabbról ejtettük le, a földet éréskor annál nagyobb lett a sebessége, amivel a felülethez érkezett. (Vigyázat, nem egyenes arányban nő a sebesség az esési magasság függvényében! Ténylegesen az út négyzetgyökével arányos, az elengedés pillanatától eltelt idő függvényében nő egyenes arányban, de ez itt nem tananyag, csak a 9. évfolyamon. Oda kell figyelni arra, hogy az alapozás időszakában ne alakítson ki a tanár olyan elképzelést a tanulóknak, amit később módosítani kell!) Ott hirtelen nullává vált a sebesség, és az okozta a csattanást. Minél nagyobb sebességváltozás következik be, annál nagyobb csattanást lehet hallani. A vizsgálatot tovább is lehet folytatni, például azzal, hogy hogyan változik például a leeső füzet vagy könyv földet érésekor a csattanás hangja a leeső test tömegének függvényében (lendület, lendületváltozás, erő fogalmak előkészítése).

Lehet vizsgálni az elengedéstől a leérkezésig eltelt időt is különböző tárgyak esése során. Tényleges időmérést nem tudunk, és nem is kell végezni, mivel nagyon gyors a mozgás (a későbbi évfolyamokon digitálisan ez is tananyag), de összehasonlításokat lehet tenni. Például meg lehet nézni, hogy mondjuk 1 méter magasból leejtett műanyag- vagy acélgolyó érkezik-e hamarabb le. Ebben az esetben is érdemes megkérdezni a tanulóktól, hogy mit várnak. Jelentős részük szerint a nehezebb testnek (golyónak) kell hamarabb leesnie. A fejezet elején említett, és a gyermeki mozgásképre sok esetben jellemző, úgynevezett arisztotelészi meggondolások szerint ez tényleg így van, a nehezebb golyóra nagyobb a Föld vonzó hatása (és ez ténylegesen így is van), és a nagyobb hatás gyorsabb esést eredményez.

Vizsgáljuk meg ezt a mozgást a newtoni fizika alapján! Írjuk fel a mozgásegyenletet, ami esetünkben a következő egyszerű összefüggés: $m \cdot g = m \cdot a$, (ahol m a test tömege, g a nehézségi gyorsulás, a pedig a test nehézségi erő hatására bekövetkező gyorsulása). Láthatjuk, hogy a tömeggel egyszerűsítenünk lehet, tehát a tömegtől függetlenül, azonos gyorsulással fognak esni a testek (a légellenállást elhanyagoltuk, ezért ejtettünk kis magasságból). Ez pedig azért van így, mert a súlyos és a tehetetlen tömeg egyenlő (Eötvös Loránd mérései és Albert Einstein általános relativitáselmélete szerint). Ez természetesen nem tananyag a természetismeret tanítása során (csupán tanári háttérismeretként írtuk le), de annak a ténynek az elfogadtatása igen, hogy a golyók bizony egyszerre fognak földet érni.

Az érdekes az, hogy – az oktatási tapasztalatok tanúsága szerint – a tanulókat alig lehet vizsgálatok segítségével rávenni elképzeléseik megváltoztatására. Ha jelentősen eltérő tömegű, de azért elég nehéz golyókat ejtünk azonos magasságból, a gyerekek egy része váltig állítja, ők látták, hogy a nehezebb esett le hamarabb. Sőt, több tanárkolléga beszámolója szerint, ha arra kérte tanítványait, hogy csukják be a szemüket, és csak a koppanásokra figyeljenek, akkor is általában kettőt „hallanak”, még akkor is, ha becsapta őket, és csak az egyik golyót ejtette le (nem láthatták, hiszen be kellett csukniuk a szemüket). Fontos leszögezünk, hogy itt nem valamifajta figyelmetlenségről van szó, hanem arról, hogy a gyerekek elgondolásai, előzetes elképzelései, rendkívül stabilisak. Olyannyira erős ezeknek a hatása, hogy még **a tapasztalat módosítására** is rávehetik őket. A meglévő tudás rendkívüli erővel azt sugallja, hogy két koppanást kell hallani. E példa kapcsán rá kell mutatnunk arra a tényre, hogy meg kell változtatni a kísérletezésekkel, megfigyelésekkel, mérésekkel kapcsolatban kialakult elkötelezettségünket. A tapasztalatnak a tanulás nagyon fontos, alapvető jelentőségű részének kell lennie, ugyanakkor a konstruktivista szemlélet alapján azt kell mondjuk, hogy pusztán a tapasztalat nem lehet a megismerési folyamat kiindulópontja, és nem is olyan valami, ami önmagában, kizárólagosan meghatározza a megismerés, a tanulás eredményét! Az előzetes tudásnak meghatározó szerepe van a megismerésben, az új tudás megkonstruálása ennek bázisán történik, nem hagyható figyelmen kívül!

Érdekes lehet a következő két feladat, amelyekben egy mozgás illetve egy ütközés **nyomképének** tanulmányozása történik, és a nyomok sűrűségéből kell következtetni arra, hogy a pályák mely részén történt mozgásállapot változás.

Feladat

Karcsi zacskós tejet vásárolt a boltban. Hazafelé menet a zacskó kilyukadt, és elkezdett csepegni a tej. A következő nyomot hagyta Karcsi a hazafelé menő egyenes úton:



Jelöljétek be, hogy Karcsi mely útszakaszon ment egyre nagyobb sebességgel, hol ment állandó sebességgel és hol lassított!

Beszéljétek meg közösen a gyorsít, a lassít, az állandó sebességgel megy mozgásformákat!

Feladat

Két mozgó korong találkozik, majd ütköznek és tovább folytatják útjukat, ezt láthatod az ábrán. Hol és milyen jellegű mozgásállapot-változás történt a korongok mozgása közben?



Ebben az esetben a sebességvektorok iránya változik, tehát az ütközésben résztvevő testek nyomképeinek elemzésével a sebesség vektor jellegét készítjük elő. E feladatok fontosak a sebesség és a – későbbi évfolyamokon bevezetendő – gyorsulás fogalmának elkülönítéséhez.

Különböző kölcsönhatások mozgásállapot-változtató hatásának leírására célszerű bevezetni az **erő** fogalmát, amelynek előkészítése a természetismeret tantárgy feladata. A fizikában a testre ható erőt annál nagyobbak tekintjük, minél nagyobb tömegű testnek minél gyorsabban változik a sebessége (minél nagyobb a gyorsulása). A köznapi életben azonban az erő szót számtalan más, fizikaitól eltérő összefüggésben is használjuk, mint erős paprika, erős kávé, erős ember, erős fájdalmak stb., célszerű ezeket is összeszedetni a tanulókkal. Fontos annak érzékeltetése is, hogy az erőnek nemcsak *nagysága*, hanem *iránya* is van (a sebességhez hasonlóan), például nem mindegy, hogy egy kinyújtott vagy pedig egy összenyomott rúgó végére van erősítve egy test.

A különböző kölcsönhatások során bekövetkező mozgásállapot-változások elemzése után célszerű arról is beszélgetni a tanulókkal, hogy mit gondolnak, ténylegesen van-e olyan eset, amikor egy test semmivel nincs kölcsönhatásban, mintegy magára van hagyva. Ez egy elképzelt állapot, hiszen ilyen nem lehet létrehozni, pl. akármilyen messzire is kimennénk a Világegyetembe, mindenhol hat a gravitáció, hiszen azt nem lehet leárnyékolni. Ugyanakkor fontos ilyen és hasonló helyzetek elképzélése is a természet tanulmányozása során, ebben az esetben például a mozgásjelenségek megértéséhez.

Az elképzelt kölcsönhatásmentes állapotban, amikor **magára hagyott a test**, ha előtte valamilyen kölcsönhatás során elért valamekkora sebességet, akkor azt megtartja. Nem változik sem a sebességének nagysága, sem iránya. Vagy pedig nyugalomban van. Ez az a

speciális eset, amikor a test sebessége nulla. Ezzel a gondolatmenettel a fizikai tanulmányok alapját jelentő Newton I. axióma (törvény) későbbi tanulását készítjük elő, bár nem könnyű. Ez a paradigmaváltás, amely a tanulási folyamat során a fogalmi váltásnak nevezhető, a tudomány történetében hosszú ideig tartó folyamat volt. Ténylegesen a középkorban kezdődött *Buridan* impetus fogalmának megalkotásával és csak a 17. században fejeződött be *Newton* munkássága nyomán.

Ha a test kölcsönhatásba kerül valamivel, másik testtel vagy mezővel, akkor megváltozik a mozgásállapota: gyorsul, lassul, kanyarodik, elindul, megáll. Speciális esetben a kölcsönhatások mintegy kiegyenlítik egymást, és akkor a test vagy állandó sebességgel mozog vagy áll. Tehát ténylegesen ilyen eset csak több kölcsönhatás eredményeképp jöhet létre. Például ezért fontos az elejtett testek mozgásának tanulmányozása. Ha tartjuk a testet, vagy az asztalon van, akkor két kölcsönhatásban vesz részt. Hat rá a nehézségi erő és az asztal, vagy a kezünk tartóereje. Azonban ha elengedjük, akkor már csak a nehézségi erő hat, és leesik, gyorsul, egyre nagyobb lesz a sebessége. Amikor leérkezik a földre, akkor a padló hatására lefékeződik. Ezzel a gondolatmenettel *Newton* II. axiómáját (törvényét) készítjük elő, amikor pedig a golyók kölcsönös sebességváltozásáról beszélünk, akkor a III. axiómáját.

Hallgatói kérdések és feladatok

1. Gyűjtsön kifejezéseket, szóösszetételeket, amelyekben előfordul az erő, erős szó! Melyek azok, amelyek értelmezése fizikai alapú?
2. Vizsgáljon meg természetismeret tankönyveket abból a célból, hogy miként dolgozzák fel a mozgások témakört!

Szempontok

- a. Mely vizsgálatokat, kísérleteket ajánlják a mozgás téma feldolgozásához?
 - b. Milyen kérdések segítik a tanulók tanulását?
 - c. Hogyan használja a sebesség fogalmát?
 - d. Tesz-e kísérletet a sebesség és a gyorsulás fogalom elkülönítésére?
 - e. Mennyire derül ki a szövegéből az, hogy külső hatásra nem a mozgás fenntartásához, hanem a mozgásállapot-változásához van szükség?
3. Készítsen foglalkozási terveket a mozgások témakör feldolgozásához a természetismeret tanításában!

4.2. A mozgástípusok rendszertanának értelmezése

Írta: dr. Róka András és Victor András

Kulcsszavak: mozgásállapot, erő, lendület, test, merev test, szinkron mozgás, rendezetlen mozgás, egyszerű és összetett mozgás

4.2.1. Ismeretek és tudásszintek

A természeti környezet ismerete széles körű tájékozottságot, korszerű természettudományos műveltséget kíván, ami magába foglalja a táguló (élő és élettelen) környezet, a folyamatosan fejlődő technika és az azt előállító technológia ismereteit. Azon ismeretek sokaságát, ami a tantárgyakra vagy tudományágakra vonatkoztatva a fizika, a kémia, a biológia-orvostudomány (élővilág), a földrajz (geológia, csillagászat is) és a technika területéhez tartozik. Mivel minden nem történhet egyszerre, ennyiféle dolog csak valamilyen sorrendben ismerhető meg. Ennek egy része a gyermeki fejlődés során történik meg (ismerkedés a világgal). Ez a folyamat azonban spontán, rendszertelen, véletlenszerű, és a tapasztalatok vagy hiedelmek alapján kialakult fogalmak sok esetben nem is felelnek meg a korszerű természettudományos műveltség igényének. Az iskola, ezen belül a tantárgyak feladata, hogy pontosítsa és rendszerbe foglalja ezeket az ismereteket, valamint ahol csak lehet vagy kell, felfedeztesse – vagy feltárja a logikai (ok-okozati) összefüggéseket. Ideális esetben a fogalmak egymásra épülése-építése nyomán **az anyagi világ hierarchiáját tükröző ismeretek hálózatot alkotnak.**

A hálózatépítés elve a természetismeret tanításában-tanulásában

A foglami, és ebből felépülő ismerethálózat kiépítése hosszú évekig tartó folyamat a közoktatásban. Megkezdésére ideális a mozgás témaköre a természetismeretben, hiszen a mozgás központi szerepet tölt be az ismeret- és tananyagrendszerben, mert közvetlenül vagy közvetve szinte minden műveltségi kört érint, térben és időben történik. Amikor pedig már a mozgás okát is keressük, akkor kikerülhetetlenek a kölcsönhatások, valamint a kölcsönhatások során ébredő erők és a munkavégzések során átalakuló energiafajták fel- és megismerése, továbbá a történések leírásához szükséges fogalmak jelenség szintű megalapozása.

E fogalmi építkezésnek kettős **célja** van:

- a gyermeki ismeretek, elképzelések azon részének tudatosítása, bővítése, rendszerezése, amely tudományosan is elfogadható tapasztalatokon nyugszik;
- a gyermeki ismeretek felülbírálásának megkezdése azon fogalmak esetében, amelyek téves tapasztalatokon vagy elképzeléseken nyugszanak, vagyis amelyek esetében fogalmi váltás szükséges.

A gyermekek tapasztalati világából kiinduló, a fokozatosság elvét követő, **a fogalmak lépcsőről lépcsőre történő egymásra építése** adja a megismerés „gerincét”. Mivel a fizika foglalkozik a legáltalánosabb törvényszerűségekkel, az esetek többségében ez fizikai ismeretek (nem minden esetben ok-okozati összefüggésre fűzött) vezérfonala. A „gerincen” történő továbbhaladást – vagyis minden fogalom bővítését vagy egy új fogalom bevezetését – egy sokoldalú kiterjesztésnek kell megelőznie. A **kiterjesztés** részben a fogalom elmélyítését, alkalmazásának begyakorlását szolgálja, de más (biológiai, technikai, sport, természetföldrajzi, geológiai, csillagászat és űrkutatási stb.) területen. Az asszociáció automatikusan felkínálja a többi terület ismereteinek mozgósítását, felelevenítését, szükség esetén megismertetését. Ezáltal a vezérfonal elemi fogalmai úgy épülnek egymásra, hogy közben általános érvényűekké válnak. Fokozatosan tudatosulhat, hogy ugyanaz a fogalom hasznosítható, érvényes az összes területre. Ebben a fázisban tehát már nem maga a fogalom, hanem a minél szélesebb körű megjelenése, **a fogalom alkalmazhatóságának élménye** válik fontossá. Végül kiderül, hogy a szintek között nemcsak a fizikai fogalmak vezérfonalán lehet „közlekedni”, hanem – a neuronhálózat kialakulásához hasonlóan – a szintek elemei között is lehet kapcsolatot találni vagy építeni. E láncok sokasága pedig hálózatot alkot.

A módszer bemutatása a mozgástípusok rendszerezésére

1. fázis („fizika”, a vezérfonal egy-egy eleme)

A mozgástípus jellemzése, helyes (a későbbiekben használatos) elnevezése a gyermeki tapasztalat, illetve a mindennapi környezet jól ismert példái alapján. A mozgás logikai hátterével (ok-okozati összefüggéseivel) egyelőre nem foglalkozunk.

2. fázis (asszociációk, kiterjesztés a táguló környezetre, a fogalom leágazó szintje)

A mozgástípus felismerése és alkalmazása az egyre táguló környezetben. Ekkor már nem a mozgástípus megismerése a feladat, hanem a más területekkel való kapcsolatba hozás (asszociáció). Ezáltal egyre tágul az alkalmazás tere (kiterjesztés), és kiderül, hogy mennyi helyen jelenik meg ugyanaz a fizikai fogalom, miközben technikai, biológiai, földrajzi vagy csillagászati ismeretek elevenednek fel vagy bővülnek.

4.2.2. A mozgással kapcsolatos fogalmak egymásra építésének egyszempontú szakasza

Mi mozog?

A mozgással kapcsolatban az első felmerülő kérdés az, hogy mi mozog? Lehet az legördülő, esetleg lezuhanó kő, ágról-ágra ugráló mókus, ereszkedő hópehely, a szél szárnyán repülő bóbbita, eső- vagy ködcsepp. Lehet olyan hatalmas, mint a leszakadó és elsodródó jéghegyek, vagy parányi, mint a láthatatlan atomok. Lehet akár bolygó vagy mesterséges hold, de a csillagok együtt mozgása miatt egy testhez hasonló egységként (rendszerként) kezelhetők még a galaxisok is.

Amikor csak az érdekel bennünket, hogy valami honnan hová jutott, mozdult el, akkor a fizika a „valami” helyett testet mond. A **test** – éppúgy, mint a gyümölcs, az autó – általánosított fogalom, ami elvonatkoztatással alakult illetve alakul ki. Az absztrakció nem áll messze a gyermekek világától. A gyermeki képzeletben egy építőkocka éppúgy lehet autó, hajó, mint repülő, de akár mackó is. Az „általános” bármit jelenthet, de fordítva csak egy korosztálytól működik. A konkrét tárgyakból lassan születik meg az absztrakt kép, fogalom, vagy tudományos igényességgel a modell.

a. Kiindulás: a test mozog

Amikor a test fogalma kialakult, már sejtették, hogy minden anyag parányi részecskékből áll, sőt ezek állandó „belső” mozgásban lehetnek, de a haladó (valahonnan valahová tartó) mozgás szempontjából eltekintettek tőle. Kialakult a leegyszerűsített, legegyszerűbb test, a merev test modellje.

b. Kiterjesztés fizikai példával, a fogalom pontosítása

Mikor mondjuk egy testre, hogy „merev”? Akkor, ha szilárd halmazállapotú; kiterjedése van, elfoglalja más testek előtt a teret, vagyis térfogattal rendelkezik; leesik, mert vonzza a Föld (tömege és Föld vonzóereje miatt súlya van); nem fontos, hogy részecskékből épül fel, mert feltételezzük, hogy minden alkotó része ugyanúgy (együtt) mozog, vagyis eltekintünk az alkotó részecskék egymáshoz viszonyított belső mozgásától. **Merev testnek** tekinthető például az építőkocka vagy (kismértékű rugalmassága ellenére) egy LEGO-elem. A merev test nem áll részekből, mint a kerékpár vagy a LEGO-autó, a testet felépítő részecskékkal pedig egyelőre nem foglalkozunk. A templomok óriási harangja merev abban az értelemben, hogy nem változik az alakja, de a részecskék belső mozgása híján (akusztikus rezgés) nem lenne déli harangszó.

c. További kiterjesztés más természettudományi példákkal

Feladatok

1. Nevezzünk meg élőlényeket, amelyek rendelkeznek olyan alkotórészsel, ami merev testnek nevezhető!
2. Merevnek tekinthető-e egy élőlény?
3. Van-e különbség egy leeső kő és a zuhanó repülésben lévő sólyom mozgása között?
4. A honnan-hová mozgás szempontjából tekinthető-e az amúgy nem merev testű sólyom merev testnek?

Nem ismerünk – de nem is tudunk elképzelni – olyan élőlényt, amely teljes egészében merev test lenne. Ugyanakkor merev (vagy merevítő) szerkezetek nagyon sok élőlényben találhatók. Például a táplálék darabolására szolgáló szerkezetek (emlősök fogai, madarak csőre, rovarok kitines rágó szájszervei, teknősök szarukávája stb.) érthetően mind kemények, azaz valamennyire merevek. Hasonlóképpen a test szilárdító váza is értelemszerűen kemény: a tengeri sün meszes váza, a kagylók mészhéja és a csigák mészháza, a rovarok kitinpáncélja, a gerincesek csontváza mind-mind kemény (merev) valamilyen anyagtól. Éppen ez a merevség teszi a vázat alkalmassá arra, hogy egyrészt védje az állatot, másrészt lehetővé tegye az izmok differenciált mozgását. A honnan-hová mozgás szempontjából érdektelen minden részlet. Ha a kutya sebességét mérjük, akkor nem érdekel bennünket, hogy futás közben „lobog a füle”.

Feladatok

1. Nevezzünk meg olyan sporteszközöket, amelyek merev testnek nevezhetők!
2. Nevezzünk meg földrajzi képződményeket, amelyek merev testként kezelhetők!
3. Nevezzünk meg csillagászati képződményeket, amelyek merev testként kezelhetők!
4. Nevezzünk meg űreszközöket, amelyek merev testként kezelhetők!
5. Milyen „testecskékből” épülnek, épülhetnek fel a merev testek?

Fázis	Cél, feladat	Példák
kiindulás	a gyermeki ismeretek mozgósítása	kő, mókus ...
fizika	a fogalom pontosítása vagy kialakítása	test, merev test
technika, közlekedés	kiterjesztés, ismeretek mozgósítása, asszociáció	járművek (az alkatrészek figyelmen kívül hagyásával)
élővilág		meszes váz, kitinpáncél, csontok, fogak
sport		diszkosz, gerely, billiárdgolyó
természetföldrajz		leszakadó jéghegy, úszó jégtábla, kőzetlemez, kőzettömb (szikla), szélkakas
csillagászat		meteoroid, kőzetbolygó, hold
űrkutatás		mesterséges hold, űrtávcső, űrbázis
kémia		atomok és molekulák golyó modellje

4.1. táblázat. A test mozgásának lehetséges példái

A merev test haladó mozgása

A test fogalmának körbejárása után visszatérhetünk a mozgásra, ezen belül is a lehető legegyszerűbb esetre, a legegyszerűbb testek legegyszerűbb mozgására, a merev testek haladó mozgására.

a. A haladó mozgás fizikai pontosítása

Haladás, haladó mozgás: a (merev) testek valahonnan valahová történő, egy irányú, helyváltoztató mozgása, amikor a test nem tér vissza a kiindulási helyére, és a befutott pálya típusa sem fontos. A legegyszerűbb esetben a mozgás okával, irányával és gyorsaságával még nem foglalkozunk, és a merevnek feltételezett test minden része együtt mozog (a kutya sohasem hagyja el a fülét). Ezt a mozgástípust éppen ezért nevezhetnénk **„rendezett” mozgásnak**, de inkább a rendezetlenséget szokás kiemelni. Nem figyelünk arra sem, hogy menet közben az autónak forog a kereke.

Feladat

A test legyen a gyermek saját teste! Idézzük fel a helyváltoztató mozgás módjait a gyermek fejlődése során a csecsemőkortól kezdve (fordul, gördül, csúszik, kúszik, mászik, lép, lépeget, tipeg, fut, szalad, rohan). Mi a hasonlóság és mi a különbség e mozgások között?

b. Kiterjesztés – Mi minden mozog? Minden mozog!

A mozgással kapcsolatos mindennapi tapasztalatok jelentős része a technika területére tartozik, ami a mozgás céljával bővíthető (közlekedés, szállítás).

Feladatok

1. Hogyan fejlődött, változott a valahonnan valahová történő mozgás lehetősége az emberiség története során? Technikai példák gyűjtése technika területéről szárazföldön, vízen, levegőben és az űrben.
2. Milyen célt látnak el a járművek?
3. Milyen mozgástípusok különböztethetők meg?

c. További kiterjesztés technikai és biológiai példákkal

Feladat

Keressünk példákat az alábbi feltételeknek megfelelő közlekedési eszközökre!
vezetékhez kötött – pályához kötött – pályához és vezetékhez kötött – kötetlen

A haladó mozgás önmagában egy nagyon egyszerű jelenség. Azonban ha összekapcsoljuk az élőlények **haladó mozgástípusainak** összegyűjtésével, akkor már nem a haladás, hanem a

tájékozottság válik fontossá, vagyis az, hogy hányféle növény és állat hányféleképpen tud helyet változtatni. Ráadásul a mozgás módja még a rendszerezés lehetőségét is felkínálja, mert csoportosíthatók az ugráló, a csúszó, a kúszó, a lépegető, a futó vagy az emberhez hasonlóan a két lábon is járó állatok.

Sok növény terjedését az segíti, hogy a termésén vagy a magján vékony, könnyű repítőszőrök vannak, amelyekbe „belekapaszkodik” a szél, s akár nagyon messzire is viheti a magot. A növény ebben a mozgásban teljesen passzív, a termés (a repítőszőrökkel együtt) akár merev testnek is tekinthető. Ilyen módon terjed pl. a nyárfa („vatta”), a pitypang (bóbita), a bogáncs és az aszat, a selyemkóró, a gyapot (melyet éppen ezen repítő-szőrei miatt termesztenek) stb. Nagyobb magvú növények ilyen módon (szél által) nyilván nem tudnak terjedni, de pl. a víz áramlása révén igen. Pl. a sulyom magja (négyágú és szúrós) úszik a vízen, és akár száz métereket is megtehet a vízzel együtt. A kókuszdió az óceánok vizén úszik, és száz kilométereket is sodródik, mire partot ér valahol.

Az állatok haladó mozgása – ellentétben a fenti, növényekre vonatkozó példákkal – majdnem mindig aktív mozgás. Az egysejtűek esetében valamely sejtszervecske végzi a mozgást. Példaként: a papucsállatka a csillók összerendezett csapkodásával változtatja a helyét (a táplálék felé úszik), az ostorral mozgó lények (bizonyos növények és az állatok hímivar-sejtjei, különböző moszatok, egysejtű állatok (Euglena) stb.) egy vagy több ostorukat propellerként használva közlekednek folyadékokban. A soksejtű állatok haladó mozgása nagyon változatos formákat mutat. A lapos és a hengeres férgek bőrizomtömlőjük segítségével szinte kúsznak az aljzaton. A gyűrűsférgek (földigiliszta, orvosi pióca stb.) ritmikusan váltakozó összehúzódással és kinyúlással mozognak. Ez hasonlít a perisztaltikus mozgáshoz, de nem az átmérő változása halad végig a „csövön”, hanem elsődlegesen az adott testrészlet hosszának a változása (amely persze következményként vastagság-változást is jelent). A csigák és a kagylók izmos lábuk apró mozgásaival tolják-húzzák magukat előre az aljzaton. A lábasfejűek (polip, kalmár stb.) a rakéta-elv (vagyis az akció-reakció elv) alapján mozognak: a köpenyüregbe beszívott vizet egy tölcsér alakú nyíláson keresztül nyomnak ki nagy sebességgel, így önmaguk az ellenkező irányba úsznak. Az ízeltlábúak részben lábakkal, részben szárnyakkal mozognak. A gerincesek a vízben úszókkal (pl. a halak és a kételtűek lárvái) vagy úszóvá alakult lábakkal (pl. a fókák) úsznak. Egyes halak az úszóhólyag összenyomásával illetve kitágításával süllyednek illetve emelkednek. A hüllők között a kígyók és gyíkok kígyózó mozgással mozognak. Némelyik gyíknak (részben vagy teljesen) el is csökevényesedett a lába. A gerincesek a szárazföldön és a levegőben lábakkal, illetve tollal fedett szárnyakkal (madarak) vagy a mellső láb ujjai között kifeszített kettős bőrrétegű szárnyakkal (denevérek) mozognak.

Feladatok

1. Gyűjtsük össze, hogy hányféle mozgástípus jelenik meg Weöres Sándor: Déli felhők című versében!
2. Gyűjtsük össze a valahonnan valahová történő, egyirányú mozgás példáit a többi természettudományos területen is!

A kiterjesztés területei	Példák
gyermeki tapasztalat	a kisgyermek mozgástípusainak fejlődése
fizika	haladó mozgás
technika	utazás, szállítás
élővilág	élőlények és mozgástípusuk párosítása, mozgástípus szerinti rendszerezés
természetföldrajz	jéghegyek, jégtáblák, kőzetlemezek, hordalékszemcsék mozgása
csillagászat	meteoroidok
űrkutatás	űreszközök leszálló egységeinek mozgása
kémia	testecske (atom, molekula) mozgása gázfázisban

4.2. táblázat. A haladó mozgás lehetséges példái

Milyen irányba mozog?

Visszatérve a „vezérfonalra” a mozgás részletesebb jellemzéséhez hozzá tartozik a mozgás iránya. Megszoktuk, hogy a testek mindig lefelé esnek. A törvényszerűséget már az ókoriak megfogalmazták, és a mozgás irányának különös jelentőséget tulajdonítottak: „...a föld és a víz részei, mint súlyos testek természettől fogva lefelé mozognak, vagyis a Világmindenség középpontjának irányába...” (Galilei: *Párbeszéd, a geocentrikus világképet képviselő Simplicio szavai*). A Világmindenség középpontjának pedig a Föld középpontját képzelték, tartották. A hidrogénnel vagy héliummal töltött léggömb, a hőlégballon, a füst, minden meghajtás nélkül éppúgy felfelé száll, mint ahogyan a víz alá (a víz szintje alá) nyomott labda felfelé ugrik ki a vízből. Ezek a mozgásirányok nem változtathatók meg, törvényszerűnek tűnnek. Ebből arra következtethetünk, hogy az irány fontos jellemzője a mozgásnak. Nem mindegy például, hogy az iskolából haza felé megyünk, vagy pedig az ugyanolyan távolságban, de ellentétes irányban lévő játszótérre.

a. A visszatérő haladó mozgás (az ismétlődő, periodikus mozgás bevezetése)

A kiterjesztés területei	Példák
gyermeki tapasztalat	visszapattanó labda, a hinta lengése
fizika (tanári háttér)	a mozgás iránya a (pillanatnyi) sebesség irányával egyezik meg
közlekedés	ingázás két végállomás között
élővilág	visszatérő vándormadarak, állatok
természetföldrajz	a tengervíz mozgása tengerjárás során, holdfázisok
csillagászat	üstökösök mozgása
űrkutatás	visszatérő egységek, űrsiklók

4.3. táblázat. Visszatérő (periodikus) mozgások példái

A legegyszerűbb eset, amikor a mozgás iránya hirtelen ellentétesre változik, mint például a földről visszapattanó labda esetében (4.3. táblázat). Az ellentétes irányú mozgás lehetőségével a test akár a kiindulási helyére is visszatérhet. Sőt, időről-időre visszatérve oda-vissza mozoghat (**ismétlődő mozgás**). A mozgás iránya a (pillanatnyi) sebesség irányának felel meg.

b. Továbbhaladás: nyomok, nyomolvasás, nyomkövetés és a mozgásirány

„A nyomok – mondta Mackó titokzatosan... Ezek másféle nyomok. Vagy két menyét és egy harmadik, de az is lehet, hogy egy menyét és két ürge, vagy két ürge és egy menyét, de az is lehet, hogy három menyét és semmi ürge ...” (Milne: Micimackó)

A mozgás irányára az indiánok, a vadászok, a felderítők, a nyomozók a hátrahagyott nyomokból következtetnek. Ha a sötétben olyan gyorsan mozgunk egy parázsló pálcát, hogy a szemünk már nem képes a pillanatnyi állapotokat követni, akkor a fénypontok folytonos vonallá mosódnak össze. A tűzijáték során szintén olyan gyors a lövedék vagy a repeszek mozgása, hogy a folytonosnak tűnő fényvonal kirajzolja a mozgás változó irányát, ezáltal a mozgás pályáját. A mozgás irányára tehát a befutott pálya alakjából következtethetünk. Képzeletünk sokszor akkor is pályát rendel a mozgáshoz, ha nincs is, nem is keletkezik nyoma. A mozgást az irány figyelembevételével a valós vagy képzelt pálya alakja szerint is jellemezhetjük, csoportosíthatjuk:

- **egyenes vonalú mozgás:** egyenes vonalú a mozgás, ha a mozgás (a sebesség) iránya a mozgás közben állandó marad;
- **nem egyenes (vagy görbe) vonalú mozgás:** nem egyenes vonalúvá válik a mozgás akkor, ha a mozgás (a sebesség) iránya időnként vagy állandóan változik. Már most célszerű megjegyezni, hogy a mozgás iránya csak úgy magától sohasem változik meg, csak valamilyen hatásra. A visszapattanó labda esetében ez a hatás a felszínnel történő ütközés. Amikor már összeérenk, hiába vonzza a labdát a Föld, az ébredő taszítás miatt a labda (az egyik test) sohasem hatolhat a földbe, a másikba. A Föld csak addig vonzza a labdát, amíg össze nem érnek.

A kiterjesztés területei	Példák
gyermeki tapasztalat	tűzijáték
technika	„kondenzcsík”, chem trail (vegyi csík)
élővilág	állatok nyomai (csigák nyálkás mászási nyoma, féreg- vagy rovarjáratok, lábnyomok), csapás a magas fűben és sűrű erdőben
természetföldrajz	folyóvölgy, kiszáradt folyómeder (vádi), homokfodor, kanyon, hordalékkúp, moréna, jégkarc a sziklán, hurrikán és tornádó pusztítása
csillagászat	meteor fénycsíkja („hulló csillag”)
részecskefizika	ködkamra, buborékkamra

4.4. táblázat. Lehetséges példák hátrahagyott mozgásnyomokra

Feladat

A korábban összegyűjtött mozgástípusokat (3.?? táblázat) csoportosítsuk egyenes és nem egyenes vonalú mozgásokra!

4.2.3. A mozgással kapcsolatos fogalmak egymásra építésének többszem-pontú szakasza

Ismétlődő és állandósuló irányváltozás

„Föl-le jár, mivel egy kis szellő hintáztatja az ágot.
Egyszer fönt, egyszer lent. Aztán persze középen is.”
(Csukás István: Pom Pom meséi)

„Föl-földobott kő, földedre hullva,
Kicsi országom, újra meg újra
hazajön a fiad.”
(Ady Endre: A föl-földobott kő)

Eljutottunk ahhoz a nehézségi fokozathoz, hogy már egyszerre több szempontot vehetünk figyelembe: a mozgás irányát és annak ismétlődő változását.

a. Vissza-visszatérés egyenes mentén, rezgőmozgás

Ha a vissza-visszatérés rendszeres (periodikus), akkor a mozgás **rezgőmozgássá** válik. Ha annyira rendszeres, hogy azonos időközönként következik be, akkor a rezgőmozgás harmonikus is. Ilyen típusú rezgések keltik a zenei hangokat. A periodikus mozgás fontos, főleg élőlényekben megjelenő típusa, amikor nemcsak egy irányban (hosszmentén), hanem a tér minden irányban történik a rezgés. Vagyis a térfogat ismétlődő változásával a test lüktet vagy pulzál, mint például a szívünk.

Az élővilágból nagyon sok példa hozható rezgőmozgásokra már a természetismeret tanításának időszakában is. Az izmok összehúzódásának és elernyedésének periodikus váltakozása az alapja a szív működésnek (szívizom), a légzésnek (rekeszizom és bordaközi izmok), az izmok tónusának, azaz feszes tartásának (az izomrostok közül mindig mások húzódnak össze), de az ún. perisztaltikának is, amely az emésztőrendszer teljes hosszában végzi az anyagok továbbítását, illetve a férgek esetében magának az állatnak a helyváltoztató mozgását eredményezi (pl. földigiliszta). A rezgés érzékelése nagyon sok élőlény számára fontos információ a környezetében lévő dolgokról (vagy azok változásáról). A talaj rezgéseit érzékeli a tücsök (ha pl. egy ember léptei közelednek rögtön el is hallgat, nehogy elárulja a pontos helyét). Talajrezgésekkel kommunikálnak pl. a földikutyák (és bizonyos mértékig a vakondok is). Ennél sokkal elterjedtebb azonban az állatvilágban a hangrezgésekkel való kommunikáció. A rovarok között elsősorban a kabócák, valamint az egyenesszárnyúak

(szöcskék, sáskák, tücskök) ismertek hangadásukról. Az egyenesszárnyúak két testrészük (egy láb és egy szárny vagy két szárny) összedörzsölésével keltik a hangot. Ilyenkor az egyik testrészen egy egyenletesen recés felület van, a másikon pedig valami vékony, kemény, de rugalmas – rezgésre alkalmas – lemez. A lemeznek a recés felületen való végighúzása (a rece hosszától függően) csak egy-két másodpercig tarthat, ezért az egyenesszárnyúak ciripelése szakaszos. A kabócák hangképzése más elven alapul, ők egy hajlékony kitinlemez rezgetnek jobbról-balról kapcsolódó izmaikkal ezért az ő pirregésük folyamatos.

A gerincesek közül a kételtűeknél, a madaraknál és az emlősöknél fontos a hangadás. Mindhárom csoport esetében a gégefőben lévő lemezek vagy szalagok rezgése kelti a hangot, ugyanis a kiáramló levegő hatására – vastagságuktól, rugalmasságuktól, fesztességüktől stb. függően – produkálnak különböző magasságú és jellegű hangokat. A békák hangját számos esetben felfújható hanghólyag – mint rezonátor – erősíti fel. A madaraknak két gégefőjük is van, közülük az alsó (a syrinx, amely csak náluk fordul elő) a hangadó szerv.

A kiterjesztés területei	Példák
gyermeki tapasztalat	labda pattogtatása, rugóra akasztott baba, Pom Pom hintázása az ágon
fizika	húrok, membránok, rezonátorok, testek rezgése (hangszerek)
technika	dugattyú mozgása a motorok hengereiben
élővilág	izmok periodikus működése (összehúzódás-elernyedés), medúzák mozgása, féregmozgás, bél perisztaltikája, a szív és verőerek periodikus mozgása
természetföldrajz	földrengés, tengerrengés

4.5. táblázat. Lehetséges példák rezgőmozgásokra a természet és a technika világából

b. Vissza-visszatérés körív mentén – lengés, ingamozgás

A kiterjesztés területei	Példák
gyermeki tapasztalat	hinta, hintaló, hintaszék, tiki-taki
fizika	fonálinga
technika	ingaóra, metronom
élővilág	fák és faágak hajladozása a szélben, majmok lengése az indán
sport	lengés korláton, nyújtón, lovon, lengőteke
természetföldrajz	lengő hullámok a tengerben, a tóban
csillagászat	üstökösök mozgása (parabola mentén)

4.6. táblázat. Lehetséges példák lengőmozgásokra a természet és a technika világából

Mivel a hinta kötele vagy lánc nem nyúlik meg, a felfüggesztéstől mért távolság a mozgás során változatlan, ezért (a kör geometriai definíciója értelmében) a hinta körív mentén mozog. A hintában ülő gyermek, személy nem tud sem leesni, sem más pályán mozogni mindaddig, amíg a felfüggesztés el nem szakad. A kötelék kényszeríti a hintát **körív mentén történő mozgásra** (4.6. táblázat).

c. Visszatérés körpályán, körmozgás

A test úgy is visszakerülhet kiindulási helyére, hogy önmagába záródó pályán mozog. A síkidom mentén történő, ismétlődő (periodikus) mozgás legfontosabb esete a **körmozgás** (körpálya) és a bolygók **keringése** (ellapult körpálya, ellipszis) (4.7. táblázat). Ebben az esetben a mozgás iránya (a sebesség iránya) a mozgás során pontról pontra változik. A körmozgás okát egyelőre nem keressük. Az azonban már most belátható, hogy a labda visszapattanásával szemben egy állandósuló hatás okozza a folyamatos irányváltást. Ezt a hatást kifejezheti kiépített pálya, vagy okozhatja vonzás, mint a Föld körül keringő Hold és műholdak esetében.

A kiterjesztés területei	Példák
gyermeki tapasztalat	bumeráng, körpályás vasútmodell
fizika	a sebességre merőleges erő hatása
technika, közlekedés	körforgalom, műrepülés mutatvány
élővilág	rovarok körözése a lámpafény irányába, pókok hálókészítése, golyák emelkedése a termekben, japán táncoló egér
természetföldrajz	vízrészecskék mozgása a vízhullámban
csillagászat	bolygók és holdak keringése, bolygó gyűrűrendszer részecskemozgása
űrkutatás	a Földdel együtt mozgó (geostacionárius) műholdak
atommodell	Bohr-modell, körpályák

4.7. táblázat. Lehetséges példák görbe vonalú periodikus mozgásra

d. „Körmozgás” tengely mentén – forgó mozgás, forgás

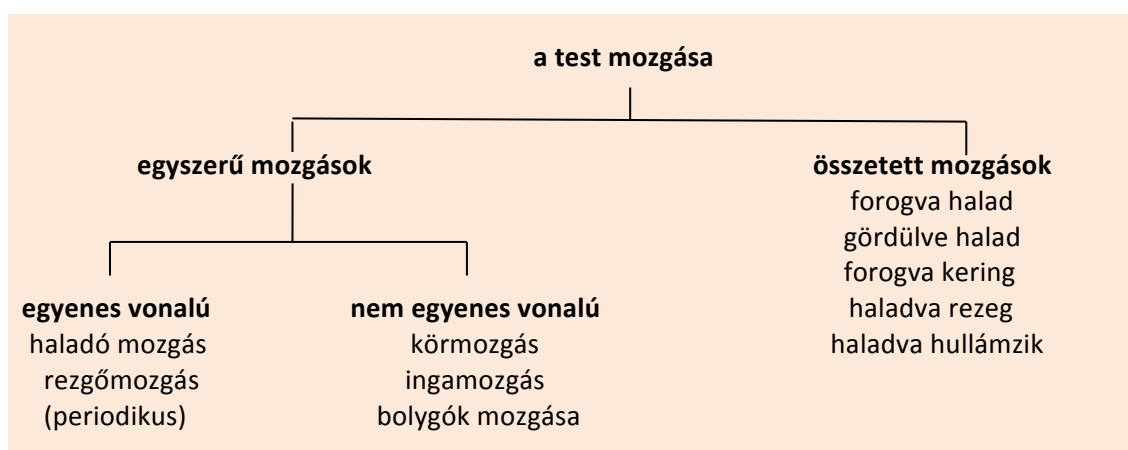
A testek periodikus mozgásának (főleg technikai és csillagászati szempontból) fontos típusa, amikor **a test minden pontja körpályán mozog**. A test kiterjedése miatt azonban a körözés nem egy középpont körül, hanem „középpontok sorozata” mentén történik, ami a test képzelt vagy valós **forgástengelyévé** válik (4.8. táblázat).

A kiterjesztés területei	Példák
gyermeki tapasztalat	búgócsiga, papírforgó, lendkerék, körhinta, óriáskerék, tárgy „körözése” a mosdókagyló lefolyója felett
fizika	pörgettyűk
technika	járművek kereke, légcsavarja, hajtócsavarja, szélérőművek légcsavarja
sport	balett, műkorcsolyázás piruett, szaltó, nyújtógyakorlat forgás eleme, diszkoszvetés, kalapácsvetés, akrobatikus tánc (breakdance)
élővilág	muréna (tintahal áldozatból történő kiharapáskor)
természetföldrajz	lég- és vízrészecske az örvényben, ciklonban, tornádóban
csillagászat	bolygók és holdjaik tengely körüli forgása

4.8. táblázat. Lehetséges példák forgómozgásra és forgó testre

A merev test összetett mozgása

A tornagyakorlatok, a cirkuszi mutatványok vagy a kerékpáros, görkorcsolyás, gördeszkás, snowboardos produkciók attól válnak akrobatikusakká, hogy a szereplők (sok gyakorlással) a mozgásukba, a jelenetbe egyszerre több, sőt minél több mozgástípust építenek be. Ez azért valószínűleg meg, mert az esetek többségében a mozgástípusok függetlenek egymástól. A haladást például cseppet sem zavarja a forgás. Sok növénynek a termése kisebb-nagyobb szárnyakkal (repítő-felületekkel) rendelkezik (pl. a juharfélék, a gyertyán, a bálványfa, a szilfa, a nyírfa), és ezek alakjának köszönhetően a termés esés közben forgó mozgást is végez. Ez persze a növény részéről passzív mozgás, de mégis hasznos, mert így módon lényegesen messzebbre jut el a termés, mint jutna, ha nem lenne szárnya. **Összetett mozgásokra** a természetismeretet tanuló gyerekek is tudnak példákat mondani a mindennapi életük tapasztalataiból (4.3. ábra).



4.3. ábra. A megismert mozgástípusok rendszerezése (Róka A.)

A kiterjesztés területei	Példák
gyermeki tapasztalat	lendkerekes autó gurulása, extrém sportok, körtáncok forgó elemei
fizika	lövedékek forogva haladó repülése
technika	járművek rugózása – haladás és rezgés, műrepülő mutatványok
élővilág	„propeller” termések esése, delfinek és repülő halak mozgása, lazacok vándorlása
sport, akrobatika	műugrás, műkorcsolyázás összetett elemei (dupla és tripla axel, leszúrt Rittberger), kalapácsvetés, diszkoszvetés, összetett mutatványok trapézon, akrobatikus tánc
természetföldrajz	a forogva keringő Föld egyik kontinensén egyúttal földrengés terjed tova, hullám kicsap a partra
csillagászat	bolygók mozgása – forgás és keringés, a Naprendszer mozgása galaxisunkban, a Föld mozgása a Naprendszer mozgását is figyelembe véve
űrkutatás	keringő egység mozgása a manőverek során

4.9. táblázat. Példák összetett mozgásokra

a. Továbbhaladás: összetett testek elemeinek összehangolt mozgása

Eddig szándékosan nem vettünk tudomást arról, hogy az autóknak kerekük is van, és az autó úgy halad előre, hogy a kerék közben forog. Csakhogy az autók haladása még ettől is izgalmasabb. Hiszen egymást követik a kérdések: Mi forgatja a kereket? És a tengelyt? Az autó mozgása csak látszat: láthatatlan ugyan, de belül működik a motor. A dugattyúk periodikusan fel-alá járnak a hengerben, hogy forgásba hozzák a főtengelyt, ami fogaskerekeken keresztül forgásba hozza a kerekek tengelyét és a hozzá rögzített kerekeket. A külsőleg észlelhető mozgást összehangolt belső mozgás hozza létre. Amikor lényeges az alkatrészek egymástól nem független mozgása, fel kell adnunk a merev test egyszerű modelljét. Az **összetett testek elemeinek összehangolt mozgása**, azaz a **működés** élménye kárpótolja a megismerés nehézségeit.

A növényvilág tele van olyan mozgásokkal, amelyek nem is nagyon értelmezhetők a fizika „nyelvén”, mert nem tipikus helyváltoztatás a lényegük. Ilyenek például a növekedéssel kapcsolatos mozgások (szaknyelven a tropizmusok). Pl. amikor egy növény szára a különböző növényi hormonok hatására a fény felé növekszik, vagy éppen ellenkezőleg: a gyökere a gravitációs vonzás áttételes hatására lefelé nő. Növekedéses mozgás az is, ami során a kúszónövények hajtásai végén a kacsok rátekerednek a támasztékul szolgáló tárgyra (a másik növény szárára vagy egy karóra). E tekeredéses növekedésben olyan hormonok játszanak szerepet, amelyek a másik tárggyal való érintkezés hatására keletkeznek (vagy éppen bomlanak el). Minden ilyen növényre jellemző, hogy növekedése irányát tekintve jobbra vagy balra kanyarodva tekeredik a karóra. Végső soron még az is növekedéssel kapcsolatos növényi mozgás, hogy egy fatörzs – ahogy évente egy-egy évgyűrűt növeszt – folyamatosan vastagodik.

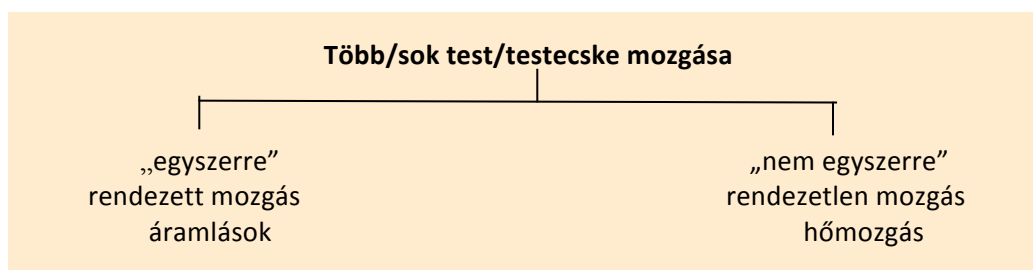
Ilyen „működési mozgások” azok a növényi nem hely-, hanem helyzetváltoztató mozgások is, amelyeknek az az alapja, hogy valamilyen külső hatásra megváltozik a sejtek feszessége, a sejtplazma nyomása (szaknyelven turgornyomása). Ezek az ún. nasztiák. Ilyen pl. bizonyos virágoknak (pl. a tulipán), illetve virágzatoknak (pl. a százsorszép, pitypang) a fény erősségétől függő reggeli kinyílása, esti becsukódása. Az ún. virágórák azon alapulnak, hogy az egyes fajokra jellemző, hogy reggel hány órakor nyílnak ki, és este hánykor zárulnak. Ilyen a mimóza összetett levelének érintésre bekövetkező összecsukódása, vagy a sóskaborbolya (a mahónia és más növények) porzószállainak érintés hatására való behajlása, amellyel rácsapja a virágport a nektárt kereső rovar hátára. Szintén érintésre „működnek” bizonyos „rovarevő” növények. A harmafű ragacsos és emésztőnedvet is tartalmazó nyúlványa az érintési inger (a rászálló rovar) felé hajlik. Az ún. vénusz légycsapója levele pedig a rovar érintésének hatására viszonylag gyorsan összehajlik, és a levél szélén lévő erős nyúlványok az összekulcsolt kéz ujjaihoz hasonlóan elzárják a rovar menekülés útját.

A kiterjesztési területek	Példák
gyermeki tapasztalatok	futás közben, után gyorsabban ver a szívünk
fizika	gördülés, áttétel
technika	a mozgást „átvivő” áttételek: kerékpár láncfajda, turbó meghajtás, sugárhajtóművek, rakéta motor
élővilág, sport	gilisza, hernyó haladó mozgása, a mozgás intenzitásához alkalmazkodó vérkeringésmozgás
természetföldrajz	a mozgás intenzitásához igazodó vízimalmok, szélmalomok, szélenergiaátvitel
fizika-kémia	molekulák összetett mozgása (egymástól nem független forgás, rezgés)

4.10. táblázat. Példák összetett mozgásokra

b. Továbbhaladás: több/sok test mozgása

Egyetlen test lehetséges mozgástípusainak megismerése után térjünk át több, esetleg sok test együtt történő mozgására! A rendszerezés során ekkor is több lehetőség kínálkozik (4.4. ábra).



4.4. ábra. A több test mozgásának típusai

A legegyszerűbb, magától értetődő eset, amikor kötések vannak a testek között, mint például a vonatszerelvény mozgása során. Ennek a sok testecske (részecské) halmazára vonatkozó megfelelője a merev test illetve általában a szilárd testek, melyekben a kémiai kötések biztosítják a „kötéléket”. Ha eltekintünk a részecské egyébként előforduló önálló mozgás lehetőségétől, akkor ide sorolhatók a folyadékok is, hiszen az összetartó másodlagos kötések következtében a folyadékok részecskéi is együtt mozognak (folyadékok áramlása).

c. Továbbhaladás: több test együtt és ugyanúgy történő mozgása

„Aki nem lép egyszerre, nem kap rétest estére ...” (gyermekdal, mondóka)

Igazán látványos jelenet, jelenség, amikor az egymástól független testek mozognak **együtt** és **ugyanúgy**, vagyis **rendezetten** vagy **rendszeresen** (több/sok test mozgása azonos irányú és nagyságú sebességgel, szinkronmozgás) (4.11. táblázat).

Feladat

- Mi a hasonlóság és mi a különbség a részecskékből felépülő merev test mozgása és a sok test szinkronmozgása között?
- Keressünk példákat a szinkron- és rendszerszerű mozgásokra!

A kiterjesztés területei	Példák
gyermeki tapasztalat	katonai díszszemle
fizika	több/sok test mozgása azonos irányú és nagyságú sebességgel
technika	kötélékben történő mozgás, pl. kötélekrepülés
élővilág	madár-, halrajok szinkron mozgása, csorda és ménes vonulása, vágatása, állatok násztánca
sport, akrobatika	szinkron úszás, tánc, csoportos cirkuszi attrakciók
természetföldrajz	havazás szélcsendben, jégeső, légköri por ülepedése
csillagászat	meteoroidraj, bolygók mozgása a Naprendszerben, galaxisok mozgása

4.11. táblázat. Példák szinkron- és rendszerszerű mozgásokra

d. Továbbhaladás: áramlások (transzportfolyamatok)

A **testecskék** (részecskék, atomok, molekulák, mikroszkopikus méretű testek) ugyanúgy mozognak, mint a makroszkopikus testek, csak szabad szemmel nem látszanak. Ezért ezeket a jelenségeket az anyagok, közegek **áramlásaként** ismerjük fel, amiben a részecskék **együtt, rendezetten mozognak**. Az áramlás típusát az aktuális részecske tulajdonsága határozza meg (4.12. táblázat).

Részecskék és mozgásuk típusa	Az áramlás típusa
gázok és folyadékok molekulái haladó mozgás (a nagyobb nyomású hely felől a kisebb nyomású felé)	részecskeáramlás
gázok és folyadékok molekulái; haladó mozgás (a magasabb hőmérsékletű helyről az alacsonyabb hőmérsékletű hely felé)	hőáramlás
víz-molekulák rezgőmozgása térben	hullámozgás
elektromos töltéssel rendelkező részecskék (elektronok, ionok) egyirányú mozgása	elektromos áram, egyenáram
elektromos töltéssel rendelkező részecskék (elektronok, ionok) oda-vissza mozgása, illetve rezgőmozgása	elektromos áram, váltakozó áram
különböző részecskék elkeveredési kényszere; a „több” felől a „kevesebb” felé, a nagyobb koncentrációjú hely felől a kisebb koncentrációjú felé	diffúzió
a víz-molekulák áramlása féligáteresztő hártyán keresztül, a több vizet tartalmazó hely felől a kevesebb felé	ozmózis

4.12. táblázat. A részecskék mozgása és az áramlási típusok kapcsolata

A gázokban a részecskék (a molekulák) teljesen függetlenek egymástól, a levegő mégis áramlásba hozható. Az elektromos töltéssel rendelkező részecskék áramlása hozza létre az elektromos áramot. Áramoltatott anyag az élővilágban gáz, folyadék vagy képlékeny „massza” lehet. Gáz áramoltatására a rovarok légcsőrendszerének (trachea) a működése

lehet példa. Többnyire a potroh izmokkal történő, ritmikus mozgásával nyomkodja ki-be a rovar a légcsövekben lévő levegőt. Ehhez hasonló levegő ki-be áramlás történik a magasabbrendűek tüdejében is. A növények szállítóedény-nyalábjaiban vizes oldatok áramlanak: a gyökérszettől a levelekig a talajból felvett szerves anyagok oldata, lefelé pedig a levelekben elkészített szerves anyagok. Az állatok bélcsatornájában a szájüregtől a végbélnyílásig különböző „sűrűségű” massa áramlik. A fejlettebb állatok testében a vér- és a nyirok-keringés áramlása biztosítja a nyers- és salakanyagok szállítását.

A kiterjesztés területei	Példák
gyermeki tapasztalat	a csapból kifolyó víz, porszívó, spray, sárkányeregetés szélben
fizika	gázok, folyadékok áramlása nyomáskülönbség hatására
technika	pumpa, kompresszor – festékszóró, turbószivattyú, vákuum szivattyú víz-, kőolaj-, földgázvezeték
sport	vadvízi evezés
élővilág	növények és állatok nedvkeringése, légzés, ingerületvezetés
földrajz	levegő, légkör – szellő, szél, viharos szél, folyóvizek sodrása, áradás, légáramlások, tengeráramlások, magmaáramlás, lávafolyás, lavina
csillagászat, űrkutatás	napszél, elemi részecskék áramlása

4.13. táblázat. Példák az áramlások megjelenésére a természetben

e. Továbbhaladás: utazás

„Törött kordén utazik És utánuk cifra ház
Egy kopasztott kánya, Gördül sok keréken ...”
S haját tépve Bogyóvére, (Weöres Sándor: Déli felhők)
A király leánya.

Az együtt mozgásra persze találunk olyan egyszerű példát is, mint a **szállítás**. Elevenítsük fel a teher- és személyszállítás történetét! Az ember kezdetben maga cipelte, majd állatokkal vitette a terhet. Az állatokkal vontatott kocsik korában növekedhetett a teher, mert húzni könnyebb volt, mint cipelni. A motoros vontatás tovább növelte a „lóerőt”. A szállító egység lehet bármilyen típusú teher vagy személyszállításra alkalmas eszköz, jármű, lehet sporteszköz, de lehet állat vagy akár makromolekula is. A lényeg az, hogy **testek szállítanak, mozgatnak testeket**. A szállítás az élővilágban (is) teljesen általános jelenség. A szarvas szállítja (szándéka nélkül persze) a bőrében lévő kullancsot, a fertőzött ember a hajában lévő tetűt vagy a bélcsatornájában lévő baktériumokat. A róka szállítja a szőrébe kapaszkodott „bogáncsot”. A vér a vérsejteken, az immunanyagokon és tápanyagokon túl pl. az oxigént és a szén-dioxidot. A sejthártyába beépült speciális fehérjemolekulák úgy szállítják a sejtbe a kívülről érkező molekulát, hogy megkötik azt a külső „végükön”, és ettől úgy változik meg a térszerkezetük, hogy annak következtében a megkötött molekula a fehérje belső „végére” kerül, majd ott leválik a speciális fehérjéről, és folytatja útját a sejt belsejében. Vannak olyan különleges fehérjemolekulák is, amelyek a sejt belsejében szinte végig-lépegetnek egy rost mentén, így juttatják el a szállított kis molekulát a célhelyre. Lényegében az is „szállítás”,

amikor a sejtosztódás meghatározott szakaszában a kromoszómák az osztódóban lévő sejt közepéről – speciális húzófonalak hatására – a két végére vándorolnak.

A kiterjesztés területei	Példák
gyermeki tapasztalat	csecsemő utazása a babakocsiban
fizika	együtt mozgás
technika	autó, vonat, mozgólépcső, lift szállítja a személyt és az árut
élővilág	méhek rovarok virágport, állatok élősködőket, madarak zsákmányt és termést, makromolekulák kismolekulákat (a hemoglobin oxigént) szállítanak, jégtablán utazik a jegesmedve, vízben farönkön utaznak állatok
sport	sporteszköz (szánkó, bob stb.) szállítja a sportolót
természetföldrajz	a vízrészecskékkel utazik a (lebegtetett és oldott) hordalék, a gleccserrel a moréna anyaga, a levegőrészecskékkel a szennyezőanyag (pl. korom, por)
csillagászat	üstökösön utazik a rajta landolt leszállóegység
úrhajózás	teherúrhajók mozgása

4.14. táblázat. Példák a testek testek általi mozgatására, a szállításra

„Isten tudja, honnan jöttem, / Köd előtttem, köd mögöttem.
Szél hozott, szél visz el. / Bolond kérdi, mért visz el.”
(Szabó Lőrinc: Szél hozott, szél visz el)

Az áramló közeg is szállíthat, magával vihet, olykor ragadhat, sodorhat testeket (4.15. táblázat).

A kiterjesztés területei	Példák
gyermeki tapasztalat	faleveleket vagy terméseket szállít a szél, papírhajók utaznak a folyón, palackposta
technika	tutaj, pneumatikus szállítás
élővilág	ivarsejtek, pollenek szállítása, madarak emelkedése termikekben, vérszuszátok áramlása a vérben, a nedvkeringés szállító funkciója
sport	vitorlás, jégvitorlás, szörf, vitorlázó repülő, siklóernyők emelkedése termikben
sportélettan	a terheléshez alkalmazkodó oxigéntranszport
földrajz	földcsuszamlás, hordalékszállítás vízben, jégben, levegőben, árvíz sodrása, szálló por, homok, oldott anyag szállítása

4.15. táblázat. Példák az áramló közeg általi sodródásra

f. Továbbhaladás: több test mozgása, amikor felborul a rend...

Amíg a szinkronmozgás látványos, az **egymástól független, rendszertelen mozgás**, mint például a versenyzés, izgalmas. A Forma-1-es versenyautók csak pillanatokig mozognak együtt, mert minél hamarabb igyekeznek egymást megelőzni. Az első adódó alkalomtól kezdve függetlenné próbálnak válni egymástól, és előbb-utóbb ugyanúgy széthúzódnak a mezőny, mint a hosszútávfutás vagy a maratoni futás esetében. Az előzéshez szükséges

irányválttatás során azonban a képzeletbeli pályák keresztezik egymást, ami az ütközés veszélyét rejti magában. Azonban azonos irányban is történhet baleset, ha valaki – figyelmetlenül – gyorsabban próbál haladni, mint az előtte levő. A rendszertelen, **rendezetlen mozgás** biztonságos, ezért szórakoztató a vidámparkok dodzsemében ülni. Ugyanakkor tragikussá válhat, amikor pánik tör ki a tömegben.

g. Kiterjesztés testecskék sokaságára

A gázokban folyamatos a részecskék ütközése, mégsem vezet tragédiához. Egy-egy molekula két ütközés között ugyan haladó mozgást végez, de a sok, eltérítő ütközés miatt lassan jut el egyik helyről a másikra. Ezért erre a mozgásra már nem a haladás a jellemző, hanem a céltalanság, az ütközések által okozott **véletlenszerű irányváltozás**. Az összevisszaság ráadásul annál nagyobb, minél melegebb van, vagyis minél magasabb a hőmérséklet. Ez a mozgástípus azért fontos, mert a hő egyik megjelenési formája.

Feladat

Képzeld el, hogy hogyan változik a részecskék (vízmolekulák) mozgáslehetősége a jég olvadása, majd a víz párolgása, illetve forralása során. Mi történik akkor, amikor a gőz lecsapódik, illetve a víz megfagy?

A **rendezetlen** hőmozgás szilárd halmazállapotban korlátozott, mert a részecskék helyhez kötöttek, ezért csak rezgőmozgást végezhetnek. Ez azonban rendezetlensége miatt nagyon különbözik a részecskék hangot keltő szinkronmozgásától, az akusztikus rezgésektől. Nyáron hiába melegszik fel a harang, attól még nem „kong”. A folyadékokban a részecskék már nem annyira helyhez kötöttek, mert a rezgés mellett el is gördülhetnek egymáson. Ettől azonban még nem áramlik a folyadék. A gázokban a hőmérséklet emelkedésével már összetett mozgás is kialakulhat, amikor a haladás mellett megjelenik a forgás és molekulán belüli rezgés lehetősége is.

A kiterjesztés területei	Példák
gyermeki tapasztalat	a „porcicák” mozgása a beszűrődő fényben, a víz halmazállapot-változása a hőmérséklet változása hatására
fizika	belső mozgás, véletlenszerű rendezetlen hőmozgás (gázok belső energiája)
technika	a részecskék munkája a belső égésű motorokban
élővilág	élőlények test- (fiziológias-) hőmérséklete, téli álmot alvó állatok hibernációja
sport	futás, edzés során „kimelegszünk”
természetföldrajz	hőmérséklet és változása, hatásai a csapadékok halmazállapotára, a légkör hőmérsékletének változása a magasság függvényében
csillagászat	égitestek hőmérséklete
űrhajózás	az űrséta feltétele

4.16. táblázat. Példák részecskék rendezetlen mozgására

Feladat

Képzeld el a vízrészecskék „sorsát”, amikor a párolgást követően a légkörben felfelé vándorolnak!

A mozgás sebessége

a. Látszat és valóság – mozgás vagy nyugalom?

Már fárasztó ez a mozdulatlanság. Az ablakon kinézve a síkságon messzire látok. Olyan, mintha a Föld fordulna el alattam! Ilyen gyorsan forogna? Hallva a kerekek kattogását tudatosul bennem, hogy csak a vonat száguld. Végre megérkeztem. A vonat áll, mellette állok én is, és sehogy sem érzem, hogy a Föld forog. Pedig még kering is ez a hatalmas űrhajó! (Róka A.)

Mikor még meg sem születünk már együtt forogtunk a Földdel. Annyira beívódott idegrendszerünkbe az együtt mozgás, hogy számunkra ez jelenti a nyugalmat. Ezért logikusnak tűnik, hogy minden a Földhöz képest mozog, vagyis nemcsak ami a felszínen történik, hanem a Nap, a Hold és a csillagok is a Föld körül keringenek. A Föld a nyugalom szigetének és egyúttal – vagy éppen ezért – az egész világ középpontjának tűnik. Ezt a fejlődő gyermek a látszat alapján ugyanúgy gondolja, mint az ókori emberek. A látszat felülbírálása nem volt egyszerű, mert annyira megbízhatónak tartották érzékszerveinket, hogy nem kételkedtek a tapasztalatok valóságában. Sok ember ma is csak elhiszi vagy megtanulja a valóságot, hiszen ritkán győződhet meg arról, hogy a Föld valóban forog, hacsak nem látta lengés közben a Foucault-ingát. Mert amíg alattunk nem fordul el a Föld, bármilyen magasra is ugrunk, a lengési síkját törvényszerűen megtartó inga egymást keresztező vonalakat rajzol a földre, bizonyítva ezzel a Föld elfordulását. A nyugalom tehát csak illúzió, viszonylagos, mert minden mozog. A mozgás az anyag létezésformája. Az együtt mozgás kelti a nyugalom érzetét.

Feladat

Keressünk példákat a viszonyítás átélésére, amelyek példáját adják annak, hogy nem mindegy mit mihez viszonyítunk!

A kiterjesztés területei	Példák
gyermeki tapasztalat	a Nap, a Hold, a csillagok mozgása az égbolton
fizika	viszonyítás, a viszonyítási hely, pont megválasztása
technika	utazás kívülről és belülről nézve
természetföldrajz	a légkör is együtt forog a Földdel
csillagászat	a bolygók (Mars, Vénusz) látszólagos mozgása az égbolton, a bolygók mozgása Naprendszeren kívülről nézve
űrkutatás	GPS – a geostacionárius műholdak és a Föld viszonya

4.17. táblázat. Példák a mozgás viszonylagosságára

b. Továbblépés: lassan vagy gyorsan? – A mozgás-jellemzés kiterjesztése a sebesség fogalmával

Ha a mozgás ennyire alapvető tulajdonság, akkor szükségszerű a minél részletesebb jellemzése. A mozgás iránya után újabb jellemző a gyorsasága. A **gyorsaság** különbözőségéről a mindennapok során a versenyeken keresztül szerzünk tapasztalatot. Amikor a Forma-1 autóverseny vagy a Tour de France kerékpárverseny mezőnye széthúzódik, elől halad a leggyorsabb, üldözik őt a gyorsak, akiket követnek a lassúbbak, végül a lelassúbb. A kiépített sportpályákon mindenkinek ugyanazt a távolságot kell megtennie (futás, úszás, korcsolyázás, technikai sportok). A gyorsabb rövidebb, a lassabb hosszabb idő alatt ér célba. A gyorsaságot ilyenkor a közben eltelt **időtartammal** jellemezzük.

Feladat

Gyűjtsünk példákat a gyorsaságot jellemző időtartamra a sport területéről (pl. úszó- és futószámok)!
Gyűjtsünk összehasonlításra alkalmas sebességadatokat a fény, a hang, az állatok és a technika köréből!

A kiterjesztés területei	Példák
gyermeki tapasztalat	a gyermekkori járművek gyorsaságának, sebességének összehasonlítása
fizika	az út és az idő hányadosa a mozgás iránya megegyezik a sebesség irányával (vektor mennyiség)
közlekedési eszközök	milyen gyorsan? járművek sebességének összehasonlítása (szárazon, vízen és levegőben)
technikai sportok	ki kit előz meg?
élővilág	ki kit fog meg? állatok sebességének összehasonlítása; zsákmányszerzés, vándorlási sebesség
sport	ki lesz az első?
természetföldrajz	a kőzetlemezek vándorlási sebessége, az úszó jéghegyek sebessége, szélsebesség, az időjárási frontok haladási sebessége, a felhővonulás gyorsasága, a vízáramlási sebesség
csillagászat	meteorok, üstökösök repülési sebessége, bolygók keringési sebessége
űrkutatás	űrhajók keringési sebessége, űrszondák sebessége a Naprendszerben

4.18. táblázat. Példák a sebesség megjelenésére

A futóverseny történhetne úgy is, hogy a startpisztollyal kétszer lőnének, indításkor és leállításkor. Ebben az esetben mindenki ugyanannyi ideig futna és más-más távolságra jutna. Ha a mozgás gyorsaságát kiépített pálya nélkül, tetszőleges esetben szeretnénk meghatározni, akkor a távolságot is és az eltelt időt is meg kell mérnünk. Ehhez azonban meg kell állapodnunk, hogy a szükséges adatokat mivel és milyen egységekben mérjük (másodpercben, percben vagy órában, illetve méterben vagy kilométerben). A mért adatok birtokában aránypárral már könnyen kiszámíthatjuk, hogy 1 másodperc, vagy 1 perc, vagy 1

óra alatt mekkora a megtett út. A fizikában ez a mérési utasítással megadott adat válik a mozgás gyorsaságát jellemző sebességgé. A mindennapi tapasztalat transzformációjaként kialakított fogalom talán azért szokatlan, mert mindkét mennyiség határozatlan: valamekkora idő alatt mekkora távolság. A mérési utasításnak megfelelően a **sebességet** a nagysága (amit a mérőszám jelez) és a mértékegysége együttesen jellemzi. A mérés módját, hogy az időt és a távolságot mivel mérjük, célszerűen választjuk meg, ami egyúttal a mértékegységeket is rögzíti. Fontos megemlítenünk, hogy a sebesség iránya határozza meg a mozgás irányát.

c. A sebesség kiterjesztés más mozgástípusokra

A sebesség fogalma jól érzékelteti, hogy hány adattal kell jellemeznünk a mozgást, ha pontosak akarunk lenni. Ezért a továbbiakban nem egyszerűen mozgásról, hanem a mozgás állapotáról, rövidebben **mozgásállapotról** kell beszélnünk (4.19. táblázat).

A sebesség nagysága	A sebesség iránya	Mozgásállapot
állandó	egyenes és állandó	egyenes vonalú egyenletes mozgás
változó (gyorsul, lassul)	egyenes és állandó	egyenes vonalú változó (gyorsuló-lassuló) mozgás
állandó	változó és körpálya	egyenletes körmozgás egyenletes forgó mozgás
változó (gyorsul, lassul)	változó és körpálya	nem egyenletes körmozgás, illetve forgó mozgás
változó (gyorsul, lassul)	körív mentén változó	ingamozgás
változó (gyorsul, lassul)	egyenes mentén változó	rezgőmozgás

4.19. táblázat. A mozgás sokoldalú jellemzése a mozgásállapottal

A kiterjesztés területei	Példák
fizika	levegőben és vízben szabadon eső golyó mozgásának összehasonlítása; az inga lengésének elemzése
technika	gyorsulási versenyek; hány másodperc alatt változik a sebesség 0-ról 100-ra (km/óra értékre); katonai repülőgépek felszállása és leszállása, az anyahajóról illetve az anyahajóra
sport - extrém sport	ejtőernyőzés, „bungee jumping”, sztratoszféraugrás
élővilág	állatok gyorsítási és lassulási technikái
természetföldrajz	áramlási sebesség eltérése sós és édesvízben, hideg és meleg vízben
csillagászat	a bolygók és az üstökösök mozgásának összehasonlítása
űrkutató	leszálló egységek fékezésének technikája, a Rosetta űrszonda gravitációs gyorsítása

4.20. táblázat. Példák a mozgásállapotról

A sebesség szempontjából a legegyszerűbb mozgásnak az **egyenes vonalú, egyenletes mozgás** tűnik, amikor a sebesség nagysága sem változik. Később, amikor a mozgásállapot-változás okával is foglalkozunk, majd kiderül, hogy nem is ez a legegyszerűbb mozgás. Az

esetek többségében azonban nyugalmi állapotból indulunk, és az állandósuló sebességet el kell érni, majd meg is kell állni. Ilyenkor gyorsítunk illetve lassítunk. **Állandó gyorsulással** esik a szabadon eső test. A haladási sebesség állandósulásától kezdve a forgási-keringési sebesség értéke is állandó, csak az iránya változik folyamatosan (egyenletes kör illetve forgómozgás). Gyorsításkor és lassításkor azonban már a sebesség nagysága is változik (gyorsuló – lassuló kör- illetve forgómozgás).

d. Periodikus mozgások sebességének jellemzése

A periodikus mozgások esetében további lehetőség kínálkozik a mozgás sebességének jellemzésére. A megtett út helyett sokszor célszerűbb azt megadni, hogy a test óránként, percenként vagy másodpercenként hányszor tért vissza a kiindulási állapotba. A kör és keringő mozgás esetében ez a fordulatok száma (fordulatszám), lengő- és rezgőmozgás esetében a lengések illetve rezgések száma, vagy a frekvencia.

e. A sebesség fogalmának kiterjesztése

Egyetlen sebességértékkel jellemezhető több test és a részecskesokaság (közeg) mozgása is rendezett mozgás esetében (4.21. táblázat).

A kiterjesztés területei	Példák
fizika	rendezett – szinkronmozgás sebessége (a képzelt vagy valós tömeg-középpont sebessége)
technika, sport	kötélék sebessége
sport	tömeges versenyszámokban a „boly” sebessége
élővilág	állatok vonulási, vándorlási sebessége (sáskajárás, darvak, vadludak, csordák); a vérkeringés áramlási sebessége
földrajz	szélsebesség, stabil légköri képződmények (ciklonok, tornádók) sebessége; vizek áramlási sebessége (sodorvonal)
csillagászat	galaxisok sebessége
űr - űrkutatás	a Napból érkező sugárzások sebessége (fény, protonok, elektronok)

4.21. táblázat. Példák vonulási, vándorlás és áramlási sebességre

f. A sebesség kiterjesztése a folyamatokra, a változásokra

A sebesség fogalma a **folyamatokra, változásokra** is kiterjeszthető, általánosítható. Ilyen esetben nem a ténylegesen megtett út hossza az érdekes, hanem bármilyen más **fizikai mennyiség változása a mért idő alatt** (vagyis az idő függvényében) (4.22. táblázat).

A kiterjesztés területei	Példák
halmazállapot-változás	olvadás – fagyás, párolgás – lecsapódás sebessége
oldódás – kristályosodás	oldódás és kiválás, kristályosodás sebessége
hőmérsékletváltozás	lehűlés, kihűlés – felmelegedés sebessége
nyomásváltozás	hang és lökéshullám terjedési sebessége
elektromos töltés vándorlása	áramerősség
részecskék vándorlási sebessége	diffúziósebesség, ozmózis sebessége
kémiai reakció	reakciósebesség, égési sebesség, erjedési sebesség
táplálkozás	a tápanyagok hasznosulási sebessége
szaporodás	vírusok, baktériumok, gombák szaporodása
fejlődés	egyedfejlődés, fejlődési sebesség
alkalmazkodás	alkalmazkodási sebesség
mérgezés	a mérgező anyag hatásának megjelenése

4.22. táblázat. Példák a folyamatok sebességére

g. Kiterjesztés az összetett mozgásokra – a folyamatok sebessége

A legegyszerűbb eset, amikor az összetett mozgásban megjelenő mozgástípusok függetlenek egymástól. Ilyen esetekben a sebességek is függetlenek egymástól. Az ablaktörlő sebessége látszólag független az autó haladási sebességétől. Felhőszakadás esetében azonban az ablaktörlő véges sebessége határt szabhat az utazási sebességnek. Az igazi érdekességet azok az esetek jelentik, amikor a mozgástípusok nem függetlenek egymástól, például amikor az autó nem csúszik meg, a kerekek egyetlen fordulata alatt éppen annyi utat tesz meg, mint amekkora a kerék kerülete. A forgási sebesség (a fordulatszám) a gördülés esetében meghatározza a haladási sebességet. A futáshoz, a technikai eszközök működéséhez hasonlóan egyre több oxigénre van szükségünk. Az oxigén bevitelének sebessége a légzés szaporaságával szabályozható. Mivel az oxigént a vér, ezen belül a vörös vértestek hemoglobinja szállítja a testi sejtekhez, az áramlási sebességet a szív alkalmazkodó összehúzódása (frekvenciája) szabályozza.

A kiterjesztés területei	Példák
fizika	a gördülés és a haladás sebességének összefüggése, fogaskerék áttételek, örvények keletkezése, a lamináris áramlás turbulenssé válása
technika	a belső mozgás (dugattyúk fel-le mozgása) és a haladó mozgás sebességének összefüggése
sport	sebességváltás kerékpárokon, kalapácsvetés, diszkoszvetés, a forgási sebesség és a repülési sebesség összefüggése
éővilág - élettan	a belső mozgás (keringés és légzés) és a haladó mozgás sebességének összefüggése, a teljesítmény természetes határa
természetföldrajz	ciklonok, tornádók haladási sebessége

4.23. táblázat. Összetett mozgások (egymástól nem független mozgástípusok) sebességének példái

h. Kiterjesztés a mozgásmennyiségre – lendület, impulzus

A mozgásállapot változásakor, illetve változtatásakor az elérendő sebesség mellett fontossá válik a test / részecske "mérete", pontosabban **tömege** is. Az ugyanakkora sebességgel repülő „könnyű” (kis tömegű) és „nehéz” (nagy tömegű) test nem egyenértékű egymással. A pingpong labda becsapódáskor nem üt akkorát, mint egy teniszlabda. A gyorsulási versenyeken igyekeznek az autókat minél „könnyebbre” (kisebb tömegűre) építeni, hogy könnyebben lehessen felgyorsítani. Az adott tömegű test az elért sebességgel együtt további fizikai tulajdonsággal, mozgásmennyiséggel rendelkezik. A **mozgásmennyiség** nagyságáról a mindennapok során az ütközések során szerzünk tapasztalatot (4.24. táblázat). Rendkívül érdekes és tanulságos jelenség az azonos tömegű, rugalmas biliárdgolyók ütközése. A lökessel elindított golyó az egyenes mentén történő (centrális) ütközés során meglöki az álló golyót. A mozgásmennyiség ilyenkor valósággal átköltözik a mozgásban lévő golyóról a nyugalomban lévőre, és a korábban mozgó golyó megáll. A jelenség alapján már most érdemes megjegyezni, hogy a mozgásmennyiség **megmaradó jellegű mennyiség**.

A kiterjesztés területei	Példák
gyermeki tapasztalat	a labda visszapattanása, pattogtatása, a hinta „hajtása” lendítéssel, biliárdgolyók ütközése, dodzsem ütközések, paintball-golyó ütése
fizika	mozgásmennyiség vagy lendület, impulzus, rövid ideig tartó gyorsítás: lökés, lendítés, ütés, dobás, hajítás, rúgás, lőfegyverek működése
spotágak	súlylökés, gerelyhajítás, tenisz, baseball, squash, golf, kézilabda, labdarúgás,
közlekedés	balesetek (koccanás, súlyos ütközések)
élővilág	medúza, tintahal mozgása, dió feltörése pottyantással, tojás feltörése kődarab ráejtésével
természetföldrajz	széllökés, hullámlökés
csillagászat	kráterek keletkezése égitestek becsapódásával

4.24. táblázat. Példák a mozgásmennyiség változására

Hallgatói kérdések, feladatok

Morfondírozni való kérdések

1. Van-e a világon olyan, ami egyáltalán nem mozog?
2. Vajon miért nincs az állatvilágban kerekkel való mozgás (ha egyszer az a leggazdaságosabb)?
3. Miféle mozgást, változást nevezhetünk fejlődésnek?
4. Létezik-e olyan, hogy fizikai értelemben nincs munkavégzés, pedig biológiailag van? És fordítva?

Javasolt vizsgálatok

1. Földi giliszta mozgásának megfigyelése
2. A kézfej vénáin a vér áramlásának iránya és a billentyűk szerepe

3. Szívószállal ivás egy pohárból úgy, hogy mélyen előrehajolunk (a nyelvcső előre lejt)
4. Virágok és virágzatok kinyílásának és becsukódásának (cirkadián ritmus) megfigyelése
5. Csírázó bab magasságának változása (ábrázolás grafikonon)
6. Másra felfutó növények (bab, aprószulák, szőlő stb.) csavarodási irányának megfigyelése
7. Sós-kaborbolya vagy mahónia porzószállainak vizsgálata (nasztia kiváltása)
8. Csiga haladási sebességének megállapítása
9. Halak uszonymozgatás nélküli süllyedésének és emelkedésének megfigyelése
10. Szél által terjedő termések megfigyelése, vizsgálata, sebességük mérése
11. Tücskök ciripelésének összehasonlítása pl. hangmagasság, időtartam stb. tekintetében
12. Egyenesszárnyúak ciripelésének modellezése különböző módokon
13. A békák hanghólyagjának (a hang felerősítésének) modellezése

A fejezetben felhasznált és ajánlott irodalom

1. Berend M. et al (2009–2011): Biológia I–IV. Műszaki Könyvkiadó
2. Csákányné – Károlyházy F. (1996): Fizika 6. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 124 p.
3. Duclaux, L. T. (1984): Kemény energia – lágy energia. Fizikai Szemle. XXXIV. évf. 3–4. pp. 117–124.
4. Driver, R. – Guesne, E. – Tiberghien, A. (szerk., 1985): Children's Ideas In Science. Open University Press, Milton Keynes, Philadelphia, pp. 193–201.
5. Erlichné Bogdán K. – Dede M. – Darai J. – Demény A. (2005): Hely- és időmérés, adatfeldolgozás V-SCOPE és számítógép alkalmazásával. Fizikai Szemle. LV. évf. 6. pp. 213–218.
6. Henke, A. – Höttecke, D. (2011): William Gilbert – Elektromos jelenségek elkülönítése mágneses jelenségektől. Iskolakultúra. XXI. évf. 10–11. pp. 98–112.
7. Jones, A. T. (1983): Investigation of student understanding of speed, velocity and acceleration. Research in Science Education, 13. pp. 95–104.
8. Korom E. (2005): Fogalmi fejlődés és fogalmi váltás. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 192p.
9. Nahalka I. – Wagner É. (1996): Természetismeret. Tanterv 1–6. osztályosok számára. KOMP Iskolamodell, Budapest, 75 p.
10. Nahalka I. (1997): Konstruktív pedagógia – egy új paradigma a láthatáron I–III. Iskolakultúra. VII. évf. 2. pp. 21–33.; VII. évf. 3. pp. 22–40.; VII. évf. 4. pp. 21–31.
11. Nahalka I. – Poór I. – Radnóti K. – Wagner É. (2002): A fizikatanítás pedagógiája. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 330 p.
12. Nahalka I. (2002): Hogyan alakul ki a tudás a gyerekekben? Nemzeti Tankönyvkiadó. Budapest. 143 p.
13. Simonyi K. (1978): A fizika kultúrtörténete. Gondolat Kiadó, Budapest, 616 p.
14. Vogel, H. G-A. (1992): Biológia. SH Atlasz. Springer-Hungarica, 660 p.
15. Vosniadou, S. (1994): Capturing and Modelling the Process of Conceptual Change. Learning and Instruction. 4. pp. 45–69.
16. Wagner É. (2008): A gyermeki elképzelésekkel és változásaikkal kapcsolatos ismeretek és alkalmazásuk a konstruktivista szemléletű fizika tanítás során. PhD értekezés. ELTE PPK, Budapest, 141 p.
17. Zemplén G. (2011): Mi a haszna a természettudományos tárgyak oktatásában a tudománytörténet és a tudományfilozófia diszciplínáinak? Iskolakultúra. XXI. évf. 10–11. pp. 55–97.

A tér- és az időszemlélet alakításának szaktudományi háttere és szemléleti kérdései



5.1. A térszemlélet és alakítása a természetismeret tanulása során

Írta: dr. Makádi Mariann és dr. Róka András

Kulcsszavak: tér, magasság, mélység, 2D és 3D, „téridő” térkép, térbeli koordinátarendszer, térbeli intelligencia, téri képesség, gondolati tér, térbeli gondolkodás, statikus és dinamikus téri gondolkodás, térismereti szintek, térképi tájékozódás, térrajz, térképvázlatszerű ábrázolás, útvonalrajz, természet közeli táj, átalakított táj, kultúrtáj, szemléleti térképolvasás, tájleírás, tájleírás

Mindennapi életünk során a térnek fontos szerepe van – bizonyos nézőpontból a legfontosabb –, hiszen életünk színtere, abban mozgunk, dolgozunk, kommunikálunk, örülünk és fejlődünk. Gondoljuk csak meg, mennyi szavunkban szerepel a tér szóelem (például játszótér, piactér, élettér, térkép, virtuális tér, térerő, eltér)! Szűkebb értelemben a **tér** a tárgyak befogadására azok létezésétől függetlenül létező üres hely, az emberi tapasztalat szerint a három irány (előre-hátra, balra-jobbra, fel-le) által kifeszített helyek összessége. A késő középkorig a tér fogalma nem létezett, Arisztotelész (Kr. e. 384–322) világképében például a helyet a testnek egy másik testhez, illetve az egész világhoz (annak középpontjához) való viszonyaként értelmezte. Miután felismerték, hogy a világ végtelen, tehát középpontja sincs, az abszolút értelemben vett hely fogalma értelmetlenné vált. Isaac Newton (1642–1727) abszolút térfogalma, majd Immanuel Kant (1727–1804) munkássága következtében a tér új értelmezést nyert, a teret velünk született szemléleti kategóriának értelmezték. Csak Albert Einstein (1879–1955) alkotta meg azt a térfelfogást, amelyet ma is követünk: a tér nagyon is valós, anyagainak tulajdonságaitól függenek a tulajdonságai, amelyek mérhetőek, és hatások kiváltására, elszorítására egyaránt képes. A tér az anyag létezési formája. A természetismeret tanítás az ebben a térben zajló változásokkal, jelenségekkel, folyamatokkal foglalkozik.

5.1.1. A téri dimenziók és szemléletük fejlődéstörténete

Az ember tapasztalati tanulása a térről

Nyugodtan kimondhatjuk, hogy átlagemberként fogalmunk sincs arról, hogy mi a tér. Hosszú fejlődés kellett ahhoz, hogy kellő mennyiségű tapasztalatot szereztve ügyesen tudjunk élni benne. Kövessük nyomon, hogy napjainkban hogyan veszi birtokba a teret egy ember a csecsemőkortól a felnőtt korig!

A történet minden bizonnyal akkor kezdődhetett, amikor folyton beleakadt a kezünk a kiságy rácsába. Sehoggy sem tudtuk áthúzni a kezünket a rácson, kárpótlásul viszont bele tudtunk kapaszkodni. A levegőt sokáig azért nem tekintették anyagnak, mert amellett, hogy láthatatlan, megfoghatatlan is. Persze a víz sem megfogható, mert „kicsúszik” (kifolyik) a kezünkéből (kivéve az a kevés, ami rátapad), de legalább láthatóvá válik. Hiszen amikor a gőz cseppfolyóssá válik, felület képződik, amiről visszaverődve már megcsillan a fény. Sok-sok igyekezet árán kénytelenek voltunk megtanulni, hogy az építőkockák nem rakhatók egymásba, csak egymás mellé, alá, fölé, mert az egyik elfoglalja a helyet a másiktól. A testek a vízbe is csak látszólag helyezhetők bele, hiszen kiszorítják a vizet! Gondoljunk csak *Arkhimédész* felhajtóerejére, amikor azt mondja: „...test által kiszorított víz...”! Amikor a test már a vízben van, akkor a víz csak körülveszi. Hasonlóképpen történik még a talajjal is: egy helyen egyszerre csak egy van, vagy a föld, vagy a vakond, vagy a gyökérzet. A vakond kitér, és még a palánta gyökérzete is kiszorítja a talajt. A „kításítás” miatt nem lehetnek egy helyen. A Matryoska babák is csak azért férnek meg „egy helyen”, mert belül „üresek”, és egymásba rakva az egyik kiszorítja a levegőt a másiktól. Idézzük csak fel *Van Helmont* meghatározását: „amit nem lehet látható testté alakítani, új néven gáznak nevezem” (1652).

Amikor nem tudtunk valamibe belehatolni, megtanultuk, hogy a hely foglalt. Valami elfoglalja a „helyet”, de nemcsak széltében és hosszában, hanem a magasságában is. Kialakul bennünk, hogy a hely mindhárom irányra vonatkozik, ezért a testeknek térfoglalása, térfoglalata, térfogata van. Megtanuljuk, hogy mindennek van helye, sőt mindennek „helye” van, hiszen nap mint nap halljuk, hogy: „rakd a helyére”, vagy „ez nem helyénvaló!”. Megszokjuk azt is, hogy a helyek összeadódnak, ezért a tér nagy, és minden belefér. Nem úgy, ahogyan Micimackó gondolta: „Nagyszerű – mondta (Füles) – A léggömböm éppen belefér.” – Az nem, Füles – mondta Mackó. – A léggömbök sokkal nagyobbak, mint a csuprok.” ... – De az enyém nem olyan – mondta Füles büszkén. ... óvatosan beleeresztette a csuporba: megint kivette, visszatette. Ezt többször megismételte.” Ugyanis a kiságyba beleférnek a játékok, a kiságy belefér a szobába, a többi bútor elfér a többi szobában, a házban, az utcán elfér az a sok ház, az összes ország összes építménye elfér bolygónk felszínén (csak a népek nem férnek össze). A tér képzeletünkben, majd meggyőződésünkben függetlenné válik a benne lévő anyagtól, és annak minden változásától. Hiszen ha a környezetünkben van olyan hely, amiben nincs anyag, akkor logikusnak tűnik, hogy a térnek anyag nélkül is léteznie kell, és csak helyenként kerül bele anyag. Az emberiség azonban csak lassan vette birtokba még ezt a mindentől, még az időtől is függetlennek tűnő teret.

A magasság és a mélység születése a földtörténet során

A Föld jelenlegi állapotának ismeretében próbáljunk meg visszakövetkeztetni a bolygónk kialakulásakor uralkodó ősi állapotra! Az olvadákbolygót éppúgy a **felületi erők** húzhatták gömb alakúra, mint a súlytalanságban a vízcseppet. Az olvadéköceán zavartalan kis felülete éppúgy síknak tűnhetett, mint szélcsendben a tavak felülete. Azt nem tudjuk pontosan,

hogyan alakították ezt a kétdimenziós (2D) világot a felszín közeli folyamatok. A magas felszíni hőmérséklet ellenére a bolygóközi tér akkor is hideg volt. A hőmérséklet-különbség akkor is áramlást indíthatott a felszín és a világűr között, amelyek hullámozásba hozhatták még a víznél nagyobb viszkozitású olvadékokat is. Napjainkban a nagy tengeri viharok és a partokig terjedő mélytengeri rezgések (cunamik) 20-40 méter magas 3D-s hullámokat is keltenek. A hőmérséklet csökkenésével a túlhűtőben lévő olvadék a hullámozás közben éppúgy megdermedhetett, mint a tengerhullámok Boston környékén 2015 februárjában a tartósan nagy hidegben. A fagyáspontja alá hűlt (túlhűlt) folyadék állapota rendkívül instabil. Már rázkódás hatására is beindul benne a halmazállapot-változás, és a fagyás-kristályosodás sebessége sokkal nagyobb a hullám terjedési sebességénél. Ezért egy pillanatfelvétellel hasonlóan hullám alakjában fagy meg a mozgásban lévő víz. Ilyen módon már a szilárdulásnak induló földkéreg felületén is **képződhetnek felszínformák**, 3D-s mintázatok. Azt nem tudjuk, hogy milyen szinten jelent meg a magasság ebben az időben, de az joggal feltételezhető, hogy gömbszerű Földön kialakulásának kezdetén sem volt kiegyenlített a hőmérséklet. Ezért valószínű, hogy a kristályosodás nem egyetlen helyen kezdődött, és a kéreg nem egyszerre szilárdult meg. A növekvő szilárd kéregdarabok (kőzetlemezek) hasonlóan úszhattak az olvadéktengerben, mint napjainkban a jégtáblák és a jéghegyek. E hatalmas tömegű lemezeknek olyan nagy volt a mozgási energiájuk, hogy ütközésük során meggyűrődhettek. Ezáltal egyre magasabb felszíni mintázatok jöhetnek létre.

Az atom- és ionrácsos kőzetek olvadáspontja (1000-1500 °C) és a víz forráspontja (~100 °C) között akkora a hőmérséklet-különbség, hogy mire a légkör hőmérséklete az aktuális nyomáson a víz forráspontja közelébe hűlt, a kéreg már az egész felszínen megszilárdulhatott. Így az „öznív” jellegű esőzés már egy 3D-s felszínt ostromolt. A víztömegek kialakulásával áthelyeződött a viszonyítási-vonatkoztatási szint. A víz szintjéhez képest a **magasság** mellett megjelent a **mélység**. Ettől kezdve a szél és a víz együtt formálta a felszínt. Az esővíz először a vízben is oldódó anyagokat oldotta fel, majd a megváltozott kémhatású ásványvíz folytatta az „kilúgozást”, a kioldást. A korábban kőzetekké dermedt ásványok egy része vándorlásba kezdhetett, majd az oldhatóság határáig dúsulva, új helyen, más formában vált ki (migráció). A kultúra egysége még az ember előtt megjelent, mert amíg az erózió „művészien” formázta a felszínt („szobrászat”), a kristályosodás „tudományos” alakzatokat hozott létre (kristálygeometria).

A geoszférák meghódítása

Keressünk példákat vízben és szárazföldön a tér egy-, két- illetve három dimenzióját kihasználó élőlényekre (5.1. táblázat)!

Az ásványok és a kőzetek 3D-s alakzatai után a fejlődésnek induló élet kezdte meghódítani a teret. Korunkban a légkör oxigén-utánpótlásának felét a fitoplanktonok termelik, amik a tengerek felszín közeli vízrétegeiben élnek. Annak ellenére, hogy a fény – a minőségétől

függően – 200–400 méter mélyre lehatol a vízben, a fény energiája csak 40 méterig hasznosítható fotoszintézisre. Elképzelhető, hogy az élet a geotermikus energia segítségével is elindulhatott, de a fejlődése mindenképpen a **fotoszintézisnek** köszönhető. A fény hasznosítása érdekében a cianobaktériumok (vagy kéalgák) és a rájuk épülő tápláléklánc egyedei a felszín közeli vízrétegekben élhettek. Ezért a kezdeti élet színtere – a tengerek mélységeihez viszonyítva – szinte 2D-re korlátozódott. A mélységet először az aljzaton élők (például a tengeri uborkák) foglalhatták el, amik elhalt és leülepedett maradványokkal táplálkoztak. A tengeri evolúció a sokféleség kialakulása mellett egyúttal a víz birtokba vételéről, a mélység meghódításáról szól. A mélység élővilága után kutatók 5000 méter mélyen is találkoztak halakkal. Piccard még a Mariana-árok mélyén is egy lapos halat és egy ismeretlen rákfajt vélt felfedezni. Ez azért megdöbbentő, mert a hadászati tengeralattjárók biztonságos merülési mélysége legfeljebb 500-600 méter. Az ettől mélyebbre történő merülés végzetessé válik, mert az óriási nyomóerő már összeroppantja a hajótestet.

Térirányok (dimenziók) száma	Példák
1D	gepárd száguldása az áldozat üldözésekor
2D felszínen élők, mozgók; kis szintkülönbség	vándorlás felszínen, vízen, vízben, aljzaton; kígyók hullámmozgása, nyulak cikk-cakk futása, molnárika
3D nagy szintkülönbség vízben	mélytengeri élőlények, halak, rákok, aljzaton élők
3D nagy szintkülönbség szárazföldön	fák, mamutfenyők; rovarok; sikló repülésre képes hüllők, madarak; a fákon élő élőlények (mókusok, majmok)

5.1. táblázat. Példák az egyes dimenziókat kihasználó élőlényekre

A szárazföldre terjeszkedő élet még sokáig csak a felszínt vette birtokba. Az első **magasba törő** élőlények a 30-40 méteresre növő őspáfrányok és az ősfák lehettek úgy 350 millió évvel ezelőtt a karbon időszakban. A növényi nedvkeringés ekkor már le tudta győzni a gravitációt, hiszen a légnyomás csak 10 méter magas vízoszlopot tud fenntartani. A víz magasabbra történő szállítása még akkor is csoda, ha sejtről sejtire, szinte molekulánként történik. A magasban, a zöld színtestek által szintetizált szőlőcukor hozza létre azt a koncentrációkülönbséget, ami hajtóerővé válik a gravitációval szemben. A ma élő legmagasabb, és egyúttal legöregebb fák a mamutfenyők. A néhány ezer éves példányok magassága a 110 métert is meghaladja. Az ember számára nem véletlenül vált szimbólummá a magasba törő fa. Az életfa köti össze a mélységet a magassággal, a túlvilágot az égi országgal. A légteret meghódító, a levegőben már manőverező első élőlények a rovarok lehettek, majd jöttek a siklórepülésre, később repülésre képes hüllők. A levegőt igazából a kifinomult mozgású madarak (például kolibrik, fecskék) vették birtokba, akiknél a gyors irányváltoztatással a magassági rekord vetélkedik. Szinte hihetetlen, hogy az indiai ludak vonulásukkor átrepülnek a Himalája felett. Karvalyokat pedig még a polgári repülés magasságában is észleltek (kb. 10 000 m). Az ember esetében óriási teljesítmény oxigénpalack nélkül megmászni a Himalája bármelyik csúcsát. Ezek a madarak olyan speciális oxigénhasznosítással és izomzattal rendelkeznek, hogy még repülni is tudnak ilyen extrém körülmények között.

Az ember térhódítása – a felszín birtokba vétele

Történelmi ismereteink alapján kövessük nyomon, hogyan vette birtokba az emberiség a Földdel a teret! A Föld meghódítását sokáig a felszín birtokba vétele jelentette. A „lakóhely” a gyűjtögetés, a vadászat, majd a vándorlás során ugyan fokozatosan tágult, de az élettér – a kis szintkülönbség miatt – alapvetően 2D-s maradt. A kicsi és a nagy terület hasonlatossága, annyira a kétdimenziós világot sugallta, hogy a Földet sokáig korongnak képzelték (lásd a mitológiai ábrázolásokon). Az egyiptomi rajzok alakjai is a 2D-be „kényszerített”, préselt lenyomatokat idézik. A rajzszerű térképek kezdetben a domborzat érzékeltetése nélkül, felülnézetből, 2D-ben ábrázolták a megismert felszínt (például partvonalak, szigetek ábrázolása). A 2D-s ismeretek az időszámításunk előtti századokban fejlődnek tudománnyá. Talán a csillagokat képzeletben összekötő vonalak, talán a felszínen talált kristályok síkidomai nyomán indul fejlődésnek a geometria, aminek eredményeit Thalész és Püthagorasz után Eukleidész (Kr.e. 300–?) foglalta össze. Az euklideszi geometria fogalmai az optikában öltenek testet: a fényforrás pontszerű, a fény egyenes vonalban terjed, a párhuzamos fénysugarak sem találkoznak, és nemcsak az egymást keresztező, hanem a tükröződő és megtörő fénysugarak is szöget zárnak be egymással. A tükrözés, a fénytörés és a képalkotás törvényei ma is az ókori geometriai ismereteken alapulnak.

Az optikai eszköz szerepét kezdetben az emberi szem töltötte be. Elég volt a képzeletbeli „fényegyenesek” által bezárt szöget mérni. A görög matematikusok ilyen egyszerű módszerrel és a hasonlóság törvényeivel határozták meg a Föld területét, a Hold és a Nap átmérőjét, és az égitestek Földtől mért távolságát. A lencse felfedezésével bővül a 2D ábrázolás lehetősége, hiszen a művész szemlencséje helyett az üveg lencse feszíti síkba a 3D testeket és a teret, amit a fényérzékeny anyagok felfedezésével a fényképezet már rögzíteni is képes (Niepce, 1826, Daguerre 1838). A 20. század elején érdekes fordulatot vesz a művészet története. Az avantgárd törekvésekben a síkidomokra bontással és a vetületi síkok egymásra vetítésével újra a 2D hangsúlyra elevenedik meg (kubizmus, Picasso, 1907). Talán éppen ez a szokatlan művészi ábrázolás ösztönözte a geometria további fejlődését. Kiderül, hogy a sík nemcsak a szabályos síkidomokkal fedhető le hézagmentesen, hanem szokatlan 2D-s alakzatokkal is kirakható (periodikus és aperiodikus csempézés, Escher és Penrose). Hasonlóan meglepő felfedezés volt, hogy léteznek olyan kétdimenziós „vonalak” (matematikai nyelven függvények), amelyeknek bármilyen kicsiny kinagyított részlete hasonló marad az eredetivel, és nem „simulnak ki” a megszokott módon (Mandelbrot, fraktálok, önazonos szerkezetek).

Az elszaporodó emberiség fokozatosan ismerte meg a Föld felszínét. A vadászatot, a kalandozást a kedvezőbb élettér megtalálása vagy elfoglalása érdekében felváltotta a tömeges vándorlás és a hódítás. A kereskedelmi és felfedező utak a növekvő igények kielégítése mellett a felszín megismerését is jelentették. A Föld teljes birtokba vétele

azonban csak a 20. század első évtizedeiben fejeződött be, amikor sikerült meghódítani az extrém körülményeket rejtegető Déli-, majd Északi-sarkot is (*Amundsen, Scott 1911, illetve Amundsen 1926*).

Az élőlények megjelenésével már nemcsak az erózió formázott 3D-s alakzatokat, hanem a molekulák önrendeződésével megjelent az élet, egyelőre mikroszkopikus „**3D szobrászata**” is. Az első élőlények közé tartozó kovamoszatok váza még az ásványi kristályokhoz hasonló euklideszi formákat hordozta. Hajtogatott, gyűrt, 3D-s felületek kezdetben csak a sejteken belüli membránok formájában jelentek meg, majd az eukariotáktól kezdődően kialakultak a sejt-szervecskék (kloroplasztisz, mitokondrium) is. A változatosan görbülő makroszkopikus felületek a vízben a meszes váz, a szárazföldön a kitinpáncél kifejlődésével alakultak ki (csigák, kagylók, rákok, rovarok). A csontokkal és az ízületekkel nemcsak a mozgás lehetősége gazdagodott, hanem a rendkívül változatos 3D formák a nagyobb testet is elbírtak. A csontváz növekvő teherbírásával az őspáfrányok és ősfák mellett a szárazföldön a magas állatok (például dinoszauruszok, mamutok, elefántok, zsiráfok) is megjelentek.

A tér tágulása és meghódítása

Az ember esetében a kívánt alakra történő 3D-s alakítás a pattintással kezdődött, ami a zsírkő csiszolásával és az agyag formázásával az őskori szobrászattá finomodott. A magasságot az emberiség sokáig csak az építészettel hódította meg. A piramisok kitöltött tere után az áthidalási technikával jelenik meg a templomok szabdaltsága (parthenon), és a rómaiak kupolájával születik meg az első osztatlan belső tér (pantheon). Az egyiptomi gízai Kheopsz-piramis mai 139 méter körüli magassága mellett 42 méterével szinte eltölpül Chicago 1885-ben épített első „felhőkarcolója” a Home Insurance Building. A 10 emeletes vasbeton épület több mint 1700 év után is legalább 1 méterrel elmarad a többször is újjáépített Pantheon mellett. Egészen 1889-ig, az Eiffel-torony megépítéséig (301 méter) csak a sorra épülő katedrálisok versengenek a Kheopsz-piramis magasságával. 1931 és 1971 között 381 méterével 40 évig őrizte a magassági rekordot az Empire State Building New Yorkban. Napjaink legmagasabb toronyháza a 828 méter magas Burdzs Kalifa Dubajban, de a Bakuban épülő Azerbajdzsán torony már túllép az 1000 méteren.

Az ember gyalog teljesített magassági rekordjait a hegycsúcsok meghódítása jelentette. A sarkokhoz hasonlítható zord körülményeket először a Kilimandzsáró (5895 m) esetében sikerült 1889-ben legyőzni (*Ludwig Purtscheller, Hans Meyer*). A Csomolungma (8850 m) meghódítása 1953-ig váratott magára, míg a K2 (pakisztáni) hegycsúcsot 1954-ben sikerült elérni. A világtenger mélységét is fokozatosan „győzte le” az ember. Az Ausztrália közelében élő tuamoluk mindenféle segédeszköz nélkül(!) 25-30 méteres mélységből hozzák fel a zsákmányaikat. A mélytengeri búvárok rekordja meghaladja a 200 métert. Az amerikai haditengerészet által kifejlesztett, belül atmoszférikus nyomást biztosító speciális „ruhában”, a kaliforniai partok közelében sikerült a harcászati tengeralattjárók biztonságos mélységéig,

610 méter mélyre hatolni. Ettől mélyebbre csak a 1-2 személyes kutató tengeralattjárók merülhetnek. A Mariana-árok legmélyebb pontját a Challenger Deep-et (11 034 m) eddig kétszer, 1960-ban és 2012-ben érték el.

Keressünk arra példákat, hogy hogyan hódította a meg az emberiség a felszínt, a magasságokat és a mélységeket (5.2. táblázat)!

2D a felszín felfedezése és meghódítása szigetek, kontinensek tengerek, óceánok, átjárók	népvándorlás, hódítás; kereskedelmi és felfedező utak szárazon, vízen (a Római birodalom terjeszkedése, hunok, gótok, germánok, vikingek, tatárok, törökök hódításai) Marco Polo utazása Kínáig (1271–1295), Amerika felfedezése (Kolumbusz, 1492), India elérése Afrika megkerülésével (Vasco Da Gama, 1498), hajóval a Föld körül (Magellán és társai, 1519–1522)
3D a magasság meghódítása, hegymászás sztratoszféraugrás repülés repülési magasság űrrepülés	Kilimandzsáró, Kibo-csúcs (5895 m, 1889) Himalája, Csomolungma (8850 m, 1953) 34 km magasságból (2014) repülés – Wright fivérek sztratoszféra Gagarin – 1961; Apollo – Holdutazás – 1969
3D a mélység meghódítása mélytengeri merülés	tengeralattjárók merülési mélysége (Kurszk -420 m, „945A” 800 m) Mariana-árok, Challenger Deep, (11 034 m, 1960, 2012)

5.2. táblázat. Példák a tér birtokba vételére

Nem kevesebb példát találunk a tudomány és a művészet területén a jelentősebb kétdimenziós és háromdimenziós eredményekre (5.3. táblázat).

Kor, felfedezés	Tudomány, modell	Képzelet, művészet
2D a felszín birtokba vétele	2D – térképek, csillagképek, euklideszi geometria, tapétázás, fraktálok 3D – kristályformák, síkidomokkal határolt testek, domborzat	2D – egyiptomi ábrázolás, korongnak ábrázolt Föld, fényképészet, kubizmus 3D – felszíni kristályok, szobrászat, megalit építészet, Föld-középpontú világmindenség „gömb”
3D magasság és mélység	„3D” – a gömb leképzése, földgömb, domborzat, szintvonalas térképek, képek a magasból, nem euklideszi geometria, holográfia, ultrahangos mélységmérés	„3D” – térábrázolás, perspektíva, Leonardo da Vinci: Mona Lisa, Salvador Daly, életfa, Verne: Utazás a Föld középpontja felé, hologram, 3D fraktálok, 3D nyomtatás
3D a Föld elhagyása	a Naprendszer modellje,, „téridő-térkép”, űrfelvétel, műholdas térkép	Verne: Utazás a Holdba, sci-fi

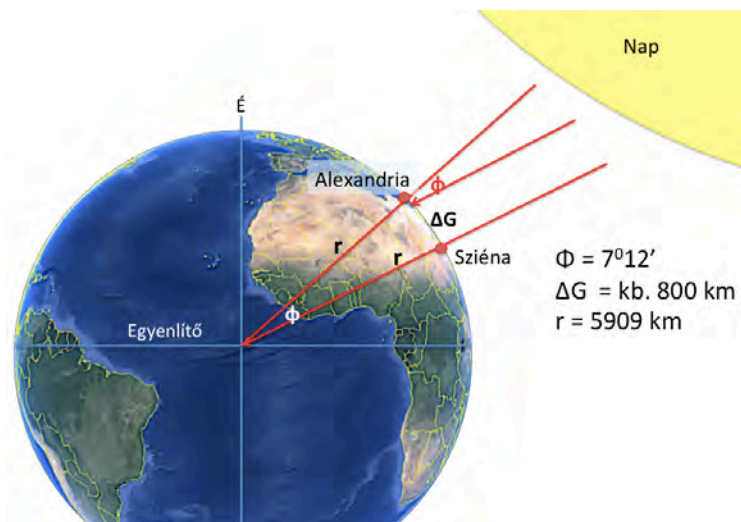
5.3. táblázat. Példák a dimenziókkal kapcsolatos emberi eredményekre!

A Föld elhagyása – még magasabbra!

Az emberiség nagy vágya, a repülés sokáig váratott magára. *Leonardo da Vinci* megálmodott repülő szerkezete csak a 1903-ban, a Wright fivérek repülőgépével válik valóra. A rakéatechnika fejlődésével, az űrhajózás megjelenésével a magasság fokozatosan **távolsággá** alakult. A Hold és a Föld távolságát 1946-ban *Bay Zoltán* vezetésével magyaroknak sikerült először a legpontosabban meghatározni. A radar visszhangon alapuló méréssel 396 168 km-ben határozták meg. *Jurij Gagarin* 1961-es első űrrepülése után az Apollo-11 expedíciójával *Neil Armstrong* 1969-ben lépett a Hold felszínére („kis lépés egy embernek, de hatalmas ugrás az emberiségnek”).

A világtkép fejlődése

A táguló felület görbülő felszínné vált, amikor kiderül, hogy a „korong” gömbölyű! A görög mitológiában *Atlasz* már gömböt cipelt a vállán, az emberiség tehát már rég óta sejtette, hogy gömb alakú. *Eratoszthenész* (Kr.e. 276–195) abból az egyszerű megfigyelésből kiindulva, hogy a Föld különböző helyein ugyanabban az időpontban más és más az árnyék hosszúsága, arra következtetett, hogy a Földnek gömbölyűnek kell lennie. Az év leghosszabb napján, a Nap delelésekor az Asszuánhoz közeli Sziénában nem jelent meg árnyék, míg Alexandriában a testek 7,2 fokos szöggel árnyékot vetettek. A két város közötti távolság, vagyis a „körív” hosszúságának (kb. 5000 sztadion) ismeretében, egyenes arányossággal kiszámította a 360°-os szöghöz tartozó teljes kör hosszát. A Föld kerületére 250 000 sztadion (kb. 40 000 km) adódott (5.1. ábra).



5.1. ábra. Eratoszthenész mérése a Föld sugaráról

Arisztarkhosz (Kr.e. kb. 320–250) holdfogyatkozáskor, a Föld Holdra vetülő árnyékából következtetett arra, hogy a Föld körülbelül háromszor akkora lehet, mint a Hold. Mivel a Nap és a (teli) Hold közel azonos nagyságúnak látszik az égbolton, a hasonlóság törvénye alapján

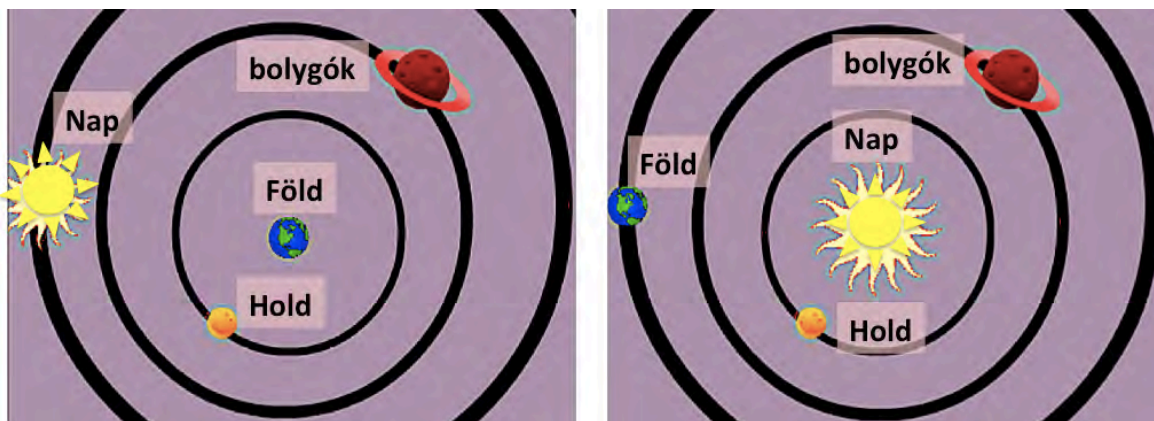
kiszámította, hogy a Holdhoz képest közel húszszoros távolban lévő Nap átmérője legalább hatszorosa a Földének. Ezen alapul korát megelőző elképzelése, hogy nem a nagyobb égitest kering a kisebb körül, hanem fordítva, a Föld kering a Nap körül. Ezzel nemcsak a heliocentrikus világképp korai képviselője, hanem több mint 1800 évvel *Newton* előtt a tömegvonzás lényegére is ráértett.

A logikus érveléseket előbb-utóbb a **személyes tapasztalat** erősíti meg. Amikor *Magellán* expedíciójának sikerül körbe hajózni a Földet, bebizonyosodik, hogy nyugat felé hajózva is lehet kelet felől érkezni. A Föld tehát tényleg gömbölyű. Amíg *Magellán* 16 km/óra körüli sebességgel három évig hajóztak (1519–22), az első űrhajós 8 km/s sebességgel 108 perc alatt kerülte meg a Földet (1961). *Gagarin* (1934–1968) volt az első, aki személyesen győződhetett meg a Föld gömbölyűségéről. Az Apollo-program űrhajósai pedig a Hold „magasságából” már csak korongnak látták a Földet.

Ptolemaiosz (?–K.sz. 168) több mint háromszáz évvel *Arisztarkhosz* után még mindig ragaszkodott a látszathoz. A világmindenséget a Földdel együtt gömbszimmetrikusnak képzelte, aminek a nyugalomban lévő Földet hitte a középpontnak. Ezáltal nemcsak a **Világegyetem 3D-s modellje** született meg, hanem a geocentrikus világképpel az első „**tér-idő**” térkép is. Hiszen a körpályák a bolygók különböző időpontokban elfoglalt helyét, és ezzel az időbeli változást is érzékeltették. A térképszetben *Ptolemaiosz* oldotta meg először a gömbfelület síkra történő leképzését (mai fogalommal a sztereografikus projekciót). Északi tájolású „koordináta rendszerében” már ívelt hosszúsági és szélességi köröket alkalmazott. Ezzel megalapozta a térbeni ábrázolás tudományát. Térképei a nagy földrajzi felfedezések koráig kiindulási alapul szolgáltak.

Érdekes, hogy a tér szinte egyszerre vált háromdimenzióssá a valóságban és az ábrázolásban, hiszen *Martin Behaim* 1492-ben alkotja meg a Föld első háromdimenziós modelljét, a földgömböt. A festészetben pedig majdnem ugyanekkor jelenik meg a tér érzékeltetése, a perspektíva *Leonardo da Vinci* munkáiban. A térszemlélet fejlődésével, a párhuzamos vetületi síkok egymásra vetítésével a 18. században jelennek meg a felszíni domborzatot érzékeltető szintvonalas térképek.

Amíg a vallás ragaszkodott a Föld kitüntetett szerepéhez, a ptolemaioszi geocentrikus világképhez, a látszatot felülbíráló heliocentrikus világkép az inkvizíció kegyetlen üldözése és *Giordano Bruno* máglyahalála ellenére is teret hódított (5.2. ábra). *Kopernikusz* az euklideszi geometria következetes alkalmazásával tovább fejlesztette *Arisztarkhosz* elképzelését (1543). A Vénusz és a Nap látszólagos együttmozgásából arra következtetett, hogy a Vénusz a Nap körül kering. A körmozgás középpontjának áthelyezésével rájön arra, hogy a Nap-középpontú elképzelés egyszerűbb, mint a ptolemaioszi modell. Mai nyelven ez egy „térbeli ugrást”, transzformációt jelent, amikor a Földdel együtt mozgó koordináta rendszerből áttérünk a **kívülről szemlélő megfigyelésére**.



5.2. ábra. A geocentrikus és a heliocentrikus világgépet összehasonlító applikálás gyerekeknek

A mérés megjelenése

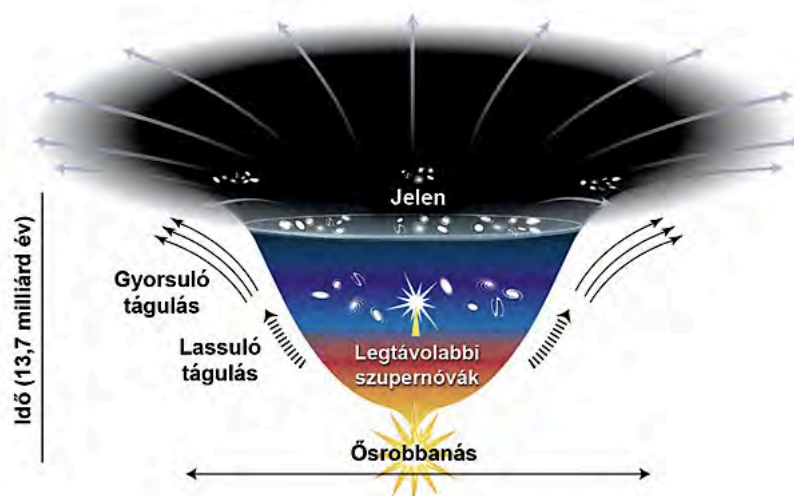
A távcső felfedezése előtt még mindig az emberi szem volt a legfontosabb csillagászati eszköz, de az észlelés a kvadráns segítségével már méréssé fejlődött. A kvadránssal függőleges síkban, vízszintesen elforgatva pedig akár síkokban, 0 és 90 fok között mérték a csillagok állásához tartozó szöget. A mérés pontosságát a szögmérő méretének és számának növelésével növelték. Tycho de Brahe (1546–1601) dániai obszervatóriumában egyszerre négy darab, 6 méter sugarú eszközzel már 2 szögperc körüli pontosságot értek el. Az azonban szinte érthetetlen, hogy Tycho de Brahe, a mérések megbízhatósága ellenére is ragaszkodott a Föld központi helyzetéhez. Ezért kissé ellentmondásos modelljében a Nap és a körülötte keringő bolygók rendszere együtt keringett a Föld körül. Tycho de Brahe legtehetségesebb asszisztensére, Keplerre hagyományozta mérési eredményeinek sokaságát. Kepler a mérések pontosságára támaszkodva körről ellipszisére módosította a bolygók pályáját, és a Földet is a bolygók közé illesztette. Ezzel kialakította a Naprendszer napjainkban is érvényes „**tér-idő térképét**”. A tér további tágítását az optika fejlődése, a távcső felfedezése tette lehetővé. Galilei távcsövével többek között felfedezte, hogy a Vénusz a Holdhoz hasonló fázisokat mutat, amit a „csillagok állására” vezetett vissza. A Vénusz és a Nap már ismert együttmozgásából, valamint a Vénusz fényének periodikus változásából arra következtetett, hogy a Vénusz a Föld és a Nap között helyezkedik el, és a Nap körül kering. Távcsöves megfigyelései tehát igazolták Kopernikusz elképzeléseit a heliocentrikus világról.

A 3D tudománya

A 16-17. században a tér euklideszi tudománya kiegészül a számok tudományával, az algebrával, és a „**tér**” **metrikussá válik**. Descartes (1596–1650) a sík egymástól független irányainak kijelölésével kialakítja a **derékszögű koordinátarendszert** (1632). A skálázott tengelyek metszéspontjához viszonyítva megadhatóvá válik a sík bármely pontjának a tengelyektől mért távolsága, vagyis a pont helye. Ezáltal a pontok sokaságából álló görbék is

leírhatóvá váltak. Az egyenes, a kör egyenlete mellett kialakulnak a függvények. *Euler* (1707–1783) a háromszögekre vonatkozó geometriai ismereteket kiegészíti a szögfüggvényekkel (trigonometria), ami lehetővé teszi a Descartes-féle koordináta-rendszer térbeli általánosítását, és ezzel megszületnek a **térbeli koordináta-rendszerek**. A tér egymástól független síkokra bontásával alakul ki a skálázott, térbeli derékszögű koordináta-rendszer, illetve a forgásszögek alkalmazásával a poláris koordináta-rendszer. Egy térbeli pont helye – a szögfüggvények alkalmazásával – az origóból kiinduló irányított szakasz tengelyekre vonatkozó vetületével, vagyis a helyvektor koordinátaival adható meg. A koordináta-rendszerek nemcsak a **földgömbön történő helymeghatározást** tették lehetővé (geodéziai koordináta-rendszerek), hanem a matematika két fontos területe is fejlődésnek indult. A térbeli függvények és vektorok matematikája lehetővé tette a **jelenségek, folyamatok modellezését**, többek között az atomi-molekuláris elektronállapotok leírását. A háromnál több változós függvényekhez, a 3D-hez hasonló módon több dimenziót rendelve alakult ki a **több dimenziós tér** fogalma. Ennek legegyszerűbb változata a négy dimenzió válik fontossá *Einstein* relativitás elméletében. A téridő koordináta-rendszerben a mozgást már nem a pálya érzékelteti, mint a Naprendszer korábban említett „téridő-térképén”, hanem a negyedik tengelyként az **idő** is skálázottá válik.

A tér tudományának csúcsaként *Bolyai János* (1802–1860) alkotja meg a **gömbült terek nem euklideszi geometriáját**, többek között a gömbi trigonometriát (1820–23). A 3D élménye a tudomány után a művészetben, sőt a mindennapainkban is fontossá válik. *Gábor Dénes* (1900–1979) felfedezi a lézerefény interferenciáján alapuló **háromdimenziós „fényképezést”**, a holográfiát. A nagy teljesítményű számítógépekkel lehetővé válik a vetületi síkok egymáshoz illesztése, a **3D-s képalkotás** (CT-, MRI- és ultrahang-felvételek). A 20. század kezdetétől a tudományos és technikai fejlődés **felgyorsította a tér kitágulását** az emberiség számára. A tökéletesedő távcsövek, az egyre nagyobb érzékenységű detektorok, a rádiócsillagászati távcsövek a Hubble-űrtávcsővel együtt lehetővé tették a távoli csillagok, galaxisok kutatását. A magasság már csak a fény sebességével mérhető távolsággá változott.



5.3. ábra. A Világegyetem tágulásának 7 milliárd évvel ezelőtti felgyorsulását bemutató modell (forrás: NASA)

A legközelebbi galaxis, az Androméda-köd is 250 millió fényévre van a Naptól. *Georges Lemaitre* (1894–1966) belga tudós-pap fedezte fel, hogy a galaxisok nagy sebességgel távolodnak egymástól. Megfigyeléséből logikusan arra következtetett, hogy Univerzumunk jelenlegi állapotának ez lehetett a kiinduló pontja. A Big-Bang (vagy Ősrobbanás) 1927-ben megszületett, még korai elméletét a nagy energiájú részecskefizikai kutatások megerősítik (5.3. ábra).

A „rejtőzködő” dimenziók

Környezetünk makroszkopikus világa jelképesen a tengerszintnek felel meg. Amíg a magasság az Univerzum gigantikus világát jelképezi, a „mélységben” a másik véglet, a számunkra láthatatlan dimenziók jelennek meg. Az első parányokat, az egysejtűeket a mikroszkóp felfedezésének köszönhetően *Leeuwenhoek* (1632–1723) láthatta meg először. Az atomok szükségszerű létezésére a többszörös tömegarányok törvényéből következően *Dalton* már 1808-ban következtetett. Az első elemi részecske, az elektron felfedezéséig azonban 1897-ig kellett várni. Az aranyfűst-lemez helyenkénti áthatolhatatlanságának élményéből *Rutherford* (1871–1937) következtet az anyag atomon belüli egyenlőtlen eloszlására, az atommagok létezésére. A további elemi részek, a proton és a neutron felfedezésével egy rövid időre kialakult a végző építőkövek képe, amit a nagy energiájú részecskeütköztetések eredménye hamar romba döntött. A protonok ugyanis a mozgási energiájuk növelésével már annyira közel kerülhettek egymáshoz, hogy meglepő esemény következett be. Az elektrosztatikus taszítás legyőzésével egy új kölcsönhatás lépett színre, mely eredményeképpen korábban ismeretlen részecskék jelentek meg. Hamar kialakult a feltételezés, hogy a proton talán nem is végző építőkö, hanem további részecskékből áll, melyek az ütközések során megjelenő részecskéknak is alkotói. A nehéz részecskék feltételezett, még elemibb részecskéit kvarkoknak nevezték el. A kvarkok felfedezésével újra kellett gondolni az anyag fejlődéstörténetét, hiszen az elemi részeknek az első atommagok, vagyis a fiatal csillagok kialakulásáig tartó korszakát a **kvarkok kora** előzi meg. Lenyűgöző vagy megdöbbentő az események köré zárulása, hogy a legkisebbek felé haladva eljutunk a legnagyobbhoz, az Világegyetem Ősrobbanást követő pillanataihoz (10^{-32} s), amikor még csak a kvarkok töltötték ki az egész teret.

A térfogat születése

Az anyag feltárt fejlődéstörténete persze még mindig nem magyarázza meg a teret, de lassan érthetővé válik a térfogat kialakulása. Vajon megmondható-e, hogy ebben az egymásba skatulyázott világban, a szerveződés melyik szintjétől kezdve van értelme térfogatról beszélni? Megmondható-e, hogy mekkora lehet a nehéz részecskék közé besorolt proton? Egy testről meg tudjuk állapítani, hogy hol kezdődik és hol végződik. Megtehető-e ugyanez a proton esetében? Ha az elemi részekhez az alapvető tulajdonságokhoz tartozó

elektromos és mágneses mezőt is hozzá tartozónak vesszük, akkor érthetővé válik, hogy nem is olyan egyszerű a kérdés. A makroszkopikus világban megszoktuk, hogy a biliárdgolyó akkora, amekkorának letapogathatjuk, amennyire megközelítheti egy másik golyó. Csakhogy a részecskeütköztetés érzékelteti szemléletesen, hogy protonok esetében ez a mozgási energia nagyságától függ. Viszont, ha már olyan közel vannak egymáshoz, hogy képzeletünkben golyókként össze is érnek, akkor nem testekként viselkednek, hanem „egzotikus” részecskékké alakulnak. Tanuljuk, tanítjuk, hogy az atommag protonokból és neutronokból épül fel, de sajnos ez a kép eltakarja a lényegét. Mert az egymással kölcsönhatásban lévő nukleonok valószínű jobban hasonlítanak az ősi, kvarkszerű állapothoz, mint az önálló protonhoz és neutronhoz. Az erős kölcsönhatás miatt azonban nem szabadulhat ki semmilyen részecske az atommagból, kivéve, ha az atommag instabil, vagyis radioaktív.

Amikor egy proton és egy elektron, vagy általában az atommagok és az elektronok atomot alkotnak, „drámai” változás következik be. Nemcsak azért, mert az elektronburok elszigeteli az atommagokat egymástól, és ezáltal megszűnik a fúzió lehetősége, hanem azért is, mert az alkotók elektromos töltése ellenére az atom semlegessé válik. Az elektromos erőter éppúgy elrejtőzik, mint a kondenzátorlemezek között, vagy a mágneses tér az egymást vonzó mágnesek között. A korábban szinte korlátlan kiterjedésű elektromos mező a két részecske között lokalizálódik. Sőt az elektronok atomon belüli mágneses „társkeresésével”, párképzésével az elektronok mágneses erőtere is rejtőzködővé válik. Ezáltal megszűnik a vegyülés lehetősége és marad az egymással érintkezésbe lépő atomok között a taszítás, a kitaszítás, a kiszorítás, a tér elfoglalása, és ezzel kialakul a **térfogat**. Az atomok testecskét öltenek. Sőt, mivel az elektronpárok a részecskéken belül is taszítják egymást, már atomi és molekuláris szinten megjelenik az alak, a forma, a térszerkezet, ami az ébredő vonzó és taszító erőkön keresztül irányítja a részecskék sokaságának egymáshoz történő illeszkedését, a kristályok természetes alakját, szimmetriáját, szerkezetét.

Az atomok létrejöttével a kölcsönhatás a vonzás és a taszítás kompromisszumán, vagy inkább harmóniáján alapul. Mert a molekulák – alacsony hőmérsékleten – vonzzák egymást (kondenzáció), szilárd felületen megkötődnek (adszorpció), a kristályok, a testek pedig összetapadnak, de attól kezdve, hogy összeérnek, taszító erő ébred közöttük. A vonzóerők nagyságáról nem nagyon tudunk szemléletes képet alkotni, legfeljebb a szakító szilárdság értékeket tudjuk anyagonként összehasonlítani. A taszító erők nagyságát azonban tapasztaljuk, hiszen a hegyek nem omlanak össze, a mamutfenyők magasba törhetnek és a felhőkarcolók súlya alatt sem roppannak össze a „legalsó” atomok. Erővel szemben ellenerő ébred, ami megtartja a rá nehezedő súlyt.

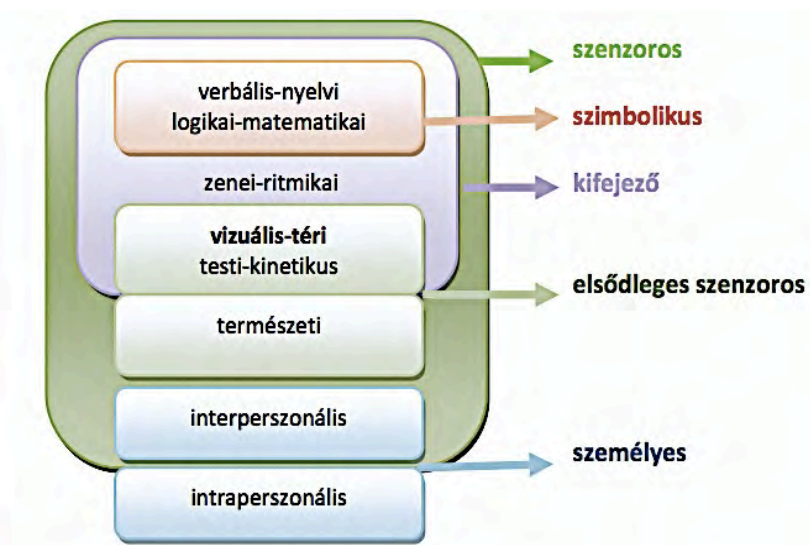
A szerkezet alkalmazkodik a körülményekhez. A földi sarkokon, a mélyben a nyomás növekedésével egyre tömörebb szerkezetű jég alakul ki. Az óceáni kőzetlemez szintén a tömörebb szerkezettel járó nagyobb sűrűség miatt bukik a szárazföldi alá. Felhőkarcolók

vasszerkezete mellé kifejlesztették a tömörebb szerkezetű, nagy teherbírású betont, aminek az átlagos 150 N/mm^2 helyett akár 300 N/mm^2 a nyomószilárdsága.

5.1.2. A téri intelligencia és a téri képesség fejlődési folyamata

A téri képesség

A természetismeret mint iskolai tantárgy a körülöttünk lévő világ jelenségeivel foglalkozik, ebből következik, hogy egyik fő hagyományos feladata, hogy képessé tegye a tanulókat a **térben való megbízható eligazodásra**. Csakhogy ez az eligazodási képesség nem emelhető ki a tanulók kompetenciarendszeréből, intelligenciájából. Az intelligencia egyik alapvető összetevője a **térbeli intelligencia** (eredetileg a pszichológia "vizuális-téri" intelligenciának nevezi, mi a hazai természettudományban elterjedt "térbeli" megfogalmazást használjuk, 5.4. ábra). Magában foglalja azt a képességet, amely által a vizuális észlelésen keresztül pontos képet tudunk kialakítani a fizikai világról, a bennünket körülvevő térről, illetve képesek vagyunk ezt a képet gondolatban vagy a valóságban átalakítani (Gardner, H. 1993). A fejlett térbeli intelligenciával rendelkező gyerekek vizuális megközelítésekkel (például ábrák, diagramok, fényképek, modellek, animációk és filmek által szerzett információk segítségével) tanulnak a legeredményesebben, és vizuális nyelveken könnyebben fejezik ki magukat, mint verbálisan. Szívesen használják a gondolati térképezési stratégiákat, a problémákat pedig vizuálisan vagy tapasztalati úton oldják meg. Térbeli intelligenciájuk leginkább akkor fejlődik, ha a tanulás során mentális térképeket alkothatnak, a tartalmakat és a terveiket vizuálisan rendezhetik (például grafikus szervezőkkel), két- és háromdimenziós modellekből szerezhetnek információkat, lehetőséget kapnak művészi kifejezésekre (például különböző ábrázolások, textúrák, minták, médiumok) és természetből



5.4. ábra. Az intelligencia kategóriái (Kagan, S. alapján Makádi M. 2012)

származó elemek kreatív felhasználására (úti térkép készítése az út során összegyűjtött kavicsokból stb.). Szívesen mutatják be alkotásaikat másoknak (például projektmunka során vagy portfólióként), és igénylik a visszajelzéseket azokról.

A pedagógiai gyakorlatban ritkán használjuk az egyes szaktárgyakhoz kapcsolódó tanítási-tanulási folyamat céljaként a térbeli intelligenciafejlesztés megfogalmazást, inkább a **téri képesség** fejlesztéséről beszélünk. Azoknak az egymással összefüggő, általános **képességösszetevőknek** a kibontakoztatásáról, amelyek alapján fel tudjuk dolgozni a téri információkat, kódoljuk a téri ingereket, és amelyek lehetővé teszik az információk felidézését, összehasonlítását és átalakítását (*Haanstra, F. 1994*).

Melyek a téri képesség komponensei?

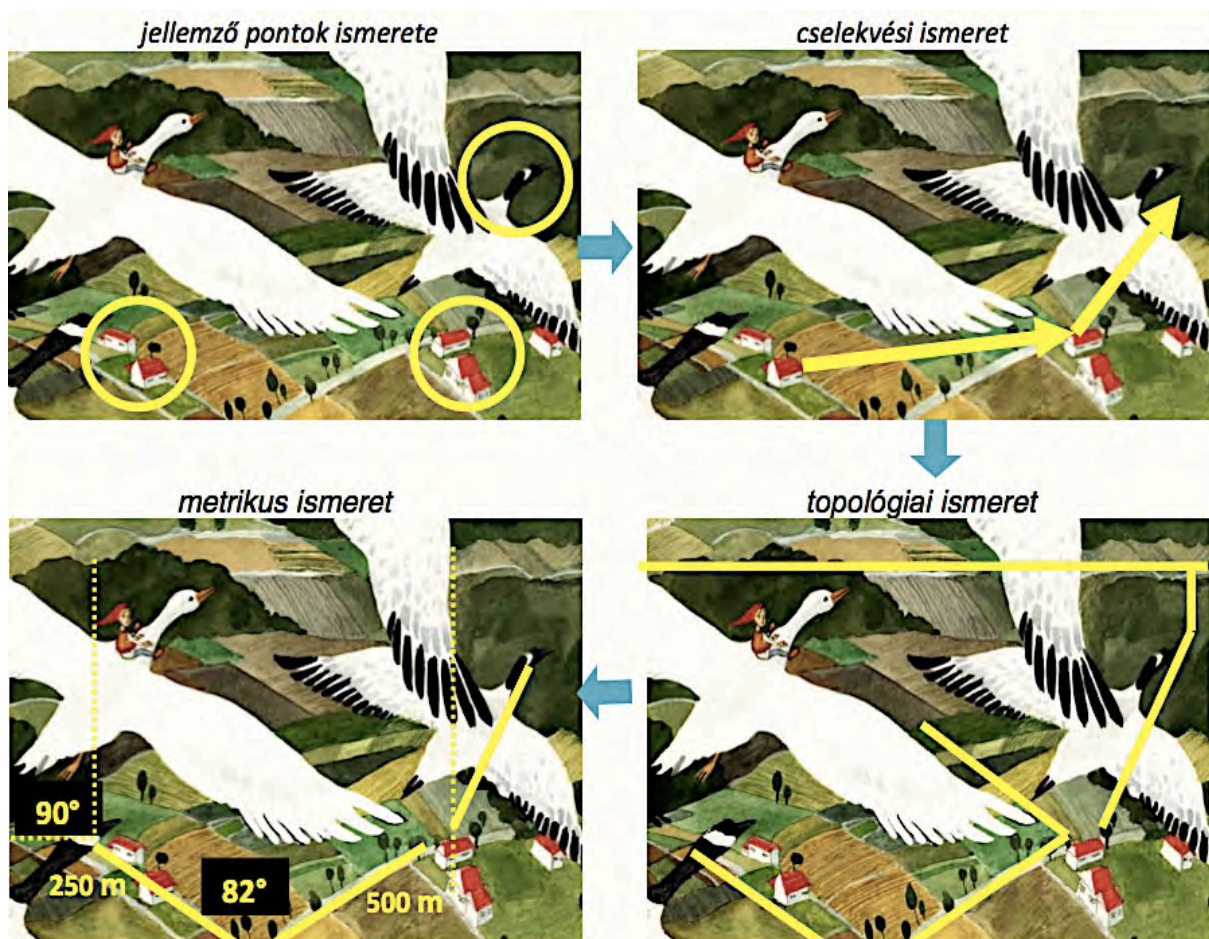
- **térbeli relációk létesítése és érzékelése:** különböző szögekből látott tárgyak azonosítása, felismerése elmozdításuk után;
- **vizualizáció** : egy objektum mentális képének megalkotása;
- **térbeli tájékozódás:** a valódi vagy az elképzelt térben való eligazodás, olyan térbeli elrendeződés felfogása, amelyben az észlelő a rendszeren belül van;
- **képzleti mozgatás:** az emberi test saját helyzetéhez viszonyított jobb és bal megkülönböztetése;
- **térbeli észlelés:** a vízszintes (alatt-felett) és a függőleges (előtt-mögött) érzékelése;
- **mentális forgatás:** a két- vagy háromdimenziós tárgyak gondolatbeli elforgatása.

A téri képességösszetevők közötti kapcsolat az észlelő személy térbeli helyének, valamint a tér és elemeinek, tárgyainak térbeli viszonyváltozásán alapszik. **Statikus téri gondolkodást** kíván, ha a térelemek objektív viszonyai változatlanok, csak az észlelő helyzete, viszonya változik a térelemekhez képest (például máshonnan vagy más nézetből szemléli a tereptárgyakat, az élőlényeket). Ha a térelemek térbeli viszonyai megváltoznak (példul elfordul a szélkakas, helyet változtatnak a keverék részecskéi a mikroszkóp alatt, úsznak a halak a vízben), akkor **dinamikus téri gondolkodásra** van szükség. A téri képességek teszik lehetővé számunkra a környezetben való tájékozódást, a különböző szögekben elforgatott tárgyak elképzelését, valamint a tárgyak elhelyezkedésére való emlékezést.

A térismeret szintjei

A kognitív és környezetpszichológiai kutatások alapján tudjuk, hogy az emberek hogyan, milyen fejlődési fokozatokon keresztül ismernek meg egy-egy számukra korábban ismeretlen környezetet (teret). Csaknem ugyanez a folyamat játszódik le a gyermekkori fejlődés során is, csak évek alatt. A **tér megismerésének** négy fázisa van, amelyek egymásra épülnek, a következő szint feltételezi az előző birtoklását (*5.5. ábra*):

1. **jellemző pontok ismerete:** a gyermek felismer bizonyos állandó térelemeket (például sziklát, épületet, fát, távvezetékoszlopot) az adott térben, de nincs tisztában azok tényleges helyével vagy egymáshoz viszonyított térbeli helyzetével;
2. **cselekvési ismeret:** ismer bizonyos útvonalakat az adott, ismert térben és azokat a módokat, amelyek szükségesek az egyik ponttól a másikig történő eljutáshoz (például navigálás a lakóhely és az iskola között);
3. **topológiai ismeret:** tudja, hogy az ismert utak hol találkoznak, milyen hálózatot alkotnak, és képes az ismert utak egyes részeit új útvonallá kombinálni (például eljutni a megszokottól eltérő útvonalon is az iskolához);
4. **metrikus ismeret:** képes a helyek közötti metrikus viszonyok (távolság, irány, szög, kiterjedés) érzékelésére, felfogására és felidézésére.

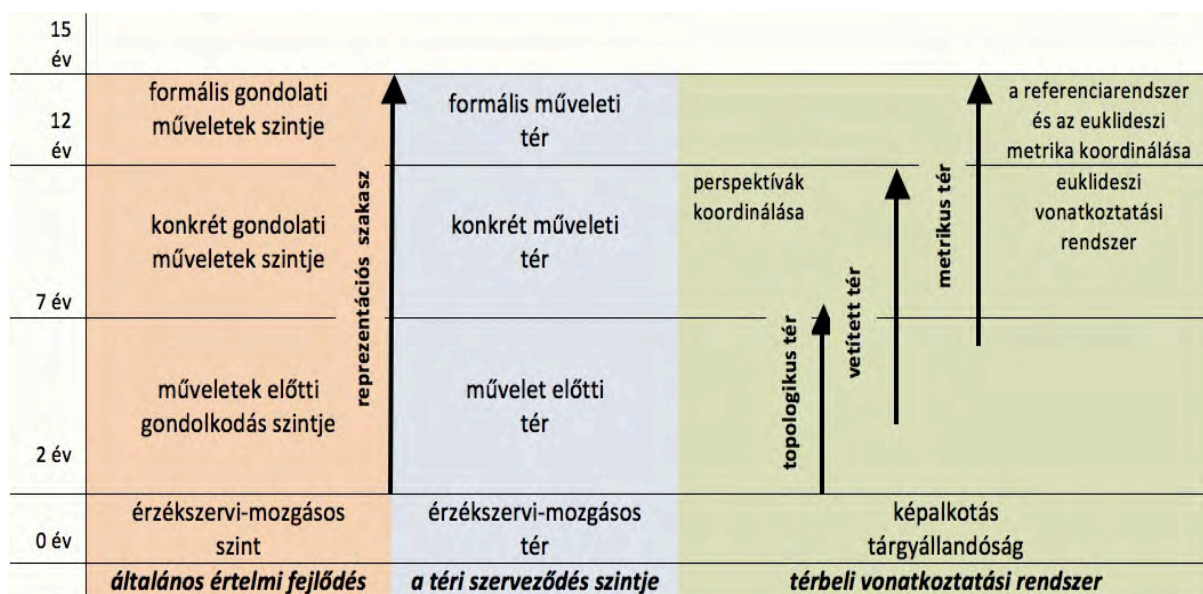


5.5. ábra. A tér megismerésének fokozatai (Makádi M. 2012)

A téri képesség tehát többlépcsős folyamatban, fokozatosan fejlődik az gyermekévek során, miközben összetevői differenciálódnak, a közöttük lévő kapcsolatok egyre több szálon függenek össze. E fejlődési folyamat ismerete azért elengedhetetlen a tanárok számára, hogy értsék, miért nem tudják egyszerre és azonnal teljesíteni tanítványaik az eléjük tárt téri feladatokat, és hogy ennek figyelembe vételével építsék fel fejlesztési programjukat.

A gyermekek térfogalmának fejlődési szakaszai

A térérzékelés komplex képesség, amely az érzékelésen, észlelésen kívül szellemi tevékenységeket is kíván, ezért **térbeli gondolkodásnak** tekinthető. Így aktuális állapota szorosan összefügg a gondolkodás egyéni fejlődésével és a pszichológiai érés folyamatával (5.6. ábra).



5.6. ábra. Az általános értelmi fejlődés és a téri megismerés fejlődésének összefüggése (Piaget, J. alapján, Hart, R. A. – Moore, G. T. 1973 nyomán)

A gyerekek fejlődésük érzékszervi-mozgásos szakaszában (0–2 éves kor) nagyon leegyszerűsítve értelmezik a teret. Képzelti terükben nincs sem perspektíva, sem mérték, csak **topologikusan értelmezik** a teret, a formákat, a tárgyakat elemi téri viszonylataik (például közelség, szomszédosság, folyamatosság) alapján érzékelik. Számukra a tér kaleidoszkópszerűen változó, heterogén térelemek rendezetlen együttese. Két éves koruk körül kezdenek tudatába jönni annak, hogy a terek és a tárgyak tőlük függetlenül is léteznek, és akkor is léteznek, amikor helyzetet változtatnak vagy nem látják azokat. Felismerik az önmagukon kívüli tereket és azt, hogy a tárgy annak ellenére is változatlan, ha más irányból vagy távolságból nézik (nézőpontváltás). Iskolakezdés tájékán kötődnek a térben szerzett tapasztalataikhoz, de még nem tudják felfogni saját cselekvésüket egy másik nézőpontból.

A vetített és a metrikus térértelmezés egymással párhuzamosan alakul, a topologikus térfogalomnál

később kezdenek fejlődni akkor, amikor a gyermekek a formákat, a tárgyakat már nem elkülönültnek tekintik, hanem egy nézőpontból észlelik. A **vetített térértelmezés** azt jelenti, hogy a gyerekek képesek felfogni a térben elkülönült tárgyak közötti összefüggéseket, kialakítanak maguknak egy, a tárgy térbeli mozgásával, helyével, irányával kapcsolatos

viszonyítási rendszert, amelyben a tárgyak és téri helyük változatlan akkor is, ha a rendszeren belül átalakulások, változások történnek. A **metrikus térértelmezés** a tér és elemeinek méretére (például helyek, tárgyak közötti távolságok leírása) vonatkozik. A térértelmezés tehát az észleleti térből indul ki és fokozatosan adja át helyét a képzeleti térnek. Az életkor előrehaladtával javulnak a gyerekek térbeli teljesítményei. A téri képesség azonban gyorsabban fejlődik, mint általában az intellektuális képességek, az előbbiek 12 éves kor körül, az utóbbiak csak kamaszkorban stabilizálódnak. Ezért a téri képesség eredményesebben fejleszthető a fiatalabb gyerekeknél, mint az idősebbeknél, optimuma épp a természetismeret tanulásának időszakában van.

Az iskolai tanulás szempontjából a **téri tájékozódás fejlődésében** három szint különböztethető meg (5.7. ábra). A térrel való különféle mentális műveletek elsajátításának és alkalmazásának megvan a maguk **optimális időszaka**, amelyek egy **fejlődési sor** részei, így az egyes műveletek átugrása vagy előre hozása akadályozhatja a képességterület fejlődését (például ártalmas a 2-3. osztályos tanulók térképi tanulása vagy a számukra ismeretlen környezetben való téri tájékozódási feladatok).



5.7. ábra. A téri tájékozódás fejlődésének szintjei (Stückrath, F. 1968; Haubrich, H. et al. 1988 alapján Makádi M. 2013)

A gondolati tér kialakulásának folyamata

A tanárok sokszor gondolják, hogy a tanulók könnyen értelmezik, gondolják tovább, rendezik struktúrákba a földrajzi térrel kapcsolatos ismeretelemeket, hiszen a tér objektív, a legtöbb eleme érzékelhető és vannak róla tapasztalataik. Csakhogy a téri tapasztalatok jelentősen különbözőek attól függően, hogy miként vannak jelen, mit tesznek benne, ráadásul az agyuk is feldolgozza a róla kapott információkat. Ebből következik, hogy nincs két ember, akinek azonos képzele lenne ugyanarról a térről, mert mindenki saját maga építi fel agyában a világot egyfajta többlépcsős modellezés során. E modellalkotás kiindulópontja az **észlelés**, ami a tapasztalatokon és az iskolában vagy az azon kívüli világban szerzett információkon alapszik. A megtapasztalással szerzett információk realisabb és differenciáltabb térképzethez vezetnek, mint a közvetett információhordozók által közvetítettek, mégsem ez a döntő a

valóság-hű képzetek kialakulásában, hanem az, hogy mely szempontok szerint válogatunk közöttük. Alapvetően kétféle kiválasztási szempont működik: a praktikus (mi szükséges a térben való mozgásunkhoz, ottani tevékenységünkhöz?) és a motivációs (mi tetszik?, mi érdekel?). Hatékonyabban fogadja be és maradandóbban raktározza a tanulók emlékezete azokat a téri információkat, amelyekben érdekeltek. Azonban ha ugyanaz az inger gyakran ismétlődik, nem rögzül a tartalma. Például hatástalan, ha a lakóhelyről, a hazai nagytájáról 3., 4., 5. (sőt később még 8.) évfolyamon is ugyanazon szempontok alapján ismerkednek a gyerekek. (A tantervi követelmények erre figyelemmel vannak, abban nem azonos szemlélettel és javasolt feldolgozási móddal szerepelnek, de a tankönyvekben és a gyakorlatban sajnos gyakran nem így valósulnak meg.) Az információ válogatását a szociokulturális környezet (például a kultúrkör, a szociális helyzet) és aktuális érzelmi állapot is befolyásolja.

Az agy rendszerezi (például halmazba sorolja távolságuk, alakjuk, méretük szerint) a térelemeket és a hiányzókat képzetekkel kiegészíti, majd minden gyermek megteremti a **maga holisztikus terét**. Minőségét személyes beállítottságán túl társadalmi normák (például a belső értékrend, szellemi fejlettségi szint, a társadalom, a család sztereotípiái) is befolyásolják. Agya létrehozza a **saját viszonyítási rendszerét**: elnevezi a térelemet; helyét és helyzetét önmaga helyéhez vagy a környezet valamely számukra fontos objektumához (például útkereszteződéshez, építményhez, a napkelte irányához) viszonyítja; távolságát a helyek vagy tereptárgyak közötti távolság megtételéhez szükséges idővel (például „tízpercnnyire”) vagy helyi értelmű távolságegységgel (például „a szomszédban”, „a híd mellett”, „a torkolat alatt) adja meg.

Nemcsak a térelemeket, hanem a tér egészének lényegét is „skatulyázza” az agy, hozzákapcsol egy elsődleges jelentést, valami olyat, amellyel korábban már találkozott. A **szimbolizáció** során leginkább abból a szempontból közelíti meg, hogy mi hasznát vehetik (például a tengerparton üdülni, a nagyvárosban szórakozni, az alföldön csak földet művelni lehet). A képzet általában a térben való megjelenéséhez, a látványához vagy az ott átélhető élményhez kapcsolódik (például sivatag –teve, Norvégia – fjord, Párizs – Eiffel-torony), vagy társadalmi nézőpontot fejez ki (például Budapest VIII. kerület – szegénység, IX. kerület – Fradi focicsapat). Ha e kapcsolatnak már nincs is alapja, sokáig megmarad a „társadalmi tudatban”. Egy országot a zászlójával, a nemzeti színeivel vagy éppen a gasztronómiájával (például Görögország – gyros, Skócia – whisky, Kína – evőpálcika) is összekapcsolják az emlékezetükben. E szimbólumok elősegítik a tér érzelmi feldolgozását, az **identifikációt**: kedvelik vagy elutasítják a terület vagy objektum jellege, állapota, esztétikuma, de helyi kötődésük, azonosságtudatuk, kedvelt tevékenységek körük alapján is (például az alföld nem érdekes, a mocsár „koszos”, a város „pörgős”). Így fokozatosan felépül képzeletükben a **gondolati tér**, azaz a valós térről az egyén szubjektív szűrésével és átalakításával nyert **gondolati tér-kép**. Noha a felidézés szempontjából fontos, hogy az egyes terekhez asszociációkkal tudjanak képzeteket kötni a gyerekek, de számukra a lehető legtöbb féle

megközelítést kell nyújtani, elérhetővé tenni, hogy minél valóságosabb (előítélettől és sztereotípiától mentesebb) legyen a téri képzetük.

A téri képesség nemi különbségei

A társadalom általában úgy tartja, hogy a fiúk jobban tájékozódnak a térben, mint a lányok. Lássuk, igaz-e ez! A két nem teljesítményeinek a téri tájékozódás képességösszetevőire bontott vizsgálata alapján megállapítható, hogy a fiúk több téri képesség tekintetében fölényben vannak a lányokkal szemben (a tér áttekintő értelmezése, méretviszonyítások, virtuális térben és térképen való eligazodás, tárgyak vagy térelemek gondolati elforgatása stb.), ugyanakkor más képességterületeken (például a tárgy helyére vagy a térre vonatkozó szóbeli közlésre való emlékezésben) a lányok eredményesebbek. A téri problémák megoldásában a két nem eltérő stratégiákat alkalmaz. A fiúk az útvonalak leírásakor a térelemek összehangolt rendszerében, derékszögű koordináta-rendszer-szerű topografikus séma szerint gondolkodnak (úgynevezett geometriai alapú stratégia), egészében látják a teret. A lányok viszont az útvonalak leírása során kiválasztanak bizonyos pontokat, amelyekhez viszonyítanak (úgynevezett határkő alapú stratégia), a tér egészét és annak szerkezetét kevésbé látják át, a részletekre koncentrálnak. Nem mondhatjuk, hogy a fiúk fejlettebb térbeli intelligenciával rendelkeznek, csak azt, hogy **a fiúk és a lányok téri képze-
te és tájékozódása különböző**, közöttük az egyes tájékozódási képességterületek eredményességének arányai eltérőek. Ennek lényeges tanulási és tanítási konzekvenciái vannak különösen annak figyelembe vételével, hogy az általános iskolai egyes korcsoportokban is eltérnek a nemek téri tájékozódási teljesítményei (5.8. ábra).



5.8. ábra. A téri képességek nemi különbségei gyermekkorban (Makádi M.)

5.1.3. A téri képesség fejlesztése a természetismeret tanítása során

A **téri képesség fejlesztése** az iskolában alapvetően **két síkon zajlik**: részben a valós tér megismeréséhez és annak tudati leképezéséhez, részben a térképi ábrázoláshoz kötődik, miközben pedig az egyre távolabbi és nagyobb, majd elvont terekre vonatkozik. Ebben a megközelítésben azon egymással összefüggő, általános képességek kialakításáról van szó, amelyek birtokában feldolgozhatók a téri információk, kódolhatók a téri ingerek, és amelyek lehetővé teszik az információk gondolati felidézését, összehasonlítását és átalakítását. A tantervi követelményrendszer alaplogikája erre a rendszerre épül (5.9. ábra). Míg alsó tagozatban a téri részletek fel- és megismerése a cél, addig a természetismeret tanulásának időszakában megkezdődik a **téri részletek összekapcsolása a tér egészével** az ismert, majd a kevésbé ismert tájak elhelyezkedésének, téri jellemzőinek feldolgozásával. Ebben a szakaszban az a lényeg, hogy a tanulók tudják értelmezni, hogyan része egy tájalelem (például az iskola előtti nyárfa, a templom) a környéknek, a környék (például az iskolánk tere, a településrész) a lakóhelyi településnek vagy tájnak, a kistáj a nagytájnak (például a Kiskunság az Alföldnek), a hazai nagytáj a Kárpát-medencei nagytájnak (például az Északi-középhegység az Északnyugati-Kárpátoknak), a Kárpát-medencevidék földrészünknek, az pedig bolygónknak. Ugyanez a logika érvényesül akkor, amikor az élőlényeket elhelyezik az életközösségben, annak megfelelő zónájában (például a mocsári gólyahírt a bokorfűzes és a nádas közé a vízparton vagy a tőkés réce fészkelőhelyét a nádasban). Mikroterekkel is hasonlóan kezdenek ismerkedni, például megvizsgálják a talaj alkotóit, megfigyelik, hogyan helyezkednek el az ásványok a gránitban és melyik mekkora. Az anyag hierarchikus szerkezeti sora később – szemben a földrajzi példával – az egyre kisebb egységek felé halad (kőzet – ásványtársulás – ásvány – nanoszerkezetek – molekulák – atomok – elemi részek). A térrel való ismerkedés hangsúlya a természetismeret tanulásának idején az egyes téri pontok fel- és megismeréséről fokozatosan tevődik át a pontok közötti helyzet felismerésére és felhasználására.



5.9. ábra. A tér fogalomkör fejlesztésének modellje (Makádi M. 2014)

Téri képesség-összetevő	5. évfolyam	6. évfolyam
Téranalízis	Térelemek felismerése: valós térelemek különféle érzékelés alapján → asszociáció térelemre alakja alapján; térképen körvonaluk alapján	
	Térelemek, globális tér észlelése	Térelemek egymáshoz viszonyítása
	Téri rész-egész kapcsolatok felismerése	
	Személyes térre vonatkozó méretbecslések, mérések	Téri méretbecslések, mérések, összehasonlítások
Térbeli reláció felismerése	Térelemek azonosítása különböző nézetekből (ismert → nem ismert); Térrészletek azonosítása különböző nézetekből (ismert → nem ismert)	
Képzeleti forgatás	A tapasztalati környezetből ismert → nem ismert térelemek → térrészletek elforgatása	
	Alaprajz/térképrészlet és tárgy/tájfotó azonosítása	
Térbeli észlelés	Vízszintes-függőleges viszony felismerése	Térbeli sor képzése ismert környezeti elemek alapján; valótlán téri relációk felismerése képeken
Képzeleti mozgatus	Jobb-bal felismerése testhelyzet változtatással	
Vizualizáció	Térelemek → a tér mentális képének leképezése rajzban → megfogalmazás	
	Térrajz → útvonalrajz → menetvázlat készítése tapasztalat alapján	
	Helyszínrajz készítése képzel → tapasztalati térről	Felépítésábra készítése
	Téri fogalom képesítése	Téri folyamat képesítése
	Érzelmi térkép készítése	Tapasztalati térkép készítése
	Adatok ábrázolása	Mért adatsorok ábrázolása
Térbeli tájékozódás	Ismert és bejárt terep jellemző pontjainak felismerése → elhelyezkedésük rögzítése térképvázlaton → bejárt útvonal leírása	
	Kincskeresés természeti jelenségek → égtájak → keresőhálózat alapján	
	Navigálás útvonal-bejárás során → képzeleti navigálás; iránytartás terepen	
	Menetrendhasználat a közvetlen környezetben	Menetrendhasználat hazai környezetben
Téri tervezés	Személyes környezet valós és gondolati átalakítása	Más, tágabb környezet valós és gondolati átalakítása

5.5. táblázat. A téri képességösszetevők fejlesztési lehetőségei a természetismeret tanulása során (Makádi M. 2012)

E problémakör összekapcsolódik a **viszonylagos elhelyezkedés** (vagy ahogy később földrajzból mondjuk: a viszonylagos fekvés) megfogalmazásával. Alsó tagozatban először a tanulók önmaguk fix helyéhez és helyzetéhez viszonyítják a térelemek, tárgyak, személyek helyzetét, majd szembesülnek azzal, hogy ily módon mindenki másként határozhatja meg ugyanakkor a dolognak a helyét, és ők maguk is, ha helyet vagy helyzetet változtatnak. Később egymáshoz viszonyítják a téri objektumok helyzetét, például a vízben elhelyezett különböző sűrűségű réz-, viasz- és parafatestek helyzetéhez hasonlítják, így kerülhet egy halmazba a békalencse és a jéghegy, egy másikba a hal, a harmadikba a hajóroncs és a fenékúszó hal. E

logikán keresztül értik meg a tanulók az objektív helymeghatározás szükségességét, a világtájak vagy a viszonyítási hálózatok (például a földrajzi fókálózat) szerepét.

A téri képesség fejlesztése az egyes képességösszetevők szisztematikus mozgósítását igényli (5.5. táblázat), azonban nem csak az iskolai tananyagba ágyazva történhet, hatékonyabb a mindennapi élet során, hiszen egy-egy feladat, helyzet, valós probléma megoldásakor (navigálás, útvonaltervezés, tapasztalatokat rögzítő térképvázlat rajzolások stb.) a tanulók a végeredményre összpontosítják figyelmüket, miközben észrevétlenül sajátítják el, gyakorolják be a hozzá vezető eljárásokat.

5.1.4. A tájszemlélet formálása a természetismeret tanításában

A tájak feldolgozásának megközelítésmódja

Mivel a mindennapi életben nem a részismeretek halmazára van szükség, hanem általános érvényű tudásra, amely képes az aktuális igényeknek megfelelően működésbe lépni a gyakorlati problémák megoldása során, a téri fogalomrendszer kialakításában nagy jelentősége van a tér **modellszerű megismerésének**, ami a természetismeret tanításának időszakában az iskolakörnyéki és hazai természetföldrajzi tájakhoz kapcsolódik. A földrajzi környezettel való ismerkedés az iskolában a tájakkal kezdődik, és végigkíséri a környezetismeret, a természetismeret és a földrajz tanulását. A **tájak** felismerése, jellemzése és különböző szempontú rendszerezése több szinten ismétlődő követelmény a közoktatásban, igaz változó mélységben és részletességgel. A **tájat** nem definiálja a közoktatás, de azt a földfelszín önálló részének tekinti, amelynek arculatát természeti (például földtani szerkezet, a domborzat, az éghajlat, a vízrajz, az ökológiai jellemzők) és társadalmi sajátosságok (társadalmi tevékenységek, kultúra, gazdasági fejlettség stb.) határozzák meg. Tízéves gyerekként nem könnyű megfogalmazni, hogy mi különbözteti meg az egyik tájat a másiktól (például hol van a határa, mikor és mitől más táj a folyón túli terület), vagy mi a közös a hasonlóan nevezett tájakban (például a hepehupás Kiskunság és a tengersík Nagyunság is alföld). Ráadásul **természetes táj** (vagy inkább **természetközeli táj**) már nincs is az általuk „belátható világban”, a társadalom egyre „hatékonyabb” tájformáló tényező, így **átmeneti** és a **mesterséges tájakon** élünk. Helyesebb is **átalakított tájaknak** nevezni ezeket, hiszen jellegzetességüket épp a társadalom által alkotott különböző létesítmények (közlekedési utak, lakóépületek, üzemek, szántóföldek, ültetvények, duzzasztógátak stb.), tájsebek (külszíni fejtések, tarra vágott erdők, szárazra került folyómedrek stb.), mesterséges felszínformák (meddőhányók, vízműdombok, teraszok stb.) adják. Jellegzetességük kialakulásában annak a kultúrának is szerepe van, amely használja a tájat, igényei vagy sorsa szerint formálja (például tanyás vidék, külszíni bányavidék, „szocreál” stílusú lakótelepek, kikötőövezetek), sokszor a régebbi korokban ott élők kultúrájának nyomait is megőrizték (például az ókori római vagy a néprajzi tájak jellegzetes

épületegyüttese). Tehát jelentős részük nem egyszerűen mesterséges táj, hanem **kultúrtáj**, amely magában hordozza a társadalom szellemi tevékenységeinek összességét.

A tájak hierarchiájának érzékeltetése

Valószínűleg nehezen tudnák megmondani a gyerekek, hogy mekkora egységek a tájak, hiszen egyszer nagytájakkal (például Alföld, Dél-Dunántúli-domb- és hegyvidék), máskor középtájakkal (például Duna–Tisza köze, Bakony), elvéve pedig kistájakkal (például Szigetköz, Hortobágy) ismerkednek. A tanulók viszonylag könnyen megértik a magyarországi **nagytájak, középtájak és kistájak** egymáshoz való viszonyát, de csak az általános iskola vége felé, mert azok az oktatás több szintjén (4., 5–6., 8. osztályban) ismétlődnek. Bonyolítja a helyzetet, hogy eltérő lehet egy táj hierarchiaszintje, ha Magyarország területéhez és ha a Kárpát-medencevidékhez viszonyítjuk (példaként: az Északi-középhegység Magyarország nagytája, de része az Északnyugati-Kárpátoknak, amely a Kárpátok nagytáj középtája, s ebben a vonatkozásban csak kistáj; a Zempléni-hegység (házánk középtája) a Tokaj–Eperjesi-hegység része, az pedig az Északnyugati-Kárpátoké (annak kistája). A tájak egymással való hierarchikus kapcsolata esetében **a rész-egész kapcsolat** érzékeltetése a fő feladat, megértésének kulcsa, hogy a tanulók találkozzanak olyan feladathelyzetekkel, amelyekben a tájakat nagyságrendjük szerint viszonyítják egymáshoz.

A tájhierarchiát érzékeltető feladatok

Foltmódszer

Fokozatosan – az ismerkedés sorrendjében – a tanulók befedik a tájak foltjával hazánk, helyesebb, ha a Kárpát-medence területét az applikációs tábla vagy az interaktív tábla térképén. Szembesülnek azzal, hogy egyes területekre több folt is kerülhet (a legnagyobbat kell alulra tenniük, majd arra a kisebbeket). Így közvetlenül érzékelhetővé válik számukra a tájak közötti méretbeli különbség és alá-fölérendeltségi viszonyaik.

Tájleleplezés

A foltmódszer fordított feladathelyzete, a tanulók megnevezés után leveszik a körvonalas térképről a színfoltokkal elkülönülő nagytájakat (pl. a Kárpát-medence nagytárait), alattuk újabb foltot találnak (pl. Kisalföld), amelyet megnevezés után szintén levesznek, újabb tájak tárulnak szemük elé (pl. Szigetköz). Arra irányítja a figyelmet, hogy a nagyobb tájak kisebbekre oszthatók.

Tájpárosítás

A nagyobb táj (halmazképző fogalom) felirata mellé illesztik a tanulók azokat a tájneveket, amelyek részei annak a tájnak (pl. a Dunántúli-khg. mellé a Bakonyt, a Vértest, a Dunazug-hegységet).

Tájdominó

A dominókockák egyik felén nagytáj, a másikon valamely résztáj szerepel, és a gyerekeknek fel kell ismerniük az összetartozásokat (5.10. ábra).

Tájdobozolás

A tájak nevének a rajzos halmazábrában való elhelyezése helyett a tájneveket tartalmazó foltokat és/vagy feliratkártyákat a hierarchiaviszonyokat kifejező méretű dobozba rejtik a tanulók (5.11. ábra).



A tankönyvekben vagy az ismeretterjesztő könyvekben leggyakrabban tájleírásokban mutatják be a tájat az olvasó számára (5.12. ábra). A klasszikus **tájleírások** csupán a megfigyelhető jellemzőket festik le, verbális eszközökkel láttatják a tájat. A dinamikus tájleírások viszont időbeli váltoásaikban ragadják meg, és nézőpontjukban a társadalom által előidézett változások állnak, a tájat mint állandóan változó téri egységet láttatják. A valóság elképzelését segíti, ha a tanulók a szöveg (tájleírás) alapján lerajzolják vagy modellezik (gyurmából, homokból stb.), hogy milyen képzet alakult ki bennük a tájról.

Talán könnyebb elképzelni a tájat, ha a tájleíró szöveg helyett vagy mellett a megismerés vizuális alapon (például fotó, képsorozat, film segítségével) történik. Ekkor azonban más nehézséggel kerülnek szembe. A tájjellemzők összegyűjtése nem egyszerű 10-11 éves korban, mert nem egyértelmű, hogy mi fontos és mi nem, egyáltalán milyen szempontból keressük a lényegét. Gyakorlatlan szem nem veszi észre azt, amit például természetföldrajzi, biológiai, ökológiai szempontból vár a természetismeret tanár, a gyerekek más fontos, más foglalkoztatja ugyanabban a látványban vagy a tájat bemutató szöveg elolvasásakor. Azonban ha észre is veszi, nem tudja kifejezni, megfogalmazni és tapasztalatait összerendezni. Ezért ebben az időszakban kell megtanítani nekik a vizuális és a tartalmi lényeg kiemelésének módját. A tájkép alapján szerzett vizuális tapasztalat (látvány) befogadását és megfogalmazását sokat kell gyakorolni, amelyben segítséget nyújthatnak szógyűjtési feladatok, tanácsok és megfigyelési, jellemzési szempontok egyaránt. Biztosan mindenkivel megesett, hogy mondták: „ugye milyen szépen látszik a tájon a...”, de nem látta, mert nem tudta, hogy mi az, milyen, hogyan fedezhető fel. A gyerekek naponta szenvedik el ezt az élményt, ha nem kapnak segítséget a megismerésben például azáltal, hogy a képen látottak lényegét grafikusán kiemeljük (például átrajzoljuk a képen látható táj lényeges elemeinek körvonalait a fényképen vagy a kivetített képen (5.13. ábra).

Tanácsok tanulóknak a tájképek olvasásához

- Először fogalmazd meg, hogy milyennek találod összességében a tájat, hogyan hat rád!
- Figyelmesen szemléld a képet, olvass le és fogalmazd meg minél több jellemzőt a tájjal kapcsolatban!
- Válaszd ki közülük a tantárgyi szempontból lényeges jellemzőket!
- Szedd össze azokat az ismereteidet, amelyek a képről jutnak eszedbe! Nem baj, ha rendezetlenül, ötletszerűen jönnek, majd később rendet teszel közöttük.
- Most készíts leltárt: mely fontosnak látszó szempontból nem tanulmányoztad még a tájat? Próbálj ebből a szempontból is leolvasni jellemzőket a képről!
- Végül adj egy találó címet a képnek! Legyen minél rövidebb, de törekedj arra, hogy minél jobban kifejezze a táj jellegzetességeit!



5.13. ábra. Táj látképének egyszerűsítése rajzzal (Makádi M.)

Szógyűjtési feladatok tájjellemzők összegyűjtéséhez

Szózápor

Írjatok szavakat, amelyek eszetekbe jutnak a tájképről! → A tanulók felolvassák a szavakat, mindegyik felkerül a táblára, az ismétlődők mellett vonalkákkal jelöljük a számukat. → Leltárt készítünk: megnézzük, hogy melyek a leggyakrabban előforduló szavak. → Pontosítjuk és kiegészítjük közösen.

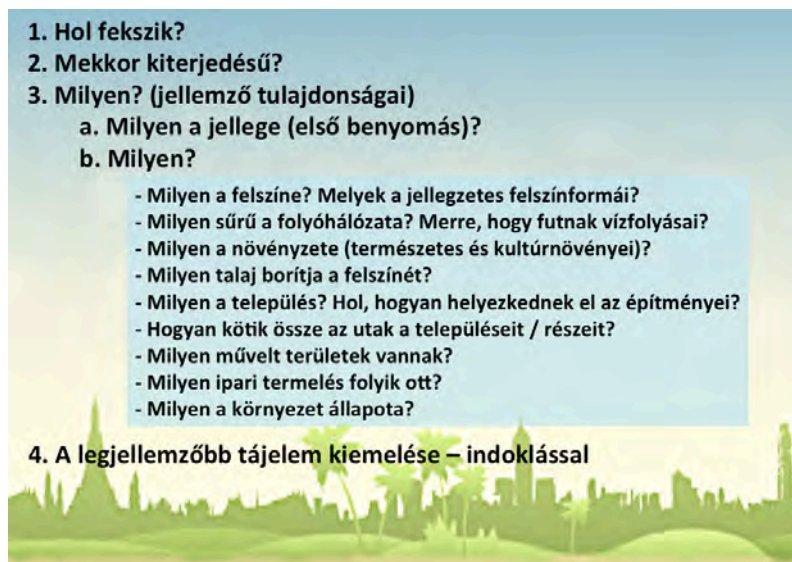
Szópárbaj

Tanulópárok párbajoznak egymással úgy, hogy felváltva kell nagyon gyorsan mondaniuk egy-egy tájjellemzőt.

Tájpárbaj

Tájak összehasonlításakor használható. Tanulópárok párbajoznak egymással úgy, hogy felváltva kell mondaniuk nagyon gyorsan egy-egy, a saját tájukra jellemző szót. Nehezíthető azzal, hogy mintegy válaszolni kell az előtte elhangzottakra, vagyis hasonló szempontú jellemzőt kell választani.

A tájak jellemzését segíti, ha a tanulók konkrét szempontokat kapnak ahhoz. A **jellemzési szempontsor** megtanít arra, hogy a lehető legtöbb (vagy az adott szinten megvalósítható) szempont szerint próbáljuk megfigyelni, valamint a tájak csak akkor hasonlíthatók össze egymással, ha azonos nézőpontból szemléljük azokat (5.14. ábra). A tájak ritkán láthatók teljes terjedelmükben, mert nagyobbak, mint amekkora területet befoghat a tekintet, vagy amekkora terület belefér a fényképezőgép objektívjének a látószögébe. Vajon reális képet kapunk-e a tájról annak egy kiragadott részlete alapján? Szerencsés esetben igen. Azonban elképzelhető, hogy összefüggései sérülnek, mert éppen a megfigyelt tény oka, magyarázata nem látható. Ezért a megfigyelés során tágítani szükséges a teret, például képzeljék el, fogalmazzák meg a tanulók, hogy mi van a dombvonulat mögött, mi lehet a kép keretén kívül, annak folytatásában. Ezzel nemcsak gondolkodásra készítjük őket, hanem arra neveljük, hogy ne elégedjenek meg csupán a kézzel fogható, az érzékelhető tényekkel, hanem nézzenek mögé, tekintsenek messzebbre is.



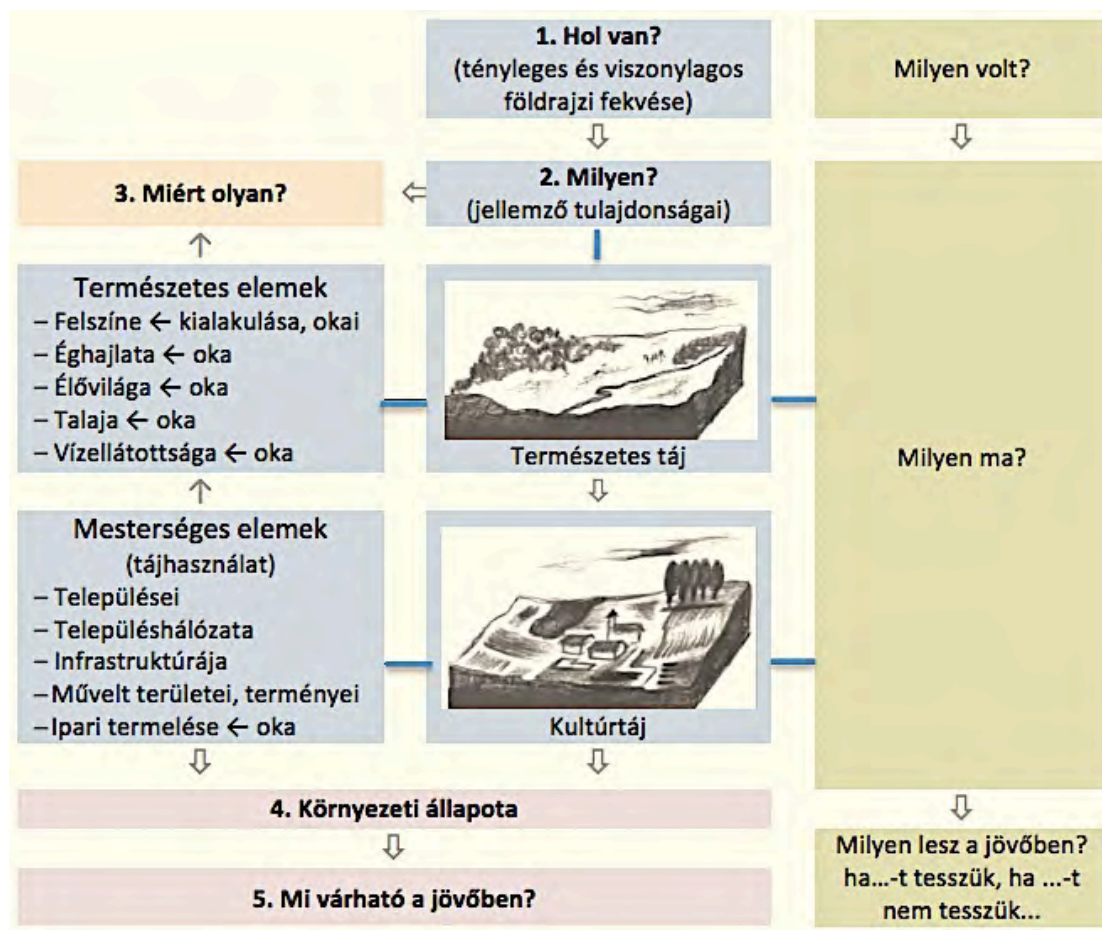
5.14. ábra. A táj jellemzés szempontjai a természetismeret tanulásának időszakában (Makádi M.)

A tájak elemzése

A **tájélemzés** nem elégszik meg a tapasztalatok bemutatásával, azok hátterét kutatja, a tényeket összefüggéseikben vizsgálja. Azt szeretné bemutatni, hogy mi a tájon tapasztalható jellemzők oka. A jellemzők felsorolásán túl keresi azok okait, megmagyarázza és a tapasztalatokból következtetéseket von le (5.15. ábra). Noha erre a szintre jó esetben is csak az általános iskola vége felé jutnak el a tanulók, már a természetismeret tanulásának időszakában fontos, hogy találkozzanak a módszerrel. A tanár által vezérelt **irányított tájélemzés** értékes lehet abból a szempontból, hogy a tanár gondolatban lépésről lépésre végigvezeti a gyerekeket a tájon, ezzel megmutatja, hol vannak az elemzés logikai kulcspontjai, tehát megtanít összefüggéseket meglátni, tényeket összekapcsolni, azaz elemezni. A fejlesztő pedagógia céljainak azonban jobban megfelel a **szabad formájú tájélemzés**, ahol a tanulók maguk szedik össze a táj jellemzőit, és közöttük maguk teremtenek kapcsolatokat. Először összegyűjtik a táj tartalmi jegyeit (válogatás, rendszerezés nélkül), majd kiválogatják közülük a tartalmi jegyeket, amelyeket végül megpróbálnak összekapcsolni, vagyis feltárják a tények közötti összefüggéseket.

A tájélemzés szempontsora alapján a táj mai jellemzőit könnyen összegyűjtik a tanulók. Ez azonban nem elég, azt is érzékelniük kell, hogy korábban **milyen volt** a vizsgált táj. Mutassa be a tanár, hogyan vált a természetes táj kultúrtájjá, láttassa meg, hogyan vette birtokába a tájat az ember, és közben hogyan változtatta meg saját céljainak kielégítésére, hiszen ez elvezethet a környezettudatos szemlélet és életmód kialakulásához. Arra is szükség van, hogy a tanulók elgondolják, mi várható a jövőben a tájon. Képzeljék el, hogy **milyen lesz a jövőben!** Ennek érdekében alternatívákat kell a gyerekek elé tárni. Ahhoz azonban, hogy választani is tudjanak a lehetőségek között, ismerniük kell a változások „mozgatóit”. Az

ilyenfajta feladatok tanítanak meg arra, hogy az emberiség sorsa, de az egész Föld jövője is a földrajzi környezettel való gazdálkodástól függ.



5.15. ábra. A földrajztanulási folyamat során alkalmazott tájelemzés általános szempontjai (Makádi M., 2005, 2014)

5.1.5. A térképi tájékozódás és a topográfiai tudás fejlesztése

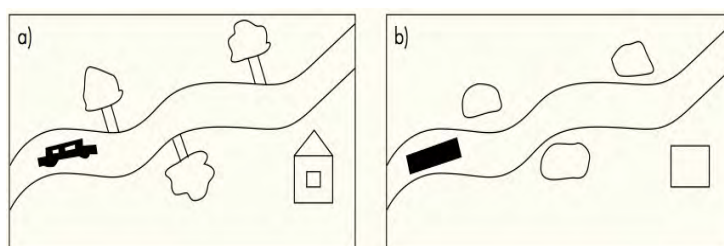
A tér ábrázolásának fejlődése a lelki és értelmi fejlődés során

A tér ábrázolását a hazai iskolai gyakorlat alapvetően a térképpel azonosítja. Erre fordítja a figyelmet már alsó tagozatban is, és gyakran úgy gondolkodik róla, hogy a térképrajzolás és a térképolvasás a gyerekek veleszületett képessége. „Térképet mindenki tud rajzolni. Mi ebben a nehéz?” – fogalmazták meg a tanárjelöltek, mintha tudomást sem vennének arról, hogy egyetlen gyermek sem születik a térképrajzolás képességével, az csak hosszú fejlődési folyamat során alakul ki. Pedig a gyerek úgy kezd hozzá a térképrajzoláshoz, mint hat évszázaddal korábban a térképrajzolók, jeleket talál ki részben ötletszerűen, részben valamely saját logika alapján. A térkép számára a környező tér jelképes megjelenítése, amelyen el tudja helyezni önmagát, más embereket és a valamilyen szempontból fontos

helyeket. A rajzolásához felhasznál mintákat, amelyeket utánozva leképezi a térről a fejében kialakult képzetet, vagyis reprodukálja a teret. A minták tanítják meg, hogyan kell értelmezni és olvasni a térképet, tehát annak megfelelően teszi majd értelmessé saját ábrázolását. Ez egy évtizedes tanulási folyamat, amelyben három ábrázolási szint különül el összefüggésben a térbeli tájékozódás fejlődési lépcsőfokaival (Stückrath, F. 1968):

1. szint – Térstruktúra-felfogás

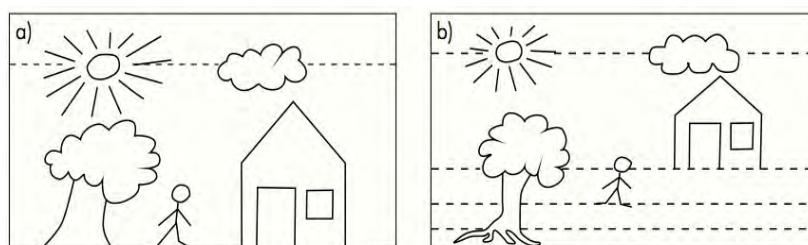
6 éves kortól a gyermekek kezdik átlátni a térelemek közötti kapcsolatokat (az egyszerűbb és ismerős terekben), így rajzaik fokozatosan kezdik tükrözni a tér alapfelépítését (5.16. ábra). Az iskolát kezdők még ortogonális vetítéssel ábrázolják a valóságot (a kép felülete és a személy frontális síkja párhuzamos) (például az (a) rajzon a fa), majd az ábrázolás egyre inkább felülnézetivé válik (b), de még keveredik a két nézet.



5.16. ábra. Nézetváltás a térábrázolásban 6-8 éves korban (Stückrath, F. 1968)

2. szint – Térseleltetés

A 9 évesek rajzai olyanok, mintha ablakon keresztül látnák a tájat (5.17. ábra). A gyerekek húznak egy alapvonalat (vagy a lap alsó szélét tekintik annak) és egy égi vonalat, így rajzuk a tér egy kivágott szeletét mutatja (a). Később egyre több alapvonal szerint komponálnak, egyre több vízszintes, egymással párhuzamos térszeletre osztják a lapot, ezáltal a térmélység kezd érzékelhetővé válni (b). A térmélység-ábrázolás a „bal-jobb tájékozódáson” alapszik, ugyanis a hozzá közelebb lévő tereptárgyakat a lap bal oldalán, a távolibbakat a jobb oldalán helyezik el.



5.17. ábra. A térmélység érzékeltetése 9-10 éves korban (Stückrath, F. 1968)

3. szint – Perspektíva-ábrázolás

10 éves korra tehető a perspektivikus térábrázolás kezdete, de valóságban perspektivikus rajzot még sok felnőtt sem képes készíteni.

Más kutatók szerint a térképi tájékozódás képessége – az értelmi fejlődéssel összefüggésben – **hat fejlődési szakaszon** keresztül bontakozik ki (*Feldman, G. 1980*), amelyből három esik a konkrét gondolati műveletekhez kötődő általános iskolai fejlesztési szakaszba (*4.4. táblázat*). A fejlődési folyamat az egocentrikustól az énfüggetlen látásmód, a topologikustól a metrikus, az oldalnézetitől a felülnézeti (alaprajzi) ábrázolás, illetve a szűk tér ábrázolásától (állásponthoz kötött ábrázolástól) a tágabb (a horizont által befogott) felé vezet. A kezdeti próbálkozások idején a gyerekek még csak sejtései vannak arról, hogy mi és hogyan készül a térkép, és csak 14 éves kora környékén (!) érti meg a térképolvasáson és a térképi ábrázoláson keresztül a térkép lényegét, azaz hogy a tér-kép a valóság kisebbitett tükörképe. Ennek tudomásul vétele hihetetlenül fontos a természetismeret tanítás során annak érdekében, hogy ne támasszon a tanár olyan követelményeket a tanulókkal szemben, amelyet abban az életkorban még nem képesek, nem egy időben képesek megoldani.

A valóság és a térkép közötti kapcsolatteremtés segítése

Az iskola azt szeretné elérni, hogy a tanulóknak valósághű képzeteik legyenek hazánknak, a világnak olyan részeiről is, ahol sohasem jártak, és ahová valószínűleg sohasem jutnak el. Kifejlesztése érdekében jobb esetben az alsó tagozatos tanulókkal helyszínrajzot és térképvázlatot rajzoltatnak a tanítók a látható valóságról, az iskola környékéről, útvonalrajzot vagy menetvázlatot rajzoltatnak a bejárt útról, és terveztetnek velük útvonalvázlatot. Később (5. évfolyamtól) a térben való tájékozódási képesség fejlesztésének egyik központi feladata a térképen és a térképpel való tájékozódás képességének kialakítása a tanulóban. A valóságot nem a valóságban, hanem a térképről kell megismerniük a gyerekeknek. Ez az oktatás történetének ismeretében érthető, de a mai társadalom igénye szempontjából és a tanulási folyamatot támogató virtuális eszközrendszer birtokában abszurd helyzet. Nemcsak azért, mert a térképen kívüli vizuális és más információhordozók használata során valósághűbb képzetek alakulnak ki a gyerekekben, mintha térképről olvasnák le az arra vonatkozó információkat, hanem azért is, mert a kódolt térképi tartalmak felidézése jóval nehezebb a valóság felidezésénél.

A térelemek illetve azok térbeli helyzete megfigyelésének elméletileg a közvetlen tapasztalati térből kellene kiindulnia, azonban kisgyermekkorban könnyebb a fantáziavilághoz kötve egy mese, történet, vers vagy leírás alapján. Ezért a térábrázolást a **képzeleti tér** megjelenítésével célszerű kezdeni. Az 5. osztályosok rajzolják le, milyennek képzelik a mesebeli térelemeket (például az égig érő fát, a csodamalmot, a kerekerdőt, a tündérkertet), és keressenek hozzájuk példaként valós analógiákat, általuk ismert helyeket. Majd rajzolják le a mesebeli helyeket (például az Óperenciás-tengert, a Hetedhét országot, az Üveghegyet vagy a Százholdas Pagonyt), amelyekben el is helyezhetik az előzőekben lerajzolt térelemeket. Így egyre tudatosabban kapcsolódik össze gondolatvilágukban a virtuális és a valós tér. Majd ha ezután egy közismert mese (A három kismalac, Piroska és a

farkas, Jancsi és Juliska, A világot megkerülő legény stb.) mentális térrajzát készítik el, a térben is helyükre kerülnek a tárgyak. Az a lényeg, hogy minden térelem megjelenjen a helyszínrajzon, amelynek jelentősége van a történet szempontjából, és azok egymáshoz képest megfelelően helyezkedjenek el. Előfordulhat, hogy a történet szempontjából a méreteknek is jelentősége van (például hétnapi járóföld, hétmérföldes csizma).

Lerajzolhatják a tanulók a szakácskönyvi recept alapján készült ételt (például a paprikás krumplit, a tarhonyás lecsót) vagy a mesében elhangzók alapján a kőlevest, ekkor a hangsúly a megfelelő alkotók arányának és egymáshoz való elhelyezésének az ábrázolásán van. Ha azt rajzolják, hogy mely nyersanyagokat kell kikészíteni a konyhaasztalra az étel elkészítése előtt, akkor a térbeli elhelyezésen kívül a mennyiségek ábrázolásának problémájába is ütköznek. Amikor pedig az ételkészítéshez szükséges eszközöket rajzolják le a térben, az értő szövegolvasást is gyakorolják (hisz a receptben olvasható tevékenységből kell következnie a szükséges eszközökre). Akár azt is ábrázolhatják, hogy mit kell a bevásárlókosárba tenni, amikor megvásároljuk a hozzávalókat, amely feladat során az is fontos lesz, hogy hogyan helyezik el az egyes cikkeket a kosárban.

Ha igazodunk a gyerekek mentális és érzelmi fejlődési folyamatához, akkor a képzeleti tér ábrázolását a **valós tér** megfigyelése és a szerzett tapasztalatok ábrázolása követi. Ennek két megközelítése van az iskolai gyakorlatban: 1. a tér szimbolizált leképezése, 2. a térben való mozgás leképezése. A tárgyak, objektumok és térbeli rendszerek valóságközeli képi megjelenítési képességének kifejlesztése érdekében 2-3. évfolyamon **térrajzokon** (helyszínrajz, a művészeti nevelésben látrajz) mutatják be a megtapasztalt valóságos teret (például az iskola környékét). Azután alaprajzot, **térképvázlatszerű ábrázolásokat** készítenek az általuk ismert környezetről (a tanteremről, otthoni szobáról stb.), olyan helyekről, amelyekhez tapasztalatok kötődnek, amelyben tevékenykedtek és eközben pozitív élményeket éltek át, tehát a motivált cselekvésre emlékezés hívja elő az elraktározott téri képzetet. Az alaprajz készítése megelőzi a térképvázlatét, hiszen az alaprajzon a valósággal megegyező méretű a térrészlet és annak elemei, a térképvázlaton kisebbített, továbbá az előbbi csupán körvonalakkal (azon a tér és a tárgyak befoglaló alakja látható), az utóbbi szimbolizált, jelekkel ábrázol. Csak ezt követően kerülhet sor **a térben való mozgás útvonalának leképezésére** a bejárt utat felvázoló útvonalrajz vagy az egész területet vázlatosan ábrázoló menetvázlat készítésével. Az útvonalrajz készítésekor a megtett útvonal során érintett jellegzetes térelemek, a menetvázlatrajzoláskor pedig az útvonalba eső térelemeknek a tér egészéhez viszonyított helyzetének megfigyelése (vagy ha utólag készül, akkor a felidézése) és rögzítése a cél.

Csak hogy a valós teret a tanítás-tanulás folyamatában gyakran annak képe helyettesíti. A **kép** alapján történő vizuális térképrajzolásnak az a lényege, hogy a tanulók alaposan figyeljenek meg egy állóképet (például egy festmény reprodukcióját, egy tájról vagy településrészről készült fényképet), és minél jobban vessék emlékezetükbe az egészet, a

részletek egymáshoz és az egészhez való viszonyát. Majd miután már nem szemlélik a képet, próbálják meg pontosan felidézni és lerajzolni a látottakat. Vizuális térképet (helyszínrajzot) vagy útvonalrajzot ne csak vizuális élmények, hanem hangok alapján is készítsenek a tanulók! A hanginformációk vonatkozhatnak a tér egészére (például a partra csapódó hullámok, a nyüzsgő emberek és az élőlények hangja alapján a tengerpartra képzelik magukat), egy tér eltérő jellegű részleteire (például jellemző tevékenységek hangjai alapján megnevezik a városöveket) és egy útvonal egyes tételeire (például a tanyaudvar rajzán a háziállatok hangja alapján rajzolják meg a bejáratot).

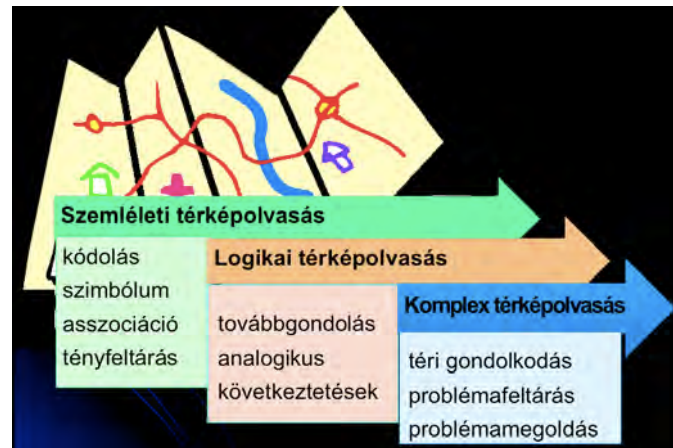
A vizualizáció tágabb értelemben az **adatok ábrázolását** is magában foglalja, hiszen a mennyiségekről alkotott képzetek leképezése történik adatok grafikus és diagramos ábrázolásakor, összehasonlításakor. Először 5. osztályban ábrázolják a tanulók a közvetlen tételeket úgy, hogy érzékeltessék azok viszonylagosságát. Rajzolják le az egyes tételeket magasságarányosan (például jegenyenyárfát, játszótéri hintát, templomot, 10 emeletes panelházat, távvezetékoszlopot), vagy a földrészek területét hasonlítsák a gyümölcsök jellemző területéhez. Ezután kerülhet sor a tényleges adatok (hosszúság-, távolság-, magasság- és területadatok stb.) ábrázolására méretskálákkal. 6. osztályban előbb egyedi adatokat (például a kavicsok átmérőjét, a békák ugrásának távolságát), majd adatsorokat ábrázolnak koordinátarendszerben, és a mérési gyakorlatokhoz kapcsolódóan saját mérésekből származó adatsorokat (például az egy nap során mért léghőmérsékleti adatokat, heti csapadéértékeket, adott távolságot megtevő autók menetidejének adatait is ábrázoljanak. Az adatok ábrázolási képessége optimális esetben majd csak 13-14 éves korra alakul ki.

A térképolvasás szintjei és a hozzá kapcsolódó tevékenységek rendszere

Az előzőekben végigvezettük, hogy a térkép mint a térszemlélet fejlesztésének eszközéig milyen hosszú tevékenységrendszernek kell elvezetnie. Azonban maga a térképolvasás képessége is éveken át alakul, ha valóban vannak a természetimeret, majd a földrajz tanulása során is erre irányuló tevékenységek, ezt célzó feladatok. A térképi tartalmak feltárásának, azaz a **térképolvasásnak** három, egymásra épülő szintje (fokozata) van (5.18. ábra):

1. **Szemléleti térképolvasás** – A tanulók leolvassák a térképről az égtájak ismeretében a jel- és színelcs, a feliratok segítségével azt, amit látnak, amit azon feltűntettek. Arra keresik a választ, hogy mi hol van, illetve a földrajzi objektumok milyen területi viszonyban állnak egymással. Leggyakoribb kérdései a mi, a hol, a milyen és a mennyi (Hol fekszik? Mi határolja? Melyik irányban van? Milyen magas? Mely iparág jellemző? Mennyi a lélekszáma? stb.). A tanulók a leolvasás során szavakkal leírják a kért hely fekvését, a jelenség helyét, elmondják területi összefüggéseit, és megmutatják a helyet a térképen. A térképolvasásnak ez az elemi szintje sem mechanikus tevékenységet kíván a

gyerekektől, hanem **alkalmazást**: a térképi tájékozódási ismereteiket és a jelkulcsot kell használniuk mindig más helyzetben (például a falitérképen és az atlasz térképén), más méretarányú térképen, más területen (például tájak, települések, földrészek, vízfolyások, domborzati formák ábrázolásán), más típusú térképen (például domborzati, közigazgatási, tematikus térképen).



5.18. ábra. A térképolvasás szintjei (Makádi M.)

2. **Logikai térképolvasás** (másként okfejtő vagy következtető térképolvasás) – A tanulók nemcsak leolvassák a térképről, amit azon ábrázoltak, hanem a látottakat továbbgondolják, következtetéseket vonnak le azokból. Ahhoz, hogy ezt megtehessék, jártasnak kell lenniük a szemléleti térképolvasásban, sőt megfelelő előismeretekkel kell rendelkezniük, máshol szerzett ismereteiket kell alkalmazniuk egy új helyzetben. Tehát a térképolvasásnak ezen a szintjén az **analogikus következtetésnek** van kiemelt szerepe (amely azon alapszik, hogy hasonló előzményeknek hasonló következményei vannak). Leggyakoribb kérdései a miért és a hogyan (Miért fut a medencébe a hegyvidéki patak? Hogyan változik a természeti környezet északról dél felé haladva? stb.). A tanulók a leolvasás után megindokolják a térképen látható tényeket, feltárják és megfogalmazzák a földrajzi-környezeti jelenségek közötti összefüggéseket, kölcsönhatásokat.
3. **Komplex térképolvasás** (másként utazás a térképen) – A tanulók képzeletbeli vagy valós utazást tesznek a térkép vagy térképek segítségével közvetlen tanári irányítás nélkül. Egy problémára keresik a választ, és a hozzá vezető utat nekik kell megtalálniuk: megkeresniük a megfelelő térképlapokat az atlaszban, információkat gyűjteni a térképekről és azokból következtetéseket levonni, megválaszolni a problémát. A térképolvasásnak e legmagasabb szintje feltételezi a szemléleti térképolvasás készségét és legalább jártasságot a logikai térképolvasásban.

A térképismerettel összefüggő tevékenységek a tanulók térképen való eligazodási képességét kívánják megalapozni és fejleszteni. Az 5–6. évfolyamon a **szemléleti térképolvasás** jártasság szintű elsajátítása a cél (főként domborzati térképekről és

földgömbökről olvasnak). A 7–8. osztályosoknak már a **logikai térképolvasásban** kell jártasságot szerezniük, miközben szemléleti térképolvasásuk a készség szintjére fejlődik (például különböző tartalmú, méretarányú és ábrázolásmódú térképeket olvasnak, térképeket és műholdfelvételeket vetnek össze egymással). Vagyis ebben az időszakban **a térkép elsősorban az információforrás szerepét** tölti be. A középiskolában a térképhasználat főként **a földrajzi-környezeti gondolkodás fejlesztését** szolgálja. A tematikus térképek összehasonlító elemzése a logikai térképolvasás készségét fejlesztheti ki minden tanulóban.

A topográfiai tudás fejlesztése

Az előzőekből is látható volt, hogy a térképismereti készségek fejlesztése nem azonos a topográfiai ismeretszerzéssel, a földrajzi nevek és helyek bevéásával és ellenőrzésével. A topográfiai ismeretek elsajátítása nélkülözhetetlen eszköze a földrajzi tudás kialakulásához. A tanulók topográfiai ismereteik birtokában kapnak képet a világ helyi és regionális jellegzetességeiről, általuk értik meg a földrajzi-környezeti jelenségek, folyamatok térbeli rendjét, összefüggéseit, valamint segítségével alakulnak ki helyes képzeik a Földről, annak különböző tájairól, országairól. Ezért a topográfiai fogalmak megismerése (térképi elhelyezése, értelmezése, tartalommal való megtöltése) alapvető fontosságú az alkalmazóképes tudás megszerzése szempontjából.

A topográfiai tudás kialakulása hosszú **fejlődési folyamat eredménye**, amit nem lehet egyszerre, alkalomszerűen megszerezni, csak kitartó munkával, folytonos gyakorlással lehet benne eredményt elérni. Lezárt topográfiai tudás nem is létezik főként azért, mert az idők során nemcsak bővül a megismert, elsajátított földrajzi nevek köre, hanem a topográfiai tudás át is strukturálódik. Ugyanahhoz a topográfiai fogalomhoz különböző képzetek társulnak az egyik évben, mint a másokban, vagy a környezetismeret, a természetismeret, majd a földrajz tanulásának időszakában, tanulónként is különbözőképpen zajlik, és eltérő eredményt hoz. Így a tantervek legfeljebb azt sorolják fel a tanárok számára, hogy mely fogalmakról kell mindenképpen tanítani az adott évfolyamon vagy életkori szakaszban, azt azonban nem mondják meg, hogy az adott témakörhöz kapcsolódóan mit és milyen mélységben kell feldolgozni. Már a természetismeret tanulásának kezdetén tisztázni kell a tanulókkal, hogy mit jelent egy topográfiai név tudása. Ugyanakkor a tanulóknak is érzékelniük kell, hogy ez egy folyamat, amelyben lassan araszolnak előre, s nem kell már 5. osztályban mindent teljesíteniük egy-egy fogalommal kapcsolatban.

Mit jelent, hogy tudom a topográfiai fogalmat?

- Ki tudom ejteni és le tudom írni helyesen a nevet.
- Meg tudom mutatni a térképen a földrajzi helyet (atlasz térképén → falitérképén → bármely méretarányú térképén → bármilyen tartalmú térképén).
- Meg tudom fogalmazni a hely viszonylagos földrajzi fekvését (például ismert folyóhoz,

tájhoz, tengerhez, országhoz, városhoz viszonyítva).

- Meg tudom fogalmazni a hely tényleges fekvését a földrajzi fókusz alapján (példaként 5. osztályban: mekkora tengerszint feletti magasságban fekszik? → 6. osztályban: melyik félgömbön fekszik? mely szélességi és hosszúsági körök határolják vagy melyek metszéspontjában található?)
- Le tudom olvasni a térképről a földrajzi hely határait (tájaknál: mely tájak, vízrajzi elemek veszik körül az egyes égtájak irányából?; országoknál: melyek a szomszéd országai?).
- Felismerem a földrajzi helyet körvonalas térképben, térképvázlatban → be tudom jelölni a földrajzi helyet körvonalas térképbe, térképvázlatba.
- Ismerem a topográfiai névhez kapcsolódó tartalmakat.

Hallgatói kérdések és feladatok

1. Hospitálásai során gyűjtsön példákat a téri képességösszetevőket fejlesztő módszerekre! Értékelje azokat eredményességük szerint!
2. Keressen példákat a természetismeret tankönyvekben és munkafüzetekben a valós térben való eligazodási képesség fejlesztésére! Értékelje azokat az életkori sajátosságokhoz való alkalmazkodás szempontjából!
3. Keressen a téri rendszerek értelmezését segítő feladatokat és kérdéseket, problémafelvetéseket a természetismeret tankönyvekben és munkafüzetekben!
4. Válasszon egy jellegzetes hazai tájat (alföldet, dombvidéket vagy középhegységet) és egy életközösséget! Dolgozzon ki módszert jellegzetességeinek tanulókkal történő összegyűjtésére!
5. Állítson össze egy feladatsort a valós térben való eligazodás gyakorlására 10-11 éves tanulók számára! Indokolja a feladatok metodikáját és sorrendjét!
6. Állítson össze egy feladatsort a térképi tájékozódási képesség ellenőrzésére 5. osztályosoknak! Mutassa be, hogy az egyes feladatok mely képességösszetevő szintjéről és hogyan tájékozódnak!

5.2. Az időszemlélet és alakítása a természetismeret tanítás-tanulás során

Írta: dr. Makádi Mariann és dr. Róka András

Kulcsszavak: idő, időlépték, egocentrikus időképzet, évi idő, évszakos (nyári és téli) időszámítás, földtörténeti idő, kozmikus időképzet, lokális időképzet, napi idő, motivációs időfogalom, tapasztalati időfogalom, történelmi idő, tudati időfogalom, világidő, zónaidő

Felgyorsult az idő – mondjuk gyakran utalva arra a tapasztalatra, hogy az idő jelentősége lényegesen megváltozott az életünkben. A középkortól hosszú évszázadokon át az évszakok és a hónapok múlása volt a legfontosabb a társadalom számára, majd az ipari társadalmak korától az idő pénzben kifejezhető értékévé vált, így felértékelődött a kisebb időegységek szerepe, megnőtt a napok és a napon belüli időtartamok jelentősége. A társadalom jelentős része számára a pillanat lett fontosabb az időtartammal, a „most” a volttal és a „majddal” szemben, amelyhez a technológiai fejlődés is alapot szolgáltatott. A mindennapokban az időt tapasztalható jelenségekkel társítjuk, szinte megszemélyesítjük (például rohan, szalad, repül, vánszorog, megáll), de magát az időt érzékszervekkel nem vagyunk képesek érzékelni, mint ahogy fogalmát meghatározni sem. „Mi hát az idő? Ha senki sem kérdezi, tudom; ha kérdik tőlem, s meg akarom magyarázni, nem tudom.” (Szent Ágoston). Tudatunkban az **idő** az események látszólag folyamatos sorrendjének érzékeléséhez kapcsolódik. Realista felfogása Isaac Newtontól (1642–1727) származik, ami szerint az idő egy kiterjedés, amelyben az események egymás utáni sorrendben történnek, „a tárgyak a múltból a jövőbe folynak át” (newtoni idő). Az idealista felfogás – amely Immanuel Kanthoz (1724–1804) kötődik – viszont az időt az emberek által használt mérési rendszer részének tekinti (kanti idő). Az oktatásban használt időértelmezés Gottfried W. Leibniz (1646–1716) felfogásához áll a legközelebb, ahol az idő egyfajta mérési eszköz, amellyel az események sorrendjét, azok időtartamát és a közöttük lévő időbeli távolságot állapítjuk meg, illetve a tárgyak mozgását hasonlítjuk össze. Az idő csak valami megfigyelt változással (például mozgással, eseménnyel, jelenséggel) együtt értelmezhető, viszonyított relatív mennyiség.

5.2.1. A tér testvére az idő

Az idő múlásának érzékelése

Környezetünk tágulásának története során az idő sokszor megjelent. Hiába beszéltünk a térről, az időben is „utaztunk”, miközben semmit sem mondtunk róla. Az **idő** éppolyan megmagyarázhatatlan fogalom, mint a tér. Éppúgy sok tapasztalat kellett a birtokba vételéhez, mint a tér esetében. Az első, csecsemőkori „időérzet” talán az az ösztönös jelzés volt, amikor kifejeztük, hogy újra enni akarunk. Aztán elég hamar kiderült, hogy mindennek van ideje is, nem csak helye. „Ez egy különleges reggeli munka, amit kizárólag reggel lehet csinálni...” (Milne: Micimackó) Kezdetben csak a felkelés és a lefekvés közötti történések jelentették a napot, majd megtanultuk, hogy az éjszaka is beletartozik. Egy ideig nem is kellett mérnünk, mert jelezték, hogy eltelt vagy letelt az idő (például már becsengettek, végre kicsengettek). Az iskolában már azt is tapasztalhattuk, hogy még ugyanott is telhet másképpen az idő. Mert az egyik órának sohasem akart vége lenni, míg a másikon semmire sem jutott idő. Ahogy teltek életéveink, egyre többet tanultunk meg az időről. Tudomásul kellett vennünk, hogy nem lehet visszapörgetni, életünk eseményei egyszeriek,

megismételhetetlenek, visszahozhatatlanok. „Most jut eszembe, tegnap elfelejtettem valamit, amit holnap már nem végezhetek el!” (*Milne*)

Az időt nem tudjuk megállítani, de át lehet, sőt át is kell állítani. Ettől még ugyanúgy „folyik”, csak egy másik számmal jellemezzük. Persze, mintha az átállítástól függetlenül is lenne téli és nyári időszámítás, mert télen úgy tűnik, lassabban telik az idő. Fokozatosan alakult ki, majd észrevétlenül meg is szoktuk az érzést, hogy valami tőlünk függetlenül telik. Talán ekkor vált számunkra mindentől, a tértől és az anyagtól is függetlenné. Kezdetben fejlődésnek, később öregedésnek neveztük. Egy kor után már nehéz elfogadnunk az elmúlást, miközben tudjuk, hogy nélküle sohasem jön el az, amire annyit vártunk. Előbb-utóbb rájöttünk vagy megtanultuk, hogy beleszülettünk az időbe, az évszakok, a nappalok és az éjszakák tőlünk, sőt a történelmi kortól is független váltakozásába. Az idő fogalmát tehát a mozgás, a változás kínálja fel, és leírásuk igényli. Az ókori építészet csodái, a múzeumokban kiállított tárgyai, az ásványtárak kristályai vagy az ékszerek briliánsai azért tűnnek „időtlennek” mert (látszólag) nem változnak. A mozgásban, változásban pedig ott rejlik a történések, az elemi események egymásutánisága. „Minden nem játszódhat egyszerre” – mondta *Einstein*.

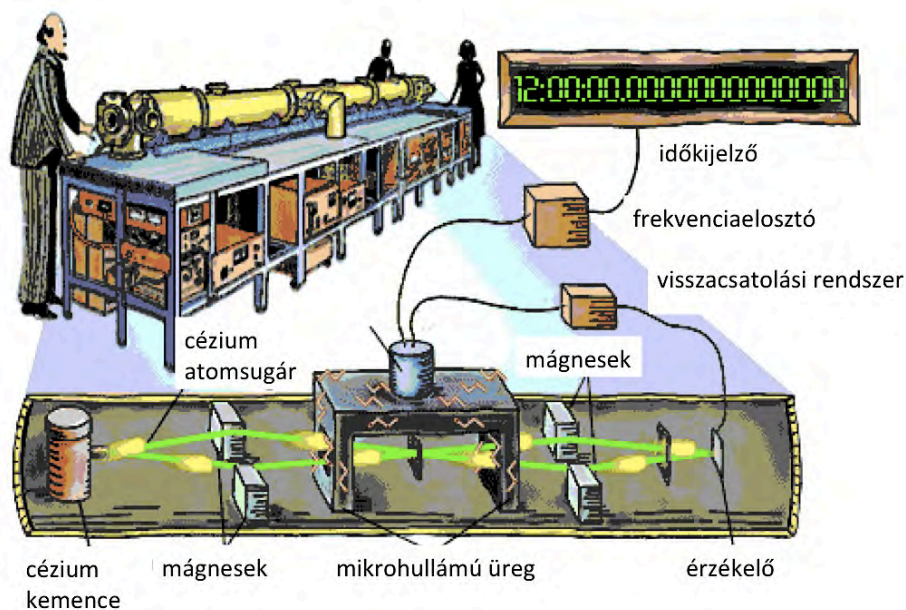
Az idő egysége

Az emberiség örökkévalóság utáni vágya helyett be kell érünk a megismétlődés élményével. Ennek legegyszerűbb változata a testek esetében a periodikus mozgás, a folyamatok terén pedig a meglepően gyakori körfolyamat, hiszen az összes energia-felszabadulással járó reakcióban, mint például a gyertya égése, **körfolyamattá** szerveződnek az egymást követő elemi lépések. Ennek megfelelően az élő szervezetekben is az „energiatermelés” körfolyamata (például a citrát-ciklus) méri ki a „biológiai idő” egységét. („Két végéről égeti a gyertyát” – mondják, ha valaki túlhajszoja magát, ilyenkor gyorsabban jár a biológiai órája.) A különböző periodikus mozgások és körfolyamatok azonban különböző sebességgel játszódnak le. Úgy is mondhatjuk, hogy mindegyiknek van „saját ideje”, a **periódusidő**. Bármelyik alkalmas lehetne az idő egységének kitűzésére. Az összehasonlítás érdekében ki kellett választani egyet, amihez képest lassabb vagy gyorsabb a többi. Olyan jelenség azonban, ami a Földön mindenütt, azonos módon észlelhető, csak egyetlen egy volt, a Föld mozgása. Az idő egysége csak részben önkényes. Az év és a nap hossza, a Föld összetett mozgásának köszönhetően a Föld kialakulása óta adott, ezért születünk bele a Föld **saját idejébe**. A további időegységek kialakítása vált önkényessé. Ennek köszönhető, hogy időszámításunk időnként korrekciót igényel (például a Juliánus-naptárt felváltotta a Gergely-naptár vagy a szökőév bevezetése.) A kisebb egységek kijelölésében például a „csillagok állása”, a Nap és a Hold helyzete segített (a napfordulók és a holdfázisok). A húsvét napjának kijelölésére mindkét égitest állását felhasználták: a tavaszi napéjegyenlőséget követő első holdtölte utáni vasárnap. Amíg a karácsony a Naphoz igazodó idő szerint minden évben ugyanarra a naptári napra esik, addig a húsvét – a Hold ciklusa miatt – nem naptárhoz kötött, hanem minden évben számítással határozzák meg az időpontját.

Az idő mérése

A még kisebb egységeket sokáig a Nap látszólagos mozgásából származtatták. Mivel a Nap járásával az árnyék is vándorolt, így a napórán csak be kellett osztani az árnyék által megtett távolságot. A helyi időt így osztották órákra, majd percekre. A 19. század közepétől jelennek meg a mechanikus órák, melyek „saját ideje” már alkalmas a másodpercek kijelölésére, illetve mérésére is. A láncon függő súly által mozgásban tartott kakukkos órában mechanikai szerkezet (gátkerék) gondoskodik a mozgás egyenletessé tételéről. Az ingaórákban súly helyett megfeszíthető spirálrugó, a forgási ingákban torziós szál tartja fenn a lengést. Ezek a mechanikai szerkezetek a technikai fejlődés során egyre kisebbekké és pontosabbakká váltak. Megjelentek a hajszálrugóval működő karórák, majd a kar lengése által is felhúzódozó „önfelhúzó” órák. Csakhogy a különböző szerkezetek saját ideje is különböző volt, vagyis különböző pontossággal „jártak”, siettek vagy késtek. *„Amióta több óráim van, soha sem tudom, hogy mennyi a pontos idő.”* (grafiti)

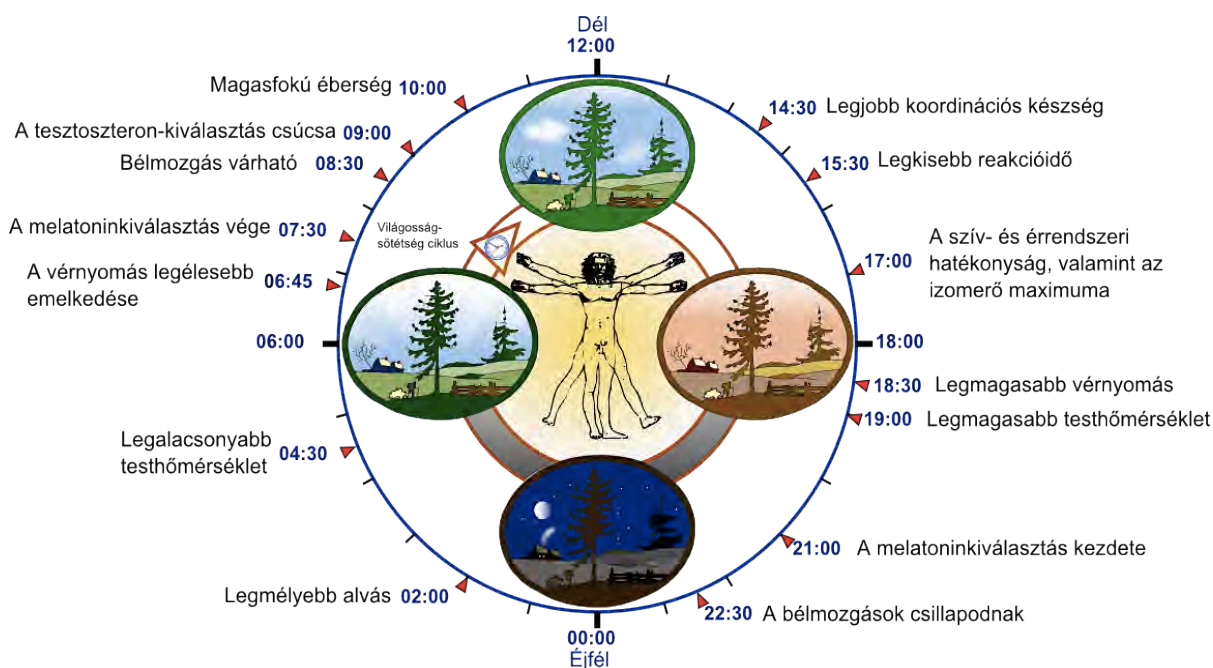
A történelem során kialakított időegységek a rendszertelen váltószámokkal együtt változatlanul maradtak. Az elfogadott időegységek egyre pontosabb mérése azonban a technikával együtt fejlődött. A gyorsasági versenyeken még elegendő a század másodperceket mérni (10^{-2} s), de két részecske között lejátszódó elemi reakció sebességének meghatározása már femtoszekundumnyi időtartamot igényel (10^{-15} s, femtokémia). Miután kiderült, hogy a Föld forgási és keringési ideje mégsem állandó, szükségessé vált az idő egységét más természeti állandóra vonatkoztatni. Mivel az elektrotechnika fejlődése lehetővé tette az elektromágneses rezgések frekvenciájának rendkívül pontos mérését, az „idő” újszerű meghatározása is a frekvenciaszámláláson alapul. A „kvarcórákban” parányi szilícium-dioxid kristályok sajátrezgése méri az időt. Mivel lehetetlen belőlük egyformát gyártani, nem is járhatnak egyformán. A kristály „öregedése” miatt pedig hosszú távon változik a sajátidejük. Korunk legpontosabb órája az atomóra, ami az atomon belüli mozgás sajátidejének, illetve frekvenciájának mérésén alapul. Egy elem atomjai nemcsak egyformák, hanem a belső mozgásuk is szigorúan ugyanúgy történik. Atomóra készült céziumból, rubídiumból és még hidrogénből is. A 133-as tömegszámú céziumatom atommagja mágneses sajátságú. Az atom elektronburka 55 elektront tartalmaz, így a párosítatlan elektronnak nem rejtőzködik a mágnesessége. A párosítatlan elektron az atommaghoz képest kétféleképpen állhat, azonos és ellentétes mágnesességgel. A két állapot nem azonos energiájú, de az elektron az egyik állapotból a másikba átbillenthető. Egy másodperc az az időtartam, amely alatt a céziom-133 atom párosítatlan elektrona éppen 9 192 631 770-szer változtatja meg állapotát az atommag mágneses terében. A számítások szerint a céziom atomóra várhatóan 138 millió év alatt is csak 1 másodpercet téved. A GPS „lelke” két céziumóra (5.19. ábra).



5.19. ábra. Az atomóra működésének elve (forrás: <http://www.vilaglex.hu/Erdekes/Html/IdomKors.htm>)

A világidő

Az idő pontos mérése azonban még kevés, hiszen a Föld forog, és nyugat felé haladva egyre később kel fel a Nap. A középkorban még valószínű senkit sem érdekelt, hogy a másik kontinensen ugyanakkor mennyi az idő. Azonban a hírközlés, majd a személyszállítás fejlődésével szükségessé vált az idő egyeztetése. Az órákat úgy is lehetett volna szinkronizálni, hogy a Földön ugyanakkor mindenütt ugyanannyit mutassanak. Ekkor



5.20. ábra. Az ember biológiai órája (forrás: http://hu.wikipedia.org/wiki/Fajl:Biological_clock_human_hu.png)

azonban a szélességi fokok mentén más-más órában lett volna reggel. Ezért célszerűbbnek tűnt mindenütt a napfelkeltéhez igazodni. Csakhogy ez meg a szélességi fokok mentén mindenütt máskor következik be. A kettő közötti megoldás az időzónák kijelölésével a **zónaidő** bevezetése lett. Ettől azonban az idő mindenütt egyformán, azonos ütemben telik, csak más számmal jelöljük. A központi „világ időt” nemzetközi együttműködéssel 6 ország atomóráinak adataiból adják meg. A **világidő** azonban csak az órákat szinkronizálhatja. Szervezetünk ugyan képes alkalmazkodni a központi időhöz, az időátállításhoz vagy az „időeltéréshez”, de a „biológiai óránk” a kutatások szerint másképpen jár (5.20. ábra).

A tér és az idő az anyag testvére

Az anyag, a tér és az idő együtt, egyszerre létezik. A tér és az idő az anyag létezésének formája. A térbe és az időbe beleszülettünk. A tér egy nagyon piciny részében egy nagyon pici ideig van alkalmunk megismerni tulajdonságaikat. Az űrszondákkal, leszálló egységekkel, műszerekkel elérhető környezetünkben azonos körülmények uralkodnak abban az értelemben, hogy a Nap és a csillagok magjához mérten hideg van. Ilyen körülmények között a tér és az idő tulajdonságai mindenütt azonosak. Ha nem így lenne, ha másképpen telt volna az idő, és más tulajdonságú lett volna a tér, akkor a Rosetta űrszondának nem sikerült volna utolérni a Csurmujov-Geraszinemko üstököst. Ez azonban nem jelenti azt, hogy a Nap belsejéhez hasonlóan a múltban ne lettek volna és a jelenben ne lennének ettől nagyon eltérő körülmények. Az anyag alapvetően két formában jelenik meg a Világegyetemben:

- a testet öltő anyagok formájában a kvarkoktól, az elemi részeken, az azokból felépülő atomokon, molekulákon keresztül az ásványokból felépülő égitestekig;
- a testet nem öltő anyag, az elektromágneses sugárzás típusai a rádió- és a mikrohullámoktól kezdve az infravörös-, a látható-, az ultraibolya- és a röntgensugárzáson keresztül a gammasugárzásig (az anyagnak ezt a típusát inkább a sugárzásban terjedő energiának nevezzük).

Az anyag egyik tulajdonságaként megjelenő teret azért érezzük nagynak és az anyagtól függetlennek, mert kevés benne a testet öltő anyag. Az anyag feltárt fejlődéstörténete során egy rendkívül forrónak tűnő állapotból az egyre hidegebb állapot felé halad. Szemléletesen azt mondhatnánk, hogy közben az „anyag” kondenzált, éppúgy, mint a vízgőz. Ha a vízgőz egy zárt üvegben csapódik le, a tér nemcsak nem szűnik meg, hanem még azt sem mondhatjuk, hogy üres. Legfeljebb kevés benne a „testet öltő anyag”. Az egyensúlyi nyomást kialakító molekulákon kívül egy ideig az a „testet nem öltő” energia is kitölti, ami a kondenzáció során felszabadul. Az űsrobbanást követően az anyag (egymás után) több halmazállapot-változáshoz hasonló átalakuláson ment keresztül, míg környezetünk „testet öltő anyagai” kialakultak. Ezeknek az összes térfogata azonban kisebb, mint a kiinduláskor volt. A környező, üresnek tűnő bolygóközi és csillagközi tér nagysága sugallja azt az érzést,

hogyan az anyag nem is tudja kitölteni a rendelkezésre álló teret, mintha a tér független lenne az anyagtól.

Az anyag fejlődéstörténete során különböző folyamatok játszódtak és játszódnak le. Lokálisan előfordulnak reverzibilis átalakulások, a megismétlődés élményét hordozó körfolyamatok. Ezeknek is van sebességük és saját idejük. Az idő azonban szemléletünkben inkább a **visszafordíthatatlanság** élményével társul. Időutazásunk egyirányúsága mögött az energia eloszlása rejlik. Amikor a gőz kondenzál, a keletkezett víz már sohasem jön magától forrásba. A lecsapódáskor felszabaduló, „testet nem öltő” energia ugyanis fénysebességgel oszlik el a sokkal nagyobb térfogatú környezetben. Ezért nincs az a valószínűség, ami nyomán újra koncentrálna a vízben. A folyamat megfordíthatatlanná, irreverzibilissé válik. Az Ősrobbanástól az élet kialakulásáig az irreverzibilis folyamatok vezetnek az idő visszafordíthatatlanságához. Az élő szervezet a reverzibilis és az irreverzibilis folyamatok optimálisan szerveződött egysége. A fejlődés éppolyan irreverzibilis folyamat, mint az öregedés, csak Murphy-törvénye az utóbbi folyamán gyakrabban érvényesül: „ami elromolhat, az el is romlik”. A makromolekuláris gépezetnek reverzibilisen kell működnie ahhoz, hogy ne kelljen újra létrehozni. A szőlőcukor viszont irreverzibilisen alakul át széndioxiddá és vízzé a biológiai oxidáció során. A végtermékekből önként már sohasem képződik szőlőcukor és oxigén, csak a Nap „testet nem öltő” energiája nyomán válnak újrahasznosíthatóakká.

5.2.2. Gondolkodtatás különböző időléptékekben

Az időléptékek érzékelése

A természeti folyamatok időben játszódnak le, méghozzá nagyon különböző **időléptékekben**. Az időbeli tájékozódással kapcsolatos tantervi követelményeket összefoglaló 5.6. táblázat jól érzékelteti, hogy az idővel való iskolai foglalkozás alapvetően az időléptékekhez kapcsolódik, az egyes időléptékeket és az azokkal való műveleteket mintegy fejlődési sorba illesztve kezeli. Az oktatás alapszakasza az időfogalmat főként a környezetismeret tantárgy keretében a személyes tapasztalatokra alapozva fejleszti. Az 5–6. évfolyamon a természetismeret tantárgy a természeti környezet jelenségeihez kapcsolja az időt, ezek oksági viszonyait felfedeztetve fejleszti tovább az időképzetet. Azonban ebben az átmeneti szakaszban szétválik a természeti és a társadalmi idő és időlépték, társadalmi szempontból alapvetően a történelem (továbbá a magyar irodalom, a művészetek tudománytörténeti vonatkozásai) fejleszti tovább. Ugyanakkor a természetismeret tanításának is feladata marad a társadalmi hatásra bekövetkező természeti változások időbeliségének érzékeltetése a tanulókkal. A napi és az évi időt, azok múlását könnyen érzékelik a tanulók, hiszen számos környezeti jelenségben tapasztalják, és életük mozzanatai szorosan összefüggenek azokkal. Így **a napi és évi idővel** való ismerkedés nagyrészt alsó tagozatban és 5–6. évfolyamon történik.

Előzmények – Környezetismeret 1–4. évfolyam	Természetismeret 5–6. évfolyam
A mindennapokban érzékelhető idő	
Gyakorlatszerzés az idő mérésében, mértékegységeinek használatában	
Gyakorlatszerzés időtartamok becslésében a...	
mindennapi élettel kapcsolatban	különböző folyamatokkal kapcsolatban
A nap időtartamának ismerete, érzékelése	A napi időszámítás elvének megértése; A Föld forgásának, Nap látszólagos égi útjának, a napóra elvének ismerete
A napszakok váltakozásának ismerete	
A napszakok jellemzőinek ismerete	
Az év időtartamának ismerete, érzékelése	Az évi időszámítás elvének megértése; A Föld Nap körüli keringésének ismerete
Évszakok váltakozása, jellemzők ismerete	
Napszakok, hónapok, évszakok idősorba rendezése	Napszakok, hónapok, évszakok, évek időtartamának összehasonlítása
Az idő és a természeti jelenségek	
Élőlények időbeli szabályszerű változásainak és okainak felismerése; Az élőlények időbeli változásának megfigyelése (növekedés, fejlődés, pusztulás); Az idő és az életmód kapcsolatának észrevétele (téli álm, költöző madarak, lombhullatás, több évig élő növények)	A természeti jelenségek és az idő kapcsolatának felfedezése;
	A természeti és a társadalmi környezet idő múlásával való változásának megértése
	A természeti folyamatok, összefüggések, törvényszerűségek megértéséhez szükséges időképzet, időbeli elvonatkoztatási képesség kialakulása

5.6. táblázat. Kíváncsi tantervi követelmény az időbeli tájékozódás képességével kapcsolatban (Makádi M.)

A társadalmi-gazdasági folyamatok, a történelmi események, a környezet változásai hosszú évtizedek, évszázadok alatt zajlanak. A **történelmi idő** érzékelése és az abban való eligazodás már nehezebb a tanulók számára, mert életünkben legfeljebb tíz-tizenegy tudatos év telhetett el. Ezért természetismeret órán is mindig el kell képzelteni velük a nagyságrendi különbségeket az általuk ismert idő és a történelmi, földrajzi, ökológiai események időpontja, időtartama között. Külön kihívást jelent, hogy maga a Föld vagy a kőzetek, az ősmaradványok, a szerkezeti és felszínformák olyan régen keletkeztek és olyan hosszú időtartamú fejlődési folyamaton mentek keresztül, amit talán nem is lehet felfogni. Nehéz elképzelni valójában mit is jelent az, hogy egy esemény évmilliókkal ezelőtt történt. Ilyen léptékű időképzetük valójában a felnőtteknek sincs, pedig szükség lenne rá, ha a földtani, földrajzi, biológiai (evolúciós) és környezeti folyamatokról akarunk gondolkodni, ha ok-okozati összefüggéseikben akarjuk felfedeztetni és megértetni a természeti jelenségeket. A **földtörténeti időképzet** alakítása a 12. életévtől kezdődik, de csak a 9. évfolyamon teljesedik ki. Valljuk be, évtizedekben, de még inkább évszázadokban, évmilliókban, sőt évmilliárdokban gondolkodni nem képesek a gyerekek, legfeljebb tudomásul veszik ezeket az időkategóriákat, de tényleges, reális időképzet nem társul hozzájuk.

Az időbeli tájékozódással kapcsolatban a tanulóknak tudniuk kell a 6. évfolyam végén:

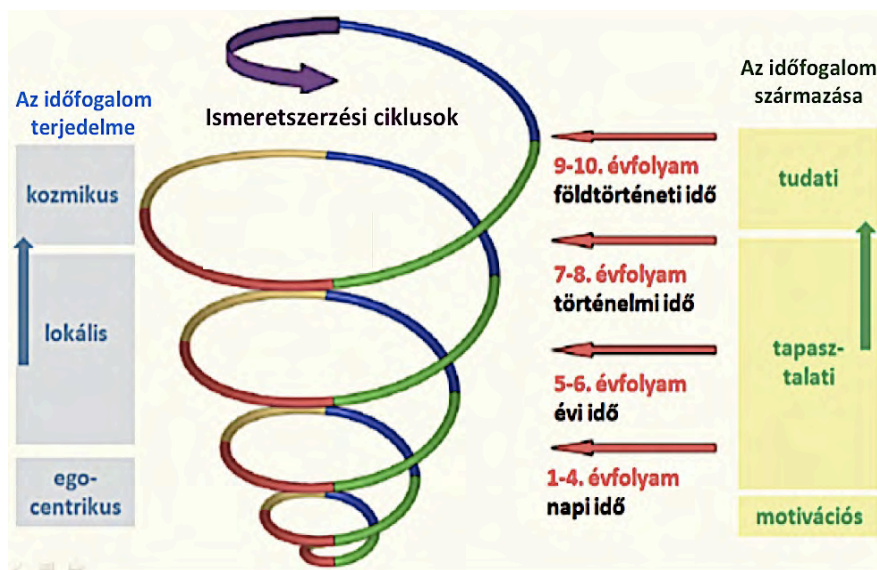
- mérni az időt, megbecsülni a mindennapi életünket meghatározó időtartamokat;

- jellemezni a napszakokat és az évszakokat;
- megnevezni a napszakok és az évszakok váltakozásának okát;
- felismerni a természeti jelenségek periodikus ismétlődését (például a Föld mozgásaihoz kötődő változásokat);
- idősort képezni természeti jelenségekből és a tanulók mindennapi tevékenységeiből;
- összehasonlítani napi, évi és történelmi időnagyságrendeket, érzékelni időtartambeli különbségeiket;
- hogy az idő múlásával az élőlények és ők maguk is változnak, és felismerniük e változások szabályszerűségét, okait.

Az időhöz kapcsolódó fogalmi váltások

A tanterv által meghatározott időképzetre irányuló fejlesztési folyamat az idővel kapcsolatos fogalmi váltásokhoz igazodik a természetismeret tanulásában. Az időhöz kötődő fogalmi körökkel növekvő léptékük sorrendjében foglalkoznak a tanulók, a személyes életüket meghatározó pillanatnyi időtől az elvont, milliós nagyságrendű időfogalom felé haladnak (5.21. ábra). Az alsó tagozatos gyerekek időviszonyításának alapja a személyes tapasztalat (például „akkor van éjszaka, amikor sötét van”, „akkor van dél, amikor ebédelünk”, „akkor van nyár, amikor meleg van és nincs tanítás”, „az ősz az, amikor a születésnapom van”), az időt önmaguk személyes élete szempontjából érzékelik, ítélik meg, **egocentrikus időképzettel** rendelkeznek. Időérzékelésüket még sokáig befolyásolja érzelmi állapotuk, viszonyuk a történéshez (például a játék közben szinte röpül, az iskolai órán nehezen telik az idő), a **motivációs időfogalom** szinte végigkíséri az életet, ennek ellenére a felnőttek gyakran nem értik, hogy miért nem tudják tartani a gyerekek az időt (például a megbeszélte időpontot, a játék előre egyeztetett időtartamát). Majd tudatukban a napi és az évi idő egyre inkább elszakad önmaguktól, egy-egy konkrét helyhez (a lakóhelyükhöz, a hazánkhoz stb.) kötődik. Akkor következik be az első fogalmi váltás, amikor érthetővé válik számukra, hogy a napi és az évi idő a Föld Naphoz viszonyított helyzetétől függ. A **lokális időképzet** tehát annak felismerése, hogy bolygónkat forgása során mindig máshol világítja meg a Nap fénye, és keringésekor – mivel mindig máshol van csillagunk körüli pályáján – különböző területeit eltérő szögben éri a világosságot és a meleget adó napsugarak. Kialakulásában nagy szerepe van a tapasztalatoknak, különböző földrajzi fekvésű terek különböző időpontokban való megismerésének (például hazai nagytájak jellemzői a különböző évszakokban), a földrajzi fókuszálással kapcsolatos feladathelyzeteknek, valamint a természeti események, jelenségek, folyamatok térben és időben való elhelyezkedésének (**tapasztalati időfogalom**). A helyekre vonatkoztatott időképzet fokozatosan mélyül a felső tagozatban azáltal, hogy 7-8. évfolyamban földrajz- és biológiaórákon képzeletileg bejárják a Földet, megismerik az évszakok váltakozásának jelentőségét a különböző életterekben. A következő fogalmi váltás csak a középiskolai évek alatt következik be a csillagászati ismeretek bővülésével (fizika- és földrajzórán), amikor az időfogalom térben kiterjed, a Földön globális értelemben és azon túl, a Naprendszerben nyer értelmet, kialakul a **kozmoszi időképzet**. Mivel ezen a szinten

tudatosul a tanulóknak, hogy a napszakok és az évszakok térben és időben egyszerre változó fogalmak, **tudati időfogalom**nak nevezhető.



5.21. ábra. Az idő fogalomkör fejlesztési modellje a földrajztanításban (Makádi M. 2014)

Mit tegyünk az idővel?

A természettudományok tanulása szempontjából a tényleges **idő érzékelésénél**, elképzelésénél fontosabb a különböző **időnagyságrendek** érzékelése. Ez csak akkor következhet be, ha a tanulók rendszeresen végeznek ezzel kapcsolatos gondolatjátékokat, melyek során általában nem konkrét, nem megfogható, általuk pontosan nem meghatározható időkategóriákban gondolkodnak, csupán a nagyságrendjüket kell elképzelniük és összehasonlítaniuk (például a köznapi és a történelmi idő). Leggyakrabban nem is egy tény, jelenség, folyamat konkrét idejével, időpontjával kell tisztában lenniük, hanem csak azt kell felismerniük, hogy az egyik korábban vagy később volt a másikhoz képest, azaz **időrendi sorba** kell rendezniük a dolgokat. A helyes sorrend megtalálásakor persze a tartalmi jegyeiket hasonlítják össze, így a sorbarendezés mögött konkrét ismeretek és logikai műveletek állnak.

Az időrendi sorok és időnagyságrendi kategóriák megállapításán túl azonban az is szükséges, hogy a tanulók **felismerjék az idő jelentőségét**, a különböző időtípusok eltérő szerepét az egyéni és a társadalmi-gazdasági életben. A gyerekek egyéni fejlődésük során csak lassan, fokozatosan ismerik fel az idő jelentőségét, hiszen időképzetük is hosszú évekig tartó fejlődés eredménye. A felismerés kezdetben tapasztalati úton történik, majd egyre tudatosabbá válik, azaz következtetéseken, gondolatsorokon alapszik. Nagy jelentősége lehet benne a ráeszméltetésnek és a rádöbbenésnek. A problémák megválaszolása során nemcsak elgondolkodnak az idő és az egyes földrajzi, biológiai, ökológiai tényezők kapcsolatán, hanem személyes szűrőjükön keresztül adnak válaszokat, miközben

nyilvánvalóvá válik számukra a mindennapi élet és az ismeretanyag kapcsolata is. Időt kell szakítani arra, hogy beszélgetésekben szembesüljenek a gyerekek az idő problémájával (miért nem mindegy, hogy mennyi az idő, melyik napszak van, melyik évszak van, mikor keletkezett a felszínforma, mikor alakult ki a Földünk? stb.).

A napi idő értelmezésének nehézségei

A napi és az évi idő múlását könnyen érzékelik a gyerekek, hiszen életük mozzanatai szorosan összefüggenek velük. Az óvodások a napszakokat napi cselekvéseikkel hozzák kapcsolatba (például amikor felkelek, akkor van reggel, és amikor lefekszem, akkor este) (**egocentrikus időfogalom**). Az 1. osztályosok meg tudják nevezni a **napszakokat** jellegzetes tapasztalható jellemzőik alapján (például ha világos van, akkor nappal, ha sötét, akkor éjszaka van). 2. osztályban már nagy biztonsággal elkülönítenek kisebb napi időegységeket is (például amikor a Nap felkel, akkor reggel, amikor lenyugszik, este van), de a többi napszak megnevezésével még 4. osztályban is bizonytalanok (például hol van a választóhatár a reggel és a délelőtt, a délután és az este között, mikor van éjszaka?). Ha a földgömböt egy lámpával megvilágítják, könnyen belátják, hogy a sötét félgömb az éjszakai és a megvilágított a nappali félgömb egy adott földi helyen, ott pedig, ahol a megvilágított és a sötét félgömb határvonala (a terminátorvonal) húzódik, reggel vagy este van. Csak annak felismerése okoz problémát, hogy elkülönítsék, hol van a **reggel** és hol az **este**. E fogalmak pontos értelmezéséhez csillagászati földrajzi jelenségek megismerése és megértése szükséges, hiszen e fogalmak tartalma nem csupán a két szélsőség (a sötétség és a világosság) viszonylatában értelmezhető, hanem lényegük épp a Föld forgásának folyamatosságában és annak folyamatos megvilágítási következményeiben van. Így tehát amikor 5. osztályban megismerik ezt a folyamatot, megértik egy adott földi ponton a napszakok egymásba való fokozatos átmenetét is. Így a napi időfogalomban fogalmi váltás következik be, a tanulók tudatában az idő egy adott helyhez kötődik, és felismerik, hogy az a megvilágítási helyzettől függ (lokális időfogalom).

A dél-éjfél fogalom kialakítása nehezebb. A „mikor (hol) van **dél** vagy **éjfél**?” kérdésre azt válaszolják a gyerekek, hogy a reggel és az este között félúton. Mivel még nem ismerik a Nap delelését, ez helyes válasz. Tapasztalatból már az alsó tagozatosok is tudják, hogy délben látható a Nap a legmagasabban az égen (és ennek ellenlábás pontjában van éjfélkor, égi pályája legalacsonyabb pontján, persze ekkor nem látható). Akkor nyer igazán értelmet a fogalom, amikor modellezés során láthatják, hogy a Föld forgása közben a Nap mindig más területek felett delel. Valóságos és modelltapasztalat alapján belátják, hogy dél akkor és ott van, amikor és ahol a Nap éppen a legmagasabban van az égen, a napsugarak a legnagyobb szögben érkeznek a felszínre. Noha a gyerekek 5-6. évfolyamon megtanulják, hogy a napi idő múlása a Föld Naphoz képesti elfordulása miatt történik, még nem értik ezt a kapcsolatot, hiszen nem ezt tapasztalják. A Nap égbolti mozgásához kapcsolják, mert azt látják, viszont a Föld tengely körüli forgását nem érzékelik. Ezért elengedhetetlenül fontos, hogy tapasztalják

meg modellen a folyamatot, és keressenek kapcsolatot a látvány és a modellhelyzetek között.

Arra a kérdésre, hogy mettől meddig tart egy **nap**, a gyerekek életkoruk függvényében különböző válaszokat adnak. A 6-7 évesek a reggeltől estig tartó időtartamra gondolnak, hiszen számukra az a naponta megélt idő, a Nap keléséhez (látóhatár fölé való emelkedéséhez) és nyugvásához (alákerüléséhez) csak 8 évesen kezdik kötni. Ebben a korban kezd beletartozni a nap fogalmába az éjszaka is, a reggeltől a következő reggelig terjedő időszakot tekintik annak, összefüggésben azzal, hogy egyre tudatosabb napirend szerint élnek. Az új nap a reggelrel kezdődik, mint ahogyan a társadalom, sőt az élővilág nagy része számára is (például kakaskukorékolás, madárcsivitelés indítja a napot). Később (még felnőtt korban is) azonban gyakran visszatér az a kisgyermekkori tévképzet, hogy a nap és a nappal azonos. Összefügg ezzel, hogy a nappali idő a gyerekek számára évszakfüggő, a nyári nappalt hosszabbnak tekintik a télinél, mert napi idő képzetük szorosan összefügg a tevékenységeikkel.

Fogalmi konfliktust jelent a tanulók számára, amikor szembesülnek azzal, hogy **a gyakorlati életben működő napfogalom** több szempontból is **eltér a hivatalostól**. A napi időt nem reggeltől, hanem 0 órától számítjuk, vagyis attól az időponttól, amikor a látóhatár alatt a legalacsonyabban van (alsó delelés). A csillagászatban egy nap a Nap két egymást követő delelése (dél) között eltelt szakasz, időtartam (23 óra 56 perc 4,09 másodperc), a gyakorlati életben mégsem déltől délig, hanem éjféltől éjfélig számítjuk. Vagyis a természettudományos időfogalomba beleszól a társadalom, az életéhez igazítja, de mivel praktikuma könnyen belátható és a tapasztalaton kívüli időszávba (éjszakára) esik, nem okoz különösebb képzeti zavart a tanulóknál. Annál többet a zónaidővel való szembesülés. Noha a zónaidő fogalma középiskolai követelmény, a mobilis társadalomban a tanulók találkozhatnak vele utazásaik során. Értelmezése szintén a társadalmi szempontnak a természettudományos fogalomhasználatban való érvényesülésével szembesíti őket. Könnyen belátható, hogy a különböző földi helyek közötti kapcsolattartást nehezítette a Nap járásához viszonyított időszámítás, így szükségessé vált a zónaidő bevezetése. Az órára pillantva tulajdonképpen világszerte egy mesterséges időt látunk, amely lényegében csak az adott helyhez tartozó időzóna középső hosszúsági körén felel meg a Nap járásának (hiszen a zónaidő e hosszúsági kör helyi középideje). A greenwichi csillagvizsgáló kupoláját átszelő hosszúsági körön érvényes időt pedig kinevezték **világidőnek** (greenwichi idő, GMT, a 0° hosszúsági körhöz tartozó helyi középszoláris idő, megjegyzendő, hogy ma már a nemzetközi atomidőből származó koordinált világidőt, az UTC-t használjuk). Az időzónák határait is a társadalom igénye szerint az országhatárokhöz igazították, és egységesített időzónákat vezettek be az Európai Unióban.

Ősszel és tavasszal az óraátállításhoz kapcsolódóan rendszerint a tanulók érdeklődésének középpontjába kerül az **évszakos időszámítás** kérdése. Gyakran megkérdezik, melyik az igazi

idő: a nyári vagy a téli időszámításkor használt? A válasz, hogy egyik sem, hisz a **téli időszámítás** is csak a 0° hosszúsági körön valós, a **nyári időszámítás** pedig ehhez képest is mesterséges rendszer. Eredetileg energiatakarékossági céllal vezették be, a zónaidőt nyáron (március vége és október közepe között) 1 órával előre állítják a „valós” zónaidőhöz képest (az Európai Unióban 1996 óta).

A napi idő érzékelése és érzékeltetése

A reális napi időfogalom kialakulása – noha a tanulói tapasztalatokra épül – csak akkor várható, ha tudatos érzékelésére rendszeres tevékenységek irányulnak. A feldolgozásához az alábbiakban bemutatunk néhány javasolt feladatot. Az érzékeltetés egyfelől modellezéssel, másfelől problémafelvetéssel érhető el. A **modellezésnek** a Föld tengelykörüli forgása következményeihez kell kapcsolódnia részben annak megtapasztaltatásával, hogy a forgás közben a Nap mindig más-más részét világítja meg égitestünknek, részben pedig azzal, hogy a Föld különböző részein másként látják az emberek a Nap helyzetét és napi mozgását.

A megvilágítás gömbi határai

A tanár az asztal szélére állítja a földgömböt a kezdő hosszúsági körrel az osztály felé fordítva. A Napot megszemélyesítő gyerek homlokára rögzített zseblámpával a földgömb elé guggol úgy, hogy az Egyenlítővel szemmagasságában és olyan távolságban legyen, hogy a lámpa fénykúpja a sarkpontokat is megvilágítsa. Tíz gyerek egy-egy földrész és óceán nevével felsorakozik a Nap mögött. Valaki lassan forgatja a földgömböt az óramutató járásával ellentétes irányban, minden negyed-, fél- és háromnegyed fordultnál megáll, és a Nap mögött állók jelzik, ha megvilágítja őket a Nap.

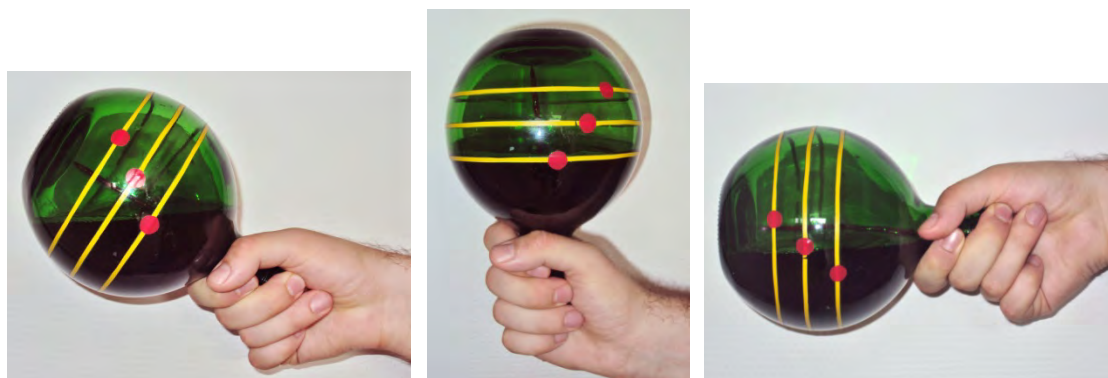
A fenti feladatban azt tapasztalják a tanulók, hogy a negyedik fordultnál ugyanazokat a területeket világítja meg a Nap, mint a kiindulási helyzetben, hiszen ugyanabban a helyzetben van a Föld a Naphoz képest, a valóságban közben 1 nap telik el. A tapasztaltakból levonják a következtetést: a Föld forog a képzeletbeli, ferdén álló tengelye körül, miközben a napsugarak az éppen felé forduló részét megvilágítják, tehát a Nap egy nap során időről időre más területét világítja meg a Földnek.

A nappal hossza függ a helytől és az évszaktól

A tanár a gyerekek segítségével elkészíti az éggömbmodellt (5.22. ábra). Kiindulásként a földgömb azt az állapotot mutatja, amikor hazánkban a Nap éppen felkel. Lassan elforgatja az éggömböt, mint ahogyan az látszólag folyton fordul a fejünk fölött. Amikor a Nap a gömb tetejére ér, akkor delel, dél van, déli irányban látható az égen. Ha tovább forgatja az éggömböt, a Nap újból eléri a látóhatárt, nyugatias irányban lenyugszik. Éjszaka ugyanilyen pályát fut be, csak nem látjuk, mert a látóhatárunk alatt mozog.

A fenti modell segítségével azt figyelhették meg a tanulók, hogy hazánk álláspontján milyen látszólagos utat tesz meg a Nap az égbolton. Megmérhetik a gömbfelszínen a nappálya látóhatár feletti hosszát nyáron, télen és az átmeneti évszakokban, vagy megmérhetik az egy körülforduláshoz szükséges időket. Tapasztalják, hogy nyáron hosszabb időt tölt a nap a

látóhatár felett (hosszabb a nappal), mint télen. Azonban azt szeretnénk érzékeltetni, hogy a Föld más részein (különböző földrajzi szélességeken) nem ilyen a Nap napi útja, ezért elvégezzük az előbbi modellezést úgy is, mintha az Egyenlítőn vagy az Északi-sarkon állnánk. Hasonlítsák össze a tanulók a Nap magasságát, látszólagos napi útjának hosszát, a látóhatár feletti ívének megtételéhez szükséges időt a három álláspontról nézve!



hazánk földrajzi szélességén

az Északi-sarkon

az Egyenlítőn

a gömb belsejében, annak középpontjában, a Föld felszínén állunk
hurkapálca = Föld meghosszabbított tengelye; folyadék felszíne = Föld felszíne; víz felszíne fölötti rész = égbolt; sárga vonal = a Nap elmozdulásának vonala az évszakokban; piros korong = Nap

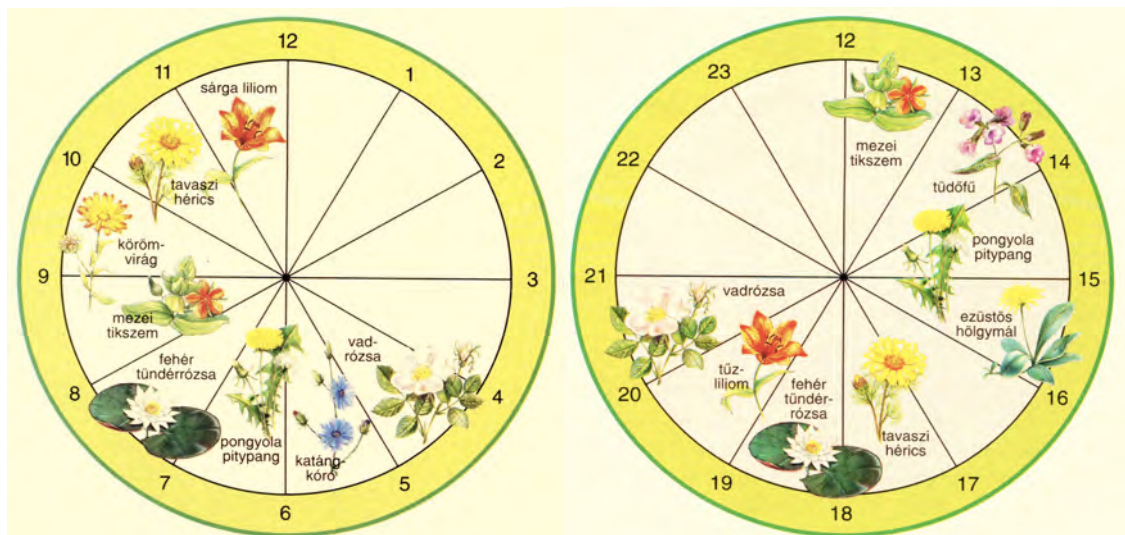
5.22. ábra. Modell a Nap látszólagos pályája, az évszakok és a különböző földrajzi szélességek összefüggésének bemutatására (Makádi M. felvételei)

Mérjük árnyékkal az idő múlását!

Egy botot szúrunk merőlegesen a földbe az iskolaudvaron a téli időszámítás kezdete után egy napos reggelen, és köré rajzolunk (pl. egy madzagra erősített tégladarab segítségével) egy fél méter sugarú kört. A földbe karcolunk egy vonalat a bot árnyékán, és ráírjuk, hogy hány órákor készült. Óránként újra és újra megrajzoljuk a bot árnyékát, és mindig mellé írjuk az időpontot.

A napóra az adott álláspont helyi idejét mutatja. Elkészítése segíti azt a felismerést, hogy a Föld és a Nap helyzete folyamatosan és egyenletesen változik a nap során, és naponta ismétlődik, mert a gyerekek láthatják, hogy a földbe szúrt bot árnyéka mindig más irányba vetül. Az árnyék elfordulási szöge könnyen megfeleltethető időtartamnak. (Az viszont megzavarhatja őket, hogy az árnyék hossza is változik, előfordul, hogy azt a napsugarak beesési szögének változása helyett a Nap–Föld távolság változásával magyarázzák.) A probléma a 10-11 évesek számára igazából annak belátása, hogy a két égitest helyzetének változását a Föld helyzetváltoztató mozgása (képzelt tengelye körüli forgása) és nem a Nap elmozdulása okozza, hiszen ők azt látják, hogy a Nap jár az égen (de ez már nem időbeli, hanem mozgásfogalmi kérdés). A napóra készítési feladathoz kapcsolható annak kitaláltatása a gyerekekkel, hogyan lehetne időtállóvá tenni a földbe karcolt napórát. Az „időtálló” fogalom ilyen értelmezése hozzásegít a köznyelv és a tudományos fogalomhasználat közötti eltérések felfedezéséhez.

A természetismeret tanulása során fontos feladat, hogy a tanulók lássák, hogyan **érzékelhető a természeti jelenségekben** a napi idő múlása. Noha ennek az alapja a Föld tengely körüli forgása következtében bekövetkező megvilágítás változása, de fel kell ismerniük annak következményeit például a táj hangulatának változásában, a madarak hajnali és reggeli fokozatos megszólalásában (madáróra), a virágok, virágzatok nyílásában és becsukódásában (virágóra, 5.23. ábra).



5.23. ábra. Virágóra a napi idő érzékeltetésére (forrás: A Föld, amelyen élünk, Környezetismeret 4. osztály, Mozaik Kiadó)

Hangulatlesés

- A tanulók megfigyelnek egy tájat a különböző napszakokban, és táblázatban rögzítik a tapasztalataikat.

Napszak	A táj hangulata (Írj jelzőket!)	Különbözősége az előző napszaktól	Jellemző színek	Jellemző hangok, illatok	Mely irányból süt a Nap?
Reggel					
Délelőtt					
Délben					
Délután					
Este					

- Megbeszéljük, hogyan változott a táj hangulata a nap során, és magyarázatot keresnek rá.
- Igazolják egyszerű modellel, hogy valóban másként látjuk ugyanazt a dolgot, ha változik a megvilágítás iránya és erőssége. Egy rajzlap közepére állítanak egy almát. A besötétített tanteremben egy zseblámpával eljuttatják a Nap napi járását, miközben megfogalmazzák az alma látványát.

A napi idő múlásával kapcsolatos gondolkodtató feladatok

1. Készítsetek szótárt azokból a kifejezésekből és jelentésükről, amelyek a napi idő múlását fejezik ki a népmesékben!
2. Hogyan jelképezi az óra az idő múlását?

3. A hagyományos mutatós vagy a digitális kijelzésű óra jelzi szemléletesebben az idő múlását? Ütköztessétek a véleményeket!
4. Milyen szögben kell a földre szúrni a napóra „mutatóját” adó botot Budapesten? Másként kell-e elhelyezni Baján (Budapesttel közel azonos földrajzi hosszúságon) vagy Debrecenben (Budapesttel közel azonos földrajzi szélességen)?
5. Mely természeti jelenségek alapján tudnánk érzékelni a napi idő múlását, ha nem lenne óránk? Készítsetek listát! Beszéljétek meg, melyik miért alkalmas az idő jelzésére! Vitassátok meg, hogy melyik lenne a legjobban használható!
6. Mi szól a nyári időszámítás alkalmazása mellett és mi ellene? Gyűjtsétek össze, majd vitassátok meg!

Mellette szól	Ellene szól

Az évi idő értelmezése

Az **évi időfogalom** fejlődése a napi időhöz hasonló fejlődési folyamaton megy keresztül. A tízévesek az évet és az évszakokat személyes életük eseményeihez kötik (**egocentrikus időképzet**). Az évi idő múlását az évszakok váltakozása jelzi számukra, amihez tevékenységeik egy része, többnyire az élményt adó része kötődik (például iskolakezdés, korcsolyázás, karácsonyi ajándékozás, farsangi bál, strandolás) (**motivációs időfogalom**). Télen alig süt a Nap – mondják –, de „ha fent is van az égen, sápadt, gyengén süt, pedig olyan nagy”. Ellentmondást éreznek, mert azt gondolják, hogy ha nagynak látszik a Nap, akkor az erősebben világít és melegít, mint amikor kisebbnek látszik. (Még középiskolás korban is előjön ez a tévképzet: azért van nyáron melegebb, mint télen, mert nyáron a Föld közelebb kering a Naphoz ellipszis alakú pályáján.) Tévképzet az is, hogy az alsó tagozatos gyerekek azt gondolják, télen kevesebbet süt a Nap, mert „nincs mindig az égen”, „télen a Nap is lustább”, nemcsak később kel és korábban nyugszik, hanem „nem is megy olyan magasra az égen”. Mögötta az a tapasztalás keresendő, hogy télen alacsonyabban járja látszólagos égi útját (**tapasztalati időfogalom**).

Az iskolát kezdő gyerekek meg tudják nevezni az évszakokat jellemzőik alapján (például nyáron meleg van, télen havazik, ősszel fúj a szél és esik az eső, tavasszal süt a nap és virágillatot hoz a szél), de ebben az esetben nem is az időt érzékelik, hanem a **periodikus jelenségek** egy-egy jellegzetes mozzanatát, amelyek az évi idővel kapcsolatosak. Ez a fajta évszakfelismerés alapvetően egyéni tapasztalatokon alapszik, de szerepe van benne a társadalmi tudásnak is (így hallom a felnőttektől, így jellemzik a mesékben, a gyerekdalokban). Emiatt az évszakokról kialakuló gyermeki képzet számos sztereotípiát tartalmaz, amelyektől nehezen szabadul, később más földrészek évszakainak, időjárásának, éghajlatának elképzelésekor okoz zavart. Nem értik például, hogyan lehet az, hogy nem váltakoznak évszakok a sarkvidéki vagy az egyenlítői övben („honnan tudják akkor, hogy melyik hónap van?”). 6. évfolyamtól kezdve lassan felismerik, hogy a Föld különböző részein nem egy időben vannak ugyanazok az évszakok (északi és déli félgömb ellentétes évszakai),

és nem is feltétlenül a nálunk ismert ritmusban váltogatják egymást (például nincs négy évszak) (**lokális időfogalom**).

A napfogalomhoz hasonlóan változik az életkorokkal a „megtől meddig tart **egy év?**” kérdésre adott gyermeki válasz. Az alsó tagozatos gyerekek bizonytalanul felelnek, mert nehezen gondolkodnak ilyen nagy időtartamban. Csak 8 éves kor után lesz belátható az év, de többnyire a nyártól nyárig vagy a szeptembertől szeptemberig tartó időszakot tekintik annak, hiszen számukra az az évente megélt idő, életük teljesen másként zajlik a nyári iskolaszünet idején, mint az év többi időszakában. Szemben a napi idővel nem maradnak ki időszakok az év fogalmából, csak más értelmet nyernek.

A tananyag 10-11 éves korban kapcsolja az évi időt a ferde tengelyű Föld Nap körüli keringéséhez, de ez ekkor még nehezen érthető. Egyrészt azért, mert kétféle és különböző időléptékű mozgást kell a tanulóknak megkülönböztetniük (gyakran egy vagy két tanórán belül). Gyakori tévképzet, hogy egy adott időpillanatban a Föld vagy forog, vagy kering. Feltétlenül modellen kell látniuk vagy eljátszaniuk a mozgásokat külön-külön is, majd együtt, hogy megértsék, azok egyidejűleg is lehetségesek. A tapasztalati időfogalom gondolati kiterjesztése azonban évekig tart. Ha a forgás és a keringés egyidejűségét be is látják a gyerekek, a hibás képzetet nem engedik el (például amikor 7. osztályban a passzát szélrendszer évszakai vándorlásával kapcsolatban az évszakai helyzeteket gyakran napszakaiakkal keverik).

Az évi idő érzékeltetése

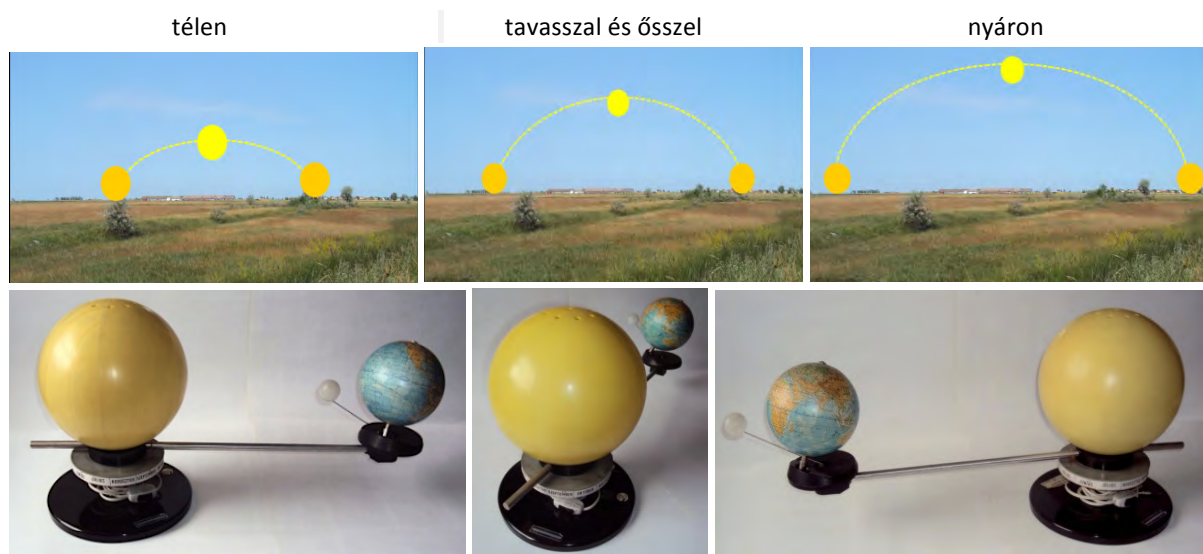
Az évi idő természetismeret órai feldolgozásának a tapasztalatokhoz kell kötődnie. Tulajdonképpen sok spontán tapasztalatuk van már a tanulóknak, ezeket kell feleleveníteni és megerősíteni, illetve tudatosítani. Eszköze alapvetően az **interaktív modellezés**: eljátszák a Föld keringését a Nap körül vagy a tellúriumot (Nap-Föld-Hold mozgásmodellje) használják (5.24. ábra). E módszerek alapja a célirányos megfigyelések (például a Nap évszakonként eltérő napi útjának megfigyelése az égbolton), amelyek tapasztalatából a jelenségek okát fejtjük ki. Más tevékenységekből viszont az évi idő múlásának természeti és részben társadalmi következményei tudatosulnak a tanulóknak (például éves zöldség- és gyümölcsnapotár, évszakai gyümölcskosarat állítanak össze). Az ilyen típusú feladatokra azért is van nagy szükség, mert a művivé vált világban a városi gyerekek számára nem derül ki, hogy a növények nem minden évszakban hoznak termést, hiszen azok egész évben megvásárolhatók az élelmiszerüzletekben.

A Nap égi pályájának modellezése

- A tanár kiválaszt egy helyet az iskolaudvaron, a parkban vagy a környéken, ahonnan minden napszakban jól látható a Nap az év során. Lerajzolja vagy lefényképezi a tájat. A tanulók a nevezetes csillagászati napokon megfigyelik a Nap égbolti útját, és berajzolják az ábrába a napkorongot reggel, délben és este. A

napkorongokat ívekkel összekötik, így megkapják az évszakos égi nappályákat, amelyeket összehasonlítnak egymással.

- A tanulók beállítják a tellúriumon a Földet az ábrázolt helyzeteknek megfelelően.



5.24. ábra. A Nap égi útja látványának megfelelő helyzet beállítása tellúriumon (Makádi M. felvételei)

Gondolkodtató feladatok

1. Készítsetek listát azokból a természeti jelenségekből, változásokból, amelyek alapján egyszerű naptárat tudnánk készíteni, mert követik az évszakok váltakozását!
2. Állítsatok össze gondolati virágcsokrokat az egyes évszakokra jellemző virágokból!
3. Készítsetek állatnaptárat! A hónapokat az azokban jellemző állati tevékenységekkel jelképezzétek (pl. február: a medve kijön a barlangjából vagy hevesen udvarolnak a galambok)!
4. Készítsetek időjárási naptárat! Jelöljétek minden hónapnak a jellegzetes időjárását!
5. Gyűjtsétek össze, hogy a népmesék milyen kifejezésekkel, szófordulatokkal érzékeltetik az évi idő múlását!
6. Találjátok ki, mivel és hogyan lehetne jelképezni az évi időszámítás egyes egységeit (év, hónap, hét, nap), azok egymáshoz való viszonyát!
7. Járjatok utána, honnan származnak a hónapok nevei!

Az évinél hosszabb idő érzékeltetése és érzékelése

A társadalmi-gazdasági folyamatok, a történelmi események, a környezet változása hosszú évtizedek, évszázadok alatt zajlik. A természetismeret tanulása során is gyerekeknek el kell képzelniük a nagyságrendi különbségeket az általuk ismert idő és a történelmi események időpontja, időtartama között, amiben segítheti őket az időszalag készítése és az idő kerekének képzeletbeli vissza- vagy előreforgatása. (Az évi és a történelmi időfogalom közötti váltás elsődlegesen nem a természetismeret tanításának a feladata, hanem a történelemé, hiszen nem természettudományos kategóriával dolgozik.) Azonban a tájakról szerzett ismeretek nem sokat érnek, ha azokat nem helyezzük fejlődésükbe. Elemzésükhöz hozzá tartozik annak elképzelése, hogy azok milyenek voltak a múltban (példaként: Milyennek láthatták a honalapító magyarok a Tiszántúlt? Milyen kép fogadta az egri várat

ostromló törököket? Mit mesélhettek a Nyugat-Európát megjárt mesterlegények az Üveghegyekről vagy az Óperenciás-tengerről?). Nemcsak visszafelé, hanem előre is szükséges forgatni az idő kerekét, el kell képzelniük a tanulóknak, hogy milyen lesz a jövőben egy táj, egy országrész, egy település. Ezekben a feladatokban történelmi időléptékben kell gondolkodni a földrajzi, környezeti folyamatokról.

Mint korábban láttuk, a legnehezebb idővel kapcsolatos fogalmi váltás a földtörténeti léptékű időtartamhoz kötődik. A beláthatatlan időtartam mellett alapvető problémát okoz, hogy a korábban kialakított időfogalmak periodikusan ismétlődő jelenségekkel kapcsolatosak, a **földtörténeti időképzet** viszont a Világegyetem, a Naprendszer, a Föld kialakulása óta tartó folyamatos fejlődési folyamathoz kapcsolódik, amelyben viszont vannak ismétlődő, alapvetően nem szabályos időközönként ismétlődő jelenségek is (például hegységek felgyűrődése, alföldek feltöltődése, tengermedencék kinyílása és bezáródása). A földtörténeti időképzet kialakítása tulajdonképpen időpont és időkategória nélkül kezdődik, hiszen a felszínfejlődési események kapcsán egészen 7. évfolyamig csak viszonylagos (például régebben, később, idősebb) vagy határozatlan (egykor, a múltban, „fiatal”) időmeghatározásokat használunk a tudati fejlődés életkori sajátosságai miatt. Ez azonban több későbbi tévképzet kialakulásához vezet. Példaként: az „idős” vagy „fiatal” képződmény kifejezések tudat alatt az emberi időléptékhez hasonlítják a földtörténeti időléptékben kialakuló, folytonosan fejlődő felszínformákat. A 10 éves gyerekek számára idős az 50 éves nagymama is és a hegység is, feloldhatatlan ellentmondásként élük meg, hogy a 10 ezer éves jégkori képződmények fiatalok, pedig ők csak maximum a 20 éves embereket tartják annak. Ezért helyesebb a földtörténeti értelemben „idős” kifejezés helyett inkább a „az emberi cselekvéseknél és élettartamnál jóval nagyobb időtartam” használat, mert az legalább nem zavarja meg a kisebb időtartamú időfogalmakat. Viszonylagossággént persze használható: fiatalabb vagy régebben keletkezett egyik a másiknál (például Az Alpok vagy a Dunántúli-középhegység a fiatalabb? Melyik történt régebben: egy mai röghegység vagy egy mai gyűrthegeység felgyűrődése?). Ez azért is indokolt, mert majd (9. évfolyamon) megismerik a viszonylagos idő lényegét, amely a kőzetrétegek elhelyezkedésén alapszik. A magasabban elhelyezkedő kőzetrétegek általában fiatalabbak az alattuk lévőknél (rétegtani alaptörvény), ezáltal többnyire megállapítható az egyes kőzetrétegek egymáshoz viszonyított kora, és az egymástól nagyobb távolságra lévő kőzettestek koruk szerint összekapcsolhatók egymással. A viszonylagosság érzékeltetése más szempontból is fontos. Jelentős szemléleti problémát jelent, hogy a tanulók – tanáraik hatására! – az egyes szerkezeti elemek kialakulását egy-egy földtörténeti kronológiai időszakhoz kötik (például a röghegységek az óidőben, a lánchegységek a harmadidőszakban keletkeztek, a medencék, alföldek mind negyedidőszaki képződmények). Ez a lemeztektonikai elmélet előtti tudomány és oktatás maradványa, amely a földfelszín alakulatait időben változatlanulként írja le. Emiatt a tanulók nehezen tudják elképzelni, hogy a mai rögös szerkezetű hegységek (például az Északi-középhegység) az óidőben gyűrődéssel keletkeztek (sőt nem is a mai helyükön!), és csak a későbbi évmilliók folyamán töredezték rögökre (5.25. ábra). Azonban ha a tanár bemutatja, végiggondoltatja a

tanulókkal a hegységek, a dombvidékek és az alföldek élettörténetét, érzékeltetni fogják a földtörténeti időléptékű változási folyamatokat.



5.25. ábra. A hegységek földtörténeti léptékű időbeli változásának érzékeltetése (Makádi M.)

Ha egy gyerektől megkérdezzük, hogy milyen korú, mindenki tudja, hogy életévének a számát szeretnénk megtudni. De mit jelent az a kérdés, hogy milyen korú ez a hegység? Jelentheti ugyanazt, mit a gyerek esetében (például a Badacsony 3 millió éves hegy). Csakhogy a kor földtörténeti értelemben félreérthető fogalom, mert az – a köznapi érteleme mellett – egy hierarchikus időkategória, az időszaknál kisebb egység (például jégkor, jelenkor). Tehát azt is jelentheti, hogy melyik korban keletkezett, ez viszont csak az újidőre vonatkozóan értelmezhető kérdés (például a Badacsony pliocén korú, a Mezőföld lösztakarója jégkori). A kérdés azonban még ennél is bonyolultabb a földtani fejlődési logika mentén. Egy évmillió fejlődési folyamatban hogyan értelmezhető a „mikor keletkezett?": a szerkezetfejlődés megindulásának, a mai szerkezetet kialakító fő folyamatoknak vagy az uralkodó kőzetanyag keletkezésének az idejét értsük rajta? Bármelyiket jelentheti. Mindezekből jól látható, hogy a „milyen korú" egy szerkezeti egység, felszínforma, táj? kérdés tulajdonképpen szakmailag hibás.

A földtörténeti idő nagyságrendjének elképzeltetését segítheti, ha kisebb, a tanulók számára ismert dolgokkal hasonlítjuk össze eseményeinek időigényét vagy időszalagot készítünk az egyes időegységek méretkülönbségének érzékeltetésére. Ezekben az elképzeltetésekben távolsághoz, vastagsághoz viszonyítjuk az időtartamot.

A földtörténeti időképzet segítése viszonyítással

1. Képzeld el egy különleges könyvespolcot, amelyen csupa 200 oldalas könyv sorakozik, és az egyes könyvek 600 millió, az oldalak 3 millió, soraik 90 ezer, betűik pedig 1500 évet képviselnek! A Föld 7 kötettel, a Világegyetem további 10 kötettel korábban keletkezett. Az egész emberi történelem elfér az utolsó könyv utolsó 2-3 betűjében. Saját egyéni életünk egy vessző vastagságú sincs.

2. Készítsünk egy földtörténeti időszalagot a folyosón zsinórból! 1 cm hosszúság a zsinóron 2 millió év időtartamnak felel meg. Számítsátok ki a földtörténeti kortábla segítségével, hogy milyen hosszú zsinórra van szükség! Fektesse le kifeszítve a spárgát a folyosón! Kössetek csomót az egyes korok, idők és időszakoknak megfelelő távolságokban! Írjátok fel egy-egy cédulára az időpontokat és az időegységek nevét, majd helyezétek azokat a zsinór megfelelő csomójához illetve szakaszához!

5.2.3. Miért fontos, hogy mi mikor történt?

A különböző időtípusok és az idő jelentőségének felismerése

A tanulók egyéni fejlődésük során csak lassan, **fokozatosan ismerik fel az idő jelentőségét**, hiszen időképzetük is hosszú évekig tartó fejlődés eredménye. A kezdeti tapasztalati úton történő felismerés egyre tudatosabbá válik, azaz következtetéseken, gondolatsorokon alapszik. De kérdezzünk csak meg a 6-7 éves gyerekektől, hogy miért fontos az idő! Sokszor nem is értik a kérdést, vagy azt válaszolják, hogy nem fontos. A válaszok később is rendkívül bizonytalanok, mindaddig, amíg problémák kapcsán rá nem döbbennek a jelentőségére. A problémákat az élet is adja (például lekészte a buszt, mert nem időben indult el; lágy tojást akart enni, de a tojás túl kemény lett, mert nem figyelt a főzési időre; nem hajtottak ki a gyümölcsöket húsvétra, mert későn tette vízbe az ágakat), de tudatosan gerjeszteni is szükséges azokat. A problémák megválaszolása során a 10 évesek elgondolkodnak az idő és a természeti tényezők kapcsolatán, és válaszaik személyes szűrőjükön keresztül fogalmazódnak meg, személyes életükből hozzák a példákat. A tapasztalati belátás alapján válik nyilvánvalóvá számukra a mindennapi élet és a tananyag kapcsolata is. Ezért időt kell szakítani arra, hogy beszélgetésekben szembesüljenek az idő problémájával.

Az idő jelentősége természetesen más és más a különböző időtípusok esetében. Felismerésük főként beszélgető és elképzeltető módszerekkel eredményes. **Beszélgetések** során azt tudakoljuk a gyerekektől, hogy a jelenség, a tény, a folyamat mikor jellemző vagy mikor volt jellemző. Az **elképzeltetések** segítik, hogy a tanulók egy jelenséget, folyamatot más időben is el tudjanak képzelni, mint amelyben éppen tapasztalják. E kérdésekre nem mindig adható egy konkrét válasz, előfordul, hogy csak -tól-ig kategóriákban, vagylagosan, esetleg több időpont megjelölésével fogalmazható meg.

Gondolkodtató kérdések az idő jelentőségéről és az időtípusokról tanulóknak

1. Gyűjtsetek mesefordulatokat, amelyek segítségével a szereplők átlépik az időt!
2. Gyűjtsetek mesebeli történeteket, amelyek az idő jelentőségén alapszanak!
3. Próbáljátok indokolni, miért nem mindegy, hogy mennyi az idő!
4. Miért nem mindegy, hogy melyik napszak van?
5. Miért nem mindegy, hogy melyik hónapban/évszakban vagyunk?
6. Miért nem mindegy, hogy mikor keletkezett egy hegység/alföld?
7. Miért nem mindegy, hogy mikor keletkezett egy ásványkincs?

8. Miért nem mindegy, hogy mikor öntöznek a szántóföldeken?
9. Rajzolatok le egy kép vagy leírás alapján, milyen lehetett a táj az ember előtt! Mennyi idővel kell visszaforgatni az idő kerekét, hogy azt a tájat lássuk, amit rajzoltatok? Fogalmazzátok meg, hogy mi változott ennyi idő alatt!
10. A tanár egy tájképet mutat. Képzeljétek el és rajzolatok le, milyen lesz egy évszázad múlva a táj! Fogalmazzátok meg, hogy miből következtettetek a táj jövőjére!

Időrendi sorok felállítása

A földrajz a történéseket, a jelenségeket és a folyamatokat mindig fejlődésükben vizsgálja. E szemléleti lényegéből következik, hogy a tanulóknak fel kell ismerniük a fejlődési folyamat időbeliségét, a folyamat részfolyamatainak sorrendiségét. Leggyakrabban nem is kell ismerniük egy tény, jelenség, folyamat konkrét idejét, időpontját a gyerekeknek, hanem csak azt kell felismerniük, hogy melyik történt korábban vagy később a másikkal képest. A helyes sorrend megtalálásakor persze a dolgok tartalmi jegyeit hasonlítják össze, így az **idősorba rendezés** mögött konkrét ismeretek és logikai műveletek állnak. Az alsó tagozatos környezetismeret és az 5-6. évfolyamos természetismeret tanulása során nagy jelentősége van a napi idő múlásával kapcsolatos idő érzékeltetésének, hiszen az függ össze legközvetlenebbül a gyerekek mindennapi életével. Ugyancsak ebben az életkori szakaszban szükséges a hónapok vagy az évszakok múlásával összefüggő jelenségeket, folyamatokat időrendbe állítani. Ezek során olyan dolgokról kell gondolkodniuk a tanulóknak, amelyekről van közvetlen tapasztalatuk az iskolán kívüli világból (például mikor melyik növény virága nyílik; mikor mit csinálnak, hogyan viselkednek az állatok; milyen tevékenységeket végeznek a gazdálkodó emberek, mikor hogyan és mibe öltözködünk?), vagy könnyen megfigyelhetők az iskola keretei között (például hogyan változik a közvetlen környezetünk a hónapok során?). Így a helyes sorrendek összeállítása könnyen ellenőrizhető a valóságban.

Időbeli sorképzési feladatok tanulóknak

1. Egy nyári hétköznapon az alábbi hangokat rögzítette a mobiltelefon a Duna-parton: harangoznak, kukorékol a kakas, „gyere már, kezdődik koncert!”, fürdőzők zivaja, huhog a bagoly, zubog a víz a zuhanyból, „fél liter kakaót és 2 kiflit kérek!”, tányér- és evőeszközzörgés, csörög a szarka. Rendezzék időrendbe a hangokat! Indokoljátok is a sorrendet!
2. Egy meteorológiai állomáson az alábbi hőmérsékleti adatokat rögzítették a mérőnaplóban egy szabályos időjárású nyári napon: 20 °C, 25 °C, 32 °C, 15 °C, 27 °C, 12 °C. Rendezzék időrendbe az adatokat!
3. A nagymama éléskamrájában különböző gyümölcsökből készült termékek sorakoznak: kajsziaracklevár, málnaszeléd, bodzaszörp, vágott dió, meggyíz, cseresznyedzsem, felezett őszibarack,ogyorókrém. Rendezzék azokat aszerint, hogy az év mely szakában készíthette azokat!

Hallgatói kérdések és feladatok

1. Készítsen logikai elemzést arról, hogyan, milyen módszerekkel történik az 5-6. évfolyamos természetismeret tankönyvekben az időszemlélet fejlesztése!
2. Vizsgálja meg a természetismeret tankönyvekben, hogyan támaszkodik a tananyag feldolgozása a tanulók spontán és célirányos tapasztalataira a napi és az évi időszemlélet kialakítása során!
3. Vizsgáljon meg gyerekeknek szóló és ismeretterjesztő könyveket abból a szempontból, hogy hogyan, mivel segítik és rontják el a gyerekek időszemléletét!
4. Készítsen listát azokból a modellkísérletekből, amelyek szükségesek a természetismeret tanulóknak reális időszemléletének kialakításához!
5. Keressen különböző műfajú könyvtári forrásokat, amelyek szemelvényei felhasználásával élményszerűen formálhatja a napi és az évi időszemléletet!

A fejezetben felhasznált és ajánlott irodalom

1. *Both M. – Csorba F. L. (2003):* Források (természet – tudomány – történet). Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 486 p.
2. *Csapó B. – Szabó G. (2011) (szerk.):* Tartalmi keretek a természettudomány diagnosztikus értékeléséhez (Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, pp. 181–309.
3. *Cséfalvay Z. (1990):* Térképek a fejünkben. Akadémiai Kiadó, Budapest, 156 p.
4. *Downs, R. (1990):* A téri reprezentáció fejlődése a gyerekeknél és a térképészetben. In: Séra L. –Kovács I. – Komlósi A. (szerk.): A képzelet. Tankönyvkiadó, Budapest, pp. 83–105.
5. *Engel P. (1988):* Világtörténet évszámokban I-III., Gondolat Kiadó, Budapest, 719 p.
6. *Gardner, H. (1999).* Intelligence reframed: Multiple intelligences for the 21st century. Basic Books, New York, 300 p.
7. *Geary, D. G. (1995):* Sexual selection and sex differences in spatial cognition. In: Learning and Individual Differences, 7. pp. 289–302.
8. *Kagan, S. – Kagan, M. (1998):* Multiple intelligence. The Complete MI Book. Kagan Cooperative Learning, San Clemente, 580 p.
9. *Kárpáti A. (szerk.) (1995):* A vizuális képességek fejlődése. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 695 p.
10. *Makádi M. (2001):* A tanulói képességek fejlesztése a természetismeret tanításában. 5. évfolyam. Tanári kincsestár. Természetismeret. 5. A. 3.1. Raabe Kiadó, Budapest, 38 p.
11. *Makádi M. (2005):* Földönjáró I. Stiefel Eurocart Kft., Budapest, pp. 93–94.
12. *Makádi M. (2006):* Földönjáró I. DVD. Az időbeli tájékozódás képességének fejlesztése. Stiefel Eurocart Kft, Budapest
13. *Makádi M. (2005):* A természetismeret tanulása – Tájékozódás az időben; A földrajz tanulása – Tájékozódás az időben. In: Katona A. – Ládi L. – Victor A. (szerk.): Tanuljunk, de hogyan? Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, pp. 179–188., 203–209.
14. *Makádi M. – Horváth G. (2011):* A földrajz és a természettudományok. Földrajzi Közlemények, 135.2. pp. 179–184.
15. *Makádi M. (2014):* Fogalmi fejlődés és fogalmi váltások a természettudomány tanulása során. Földrajz. – In: Radnóti K. (szerk.): A természettudomány tanítása. Mozaik Kiadó, Szeged, pp. 378–404.
16. *Makádi M. – Tarackközi A. (2003):* Tájézkésző. Magyarország tájtípusainak tanítása. In: Tanári kincsestár, Természetismeret 6. osztály. Raabe Kiadó, február, B.7.2. 46 p.
17. *Makádi M. (2005):* Földönjáró 1. Módszertani kézikönyv gyakorló földrajztanárok és hallgatók részére. Felsőoktatási tankönyv. Stiefel Eurocart, Budapest, 200 p.

18. *Makádi M. (2014.): Fogalmi fejlődés és fogalmi váltások a természettudomány tanulása során. Földrajz. – In: Radnóti K. (szerk.): A természettudomány tanítása. Mozaik Kiadó, Szeged, pp. 331–377.*
19. *Piaget, J. (1970): Az észleleti tér, a képzeleti tér és az alaklátás (a sztereognosztikus észlelés). In: Válogatott tanulmányok. Gondolat Kiadó, Budapest. pp. 76–132.*
20. *Simonyi K. (2011): A fizika kultúrtörténete, Akadémiai Kiadó, Budapest, 616 p.*

6. fejezet

Az összefüggő rendszerek tanításának szaktudományi háttere és szemlélete



6.1. A rendszer-gondolkodás és fejlesztése a természetismeret tanításában

Írta: dr. Victor András

Kulcsszavak: gondolkodásmód, rendszer, rendszer-gondolkodás, kapcsolati háló, redukcionizmus

A világon minden kisebb-nagyobb rendszerekbe szerveződik. Vannak viszonylag egyszerű rendszerek (például egy talicska), és vannak nagyon összetett rendszerek is (például egy erdő). Az előbbiek esetében jó, ha a megértésükhöz – főleg a megtervezésükhöz vagy megváltoztatásukhoz – egy vagy két szempontra koncentrálnunk (például a talicska esetében arra, hogy milyen az optimális kerékméret és nyélhossz). A többszörösen összetett rendszerek esetében azonban nem tehetjük meg, hogy valamit kihagyunk a szempontok közül (például az erdő esetében mondjuk az aljnövényzetet vagy az évi napsütés időtartamát), mert akkor nagy az esélye annak, hogy nem értjük meg az erdő működését és bajt okozunk benne bármilyen beavatkozással. Ezt a sokszempontú, sok tényezőt figyelő gondolkodásmódot, azaz a rendszer-gondolkodást tanulnunk, és persze a fejlődéslélektani szempontokat is figyelembe véve tanítanunk is kell.

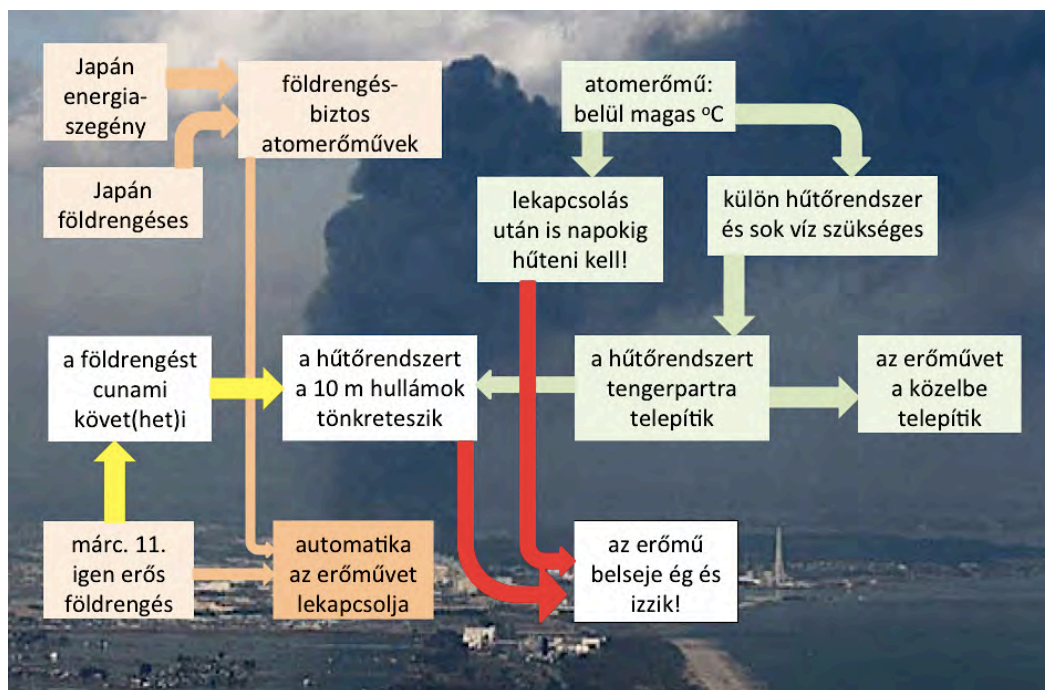
6.1.1. Minden mindennel összefügg

A **rendszer-gondolkodás (rendszerszemlélet)** lényege – nagyon leegyszerűsítve – annak figyelembe vétele, hogy a világban „minden mindennel összefügg”. Ez a jelmondat-szerű meghatározás persze túlzás, de mégis jól kifejezi a lényegét, azt, hogy a természet – kicsiben is, nagyban is – egy rendkívül összetett rendszer, amiben nincsenek független részek. Minden csak kapcsolataiban létezik, az egész természet egyetlen óriási **kapcsolati háló**. Nézzünk példákat erre!

- Első hallásra meghökkentő lehet az a kérdés, hogy mi köze van a kéntartalmú barnakőszén hőerőműben való elégetésének ahhoz, hogy nem hallani madárhangot az erdőben, de ha végigkövetjük az ok-okozati láncot, rögtön érthetővé válik (6.1. ábra).
- Hogyan járul hozzá a hamburger-evés a klímaváltozáshoz?
Hamburgert eszünk (például a McDonald’s-ban) → növekszik a marhahús-kereslet → több szarvasmarhát tenyésztünk → több metán kerül a levegőbe (minthogy a kérődző állatok metánt bocsátanak ki) → erősödik az üvegházhatás (hiszen a metán ugyanúgy üvegházgáz, mint a szén-dioxid) → fokozódik a globális melegedés.
- Tanulságos példája a bonyolult kapcsolatrendszernek a fukusimai atomerőmű katasztrófája. Nézzük meg a kapcsolathálóját a 6.2. ábrán!



6.1. ábra. Oksági összefüggéseket bemutató kapcsolati háló (Victor A.)



6.2. ábra. A fukushimai atomerőmű-katasztrófa folyamatábrája (Victor A.)

Ezekből a példák jól látható, hogy veszélyes egy pontra szűkíteni a figyelmet, egy pontra fókuszálni, és veszélyes bármilyen tényezőt elhanyagolni, mert a természetben minden lépésnek, minden változásnak vannak következményei, azoknak további következményei és így tovább egy végtelen láncolatban. Ezért fogalmaznak a környezetvédők úgy, hogy „Nem tudsz egyet csinálni”, azaz veszélyes lehet bármilyen környezeti problémának a leegyszerűsítése egy vagy néhány szempont megismerésére, megoldására. Ugyanakkor ennek a leegyszerűsítő szemléletmódnak más vonatkozásban nagy hagyománya van, más szituációban jogos és szükséges is lehet. Kétségtelen, hogy nagyon sok tudományos eredményt köszönhetünk a leegyszerűsítő látásmódnak. Ennek megértéséhez meg kell

ismerkednünk két ellentétes gondolkodásmóddal, az exkluzív és az inkluzív gondolkodásmóddal.

6.1.2. Az exkluzív és az inkluzív gondolkodásmód

A szempont-kizáró gondolkodás értelmezése

A természet törvényszerűségei sokfélék. Van közöttük olyan is, amely viszonylag egyszerű módon leírható, de vannak olyanok is, amelyek soktényezők, bonyolultak, tele vannak kölcsönhatásokkal és körkörös folyamatokkal, ezért nem írhatók le egyszerűen. Ugyanez a különbség mutatkozik ezen törvényszerűségek vizsgálata és megértése terén is. Ha például arra vagyunk kíváncsiak, hogy milyen összefüggés van az oldódás sebessége és a hőmérséklet között, akkor lényegében elegendő arra figyelni, hogy mekkora tömegű az oldószer és az oldott anyag, mérni kell a hőmérsékletet és az időt. Vagyis leegyszerűsíthetjük a vizsgált helyzetet. Például nem kell figyelnünk az edény alakjára, elhanyagolhatjuk az oldandó anyag tisztaságát, nem kell foglalkoznunk a víz (oldószer) izotóp-összetételével. Vannak tehát olyan problémák, amelyekre éppen azáltal kaphatunk világos választ, hogy egy sereg lehetséges tényezőt (szempontot) elhanyagolunk, azokat nem vesszük figyelembe, „kirekesztjük”. Ez az **exkluzív gondolkodás**.

Vannak azonban olyan törvényszerűségek is, amelyeknél nem tehető meg ez a szempont-kirekesztés, mert bármilyen szempontot (tényezőt) elhanyagolunk, fennáll annak a veszélye, hogy teljesen torz eredményt kapunk. Ilyen például a globális melegedés folyamatának értelmezése, amely tehát csakis inkluzív gondolkodásmóddal közelíthető meg, vagyis úgy, hogy törekszünk a teljes rendszer minél több tényezőjét figyelembe venni. Ez utóbbit nevezzük más néven rendszer-gondolkodásnak is, utalva arra, hogy a teljes rendszert vizsgáljuk, nem csak annak bizonyos elemeit. E kétféle – természetesen egymástól nem mereven elválasztott – gondolkodásmódnak a megkülönböztetése és eltérő szerepük tudatosítása nélkülözhetetlen ahhoz, hogy megértsük a természet törvényszerűségeit (ld. ezzel kapcsolatban még az ökológikus gondolkodásmódról szóló fejezetet is!).

Galileo Galilei (1564–1642) híres lejtő-kísérleteinek végső soron az volt a kérdése, hogy hogyan változik és mitől függ az eső testek sebessége. Mivel azonban a ténylegesen eső testek mozgása olyan gyors, hogy azt *Galilei* korában még nem lehetett mérni, a mester azt a zseniális megoldást választotta, hogy „lelassította a szabadesést”, nem ejtette, hanem lejtőn gurította a golyókat. Számos mérést végzett, amelyekben lényegében csak két tényezőt vett figyelembe: a golyó súlyát (illetve tömegét) és a lejtő meredekségét. Nem érdekelte, hogy a golyó miféle fából készült; igazából a golyó méretét sem tartotta lényeges kérdésnek (csak a súlyát); nem foglalkozott a lejtő anyagával, és a hossza is csak annyiban érdekelte, hogy elég hosszú legyen ahhoz, hogy jól lehessen mérni a golyó által megtett távolságokat és a

szükséges időtartamokat. Vagyis az egész méréssorozatnak az volt az alapszemlélete, hogy a sok-sok lehetséges vizsgálati szempont közül csak keveset kelljen figyelni és figyelembe venni, a többit pedig el lehessen hanyagolni. Ezzel *Galilei* lényegében a tudományos kísérletezés alapelvét fogalmazta meg, amely szerint el kell érünk, hogy a vizsgálódások és a kísérletezés folyamán ne kelljen sok szempontra figyelni, hanem csak arra a néhányra, amelyet fontosnak tartunk. Röviden: a kísérletezés lehetséges megfigyelési (mérési) szempontok elhanyagolásával éri el, hogy a megőrzött néhány szempontra egyszerűsített helyzetben világos eredményt kapjon a fölített kérdésére. Ezt a „szempont-kizáró” gondolkodásmódot nevezzük **exkluzív gondolkodásnak** (a szó a latin *ex* = ki és *clausus* = zárt, csukott szóból).

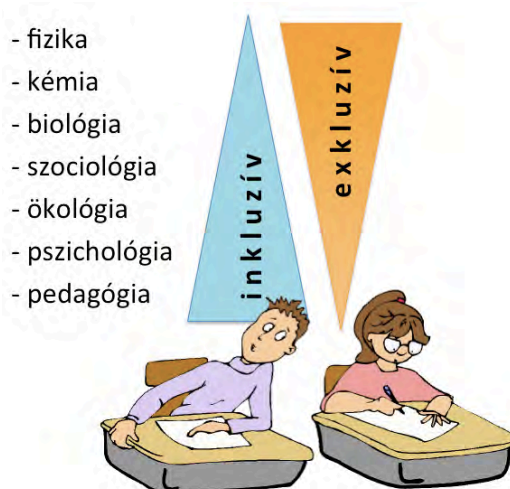
Az exkluzív gondolkodásmód lényegi jellemzője, hogy egyszerűsíti, átláthatóbbá teszi a dolgokat. Érthető, hogy a vizsgálódás és a kísérletezés exkluzív jellegű, azaz törekszik a figyelembe veendő szempontok számának csökkentésére, mert ha nem így tenne, akkor – éppen a természeti folyamatok eredendő bonyolultsága miatt – nehezen vagy egyáltalán nem jutna eredményre. Ez a „kizáró” szemléletmód jellemző egyébként már a tudományos megfigyelésre is (szemben a köznapi megfigyeléssel), hiszen a világ nagyon sok szempontja közül mindig csak az adott tudományág speciális szempontjait veszi figyelembe, a többit kizárja, elhanyagolja, nem figyeli.

Az egyes természettudományokban a törvényszerűségek kísérletes megállapításakor nem egyformán használható az exkluzív gondolkodásmód. Míg a fizikai törvényszerűségek döntő többsége és a kémiai törvényszerűségek nagy részénél igen, a biológiai és a földrajzi törvényszerűségeknek már csak kis részével kapcsolatban alkalmazható. Ennek egyszerűen az a magyarázata, hogy minél bonyolultabb egy folyamat, azaz minél több tényezőnek van meghatározó szerepe az eredmény alakulásában, annál kevésbé engedhetjük meg magunknak szempontok elhanyagolását. Az ökológiai törvényszerűségek vizsgálatában pedig már csak nyomokban lehetséges exkluzív módon gondolkodni.

A szempont-befogadó gondolkodás értelmezése

Az exkluzív gondolkodásmód tehát az összetettség sorrendjében egyre kevésbé alkalmazható, és ezzel együtt az inkluzív (szempont-befogadó) szemléletmód pedig egyre nagyobb szerepű. Az **inkluzív gondolkodásmód** nem egyszerűsít, nem hanyagol el szempontokat, hanem a világot a maga bonyolultságában vizsgálja. Ennek persze az a következménye, hogy – a sok figyelembe vett szempont miatt – nehezebb áttekinteni a helyzetet, és nehezebb kiolvasni a tényekből, adatokból a kapott összefüggést, törvényszerűséget. Az exkluzív-inkluzív jelleg arányát az egyes tudományokban a 6.3. ábra mutatja. A természetföldrajz elhelyezése ezen a skálán nem egyértelmű, mert vannak olyan részei, amelyek nyugodtan vizsgálhatók exkluzív gondolkodásmóddal (például az ásványok keménységének értelmezéséhez elegendő tudni az alkotó atomok-ionok méretét és a

közöttük lévő kötések), ugyanakkor a meteorológia és a talajtan példái a legösszetettebb folyamatokat vizsgáló tudományágaknak.



6.3. ábra. A tudományok exkluzív-inkluzív sora (Victor A.)

Helyettesíthető-e egymással a szempont-kizáró és a szempont-befogadó gondolkodás?

Nézzünk két példát arra, hogy milyen veszélyekkel jár, ha egy olyan kérdést (problémát), amely inkluzív gondolkodásmódot igényel, mi mégis a leegyszerűsítő, kevés szempontra figyelő, exkluzív gondolkodásmóddal közelítünk meg! Az allergia tipikusan több-okú betegség. Lényege az immunrendszer hibás működése. Sok tényező együtthatása szükséges azonban ahhoz, hogy valakiben ténylegesen kialakuljon a pollen-allergia, ezek: a genetikai adottság, a túl steril környezet, a magas pollenkoncentráció, a levegőszennyezettség, a pszichés állapot vagy esetleges traumák, a táplálkozási mód, a vitamin- és mikroelem-hiány, a természetidegen anyagok, az E-számok, stb. Vegyük észre, hogy a „parlagfű-háború” – vagyis annak a hitnek a terjesztése, hogy ha sikerülne kiirtanunk a parlagfűvet, akkor megoldódna az egész allergia-probléma – megengedhetetlen leegyszerűsítésen alapul, és tulajdonképpen tévhit. Ha csak a parlagfűvet tüntetjük el, vagyis csak egy tényezőre hatunk, azzal a beteggel nem gyógyítottuk meg, csak a tüneteit enyhítettük, de attól kezdve valószínűleg majd egy más növény virágpora veszi át a „gonosz” szerepét.

Az exkluzív gondolkodásmód veszélyeire mutat rá az Exxon Valdez olajszállító tankhajó katasztrófája is. 1989 márciusában Alaszka partjainál megfeneklett a zátonyokon, megsérült, és 50 millió liter nyersolaj került a tengerbe, minden idők egyik legnagyobb környezeti katasztrófáját okozva. 1300 négyzetkilométernyi területet szennyezett be a vastag olajréteg. A világ minden tájáról verbuváltak önkénteseket, akik – egészségüket sem kímélve – éjjel-nappal megfeszített erővel dolgoztak a jéghideg vízben a partszakaszok olaj-mentesítésén. Több mint 10 000 ember vett részt a „takarításban” és az élőlények mentésében. Az utólagos ökológiai felmérés meglepő eredménye, hogy ezek az áldozatkész önkéntesek – a munkálatokat vezető szakemberekkel együtt – sajnos több kárt tettek a természetben

(például azzal, hogy a kőolajat mélyre beletaposták a parti iszapba), mint amennyit a kiömlött olaj magától okozott volna. Szakemberek szerint hetven évig is eltarthat, amíg az alaszkai madárvilág a katasztrófa előtti szintre visszakerül. Vagyis keményen visszaütött az, hogy egy bonyolult ökológiai problémát nem inkluzív, sokszempontú gondolkodás alapján próbáltunk megoldani, hanem – a leegyszerűsítő, szempont-kizáró, exkluzív gondolkodás mentén – azt hittük, hogy ha a „fő” problémát megoldjuk, azaz eltávolítjuk az olajt, akkor minden rendben lesz.

A redukcionizmus értelmezése

A **redukcionizmus** az exkluzív, leegyszerűsítő szemléletmód egy speciális esete, illetve következménye. (A szó eredete: duco = húz, vezet, re-duco = visszavezet, redukció = visszavezetés, csökkentés, egyszerűsítés.) Ebben az esetben azt értjük ezen, hogy valamely jelenséget vagy tulajdonságot visszavezetünk egy nála egyszerűbb dologra, s olybá tekintjük, hogy nem is több annál. Egy nem természettudományi példával élve: ha úgy gondoljuk, hogy Mozart dallama nem más és nem több, mint különböző frekvenciájú hangrezgések összege. Ebben ott van a hiba, hogy – bár kétségtelenül „ráépül” a zene a különböző rezgésszámú hangokra – téves leegyszerűsítés azt gondolni, hogy nem is több azoknál. Pedig több, hiszen komplexebb, magasabb szintű rendszer. Lássunk egy természettudományi példát is! Tudjuk, hogy az idegsejtek működésének a sejthártya elektromos feszültség-változása az alapja. Mégsem mondhatjuk, hogy egy reflex – sőt: egy gondolat, egy érzés – ne lenne más és több, mint pusztán feszültség-változások összege. Ráépül ugyan, de nem vezethető le belőle. „Benne van” az érzésben az idegsejtek feszültség-változása, de nem azonos vele; nem egyszerűen feszültség-változás, hanem ennek és sok más tényezőnek a szintézise.

Tudatában kell lennünk annak, hogy a redukcionista szemléletnek igen erős hagyománya van különösen Európában. Világlátásunk és világ-magyarázatunk kerete évszázadok óta alapvetően a karteziánus világkép, amely Descartes (1596–1650) matematikai látásmódján és filozófiáján, valamint Newton (1643–1727) mechanikai szemléletén alapul (Des cartes > cartesian > karteziánus). Maga Newton írja Principia (Alapelvek) című könyvében, hogy „először a mozgásjelenségek alapján meg kell érteni a Természet erőit, majd ezekből az erőkből levezetni a többi jelenséget”. Vagyis azt állítja, hogy a természetben minden változás, minden mozgás visszavezethető mechanikai mozgásra. Descartes szerint még „a lélektan is a mechanikán alapszik”. John Locke (1632–1704) angol filozófus egyenesen „társadalom-fizikáról” elmélkedik. Jóval később a német orvos, fizikus és filozófus, Hermann Helmholtz (1821–1894) is így ír: „A fizika feladata, hogy a természeti jelenségeket a változhatatlan vonzási és taszítási erőkre vezesse vissza. Ennek a problémának a tökéletes megoldása egyértelmű a természet hiánytalan megmagyarázásával”. Ebben a mondatban az igazi redukcionista szemléletet a „hiánytalan” szó árulja el.

A redukcionista – ebben az esetben mechanikus – szemléletmódú emberek szerint az élőlények sem mások, mint komplikált gépezetek, és (Newton korának legbonyolultabb gépezetére utalva) úgy vélték, hogy „a világ olyan, mint a strasbourgi toronyóra, csak még annál is bonyolultabb”. Jól mutatja ennek a mechanikus szemléletmódnak az erejét, hogy *Madách Imre* is így fogalmaz „Az ember tragédiája” (1860) című műve elején:

„Be van fejezve a Nagy Mű, igen, / A Gép forog, az Alkotó pihen;
Évmilliókig eljár tengelyén, / Míg egy kerékfogát újítani kell.”

A mechanikus szemléletmódból egyenesen következik az a gondolat is, hogy ha minden gép, akkor nyilván minden részekre is szedhető. Így jutott *Descartes* arra a következtetésre, hogy testünk és lelkünk egymástól független – különválasztható – alkotórészünk. Alig tudta valahogy értelmezni, hogy akkor miképpen hatnak egymásra.

Mielőtt elvetnénk a redukcionista gondolkodásmódot, vegyük észre, hogy vannak előnyei. Például sok jelenség működését kétségtelenül megmagyarázza (hiszen az emberi testben vannak ténylegesen mechanikai jellegű „elemek”), könnyebben megérthetővé tesz jelenségeket, analogikus magyarázatokat nyújt más tudományterületek számára (lásd például az Ohm-törvények hidrosztatikai magyarázatát!), nagyon sok tudományos felfedezést elősegített, és nagyban előmozdította a technikai fejlődést. Ugyanakkor legyünk tisztában a redukcionizmus veszélyeivel is! Súlyos félremagyarázásokra vezethet, ha azt is leegyszerűsítjük, ami nem egyszerűsíthető, azt is gépként kezeljük, amit nem szabadna (vagyis amit csak inkluzív gondolkodásmóddal szabadna megközelíteni). Továbbá és legfőképpen az a veszélye, hogy általa becsapjuk magunkat; azt hisszük, hogy a világ egyszerű (pedig csak bizonyos szempontból vagy bizonyos részeiben egyszerű).

A mechanikára „visszavezetett” világgép egy másik fontos következménye a **determinista gondolkodás**, amely azt vallja, hogy minden olyan ok-okozati viszonyban van, mint két billiárdgolyó. Ezért ha a kezdeti állapotot pontosan ismerjük, akkor meg tudjuk mondani, hogy mi lesz a következő állapot, vagyis előre megmondhatjuk a jövőt. Ez a prediktabilitás (előre-megmondhatóság) álláspontja. Ennek a szemléletmódnak is vannak fontos előnyei. Rávilágít az ok-okozati összefüggésekre, erősíti a tudományos gondolkodást, és a tudomány logikája szerint gyakran éppen a prediktabilitás jelenti egy elmélet állításainak igazságát. Vagyis az, hogy ha az elmélet alapján előre „megjósolt” következményeket a kísérletek be is igazolják. Ugyanakkor tudnunk kell, hogy a prediktabilitás csak a világ törvényszerűségeinek egy részére érvényes, a soktényezős rendszerek értelmezésére alkalmatlan. Ezt az „előre-megmondhatatlanságot” nagyon szemléletesen mutatja egy viszonylag egyszerű szerkezet, a kettős inga (www.youtube.com/watch?v=mhxcMFQjVRs).

Végezetül a mechanikai (redukcionista) és a rendszer-gondolkodás különbségének megvilágítására nézzünk meg egy összefoglaló táblázatot (6.1. táblázat) arról, hogy milyen a

gép, és milyen egy szervezet! Kétségtelen, hogy az organikus látásmód komplikáltabb a mechanikus gondolkodásmódnál, de hiszen a világ nagy része is bonyolultabb egy gépnél.

Gép (masina)	Szervezet (organizmus)
összerakják, szétszedik	nő, fejlődik
szerkezet → működés	szerkezet ↔ működés
merev	rugalmas, hajlékony
lineáris folyamatok	körfolyamatok
vezérlés	szabályozás
zárt program, „betanított”	nyitott program, „tanul”
stabilitása: változatlanság	stabilitása: állandó változás
léte: önállóság, függetlenség	léte: kölcsönhatás
létezik (egzisztál)	ko-egzisztál ¹ (szim-biózis) ²

6.1. táblázat. A mechanikai és a rendszer-gondolkodás összehasonlítása (Victor A.)

A rendszer-gondolkodás a természetismeret tanítás-tanulás folyamatában

Tudatában kell lennünk annak, hogy az inkluzív gondolkodásmód elsajátítása nem könnyű feladat. Felnőtteknek sem megy könnyen, gyermekek számára pedig kifejezetten nehéz lehet. Ugyanakkor – a vizsgálatok szerint – a gyerekekre éppen a „multi-tasking” jellemző, vagyis az, hogy egyszerre többféle dolgot is csinálnak. Vagyis az egy időben többfelé figyelés a mai információ-zsúfolt világban szinte követelmény. Mindenesetre célszerű annak tudatosításával kezdeni, hogy a mindennapi életünkben miképpen követjük az exkluzív gondolkodásmódot, a leegyszerűsítést. Érdekes ennek a hasznosságára rámutatni, és megértetni, hogy gyakorlatilag minden természettudományos megfigyelés, főleg a vizsgálódás és a kísérletezés egyes szempontok elhanyagolásával jár. Amikor egy fadarab sűrűségét vizsgáljuk, akkor nem figyelünk az évgyűrűkre; és amikor egy fatörzs-korongból a kivágott fa korát akarjuk megállapítani, akkor viszont nem foglalkozunk azzal, hogy puha- vagy keményfáról van-e szó. Amikor egy talaj termékenységet vizsgáljuk, csak a szerves összetevőire és azok állapotára figyelünk, nem fontos a kőzetdarabok kémiai összetétele, ám amikor azt szeretnénk megtudni, hogy alkalmas-e kertünk talaja őszibarackfa ültetésére, akkor a mésztartalma lesz az egyik legfontosabb tulajdonság. Ez persze evidencia azon az alapon, hogy „mindig arra figyelünk, ami az adott helyzetben fontos”, és ezekben az esetekben mindig csak egy vagy két tényező fontos.

Ha azonban a globális melegedés hátterét és folyamatát szeretnénk jobban megérteni, akkor nem tehetjük meg, hogy csak egy vagy két tényezőre figyelünk. Ennek megéreztetésére alkalmas feladat lehet például az, hogy olyan listát iratunk a tanulókkal, amelyben felsorolják

¹ A ko (= -vel/vel) azt érzékelteti, hogy valami nem önmagában létezik, hanem csakis valami mással együtt.

² A szimbiózis (= együttélés) a fajok egyik kölcsönhatási típusa, ld. az 5.2. fejezetben! Itt szándékosan írjuk kötőjellel, ezzel is érzékeltetve, hogy a biológiai-ökológiai fogalomnál tágabb értelmű együtt-élésről van szó. Arról, hogy valamennyi faj – ha csak több áttételen keresztül is, de – minden más fajjal együtt él.

azokat a tényezőket, amiknek lehet szerepük a globális éghajlatváltozásban. Ha a diákok kiscsoportokban dolgoznak egymástól függetlenül, akkor az is ki fog derülni, hogy minden csoport más és más tényezőket tett a listába, és hogy az egyesített lista sem tartalmazza az összes releváns tényezőt.

Hallgatói kérdések és feladatok

1. Írják le teljes részletességgel az ok-okozati láncot (illetve annak egy lehetséges útját) az alábbiak között (páronként)!
A1) sok folyadékot iszunk; B1) megnő a vizelet mennyisége
A2) 0 °C alá süllyed a hőmérséklet; B2) jégtábla úszik a vízben
2. Keressenek példákat az otthoni életből exkluzív (szempont-kizáró) gondolkodásmódra!
3. Keressenek példákat arra, hogy miféle környezeti problémákat (akár ökológiai zavarokat) okozott már a nem helyénvaló exkluzív gondolkodás!

6.2. Az ökológiai szemlélet és a természeti környezet egységes szemlélete

Írta: dr. Victor András

Kulcsszavak: ökológia, anyagforgalom, energiaforgalom, körfolyamat, lánc és hálózat, negatív visszacsatolás, pozitív visszacsatolás, egyed alatti és feletti szerveződési szintek, biodiverzitás, kommunikáció, Gaia-elmélet

6.2.1. Összefüggések az ökológiai rendszerekben

Mi az ökológia?

Az ökológia olyan tudomány, amely csakis rendszerszemlélettel érthető meg, és az inkluzív gondolkodás jellemző rá. Ennek pedig az a magyarázata, hogy olyan bonyolult kölcsönhatás-rendszeren alapul, amely nem egyszerűsíthető le. Az ökológiában egyetlen szempontból, tényezőről sem mondhatjuk, hogy figyelmen kívül hagyható, mert soha sem tudhatjuk, hogy – akár csak áttételes hatásokon keresztül is – nincs-e mégis fontos (vagy akár meghatározó) szerepe. Az **ökológia** az élőlények egymással és környezetükkel való kapcsolatrendszerét vizsgáló tudomány. Névadója *Ernst Haeckel* (1866) volt. (A szó etimológiája: görögül οἶκος (oikosz) = ház, háztartás, család, tanya, gazdálkodás, otthon, haza, hon, templom és λογος (logosz) = értelem, tudomány, tan.) Magyarul tehát valahogy így mondhatnánk:

háztartásban, gazdálkodásban, a természet gazdálkodásának tana, „Föld-háztartásban”, az együtt-létezés tudománya. Talán az **együtt-létezés tana** a legjobb kifejezés, mert ez világít rá legtalálhatóbb módon arra, hogy a Föld minden része, minden alkotóeleme együtt, egymástól elválaszthatatlanul, egymással állandó és sokrétű kölcsönhatásban létezik. Az „öko” szócskának van egy másik, jól ismert származéka, az ökonómia (görögül νομος (nomosz) = törvény). Így tehát az „öko- (eco-)” címke hol a környezetvédő jellegre utal, hol arra, hogy gazdaságos.

Anyag- és energiaforgalom az ökológiai rendszerekben

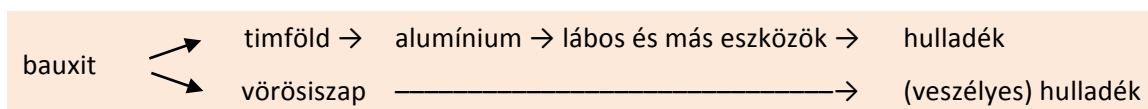
Mint ahogy az ökológiai rendszerben élőlények egymással és környezetükkel kapcsolatban vannak, nyilvánvaló, hogy közöttük anyag- és energiaforgalom van. Mi jellemző alapvetően erre a forgalomra?

Az ökorendszerekben az **anyagok** többnyire körforgásban vannak, a természetre a **körfolyamatok** jellemzőek:

- nagy léptékben: élettelen világ → élővilág: növény → állat → állat → gomba, baktérium → élettelen világ
- kis léptékben: falevél → avar → humusz → ásványi anyag → falevél;
tócsa víz → feketérigó testnedve → ürülék → pára → felhő → eső → víztócsa

Ez egyrészt azt jelenti, hogy elvileg a végtelenségig folyhat ez a körforgás (vagyis fenntartható!), másrészt igen „takarékos” megoldás, mivel a kör valamelyik pontjának „kimenete” egyúttal a következő pont „bemenete”. Vagyis nem keletkezik a folyamat során hulladék. Konkrét példán: a szarvasmarha ürüléke (ami neki már „nem kell”) a ganéjtúró bogár (lárvája) számára fontos tápanyag (neki tehát nagyon is „kell”).

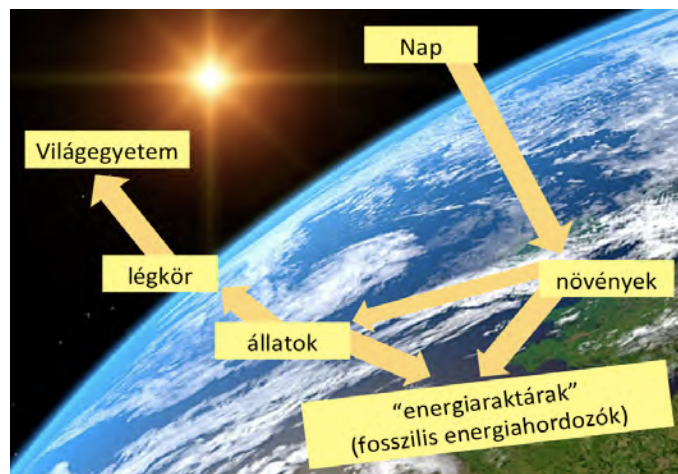
Az ember termelő-fogyasztó folyamataira egyáltalán nem jellemzőek a körfolyamatok! A mi termelési folyamataink többnyire lineárisak, és a „vonal” végén majdnem mindig hulladék van. A kibányászott agyagból (emberi időléptékeken belül) nem lesz megint agyag, a felszínre hozott kőolajból soha sem lesz megint kőolaj. Nézzünk meg lépésenként egy, az emberi termelésre jellemző lineáris folyamatot (6.4. ábra)!



6.4. ábra. A termelés lineáris folyamatsémája

A ma általánosan elterjedt termelési folyamataink menete tehát: nyersanyag → termék → hulladék. A fenntartható termelés megközelítése érdekében olyan gyártási folyamatokat kellene kidolgozni, amelyeknek a „maradék” nem hulladék (szemét), hanem egy másik

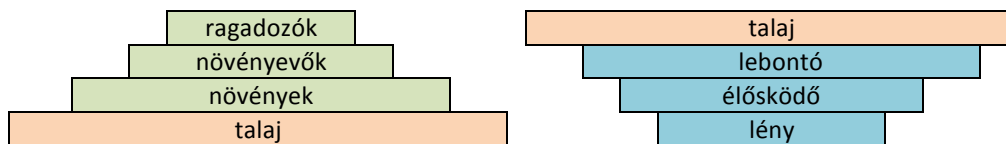
folyamat nyersanyaga. Ezzel közelítenénk meg a természeti folyamatok jellegét. Egyébként a fenti, bauxitos példa még azért is külön tanulságos, mert a vörösiszap (magas vastartalma révén) lehetne vasgyártási nyersanyag, csak hogy jelenleg még nincs kidolgozva ennek megfelelő vasgyártási technológia.



6.5. ábra. Az ív mentén áramló energia (Victor A.)

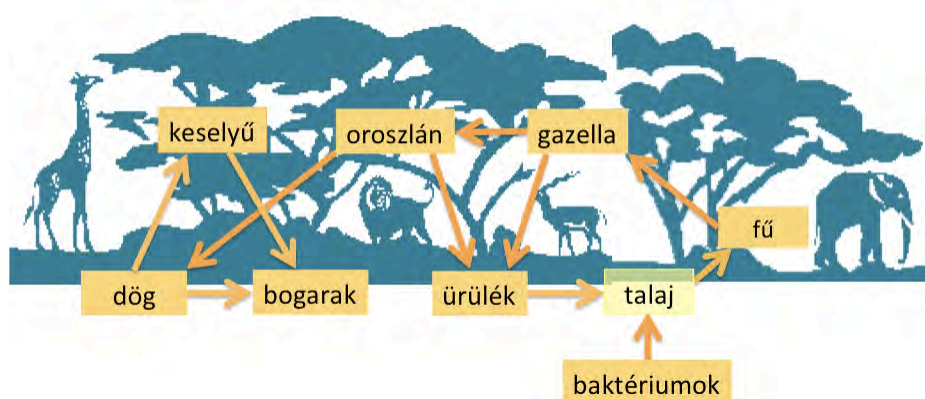
Az anyagtól eltérően, az **energia** útja a természeti rendszerekben nem kör, hanem ív. Az energia egy **ív mentén áramlik** (6.5. ábra). A Napból érkező fényenergiát a növények (a fotoszintézis folyamatában) megkötik, és testük anyagaiban – lényegében kémiai energia formájában – tárolják. Ezzel az energiával működnek a növények, a növényevő állatok, és rajtuk keresztül a ragadozó állatok is, vagyis gyakorlatilag az egész élővilág. Az élőlények által a különböző életműködésekhez felhasznált energia egy része azonban elkerülhetetlenül hőenergiává alakul, ami pedig kisugárzódik a légkörbe, onnan pedig a Világegyetembe. Vagyis a földi élővilág végső soron napenergiával működik, de ez az energia – a földi rendszereken keresztül – végül ugyanúgy a Világegyetembe sugárzódik, mintha közben nem is tett volna egy bonyolult „körutat” a Földön. Ne tekintsük azonban abszolút elvnek, hogy a természeti folyamatokra a kör és az ív jellemző! Van ugyanis kivétel itt is. Amikor hajdani élőlények szerves anyagai (szénhidrátok, fehérjék stb.) a felszín alatt szép lassan elbomlanak, fosszilizálódnak és végül ásványi szén vagy kőolaj, földgáz lesz belőlük, akkor tulajdonképpen „kilépnek” a körforgásból. A Föld mélyén „rejtőző” kőszén és szénhidrogén anyagát és energiatartalmát tekintve is olyan raktár, amelyet – jelen ismereteink szerint – csak az ember hasznosít, az ember azonban túlságosan is.

Egy ökológiai rendszerben az ott élő fajok között bonyolult kapcsolatrendszer biztosítja az anyagok körforgását. Ezt egyszerűen fogalmazva **táplálékláncnak** nevezzük, és azt jelzi, hogy fajok egyedein keresztül jutnak el a talaj, a víz és a levegő anyagai a fotoszintézist végző növényektől a csúcsragadozóig, valamint „visszafelé” mely fajokon keresztül bomlanak le ismét a környezet élettelen anyagaivá. Lássunk példaként egy ilyen egyszerű táplálékláncot (6.6. ábra)!

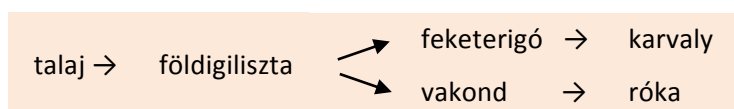


6.6. ábra. Kettős táplálkozási piramis (Victor A.)

Azonban még ennél a „kettős piramisnál” is bonyolultabb, hiszen nemcsak egy vonalú táplálékláncok léteznek, hanem többszörös kereszt-kapcsolatokat jelentő **hálózatok** (6.7. ábra) is, továbbá a lánc két (nem szomszédos) pontja között **párhuzamos útvonalak** (6.8. ábra) is vannak.



6.7. ábra. Anyagáramlás egyszerű táplálékhálóban (Victor A.)



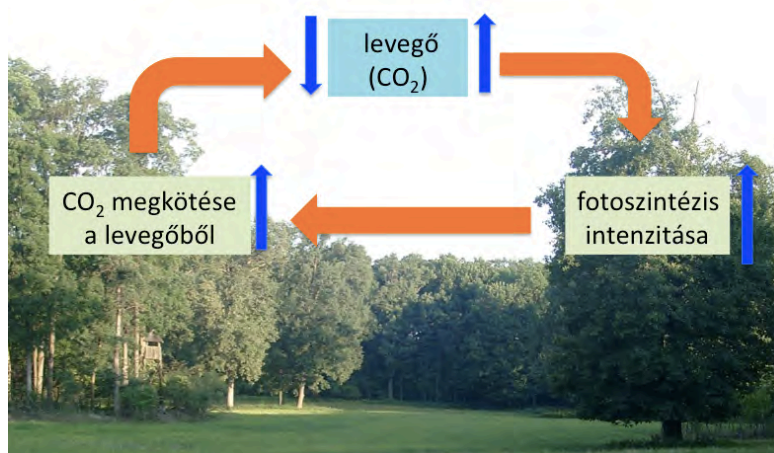
6.8. ábra. Anyagáramlás párhuzamos útvonalak mentén (Victor A.)

Visszacsatolások az ökológiai rendszerekben

Az ökológiai rendszerekben zajló folyamatok szabályozását az ún. **negatív visszacsatolások** biztosítják. (Egyébként gyakorlatilag mindenféle folyamatszabályozásnak ez az alapja.) A visszacsatolásnak (visszajelentés; angolul feed-back) az a lényege, hogy egy állapot változása olyan következménnyel jár, amely visszatéríti a rendszert az eredeti állapotába (vagy legalábbis annak közelébe). Konkrét példán: ha egy hűtőgép belseje a külső hőmérséklet hatására lassan melegszik, akkor egy „szerkezet” érzékeli a beállított hőmérsékleti értéktől való eltérést, és ha ez az eltérés már elér egy kritikus mértéket, akkor bekapcsolja a motort. A motor működése következtében a hűtőgép hőmérséklete elkezd csökkenni, és egy idő múlva már a beállított értéknél hidegebb lesz belül. Ha a „szerkezet” azt érzékeli, hogy a belső hőmérséklet már egy kritikus mértéket meghaladóan alacsonyabb a beállított értéknél, akkor kikapcsolja a motort, ezzel lényegében hagyja, hogy ismét elkezdődjön a lassú melegedés.

Azért nevezzük ezt visszacsatolásnak (visszajelentésnek), mert a rendszer „központja” jelentést kap a „végek” felől arról, hogy a tevékenysége (vagy éppen annak szüneteltetése) milyen kimeneti következményekkel járt. Negatív visszacsatolásnak pedig azért mondjuk, mert – evidens módon – a korrekció mindig ellenkező előjelű, mint a tervtől való eltérés. A kibernetikának, ami a szabályozás tudománya, érthetően alapfogalma a negatív visszacsatolás. (A tudomány neve a görög κυβερνητης (kibernetész) = kormányos szóból származik.) A hajókormányos tevékenysége valóban kristálytiszta mutatja a negatív visszacsatolás lényegét: ha jobbra tér el a hajó a kitűzött irányhoz képest, akkor balra forgatja a kormánykereket; ha balra tér el, akkor jobbra forgatja.

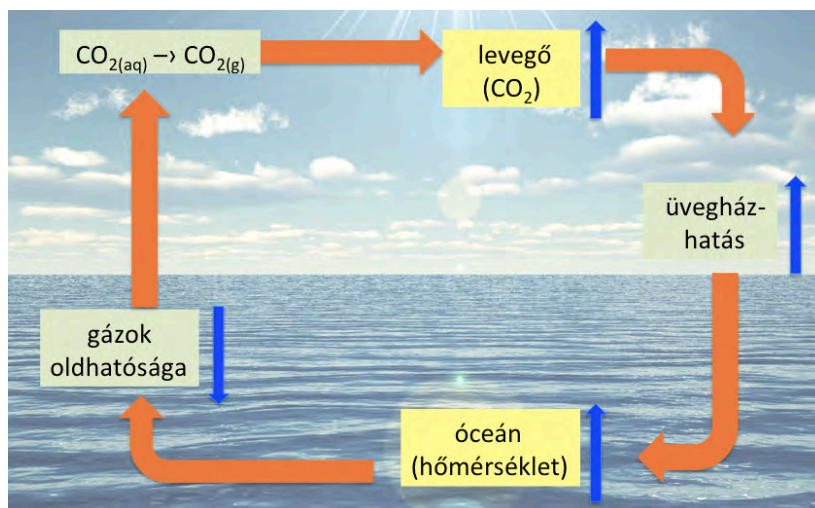
A természet – különösen az élővilág – tele van negatív visszacsatoláson alapuló szabályozási folyamatokkal. Már szinte közhelyszerű erre a szabályozásra az a példa, hogy ha egy mezőn valamiért az átlagosnál több fű nő, akkor – a bőséges tápláléknak köszönhetően – elszaporodnak a nyulak. A sok nyúl azonban „feléli” a fűvet, ezért a következő időszakban már táplálékhiány jelentkezik, és a nyulak kevés utódot képesek felnevelni. Ha viszont ezért kevés a nyúl és nem sok kárt tesz a fűben, akkor megint sok lesz a fű, és a kör kezdődik előlről. Ha ehhez hozzávesszük, hogy az ott élő nyulak és a rókák számát illetően hajszálla ugyanez a körfolyamat érvényesül, akkor azt látjuk, hogy két visszajelteses körfolyamat még egymást is szabályozza. (A valóságban egy mezőn ilyen szabályozó körfolyamatok százai érvényesülnek egyszerre!)



6.9. ábra. A szén-dioxid körforgalma mint negatív visszacsatolás (Victor A.)

Negatív visszacsatolás az élettelen természetben is előfordul. Nézzünk egy ilyen példát a levegő szén-dioxid tartalmával kapcsolatban (6.9. ábra)! Ha megemelkedik valamiért a levegőben a CO₂-koncentráció, akkor a növényekben gyorsabb lesz a fotoszintézis (vagyis a CO₂-nak a levegőből való megkötése), ezért csökkenni fog a CO₂-koncentráció. Ez a negatív visszacsatolási körfolyamat tehát segít abban, hogy a levegő CO₂-tartalma ne változzon számottevően.

A valóság azonban nem ilyen egyszerű. Találunk a természetben **pozitív visszacsatolási folyamatokat** is, amelyek öngerősítő körök. Éppen a szén-dioxiddal kapcsolatban is lehetséges ilyen (6.10. ábra). Ha valamiért megemelkedik a CO₂-koncentráció a levegőben, akkor fokozódik az üvegházhatás, aminek következtében lassan melegebbé válik az óceán vize. A gázok vízben való oldhatósága romlik a hőmérséklet emelkedésével, ezért az óceánok óriási víztömegében oldott CO₂ egy része kilép a vízből a légkörbe, vagyis emelkedik a levegő CO₂-szintje. Ez további globális melegedést okoz.



6.10. ábra. A szén-dioxid körforgalma mint pozitív visszacsatolás (Victor A.)

Ez a két egymás melletti, de egymással ellentétes jellegű visszacsatolás csak egy példa a sok közül. A bioszféra egyensúlya száz és száz egymást erősítő és egymást ellensúlyozó folyamat rendkívül bonyolult kölcsönhatás-rendszerén alapul. Még önmagában a szén-dioxid esetében sem tudjuk igazán, hogy vajon a fenti negatív vagy pozitív visszacsatolás mértéke nagyobb-e, nemhogy az egész kölcsönhatás-rendszerről meg tudnánk mondani, hogy valamely tényezőjének mesterséges megváltoztatása miképpen fog hatni az egész rendszerre. Ezért igen fontos, hogy minden beavatkozás megfontolt legyen. A Föld (és így persze önmagunk) védelme érdekében ajánlatos a „kötelező óvatosság”. A környezeti (ökológiai) rendszerek sok-elemű rendszerek, ahol az alkotó elemek között bonyolult kölcsönhatások működnek. Jól megfigyelhető rajtuk a hierarchikus rendeződés, vagyis az, hogy minden rendszer egyrészt szintézise nála kisebb (és kisebb összetettségű) alrendszereknek, ugyanakkor része (alkotója, alrendszere) egy nála nagyobb (és nagyobb komplexitású) rendszernek.

Az ökológiai folyamatok beágyazása a tananyagba

Az ökológiai folyamatok megismertetése során is elsősorban a gyerekek mindennapi tapasztalataiból kell kiindulni. Tehát például a lineáris és a körfolyamatok

megismertetésekor olyan példákat keresni, amelyekkel otthon is találkozunk. Ilyen lehet a lineáris folyamatokra:

Miből készült a televízió? (fémekből, műanyagból, üvegből stb.) → Miből készült a műanyag és miből az üveg? (kőolajból illetve homokból) → Mi történik majd a tévével, ha elromlik és már javíthatatlan? (hulladék lesz belőle) → Hová kerül ez a hulladék? (például a pusztazámori hulladéklerakóba) → Ott mi történik vele? (ezer év alatt talán lebomlik, de nem tudjuk, hogy mire, de az biztos, hogy nem lesz belőle újra kőolaj). Hasonló kérdés-felelet sor eljátszható minden otthoni tárggyal, eszközzel kapcsolatban, ideértve a gyerek iskolatáskájában lévő dolgokat is. A (legalább részleges) körfolyamatra is találhatunk példákat az otthoni életből: Honnan származik az alma anyaga? (a környezet anyagaiból, azaz a talajból, a vízből) → Mi történik az almacsutkával, amit a komposztáló keretbe dobál? (baktériumok hatására lebomlik) → Mi történik a kapott komposzttal? (beássuk az alfafa tövéhez, ott lényegében föld lesz belőle).

Az energia útjának megértéséhez a visszafelé vezető út gondolati végigjárása is vezethet: Amikor futsz, akkor fogy az energiád. → De miből, minek a lebontásából van ilyenkor energiád, amelyet elhasználsz a futkosáshoz? (például a keményítő lebontásából) → Ezek szerint keményítő formájában „becsomagolt” energia volt benned. → Honnan származott? (megettem a kenyeret) → Hogyan került ez az energia-tartalmú keményítő a kenyérbe? (a búzalisztből) → Hogyan került a búzába? (maga a búzanövény készítette a cukrot és abból a keményítőt a napenergia segítségével) → Ezek szerint te áttételesen napenergiával futsz. Ha két-három ilyen példát végigjárunk, akkor világossá válik a gyerekek számára is, hogy – ha többszörös áttételen keresztül is, de – gyakorlatilag az egész földi élet a Nap sugárzó energiájának köszönhetően létezik.

A negatív és pozitív visszacsatolás fogalmának megértéséhez is legjobb, ha a gyerekeket közvetlenül érintő példákat keresünk, olyanokat, amelyeket ők maguk is lépten-nyomon megtapasztalnak. A negatív visszacsatolás megértésére lényegében a fent leírt példák (a hajó kormányosa vagy a hűtőszekrény működése) is alkalmasak, egyik sem bonyolult. Azonban példaként szolgálhat más, az élőlényekkel kapcsolatos szabályozási folyamat is. Például:

1. Ha egy cserepes növényt elfelejtünk megöntözni, és már nem elég nedves a földje, akkor a levelek további párologtatása miatt felborul a vízfelvétel és a vízleadás egyensúlya, kevesebb vizet tud fölvenni, mint amennyit lead. Ezért végül csökkenni fog a növény testének a víztartalma.
2. A víztartalom csökkenése olyan változást vált ki a levelekben, hogy összeszűkülnek a levél felületén azok a nyílások, amelyeken keresztül a párologtatás történik. Így csökken a párologtatás mértéke, és ezzel megint egyensúlyba kerül a víz felvétele és leadása, persze az eredetinel alacsonyabb szinten. (És ehhez hasonló, csak fordított előjelű változások történnek, ha túlöntözzük a cserepes növényt).

3. Tudni kell azonban, hogy ennek az alkalmazkodásnak határa van. A növény tűrőképességétől függ, hogy milyen alacsonyra képes károsodás nélkül leszállítani a párologtatás mértékét.

A pozitív visszacsatolások önerősítő folyamatok. A gyerekek mindennapi életéhez legközelebbi példa talán a tűz; az égés jelensége. Itt érhető tetten legkönnyebben az a gondolat, hogy az égés által fejlesztett hő elősegíti további anyagok meggyulladását, így a tűz egyre nagyobb lesz (amíg van éghető anyag).

Érdekes szubjektív példa lehet az önerősítő visszacsatolásra a feleléstől, vizsgázástól való erős drukkk. Ha valaki (a szükségesnél erősebben) izgul egy szereplés miatt, mert fél, hogy nem fogja tudni jól elmondani, amit megtanult, akkor ettől nő az esélye annak, hogy éppen a drukkk miatt valóban rosszabbul szerepel, mint ahogyan lehetett volna. Ilyenkor a következő alkalommal ugyanez a gyerek már „bizonyítva” is látja, hogy ő tényleg nem jó felelő, úgysem tudja meggyőzően elmondani, amit kell, ezért természetesen megint leszerepel. Vagyis belekerült egy önmagát rontó spirálba.

6.2.2. Ökológiai szintek és kapcsolatok

A környezeti (ökológiai) rendszerek sokelemű rendszerek, ahol az alkotó elemek között bonyolult kölcsönhatások működnek. Jól megfigyelhető rajtuk a **hierarchikus rendeződés**, vagyis az, hogy minden rendszer egyrészt szintézise nála kisebb (és kisebb összetettségű) alrendszereknek, ugyanakkor része (alkotója, alrendszere) egy nála nagyobb (és nagyobb komplexitású) rendszernek.

Az ökológiai szintek hierarchiája

Az ökológiai szintezettségnek a 6.11. ábrán látható „emeleteit” különböztetjük meg. Mint látjuk, megkülönböztetünk „egyed alatti” és „egyed feletti” szinteket, de ennek nincs elvi jelentősége, hiszen némileg önkényes döntés éppen az egyedet tekinteni viszonyítási pontnak. A szintek értelmezése a következő:

- Különböző sejtszervecskék (sejtmag, kloroplasztisz, ostor stb.) építik fel a sejteket.
- Hasonló alakú és működésű sejtekből (hámsejt, idegsejt stb.) állnak a szövetek.
- Különböző szövetekből (hámiszövet, izomszövet, csontszövet stb.) állnak a szervek.
- Adott működés részfeladatait ellátó szervekből (gyomor, bél, máj stb.) áll a szervrendszer.
- Szervrendszerek (légzés, emésztés, kiválasztás stb.) építik fel a szervezetet (az egyedet).
- Az egyedek csoportokba rendeződhetnek (szivacstelep, farkas-falka, méhcsalád stb.)

- Az adott helyen élő – egymással szaporodási közösséget alkotó – egyedek és csoportok együtt alkotják a populációt.
- Közeli rokon populációk összessége a faj (amelynek más populációba tartozó egyedei között a szaporodás – például a nagy távolság vagy más korlát miatt – csak elvi lehetőség).
- Adott helyen együtt élő fajok társulást (biocönózis) alkotnak (ilyet láttunk előzőleg táplálék-hálózatként).
- A társulások az ott lévő élettelen világgal kölcsönhatásban alkotják az ökoszisztémákat.
- Sok-sok egymással kölcsönható ökoszisztémából áll a bioszféra (vagyis a Föld „élő burka”).



6.11. ábra. Az ökológiai szintek

Ebben a felsorolásban eltekintettünk a sejtszervecskék alatti szintek feltüntetésétől, de tudjuk, hogy az egyre kisebb alrendszerek felé haladva végül az atomokhoz, illetve az elemi részekhez jutunk. Fontosnak tartjuk hangsúlyozni, hogy ennek a sornak gyakorlatilag minden szintjére jellemző, hogy az élő és az élettelen anyagi világ együtt alkotja. Az **élő és az élettelen világ szétválaszthatatlan egységét** jól mutatja például a talaj. Ha egy gyűszűnyi erdei talajt nézünk, akkor megállapíthatjuk annak a kémiai összetételét (szilikátok, fémionok, mésztartalom, kémhatás stb.), amely élettelen jellegű sajátsága ugyan, de tudnunk kell, hogy ez a kémiai összetétel egyrészt alapja az ott létező életnek, másrészt (és ez legalább ugyanolyan fontos!) valamilyen mértékben és értelemben eredménye is az életfolyamatoknak. Ebben a gyűszűnyi talajban milliószámra élnek baktériumok és gombák, ezerszámszámra mikroszkópos egysejtű állatok, százszámra parányi férgek és rovarlárvák. Vagyis az „élettelen tárgynak” látszó talaj hihetetlen gazdag élővilág is egyben.

A biodiverzitás

Az ökológiai rendszerek alapvető sajátsága a sokféleség, a diverzitás. A **diverzitás** sokféle fajtája és szintje közül most csak háromra figyeljünk: az egyedek, a fajok és a társulások sokféleségére!

Nem lehet ugyan tökéletes pontossággal definiálni, hogy mely élőlények tartoznak egy fajba, de az mégiscsak igaz, hogy a meghatározó sajátságok tekintetében nagyon nagy hasonlóság

van minden földigilisza, minden feketerigó, minden gepárd között. Ugyanakkor azt is látnunk kell, hogy nem létezik két, tökéletesen egyforma élőlény. Nincs két egyforma ember, két egyforma kutya, de két egyforma szúnyog sincs. Persze az utóbbi esetben már nagyító kell ahhoz, hogy meglássuk két dalos szúnyog különbségét. Nincsen két tökéletesen egyforma fűszál sem a réten, valami apró, esetleg csak mikroszkóppal látható különbség mindenképpen van közöttük.

Becslések szerint 15-20 millió faj van a Földön, de alig haladja meg az 1 milliót a már meghatározott, leírt fajok száma. Az ismert fajok legnagyobb része állatfaj, utánuk következnek a gombák, végül a növények. Ezekből a számokból is kiderül, hogy a földi élővilágnak még mindig csak a töredékét ismerjük. Az emlősállatokat és a zárvatermő növényeket ismerjük legjobban, és valószínűleg a baktériumok, férgek és rovarok között van a legtöbb, amelyet még nem fedeztek fel a tudósok.

A társulások sokféleségét már egyszerűen a fontosabb típusok felsorolása is jól jelzi: édesvízi, tengeri, tengerparti, korallzátonyok, láp, erdős sztyepp, esőerdő, lombhullató erdő, tajga, tundra, magashegységi, mediterrán, füves puszták, szavanna, pampa, préri, sivatagi ökoszisztémák. Miért olyan fontos a **sokféleség** az ökológiai rendszerekben? Azért, mert ez biztosítja e rendszerek stabilitását. Ha nem egyformák az egyedek például egy baktériummal szembeni ellenálló képesség tekintetében, akkor van esély arra, hogy valamely egyedek túléljék a fertőzést és biztosítják az adott faj továbbélését. Ha több rovarrevő madárfaj is él egy adott ökoszisztémában, akkor van esély arra, hogy valamelyik rovarrevő madárfaj esetleges kipusztulása esetén is életképes maradjon az egész ökoszisztéma. Ha drasztikusan megváltozik valamilyen környezeti feltétel – például kevesebb lesz a csapadék –, akkor növeli az egész rendszer helyreállási képességét (rezilienciáját) a nagy változatosság. A sokféle egyed és faj között ugyanis nagyobb valószínűséggel lesznek olyanok, amelyek jobban tűrik ezt a változást.

A **biodiverzitás** tehát az állandóan változó környezethez való alkalmazkodás kulcspontja. Ebből logikusan az is következik, hogy ha csökken a diverzitás, akkor a stabilitás (túlélőképesség, reziliencia, továbbfejlődési képesség) is csökken. A nagyüzemi mezőgazdaságban nagyon elterjedtek az óriás táblák, ahol kilométereken keresztül csak egyfajta növény terem, és a termesztők mindent el is követnek azért, hogy ott lehetőleg csak az az egyetlen növényfaj legyen jelen, amit termesztetni akarnak. Itt tehát a faj szintű diverzitás nagyon kicsi (de az egyedi diverzitás természetesen továbbra is érvényesül). Ezek a táblák monokultúrák (mono = egy), és mint ilyenek, nagyon sérülékenyek is. Egy monokultúra csakis állandó emberi beavatkozással (műtrágyázással, gyomirtó és rovarirtó szerek használatával) tartható fenn. Ha magára hagynánk, fokozatosan megszűnne a monokultúra jellege, minthogy azonnal megjelenének más növényfajok, valamint különböző gombák és állatfajok is.

Az ökológiai rendszerek elemei közötti kapcsolatok sokfélesége

Mint ahogy az ökológiai rendszerek nagyon összetettek (komplexek), a rendszer alkotóelemei közötti kapcsolatok, hatások és kölcsönhatások is sokfélék. Nézzük a fajok közötti viszonyok legfontosabb típusait (6.2. táblázat)! A két zárójel [] közötti jelek azt szimbolizálják, hogy az egyik és másik faj számára előnyös vagy hátrányos-e a kapcsolat.

	+	0	-
+	szimbiózis	kommenzalizmus	predáció parazitizmus
0		neutralizmus	antibiózis
-			kompetíció

6.2. táblázat. Az ökológiai rendszerek közötti kapcsolatok

- **Predáció** (ragadozás) [+,-]

A ragadozás a gepárd számára előnyös, a gazella számára azonban halálos kapcsolat. Nem egyszerű válaszolni arra a kérdésre, hogy az adott gazella faj számára káros-e ez a kapcsolat. Ugyanis az a gazella egyed, amelyik áldozatul esik, elpusztul. Ugyanakkor a gepárd nyilvánvalóan a legkevésbé életrevaló egyedeket ejti el, és ezzel „hozzájárul” ahhoz, hogy bizonyos betegségek vagy káros gének elterjedjenek a gazellák között. Vagyis a gepárd az „eszköz” abban a szelekciós folyamatban, amely állandóan erős-egészséges állapotban tartja a gazellapopulációt. Ha a ragadozás fogalmát tágabban értelmezzük, akkor a gazella (és persze minden más növényevő) is ragadozó, hiszen megeszi egy másik faj (jelen esetben valamilyen fűféle) egyedeit. Csak emberi (lelki) szempontból van különbség egy állat és egy növény megevése között. Viszont az is igaz, hogy a gazella legelésétől a növény nem igazán pusztul el, inkább csak károsodik.

- **Parazitizmus** (élősködés) [+,-]

Az élősködés csak annyiban különbözik a predációtól, hogy nem fogyasztja el az „áldozatát”, hanem csak károsítja, elvesz tőle anyagot-energiát. Külső élősködők például a szúnyogok és a kullancsok, amelyek táplálékként kiszívnak valamennyi vért. Belső élősködők például a bélférgek, amelyek (általában) a bélcsatornánkban lévő, már nagyjából megemésztett táplálék egy részét szívják el tőlünk. Különleges esete az élősködésnek a fél-élősködés. Például a fehér fagyöngy esetében figyelhető meg, ami például nyárfákon él, de fotoszintetizál (a télen is zöld leveleivel), tehát „csak” a nyers tápanyagot szívja el a fától, nem az elkészített szerves anyagot.

- **Kommenzalizmus** (asztalközösség) (a latin mensa = asztal) [+0]

Az asztalközösség táplálkozási kapcsolatrendszer, amit a zsákmányból például az oroszlán otthagyt, az például a keselyűké. Ez a keselyűk számára pozitív kapcsolat, az

oroszlán számára pedig semleges. Érdekes párhuzam, hogy a nagyvárosi szeméttelpeken való guberálás vagy a kukázás is lényegében kommenzalizmus.

- **Antibiózis** [–,0]

Az antibiózis szó szerint 'élet-ellenes' hatást jelent, aminek leghíresebb példája a penicillin, amelyet a *Penicillium notatum* gombafaj választ ki magából, amely meggátolja bizonyos baktériumok szaporodását. Az antibiotikumok fontos gyógyszereink a bakteriális betegségek ellen. Antibiózis jellegű kapcsolat az is, hogy a diófa bomló levele olyan anyagokat bocsát ki magából, amely gátolja más növények magjának a csírázását. Ebben az esetben a „0” jelzés nem egyértelmű. Magára a penicillium gombára nincs hatással a saját maga által termelt antibiotikum (hiszen – érthetően – van olyan génje, amely rezisztenssé teszi ellene), és az is igaz, hogy a károsított baktérium valóban nincs hatással a gombára, ugyanakkor valamilyen értelemben mégiscsak előnyös a gomba számára ez a helyzet, hiszen csökken a konkurenciája.

- **Neutralizmus** [0,0]

Rengeteg olyan faj van, amely gyakorlatilag nincs hatással egymásra, semlegesség van közöttük, például a baktériumfajok kb. felének semmiféle kapcsolata sincs az emberrel. (Ez persze ellentmond annak, amiből kiindultunk, hogy tudniillik a természetben „minden mindennel” összefügg, de mégis van olyan, hogy a kapcsolat annyira áttételes és annyira csekély – legalábbis mai ismereteink szerint –, hogy elhanyagolható.) Nem ismerünk kimutatható kapcsolatot például a földigiliszta és a szövőlepkék között, ami érthető, hiszen élőhelyük, táplálékigényük stb. annyira eltér még ugyanabban az erdőben is, hogy nincs realitása közöttük sem pozitív, sem negatív kölcsönhatásnak.

- **Kompetíció** (vetélkedés) [–,–]

A természetben az erőforrások (szinte mindig) korlátosak, ezért az erőforrásokért folytatott vetélkedés teljesen általános viszony akár fajok, akár egy faj egyedei között. A darwini „létért folytatott küzdelem” lényegében ennek a megfogalmazása. Vetélkedés folyik az erdőben a fényért, ezért „próbálja” mindegyik fa túlnőni a másikat. Vetélkedés folyik a hasonló táplálékon élő fajok egyedei között is, hogy melyik szerzi meg (vagy szerez belőle többet). Ez a vetélkedés esetenként egyes fajok (valahonnan való) kipusztulásával, vagy legalábbis visszaszorulásával jár. Így például az Amerikából Európába behozott szürke mókus olyan erős versenytársa a nálunk őshonos vörös mókusnak, hogy az utóbbi kisebb-nagyobb területekről már teljesen kiszorult.

- **Szimbiózis** (együttélés) [+,+]

A tág értelemben vett együttélés – vagyis az, hogy két faj kölcsönösen előnyös lehetőséget jelent egymás számára –, ugyanolyan általános jelensége az élővilágnak, mint a vetélkedés. Az evolúció során tengernyi változata alakult ki annak, hogy különböző fajok kölcsönösen pozitív hatással vannak egymásra. Példaként: a bivaly

hátán ülő nyűvágó madarak kicsípi a bivaly bőréből a rovarok élősködő lárváit. Ez jó a bivalynak, a madárnak pedig táplálék. A zárvatermő virágos növények kifejlődése időben egybeesik a rovarok megjelenésével, ami nem véletlen, hiszen ez a szimbiotikus kapcsolat a növény számára a szél által történő beporzásnál sokkalta biztosabb rovarbeporzást jelenti, a rovarok számára viszont „megbízható” táplálékforrást. Rovarvilág nélkül nem léteznének virágok – és viszont.

„Tankönyvi” példát jelentenek a szimbiózisra a zuzmók. A zuzmók ugyanis gombák és moszatok együttélésével jöttek létre, ahol a moszat számára fontos, hogy a gombák (vékony fonalaikkal) elvégzik a nedvek felszívását, a gomba számára viszont előnyös, hogy kész szerves anyagot kap az algától, és így „mentesül” a fotoszintézis végzése alól. Szimbiózis folyik a pillangós virágú növények gyökerén lévő gümőkben is, ahol Rhizobium baktériumok élnek, amelyek azért nagyon fontosak, mert megkötik a levegőben lévő elemi nitrogént olyan nitrogénvegyületek formájában, amelyek a gazdanövény számára már jól felhasználhatóak például a fehérjék szintéziséhez. Nagyon érdekes példa a szimbiózisra a mikorrhiza. Sok növényfaj nem fejleszt hajszálgöykeret, nincs is rá szüksége, mert speciális talajlakó gombák ránőnek a gyökérágaikra, és ott – vékony fonalaikkal – ellátják a hajszálgöyker felcsívó funkcióját (ez a mikorrhiza). A kölcsönös előny lényegében ugyanaz, mint a zuzmók esetében. Ma már tudjuk, hogy a mikorrhiza nem néhány növény specialitása, hanem igencsak elterjedt forma a növényvilágban.

A leginkább elgondolkasztó szimbiotikus forma az **endoszimbiózis** (a görög ενδο = bent). A fejlett növényi és állati sejtekben a mitokondrium nevezetű sejt szervecskék végzik a lebontó anyagcsere-folyamatokat. Lényegében ezek a sejt „energia-termelő központjai”. A mitokondriumok a földtörténet őskorában még önálló baktériumok voltak, amelyek „beköltöztek” egy másik sejtbe (vagy amelyeket ez a másik sejt bekebelezett ugyan, de nem emésztett meg), s azóta ott végzik tápanyaglebontó folyamataikat. Minden emberi sejtben százas nagyságrendben találhatók mitokondriumok, tehát valamilyen értelemben több bennünk a baktérium, mint a saját sejtünk. De ez így nem pontos, hiszen most már éppenséggel azokkal a baktérium-mitokondriumokkal együtt a saját sejtünk. Ugyanez a helyzet a növényi sejtekben lévő kloroplasztiszokkal, amelyekről szintén kiderült, hogy hajdan önálló cianobaktériumok voltak, de ma már a növényi sejteken belül végzik a fotoszintézist.

Kommunikáció az ökológiai rendszerekben

Az ökológiai rendszerekben tapasztalható sokféle kölcsönhatás csak úgy működhet jól, ha állandó információcsere van a partnerek között, vagyis ha kommunikálnak egymással. **Kommunikáció** alatt itt nem emberi jellegű kommunikációt kell érteni, hanem egyszerűen azt, hogy élőlények jeleket adnak (hagynak) egymásnak.

A kommunikáció legősibb formái kémiai jellegűek. Az anyagcsere folyamatok során a környezetbe került (juttatott) vegyületek jelző funkciója – mint primitív információcsere – már a legősibb egysejtű élőlények esetében is működött. E nélkül semmiféle együtt-létezés nem képzelhető el. Később – evolúciós fejlődésként – másféle kommunikációs csatornák is megjelentek, például a szaglás, a látás, a hallás, de esetenként a jelképes üzenetek is hatnak. Amikor egy kutya vizelettel megjelöli a „birodalma” határait, akkor szagjelekkel kommunikál. A rajban úszó halak (vagy „felhőben” repülő seregélyek) látható jelekből olvasnak, a magasban csicsorgó pacsirta „hang-kerítést” énekel a fészke (vagy fészkelő-helye) köré. Jelzés-szerű üzenet a vetélytárs felé, amikor a hím gorilla (vagy akár ember is) kihúzza magát és kidüleszti a mellét, jelképesen azt üzeni: „láthatod, hogy én vagyok az erősebb!”.

Az ökológiai szintek és kapcsolatok megismerése a természetismeret tanulása során

Az ökológiai szintek tanulását a közepén – az egyednél – érdemes kezdeni, mert az van legközelebb a gyerekekhez. Ez az a szint, amelyet „látnak” is, hiszen a körülöttünk lévő növények és állatok mind egyedek. Innen érdemes először „lefelé” menni, vagyis a szervek-szervrendszerek irányába, de nem feltétlenül szintenként követve az egymásra épülést. A szervekről (szív, gyomor, szem stb.) ugyanis mindennapi tapasztalat és tudása van a gyerekeknek. A szervrendszer azonban absztrakció; előbb tehát meg kell ismerni az egyes szerveket, majd azután rájönni, hogy néhány szerv egymás „partnere” valamely folyamat egyes részeiben. Nem „előírás”, hogy minden szinttel foglalkozni kell 5-6. osztályban. Talán nem is a konkrét szintek megismerése a legfontosabb „üzenetünk” a tanulók számára, hanem az egymásra épülő (felnőtteknek szóló kifejezéssel: hierarchikus) szintezettségnek a meglátása. Ha „lefelé” eljutottunk odáig, ameddig a tananyag előír (és a gyerekek absztrakciós szintje lehetővé tesz), akkor elindulhatunk „fölfelé”. Érdekes módon itt sem követnénk mereven az egymás utáni szinteket. Például a faj fogalmát érdemes előbb kialakítani, mint a populációt. Az utóbbit ugyanis leginkább a faj „szűkítéseként” lehet értelmezni.

Az ökológiai kapcsolatok típusainak tanításakor eleinte még ne szorgalmazzuk, hogy táblázatosan képzelje el a gyerek a típusok rendszerét! Bőven elegendő, ha egészen konkrét példákon először csak azzal foglalkozunk, hogy egyáltalán mit értsünk azon, hogy az egyik élőlény a másik számára pozitív vagy negatív (vagy semleges) szerepű. Legjobb talán, ha velük gyűjtetünk példákat, és beszélgetünk arról, hogy mely élőlények ragadozók vagy élősködők, mit tudnak az antibiotikumokról, kiben volt már kullancs, tudnak-e kapcsolatot találni például a vakond és a szécinke között stb. Első lépésként tulajdonképpen sokkal fontosabb százféle konkrét kölcsönhatás feltárása és megértése, mint az, hogy ezek milyen kategóriákba sorolhatóak. A kölcsönhatások rendszerezése csak egy későbbi fejlődési szakaszban válik lehetségessé és fontossá.

6.2.3. Bolygónk mint élőlény?

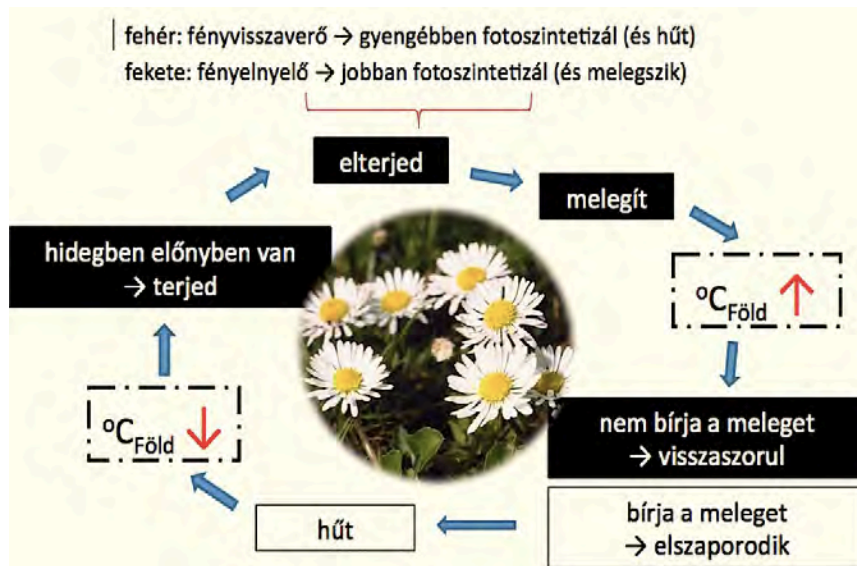
A Gaia-elmélet lényege

Az eddigiekből is kiderül, hogy az egész bioszféra – a Föld nevű bolygóval együtt – egyetlen nagy hálózat, egyetlen nagy rendszer. Ebből kiindulva többen is föltételezik, hogy amiként egy ökoszisztémának van önszabályozása, úgy talán az egész Föld is önszabályozó bizonyos mértékig. (Önszabályozás alatt itt az értendő, hogy negatív visszacsatolások révén stabilizálja valamilyen mértékben a meglévő állapotát, és ezzel biztosítja a földi élet lehetőségének fennmaradását.)

James Lovelock Gaia – A new look at life on Earth – (1979) című könyvében ezt írja: „A Föld lito-, hidro-, atmo- és bioszférája komplex, önszabályozó rendszer, amely képes az élethez szükséges fizikai és kémiai környezetet kialakítani/fenntartani.” Ez nagyon merész állítás, hiszen ezzel gyakorlatilag azt mondja, hogy a Föld (a rajta kialakult élettel együtt) gyakorlatilag „kvázi-élőlény”. Erre utal egyébként a Gaia névadás is, minthogy Γη (Gé) vagy másképpen Γαία (Gaja) a görög mitológiában a Földanya; a Földet és a termőföldet megszemélyesítő istennő (az ő nevéből származnak a geo- összetételű szavak (például geológia, geometria, geopolitika stb.). *Lovelock* sok támadásnak tette ki magát merész elmélete révén, ezért megpróbálta egy viszonylag egyszerű példával szemléltetni, hogy bizony létezhet ilyen önszabályozás földi méretekben is. Leghíresebb példája a „százszorszép-világ” (Daisy-world), amely nagyon leegyszerűsítve, de mégiscsak mutatja az önszabályozás lehetőségét (6.12. ábra, library.thinkquest.org/C003763/flash/gaia1.htm, www.youtube.com/watch?v=CU7Keei-ClS).

- Képzeljünk el egy bolygót, amelyen a százszorszépnek fekete és fehér változata is van, és beborítják a bolygó felszínét! Közismert fizikai törvény, hogy (leegyszerűsített fogalmazással) a világos felület visszaveri a ráeső fényt, a sötét pedig elnyeli.
- Ebből az következik, hogy a fehér egyedek egyrészt gyengébben fotoszintetizálnak, mint a feketék (hiszen nem nyelik el a fényt és így a fényenergiát), másrészt összességében hűtik a bolygót, hiszen „visszaküldik” a napenergiát a Világegyetembe. A feketék – pont fordítva – erősebben fotoszintetizálnak és melegítik a bolygót.
- Ezért a fekete egyedek – hatékonyabb fotoszintetizálásuknak köszönhetően – előnyösebb helyzetben vannak és el is szaporodnak (s ezzel visszaszorítják a fehérek arányát).
- Minthogy a bolygó összességében egyre sötétebb lett, emelkedik az átlaghőmérséklete.
- Egy idő után a feketék már nem bírják a meleget, mivel az emelkedő hőmérséklet azokat (a jobb hőelnyelésük miatt) inkább károsítja, mint a fehéreket.

- Ezért a feketék kezdenek visszaszorulni, és helyüket (a meleget jobban bíró, bár gyengébben fotoszintetizáló) fehérek veszik át.
- A bolygó tehát egyre világosabb színű lesz, és ebből következően az átlaghőmérséklete elkezd csökkenni.
- Egy idő után megint a feketék lesznek előnyben.



6.12. ábra. A „százzorszép-világ” (Victor A.)

Abból, hogy a Föld kvázi-élőlény, egyenesen következik, hogy van saját evolúciója (amire például a légkör négy milliárd éves története is szép példa), és van valamekkora tűrőképessége (és annak határa). Azt azonban sajnos még megbecsülni sem tudjuk, hogy mekkora ez a tűrőképesség és hol van a határa!

A Gaia-elmélet a természetismeret tanítás-tanulás folyamatában

Kicsi az esélye annak, hogy a Gaia-elmélet tantervi anyag lesz valamikor. Az végképp csak érdekesség, hogy az önszabályozási képesség alapján egyesek szuper-élőlénynek tartják a Földet. Ugyanakkor szemléletileg fontos az arra való rávilágítás (rádöbbsentés), hogy negatív visszacsatolások formájában nemcsak növény- vagy állat-egyedek végzik életfolyamataik szabályozását, hanem ehhez hasonló önszabályozás globális szinten, Föld-méreteken is lehetséges (sőt folyik). Ezzel – akár csak játék szintjén is – érdemes foglalkozni.

Hallgatói kérdések és feladatok

1. Állítson össze olyan anyag-körforgást, amelyben szerepel a papír és a banán!
2. Állítson össze lineáris termelési-fogyasztási sort a PET-palackra és az íróasztalra vonatkozóan!

3. Hol van a helye az energia-áramlási folyamatban a kövér ember hájának, mi az eredete és mi a sorsa?
4. Fejtsen ki 3 különböző negatív visszacsatolási folyamatot egy 12 éves gyerekkel kapcsolatban!
5. Eldől egy oszlop. Mi a pozitív visszacsatolás ebben a folyamatban?
6. A globális melegedés következménye lesz, hogy fokozódik az óceánok vizének párolgása. Keressen ezzel kapcsolatos további lehetséges következményeket! Elemezze, hogy közülük melyik lesz negatív, és melyik pozitív visszacsatolásos!
7. Elemezze egy cserepes virág (mint egyed) szerveződési (ökológiai) szintjeit „lefelé”!
8. Keressen példákat arra, hogy a mezőgazdálkodás során csökkentik egy adott helyen a biológiai sokféleséget! Elemezze, hogy ennek mi lehet az előnye és a hátránya!

6.3. A környezettudatosság és a fenntarthatóság szemlélete

Írta: dr. Victor András

Kulcsszavak: környezetvédelem, Föld-védő életmód, ember–természet viszony, hálózatok, veszélyeztetett faj, indikátor faj, kihalás, élőhely

6.3.1. A környezetvédő gondolkodás

A környezetvédő gondolkodás fejlődése

Mint ahogyan – azt az imént is bemutattuk – a bioszférában minden mindennel összefügg, nyilvánvaló, hogy nem lehet a rendszer valamely részét önmagában megvédeni, csak az egészet együtt. Azonban akármilyen evidens ez a gondolat, mégis csak az utóbbi évtizedekben fogalmazódott meg. A természetért aggódó emberek – főleg erdészek és vadászok – eleinte csak arra gondoltak, hogy egy-egy veszélybe került fajt kell védeni. A természetvédelem tehát úgy „indult”, hogy védeni kezdték például a nagykovácsot vagy az óriás pandát. (Mindkettő jelvénné vált; az egyik a magyar természetvédők jelvényállata, a másik a WWF nemzetközi alapítvány címere.) A veszélyeztetett, azaz visszaszoruló vagy már a kipusztulás szélén álló fajok védelme valóban fontos feladat, és az ezeket a fajokat bemutató „Vörös könyvek” sokkoló és egyben figyelmeztető olvasmányok.

Egyes fajok valahonnan való kiszorulása, eltűnése mindig a jelzése valami olyan változásnak, amely már meghaladja az adott faj tűrőképességét. Ezzel kapcsolatban meg kell említenünk

az **indikátorfaj** fogalmát. Az indikátor szó jelentése: jelző. Vannak olyan fajok, amelyek a jelenlétükkel jeleznek valamit, például a csalán a megjelenésével a talaj magas nitrogéntartalmát, a dohánylevél a foltosodásával a levegő káros szintű ózontartalmát. Olyanok is vannak, amelyek viszont az eltűnésükkel jeleznek valamit, például a zuzmók és a kék cinegék a levegő szennyezettségét jelzik az adott területről való eltűnésükkel.

Később rájöttek a természetvédők arra, hogy nem elegendő a nagykócsagot megvédeni, ha nem védjük a táplálékát és az élőhelyét. Ezért a fajok védelme helyett egyre inkább az élőhelyek védelme került előtérbe. Ennek megfelelően jelöltek ki az illetékes hatóságok hazánkban is tájvédelmi körzeteket, majd nemzeti parkokat.

A következő szintet annak tudatosítása jelentette, hogy számos esetben nemzetközi szinten kell fellépni valaminek a védelme érdekében. Ezért sorra születtek a **nemzetközi védettséget** deklaráló egyezmények, például a vadon élő állatok kereskedelmével foglalkozó Washingtoni egyezmény, vagy a vizes élőhelyek védelmével foglalkozó Ramsari egyezmény. És lassan végre eljutunk annak felismeréséhez is, hogy csakis **globális szinten** gondolkodva lehet eredményes a természet- vagy környezetvédelem. A „Föld-úrhajó” fogalma fejezi ki ezt érzékletesen, rámutatva arra, hogy az „élő Föld” olyan, mint egy úrhajó, annyi java van csak, amennyit magával visz, és mindig a teljes (és egységes) rendszer működőképességének fenntartása a cél. Örvendetes, hogy lassan a hazai egyházak is felismerik, hogy milyen fontos feladatuk a Föld védelme. A végeredményt tekintve mindegy, hogy valaki ökológiai látásmódjából következően véli úgy, hogy a Föld egészében védendő meg, vagy vallásos világnézetéből következik, hogy amire az Isten a teremtés napjainak végén következetesen azt mondta, hogy „minden, amit alkotott, igen jó” (*I. Móz 1,31*), azt nekünk is értékelnünk és védenünk kell. Ennek a látásmódnak a talaján válnak egyházi gyülekezetek „ökogyülekezetté”, és ünneplik meg évente a „teremtésvédelem” zászlaja alatt a „Teremtés hetét”.

Miért és mitől kell védeni a természetet?

Tegyük fel magunknak a címben szereplő kérdést! Válaszolhatjuk, hogy például azért kell védeni a természetet, mert veszélyes mértékben csökken a biodiverzitás (ami pedig a fennmaradás záloga). Becslések szerint óránként három faj pusztul ki, közöttük természetesen olyan is, amelyet még meg sem ismertünk. A legijesztőbb ebben az, hogy ennek a kipusztulásnak – legalábbis az emlősök és madarak esetében, az elmúlt évszázadban – 99%-a emberi hatásra következik be! Az is fenyegető körülmény, hogy nem tudjuk: melyiknek a kipusztulása milyen további következményekkel jár! Vagyis arra a kérdésre, hogy mitől kell védeni a Földet, sajnos az a rövid válasz, hogy az embertől! Mértéktelenül kihasználjuk a körülöttünk lévő világot. Kétségtelen, hogy nemcsak objektív szükségleteink ellátása érdekében, hanem szubjektív – és lényegében kielégíthetetlen – vágyaink kielégítése érdekében is.

Az élővilág kizsákmányolásának, sőt pusztításának messze a legfontosabb tényezője az, hogy – ilyen-olyan okokból – elfoglaljuk vagy megváltoztatjuk az élőhelyeket (szántóföldnek használjuk a hajdani erdőt, házat és utat építünk a mezőre, lecsapoljuk az ártérrel a vizet, kiirtjuk a mangrovét stb.). Ez ellen némely faj úgy védekezik, hogy beköltözik az ember által alkotott terekre (például városokba), és ott keresi meg az életlehetőségeit (például nálunk és napjainkban a nyest vagy a szarka). Ez a megoldás azonban kivételes, csak egyes fajok számára lehetőség.

Vegyük számba példákon keresztül, hogy milyen formákban **teszünk kárt a természetben!**

- A legáltalánosabb probléma az, hogy az ember a **terjeszkedésével** elveszi a növények és az állatok élőhelyét. Felszántjuk a rétet, kivágjuk az erdőt, lebetonozzuk (utak, házak, gyárak stb. építésével) a talajt, és ezzel megszüntetjük ott élő lények létfeltételeit. Az erdőirtással kapcsolatos adat, hogy az Alföld erdősültsége a honfoglalás korában még 66% körül volt, ma pedig csak kb. 20%.
- Azzal is elveszük fajok élőhelyét, hogy gazdasági célokból más növényeket vagy állatokat **telepítünk a helyükre**. Például a szarvasmarha-legelő kialakítása céljából kivágunk egy őserdő-területet, vagy a kukoricatermesztés érdekében felszántjuk, tehát megszüntetjük az eredeti gyept.
- Az óceánok **túlhalászása** is óriási károkat és veszélyeket rejt magában. Becslések szerint az Atlanti-óceán 47%, a Balti-tenger 70%, a Földközi-tenger 80%-ban túlhalászott állapotban van. Sok halfaj (és más fajok) lehalászása olyan mértékű, hogy fennáll a veszélye a populáció összeomlásának és a faj eltűnésének az adott területről (vagy talán a Földről). A gazdaságilag jelentős halak (például a tőkehal) 35%-a végveszélyben van.
- Gazdasági okai vannak hegyek **lebányászásának** is. Például a Naszály számottevő része eltűnt már a cementgyárak kemencéiben, a gyönyörű – kultúrtörténetileg is értékes – romániai Verespatak pedig áldozatul eshet a kanadai tulajdonú aranyüzemeknek.
- Egyes állatfajok **luxusigények** vagy (tév)hitek miatt kerültek veszélybe. Például az „elefántcsontpiac” megrendelésére az afrikai elefántok száma 100 év alatt kb. a tizedére csökkent. Az orrszarvúk az orvvadászok áldozatául esnek, mert tülkének a porát afrodiziákumnak (azaz szexuális vágyat fokozó szernek) hiszik. Medvék szenvednek ketrecbe zárva, májukban kanüllel, mert a kínaiak csodagyógyszernek tartják az epét.
- A **divat, a szórakozási és a sport igények** is veszélyesek lehetnek állat- és növényfajokra. A darut például kegyetlenül vadászták a kalap mellé tűzendő darutoll divatja miatt. Az amerikai vándorgalamb hajdan milliós csapatokban vonult, de sportvadászata olyan „sikeres” volt, hogy 1899-ben lelőtték az utolsó egyedet is. A golfpályák elkerülhetetlenül ökológiai sivatagok, ugyanis ott semmiféle más élőlénynek „nincs helye”, csak egy meghatározott fűfélének. A sítályák alatti talajok is komoly

veszélyben vannak a hóágyúk miatt, ugyanis a természeteshez képest többszörös a víz-terhelésük.

- A **turizmus** a gazdag világ egyik leginkább természetterhelő időtöltése. Tengerparti szállodasorok építése miatt ma a mediterrán homokdűnék 50%-a biológiailag halott, eredeti élővilágából csak a legellenállóbb gyomnövények maradtak meg.

A természettel kapcsolatos szemléletmódunk

Az ember felsőbbrendűsége „tudatában” sajnos igen gyakran agresszív a természettel szemben, és ott is erőszakot tesz rajta, ahol nem szükséges. Melyek e „felsőbbrendűség” árulkodó kifejezési formái? Például amikor először járt európai ember a Kibon vagy az Északi-sarkon, minden újság beszámolt a *meghódításukról*. Fogalmazhattak volna úgy is, hogy *tiszteletteljes látogatás, sőt személyes hódolat* a Kibon, és nem úgy, mintha legyőzendő ellenség lenne (legfeljebb önmagát győzte le a felfedező, nem a hegyet). Büszke írások szóltak és szólnak arról, hogy az ember igába fogta a természet erőit, pedig „csak” arról van szó, hogy **felhasználjuk valamire a természeti energiákat**. A Tiszát is *szabályozták* a Vásárhelyi-terv szerint, pedig csak (részlegesen) *kiegyenesítették*. Ez a fogalmazás is úgy szól, mintha addig a Tisza szabálytalan lett volna, pedig lényegében éppenséggel addig volt szabályos, mármint a természet szabályainak megfelelő. Ezek a szavak arról árulkodnak, hogy amit teszünk a természetben, a természettel, azt a természetet lenézve – valamiféle emberi felsőbbrendűségi érzéssel – tesszük. A „keresztény Európa” azt megtanulta a Bibliából, hogy „hajtsátok uralmatok alá” a Földet (*I. Móz 1,28*), de azt sajnos nem, hogy „műveljétek és őrizzétek” (*I. Móz 2,15*).

Különösen érdekes a természethez való viszonyunkban, hogy akik kivágynak a természetbe és vesznek maguknak egy hétvégi telket, azok közül nagyon sokan ott szinte az utolsó fűszálig mindent átalakítanak, vagyis mesterségesé – emberi alkotássá – teszik a helyet. Mintha kevesellnék a természet „önként nyújtott” szépségeit, és meg akarják toldani azokat a saját elképzeléseikkel. A természetes lét emberi elképzeléseknek és úgymond esztétikai igényeknek való durva alávetése az is, ahogyan például a „francia parkokban” szobrokat formálnak a fákból és bokrokból, vagy ahogyan a budapesti Deák téren drót-kockákba zárják a fák koronáját, és ami kilóg, azt levágják. Vagy gondoljunk csak arra, ahogyan sok kutyaajtának természetidegen formára nyírják a szőrét (vagy esetenként akár a farkát és fülét is).

Tanulságos megnézni, hogy mit mond a tojásokon lévő pecsét. Minden vásárolható tojásnál kell legyen egy pecsét; ennek az első karaktere egy szám, amely a tojást tojó tyúk tartási körülményeit jelzi.

- 0 – biotojás, ökológiai tartásból
- 1 – szabadtartás, kifutós tartási rendszerből
- 2 – alternatív vagy mélyalmos tartási mód

Az átlagos vevő gyakorlatilag nem találkozik 0-kódos tojással, az esetek döntő többségében 3-as jelű tojással találkozunk az üzletekben. A ketreces tartás úgy történik, hogy a tyúkok egy óriási drótketrec-hálózatban vannak, egymás mellett és alatt-fölött lévő „lyukakban”. Ebben a ketrecben töltik az életüket, szabad eget soha sem látnak, és a nagy zsúfoltság miatt folyamatos stresszhatás éri őket. Gyakorlatilag tojógépeket csinálnak ezekből az állatokból: csak esznek az előttük elhaladó szállítószalagról és tojják a tojásokat. Annak érdekében, hogy meg ne sértsék egymást a zsúfoltság miatt, sok helyen levágják a csőrük végét. Vagyis egyértelmű, hogy nem állathoz méltó életkörülmények közé kényszerítjük ezeket a lényeket.

A környezetvédő gondolkodás és a természetismeret tananyaga

A **környezetvédő, Föld-védő életmód** alapvetően attól függ, hogy ki milyen értékeket követ. A kulcs-szavak: mértékletesség, előrelátás, a szépség meglátása a természetben és a kicsiben. Ennek az **értékrendszernek** az elsajátításában nem annyira a tananyag tartalma, hanem a pedagógus személyisége a meghatározó. Az a legfontosabb, hogy a tanuló meglássa, megérezze, hogy a tanára mit tart fontosnak, esetleg még úgy is, ha kiderül, hogy a körülmények vagy emberi gyengeség miatt a tanár sem tudja mindig követni azokat az értékeket, amelyeket pedig fontosnak gondol. Ez a **példamutatás** valamennyire meg is tervezhető. Nem olyan értelemben, hogy minden adódó alkalommal „levonjuk a környezetvédő tanulságot”, hanem úgy, hogy tudatosan betervezzük azokat a témákat, amelyek lehetőséget kínálnak a környezetvédő szemlélet erősítésére. A megtervezés alatt csak annyit értünk, hogy a témakör végiggondolásakor ne feledkezzünk meg a lehetséges környezeti vonzatokról. Nézzünk mutatóban néhány konkrét példát (6.3. táblázat)!

Témakör	Környezeti vonzat
Energia	Csak a fel nem használt energia környezetbarát!
Vízi élővilág	Sok halfaj a kipusztulás szélén áll a túlhalászás miatt.
Rovarok	Szúnyogirtáskor más rovarok is pusztulhatnak.
Táplálkozás	Szükségesebnél többet enni nemcsak egészségtelen, környezetterhelő is.
Szántóföld	Ahol csak pl. kukorica van, az ökológiailag természetellenes.

6.3. táblázat. Példák a környezetvédő szemlélet erősítésére (Victor A.)

A **mértékletesség** kérdése életünk szinte minden területén előjön. Az evésben, a játékban, a vásárlásban stb. Minden tevékenységünk anyagok és energiák fogyasztását igényli, ezért ha minden döntésünkben okosan mérlegelünk, akkor gyakorlatilag biztos, hogy összességében kevésbé fogjuk terhelni a környezetet. Ez a téma a természetismeret tanításában lépten-nyomon előkerül, hiszen végig anyagok (ideértve az élettelen természet anyagait és az élőlényeket is!) valamely célra való felhasználásáról van szó. Az energiafogyasztással kapcsolatban érdemes rávilágítani arra, hogy valamilyen formában minden energia-„termelés” terheli a környezetet; csak a mértékük különbözik. A környezetbarátnak számító

napenergia a napelemek gyártása közben, a vízi energia a folyók életébe a gátak építésével való durva beavatkozással, a szélenergia a madarakat veszélyeztető szélkerekekkel árt a természeti környezetnek. Ezért – bár az sem mindegy, hogy melyik energiatermelő folyamatra alapozzuk az életünket – a legfontosabb kérdés az, hogy mennyi energiát használunk hűtésre-fűtésre (a háztartási energiafogyasztásnak ez a legnagyobb szelete!), hőtakarékosan szellőztetünk-e, spórolunk-e a világítással, terepjárával közlekedünk-e ott is, ahol a bicikli is megtenné, folyton messzi tájakra megyünk-e nyaralni.

„**A kicsi szép**” jelmondat értelmét leginkább talán azáltal fogadhatják el a gyerekek, ha látják a felnőtten, hogy őszintén rá tud csodálkozni egy kavics, egy vadvirág, egy fűszálon csillogó harmatcsepp szépségére. Ha látják rajta, hogy nemcsak a különleges, egzotikus természeti dolgokat értékeli, hanem a mindennapi, hazai, kicsi dolgokat is. A „kicsi” szép elve nem a „nagy” ellen van, hanem a „feltétlenül nagy” ellen. Nyilvánvaló, hogy nagy gyönyörűség meglátogatni az Etnát, a Grand Canyont, a grönlandi gejzíreket és más világgraszoló természeti csodát. Csak közben nyitva maradjon a szemünk és szívünk a mindennapi csodákra, az itthoni (persze kevésbé világgraszoló) szépségekre; a Balaton-felvidéki települések utcaképeire, a somogyi dombok ritmusára, a Szigetköz zugaira vagy akár csak egy szarka szárnyának irizálására.

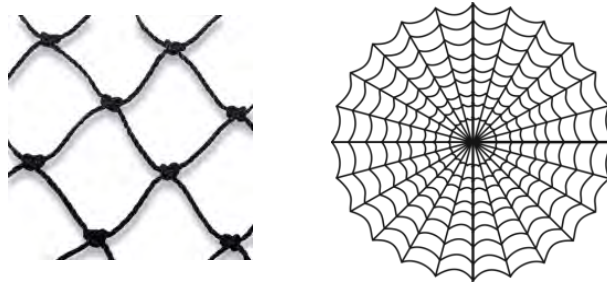
6.3.2. A hálózatok világa

A rendszer-szemlélet (ökologikus vagy környezeti gondolkodásmód) kapcsán meg kell említenünk a **hálózatokban való gondolkodást**. A természetben ugyanis – és az emberi társadalomban is – rengeteg **hálózat** van. Az emberek az ismerőseikkel egyfajta hálózatot alkotnak, a közlekedés hálózatban folyik, az internet szintén hálózat, a kommunikáció egyre nagyobb hányada mobiltelefon hálózatokon bonyolódik le, kb. 30 ezer génünk is bonyolult hálózat része. A gének ezerféle kapcsolata összességében olyan komplex hálózatot alkot, amelyben a lehetséges variációk száma elképesztően nagy. A génjeinket most már ismerjük, a hálózatukat viszont még csak kevésbé. Erről ír *Barabási-Albert László* Behálózva című könyvében: „Most már ismerjük néhány fontos élőlény – az *Escherichia coli* baktériumtól az emberig – teljes génállományának felépítését. De még csak a kezdeténél tartunk egy másik hasonlóan forradalmi kalandnak: hogy feltárjuk a géneknek a sejt működésében játszott szerepét. Ahhoz, hogy ezt elérjük, szükség van egy második genomprojektre, amely ezúttal a sejten belüli hálózatot térképezi fel. Rendelkezzünk „az élet könyvével”; most már az élet térképére van szükségünk.”

Hálózattípusok a világban

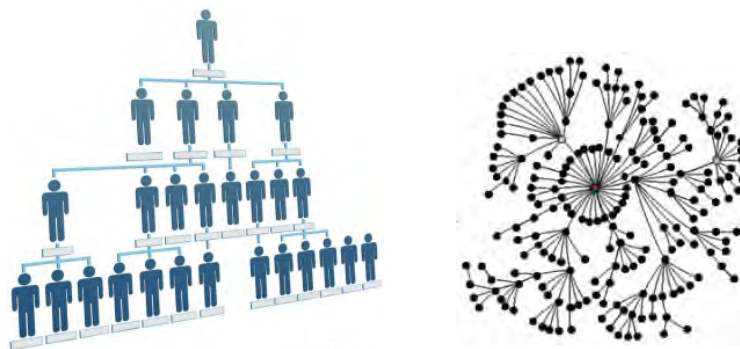
Mostanában kezdjük csak tanulmányozni és megérteni azt, hogy miféle hálózatok léteznek egyáltalán, és azok hogyan, miféle törvényszerűségek szerint működnek. A sokféle hálózat közül nézzük most meg három alaptípust!

1. Az **egyszerű vagy elosztott hálózat** olyan, mint a halászháló, benne minden szem azonos módon kapcsolódik a szomszédaihoz. Ennek változata a pókháló, amelynek ugyan van valamiféle geometriai közepe, de a háló szemei (a fonalak kapcsolódási pontjai) ugyanúgy egyenrangúak, mint a halászhálóa (6.13. ábra).



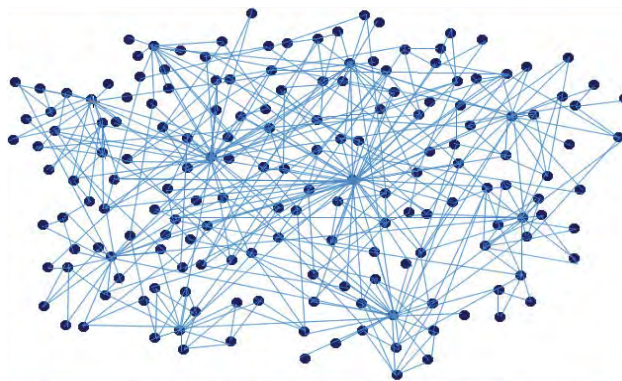
6.13. ábra. Az egyszerű hálózati szerkezetek

2. A **központos hálózatban** van egy központ, ahhoz kapcsolódnak alközpontok, azokhoz alközpontok és így tovább (6.14. ábra).



6.14. ábra. Központos hálózati szerkezetek

3. Ma már tudjuk (többek között éppen *Barabási* kutatásai nyomán), hogy a természetben és a társadalomban működő (és folyamatosan alakuló) hálózatok nagy része egészen más logikájú. Ezek a természetes hálózatok – új névvel – **skálafüggetlen hálózatok**, amely elnevezés arra utal, hogy a hálózat szemei „rangjukat” tekintve nem illeszthetők semmiféle skálára. Vannak kiemelkedő fontosságú skálapontok, vannak kisebbek, és vannak egészen marginálisak is (6.15. ábra).



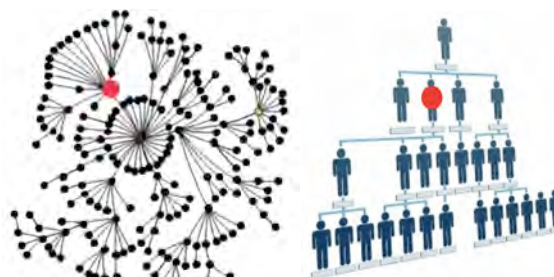
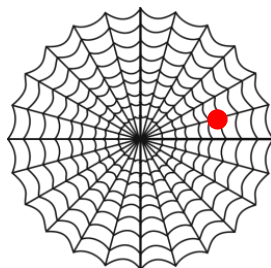
6.15. ábra. A skálafüggetlen hálózat szerkezete

Az egyes hálózattípusok sérülékenysége

Nagyon fontos kérdés, hogy melyik hálózat mennyire sérülékeny, azaz hogyan viseli el egy-egy láncszem kiesését (sérülését). Az egyszerű hálónak előnye, hogy alig sérül, ha valahol elszakad (6.16. ábra). Ha egy halászháló valamelyik szeme hiányzik, akkor ott a nagyobb lyukon néhány hal esetleg ki tud szökni, ez azonban a teljes halfogásnak csak kis töredéke. A háló így is ellátja feladatát. Ugyanakkor a természeti világban létező komplex rendszereknek (a sejtek kapcsolatainak, az idegrendszernek vagy egy táplálék-hálózatnak) nem lehet a sablonja, mert ahhoz túlságosan alacsony az egy csomópont által alkotható kapcsolatok száma, vagyis kicsi a háló komplexitása. A központos háló károsodásának mértéke attól függ, hogy milyen szintű központ sérült. Szélsőséges esetben az egész hálózat működésképtelenné válik egyetlen láncszem kiesésétől (6.17. ábra). Egy hadseregben minél magasabb beosztású katona „esik ki”, annál nagyobb a zavar. Egy középkori csatában a király halála akár a teljes vereséget is jelenthette. Vagyis egyetlen láncszem kiesése a teljes hálózat szétesését okozta. Ez a hálótípus tehát lehet ugyan magas szinten komplex, viszont nagyon sérülékeny, ezért korlátozottan alkalmas csak ökológiai rendszerek számára.



6.16. ábra. Az egyszerű hálózat sérülései

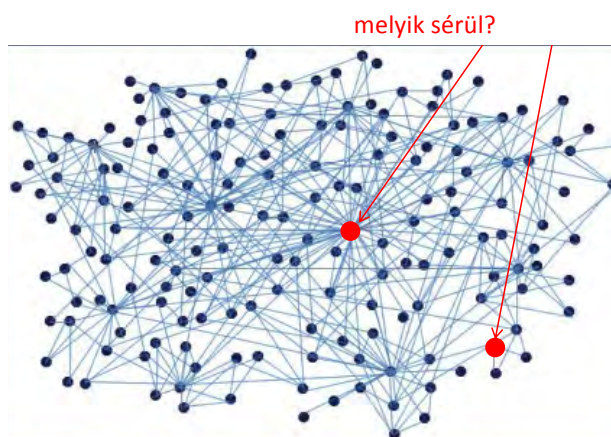


6.17. ábra. A központos hálózat sérülései

A skálafüggetlen hálózatok sérülésének mértéke attól függ, hogy sok vagy kevés kapcsolata volt-e a kiesett hálózatszemnek. Véletlenszerű „támadás” esetén kicsi az esélye annak, hogy a hálózat súlyosan sérül. Ha azonban a háló szerkezetét pontosan ismerő „hacker” olyan csomópontot támad, amelynek nagyon sok kapcsolata van, akkor a háló komolyan sérül. Ugyanakkor még egy viszonylag súlyos sérülés sem jelenti a hálózat teljes szétesését,

ellehetetlenülését (6.18. ábra). Ebben az értelemben tehát a skálafüggetlen hálózatok nyújtják a legnagyobb valószínűségű garanciát a rendszer túlélésére, ez a hálótípus jelenti a legnagyobb mértékű rezilienciát (helyreálló képességet). Nem véletlen tehát, hogy az evolúció során lassan kifejlődő hálózatok – táplálékláncok, falkán belüli együttműködések stb. – nagyrészt ilyenek, továbbá a társadalomban alulról jövő, spontán alakuló hálózatok – például a Facebook hálózat vagy általában az internet világa – is ebbe a típusba tartozik.

Befejezésül ismét *Barabási* gondolatait idézzük: „Miközben a huszadik századot a fizika évszázadának láttuk, a huszonegyedik századról gyakran azt jósolják, hogy a biológia évszázada lesz. Egy évtizeddel ezelőtt kísértésbe eshattunk volna, hogy a gének századának nevezzük. Kevés ember merné most ezt mondani az új évszázadról, amelybe éppen átléptünk. Valószínűleg a komplexitás százada lesz. És a biológiai hálózatok évszázada is. Ha létezik olyan terület, amelyben a hálózati gondolkodás forradalmat idézhet elő, azt hiszem, az a biológia.”



6.18. ábra. A skálafüggetlen hálózat sérülései

A hálózatok tanítása a természetismeretben

A hálózatosság tanításához két játékot ajánlunk. Az első a „minden mindennel összefügg” gondolatot szemlélteti, a másik pedig azt, hogy a természeti (skálafüggetlen) hálózatok viselkedése milyen nagymértékben függ attól, hogy melyik láncszem helyzetét változtatjuk meg.

Gubanc-játék

- A gyerekek kapnak egy-egy papírtáblácskát, amelyet a nyakukba akasztanak. Mindegyikre egy erdő életének más-más tényezője van (nagy betűkkel!) felírva (pl. talaj, napsugár, eső, fa, harkály, gomba stb.).
- Körbe állnak úgy, hogy mindenki elolvashassa a többiek nyakában lévő táblácskát.
- A pedagógus egy spárga-gombolyagot ad valamelyik (pl. a fa) játékos kezébe azzal a megjegyzéssel, hogy a játék végéig erősen fogja a madzag végét, de dobja a gombolyagot valakinek a körben, akivel kapcsolata van, s ezt a kapcsolatot mondja is ki hangosan. (Pl. a harkálynak dobja, s elmondja, hogy „dobom a harkálynak, mert odút készít bennem”).
- A második játékos egyrészt megmarkolja és feszesen tartja a madzagot, és dobja a gombolyagot egy további játékosnak (természetesen megfogalmazva a közöttük lévő kapcsolatot).

- Ha már mindenki fogja a madzagot (esetleg néhányan már többszörösen is), akkor a játékvezető arra kéri valamelyik játékost, hogy üljön le vagy lépjen hátra két lépést. (A spárgát persze mindenkinek továbbra is feszesen kell tartania.)
- Végül megbeszéljük a tanulságokat egyrészt a kapcsolatok sokrétűségéről, másrészt arról, hogy egy ilyen hálózat valószínűleg mindenestül megváltozik kisebb-nagyobb mértékben, ha akár csak egyetlen láncszemével történik valami.

Háromszög-játék

- Ez a játék akkor működik jól, ha viszonylag sok – húsznál több – gyerek van együtt. A gyerekek körbe állnak, és az a feladatuk, hogy titokban (úgy, hogy a másik gyerek ezt ne vegye észre) kiválasztanak a társaik közül kettőt.
- Ezután az a feladat, hogy helyezkedjenek el úgy a (kellően nagy) területen, hogy egyforma távolságban legyenek a két „kiválasztott” társuktól (akik továbbra sem tudhatják, hogy ők valakinek a kiválasztottjai-e). [Nagy nyüzsgés lesz, hiszen ha egy ember arrébb megy, hogy megfeleljen a feladatnak, akkor szinte biztos, hogy másoknak is mozdulniuk kell. De előbb-utóbb ki fog alakulni a rendszer.]
- A játékvezető ekkor kiválaszt egyet a játékosok közül, és őt néhány méterrel arrébb vezeti.
- A következő fordulóban ő nem mozdulhat onnan, ahova a játékvezető vitte, de a többieknek megint teljesíteniük kell az eredeti feladatot (hogy t.i. a két „kiválasztott” társuktól egyforma távolságban legyenek).
- Zárásként megbeszéljük a tapasztalatokat, közöttük azt is, hogy mitől függött, hogy amikor a játékvezető egy tanulót arrébb vitt, akkor utána nagy (vagy éppen viszonylag kicsi) volt-e az újabb nyüzsgés.

Ez a játék tehát a természeti (skálafüggetlen) hálózatoknak arra a sajátosságára hívja fel a figyelmet, hogy egy ilyen hálózatban egyáltalán nem mindegy, hogy melyik csomópont helyzetében történt külső beavatkozás révén változás.

6.3.3. A fenntarthatóság szemlélete

A **fenntarthatóság** fogalma viszonylag új, ezért még nagyon sok értelmezési probléma van körülötte. Maga a szó (sokak szerint nem szerencsésen megválasztott szó) azt fejezi ki, hogy egy folyamat (például az ipari termelésünk vagy akár az egész életünk) évszázadokig vagy még tovább folytatható. Azt jelenti, hogy valami – persze kisebb-nagyobb változásokkal, de – nemcsak ideig-óráig működhet, hanem nagyon sokáig, mert maga a folyamat és annak környezete is olyan marad, hogy ezt lehetővé teszi. A hivatalos meghatározás szerint az az életforma fenntartható, amely nem csökkenti a következő generációk életlehetőségeit, nem akadályozza őket abban, hogy ugyanolyan teljes életet éljenek, mint mi most.

Ez a mi mostani (európai, a „fejlett” világra jellemző) életformánkra sajnos nem mondható el. Sok-sok tényező közül most csak egyet említünk, ez pedig a kőolaj-földgáz kérdése. A mi mai civilizációnk olyan szélsőséges mértékben függ a kőolajtól (földgáztól) és azok származékaitól (például a benzintől, a kerozintól, a gázolajtól), hogy ha politikai csetepaté miatt leáll egy olajkút, vagy elzárnak egy szénhidrogén-vezeték, akkor ebbe „beleremeg” az egész világ gazdasága még akkor is, ha ez a kút mindössze 2%-át adta a világ teljes termelésének vagy a szénhidrogén-kereskedelmi forgalmának. Működésképtelen a fejlett világ élete, ha nem állandó a kőolajellátás. Mivel azonban a kőolaj- és földgáz-források

előbb-utóbb kimerülnek, nyilvánvaló, hogy unokáink, dédunokáink nemzedékének számottevően csökkennek a lehetőségei. Ami a mi „gazdagságunkat” és jólétünket biztosítja, az nekik már nem (vagy csak korlátozottan) fog rendelkezésre állni.

A fenntarthatóság gondolatának tehát az a magva, hogy minden cselekedetünkben, minden választásunkban, minden döntésünkben figyelembe kell vennünk a következő – még akár meg sem született – generációk szempontjait, érdekeit. Ez pedig azt követeli meg, hogy a Földet – annak élő és élettelen rendszereit – „működőképes” állapotban kell hagynunk illetve tartanunk. Szelídebben, kíméletesebben – mértékletesebben! – kellene bánnunk a Föld erőforrásaival, megőrizve azokat az utódaink számára. A fenntartható élet szemléletmódjára való nevelésnek egyetlen módszere van, a **személyes hitelesség**.

Hallgatói kérdések és feladatok

1. Keressen természetvédő szervezeteket jelző logókat! Értelmezze azok tartalmi és pszichológiai oldalát!
2. Értelmezze a „Föld-úrhajó” kifejezést! Kifejezi-e a lényegét? Indokolja a választát! Van-e hátrányos oldala, és ha igen, mi az?
3. Keressen példákat saját lakóhelyén arra, hogy egy növény- vagy állatfaj eltűnésének az élőhely elvétele az oka!
4. Értelmezze az okait és következményeit annak, hogy ma a Földön az emberi faj után tömeg (kg) alapján számítva szarvasmarhából van legtöbb!
5. Keressen művészeti alkotásokat, amelyek azt sugallják, hogy az ember magasabb rendű az állatoknál!
6. Értelmezze a mértékletesség és a jó dolgokról való fájdalmas lemondás közötti különbséget!
7. Magyarázza el, hogy a pókhálót miért nem a központos hálótípusba soroljuk!
8. Egy csimpánzcsapatban az egyedek közötti kapcsolatoknak elég erős központos hálójellege van. Mik ennek a következményei?
9. Hogyan változik egy több évszázados őserdőben egyik évről a másikra a biomassa, és hogyan az egyes fajok mennyisége?

A fejezetben felhasznált és ajánlott irodalom

1. *Albert J. – Varga A. (szerk., 2004):* Lépések az ökoiskola felé, Országos Közoktatási Intézet, Budapest, pp. 11–54.
2. *Barabási A.-L. (2010):* Villanások. Libri Könyvkiadó, Budapest, 336 p.
3. *Barabási A.-L. (2013):* Behálózva. Helikon Kiadó Kft., Budapest, 320 p.
4. *Csányi V. (2007):* Az emberi viselkedés. Sanoma Budapest Kiadó Rt., Budapest, 392 p.
5. *Demeter Z. – Gondos G. – Honti Sz. (szerk., 2003):* Gondolatok a fenntartható fejlődésről. Zöld Akció Egyesület, Miskolc
6. *Goleman, D. (2009):* Zöld út a jövőbe. Nyitott Könyvműhely Kiadó Bt., Budapest, 240 p.
7. *Gore, A. (1993):* Mérlegen a Föld. Föld Napja Alapítvány, Budapest, 419 p.
8. *Gore, A. (2006):* Kellemetlen igazság. Göncöl Kiadó, Budapest, 328 p.
9. *Heinrich, D. – Hergt, M. (1994):* Ökológia. SH atlasz. Springer-Hungarica 214 p.
10. *Kiss F. – Webster, K. (szerk., 2001):* A környezet védelmétől a fenntarthatóság felé. Bessenyei Kiadó, Nyíregyháza, 213 p.
11. *Koestler, A. (2007):* Alvajárók. Európa Könyvkiadó, Budapest, 864 p.
12. *Lányi A. (szerk., 2000):* Természet és szabadság. Osiris Kiadó, Budapest, 283 p.
13. *László E. (2002):* Meg tudod változtatni a világot. Magyar Könyvklub, Budapest, 111 p.
14. *László E. (2009):* Új világkép. Nyitott Könyvműhely Kiadó Bt., Budapest, 160 p.
15. *Liedloff, J. (2010):* Az elveszett boldogság nyomában. Kétezerégy Kiadó, Piliscsaba, 196 p.
16. *Lükő I. (2003):* Környezetpedagógia. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 251 p.
17. *Margulis, L. (2000):* Az együttélés bolygója. Vince Kiadó, Budapest, 156 p.
18. *Nánási I. (szerk., 2005):* Humánökológia. Medicina Könyvkiadó, Budapest, 543 p.
19. *Peccei, A. (1984):* Kezünkben a jövő. Gondolat Kiadó, Budapest, 191 p.
20. *Schmuck E. (szerk., 2010):* Jövőkereső. Nemzeti Fenntartható Fejlődési Tanács,
21. *Tillmann, J. A. (1994, 2004):* A későújkor józansága I-II. Göncöl Kiadó, Budapest, 213 p., 235 p.
22. *Varga É. (szerk., 2010):* Hétköznapi kalauz. Föld Napja Alapítvány, Budapest, 408 p.
23. *Zsolnai L. (2001):* Ökológia, gazdaság, etika. Helikon Kiadó, Budapest, 165 p.

7. fejezet

A természetismereti tudásszerzés didaktikai háttere



7.1. Alkalmazkodás az életkori sajátosságokhoz a természetismeret tanítása során

Írta: dr. Victor András

Kulcsszavak: életkor, fejlődéslélektani szakaszok, jellemző sajátosság, egyéni eltérés, felfelé figyelő pedagógia

7.1.1. A felfelé tekintő pedagógiai látásmód

Mindennapi tapasztalat – s nemcsak az iskolában, hanem otthon is és általában mindenhol –, hogy másképp érdemes foglalkozni egy kisgyerekkel, mint egy kamasszal vagy egy fiatalemberrel. Egy másokra figyelő ember akaratlanul is igazodik ahhoz, akivel szemben áll. Azonban – ahogy más mesterség is – a pedagógiai mesterség is tanulható valamelyest; és ez a tanulás abból is állhat, hogy némi segítséggel fölfedezzük azt, amit magunktól nem sikerült fölfedezni; és állhat abból is, hogy a tudatosság szintjébe emeljük azt az ismeretünket, ami addig csak spontán és esetleg öntudatlan volt. Ezért tehát fontos lehet megfogalmazni és rendszerbe foglalni, hogy mik is az egyes életkorok sajátosságai, s hogy azokhoz hogyan érdemes viszonyulni a természetismeret tanítása során. Fontos azonban tudatosítanunk magunkban azt is, hogy az életkori sajátosságok nagyon bonyolult (kölcson)hatásrendszer eredői, amely hatások között a biológiai alapok mellett külső (társadalmi-kulturális) hatások is szerepet játszanak.

Hazánkban a családi és az iskolai nevelési felfogás is túlzottan a listázható (sőt: mérhető!) követelmények teljesítését helyezi a központba. Ez az alapállás pedig azzal a következménnyel jár, hogy elbillen a tanulási folyamatokban a mérleg: az ismeretek dominálnak, és háttérbe szorul a kompetenciák fejlesztéséhez szükséges másik két terület: az alkalmazási készségek fejlesztése és az értékrendszer erősítése. A természetismeret szempontjából ez a helyzet különösen hátrányos, hiszen a természet egységként való tanulmányozásában legalább annyira fontos a komplex megismeréshez szükséges kompetenciák fejlesztése, mint a konkrét tények ismerete.

A fenti pedagógiai paradigma következménye, hogy a pedagógusok gyakran túl nagy hangsúlyt fektetnek a kimeneti követelményekre (eredményre), és a növendékkel szemben olyan elvárásokat erőltetnek, amelyek csak a felnőttekkel – vagy legalábbis egy későbbi fejlődési szakasszal – szemben volnának jogosak. Például olyan gondolkodás- és tevékenységrendszerre készítenek a gyermekeket, amely nem a saját fejlődéslélektani állapotuknak felel meg, hanem egy majdaninak. Abból indulnak ki (egyébként nemes szándékkal), hogy célszerű már gyermekkorban szorgalmazni a felnőttekre jellemző

viselkedést – hogy úgymond „legyen elég idő gyakorolni”. Pedig éppenséggel a gyermeki viselkedésformák egészséges „kiélése” vezet a felnőttiséghez. Ez a **felfelé figyelő pedagógia – rejtett tantervi hatásként** – szülő és pedagógus közös „játzmája”, amelyben alárendelődnék a fejlődéslélektani szempontok. Nem állítjuk, hogy ez a probléma a természetismeret tanításának sajátja lenne, de természetesen ott is jelentkezik.

A fejlődéslélektani szakaszokkal kapcsolatban ma is folyó vita, hogy vajon mennyiben szakaszos és mennyire folytonos az ember pszichés fejlődése. A helyes válasz erre a kérdésre feltehetően az, hogy mindkettő. Az újszülött felnőtté (és időssé) **érése** olyan **folyamat**, amely – minden folytonossága ellenére – mégiscsak mutat bizonyos szakaszjellegeket. Kétségbe vonhatatlan például, hogy a kisgyermekkorból a serdülőkorba lépés az egész személyiség jellegzetes megváltozásával jár együtt. A természetismeret tanítása szempontjából **három fejlődéslélektani szakaszra** kell figyelnünk: a kisiskoláskorra (a 6–11 évesek), a kiskamaszkorra (prepubertásra, a 10–13 évesek) és a kamaszkorra (pubertásra, a 12–16 évesek).

7.1.2. Az életkori szakaszok sajátosságai

A kisiskolás korú gyermekek

Előrebocsátjuk, hogy – mivel a szakaszok határai elmosódnak – a kisiskolások korosztállyal kapcsolatban leírtak közül sok gondolat és sok módszer a kiskamaszokra is érvényes lehet, de ezeket ott értelemszerűen nem ismételjük meg.

Nem sokan, de azért lehetnek olyan gyerekek 5. osztályban, akik még alapvetően a **kisiskolás korosztályba** sorolhatók. Figyelembe véve azt, hogy a fejlődés mozaikos jellegű – vagyis pszichés funkcióink nem feltétlenül „együtt” fejlődnek, s különösen nem együtt a mentális képességekkel –, bizonyos szempontokból sok tanulónak lehetnek még kisiskolás vonásai. A természetismeret tanítása szempontjából elsődleges fontosságú, hogy a gyerekek ingergazdag körülmények között nőjenek fel, és hogy ezen keresztül kialakuljon bennük a világ érdekességére, sokféleségére és szépségére való fogékonyság.

A kisiskolás eleinte még ugyanúgy utánozva tanul, mint a kisgyermek. Például úgy viselkedik az erdőben – és általában az élőlényekkel kapcsolatban –, ahogyan a felnőttek (többek között a tanárai). Mire 5. osztályos lesz, addigra azonban már valószínűleg nem is kisiskolás, hanem kiskamasz, és kezd áttérni a külső minták szerinti viselkedésről saját belső mintáinak kialakítására és követésére. Erre azért fontos odafigyelni, mert (nagyrészt) a pedagógusokon múlik, hogy mifajta gondolkodási és cselekvési minták alakulnak ki benne az élő és élettelen természettel kapcsolatban. Az **ingergazdagság** abban az értelemben is fontos, hogy a természethez való viszonyulás minden rétegét, dimenzióját megéljék a gyerekek. Nézzük,

hogy melyek ezek a dimenziók: hasznos, szép, érdekes, szent (7.1. táblázat). (Megjegyezzük, hogy az alábbi elemzést ugyan a kisiskolásokkal kapcsolatban írjuk, de ugyanilyen fontos ez a többrétegű megközelítés a kiskamaszok, sőt még a kamaszok esetében is!) Fontos, hogy ebben a táblázatban a „szent” nem az európai kereszténység értelmében veendő, hanem abban a jelentésében, ahogyan a hazánk és a becsületünk is szent, s ahogyan például a magyar korona is sokak számára szent.

Hasznos	Szép	Érdekes	Szent
technika	művészet	tudomány	vallás, mítosz
praktikus	emocionális	racionális	transzcendens
felhasználjuk	ábrázoljuk	megismerjük	tiszteljük

7.1. táblázat. Viszonyulásaink a természethez (Victor A. 2015)

Ha például a tanítási órán egy fa vagy egy hegy a téma, akkor ne sajnáljuk az időt arra, hogy mind a négy dimenzióval foglalkozzunk! Mit jelent ez konkrétan? A fának praktikus haszna van, mert esetleg táplál a gyümölcse, a faanyagát sokféle célra hasznosítjuk, és még az árnyéka is hasznos, mert megpihenhetünk alatta. A művészek számára egy fa jelenthet egyszerűen megjeleníthető szépséget, de hordozhat akár szimbolikus jelentéstartalmat is. A tudomány számára a fa elsősorban érdekes, a vizsgálat, kísérlet és ezen keresztül a racionális (értelmi) megismerés tárgya. Végül egy fának lehet olyan „üzenete” is számunkra, amely túlmege bármilyen értelmi-érzelmi viszonyon, mert valami ésszel megmagyarázhatatlan a jelentősége (például azért, mert egy számunkra nagyon fontos személy ez alatt szeretetettel üldögélni, amíg közöttünk volt, vagy azért, mert esetleg valaki úgy véli, hogy egy fadarab abból a gerendából származik, amelyre Krisztust fölfeszítették). Érdekes példa lehet „Az Erdő fohásza” c. közismert írás ilyen többrétegű elemzése. A szabad-verset *Hannes Tuch* német erdész írta még 1927-ben „Bitte des Waldes” [vagyis nem fohász, hanem „csak” kérés] címmel:

Vándor, ki elhaladsz mellettem, ne emelj rám kezet!
Én vagyok tűzhelyed melege hideg téli éjszakákon,
Én vagyok tornácod barátságos fedele,
Melynek árnyékába menekülsz a tűző nap elől,
S gyümölcsöm oltja szomjadat.
Én vagyok a gerenda, amely házadat tartja,
Én vagyok asztalod lapja,
Én vagyok az ágy, amelyben fekszel,
A deszka, amelyből csónakodat építed.
Én vagyok házad ajtaja,
Bölcsőd fája, koporsód fedele.
Vándor, ki elmegy mellettem,
Hallgasd meg kérésemet,
Ne bánts!

A többrétegű elemzés egyik érdekes végeredménye az lehet, hogy – bármilyen szép és lélekre ható a vers, tulajdonképpen a hasznosság keretei között marad. A „hasznos – szép – érdekes – szent” „sorozat” a nem élő természettel (például egy hegygel) kapcsolatban is

végigjárható. Csak röviden utalunk a főbb vonalakra: bányászat, festészet, földrajz, népi hiedelemvilág.

Érdeemes még a **természet szépségét** is alaposan, minden oldalról körüljárni, hiszen sokféle értelme és szintje van ennek a szépségnek is. Nézzük a 7.2. táblázatot! E szépségekre feltétlenül mutassunk be konkrét példákat, és figyeljünk a gyerekek idevágó élményeire, gondolataira is!

Anyag (matéria)	Lény (entitás)		Táj (kompozíció)
	nem élő	élő	
fa	hullám	fa	rét
márvány	kavics	virágos növény	erdő
homok	hópehely	madár	völgy
agyag	sziklaszirt	pillangó	korallszirt
papír	könyv	ember	tengerpart
higany	pohár	ló	tisztás

7.2. táblázat. A természet szépsége (Victor A.)

A kisiskolás korú gyermek – az óvodáshoz hasonlóan – még mindig elsősorban a mesét és a játékot szereti. (Ez egyébként a még részben kisiskolás lelkületű nagyobb gyerekekre is érvényes lehet. Tévedés azt hinni, hogy a prepubertáló gyerekek nem szeretik már a mesét, kinőttek belőle. Persze nem mindegy, hogy miről szól és milyen stílusú az a mese!) Emiatt nem hiányozhat a módszertani eszközök közül a **mese** és a **játék**. Aki még inkább kisgyerek, azt nem igazán érdeklik a tudományos alapelvek, de szívesen hallgatja ugyanazokat az információkat mesés formában. Ebben az életkorban még keveredik a világ megismerésében a játékos és a racionális-értelmi jellegű tevékenység. Ha például a csírázással foglalkozunk, akkor szinte biztos, hogy a gyerekeket egyszerre érdekelheti játékként a csírázás jelensége (mint „csoda”), a tevékenység öröme, ezek mellett azonban már kezdenek érdekelni a csírázás feltételei is. A törvényszerűségek megállapítása és az odavezető oknyomozó vizsgálódás azonban igazán csak majd néhány év múlva lesz a sajátja. Hangsúlyoznunk kell – például a csíráztatással mint tevékenységgel kapcsolatban –, hogy nem arról van szó, hogy egy 10-11 éves gyerek ne értené meg (ha elmagyarázzuk neki), hogy melyek a csírázás feltételei, miért nélkülözhetetlen ehhez a nedvesség, miért nélkülözhető a fény stb. Megérteni képes, de nem ez érdekli. Most nem ez érdekli. Majd fogja. Nem lehetetlen feladat tehát megtanítani egy ötödik osztályos gyereknek, hogy melyek a csírázás feltételei, de nem biztos, hogy erre érdemes fordítani az időt és az energiát. (Ez egy konkrét példa a fent említett „fölfelé figyelő” pedagógiára.)

Kedves tevékenységforma lehet például a növények és állatok megismerése és „**elnevezése**”. A személyes „elnevezés” – vagyis egyfajta játék, hogy ki talál ötletes, az adott faj valamely tulajdonságát jól jellemző (vagy másért érdekes) nevet – is azt szolgálja, hogy ne maradjunk meg a „száraz” tudományos tények megállapításánál és megtanulásánál, hanem adjunk teret

a szubjektivitásnak, a kreativitásnak, a humornak stb. Ez az életkor kifejezetten fontosnak tartja annak demonstrálását, hogy mi mindenhez „ért” már. Például ahhoz, hogy hogyan kell bizonyos eszközöket használni. A természetismeret tanításában ezért ilyenkor nagy szerepet kell kapnia az eszközhasználatnak, a távcső, a nagyító, a mikroszkóp, az iránytű (vagy tájoló) stb. használatának, a megfelelő technikai fogások elsajátításának.

Nagyon fontos, hogy a tanulás ebben a fejlődéslélektani szakaszban amennyire csak lehet, **kapcsolódjon konkrét tevékenységhez**. Vagyis nem elegendő „fejben” tanulni; kézzel is kell. Ezért például egy patak vizének a vizsgálata csak akkor lesz érdekes a gyerekek számára, ha valóságos tevékenységekhez kapcsolódik. Az ilyen korú gyerek „csinálni” akarja, nem „megtanulni”. (Ő a „csináláson” keresztül tanul a leghatékonyabban.) Ebből a tevékenység-orientáltságból, meg a játszás és fogalmi tanulás keveredéséből következik, hogy a kézműveskedés rendkívül hasznos tanulási lehetőség. Például a természeti anyagokból való sajátkezü játék- és díszkészítés, vagy a természet utáni (esetleg akár fantázia alapján történő) rajzolás-festés-gyurmázás. Nem jó, hogy némely pedagógus (cseppentett nevelői jó szándékból és a fent említett nevelési paradigmát követve) „megfejeji” a gyerekek játékát (meséjét), és erőnek erejével ismeretek megtanulásává teszi, azaz rontja a jó játékot.

A kiskamaszok sajátosságai

A **kiskamaszok** már nem utánzással tanulják az életet (és önmagukat). Már nem követik egyértelműen a felnőtt társadalom mintáit, hanem kezdik kialakítani **saját, belső mintáikat**. Ezért – ahogyan ezt már a kisiskolásoknál is említettük – kulcskérdés és a pedagógus személyes felelőssége, hogy a tanulók miféle attitűdöket alakítanak ki a természettel szemben. Ennek a fejlődéslélektani szakasznak a legfontosabb jellemzői: az ellenállhatatlan **versenyezhetnék**, a csillapíthatatlan aktivitás és a szenvedélyes gyűjteménykészítés. Egy bölcs (vagy akárcsak jól felkészült) pedagógus többnyire megtalálja azt a tanulásformát, tevékenységformát, amely illik az adott korcsoportához. Ez a kiskamaszok esetében különösen fontos, mert különben – éppen kifogyhatatlan energiájuk révén – rossz irányba fordulhatnak a dolgok.

Fontos például, hogy ha már mindáron versenyezni akarnak (hol a másikkal, hol önmagukkal, vagy akár az egész világgal), akkor ez a versenyezhetnék jó irányt vegyen. Ne (csak) abban vetélkedjenek, hogy ki tudja elmondani a magyar fociválogatottak összetételét egészen a legendás londoni 6:3-as győzelemig, hanem például abban, hogy ki tanul meg több növénynevet (akár latinul is), ki ismer fel több ásványt, ki tudja több veszélyeztetett faj eszmei értékét. Vagy abban, hogy ki tudja felsorolni a Duna összes mellékfolyóját, ki ismer több helyi kulturális értéket, ki tud jobban tájékozódni a terepen stb. Ha megtaláljuk azt a témát és tevékenységformát, amiben kedvükre versenyezhetnek, akkor „a csillagokat is lehozathatjuk velük az égről”. Ezért ajánlott tevékenységformák ebben az életkorban a **vetélkedők**, a környezet-helyreállítási **akciók**, a **csapatversenyek** stb. Külön jó, ha ezekben a

versenyekben, vetélkedőkben, akciókban fizikai tevékenységet is kell végezni, mert akkor azon a téren is kiélhetik ellenállhatatlan versenyezhetnéküket. Ha a pedagógus nem találja meg a kiskamaszoknak való feladatot, vagy nem tudja azt elfogadtatni velük, akkor a tanulók „haszontalanságokra” pazarolják az energiájukat, a tanár pedig nem bír velük, és negatívumként éli meg az „energia-túltengésüket”.

Ugyanez érvényes a kiskamaszok gyűjtőszenvedélyére is. Vegyük észre, hogy a szenvedélyes gyűjteménykészítés közös töről fakad a versenyzéssel. Hiszen itt is az a motiváció alapja, hogy kinek van nagyobb gyűjteménye, kinek van a leghosszabb bélyegsorozata, kinek van a legkülönlegesebb tárgy a birtokában stb. Vagyis lényegét tekintve versenyzés ez is. A kiskamasz a gyűjtemény készítéséből nagyon sokat tanul. Ez az ő legintenzívebb tanulási formája. Nem szabad azonban elvárunk a **gyűjtés-tanulástól** azt a fajta áttekintést, rendszer-szemléletet, amely az igazi felnőtt-tanulásnak a sajátja. A gyűjtés-tanulás mozaikos szerkezetű, nem az összefüggésekre figyel, nem irányul rendezett ismeretrendszer kialakítására, hanem mindig konkrét tényekre, adatokra, információkra. Arra, hogy tudod-e, hogy mi a norvég pénz neve, milyen színei vannak az brazil zászlónak, hány méter magas a K2 csúcs, mennyi a versenyautók jelenlegi sebességi rekordja stb. A gyűjtés-tanulás tehát klasszikusan a kvíz-játékok kultúrája.

(Zárójelben megjegyezzük, hogy sok felnőtt is szenvedélyesen gyűjti a bélyegeket – vagy bármi mást –, és a kérdésre, hogy nem sajnálja-e rá az időt, azzal védekezik, hogy így sokmindent megtanul. Ebben igaza is van, de egy felnőtt számára már nem a gyűjtemény-készítés a tanulás leghatékonyabb formája. Már csak azért sem, mert – ahogy említettük – ez a kvíz-kultúra világa, nem a világot áttekintő és megértő tudásrendszer, hanem a minél több különálló tényismeret világa. Igazság szerint nem is felnőttek ezek az emberek, hanem nagykorúak, hiszen fejlődéslelektanilag nem váltak felnőtté.)

A gyűjteménykészítés (és az ebben való versenyzés) lendületét is jól fel lehet használni a természetismeret tanítása során. Csak meg kell találni azt a témát – és meg kell teremteni azt a légkört –, amelyben a gyerekek felvállalják a kapott gyűjtési feladatot. Ha ez sikerül, akkor a kiskamaszok – akár nevelői irányítás nélkül is – szívesen készítenek gyűjteményt (persze a híres autóversenyzők arcképei mellett!) a védett fajok képeiből, termésekből, életnyomokból, lehullott levelekből, kavicsokból, kőzetekből is.

A kamaszok sajátosságai

A kamaszkor híresen bonyolult életszakasz. Nem csoda, hiszen átmeneti állapot: a gyerekkornak már vége, de a felnőtttség még odébb van. A kamaszkor az **elszakadás** kora. A kamaszok elszakadnak saját gyermekkoruktól, „elszakadási hadműveleteket” végeznek a szüleikkel és az eddig tisztelt pedagógusokkal szemben. Vagyis a „már-nem és még-nem” bonyolult kuszasága. Fontos azonban tudnunk, hogy ebben a kialakulatlanságban – a maguk

kusza módján – nagyon kemény „szent elvek” is benne vannak. A kamaszok az abszolútumra (a tökéletesre, a véglegesre) vágnak, a kivételek nélküli igazságra, az élet vezérelveinek megtalálására. Éppen ezért fontosak számukra a tiszta törvények. Keresik a természeti és társadalmi törvényeket is. Ők a környezeti szabálysértők legkönyörtelenebb bírái, a természet legelszántabb védői, az igazság legharciasabb bajnokai. Persze erre is érvényes az az általános jellemzőjük, hogy szélsőségekben gondolkodnak és éreznek. A középút keresése nem az ő stílusuk. A kompromisszumok idegenek az ő lelkiviláguktól. Ezért hajlamosak a pozitív szent elvek felől a másik végletbe esni, vagyis abból csinálni „szent elvet”, hogy „tök mindegy”.

Minthogy a kamaszok központi problémája az **énazonosság keresése**, ez az életszakasz is döntő lehet a természethez való viszonyulás és értékrend kialakulása szempontjából. Hiszen most fogalmazzák meg, hogy hol van az ő helyük a világban, azon belül a természetben és az emberi társadalomban. Ekkorra érik meg az időészlelésük is annyira, hogy lehetségessé válik jelen életvitelük hatásait a jövő felől vizsgálni, ez pedig lehetőséget ad arra, hogy megvillantuk előttük a fenntarthatóság gondolkodásmódját, a glóbuszban és az évszázadokban való gondolkodást. Azonban csak „megvillantásról” lehet szó, és nem az ökológikus gondolkodás elsajátításáról. Ennek is a szélsőségekben, abszolútumokban való gondolkodásuk az oka. Ebből a gondolkodásmódból ugyanis – az általános pedagógiai nehézségeken túl – a természethez való viszonyukra nézve is adódik egy buktató: míg az ökológikus gondolkodásmód sokszempontú, dialektikus és rendszerszemléletű, addig a kamaszok gondolkodására éppen az egyszempontúság, a leegyszerűsítő túlzások és az „imádom-utálom” szélsőségei jellemzők. Míg a környezeti gondok megoldása a mérlegelő dialektikát, az is-is szemléletet igényli, a kamaszok sokkal jobban szeretik a kizáró vagy-vagyot. Ez egyértelműen távolítja őket a számukra „következetlen” ökológiai szemlélettől.

Mi tehát a teendő, ha némelyik gyermek már kamaszodik 5-6. osztályban? Ne akarjuk erőnek erejével meggyőzni a mi mérlegelő igazságunkról azt a tanítványunkat, aki egymást kizáró szélsőségekben látja a világot, és „abszolút” kategóriákat (szent elveket) fogalmaz meg! Ez egyrészt úgysem fog sikerülni (legfeljebb látszatra), másrészt az is igaz, hogy a szent elvek megfogalmazása akkor is mérhetetlenül fontos, ha a való életben úgysem lehet azokat hiánytalanul betartani. Fontos, mert megalapozza azt, hogy a kamasz merevségből majd felnőttkorában legyen mit dialektikus, természettudományos, ökológikus gondolkodásmóddá „oldania”.

Ne próbáljuk tehát „rászorítani” a kamaszodó gyerekeket a dialektikus, ökológikus gondolkodásra! Még akkor sem, ha tudjuk, hogy felnőttként majd csak ezzel a gondolkodásmóddal tudnak boldogulni a természet igaz megismerésében. Ne higgyük, hogy jól teszünk azzal, ha az adott fejlődéslélektani állapot jellemzői ellenében minden áron erőltetjük a felnőttkori értékek szerinti viselkedést! (Ez is egy konkrét példa a „fölfelé figyelő” pedagógiára.)

7.1.3. Gondolkodási műveletek 10-12 éves gyerekeknél

Az 5-6. osztályos tanulók egyre inkább a formális műveletek szintjén vannak. Eleinte még erős lehet bennük – főleg a még kisiskolás lelkületűekben – az érzelmi azonosulás, de később fokozatosan megerősödik az **értelmi viszonyulás**.

Ilyenkor már **képesek**

- természeti jelenségek viszonylag pontos megfigyelésére és a tapasztalatok szabatos leírására;
- mérések (hosszúság, súly, időtartam stb.) elvégzésére;
- becslésre (bár erre még nem nagyon támaszkodhatunk);
- ábrák értelmezésére;
- adatsorok, diagramok, grafikonok készítésére és értelmezésére;
- könyvek, lexikonok, térképek használatára;
- ismeretterjesztő előadásokból való tanulásra.

E képességeik nagy lehetőséget nyitnak a természetismeret tanításában, de a fentiek között is vannak olyanok, amelyekben nem nélkülözhetik a pedagógus segítségét, például abban, hogy

- a megfigyelt dolgok leírása megfeleljen az adott tudomány szaknyelvének;
- a becslés indoklással történjen;
- a grafikon tengelyeit sikerüljön értelmezni;
- a könyvekből, az előadásokból (az internetről) származó információkat értően tudja szűrni stb.

Ekkor már képesek

- összehasonlításra, sorba rendezésre, csoportosításra, besorolásra;
- szabályfelismerésre;
- egyszerű vizsgálatok és kísérletek megtervezésére és elvégzésére;
- a kísérletekkel kapcsolatban egyszerű hipotézisek (feltételezések, előrejelzések) felállítására, valamint a hipotézis és a tapasztalat összevetésére;
- szerkezetek, struktúrák, rendszerek megértésére;
- analógiás gondolkodásra, és ennek birtokában modellezésre.

Ennek alapján már foglalkozhatunk

- tárgyak, élőlények, fogalmak rendszerezésével;
- a vizsgálódás és a kísérletezés gondolkodásmódjának közelítő megértésén keresztül a tudományos kutatás világába való bevezetésével;
- a hipotézis-alkotásnak az élet minden területén való fontosságával;
- az összetett rendszerek (egyelőre még nem több-szemponútú) elemzésével;

- fizikai, kémiai, biológiai, természetföldrajzi modellek értelmezésével (és óvatosan az értékelésével).

Ekkor már rendelkeznek

- a „rész-egész”, az „és-vagy”, a „ha-akkor” és az „arányosság” viszony fogalmakkal, illetve gondolkodási készségekkel;
- az analitikus gondolkodás alapjaival;
- a lehetőségek számbavételének gondolkodásmódjával (kombináció);
- kismértékben a valószínű vagy nem valószínű fogalmával.

Ennek alapján lehetővé válik a tudományos következtetés gyakorlása és megértése.

Hallgatói kérdések és feladatok

1. Keressen példákat arra, hogy valamely emberi sajátságnak a fejlődése folyamatos, és arra is, hogy szakaszos!
2. Keressen példákat arra, hogy hányféle viszonyulásunk van a vízhez (hasznos, szép, érdekes, szent)!
3. Állítson össze ötletgyűjteményt arra, hogy egyes természettudományos fogalmakat hogyan lehet játékosan és, vagy tevékenységen keresztül megtanítani!
4. Állítson össze ötletgyűjteményt arra, hogy a gyűjteménykészítés (mint feladat) miféle természettudományos témák tanulásában lehet hasznos!
5. Keressen példákat arra, hogy ökológiai témákban hol van és hol nincs helye a szélsőségekben való (kamaszos) gondolkodásnak!
6. Keressen minden természettudomány területén „rész-egész” viszonyban lévő fogalmakat!
7. Keressen olyan érdekes példákat, amelyeken gyakorolni lehet a hipotézisalkotás és a becslés készségét!
8. Ön milyen tárgyakat gyűjtött a saját gyerekkorában? Hasonlítsa ezt össze azzal, hogy napjainkban mit gyűjtenek a gyerekek! (iskolalátogatási tapasztalatai)

7.2. A természettudományos megismerés

Írta: dr. Victor András – dr. Makádi Mariann

Kulcsszavak: *motiváció, motivációs stratégiák, természettudományos megismerési módszerek, megfigyelés, mindennapi és tudományos megfigyelés, leírás, összehasonlítás, mérés, rendszerezés, szempont-szelekció, vizsgálat, kísérlet, köznyelv és szaknyelv*

7.2.1. A tanulók érdeklődésének megnyerése

A tudáshoz nagyon hosszú és sokféle út vezet, amit a tanárnak és a tanulónak közösen kell végigjárnia. A 10-12 évesektől még nem várható el az olthatatlan tudásvágy, ami ismeretszerzésük hajtóereje lehetne. Így tudatos és kitartó tanári tevékenységgel kell megteremteni a **megismeréshez**, az **ismeretbefogadáshoz** és a **természetről való gondolkodáshoz** szükséges **kedvező pszichológiai feltételeket**. Másképpen fogalmazva: vonzóvá kell tenni számukra a tantárgyat, felkeltve és fenntartva érdeklődésüket az egyes témakörök, témák és az azokon belüli problémák iránt.

Amióta van természetismeret tanítás, úgy gondolkodnak a tanárok, hogy könnyű azt vonzóvá tenni az iskolában, hiszen arról szól, ami körülvesz bennünket, és az szép, érdekes, izgalmas, bizonyos mértékben a gyerekek természetszerűen **érdeklődnek** a környezetben megfigyelhető jelenségek, folyamatok, növények és állatok, ásványok és kőzetek iránt, és sok tapasztalatuk van azokról. A fiúkat különösen a természeti katasztrófák, a Világegyetem, a világ működése, a technikai megoldások, a veszélyes állatok érdeklik. A lányok szívesebben foglalkoznak a virágos növényekkel, a kölyökállatokkal és a táplálékokkal.

Csak hogy ma azt tapasztaljuk, hogy a gyerekek jóval több tapasztalattal rendelkeznek a mobilapplikációk elérhetőségéről vagy az internetes közösségi hálózatokról, mint például a virágok megporzásáról, a patakvíz természetéről. Érdeklődésük az iskolán kívüli technikalizált világból táplálkozik. Már nem magától értetődő számukra a tápláléknövények fejlődése, fogyasztható részük érzési ideje, de még az sem, hogy „mi fán teremnek”, hiszen bármikor frissen is hozzájuthatnak a világ minden részéről származó gyümölcsökhöz, zöldségfélékhez a multinacionális élelmiszerláncok üzleteiben. Azok csak „tárgyak” számukra, amelyekhez nincsen közük. Keveset járnak a természetben, nincsenek ott szerzett élményeik, pedig többségükben él a vágy a környezetük megismerésére, barangolnak és felfedeznek, „szívják magukba a világot”. Kaland- és ismeretterjesztő filmeket alig néznek, még a vidéken felnövekvő gyerekek sem nagyon látnak gazdálkodást. Az utazási élmények is nehezen felhasználhatók, mert vagy nincsenek, vagy nem hazai tájakon történnek, vagy nem adnak a tanuláshoz kapcsolható maradandó élményt. A világhálón szerzett ismeretek ugyan erősen hatnak a tanulókra, de azokban erősen keveredik a valós és a képzeleti világ.

Hogyan tehető vonzóvá a természetismeret?

Az előzőekből következik annak fontossága, hogy a tanár a természetismeret-tanulás kezdetén megismerje a gyerekek érdeklődési körét és annak mélységét. Erre alkalmasak a tanév eleji bevezető órákon folyó **beszélgetések**, amelyeket megelőzően a természeti környezetből vett problémákat vet fel, érdekes képeket mutat, aktuális híreket, eseményeket mond (vagy kerestet az interneten). A tantárgy vonzóvá tétele szempontjából döntő jelentősége van az első óráknak. Ugyanis ott derül ki a gyerekek számára, hogy mit kínál a tanár (melyek a tantárgy tanulásának céljai, milyen tananyaggal foglalkoznak majd), mit vár el tőlük és milyen munkamódszereket alakít ki. Ezeket világosan kell látniuk ahhoz, hogy ne legyenek közömbösek a tantárgy iránt, és ha vonzóknak találják, hozzáállásnak a tanulásához. Maradandó hatása van annak, ahogyan a tanár mindezt a gyerekek elé tárja.

Nem elég megnyerni a tanulókat a természetismeret tanulásának az első napokban, **érdeklődésüket újra és újra** (témakörönként és minden órán) fel kell kelteni a **pozitív befogadásra alkalmas lelkiállapot** folyamatos fenntartása érdekében. Úgy is mondhatjuk, hogy változatos **motivációs stratégiákat** kell alkalmazni a tanítási-tanulási folyamat során. Az egyes témakörök tanulását **bevezető órákon** (vagy annak hiányában a témakör első órájának elején) a tanár **tájékoztatja** a tanulókat, hogy **mivel foglalkoznak** majd az elkövetkező időszakban. Ezzel tudatosítja bennük, hogy milyen feladatok várnak rájuk, és mi a téma jelentősége a számukra. „A következő órákon az erdőről fogunk tanulni” – ha ezt mondja, kevés a valószínűsége, hogy a tanulóknak felébred a tudásvágy. Ez a mondat ugyanis nem sokat jelent nekik, mert keveset tudnak róla. Az érdeklődés felébredéséhez információkra vagy látványra, élményre, problémafelvetésekre van szükség. **Bele kell lapozni** a tankönyv aktuális fejezetébe vagy más, a témával foglalkozó ismeretterjesztő könyvbe, ha vannak benne izgalmas és figyelemfelkeltő címek és képek, érdekességek vagy a hozzájuk kapcsolódó feladatok. Hasonló célja van egy **szemelvény** felolvasásának is, legyen az egy leírás vagy egy szépirodalmi alkotás részlete (pl. Wass Albert: Mese az erdőről), egy mese (pl. Lázár Ervin: A Négyszögletű Kerek Erdő) vagy egy aktuális hír valamelyik hírportálról. Különös motivációs erejük van a **videofilmeknek** (például Az elvarázsolt erdő), **rajz- és animációs filmeknek** (Dargay Attila: Az erdő kapitánya) vagy a **képregényeknek** (például Bobo, Mesél az erdő). Az információ, a mese behívása a tanterembe mobiltelefon vagy táblagép applikációkkal is történhet (például Momo Rádió, Socrative Student). Így elindul a gyerekek fantáziája, felébred bennük a vágy a látottak megismerésére (legalább elméletben).

Persze **minden természetismeret órán** újra ki kell provokálni a gyerekek érdeklődését. Mivel ekkor kisebb időtartamra akarja megnyerni a tanár a figyelmet, olyan módszert célszerű választania, amely nagyobb erővel készíttet munkára, indítja be a gondolkodást. Erre talán a **problémafelvetés** a legcélszerűbb (például: Miért furakszik az almába a kukac? Hogyan lehet visszaszerezni a homoktól a beleszóródott sót? Miért nem esik a Hold a Földre?). A probléma

felvetése nem feltétlenül a tanár feladata, azt a tanulókra is bízhatja. Kiadhatja például előzetes feladatként, hogy tájékozódjanak a soron következő témában az interneten vagy a könyvtárban, majd a tapasztalataik alapján fogalmazzák meg, hogy mit szeretnének megérteni, mire kíváncsiak.

A tanulók érdeklődésének fenntartása

A tanulóknak a tantárgy iránti folyamatos érdeklődésére van szükség ahhoz, hogy összpontosítsák a figyelmüket, gondolkodjanak és rendszeresen tanuljanak. Ennek egyik legfontosabb feltétele, hogy a tanulás **élményforrás** legyen. Mi biztosíthatná ezt jobban, mint az érdekes tanítási óra? Ha az órán **változatosak a munkamódszerek**, és a gyerekeknek szinte folyamatosan **tevékenykedniük** kell, élményszerűen élik meg a tanulást, és szinte észrevétlenül sajátítják el a tananyagot. Az óra akkor érdekes a tanulóknak, ha **érintettnek érzik magukat benne**, vagyis ha sikerül a tananyagot összekapcsolniuk a saját életükkel, és egyéni képességszintjüknek megfelelően **sikerélményhez** is jutnak.

Az órák sorozata, a folyamatos terhelés azonban csökkentheti a tanulók figyelmét, koncentrálóképességét, aktivitását. Így előfordul, hogy az ismeretszerzést és feldolgozást a fáradtság akadályozza. A tanárnak ezt fel kell ismernie, és változtatnia kell előzetes elképzelésén, hogy **oldja a fáradtságot**. Ha például az előző óra testnevelés volt, a gyerekek fizikailag fáradtak, akkor leginkább szellemi tornára van szükségük, rejtvénymegoldásra, részvételre különböző szellemi didaktikai játékokban stb. Ilyenkor nem célszerű precíz kézmozdulatokat igénylő feladatokat (pl. térképi mérést és szerkesztést, rajzolást) adni nekik. Felmérő dolgozat írása után viszont azt kell érezniük, hogy most olyat kell csinálniuk, aminek nincs közvetlenül tétje. Oldhatja a feszültséget a mesés vagy kalandos feladat, a beszélgetés vagy a drámajáték. A 10-12 évesek számára a 45 perces tanítási óra túl hosszú. A nehéz képességfejlesztő tevékenységek (például 10 percen át szöveget elemeznek, helymeghatározási, menetrend-használati feladattal foglalkoznak) után vagy bonyolult összefüggés megértése után olyan módszerre van szükség, amely nem igényel tényekkel való munkát, inkább csak befogadást. Ilyenkor megtekinthetnek egy érdekes filmbejátszást, rajzolhatnak (például lerajzolhatják, hogy milyennek képzelik az életet az avarban), dolgozhatnak homokasztalon (például modellezhetik a folyó felszínalakító tevékenységét), szó- vagy képkártyákkal manipulálhatnak, mozgást igénylő didaktikai játékot játszhatnak (például szólabdázhatnak), feladatot végezhetnek (például táplálékláncba, méretsorrendbe állhatnak), vagy valamilyen érzékenyítő feladatot végezhetnek (pl. növényfelismerés bekötött szemmel illata alapján). A számító- vagy táblagépekkel felszerelt tanteremben rajzprogrammal dolgozhatnak, képeket kereshetnek vagy tölthetnek le, térképeket rendszerezhetnek.

A tanulók természetismeret iránti érdeklődése azonban csak akkor marad fenn tartósan, ha érzik, hogy **tanáruknak is fontos a tanulási folyamat** és szívesen végzi a munkáját,

ugyanakkor személyesen is érdekeltek a tanulásban. Ám a legfontosabb eszköz a tantárgy hétköznapi életben betöltött szerepének megmutatása. Így a gyerekek felismerhetik, hogy érdekük a tudásszerzés, mert általa tudnak eligazodni a jelen és a jövő világában. Csakhogy ez a felismerés nem feltétlenül várható el a személyiségfejlődésnek ebben a bonyolult időszakában. A tanulásban való érdeklődés tétel közvetlen formája lehet a változatos **ellenőrzési** módszereket követő **értékelés**. A személyre szabott értékelések adnak lehetőséget a tanulóknak összevetni teljesítményeiket a követelményekkel, az elvárásokkal. Így juthatnak sikerélményekhez, fejlődhet önértékelési képességük. Hangsúlyozzuk, az értékelésnek nem csupán a gyerekek tudásszintjéről kell szólnia, hanem különböző képességeikről, munkakészségükről, a tanuláshoz és a tartalomhoz való hozzáállásukról is. Az érdeklődés és az érdekeltség fenntartásának fontos eleme, hogy a gyerekeknek legyen módjuk szorgalmi és gyűjtőmunkát vagy kutatási feladatokat végezni, azokat bemutathassák osztálytársaiknak, tanáraiknak, és érdembeli értékelést is kapjanak róluk.

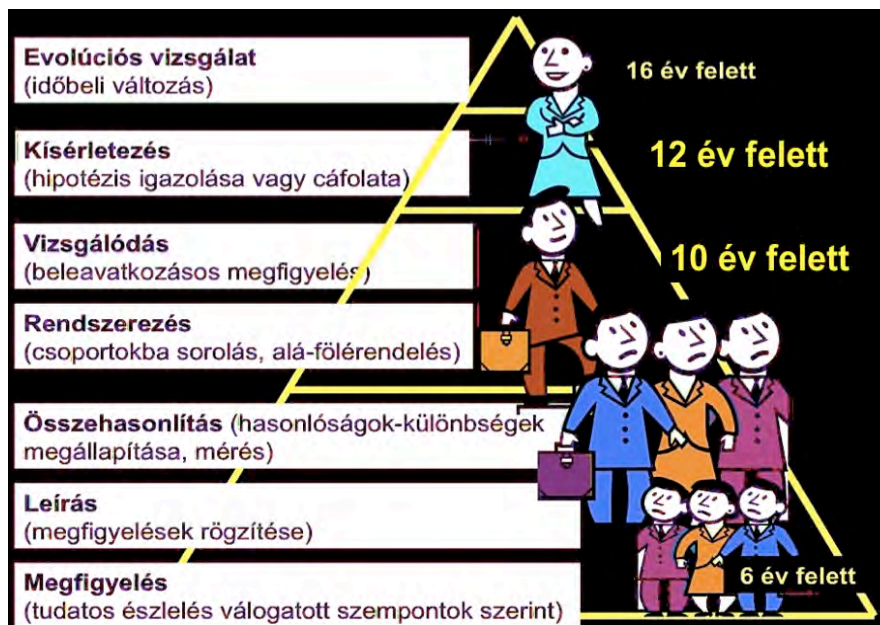
7.2.2. A megismerés alsóbb szintjei

A megismerési módszerek hierarchiája

A természetismeret tanítására való felkészülés idején jó tudatosítani, hogy melyek és milyenek a világ megismerésére használt módszerek, mert ennek ismeretében jobban meg tudjuk tervezni a tanítási folyamatot és az egyes foglalkozásokat. Hangsúlyozzuk, hogy az alábbiakban nem a tanítás-tanulás folyamatában alkalmazott módszerekről van szó, hanem azokról az **általános emberi megismerési módokról**, amelyek minden természettudományos megismerési folyamatban meghatározóak. Az alábbi megismerési módszerek egyrészt – nagyjából az ismertetés sorrendjében – fokozatosan egymásra épülve fejlődtek ki az európai kultúrában, másrészt a gyermeki fejlődés folyamán is közelítőleg **ebben a sorrendben sajátíthatók el** illetve alkalmazhatók a tanítás-tanulás folyamatában. Ugyanakkor még a legösszetettebb megismerési módszerek (például a kísérletezés) is alkalmazhatók a természetismeret tanulásában, persze csak nagyon alapszinten. A legfontosabb **természettudományos megismerési módszerek**: a megfigyelés, a leírás, az összehasonlítás, a mérés, a rendszerezés, a vizsgálat, a kísérletezés és az evolúciós elemzés (7.1. ábra). Vegyük sorra ezeket!

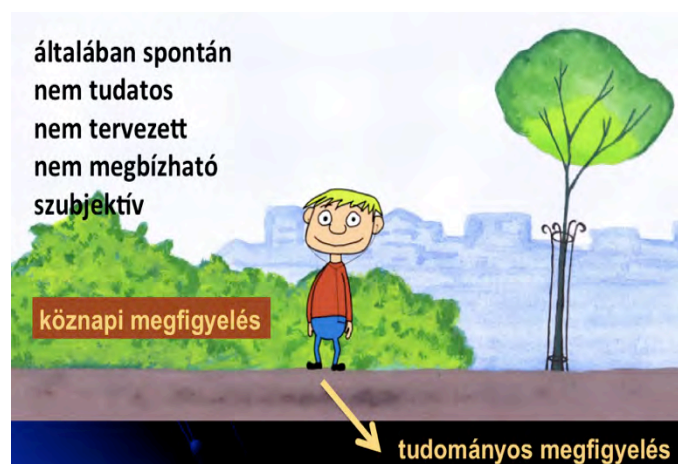
A megfigyelés

Természettudományos megismerő tevékenységünk alapja a **megfigyelés** (a nemzetközi szakirodalomban: observatio). Ez több annál, mint hogy egyszerűen csak megnézünk, meghallgatunk stb. valamit, ugyanis valamilyen szintű tudatosság, célzatosság mindig van benne. Bár a megfigyelés pszichológiailag az érzékelésre épül, de több annál: érzékelés → észlelés → megfigyelés.



7.1. ábra. A megismerési módszerek hierarchiája (Makádi M.)

Világos különbséget kell tennünk a mindennapi megfigyelés (7.2. ábra) és a tudományos megfigyelés között. A **tudományos megfigyelést** az teszi speciálissá, hogy egyértelműen megfogalmazza azokat a szempontokat, amelyek mentén a megfigyelés történik. Lássunk erre egy példát! Ha a gyerekek elé teszünk egy cserép muskátlit, és mindössze annyit mondunk nekik, hogy „figyeljétek meg jól”, várhatóan nagyon sok és sokféle információt gyűjtenek róla (például olyanokat, hogy csorba a cserép, egy virág már elhervadt, meg kellene már locsolni stb.). Ha azonban pontosan megmondjuk, hogy miket figyeljenek meg (például milyen alakú a levele, hogyan kapcsolódik a levél nyele a szárhoz, hogyan helyezkednek el a levelek egymáshoz képest a száron, hány szirma van a virágoknak, hogyan helyezkednek el a virágai stb.), akkor a biológia szempontrendszere alapján végzik a megfigyelést, vagyis tudományos (jellegű) megfigyelés történik.



7.2. ábra. A mindennapi megfigyelés jellemzői (Makádi M.)

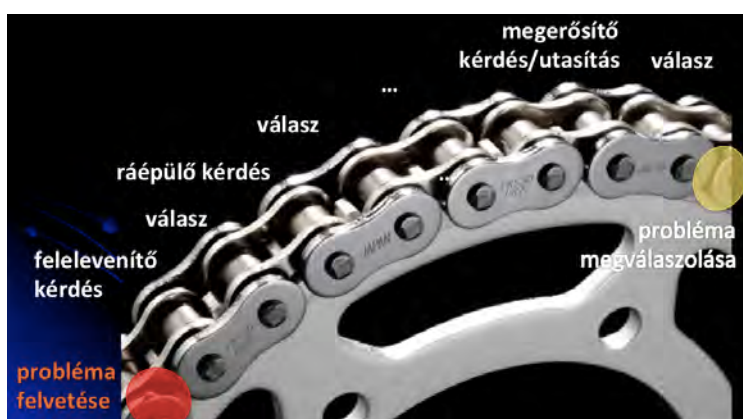
A tudományos megfigyelést tehát az különbözteti meg a mindennapi megfigyeléstől, hogy a sok-sok lehetséges megfigyelési szempont közül kiemeli azokat, amelyek az adott tudomány (itt a biológia) sajátos szempontjai. A tudományos megfigyelés lényeges sajátossága tehát a **szempont-szelekció** (szempont-szűkítés) és a szempontok meghatározása. Ha tehát a gyerekekkel meg akarunk figyelteni valamit, első dolgunk, hogy eldöntsük: valamely tudomány szempontrendszer mentén várjuk a megfigyelést, vagy nem akarjuk leszűkíteni a lehetséges megfigyelési szempontok hosszú sorát. Másképpen fogalmazva: el kell döntenünk, hogy zárt vagy nyitott szempontrendszert adunk-e.

A zárt vagy nyitott jelleg más értelemben is megjelenik a megfigyelésben. Ha azt mondjuk a tanulóknak: „keressétek ki a kikészített képek közül azt, amelyik a burgonyát ábrázolja!”, akkor nekiindulnak, és addig keresgélnek, kutatgatnak, amíg meg nem találják, és föl nem ismerik azt az egyetlen konkrét dolgot, aminek a megkeresése a feladatuk volt. Ez nyilvánvalóan **zárt végű megfigyelés**, hiszen egyetlen helyes megoldása van. Lehet azonban a megfigyelés nyílt jellegű is, például „Keressétek a kikészített képek között olyat, amelyik kapcsolatos az evéssel!”. Ha ugyanis sok és sokféle kép van kikészítve, akkor a gyerekek találékonysága is szerepet játszik abban, hogy ki-kik mit választ ki, hiszen sokféle módon lehet valami kapcsolatos az evéssel. Nyitottsága ellenére még ez a feladat is alapvetően objektív jellegű, hiszen viszonylag nagy biztonsággal eldönthető, hogy egy-egy megnevezett tárgy valóban megfelel-e a megadott szempontnak. A **nyílt végű megfigyelés** mint feladat lehet azonban szubjektív is (ekkor végképp nyitott): „keress valamit a kikészített képek között, amelyik meglepő számodra / ami emlékeztet valamire / ami valamiben hasonlít rád stb.!” Ebben a fajta megfigyelésben a tanuló már a teljes személyiségevel, szubjektumával vesz részt. Éppen ezért figyelnie is kell a tanárnak a beszámoló megbeszélésekor arra, hogy mivel a gyerekek személyesen is megnyilatkoznak, sérülékenyebbek.

A tudományos megfigyelés kritériumai

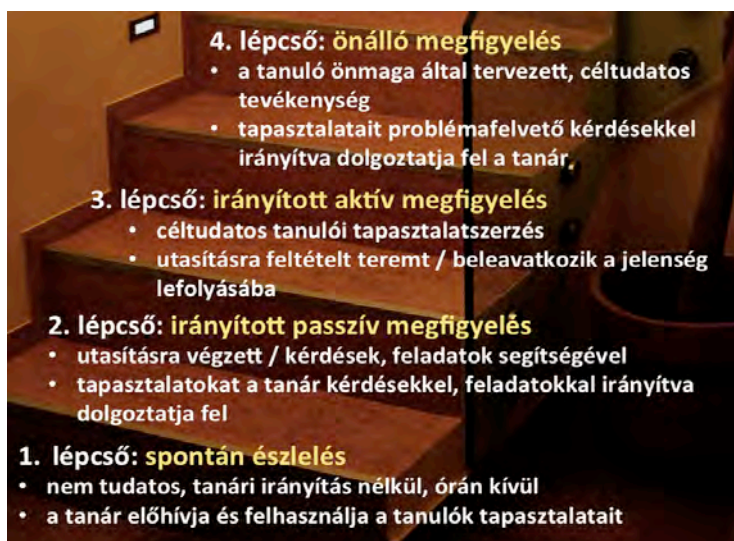
- **céltudatosság:** egy adott kérdés, szempont, probléma megválaszolásáért történik, ezért megelőzi a megfigyelési szempontok előzetes kiválasztása (szempont-szelekció);
- **tervszerűség:** a vizsgálandó jelenség pontos meghatározása, a megfigyelési technikák gondos kiválasztása;
- **objektivitás:** a szubjektív tényezők kiküszöbölése, a megfigyelő előítéleteinek kizárása;
- **megbízhatóság:** ha a megfigyelési eljárás megismétlésekor újra ugyanazt az eredményt kapjuk;
- **érvényesség:** a megfigyelésből származó adatok mennyire kapcsolódnak az adott fogalom elfogadott jelentéseihez.

Minthogy a **természettudományos ismereteinknek a megfigyelés az alapja**, súlyos módszertani-didaktikai hiba, ha nem áll megfigyelés a tanított-tanult ismeretek mögött. Optimális esetben ez természetesen a diákokra is érvényes, tehát törekednünk kell arra, hogy amit csak lehet, a tanulók is megfigyelés, tapasztalás nyomán ismerjenek meg, sajátítsanak el. Konkrétan: még azt az anyagot (mondjuk a gipszet) is a maga valóságában érdemes bemutatni, amelyet láthattak már korábban, és amiben úgymond „nincs semmi érdekes”, mert közönséges fehér por. Vagy még egy háziállatról (mondjuk a kutyáról vagy a nyúlról) való tanulást is gazdagítja, ha jelen van egy élő állat, mert mindig lehet olyan a gyerekek között, aki még nem látott közről nyulat, s – mivel most a szakszerű megfigyelés a feladat – egy sor olyan sajátosságuk is kiderülhet ezeknek az állatoknak, amelyek a köznapiban jelentéktelenek.



7.3. ábra. Az irányított passzív megfigyelés sémája (algoritmusa) (Makádi M.)

Az iskolai tanulási folyamat során többnyire a tanár által irányított passzív megfigyeléseket végeznek a tanulók, mert az még „viszonylag könnyen szervezhető” (7.3. ábra). Ráadásul – mivel a megfigyelés összetett tevékenység – képessége fokozatosan alakul ki, a tanárnak lépésről lépésre kell fejlesztenie (7.4. ábra).



7.4. ábra. A megfigyelés egymásra épülő szintjei (Makádi M.)

A leírás

A megfigyelés nyomán – érzékszerveink működése révén – az agyunkban kialakul a világ adott szeletéről egyfajta lenyomat: ez az elsődleges reprezentáció. Ha ezt szavakkal vagy más egyezményes jelekkel mások számára is közöljük, az már valamiféle absztrakt fogalmi gondolkodást kíván, ez már másodlagos reprezentáció. Lényegében ezt nevezzük leírásnak. A **leírás** (a nemzetközi irodalomban: *descriptio*) tehát lehet a szó szoros értelmében mondatok tollal való leírása egy papírra, de történhet élőszóban is, és nemcsak nyelvi jelekkel, hanem másfajta, például matematikai vagy más, egyezményes jelekkel (térképjelekkel, az adott közösségben ismert szóképekkel, kódokkal stb.) is.

Egyáltalán nem mindegy, hogy a megfigyelt dolog leírása a mindennapi kommunikáció rész-e, illetve tudományos vagy esetleg más jellegű közlésről van szó. Ezt a különbséget a tanulóknak is ismerniük, érteniük kell.

A **köznyelvi leírás** jellemzője, hogy kompromisszumot köt a leírás pontossága és gazdaságossága (az idővel és energiával való takarékoskodás) között. Természetesen az a célja, hogy a másik fél (a hallgató) megértse a közlendőket, de nem törekszik mindenáron való pontosságra; a bízik (többnyire joggal!) abban, hogy a kontextusból (a helyzetből, a szövegkörnyezetből) úgyis megérti a másik, hogy mit akartunk vele közölni. A következő példa jól érzékelteti ezt. Ha a tömött buszon A személy az ajtónál áll és B mögötte megkérdezi: „Uram, leszáll?”, akkor mindketten pontosan tudják, hogy a kérdés a következő megállóra vonatkozik, bár magában a mondatban ez a szóösszetétel nem szerepelt. Vajon hogyan viselkedik B, ha erre a kérdésre A azt válaszolja, hogy „Igen”, de a legközelebbi megállóban (amikor kinyílik az ajtó) mégsem száll le. Az A személy ugyanis elvileg(!) érthette úgy is a kérdést, hogy egyáltalán valamikor leszáll-e a buszról, erre pedig joggal válaszolhatta, hogy „Igen”, hiszen valamikor (legkésőbb a végállomáson) nyilván le fog szállni. Vegyük észre, hogy ez a képzeletbeli konfliktus abból adódott, hogy az egyik személy élt a köznyelv rövidségeire való törekvésével, a másik pedig erről nem vett tudomást. (A teljesen pontos kérdés ugyanis úgy hangzott volna, hogy „Uram! Leszáll a legközelebbi megállóban, az ajtó kinyílása után?” – ez azonban irdatlanul hosszú, nehézkes és tulajdonképpen felesleges is, ha ráhagyatkozunk arra a megegyezésre, hogy nem kell mindent teljesen pontosan megfogalmazni, mert a helyzet alapján úgyis fogja tudni a másik fél, hogy mit akartunk mondani. A köznyelv szavai gyakorlatilag mindig többjelentésűek (lásd az értelmező szótárakat, hogy mennyiféle jelentést adnak meg egy-egy szó esetében!). Ez azonban az esetek döntő többségében mégsem okoz gondot. Ha kabátról van szó, mindenki tudni fogja, hogy a „fogas” szó melyik jelentéséről van szó az adott mondatban (hiszen nyilvánvaló, hogy nem a halról és nem a fogaskerekű vasútról).

A **tudományos leírás** nem ilyen, ott nem hagyatkozhatunk arra, hogy a másik úgyis megérti; ott mindent a lehető legnagyobb pontossággal kell leírni. Ennek az az „ára”, hogy egyrészt minden szónak, szókapcsolatnak csak egyetlen jelentése lehet, valamint az, hogy a leírás módjában a félreérthetlenség feltétlen elsőbbséget élvez a rövidsége törekvéssel szemben. A tudomány szavainak – a szakszavaknak – nem lehet többféle jelentése. Míg a „víz” szó otthon sokféle (bár egymással nyilván rokon) jelentéssel bír, a kémiában csak azt az anyagot jelenti, amely kizárólag H₂O-molekulákból áll. Ha ugyanis valami más is van benne (például oldott ásványi anyag), akkor a kémia szaknyelvén már nem víz, hanem oldat, ha ennek a mennyisége 0,5 gramm/liter felett van, akkor pedig a hidrológia szaknyelvén ásványvíz a neve. A „kocka” a köznyelvben sok mindent jelenthet: kockafejű, kockacukor (amely lehet például téglalakú is), kockakő, dobókocka (amelyből bizonyos játékokhoz négy- és nyolcoldalú is használatos), káposztás kocka, skótkockás szövet stb., a geometria szaknyelvében azonban csak azt a térbeli idomot, amelynek minden éle azonos hosszúságú. A köznyelvben a „virág” jelentheti a kedvesünket is, lehet valaki „élete virágjában”, láthatunk az ablakon jégvirágot, a sziklafalon ásványvirágot, és a cserepes páfrányt is a virágboltban vesszük, pedig a páfrányoknak botanikai értelemben nem is lehet virága. A biológia tudományában azonban a „virág” kizárólag bizonyos növények szaporító szerve, a „szál virág”, ilyen értelemben botanikailag nem is csak virág, hanem virágos-leveles hajtásrészlet. A szaknyelv lényegében „egyetlen jelentésű (nyelvi) jelek rendszere”, s amikor egy köznyelvi szó valamely szakma szakkifejezésévé válik, akkor ennek a változásnak a lényege többnyire az, hogy többjelentésűből egyjelentésűvé válik, szűkül a jelentésköre. A tudományos leírás egyértelműsége, pontossága, félreérthetlensége, objektivitásra törekszik.

Végül érdemes megismerkednünk a leírás harmadik válfajával, a költői leírással is. A **költői leírás** – a tudományos leírással éppen ellentétesen – a szubjektivitásra, a többféleképpen és több szinten való értelmezhetőségre törekszik. A költői leírás a költő (a művész) szubjektív megnyilatkozása, és az olvasó (a műélvező) is saját szubjektumán keresztül szűrve értelmezi a leírást, ugyanaz a verssor mindenkinek kicsit mást jelent saját egyéniségétől, múltjától, emlékeitől függően.

A tudományos leírások esztétikailag többnyire „szárazak”, tele vannak nehéz jelentésű szakszavakkal, és nem törekszenek a nyelvi változatosságra. Van azonban kivétel is. Tudományos, szakmai leírás is lehet (minden pontosságra törekvéssel együtt) szép. Például Herman Ottó A madarak hasznáról és káráról című könyvében így írja le a széncinegét:

„Veréb nagyságú nagyon eleven madár. Feje búbja, tarkója, torka fekete s a fehér pofát szélesen kantározza, a kantártól a has közepén is végig széles fekete sügyellő pászta. Dolmánya eleven zöldes, farcsíkja, farka és szárnya szilvakék; a szárnyon fehéres rovott csík. Hasa a sügyellő pásztától kétoldalt szép elevenen sárga. Csőre rövid, erős, búzaszem alakú, barnás színű; erős lába kékes. Fészkét nagyon finoman és leginkább oly odvakba rakja, a melyek szűk bejáróval bírnak, néha elhagyott méhes üres köpűjébe is. Fészkalja nyolcz, tizenkét, nagynéha tizenöt is; a formás tojások tisztafehér alapon szép rozsdaszínű sűrű szeplőzéssel.”

Pedagógiai szempontból hasznos lehet, ha eljátszunk a háromféle leírás kapcsolatával, különbségével, **a különbségek kihegyezése** ugyanis erősíti a tudományos leírás és megértés lényegének világosabb megértését. Vegyük példaként azt a verssort, hogy „Reszket a bokor / mert madárka szállott rá”! Először tudatosítsuk a tanulóknak, hogy ebben a verssorban minden szó jelképes értelmű. A reszket, a bokor, a madárka és a száll is jelkép. A „reszket” nem a hideg miatti cidrizést jelenti, a „bokor” lényegében a költőt magát jelenti, a „madárka” pedig a szerelmét stb.

Feladat

Fogalmazzuk át a fenti költői leírást tudományossá! Írjuk le pontos, egyértelmű szakszavakkal azt a történetet, amit a vers szó szerint leír!

(Valami ilyesmit kapunk: „Egy m tömegű test φ hajlásszögű és I impulzussal ütközik egy ρ rugalmassági modulusú rúddal, amely rezgésbe kerül, mely rezgésnek a frekvenciája...”)

Ez persze csak játék, de arra mindenképpen jó, hogy a tanulók megérezzék belőle a költői és tudományos leírás kontrasztját, és ezáltal világosabban megértsék mindkettőnek a lényegét. (Ne aggódjanak az irodalom szerelmesei, hogy ettől elvész a vers szépsége! Épp fordítva: ebben a játékos kontrasztban még inkább tudatosul a gyerekekben, hogy mitől is szép a szép.)

Feladat

Fogalmazzunk át egy szakmai szöveget verssé! Ez az előző feladat fordítottja, és annál lényegesen nehezebb. Próbáljanak a gyerekek „verset” írni például e mondat alapján: „A víz 0 °C-ra hűtve megfagy, azaz folyadékból szilárd halmazállapotúvá válik.”

Különösen érdekes lehet annak elemzése, hogy egy költői leírás hogyan lehet egyszerre szép is, pontos is. Arany János: Toldi estéje kezdő sorai mutatnak erre szép példát:

*Őszbe csavarodott a természet feje, / Dérré vált a harmat, hull a fák levele,
Rövidebb, rövidebb lesz a napnak útja, / És hosszúkat alszik rá, midőn megfutja.*

Pontos leírás a dér és harmat viszonya, ugyanis ugyanannak a levegőnek a páratartalma 0 °C alatt dér, a fölött harmat formájában csapódik ki. Pontos megfigyelés a Nap őszi-téli útjával kapcsolatban az, hogy „rövidebb” lesz, ugyanis ahogy megyünk az őszbe (azaz a naptárban közelítünk a téli napforduló felé) a Nap látszólagos útja időben is, térben is egyre rövidebb lesz. Foglalkozzunk össze a háromféle leírás kapcsolatát egy konkrét példán a 7.3. táblázat segítségével!

Költői leírás	Köznyelvi leírás	Tudományos leírás
egyetemes jelképek	nyelvi jelek	egyetlen jelentésű jelek
„Angyal és ördög összezárva feszül kétfelé egy bilincsen: a mindenség szimmetriája.” (Mezei András: Atommodell)	Az elektron azért nem repül ki az atomból, mert vonzza az atommag.	$F = k \cdot Q_1 \cdot Q_2 / r^2$
szép	praktikus	pontos

7.3. táblázat. A leírás típusainak összehasonlítása (Victor A.)

Érdekes aspektusa a leírásnak az ún. **antropomorfizmus**, aminek az a lényege, hogy valamit (állatot, növényt, tárgyat, természeti folyamatot stb.) emberi sajátosságokkal ruházunk fel. Az alapja valamiféle analógiás gondolkodás, amely megkönnyíti a dolgok megnevezését, elképzelését és így megértését is. Nagyon általános nyelvi-gondolkodási jelenség, sok példát találunk rá a köznyelvben és a szaknyelvekben is. Nézzünk néhány egyszerű, közismert példát! A kalapácsnak feje van, a bögrének füle, a borosüvegnek nyaka, az asztalnak lába, a nyárnak dereka, a hegynek gerince és lába, a széknak háta, a fűrésznek foga, a cipőnek nyelve és orra, a hajónak orra, a satunak pofája, az ajtónak sarka, a pohárnak talpa, a kabátnak ujjja, az ágyúnak torka, a tengernek fenéke. Amikor ezeket a kifejezéseket a mindennapi életben használjuk, már nem igen gondolunk az ember fejére, fülére, nyakára, lábára, fenekére. Furcsa is lenne, ha valahányszor kimondjuk a tengerfenék szót, megjelenne képzetükben egy igazi emberi fenék.

A természettudományos összehasonlítás

Két dolog leírása után gyakran kínálkozik azok összehasonlítása. Az **összehasonlítás** (nemzetközi szakkifejezéssel: comparatio) a leírásnál magasabb szintű megismerési módszer, aminek lényege a hasonlóságok (azonosságok) és a különbségek megkeresése, megfogalmazása, tudatosítása. Itt – ahogyan a leírás esetében – szintén különbséget kell tennünk mindennapi és szakmai összehasonlítás között, és a különbség itt is az, hogy szempont-meghatározás nélkül végeztetünk a gyerekekkel összehasonlítást, vagy az adott természettudomány sajátos szempontjai mentén. Például mondhatjuk általánosságban azt is, hogy „Hasonlítsátok össze a kutyát a báránnyal!”, és azt is, hogy „Hasonlítsátok össze a kutya és a juh táplálkozását és emésztőrendszerének felépítését!”. Az első kérdés teljesen nyitott (nem tudományos irányú); akár szubjektív szempontok és emlékek is beleférnek. A második – a biológiára leszűkített szempontrendszer következtében – már szakmai, tudományos irányú összehasonlítás.

Végtelen sok lehetőségünk van a természettudományok terén az összehasonlítás útján való tanításra-tanulásra. Két élőlény, két hegy, két vegyület, két mozgástípus stb. összehasonlítása nagyon hasznos lehet abból a célból, hogy mindkettőnek tudatosuljon a lényege. Nagyon fontos, hogy miközben összehasonlítunk két valamit, azt is tudatosítsuk a tanulóknak, hogy mi magának az összehasonlításnak a lényege, a szempontja.

Minden konkrét összehasonlítás értelemszerűen magába foglalja azt a gondolatot, hogy a két összehasonlított dolog valamilyen szempontból megegyezik egymással (például a kutya és a bárány is emlős állat). Csakis ezen az alapon lehet azokat összehasonlítani, enélkül értelmetlen az összehasonlítás. Tehát összehasonlításkor kimondatlanul is feltételezzük a két dolog valamiféle rokonságát. Egy állatot össze lehet hasonlítani például egy növénnel is azon az alapon, hogy mindkettő élőlény. Azonban nem lehet összehasonlítani egy kutyát egy népdallal, a mészkövet az éghajlattal (vagy legalábbis csak erőltetetten), mert az egyik kézzelfogható „tárgy”, a másik gondolati produktum.

A mérés

A **mérés** speciális összehasonlítás, a vizsgált dolgot valami egyezményes etalonhoz hasonlítjuk, amelyet a hosszúság, a tömeg, a térfogat, az idő stb. egységének választottunk. A mérés mindig a vizsgált objektum valamely tulajdonságának számmal kifejezhető (kvantitatív) jellemzőjét, mértékét mutatja. Egyáltalán nem biztos, hogy ez a mérhető sajátság fontos az adott dolog megismerésében, de lehetnek olyan helyzetek, olyan szempontok, amelyekben a számokkal megadható sajátság jellemző a megismerendő objektumra. Például egy kép üzenete szempontjából általában nem meghatározó az oldalainak a mérete, de ha sok kép esetében megmérjük és kiszámítjuk a hosszabbik és rövidebbik oldal arányát, ki fog derülni, hogy a legtöbb kép esetében ez az arány közel van az 1,6-hoz. És ez már tanulság, mert az 1,6 körüli érték az ún. arany metszés arányszáma, az arany metszés pedig nevezetes arány. Lényeges a méret például egy mamut csontvázának vagy testtömegének esetében (még akkor is, ha nem a tanulók mérik meg ezeket az adatokat).

Fontos tudnunk – és a tanulóknak is tudatosítanunk –, hogy lényegében minden **etalon** önkényes abban az értelemben, hogy emberek valamely (nagyobb) csoportjának meg kell egyeznie abban, hogy a továbbiakban valaminek a megméréséhez mit fognak etalonnak, azaz egyezményes egységnek tekinteni. Jó, ha ez a választott egység nem teljesen önkényes, hanem valami természeti „adottság”, de ez nem nélkülözhetetlen kritériuma az etalonoknak. Nézzük példaként a hőmérséklet mérését! A Celsius-skálára mondhatjuk ugyan, hogy a víz fagyás- és forráspontja közötti „távolság” század része viszonylag „objektív” fizikai létező. Ugyanakkor látnunk kell, hogy a teljesen más skála-pontokon alapuló Fahrenheit-skálával ugyanolyan jól mérik a hőmérsékletet az amerikaiak, mint mi itt Celsius-fokokban.

Más etalonokkal kapcsolatban is viszonylag jól bemutatatható az önkényes és egyezményes jelleg kettőssége. Vegyük példának a métert! Ezt a hosszúság-egységet mi természetesnek tartjuk, de csakis azért, mert megszoktuk, és mert a körülöttünk élők számára is ugyanolyan megszokott. A métert a franciák „találták ki” még a 18. század legvégén, úgy döntöttek, hogy a Párizson áthaladó hosszúsági körnek (vagyis a gömbnek tekintett Föld Párizson áthaladó

„kerülete”) a 40 milliommód részen legyen az egység. Mérés és számítás alapján meg is határozták ezt a hosszat. Sikerült, ahogy sikerült a mérés, de volt egy egyezményes egységünk. Az egység logikai megválasztása önkényes volt (más nemzet fiai még hasonló gondolatmenet alapján is nyilván más hosszúsági kört választottak volna), az éppen 40 millió részre való osztás is önkényes, a mérés sem volt pontos, továbbá a Föld nem is igazán gömb, és így tovább. Még sok bizonytalansági tényező van ennek a hosszúságegységnek a meghatározásában, mégis nagyon jól használható. Az egyezményes jelleg viszonylagosságát pedig az jelzi, hogy pl. Angliában és az USA-ban máig nem a métert használják egységként – hiába nyilvánította egy mérésügyi szervezet a nemzetközi mértékegységrendszer hivatalos egységévé –, hanem a mérföldet (mile).

Minden méréssel kapcsolatban fontos kérdés a **pontosság**. Tekintsük át ezt is a méterrel – azaz a távolságméréssel – kapcsolatban! Az ősmétert Párizs mellett (Sevres-ben) őrzik. Ez egy olyan ötvözetből készült rúd, amelynek a hossza nagyon kevésbé függ a hőmérséklettől, s amely nem rozsdásodik, nem kopik stb. Ezen a rúdon van két hajszálvékony karcolás, s a kettő közötti távolság a méter etalonja. Ma már azonban olyan pontosan mér távolságot a tudomány, hogy még ezt a két hajszálvékony karcolt vonalat is millió elképesztően vékony gondolati vonalra kellene felosztani, s megegyezni, hogy melyiktől melyikig az 1 m. Ezért persze ma már ez az ősméter – és az annak alapján készült országos etalon (amit Budán őriznek) – inkább csak tudománytörténeti érdekesség.

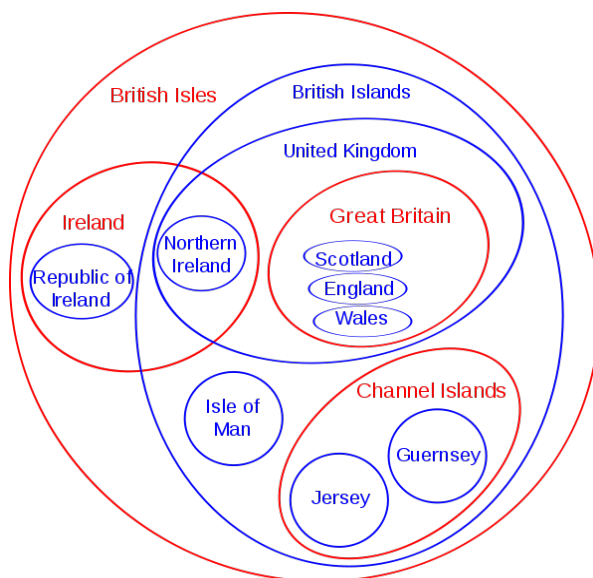
7.2.2. A megismerés dinamikus szintjei

A természettudományos rendszerezés

A **rendszerezés** (nemzetközi szakirodalomban systematisatio) az összehasonlítás folytatásának tekinthető, a rendszer ugyanis úgy születik, hogy bizonyos hasonlóságok alapján különböző dolgokat egy csoportba sorolunk, és a hasonlóság mértéke szerint hierarchikusan egymás alá-fölé rendelt csoportokat kapunk. Például az emberek csoportján belül vannak (más kisebb csoportok mellett) a tudósok, azon belül természettudománnyal foglalkozók, s azon belül az fizikusok. Fontos meglátnunk, hogy a rendszerezést mindig olyan **hasonlóságok alapján** végezzük, amely hasonlóságokat az adott esetben fontosabbnak ítélnünk, mint másokat. Például az emberek csoportján belül – egy másik rendszerezési szempont alapján – vannak különböző nagyrasszok (például az europid nagyrassz), azon belül (mások mellett) például a magyarok, majd a székelyek, azon belül a csíkiak és így tovább. A rendszer egymásba illő kategóriái nagyon jól ábrázolhatók halmazokkal, halmazon belüli részhalmazokkal stb. Nézzük meg példaként az alábbi halmazábrát (7.5. ábra)!

Minthogy a természettudományok mindegyikében van rendszerezés – a megismert fogalmak, összefüggések csoportosítása, kategorizálása – a rendszerezés logikájának

gyakorlása kettős célt ér el: egyrészt fejleszti a gondolkodást, gazdagítja a világról alkotott látásmódunkat, másrészt rávilágít az adott tudomány belső logikájára, az odatartozó ismeretek egymáshoz való kapcsolatára.



7.5. ábra. A Brit-szigetek kapcsolatrendszerei (forrás: internet)

A természettudományok – érthetően – gyakorlatilag minden tárgyat, fogalmat, fajt, képződmény-típust, kölcsönhatást stb. rendszerbe foglalnak. Rendszere van a fizikai és biológiai mozgástípusoknak, az energiafajtáknak, a fizikai és kémiai kölcsönhatásoknak, az atomoknak és a belőlük képződött vegyületeknek, az élőlények különböző szintű csoportjainak, a csillagok típusainak, a felszínformáknak, az életműködéseknek stb. Minthogy az 5-6. osztályos gyerekek már képesek rendszerezni, a fent felsorolt rendszerezések mindegyike előkerülhet (alapszinten!) a természetismeret tanítása során.

Célszerű először csak **összehasonlításokat** végezteni, és csak amikor már kellő számú példánk van az adott szempont szerinti hasonlóságokra és különbségekre, akkor térni rá a **csoportosításra**, s a csoportok egymás alá-fölé rendezésére. Kulcsfontosságú, hogy mindig megfogalmazódjanak az adott helyzetben figyelembe vett szempontok, és az, hogy azok fontossága között milyen alapon teszünk különbséget. Ha biológiai szempontból rendszerezzük az állatokat, akkor pl. a delfin esetében fontosabb szempont az, hogy emlőállat, mint az, hogy vízben él. Ezért a biológiai rendszerben nem a halakkal tesszük egy halmazba, hanem a szarvasmarhával. Persze nem-biológiai rendszer kialakításakor lehetséges, hogy a delfin és a ponty kerül egy kategóriába.

Amikor pl. a házi körül élő állatokat tanuljuk, akkor azokat rendszerezhetjük is kiválasztott szempontok alapján. Foglaljuk rendszerbe a következő állatokat: macska, ló, sertés, szarvasmarha, csirke, juh, kacsa, kutya, fecske. Első lépésként csak összehasonlításokat végezzünk! Például miben hasonlít egymásra a sertés és a szarvasmarha, és miben nem?

Miben hasonlít egymásra a kacsra és a ló, és miben nem? És így tovább. A sorozatos összehasonlítások ki fogják hozni azokat a sajátságokat, amelyek mentén rendszerbe lehet foglalni ezeket az állatokat. Példaként: „Esszük-e valamijét vagy nem?”, „Két lába van vagy négy?” [Eleinte nem érdemes további szempontokat is bevenni, mert különben nagyon bonyolult lesz a rendszer.] Minthogy ebben az esetben két egyenrangú besorolási szempont 2x2 halmaza szerepel, egyszerűbb Venn-diagram helyett táblázatosan jelölni a rendszer kategóriáit. Így kialakul az alábbi igazságtáblázat:

	2 lába van	4 lába van
esszük	kacsra csirke	szarvasmarha sertés juh
nem esszük	fecske	ló kutya macska

7.4. táblázat. A háziállatok rendszere (Victor A.)

Ennek a viszonylag egyszerű rendszerezési példának is több tanulsága van:

1. Vannak a természetben olyan rendszerezési folyamatok, ahol rajtunk múlik a besorolási szempontok kiválasztása (itt például az, hogy hány lába van), de esetleg még az is, hogy a szempontok közül melyiket tekintjük elsődlegesnek (itt például a két besorolási szempont akármelyike lehet első szempont, de ezzel értelemszerűen a másik lesz az „alárendelt” második szempont.)
2. Lehetnek halmazok, amelyek egy másik halmaz részhalmazai, de lehetnek olyanok is, amelyek két másik halmaznak is részei.
3. Ugyanazokat a dolgokat sokféleképpen lehet rendszerbe foglalni. Saját szakmai szempontjai alapján a tudomány ezek közül általában csak néhányat tekint fontosnak és iskolai tananyagnak. A biológia legfontosabb szempontja persze nem az, hogy mi, emberek esszük-e vagy sem az adott állatot, hanem az, hogy milyen közeli rokonai egymásnak. Így a fenti állatok estében a biológia elsődleges besorolási szempontja az, hogy emlősállat-e vagy madár az adott egyed.

A természettudományos vizsgálódás és kísérletezés

A természettudományos tantárgyak tanításának egyik legfontosabb törekvése a változás érzékeltetése: a környezeti jelenségek, folyamatok megismertetése, mozgásfolyamataik megértetése és törvényszerűségeik felismertetése a tanulókkal. Ehhez nem elég a legalaposabb megfigyelés sem, az összehasonlítás és a rendszerezés is inkább statikus képet ad a világról. Arra van szükség, hogy a tanulók kérdéseket intézzenek a valósághoz. Bele is avatkozzanak a megfigyelt jelenségbe, folyamatba, vagy egy törvényszerűen végbemenő folyamatot mesterségesen hozzanak létre akár modellen, akár a szabadban, vagy egy kísérleti berendezést természeti folyamatnak vessenek alá, és figyeljék a természet választát

a tetteikre. Rövidebben: vizsgálatot vagy kísérletet végezzenek. A legmagasabb szintű megismerési módszer a kísérletezés. Mivel az igazi természettudományos kísérletezés nagyon összetett és bonyolult folyamat (iskolai körülmények között gyakorlatilag megvalósíthatatlan!), nézzük előbb ennek egy egyszerűbb változatát, amelyet (megkülönböztetésként) vizsgálatnak nevezünk. Előre hangsúlyozzuk, hogy nem az elnevezések fontosak, hanem az, hogy világossá váljék a kettő szintbeli különbsége.

A **vizsgálat** lényege: egy pontosan körülhatárolt „kérdés” a természethez (például valaminek a megállapítása, eldöntése kipróbálás vagy mérés által). Többszörre – és értelemszerűen – azt is jelenti, hogy a megvizsgálendő dolgot körüljárjuk, kézbe vesszük, majd kipróbálunk rajta ezt-azt. Ennyiben mindenképpen több, mint a „szimpla” megfigyelés.

Feladat lehet pl. annak megállapítása, hogy a vas és az alumínium közül melyik keményebb. A kérdés eldöntéséhez megpróbáljuk megkarcolni az alumínium-lemezt vasdróttal, illetve a vaslemezt alumínium-dróttal. Az eredmény szemmel látható lesz. Feladat lehet annak kiderítése, hogy akkor is becsukódik-e a százszorszép virágzata, ha mesterségesen helyezzük sötétbe stb. Vizsgálat az is, ha a tanulók kipróbálgathatják, hogy a juhar, a bálványfa vagy a kőris termése hogyan repül, ha (egy székre állva) így vagy úgy ejtjük illetve eldobjuk. És még kézbe vétel nélkül is tudunk vizsgálatot végezni, ha pl. megnézzük egy színszűrős zseblámpával, tehát piros, zöld, kék stb. fénnel megvilágítva mennyiben látjuk másmilyennek az ásványokat, mint a normál fényben. Végezhetnek vizsgálatokat a gyerekek a vízzel kapcsolatban. Megvizsgálhatják például azt, hogy ha a csapból frissen kieresztett víz tejfehér (zavaros, opálos), akkor megtisztul-e magától, s ha igen, hogyan. Figyeljék meg, hogy alulról tisztul-e ki vagy fölülről, vagy esetleg mindenhol egyszerre! Következtetni is tudnak az eredményből, miszerint csakis gázbuborékok lehetnek, amelyek a homályosságot okozzák, mert szép lassan felszálltak a víz tetejére, s onnan ki a levegőre. Ha ilyenkor beleszagolnak a kancsóba, akkor az is kiderülhet, hogy a szóban forgó gáznak nincs szaga (tehát nem klór). Végezhetnek vizsgálatokat a megismert kőzetek és ásványok tulajdonságait illetően is. Például megnézhetik, hogy van-e köztük olyan, amelyiket vonzza a mágnes, vagy amelyiknek vízben megváltozik a színe, vagy amelyik ecet hatására pezseg stb.

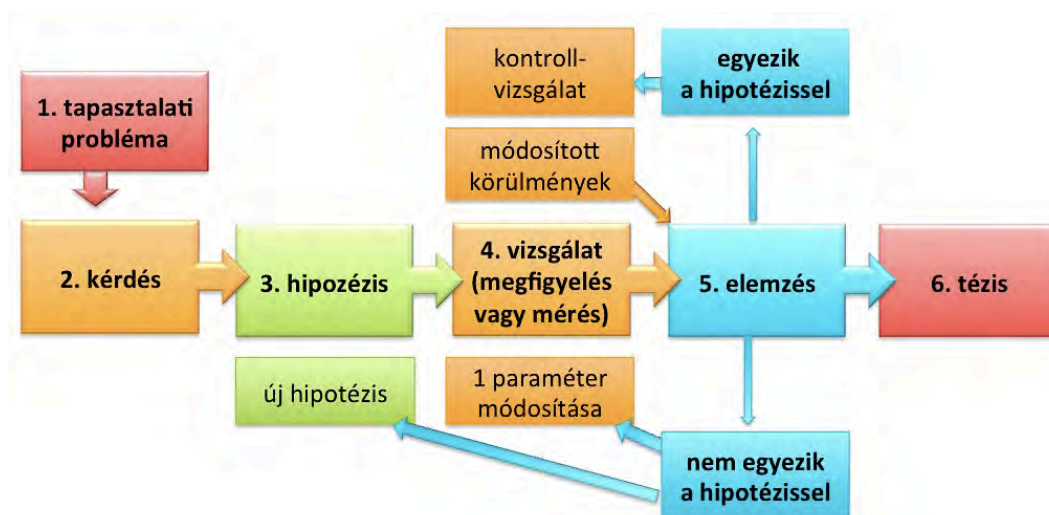
A pedagógusnak akkor is tisztában kell lennie a természettudományos kísérletezés lényegével és jellemzőivel, ha igazi kísérletet nem áll módjában elvégezni, elvégeztetni az iskolában! A **kísérlet** is kérdés a természethez, de bonyolultabb a vizsgálatnál. A kísérlet (nemzetközi szakirodalomban *experimentatio*) „mesterséges körülmények között végzett, provokált megfigyelés”. Lényegi ismérvei, hogy meghatározó paraméterei ismertek és egyenként (egymástól függetlenül) változtathatóak. Ez azért lényegi kritérium, mert ha menet közben két tényezőt változtatunk, nem lehetne tudni, hogy melyiknek a változása miatt lett más az eredmény. Tulajdonképpen ezen követelmény teszi szükségessé, hogy mesterséges körülmények között végezzük a kísérletet, hiszen másképp nem tudnánk

garantálni ennek a követelménynek a megvalósulását. A kísérlet fontos jellemzője az is, hogy tetszés szerint megismételhető, és azonos paraméterek esetén azonos eredményt ad.

Nézzük meg a kísérletezés logikáját, lépéseit egy klasszikus példán. Az 1800-as évek legelején – minthogy Luigi Volta (1737–1798) fölfedezte az (azóta róla elnevezett) Volta-oszlopot –, a természettudósok mindenféle anyagot vizsgáltak úgy, hogy belevezettek elektromos áramot. Érethető, hogy a víz volt az egyik vizsgált anyag, s abban minden tudós egyetértett, hogy a vízből két gáz keletkezik: mai nevükön hidrogén és oxigén. Humphry Davy (1778–1829) azonban arra is fölfigyelt, hogy a bontás után a cellában maradt víz lúgos kémhatású volt. Erre pedig nem volt semmiféle magyarázat. *Davy vízbontás kísérletének lépései az alábbiak voltak:*

- Tapasztalat: a legtisztább víz elektromos bontása után is lúgos a maradék víz.
- Miből származik a lúg? – Feltételezem, hogy a bontáshoz használt üvegedény anyagából.
- Kipróbálom üveg helyett achátédénnyel. Elemzem a maradék vizet. – Most is lúgos lett.
- Még mindig azt gondolom, hogy az edényből származik a lúg, ezért megpróbálom porcelánnal! – És megint lúgos lett.
- Menjünk biztosra! Próbáljuk meg aranyedénnyel! – Most semleges maradt.
- Beleszórok az aranyedénybe üvegport, s úgy végzem a vízbontást. – Megjelent a lúgosság!
- Kijelentem: tiszta víz bontásakor csak hidrogén és oxigén keletkezik. Ha lúg jelenik meg, az az edény anyagából származik.

Általánosságban megfogalmazva tehát a fenti kísérlet lépései a 7.6. ábrán láthatóak.



7.6. ábra. A vizsgálódás menete (Makádi M. 2013 alapján)

Az 5. pontnál meg kell jegyeznünk, hogy a kísérletező választás előtt áll. Ha nem azt kapta eredményként, amit várt, akkor vagy elveti a hipotézist (és másikat fogalmaz meg), vagy megtartja eredeti hipotézisét, de egy (egyetlen!) tényezőt megváltoztat a vizsgálatban. *Davy* nagyon bízott a hipotézisében, mert többszöri „nem egyezik” után is megtartotta. A fentiek alapján – visszatekintve – már valószínűleg világosabb, hogy a vizsgálat miért és mennyiben kevesebb, mint a kísérlet. Amikor a gyerekek pl. vizsgálják a juharfa és a

bálványfa termésének pörgését, akkor ebben a megismerési folyamatban nem szerepel sem probléma, sem hipotézisalkotás, sem vizsgálattervezés, sem kontrollvizsgálat. Amikor pl. azt vizsgálják meg, hogy mesterséges sötétben is becsukódik-e a virág, akkor az már közelít az igazi kísérletezéshez, mert legalább egy hipotézis (föltételezés) van benne, nevezetesen az, hogy „valószínűleg akkor is becsukódik, de próbáljuk ki!”.

Ha a gyerekek a pedagógus vezetésével és irányításával úgymond „tanulókísérletet” végeznek (pl. mágnesnek az iránytűre gyakorolt hatásait vizsgálják), akkor – bár nagyon fontos, hogy saját próbálkozás útján saját tapasztalatot szereznek a világról – nem igazán kísérletet végeznek a szó tudományos értelmében. Hiszen nem ők vetették fel a problémát, nem ők fogalmaztak meg hipotézist, nem ők tervezték meg a hipotézis bizonyítására (cáfolására) szolgáló vizsgálatot stb. Meg kell jegyeznünk, hogy a szó teljes értelmében vett, igazi kísérletet iskolai körülmények között (30 gyerekkel, behatárolt időben, korlátozott technikai lehetőségekkel stb.) gyakorlatilag nem is lehet végezni. De nem is a szóhasználat a fő kérdés. Nem baj, ha az iskolában azt is kísérletnek nevezzük, amely csak részben az, mert a teljes kísérletezési gondolatsornak csak egy része. Az azonban fontos, hogy a pedagógus lássa, az iskolai „kísérlet” és a fölfedező tudósok által végzett igazi kísérlet között különbség van.

A megismerés során szerzett tapasztalatok rögzítése és feldolgozása

Akármelyik megismerési módszerről is legyen szó, a tapasztalatok rögzítése és értelmezése tekintetében az **alapelvek** a következők:

- Vizsgálatok, tanulókísérletek esetén a megfigyeléseket minél pontosabban rögzíteni kell. Olyan részleteket is le kell írni, amik nem szerepeltek eredetileg a megfigyelési szempontok között. Ugyanis gyakran utólag derül ki, hogy a nem várt információnak van-e, és mi a jelentősége.
- A megfigyelt dolgok leírásában – az egyértelműség kedvéért – lehetőleg az adott természettudomány szakkifejezéseit, szakszavait kell használni.
- A gyűjtött adatokat, információkat utólag (nyugodt körülmények között) értelmezni kell. Ehhez gyakran szükséges a kapott adatok, információk összehasonlítása, csoportosítása, rendezése és rendszerezése.
- Hasznos lehet, mert segíti a kapott adatok, információk értelmezését a képi, vizuális ábrázolás. Számok esetén pl. a grafikonon vagy diagramon való ábrázolás, szavakkal leírt jellemzők esetében pl. a táblázatba foglalás.

Hallgatói kérdések és feladatok

1. Hogyan függ az életkori sajátosságoktól, és hogyan a témától, hogy adott helyzetben inkább nyitott vagy zárt végű megfigyelési feladatot adunk?
2. Gyűjtsen a tanulókkal példákat arra, hogy a köznapi beszédben elfogadott a „pontatlan” fogalmazás!
3. A mindennapi életben rutinosan használt kifejezésformák (pl. köszönés, kérdés stb.) hogyan hangzanának, ha szinte tudományos pontossággal fogalmaznánk meg azokat?
4. Ábrázolja Venn-diagramon az összehasonlítás és a mérés jellemzőit!
5. A mérés-etalonokkal kapcsolatban nyomozza ki, hogy miért vetették el végül azt a javaslatot, hogy a kg etalonja az 1 dm³ 4 °C-os desztillált víz tömege legyen!
6. Készítsen listát arról, hogy az egyes természettudományokban miknek van rendszere! (Pl. az atomoknak, a csillagoknak stb.)
7. A kísérletezés logikai lépései (7.6. ábra) közül melyek azok, amelyek 5-6. osztályban is könnyen megvalósíthatók? Keressen ezekre konkrét példákat!

7.3. Természettudományos megismerési és elemzési algoritmusok kialakítása, alkalmazása

Írta: dr. Makádi Mariann

Kulcsszavak: algoritmus, algoritmikus gondolkodás, átalakítási algoritmus, megismerési algoritmus, megtanulandó algoritmus, oktatási algoritmus, tanítási algoritmus, tanulási algoritmus

7.3.1. Algoritmizált élet az iskolában és a mindennapokban

A köznapi algoritmus értelmezése

Mindennapi életünk során számtalan algoritmussal találkozunk, követjük az általa diktált cselekvést vagy gondolkodást (pl. így váltunk jegyet a vasútállomáson, veszünk fel pénzt a bankjegyautomatából, így tudjuk meg hogyan kell meghúzni a vészféket a metrón vagy összerakni a lapraszerelt bútort), de a fogalom csak a számítástechnikai kultúra terjedése nyomán került be a köznyelvbe. Az **algoritmus** megengedett vagy szükséges cselekvések, utasítások sorozata, amely mintegy útmutatásként, receptként szolgál valamely probléma megoldására. Mint ahogyan az iménti példák tapasztalatából felidézhető, a megoldás leírását tartalmazza: mely műveleteket milyen sorrendben kell elvégezni ahhoz, hogy eredményre

jussunk (pl. Tegye a nyílásba a bankkártyát! → Írja be a PIN-kódot! → Válassza ki a kívánt műveletet! stb.). Vagyis az algoritmus tulajdonképpen a probléma, feladat lépésekre bontott megoldása. Ezek az automaták szöveges formában tudatják velünk a teendőnket a cél elérése, a probléma megoldása érdekében. Noha rövid és tömör utasításokat adnak, mégis viszonylag terjedelmesek, és csak akkor lesz sikeres a cselekvés, ha a felhasználó pontosan érti a szöveget. A vizuális típusú emberek számára könnyebb a használat, ha ábrák sorozata utasít (pl. a szerelési útmutatók, hardver telepítése számítógépre). Nehézsége, hogy ebben az esetben a rajzelemek értelmezése egyfajta kódfelismerést kíván, ugyanakkor egészen belátható, könnyen áttekinthető az egész tevékenységsorozat. Ugyanez az egyik előnye a folyamatábrával való utasítássorozatnak, cselekvési tervnek is, amelynek különösen akkor vesszük hasznát, ha döntési pontok vannak a folyamatban: „ha ez a feltétel, akkor erre, ha az, akkor arra megyek tovább...” (pl. menekülési terv, gyártástechnológiai program). Ebben az esetben nem az egyes tevékenységek részletei kódoltak, hanem a problémamegoldás lépései vannak jelképesítve, tehát az ábra a gondolkodást teszi könnyebbé. A mindennapjainkban ilyen algoritmusok alapján végzünk megszokott cselekvéseket, még akkor is azok sorozatában cselekszünk, ha nem gondolunk a folyamat lépéseire (pl. öltözködéskor, ital- vagy ételkészítéskor, 7.7. ábra).

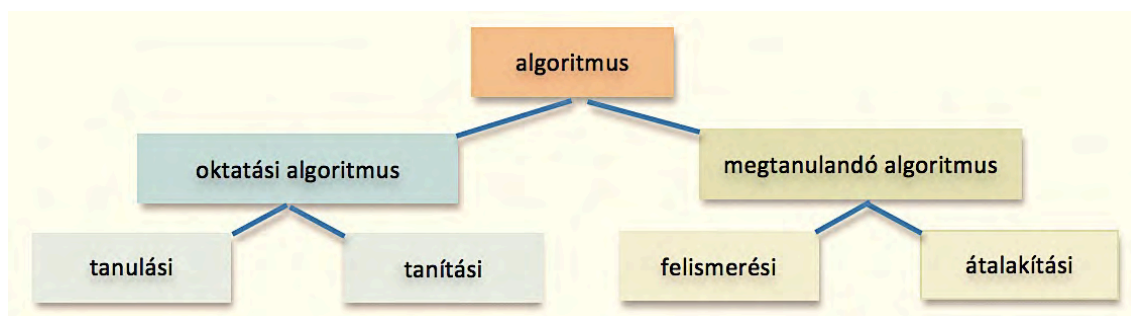


7.7. ábra. A teafőzés folyamatábrája (Makádi M.)

A pedagógiai algoritmus fajtái

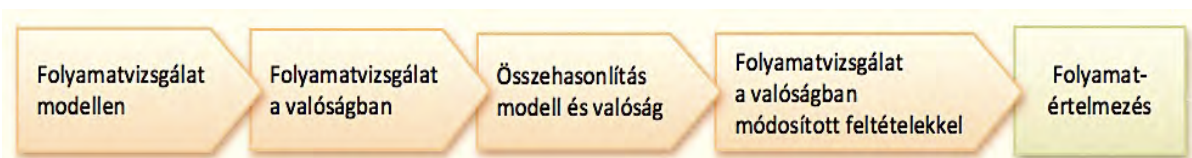
Az iskolai gyakorlatban is széles körben alkalmazunk úgynevezett **pedagógiai algoritmusokat**, amelyek abból a tapasztalásból indulnak ki, hogy a pedagógiai feladatok egy részénél a műveletek sorrendje jól meghatározható és fontos a sorrend betartása (7.8. ábra). Ez a bankautomata, a bútorösszerakás és a menekülési terv analógiája. Egyik csoportjuk az

oktatási algoritmus, ami a tanítási-tanulási folyamatra irányul a tanulók vagy a tanárok szempontjából. Két típusa a folyamat két összetevője alapján különül el. A **tanulási algoritmus** a gyermek tanulását irányítja, meghatározza, hogy a megoldott feladat eredménye függvényében milyen további tanulási műveletet (cselekvést, szempontvizsgálatot, kizárást, analógiakeresést stb.) kell elvégeznie. Erre épült egykoron a gépek által irányított programozott oktatás, de tulajdonképpen ekként fogható fel a munkafüzetek egymásra épülő, de differenciált feladatrendszere, a tanulási feladatterv készítése is. Ebbe a csoportba tartoznak a szempontokkal irányított **leírási, jellemzési, elemzési algoritmusok** is, amelyek azt tanítják a tanulóknak, hogy mely szempontok sorozatán át ismerhetik meg „mindenre” kiterjedően a megfigyelendő tárgyat (pl. az élettelen természet egy darabját, eszközt, az élővilág valamely lényét, egy tájat vagy életközösséget), hogyan juthatnak átfogó szemlélethez. A **tanítási algoritmus** pedig azt határozza meg, hogy a tanár hogyan reagáljon a tanulók különböző műveleteire. Pl. ha sikeresen olvassák le egy pont földrajzi fekvését a fokhálózat segítségével, akkor egy vonalszerű térképi elem (pl. folyó, útszakasz) leolvasása lesz a következő lépés, ha nem, akkor vissza kell térni a fokhálózat értelmezéséhez. Az eredményes tanításnak éppen ez lehet az egyik kulcsa: a tananyag „leadása” helyett stratégiai alternatívák, bejárású utak vannak a tanár fejében, és a tanulók teljesítményeitől függően halad tovább velük az egyik vagy a másik úton.



7.8. ábra. Az algoritmus fajtái a pedagógiai gyakorlatban (Landa, L. N. 1969 alapján Makádi M.)

A **megtanulandó algoritmus** a tanulók tanulásáról szól. Ennek is két fajtája van aszerint, hogy egy objektum felismerése vagy átalakítása a feladat. A **felismerési algoritmus** olyan elsajátítandó eljárássorozat, amelynek segítségével meghatározható, besorolható az összes adott osztályba tartozó fogalom, jelenség (pl. ásványok, kőzetek, növények felismerése, az anyagok kémiai, talajok genetikai, az élőlények rendszertani besorolása, halmazképzés). Az **átalakítási algoritmus** birtokában viszont a tárgyakkal, objektumokkal, a környezettel kapcsolatban változások idézhetők elő (pl. térelemek elforgatásának, a tárgykészítés, a vizsgálódás és a kísérletezés menetének sémája, 7.9. ábra).



7.9. ábra. A folyamatvizsgálatnak a tanteremből a valóságon át a tanterembe útvonalon haladó algoritmusa (Makádi M. 2013)

7.3.2. Az algoritmikus gondolkodás tanulása a természetismeretben

Mindennapi tevékenységeinket is meghatározott, rögzült algoritmusok szerint végezzük, amelyek biztonságot, állandóságot és rendszert visznek az életünkbe. Egy részüket „örököltük” vagy átvettük a környezetünkől (pl. abban a sorrendben végezzük a takarítási mozzanatok, ahogyan édesanyánktól láttuk, olyan szertartással készülődünk a vacsorához, ahogyan nagymamánk tette), más részüket magunk alakítottuk ki. Ugyanakkor észre kell venni, hogy vannak rosszul beidegződött algoritmusaink is, amelyekről nagyon nehéz megszabadulni, minél korábban rögzült, annál nehezebb módosítani, átalakítani. Ezért létfontosságú, hogy a tanulók az oktatás korai szakaszában tanulják az elemi eljárásokat, elemi egységeire bontott algoritmusokat, amelyek megfelelő kombinációja elvezethet a feladatok megoldásához, az eredményes tanuláshoz, a rendszerezett, tervszerű munkához.

Az algoritmikus gondolkodás szintjei

Az algoritmusok elsajátításával a tanulók olyan megismerési módszerek (eljárások, műveletek) birtokába jutnak, amelyek elősegítik a logikus gondolkodás fejlődését, az eredményes és az önálló tanulást. A természetismeret tanulási-tanítási folyamata telis-tele van algoritmusok alkalmazásával, azonban ez ritkán tudatosul a tanároknál, pedig a megismerési folyamatokba való átgondolt beépítésük nélkül aligha képzelhető el az **algoritmikus gondolkodás** fejlődése. Gyakran megelégszenek a készen kapott sablonok alkalmazásával, ragaszkodnak egy merev sémához, mert azt gondolják, a megismerésnek ez a „tökéletes” útja, a kisgyermeknek ezt kell követnie, hogy megtanulja, hogyan juthat összehasonlítható információkhoz, és elsajátítsa a tanulás „helyes” módját. Ezzel szemben az algoritmikus gondolkodás fejlesztésének ez csak az elemi lépése, az a **cél**, hogy a tanulók megtalálják az adott problémának megfelelő eljárást, az adott helyzetnek megfelelően módosítsák, átalakítsák, ezáltal fejlődjön ki a tudatos, tervező magatartás és a gondolkodás, a tanulási folyamat önellenőrzésének a képessége.

Az algoritmikus gondolkodásnak **négy szintje** van (7.10. ábra), amelyek hierarchikusan épülnek egymásra (Szántó S. 2002):

- 1. szint: **alkalmazásos előhívás** – a tanuló képes emlékezetéből felidézni már korábban elsajátított valamely eljárást, aminek a segítségével megoldhatónak látszik az aktuális

probléma (pl. felismeri a mészkövet sav rácsepegtetésével, el tudja választani mágnessel a vasreszeléket a szilárd keverékből) vagy sikerrel alkalmaz egy megadott algoritmust (pl. a hőmérséklet mérésének és az adat leolvasásának folyamata).

- 2. szint: **algoritmus megalkotása** – a tanuló felismeri a szükséges lépéseket, többször ismétlődő események, jelenségek, folyamatok esetén észrevesz szabályokat, általánosságokat, és ezeket valamilyen formában képes rögzíteni (pl. patak vizsgálatakor többször megtapasztalja hogyan kanyarog, és „tudja”, hol kell keresni a legapróbb szemű hordalékot).
- 3. szint: **tudatos kiválasztás** – a tanuló tudatosan törekszik a megfelelő algoritmus kiválasztására, újabb hasonló esetben egészében vagy kissé módosított formában felidézi, követi, használja az adott probléma megoldásakor (pl. ha a boglárka meghatározásakor így haladtunk, akkor ennek a cserjének a meghatározásakor is hasonlóan kell tenni).
- 4. szint: **kreatív átalakítás** – a tanuló a kiválasztott algoritmust rugalmasan átalakítja, átírja az adott problémára, új eljárást alkot az alapul vett algoritmus alapján (pl. a kőzet vizsgálatakor alkalmazza az ásványok fizikai tulajdonságainak megállapításánál alkalmazott technikák közül a célravezetőnek tűnőket).



7.10. ábra. Az algoritmikus gondolkodás szintjei (Szántó S. alapján Makádi M.)

Az algoritmikus gondolkodás szintjei összefüggenek a mentális fejlődéssel is, ezért az alapfokú oktatásban és a középiskolában eltérő módszerek kapcsolódnak hozzá. A természetismeret tanulásának időszakában alapvetően két út járható. Egyfelől a tanár kiépítheti azokat az általános, elsősorban felismerési algoritmusokat, amelyek a tananyagra épülnek, ahhoz kötődnek. Másfelől általánosan törekszik a sémaalkotásra, ösztönzi tanítványait, hogy ismerjék fel minden cselekvésben, feladatmegoldásban az eljárás módszerét, rögzítsék és tudatosuljon is bennük a lépések sorozata. Noha ezek alapvetően az algoritmikus gondolkodás 1. és 2. szintjét jelentik, a fejlesztés érdekében a tanulókat folyton problémahelyzet elé kell állítani. Másként megfogalmazva, újabb és újabb problémával kell

szembekerülniük, de az újonnan tanultakat a már meglévőkhöz kell kapcsolni.

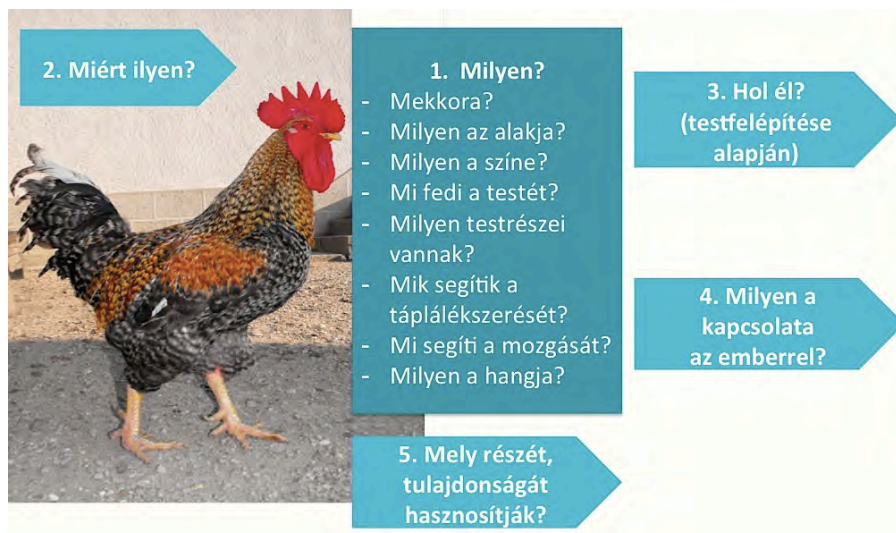
Az algoritmikus gondolkodás **kialakításának** (tanítási algoritmus) legfontosabb **elemei** az alábbiakban foglalhatók össze (Göncziné 2010):

- a tudatos tervező magatartás kialakítására való törekvés: a tanulók számára „megfoghatóvá” kell tenni a sorrendbe fűzött gondolatokat, mintegy példát mutatva arra, hogy ők maguk is csinálhatják így (pl. hangos gondolkodással, az egyes mozzanatok lerajzolásával);
- megfelelő idő biztosítása az átgondolásra: a tanulóknak végig kell gondolniuk a problémát, megkülönböztetniük, osztályozniuk, rendezniük kell az elképzeléseiket;
- a tanulók önellenőrzési lehetőségének biztosítása: mivel a tanulóknak terveket kell kigondolniuk, azokat mérlegelni szükséges, és átgondolt következtetéseket kell levonniuk.
- a folyamat tudatosítása értékeléssel: kulcsfontosságú mozzanat, hiszen ez biztosítja, hogy a tanuló teljességében lássa a megoldásra kijelölt problémát, a végigjárt folyamatot (a tévutakat, az eredményre nem vezető próbálkozásokat is).

Megadott algoritmusok alkalmazása

A természetismeret tanulása során a tanulók először olyan algoritmusokat ismernek meg, amelyek segítik a megismerési tevékenységet, deduktív gondolkodást igényelnek. Egy részük a bemenet oldaláról közelíti meg a folyamatot, tehát segítenek kiemelni a lényegét a valóság megismerése során azzal, hogy szempontokat adnak hozzá, így ha azokon megfelelő sorrendben végighalad a tanuló, nem maradnak ki fontos jellemzők, esetleg összefüggések, tehát biztonságos fogódzkodót jelentenek (pl. tárgy, élőlény, táj, életközösség jellemzése). Más részük technikai jellegű iránymutatást ad a megismeréshez: hogyan csináld? milyen sorrendben haladj? (pl. ábra- és képelemzés, tárgyalgotás, egy konkrét vizsgálat elvégzése).

Ezekkel az elemzési eljárásokkal a tananyagba ágyazottan ismerkednek meg a tanulók kétféle logika mentén. Részben mindig újabb módszert tapasztalnak (pl. 5. osztályban a háziállatokhoz kapcsolódóan az állatok, 6. osztályban az életközösségek vagy a tájak jellemzésének algoritmusát, 7.11–7.13. ábrák). Részben pedig megerősítik és kiegészítik a korábban megismerteket, ezáltal segítik a felidézésüket alkalom, szükség adtán, illetve mélyítik azokat (pl. egyszerű ábra, majd összetett, azután folyamat mozaik ábra értelmezése; egy objektumot, tárgyat, eszközt bemutató kép, majd az objektumot a környezetében bemutató kép, képsorozat, végül mozgókép elemzése).



7.11. ábra. Az élőlények jellemzésének algoritmus (Makádi M.)



7.12. ábra. Az életközösségek jellemzésének algoritmus (Makádi M.)



7.13. ábra. A tárgyak jellemzésének algoritmus (Makádi M.)

Új algoritmusok összeállítása

A természetismeret tanulásának életkori szakaszában nem várható el a tanulóktól, hogy teljesen új algoritmusokat konstruáljanak, de egyszerűbb folyamatokat már képesek kisebb lépésekre bontani, ha azokat többször tapasztalhatták, megfigyelhették. Az egész részekre bontását gyakorolhatják a tanulók például:

- **képregény készítésével**, ahol rögzíteni kell a folyamat, jelenség részmozzanatait, azoknak az előző állapottól való eltérését rajzban, de lehet, hogy a mozzanatok címének megfogalmazásával vagy beszédbuborék készítésével (pl. vulkáni működés, emberi egyedfejlődés);
- **fotómontázból folyamatábra készítésével**, amikor a részmozzanatok megjelenítő képelemeket kell kiemelni és logikai sorba rendezni (pl. a víz körforgása, tápláléklánc az életközösségben, a növény fejlődési fázisai);
- **cselekvési terv** részfolyamatainak kártyákkal történő applikálásával, tárgyakkal való modellezésével (7.14. ábra), vagy egy megvalósított cselekvéssor lépéseinek utasításos megfogalmazásával utólag (pl. adatok gyűjtése méréssel, faültetés, madáretető készítése, 7.15. ábra).

Ezekben a műveletekben a tanulók alkalmazzák az „így láttam másoktól” analógiát is.



7.14. ábra. Cselekvési terv modellezése tárgyakkal (Makádi M. felvétele)



7.15. ábra. Tárgykészítési algoritmus – madáretető készítése tejes dobozból

Hallgatói kérdések és feladatok

1. Keressen konkrét példákat a természetismeret tananyagából, amelyek algoritmikus gondolkodást igényelnek! Rendezze ezeket a pedagógiai algoritmusok csoportjaiba!
2. Gyűjtse össze az algoritmikus gondolkodással kapcsolatos követelményeket a természetismeret kerettantervből! Keresse meg azok előzményét a környezetismereti követelményekben!
3. Tanulmányozza a 7-8. évfolyamra vonatkozó kerettanterv biológiai, fizikai, természetföldrajzi és kémiai anyagát! Keresse meg, hogy mely tartalmi és módszerbeli elemek épülnek a természetismeretben megfogalmazott algoritmikus követelményekre!
4. Készítsen rendszerező algoritmust a természetismeret tanulási folyamatáról!

7.4. A konstruktivizmus elemeire épülő természetismeret tanulási-tanítási folyamat

Írta: dr. Radnóti Katalin – dr. Makádi Mariann

Kulcsszavak: előzetes tudás, fogalmi váltás, gyermektudomány, konstruktivizmus, metakogníció

7.4.1. A konstruktivista tanulásszemlélet

A természetismeret tanításának egyik lehetséges elméleti háttere a **konstruktivista didaktika**, ami szerint a tudás a megismerőrendszer és a környezet kölcsönhatása folytán alakul, formálódik, az ismeret nem csupán a környezet lenyomata. E tanuláselmélet filozófiai alapvetései elsősorban *Thomas S. Kuhn* által megfogalmazott megközelítésmódban láthatók. Nézeteinek alapját a tudományos fejlődés általa megkülönböztetett két szakasza, a normál és a forradalmi szakasz adja. E tudományos folyamatnak megfelelő, a gyermeki megismerésben jelentkező sarkalatos gondolkodásmód átalakulásra a didaktika a fogalmi váltás kifejezést használja. A tudományos fejlődés normál szakasza gyakorlatilag halmozódónak, összegződőnek tekinthető. Ellenben a forradalmi szakaszok olyan epizódok, amelyek rálátást nyújtanak a tudományos megismerés egy központi összetevőjére, például az olyan felfedezések, amelyek nem illeszthetők be a korábban kialakult képzetbe, a megelőzően használt fogalmi keretbe. Egy ilyen felfedezéshez meg kell változnia a természeti jelenségek leírasi módjának, a róla való gondolkodásnak. A forradalmi változások *Kuhn* szerint holisztikusak, vagyis nem hajthatók végre részletekben, lépésről lépésre,

továbbá „megváltozik az a mód, ahogy a szavakat és kifejezéseket hozzákapcsoljuk a természethez, ahogy meghatározzuk a referenciát”, valamint a hasonlóságok régi mintázatát el kell vetni, és újjal helyettesíteni. A napjainkban oly divatos paradigma kifejezést is ő vezette be az olyan, általánosan elismert tudományos eredményekre, amelyek egy bizonyos időszakban a tudományos kutatók közössége számára problémáik és problémamegoldásaik modelljeként szolgálnak. A konstruktivista pedagógia térnyerése a közoktatásban egyfajta paradigmaváltás.

Más ismeretelméletek szerint az új tudás a régi ismeretekhez való hozzáadódásként keletkezik. Ezzel szemben a konstruktivizmus azt vallja, hogy a tanulók fejében nem információ-felvétellel formálódik a tudás, az nem közvetítődik a fejükbe, hanem maguk alkotják meg, és ebben a folyamatban meghatározó szerepe van az előzetes tudásuknak. Valójában a tanulóknak minden témával kapcsolatban van valamilyen, „jó” vagy „rossz” előzetes elképzelésük, amely meghatározza a tanulás folyamatát, és sajnos nem egy esetben nehezíti azt. Ezért fontos, hogy a pedagógus fokozottan figyeljen ezekre, hiszen ellenkező esetben félő, hogy a tanulóban nem alakul ki az új tudás, csak megtanult versike lesz az adott törvény, tétel, összefüggés.

A gyerekekben kialakult természeti világ „vetülete” sok esetben nem fedti a tudomány által elfogadott tételeket. Vagyis ha egy gyerekkel megbecsültetjük egy esemény végeredményét, akkor a legtöbb esetben más következtetésre jut, mint ami ténylegesen be fog következni. Cél tehát annak elérése, hogy a tanulók olyan elképzeléseket, elméleteket alkossanak, amelyek megfelelnek a tudomány eredményeinek. Ennek a konstrukciónak a folyamatát **fogalmi váltásnak** nevezzük. Fogalmi váltás például, amikor a tanulók a folytonos anyagkép szemléletéről áttérnek a részecskeszemléletre, vagy amikor a teret a téri pontok halmaza helyett viszonyítási rendszerben érzékelik. Szomorú tény, hogy a fogalmi váltással nem gyökerestül „szabadulunk meg” a régi gondolkodásmódtól, az nem tűnik el végleg. A tudomány egyre „jobb” modelleket alkot, hogy az majd egyre pontosabban megfeleljen a tapasztalatoknak. (Szép példa a modellalkotásra a csillagászat fejlődéstörténete: a kör alakú pályákkal leírt bolygómozgási elméletet a megfigyelések nem támasztották alá, ezért azt pontosították, még jobban „körösítették”, és csak később tette meg *Kepler* a nagy lépést, miután ellipszis alakú bolygópályákról beszélt, amit már a mérési eredmények is alátámasztottak.) A **fogalmi váltást elérni** nem könnyű, az egy hosszabb-rövidebb ideig tartó folyamat (7.16. ábra):

1. lépés: a tanulóknak látniuk kell saját gondolkodási mechanizmusukat, majd ütköztetniük kell olyan jelenséggel, amire már nem ad magyarázatot eddigi „elméletük”. Erre kitűnő lehetőség a gyerekek beszélgetése vagy vita generálása az osztályban egy kérdés kapcsán.
2. lépés: meg kell ismertetni a tanulókkal az új elképzelést, amit esetleg először elutasítanak, de fokozatosan belátják, hogy azzal a régi jelenséget (amit még a régi

elképzelés is megmagyarázott) éppúgy, mind az újabb jelenséget (ami az ellentmondást kiváltotta) magyarázni lehet.

3. lépés: az új elképzeléssel sikerélményre kell jutniuk, megtapasztalniuk, hogy azzal már magyarázhatók olyan jelenségek is, amelyeket a régi elv nem tudott.

A gyerekek az őket körülvevő világ jelenségeire képesek nehéz és elvont elméleteket is kidolgozni magukban, amelyek sokszor teljesen különböznek attól, amit a tudomány „aktuális állása” képvisel, illetve ezek annyifélek lehetnek, ahány gyerek van. A tanár célja éppen ezen kialakult nagyon stabil elméletek bázisán az új tudás megkonstruálása. Azonban ez nem mindig sikerül, így a tanuló sokszor felnőtt korában is pl. az arisztotelészi világkép lelkes „képviselője” marad.



7.16. ábra. A fogalmi váltás folyamata (Makádi M.)

A gyermekeknek a természeti jelenségek magyarázatára használt fogalomrendszere leírható néhány fogalomhalmaz fokozatos differenciálódásaként. Van például egy inkább a statikus viszonyok jellemzésére használt fogalomhalmaz, ami a mennyiséggel áll kapcsolatban, amibe a sok, a nehéz, a nagy, a sűrű, a kemény és ezek ellentétei találhatók. A másik nagy fogalomhalmazt nevezhetjük dinamikusnak, ide tartozik a mozgás, az erő, a gyorsaság (ez nagyon nehezen differenciálódik sebességre és gyorsulásra), a nyomás, a hő, a hőmérséklet, a savasság. A tanulók erősen keverik az úgynevezett extenzív és intenzív fizikai mennyiségeket, vagyis a folyamatok során összeadódó, illetve kiegyenlítődő mennyiségeket, pontosabban a kiegyenlítődő mennyiségeket is összeadódóként kezelik. Ennek legjobb példája a hő és a hőmérséklet fogalmak keverése (e két fogalom a tudomány története során is viszonylag későn vált ketté). Több kutató vizsgálatának eredményei azt mutatják, hogy a gyermeki elképzelések sokszor követik a tudománytörténet főbb állomásait, elképzeléseit. Ez a sor *Arisztotelész* világképétől kezdve a lapos Föld-képen át haladva tartalmazhatja a tudománytörténet valaha volt tudományos rangú elméleteit is.

A tanulói ismeretekre alkalmazott kifejezések

(Korom E. 2005 nyomán)

<i>eredeti angol elnevezés</i>	<i>magyar megfelelője</i>
misconception	tévképzet
preconception	előzetes elképzelés
alternative conception	alternatív elképzelés
naive belief	naiv meggyőződés
naive theory	naiv elmélet
children's science	gyermektudomány
conceptual frameworks	fogalmi keretek

„Küzdelem” a tévképzetek ellen

A jelenlegi hazai iskolarendszerben azt tapasztaljuk, hogy mire elkezdddik a fizika, a kémia, a biológia és a természetföldrajz szakrendszerű tanítása, addigra sok tévképzet meggyökeresedik a tanulóiban. Például a fizikai ismeretek alapját jelentő, a mozgásokkal kapcsolatos elképzelés, hogy a mozgás fenntartásához állandó külső erőre lenne szükség; az erdő nem más, mint sok fa; a földrészek összeérésével alakultak ki a hegyek; a páradús levegőrészecske nehezebb, mint a száraz. Mit lehet tenni a tanulói tévképzetek megszilárdulása ellen? Az egyik lehetséges megoldás az, hogy a jelenleginél korábban kezdünk el foglalkozni az élettelen és az élő természet jelenségeinek elemzésével, természetesen az életkori sajátosságoknak megfelelően. Leküzdéséhez sok beszélgetésre, a jelenségekre való rácsodálkozásra, a fogalmak kialakításának elkezdésére van szükség már az 1-6. évfolyamokon. Ahhoz, hogy eredményesen számolhassa fel a tanár a tévképzeteket, ismernie kell tanítványai elképzeléseit a világnak mindig arról a szeletéről, amellyel épp foglalkoznak. Gyakran mondjuk, hogy ez szinte lehetetlen sokfős (30-35 fős) tanulócsoportok esetében. Az infokommunikációs eszközök azonban a tanár segítségére lehetnek. A témával való foglalkozás előtt a tanár által tesztjellegűen megfogalmazott kérdésekre a gyerekek egy szavazórendszer megfelelő gombjának lenyomásával válaszolnak, szavaznak. Ennek az az óriási előnye, hogy a tanár gyakorlatilag azonnal látja az interaktív táblán vagy csak számítógépének a monitorján, hogy miként is gondolkodnak a tanulók egy adott kérdéstről. Természetesen tájékozódó kérdések a feldolgozás közben is feltehetők, így a tanulási-tanítási folyamat közben figyelemmel kísérhető a tanulók elképzelésének, tudásának alakulása. Ezen túlmenően célszerű elemezni az ellenőrző dolgozat kérdéseinek megoldási arányait, és azokból következtetéseket levonni, amelyek kijelölhetik a tanári munka folytatásának irányait.

7.4.2. A tanulási folyamat elősegítése a természetismeret tanítása során

A modern kognitív pszichológia úgy gondolja, hogy az információfeldolgozás tudástartalomhoz és konkrét helyzethez (kontextushoz) kötött. Képességeink vannak, de azok nem valamilyen elkülönült, minden szituációs és tartalmi kötöttségtől mentesíthető megismerései operátorok, hanem erősen tartalom- és helyzetfüggő „valamik”. Úgy képzelhetjük el, hogy az információ feldolgozását mindig konkrét tartalomhoz és szituációhoz kötött, specifikus tudásrendszerek végzik, és e tudásrendszerek minőségétől függ valójában a működés eredményessége. Például amit a feladatmegoldó képességrendszer működéseként „érzékelnünk”, az – ezen elképzelés szerint – nem más, mint a konkrét feladatokhoz köthető tudásrendszerek működése. Különös figyelmet érdemelnek azok a tudáselemek, amelyek összességét a kognitív pszichológiában metakogníciónak neveznek. A **metakogníció** azon tudásunkat jelenti, amit saját magunk és mások gondolkodásával, tanulásával, problémamegoldásával, kommunikációjával kapcsolatban birtokolunk. Tudhatjuk például, hogy milyen úton, módon szoktunk feladatokat megoldani, tudhatjuk, hogy milyen gondolkodási trükköket érdemes bevetni egy-egy nehezebb probléma megoldása során. Lehet arról is ismeretünk, hogy elsősorban milyen tanulási stílus felel meg nekünk a legjobban, s mindenfajta tanulás során követhetjük ezt a stílust.

A tanulási folyamat során a konstrukciós folyamatok közben az **előzetes tudás** változik, formálódik, átstrukturálódik, és ebben nem a kívülről érkező ingerek játsszák az irányító szerepet, hanem maga ez az előzetes tudás. A jelenségeket mindig a meglévő tudásunknak megfelelően értelmezzük, a jelenségek (a tapasztalati világunk elemei) kiszolgáltatottak az értelmezési mechanizmusoknak, s nem fordítva. A tanulók képesek a vizsgálatok eredményeit másképpen látni, mint ahogyan azt a pedagógus értelmezi. Például az ugyanolyan magasról elengedett, különböző tömegű testek közül a tanulók döntő többsége minden életkorban a nehezebbet látja leesni hamarabb, még akkor is, ha azok műszerekkel kimutathatóan észlelési határon belüli időkülönbséggel érnek talajt. (A levegő ellenállása miatt a nehezebb testek valóban hamarabb érnek le valamivel, de kifejezetten nagy tömegű, vagyis kilogrammos nagyságrendű testek esetében a különbség az észlelési határ alá kerül.) Az alsó tagozatos gyerekek megdöbbenve tapasztalják, hogy két pohárból ugyanakkora mennyiségű, egyaránt 30 °C-os víz összeöntésekor a közös hőmérséklet 30 °C lesz, és nem 60 °C, ahogyan ők gondolták, és elkezdik vizsgálgatni a hőmérőt, hogy nem hibás-e az. Az itt említett jelenségeknek nem az az oka, hogy a tanulók valamit nem tanultak meg jól, rosszul gondolkodnak, nem elég alaposak vagy valami hasonló, csupán arról van szó, hogy előzetes tudásuk, meglévő kognitív rendszereik állapota, tartalma határozza meg a gondolkodásukat.

Szinte minden témában létezik előzetes tudás, ami döntő meghatározója a tanulási folyamatoknak. A tanár hiheti azt, hogy a gyerekek tudata egy üres lap, amelyre most az okos magyarázatok segítségével kell felírni a természeti világra vonatkozó ismereteket, és cselekedhet is ennek megfelelően, de akkor számolnia kell azzal, hogy nemsokára

konfliktusok jönnek létre a tanulók világlátása és a magyarázatok között, a gyerekek képtelenek lesznek megalkotni az új tudást (átalakítani meglévő elképzeléseiket), mert a tanítás a tanulás itt jellemzett dinamikáját nem veszi figyelembe. Az eredmény lehet az, hogy nemsokára a gyerekek egy jó része belefárad abba, hogy hiábavaló erőfeszítéseket tegyen a tanár magyarázatainak értelmezésére, a tudásrendszer olyan átalakítására, amelyben a tanár tudományos látásmódja a meghatározó. Nem sikerül ez az egyeztetés, mert a tanuló egészen másképpen gondolja. Neki a mozgás fenntartásához mozgató hatásra van szükség, a hőmérséklet – mert szorosan összekapcsolódik az energia, a hő fogalmaival – összeadódó és nem kiegyenlítendő mennyiség. Miközben tehát az előzetes tudás alapvető jelentőséggel bír, amennyiben „az az a hely”, ahol a konstrukciós folyamatok zajlanak („az előzetes tudás az, ami konstruál”), eközben nagyon sokszor gátja lehet a tudományos elképzeléseknek megfelelő konstrukciók kialakulásának. Ezért elengedhetetlenül fontos a tanulók előzetes tudásának ismerete.

A tanítás célja lehet az, hogy **a tanulóban konstruálódjanak meg olyan elképzelések, elméletek** is, amelyek a tudományos látásmódhoz hasonló következtetéseket, magyarázatokat, cselekvéseket eredményeznek. Az a folyamat, amiben ilyen alternatív elképzelések jönnek létre, és amelyben ezek az elképzelések, elméletek a megfelelő helyzetben működésbe is lépnek, a fogalmi váltás. Az tehát egy radikális gondolkodási átalakulás, a világ egy részét, egy jelenség együttesét „elkezdjük másképpen látni”, mint korábban. Fogalmi váltás, amikor a diákok megtanulják és el is fogadják (meggyőződésükké válik), hogy a Föld kering a Nap körül, nem pedig fordítva. Ugyanúgy fogalmi váltás a newtoni mozgáselmélet valódi elsajátítása, tehát amikor tudatosan alkalmazzuk azt a komolyabb megfontolást igénylő mechanikai problémák megoldása során, legyenek azok iskolai problémák, feladatok, vagy az egyéni élet során felmerülő, gyakorlatiasan megválaszolandó kérdések. Fogalmi váltásokat jelent az anyagszerkezet szemléletmódjainak lépcsőzetes kialakulása, vagyis amikor elfogadjuk, hogy az anyag nem folytonos, hanem kis golyókból áll; azután amikor elfogadjuk, hogy ezek a részecskék valójában nem is mindig golyók és van belső szerkezetük, atomokból állnak; azután amikor az atomokat kis bolygórendszerekként képzeljük el. Ezt az anyagszerkezeti modellekkel kapcsolatos sort mindenki tudná tovább folytatni. A természetismeret tanulása (de ez így van minden tantárggyal) telis-tele van fogalmi váltásokkal, egész tantervek vázát alkotják ezek a lényeges szemléletmódbeli váltások.

A **gyermektudomány** azoknak a rendszerré szerveződő tudáselemeknek az összessége, amiket a gyerekek a világról alkottak meg magukban. Azért kapta a „tudomány” megnevezést, mert valóban a tudományos ismeretrendszerekéhez hasonló funkciói vannak: előrejelzi az eseményeket, folyamatokat, magyarázza mindazt, ami a gyermek tapasztalati világában megjelenik, végső soron irányítja a cselekvést. Ugyanúgy tételekből, elméletekből áll, mint a „nagy tudomány”, csak formalizáltságuk nem éri el a tudományos ismeret formalizáltságát. A gyermektudomány meglehetősen alaposan vizsgált jelenségvilág,

kutatását már *J. Piaget (1972)* elkezdte. Könyvtárnyi irodalma van annak, hogyan gondolkodnak a gyerekek a Világegyetemről, a mozgásokról, az elektromosságról, a fényről, az anyagszerkezetről, a víz körforgásáról, az anyagcseréről stb. A gyerekek nagyon sok esetben szinte pontosan követik azokat a tudomány történetében is létezett elképzeléseket, amelyeket ma már legfeljebb érdekeseeknek, túlhaladott elméleteknek tekintünk. Ezért fontos tudás a tanár számára a tudomány története, a fogalmi rendszer formálódása az éppen feldolgozni kívánt témakör esetében.

A tanítás során ki kell alakítani azokat a feltételeket vagy azoknak egy megfelelő részét, amelyeket az előbb felsoroltunk. Beszéltetni kell a tanulókat meglévő elképzeléseikről. Ütköztetni kell az egymásnak ellentmondó vélekedéseket például viták rendezésével. **Kétséget kell ébreszteni** a gyerekekben azzal kapcsolatban, hogy vajon minden esetben beválnak-e az elgondolásaik. Láttatni kell, hogy létezik más lehetőség is az adott témában való gondolkodásra, és amennyire lehet, tisztán el kell magyarázni ezt az új elképzelést (itt bátran használhatunk hagyományos módszereket is). Ki kell alakítani a tanulóknál olyan attitűdöt, amely lehetővé teszi, hogy ugyanarról a jelenségvilágról képesek legyenek többféleképpen is gondolkodni, fogadják el, hogy az elméleteink modellek, és ilyen modell is több létezhet. Sok-sok megfigyelés, mérés, vizsgálat, kísérlet szükséges ahhoz, hogy a tanulók egyre közelebb jussanak annak belátásához, hogy az újonnan elsajátított értelmezés tényleg hasznos lehet. Ez ne iskolás, kilúgozott mintafeladatokkal történjék, hanem életszerű, a gyerekek életét is közvetlenül érintő példákkal. Semmit nem ér az olyan „fogalmi váltás”, amely esetében az újonnan elsajátított elképzelés alkalmazása a gyerekek számára csakis a pedagógiai szituációkban (válaszadás egy tanári kérdésre, felelés, dolgozatírás, vizsga) indokolt. Ilyenkor a tudás csak iskolás szituációkban és nem az „életben” lesz adaptív, a fogalmi váltás nem úgy ment végbe, ahogyan a tanár szeretne volna. Tehát a természetismeret tanítása során a tanár és a tanulók végezzenek sok vizsgálatot, mérést, gyakorolják az elméletalkotást, a kutató módszerek alkalmazását érdekes problémák megoldásán keresztül, és lássanak sok alkalmazási példát az életből.

Hallgatói kérdések és feladatok

1. Keressen olyan jellegzetes előzetes tanulói elképzeléseket, amelyek gyakran felmerülnek a tanítás során, de nem egyeznek meg a jelenleg elfogadott tudományos világgéppel! Emlékei szerint Önnek is voltak-e ilyen elképzelései?
2. Készítsen egy választott témakörhöz tartozó, a gyerekek sajátos elképzeléseinek feltárására alkalmas feladatokból álló „tesztet”!
3. Keressen olyan jellegzetes természetismereti témaköröket, amelyeken keresztül bemutatható, hogy a tudomány fejlődése során alapvetően megváltozott a leírásmód!
4. Keressen 5-6. osztályosok számára érdekes, kutatásra alkalmas témákat! Tervezzék meg a feldolgozás lehetséges módját!

5. Válasszon ki egy tanítási egységet, és tervezze meg a tanulók tanulása érdekében szervezendő tevékenységeket! Gondoljon arra, hogy nagyon különböző előzetes tudással rendelkező tanulók lehetnek az osztályban! Törekedjen sokféle, egymástól lényegesen különböző tevékenységre!

7.5. Tanulás kérdésekkel

Írta: dr. Makádi Mariann

Kulcsszavak: kérdés, kérdésfajta, kérdezés, kérdezési technika, kérdésösztönző módszer, természettudományos kommunikáció

7.5.1. A világ megismerésének útja a kérdezés

Kommunikáció a rajtunk kívüli világgal

Ha az életet úgy fogjuk fel, mint megválaszolandó kérdések és megoldandó problémák sorozatát, akkor az iskolai munka egyik alapvető célja a világhoz intézett helyes kérdésfeltevés és a kérdésnek megfelelő válaszadási módszerek megtanítása a tanulóknak. Kicsit tágabban értelmezve, az iskolában kell a gyerekeknek elsajátítaniuk a **környezettel való kommunikáció képességét**. Ebben a természetismeret tantárgynak azért van jelentős szerepe, mert tanulása során alakul ki a természettel való kommunikációs készségek, illetve itt tanulják meg a gyerekek, hogyan kell kérdéseket intézni a természethez úgy, hogy azokra adekvát és valósághű válaszokat kapjunk. Azt gondolhatjuk, hogy ez nem nehéz, mert a tízévesek folyton kérdeznek a társaiktól és a felnőttektől, amellyel kommunikációt kezdeményeznek, beszélgetésre hívnak. Csakhogy az iskolai légkör és attitűd hamar leszoktatja őket a kérdezésről. Ahogyan haladnak előre az évfolyamokon, egyre kevesebb beszélgetést kezdeményeznek, azt inkább a tanáraik indítják, de ők is többnyire csak beszélnek hozzájuk, mintsem beszélgetnek velük. Pedig kérdezés nélkül nincs eredményes tanulás, hiszen a kérdések nyomán nemcsak válaszokat kapunk a problémáinkra, hanem megismerjük egymás gondolatait, felismerjük saját határainkat és megismerjük önmagunkat.

A tanítási-tanulási folyamat annál eredményesebb, minél jobb kérdéseket tesznek fel egymásnak a résztvevők. A kérdések megismerési, elmélyítési, felelevenítési, alkalmazási szempontból egyaránt jó és nyelvtanilag is szabatos megfogalmazása, valamint a velük való helyes bánásmód elsajátítása azonban hosszú és nehéz folyamat. Felfigyelt már arra, hogy milyen gyakran adnak szabatos válaszokat a tanulók hibás vagy rossz tanári kérdésekre? Ők

már hozzászóltak a rossz kérdésekhez, kitalálják, hogy mire gondolt a tanár. Ez azonban csak abban a közegben, ugyanolyan körülmények között működik. Már a frontálistól eltérő óravezetés, egy új tanuló vagy új tanár bekapcsolódásakor sem értik egymást, hát még az iskola falain kívül! A gyerekek azonban hatékonyan képesek alakítani tanáruk munkáját, mert számára szokatlan dolgokat és módon kérdeznek meg, ezáltal rávilágítanak arra, hogy mi nem volt világos, vagy mit szeretnének megtudni. A tanítási-tanulási folyamat során együtt fejlődik a tanár és tanítványainak a kérdezéskultúrája. A **tanárok** alapvetően azért kérdeznek, hogy felkeltsék a gyerekek érdeklődését a tananyag iránt és kérdéseikkel új tudáshoz vezessék őket, más megközelítésben: segítsék a helyes természettudományos gondolkodásuk kialakulását, no és persze ellenőrizzék a tudásukat. Tehát a kérdezésnek az ő részükről az a szerepe, hogy **működésbe hozzák és aktív állapotban tartás a gondolkodást** a tanulási folyamat során (7.17. ábra). A valóságban azonban sokszor épp az ellenkezője történik. A rosszul, rossz időben feltett, vagy a túl sok apró kérdés akadályozhatja a tanulók gondolkodását, összezavarhatja önálló gondolatmenetüket. A kérdéssorozattal kézben tartott tudásszerzési folyamat felmenti a tanulókat a gondolkodási erőfeszítések alól, így lassan leszoknak a gondolkodásról és a kérdezésről is.



7.17. ábra. A tanári kérdezés funkciói a tanítási-tanulási folyamatban (Makádi M.)

A kérdések megfogalmazásakor a tanár tartalmi, didaktikai és pedagógiai célokat érvényesít, ennek megfelelően a kérdések sokfélék lehetnek és többféle módon rendszerezhetők (7.5–7.8. táblázat).

Kérdésfajta	Jellemzője	Példa
Zárt kérdés	Csak egy vagy néhány jól körülhatárolt, rövid válasz adható, általában csak a tanuló korábbi ismeretének felidézését igényli	Milyen halmazállapotú a puding? Milyen magas a Kékes?
Nyitott kérdés	több jó válasz lehetséges (vagy nincs is igazán minősíthető válasz), bő, kifejtő választ kíván, amelyhez nem ad konkrét irányvonalat	Mi a véleményed a Marsra való utazásról? Mit tudnál mondani a szű védelmében?

7.5. táblázat. A kérdések fajtái az elvárható válasz szerint (Makádi M.)

Kérdéscsoport	Kérdésfajta	Mit kíván?	Példa
Ismeretele- mekre irányul- ó kérdések	Ténymegállapító	tényközlést	Mik a talaj alkotói? Milyen halmazállapotai vannak az anyagnak? Melyek a vitaminban gazdag táplálékok?
	Adatmegállapító	adatközlést	Milyen hosszú a Duna? Hány cm vastag a talaj?
	Tulajdonságmegállapító	tulajdonság felsorolást	Mi jellemzi a szárazföldi éghajlatot? Melyek az emlősök tulajdonságai? Milyen a víz?
Logikai műveletekre irányuló kérdések	Felsoroltató	tények felsorolását	Melyek a Duna jobb oldali mellékfolyói?
	Fogalommeghatározó	definícióalkotást	Mi a zivatar? Mi a kérődzés?
	Rendszerező	csoportosítást, részekre osztást, osztályozást vagy sorba rendezést	Melyek a felszín alatti vizek típusai? Mely szempontok szerint csoportosíthatók az anyagok?
	Következtető	ítéletalkotást, bizonyítást, előrejelzést, hipotézisalkotást	Mi bizonyítja, hogy élőlények nélkül nem képződik talaj? Mi történne a Földön, ha eltűnne a Nap?
	Oksági	ok-okozati összefüggés felismerését	Mitől függ a vízgyűjtő terület nagysága? Miért van sok giliszta és csiga eső után a kertben?
Gondolkodási műveleteket analizáló kérdések	Megértési	visszajelzést a tartalom megértéséről	Hogyan érted azt, hogy...? Mivel magyarázod, hogy...?
	Analizáló	elemzést, vizsgálatot	Miért csúszik le a kiskocsi a lejtőn? Mi bizonyítja, hogy az üres pohárban van levegő?
	Szintetizáló	összegzést	Hogyan lehetne tisztázni a levegő fontosságát?
	Összehasonlító	hasonlóság és különbség megállapítását	Miben különböznek az egy- és a kétszikű növények? Miben hasonló a fa égése és rothadása?
	Általánosító	konkrétumból általánost	Mi jellemzi a nyár időjárását? Következtess az adatsorból!
	Konkretizáló	általánosból konkrétumot	Hogyan keletkezett a Kiskunság homokbuckavidéke (a homoksivatag ismeretében)?
	Viszonyító	mennyiségi, minőségi összehasonlítást	Hányszor nagyobb a Föld a Holdnál? Melyik a legszínesebb évszak?
Komplex kérdések		fogalomértelmezést, feladatmegoldást, problémamegoldást	Hogyan lehet szétválasztani alkotóira a keveréket?

7.6. táblázat. A kérdések fajtái a gondolkodási tevékenység irányultsága szerint (Makádi M.)

Kérdésfajta	Jellemzője	Példa
Motiváló kérdés	érdekes vagy szokatlan megközelítéssel, a tanuló számára motiváló elemmel ráirányítja a figyelmet a tartalomra	Hogyan szeretnéd megismerni...? Miért nem esik le a Hold a Földre?
Ellenőrző kérdés	az ismeretelemről, a megértésről vagy a tudás mélységéről tájékoztató	Bármely tananyag- vagy logikai műveletekre irányuló kérdés
Informálódó kérdés	a tanulási folyamatban aktuálisan hiányzó ismeretelemre mint információra irányul	Mivel kell még kiegészíteni...? Mi hiányzik?
Véleményt kérő kérdés	a tanulónak a dologgal kapcsolatos érzelméről vagy tartalmi megítéléséről tájékoztató	Szerinted jó ez a megoldás? Mi a folyamat pozitív-negatív oldala?
Szervezési kérdés	a tanulási folyamat aktuális tevékenységére irányul, világossá teszi az aktuális mozzanatot vagy ellenőrzi megtörténtét, megértését	Eolvastad a szöveget? Megértetted a lényegét? Mehetünk tovább?
Gondolkodtató kérdés	a témával kapcsolatos összetevők számbavételére, a közöttük lévő kapcsolatok feltárására, további eszmefuttatásra sarkall	Mikor lehet igaz ez az állítás? Mit kellene még megvizsgálni ahhoz, hogy ismerjük a jelenség természetét?

7.7. táblázat. A kérdések fajtái céljuk szerint (Makádi M.)

Kérdésfajta	Példa
Tényismereti kérdés	Mely égtáj irányában láthatod a delelő Napot? Melyek az Alföld határai?
Fogalmi tartalmat feltáró kérdés	Milyen a deltatorokolat? Melyek az emlősök tulajdonságai?
Folyamatismereti kérdés	Mitől olvad a jég? Hogyan keletkeznek a gyűrthegegyesek?
Összefüggési kérdés	Mitől függ az anyag halmazállapota? Melyek a medencejelleg természeti következményei a Kárpát-medencében?
Ismeretalkalmazó kérdés	Hogyan tudnál visszatérni a helyes útra a terepen a terület turisztikájához? Hogyan határozható meg egy autó sebessége?

7.8. táblázat. A kérdések fajtái követelménycsoportok szerint (Makádi M.)

A siker kulcsa a jó kérdés

Noha a gyerekek természetüknél fogva kérdéseket intéznek a környezetükhöz, a tanulás szempontjából nem biztos, hogy kérdéseik mindig célravezetőek. Ezért a szaktárgy igényeinek megfelelő kérdezést meg kell tanítani, amiben nagy szerepe van a tanári mintának. A tanulók természetismereti kérdésfeltevései tükrözik tanáruk kérdéskultúráját, gondolkodásmenetét, hiszen azt követik. Ha arra kérdésre akarunk válaszolni, hogy milyen a jó kérdés, nyelvtani, tartalmi és gondolkodásfejlesztési (a tanulási folyamatot előremozdító) szempontból egyaránt gondolkodni kell róla.

A magyar nyelvben nincs olyan kötött szórend, mint számos idegen nyelvben, de a bővített kérdő mondatok alapesetben kérdőszóval kezdődnek.

A kérdő mondat szerkezete

Kérdőszó + állítmány + alany + tárgy + határozók ?
(pl. Mikor rakták le a folyók a homokot a Kiskunság területén?)

A példamondatban a kérdés lényegét a kérdőszó fejezi ki, a folyamat időbeli elhelyezését kívánja a tanulóktól. Ugyanakkor a mondandó tartalmától függően, nyomatékosítás vagy hangsúlyozás céljából a szórend megváltozhat. Ha az előbbi példában arra irányul a kérdés, hogy a homokot (nem a kavicsot!) mikor rakták le a folyók, akkor így hangzik a kérdő mondat: Mikor rakták le a homokot a folyók a Kiskunság területén? (kérdőszó + állítmány + tárgy + alany + helyhatározó ?) Ha pedig a helyre irányul a kérdés, tehát az a lényeg, hogy a Kiskunságban (nem a Nyírségben!), akkor: Mikor rakták le a Kiskunságban a folyók a homokot? (kérdőszó + állítmány + helyhatározó + alany + tárgy?) A nyelvtani szempont rámutatott arra, hogy az bizony a tartalommal is összefügg.

Milyen tehát a jó kérdés?

- Mindenki számára világos és egyértelmű, pontos és rövid.
- Nyelvezete megfelel a tanulók kommunikációs képességszintjének, ugyanakkor a szaknyelvet használja. A szaknyelv nem azt jelenti – ebben az életkorban különösen nem –, hogy idegen szavakat kell használni, hanem a magyar szakkifejezéseket (pl. nem meridián, hanem hosszúsági kör; nem ökoszisztéma, hanem életközösség), de szükség esetén a feladatkörnyezetben tisztázza a benne lévő szavak (köznyelvi és szakszavak) jelentését.
- Tartalma megfelel a tanulók értelmi színvonalának: nem túl könnyű, mert az nem igényel szellemi erőfeszítést, nincs készletelés a válaszadásra; nem túl nehéz, hogy valamennyi tanuló gondolkodása elinduljon és legyen esélyük válaszolni.
- Tényleges természettudományos problémát vet fel, ezáltal gondolkodásra készíteti a tanulókat.
- Alkalmas arra, hogy megválaszolása során végigjárják a gondolkodási folyamat egymást követő lépéseit (pl. Honnan tudod...? Mi van akkor ha... / ha nem...?).
- A kérdés megválaszolása vélemény megfogalmazását, álláspont melletti érvelést kíván a tanulóktól (pl. Mi a véleményed...? Miért így gondolsz?).
- A kérdés az állításokban, az elsőként felmerülő válaszokban való kételkedésre ösztönöz (pl. Mindig így van? Lehet más oka is? Hogyan tudod bizonyítani? Mondanál más módszert erre?).

A kérdezési folyamata

A vállalati életben a kérdezést (a kérdések az azokra adott válaszok rendszerét) mint a sikerhez vezető utat értelmezik. Ebben az összefüggésben a kérdezés nyolc alapelemből áll: Mit tudunk? Mit nem tudunk? Mik a céljaink? Mit kell tudnunk ahhoz, hogy elérjük a céljainkat? Ktől fogjuk megtudni? Mit várunk az információktól? Mit teszünk a válaszok birtokában? (Fadem, T. J.) Az iskolában is hasonló folyamat zajlik, a tanórai kérdezés csak

akkor éri el a célját, ha a tanár a kérdéseket a tananyag vagy a fejlesztési folyamat szempontjainak alárendelve találta ki és pontosan fogalmazta meg, átgondolta, hogy mely kérdések mikor hangzanak el a tanítási-tanulási folyamat során. Ezért a kérdéseket és az azokhoz kapcsolódó tanulási folyamatot gondosan meg kell tervezni (7.18. ábra). Természetesen lehet a kérdezésnek spontán összetevője is, hiszen csak akkor életszerű a tanítás, ha a tanulók aktuális állapotához, problémáihoz igazodik.



7.18. ábra. A tanórai kérdezés folyamata (Makádi M.)

Az elmondottakból következik, hogy a kérdéseken alapuló tanulás nemcsak azt feltételezi, hogy a tanár egyre magasabb szintre juttatja tanulóinak kérdezési képességét, hanem azt is, hogy saját maga kérdezési technikáját és stratégiáját is folyamatosan fejleszti, hiszen a természetismeret tanítása-tanulása során sokféle összefüggés vár felfedezésre, ok-okozati kapcsolatokon alapuló logikai láncok épülnek fel, és a megismert dolgokból következtetések levonásával, prognózisok alkotásával szereznek új tudást a tanulók.

A kérdezés során betartandó legfontosabb módszertani szabályok

Az általános didaktikai szempontokon túl a természetismeret tanítási-tanulási folyamatában az alábbiak megfontolását ajánljuk!

- A túl elaprózott, csak a memóriát mozgósító kérdések kizárólagos alkalmazásakor kikapcsol az agy, a gyerek „elveszíti a fonalat”, így a kérdések sorozata nem vezet eredményre.
- Érdemes a tananyagot úgy átgondolni, hogy előre megfogalmazzuk az óra fő kérdését, majd kb. három alkérdést, amelyek mind a fő kérdés megválaszolását szolgálják, segítik. Szükség esetén az alkérdések is további kérdésekkel felbonthatók.

- A kérdezésnek a tanulási folyamatban aktuálisan betöltött funkciója szerint változzon a kérdésekben lévő tartalom mérete! A szűkebb tanári kérdések tények felidézésére, összefoglalására szolgálnak, a tágabbak inkább elemzésre, értékelésre, kreativitásra irányulnak, tehát fejlesztik a gondolkodást, motiváló és aktivizáló hatásúak.
- Inkább kevesebb tanári kérdés hangozzon el a tanítási órán, de az tartalmas legyen!
- A kérdések és a válaszok között legyen megfelelő idő (körülbelül 5 másodperc), hogy a tanulóknak megindulhasson a gondolkodás, és legyen esélyük a válasz megtalálására és megfogalmazására! A kérdések között is tartsunk szünetet, hogy a tanulók lezárhassák magukban az előző gondolatsort!
- A kérdések sorozatát úgy állítsuk össze, hogy azok egyre növekvő kihívást jelentsenek a tanulási folyamat során, egyre magasabb szintű kérdésekkel egyre bonyolultabb gondolkodási-értelmi követelményeket támasszon a tanár a tanulókkal szemben!
- A tanár bátorítsa a gyerekeket arra, hogy minél többet kérdezzenek!
- Helytelen vagy nem azonnali válasz esetén a tanár ne szó szerint ismételje meg a kérdést, hanem lehetőleg másként kérdezze ugyanazt a dolgot!
- A tanár ne azonnal reagáljon az egyes tanulói válaszokra, mert azzal gátolja a további gondolkodást! Inkább hallgassa meg mások válaszát is, és azt követően válogasson közülük!
- A tanár értékelje és használja fel a kérdésekre adott válaszokat!

A tanulói kérdezés ösztönzése

A gyerekek csak akkor tartják meg kérdezési hajlandóságukat, ha a tanítási órákon **bátorító** közeg veszi körül őket. Ez azt jelenti, hogy bármit megkérdezhetnek, és kérdéseikre megfelelő időben megfelelő választ kapnak, amit persze a tanítási idő és a tananyag szorításában nem könnyű megvalósítani. A legtöbb tanár nyugtalan, ha a tanulók kérdései miatt elcsúszik a tananyag „leadásával”, ezért igyekszik minimálisra szorítani a kérdezőt. Csakhogy ebben az esetben épp a tanítás és a tanulás lényegéről feledkezik meg: a kíváncsiság kielégítéséről, a kreativitás és a gondolatok alkotó felhasználásáról. Lássuk csak, hogy mely módszerekkel serkenthetők kérdezésre és jobbnál jobb kérdések megfogalmazására a tanulók!

- Mivel az eredményes tanulás alapfeltétele a feldolgozandó anyag lényegének a megértése, megtalálása érdekében a tanulók kiscsoportokban egy információhordozó (tankönyvi szövegrészlet, ábra- vagy térképrészlet, füzetükben lévő jegyzet stb.) által közvetített tartalom lényegére irányuló kérdéseket alkotnak, amelyek közül **közösen kiválasztják a legjobbat**.
- Ugyancsak közösen választanak abban az esetben is, amikor egy tanuló a többiek által ismert, tanult személyiség (pl. felfedező, tudós), tárgy (pl. tereptárgy, eszköz), hely (pl. város, táj, életközösség) vagy egy környezetre irányuló fogalom (pl.

talajpusztulás, felmelegedés) helyébe képzelet magát, és a többiek kérdésekkel (lehetőleg nyitott kérdésekkel) bombázzák, amelyre gyorsan kell válaszolnia.

- Egy frissen tanult jelenséggel, eseménnyel vagy történéssel kapcsolatban tanulópárok alkotnak információt kérő kérdéseket. A kérdések mellett meg kell fogalmazniuk, hogy milyen típusú kérdést alkottak: a sorokból kiolvasható, a sorok között rejtőző vagy a sorok mögött meghúzódó információra irányulót. A tanulási gyakorlatban általában a kérdés hangzik el előbb, amelyre válaszolnak, de a sorrend meg is fordítható: a tanulók egy adott válaszhoz alkossanak kérdéseket (többet és többfélet).
- Hosszabb időtartamú, de annál érdekesebb és hasznosabb az **online kérdés-válasz módszer**, amely azzal indul, hogy egy 6-8 fős csoport egy tagja elküld egy az épp aktuális tananyaggal kapcsolatos kérdést az egyik osztálytársának valamelyik csehelyen. Olyan kérdést kell feltennie, amelyre nem hangzott el válasz a tanítási órán és nincs benne a tankönyvben sem. Ha a címzett helyesnek találja, segédeszközök használatával megválaszolja azt, és visszaküldi a feladónak. Ha hibásnak tartja a kérdést, akkor kijavítja, és elküldi egy újabb osztálytársnak. Az nyer, akinek a legtöbb válasza gyűlik össze.
- A tanár folyamatosan felírja kis cédulákra a tanulási folyamat (pl. egy témakör feldolgozása) során elhangzott **jó (érdekes, furfangos, szokatlan) tanulói kérdéseket**, és egy dobozban gyűjti. Az összefoglaló órán kihúznak egy-egy kérdést a dobozból, amit az osztály megpróbál megválaszolni. A kérdések szét is oszthatók a kutató szellemű gyerekek között azért, hogy otthon, segédeszközök, különböző információforrások (például könyvtári vagy médiatári források, világháló) felhasználásával keressenek választ azokra.

A tanórai kérdezés közvetlenül vagy közvetve, de irányítja a tudásszerzési folyamatot. Az apróbb kérdések inkább az információk összegyűjtését és tartalmi, logikai rendezését, szükség esetén a felelevenítést segítik, az átfogóbbak vagy a problémafelvetők inkább a gondolkodási műveletekre irányulnak. A gondolkodás azonban nemcsak kérdésekkel irányítható, hanem azáltal is, hogy a tanár példát mutat, hogyan kell azt csinálni. Egy probléma felvetését követően hangosan gondolkodik, azaz bemutatja, hogy milyen gondolati utat járna be a probléma megválaszolása során. A gondolati utat kérdések sorozatára építi, vagyis bemutatja gondolkodása sémáját. Persze kérdések nélkül is végigbeszélheti önmagával a problémát.

7.5.2. A természettudományos kommunikáció szabályainak érvényesítése a tanulás során

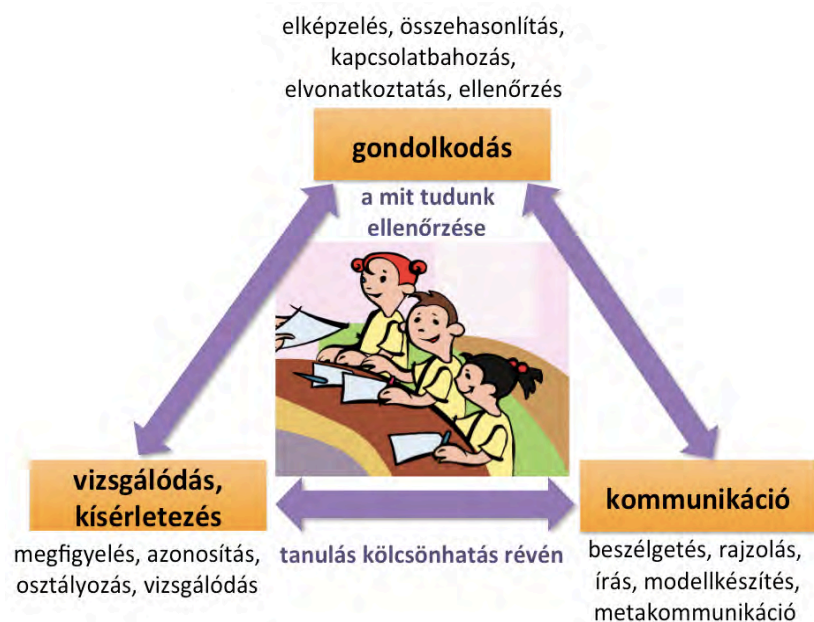
A természettudomány tanulása a természeti környezethez, **a valósághoz intézett kérdések és válaszok sorozatában** valósul meg. Ez az új megközelítés azt mondja: figyeljétek meg a tárgyakat, az élőlényeket, a természeti jelenségeket lehetőleg minél többféle szempontból, és gondolkodjatok közösen a tapasztalatokról! Ha elegendő számú valós tapasztalatot szerezhetnek a tanulók a sokszínű világról, és tudnak érdemi, lényegi kérdéseket intézni ahhoz (pl. célirányosan megfigyelni vagy vizsgálni), azt fogják látni, hogy még a látszólag nagyon eltérő jelenségekben is vannak közös elemek, szabályszerűségek (*Mans, 2005*).

A **természet kikérdezése** olyan tevékenységek végzését foglalja magában, mint...

- a. tárgyak, jelenségek, változások és problémák különböző nézőpontokból történő **megfigyelése**, amelyek lehetővé teszik a tanulók számára annak felismerését, hogy a dolgok közötti kapcsolatok nem fedezhetők fel tudatos és közvetlen megfigyelés nélkül. A természettel való effajta párbeszéd rádöbbeníti őket annak összetettségére, és lehetővé teszi a különböző tudományágak, tantárgyak által nyújtott tudás összerendezését. Ehhez úgy kell irányítani a tanulási folyamatot, hogy a kérdések a már tanultakra épüljenek, a tapasztalatokból levont következtetések pedig oda vezessenek vissza. Noha a tanulónak is vannak elképzelései a jelenségekről, de csak akkor érthetik meg azokat a maguk teljességében, ha „tudományosan” feltárják nagyobb mélységben, és együtt kiokoskodják, hogyan modellezhető az;
- b. különböző **gondolkodási műveletek** a tapasztalt jellemzőkkel és jelenségekkel (pl. csoportosítás, hasonlóságok és különbségek keresése, besorolás, a rendszeres jellemzők felfedezése, analógiák keresése, kapcsolatkeresés, felidézés). Azon túl, hogy a gondolkodási műveleteken keresztül mélyül a tanulók tudása, e tevékenységeknek üzenetük is van a tanulók felé: mivel születésüinktől egyaránt részei vagyunk a természeti és a társadalmi környezetnek, kognitív tapasztalataink mindkettőből származnak. A természeti környezetből eredők és a gondolati tapasztalatok egyaránt felhasználhatók új természettudományos és társadalmi ismeretek szerzésére.
- c. **kommunikációs gyakorlatok**, a megértés és az ötletek, az érzések, a kétségek és a vélt bizonyosságok megfogalmazására. A nyelv eszközével határozzuk meg a problémákat, cserélünk információkat és gondolatokat a közös döntéshozatalt megelőzően stb. Elképzeléseink elmagyarázása érdekében le kell írni, elbeszélni, magyarázni, érvelni mellette vagy ellene, modellt készíteni, kommunikálni a testünkkel, amelyek során meghatározzuk és változtatjuk azokat, más szóval: tanulunk. A kommunikációs gyakorlatok segítik, hogy a tanulók felismerjék, a

tudomány segítheti minden elképzelés, ötlet lehetőségeinek és korlátainak felismerését, különböző oldalainak és problémáinak megértését, ami lehetővé teszi számukra, hogy megismerjék a tudomány természetét.

- d. **új ötletek, elméletek, struktúrák megfogalmazása**, ami azt üzeni a tanulóknak, hogy a természettudomány megfigyelések, vizsgálódások, kísérletek sorozatán át állandóan változott, hosszú fejlődésen ment keresztül addig, amíg megértette az emberrel a természetben lejátszódó körforgásokat, változásokat, egyensúlyokat, az élőlények, közöttük az ember működését. Képzett emberekre van szükség, akik képesek értelmezni a tudomány és a technológia vívmányait, döntéseket hozni, és ötleteikkel hozzájárulnak egy jobb világ megteremtéséhez. Azt is látniuk kell ezekben a példákban, hogy a megismerési, tanítási idő és a tanulási idő nem mindig esik egybe, és nem is azonos időtartamú.



7.19. ábra. A kérdésekre épülő természetismeret-tanulás funkcionális háromszöge (Makádi M. 2015)

Hallgatói kérdések és feladatok

1. Gyűjtse össze azokat az okokat, ami miatt nehéz kérdeznie a tanárnak!
2. Hogyan segíti elő a kérdezési stratégiákra épülő tanulási folyamat a tanulók tudásának fejlődését?
3. Mit tehet annak érdekében, hogy a zárt kérdéseket felváltsák a gondolkodásra és a probléma-megoldásra készítő kérdések a természetismeret órákon?
4. Milyen módszerekkel ösztönözheti a tanulókat a minél több tartalmi kérdezésre?
5. Készítsen rendszerezett gyűjteményt hibás kérdésekből hospitálási jegyzetei alapján!

6. Gyűjtse össze saját tanítási gyakorlatának legjobb tanári kérdéseit! Mutassa be azok módszertani vagy pedagógiai értékét!
7. Gyűjtse össze a tanítványai által feltett legjobb kérdéseket! Indokolja, hogy miben látja az értékeiket!

7.6. Természetismeret-tanulás eltérő utakon és együttműködésben

Írta: dr. Makádi Mariann – dr. Radnóti Katalin

Kulcsszavak: differenciálás, metakognitív tudás, elemző-vizsgálódó problémamegoldás, aktív tudásépítő folyamat

7.6.1. A differenciális pedagógia alkalmazásának szükségessége

Igazodás a tanulókhoz

A gyerekek különböző adottságokkal születnek, ezek a különbségek a szocializációs folyamat során tovább növekednek. A természet egyes területeiről is különböző előismeretekkel rendelkeznek, így ugyanaz a természeti jelenség, folyamat vagy összefüggés más-más értelmet kap számukra. Ez a tény a természetismeret tanításának szempontjából nagyon fontos, különösen, ha arra gondolunk, hogy milyen nagy szerepet kapnak a tantárgyban a jelenségmegfigyelések, az anyag- és folyamatvizsgálatok és a hozzájuk fűződő magyarázatok, elméletalkotási folyamatok (M. Nádasi, 2001, 1998; Báthory, 1992). Mivel a célunk a jelenleg elfogadott elméleteknek leginkább megfelelő, korszerű tudás kialakítása, akkor – tekintetbe véve a tanulók különböző gondolkodási útjait, érdeklődést és előzetes tudását – nem tehetünk mást, minthogy a differenciálás pedagógia módszereit alkalmazzuk a természetismeret órákon.

A **differenciálás** olyan szemlélet, ami természetesnek veszi a tanulók között meglévő különbségeket, illetve azt, hogy a különböző tanulók számára (a lehetőségek és korlátok figyelembe vételével) megfelelő tanulásszervezéssel biztosítani lehet az egyéni fejlődéshez szükséges kedvező feltételeket. Azt jelenti, hogy a tanulási folyamatban lehetőség szerint mindenkinek azt nyújtjuk, amire saját fejlődéséhez szüksége van.

Differenciálni különbözőképpen lehet:

1. **érdeklődés szerinti (tartalmi) differenciálás:** annak lehetőségét jelenti, hogy bizonyos határok között a tanulók érdeklődése szerepet játszhatson a tananyag

megválasztásában (például projekt munka során, amikor a közös feladatból mindenki azt a részfeladatot választja, ami őt érdekli, vagy a csoport munkában, amikor a különböző csoportok különböző témákat dolgoznak fel);

- b. **differenciálás eltérő utak bejárásával:** annak lehetősége, hogy a végeredményhez, ugyanahhoz a tudáshoz különböző módszertani utakon is el lehessen jutni, amelyek az egyes tanulók különböző igényeihez igazodnak (pl. egyenletesen változó mozgások bemutatásához különböző példák tanulói érdeklődés szerint, mint lejtőn lesikló síelő, vagy autó forgómozgáshoz, piruettező, Föld forgása). Akkor kap mindenki tényleges esélyt, ha a tanár nem ragad le egyetlen tipikus módszernél (amely egyeseknek előnyös ugyan, de másoknak hátrányos), hanem váltogatja azokat (*Knausz 2005*).
- c. **differenciálás eltérő követelményekkel:** az egyik tudásterületen felszabaduló energiák egy másik tudásterületen való hasznosulásának lehetősége (pl. részecskekép esetében, ha megértik az oldás fogalmát néhány példa esetében, majd a részecskeképet használják a halmazállapot-változások értelmezéséhez). Nem tekintjük követendő „differenciálási módnak” azt, ha az ún. „gyengébb” tanulóknak kevesebbet, a „jobbaknak” többet nyújtanak, mert ez nem fejleszt, hanem egyértelműen a lemaradás fokozásával jár.

A megfelelő és az eredmény szempontjából kívánatos differenciáláson elsősorban nem azt értjük, hogy a tantárgy iránt érdeklődő, abban jó eredményt mutató diákokat valamilyen módon különítsük el az aktuálisan kevésbé eredményesen teljesítőktől. Akkor válik igazán eredményessé a gyerekek egyéni tanulási folyamata, ha minél többféle elképzelést, modellt ismerhetnek meg, és a feladatok, problémák megfogalmazásakor, megoldásakor kialakuló beszélgetéseken, vitákon egyre pontosabbá válhat saját tudásuk. Ebből a szempontból alapvető jelentősége van annak, hogy az oktatás minél tovább differenciáltan történjen (*M. Nádasi 2001*).

Az aktuális tudás megítélése és kezelése

Mivel a differenciálás alapja a gyerekek gondolkodásának, tudásának naprakész ismerete, az egyes tanítási egységek előtt meg kell ismerni azt. Ehhez többféle lehetőség kínálkozik. A 10-12 éves életkorban legkevésbé javasolt a tesztel, „röpdolgozattal”, „felmérővel” való tájékozódás, mert az írásbeli kifejezési képesség, a definícióalkotás ekkor (és ezekben a feladathelyzetekben) még meglehetősen nehéz. Helyette viszont lehet beszélgetést kezdeményezni a soron következő témakör alapvető kérdéseiről vagy a téma tanulásához elengedhetetlenül fontos ismeretekről. Lehet felvetni egy problémát, és arra beszélgetésben, manipulációban, tervezésben választ keresni. Például az anyagszerkezet tanítása előtt a „Hogyan képzeld el a levegőt?” kérdésre kaphatunk érdekes válaszokat. Ha

a beszéddel nehezen boldogulnak, akkor készítsenek rajzot vagy modellt (pl. Képzeld el, hogy egy varázslattal láthatóvá vált számodra a levegő! Rajzold le, hogy mit látsz!)

Ha jól dolgozik a tanár, akkor a tanulók tudása és szemlélete folyton változik a tanulási folyamat során. Ebből következik, hogy azt folyamatosan nyomon kell követni, és szükség esetén módosítani kell a tanítási terven. A feladatok megoldása során a gyerekek beszélgetéseinek, vitáinak megfigyelése aktuális látteletet adhat.

Már látta az 1. Fejezetben is, hogy a tudás igen összetett konstrukció. Miképpen jellemezhető **a tanulók előzetes tudása**?

- **A tudás mennyisége:** a legkönnyebben mérhető elem, de a természettudományos tudás szempontjából ebben az életkorban a legkevésbé lényeges. A „nagyobb” mennyiségű (több tudáselemből álló) tudás elvileg alkalmasabb további tanulásra vagy problémamegoldásra, de ez az összefüggés nem automatikus, hiszen a tudás szervezettségének is fontos szerepe van.
- **A tudás minősége:** nehezen meghatározható és bonyolult a tudáselemek közötti kapcsolatok erőssége és sűrűsége, azaz, hogy milyen képzeteket alkotnak magukban a tanulók egy-egy tudásrendszerrel összefüggésben. (Például a részecskékép esetében hihetik azt, hogy a hőtágulás hatására megnőnek a részecskék, de ez nem helyes képzet, mert a hőtágulást a megnövekedett mozgás okozza.)
- **A tudás alkalmazhatósága:** az adott tudásterület elérhetősége, adott szituációkban való előhívhatósága függ attól, hogy a tudásterületnek milyen kapcsolata van a köznapi szituációkkal.

A sikeres tanulás szempontjából alapvető kérdés, hogy sikerül-e a diákoknak megfogalmazniuk a tanulandó témával kapcsolatos **elképzeléseiket**. Ez nem is olyan egyszerű, hiszen a megfelelő nyelvi formák megkeresése, valamint a gyerek és a tanár közötti ilyen típusú beszélgetések vezetése, a gyerekek válaszainak értelmezése egyaránt nehéz. A belső képzetek megfogalmazása részben azért jelent nehézséget a gyerekeknek, mert általában nem rendelkeznek olyan szókinccsel, amely megfelelően segíthetné őket ebben. Emellett az effajta feladathelyzetekben benne rejlik a **„hibázás” lehetősége**, ami erősen visszaveti a megnyilatkozást. A tévedések számukra általában a szégyellni és rejtegetnivaló dolgok kategóriájába tartoznak.

Mi is állhat ennek a hátterében? Ha a gyerek előzetes tudása nem felel meg annak, amivel a tankönyv, a tanár és az osztálytársak egy része magyarázza a jelenségeket, akkor a gyerek a saját elméletrendszerében alkothat ugyan koherens magyarázatokat, előre jelezhet történéseket, ezek azonban gyakran különbözni fognak a „másként gondolkodók” által megfogalmazottaktól. Az ilyen válaszokat gyakran „hibásnak” minősítik, hiszen nem kerül

felszínre a válasz mögött működő gondolkodási rendszer. A gyerek helyzetét nehezíti, hogy többnyire nem érti meg, miért nem fogadják el a számára logikusnak tűnő választ, és többnyire arra sem képes, hogy a tanár, vagy az osztálytársak által "jónak" minősített magyarázatot megértse. Ha a gyerekek ahhoz szoknak hozzá, hogy tévedéseik, hibáik minden szituációban valamiféle megtorlást, rossz osztályzatot, stb. vonnak maguk után, akkor egy idő után már meg sem fogalmazzák gondolataikat, és ilyen esetekben szülehetnek például az üres papírok a dolgozatok helyett. A tanulási folyamatban talán semmi sem olyan természetes, mint a tévedések, a rontások, a hibák és az újrakezdés vagy a hibakeresés.

Ha a tanárnak nem sikerül megismernie a tanulók előzetes tudását, akkor fennáll annak a veszélye, hogy a tanítás során a köznapi szituációkban alkalmazott tudástól független másik, „iskolás” tudás kialakításán fáradozik, ami az iskola elhagyása után viszonylag gyorsan semmivé foszlik. Ebből következik, hogy minden eszközzel segítenie kell a gyerekeket abban, hogy a tanulási folyamat során bátran fogalmazzák meg a gondolataikat, meg kell értetnie velük, hogy ez a megtanuláshoz vezető út.

A metakogníció szerepe a tanulásban

A tanulási folyamat akkor fejlődik hatékonyan, ha a tanulónak van képe a saját tudásáról. Ez a saját gondolkodásról, problémamegoldásról, kommunikációról alkotott és a megismerési folyamatokat jelentősen befolyásoló tudás a **metakognitív tudás**. Ezért a tanulás kezdeti szakaszát úgy kell megtervezni, hogy a tanulók megfogalmazhassák a témakör legfontosabb elemeivel kapcsolatos elképzeléseiket. Ez alapvetően fontos ahhoz, hogy utána ténylegesen megindulhassanak a gyerekekben azok a konstrukciós folyamatok, amelyek eredményeképpen a gyermektudomány azon elemei átalakulnak, amelyek nem felelnek meg a mai elfogadott tudományos elképzelésnek. E folyamatnak nemcsak az lesz az eredménye, hogy a tanulók helyesen fogják értelmezni és magyarázni a jelenségeket, de az is, hogy olyan tanulási stratégiát alakítsanak ki, amelynek segítségével később is képesek lesznek új ismeretek feldolgozására, jelenségek értelmezésére.

Amikor a gyerekek egy-egy tévedésük, rossz megoldásuk kijavításán dolgozhatnak, nagyon értékes gondolkodási folyamatok zajlanak bennük. Egyrészt szembe kell nézniük azzal, hogy az általuk korábban helyesnek vélt válasz nem megoldás a problémára. A tényleges hiba megtalálásához sokkal nehezebb algoritmikus módszereket adni, mint egy-egy típusfeladat kiszámítására. Ha a gyerekek megpróbálják kijavítani, elemezni hibás gondolamenetüket, először is világosan meg kell fogalmazniuk, hogyan gondolkodtak, keresni kell másfajta magyarázatot, elemezni kell a legalább kétféle megoldási út egyes lépéseit, a gondolkodási út logikai kapcsolatait, és így tovább. Ha ilyen **elemző-vizsgálódó problémamegoldásra** lehetőségük van a gyerekeknek, akkor várható, hogy kiderül számukra, hogy az elképzelésük, tudásuk hol és miféle korrekcióra szorul.

Az elemző-vizsgálódó tanulási stratégia elemei

- Törekedjenek a tanulók elképzeléseik lehető legpontosabb megfogalmazására, a bennük rejlő tények belső összefüggések feltárására.
- A tapasztalattal szerzett információkat tisztelettel kezeljék, ugyanakkor legyenek tudatában, hogy más gondolkodási rendszerek ugyanarra a tényre más-más magyarázatot is adhatnak, és a gondolkodási rendszerek lényeges különbsége magát az észlelést is megváltoztathatja.
- Legyenek kritikusak a maguk és a mások elképzeléseivel, állításaival szemben, és ugyanakkor nyitottak az újszerű ismeretek befogadására.
- A tanulók bátran vállalják saját véleményüket, és érveljenek mellette.
- Képesek legyenek a másik véleményének tiszteletben tartására, és más érvelése alapján az övéktől esetenként különböző gondolati rendszer alkotására.
- Váljon világossá számukra, hogy a tudás nem azonos az ismeretek egy-egy csoportjának a visszaadásával, típusfeladatok megoldására alkalmazható algoritmusok ismeretével vagy bizonyos vizsgálatok ismételt elvégzésével.

A gyerekeknek tehát folyamatosan mintegy reflektálniuk kell saját tudásukra: honnan indultak, hogyan gondolkodtak az adott témakör kezdetén, majd pedig hová jutottak általa. Látniuk kell, hogyan alakult át a gondolkodásuk, és mely tapasztalatnak volt ebben szerepe. Egy ilyen **aktív tudásépítő folyamat** eredményeként a tanulók „sajátjuknak” érzik az új tudást, miáltal az tartósabb, többféle helyzetben és könnyebben előhívható lesz.

7.6.2. A kooperatív természetismeret-tanulás

Tudásszerzés együttműközéssel

A hagyományos tanulás az egyéni tanuláson alapul. Vagy úgy, hogy a tanár az osztálynak beszélve feltételezi, hogy mindenki követi a gondolatmenetét, teljesíti az utasításait, vagy úgy, hogy azt hiszi, a tanulók a csoportokban „együtt” dolgoznak. Csakhogy a világ ma már alapvetően a csapatmunkára épül (pl. alkotói team-ek, nyílt és közös véleménynyilvánítás és gondolkodás az internetes csatornákon, workshop-ok). A természetismeret tanulási környezetének is fontos elemei lettek a gyerekek közötti együttműködések, a megtervezett és spontán közös tanulási szituációk, a tanulók egymás közötti és a tananyaggal való **interakciói**. A **kooperatív tanulás** lényege nem a csoportokba szerveződés, hanem az **együttműködés, együtt gondolkodás** a tanulók között. Anélkül, hogy részleteznénk, tekintsük át a kooperatív tanulás alapvető jellemzőit!

- Építő egymásrautaltság: a tanulók vagy a csoportok sikere és fejlődése összefügg egymással.
- „Betyárbecsület”: a csoportcélok megvalósítására törekszenek, de nem minősítik, hogy ki mennyi részt vállalt benne, milyen minőséget tett hozzá.
- „Egyenlő” részvétel a munkában a munka felosztásával vagy szerepelosztással.
- Több szálon futnak a dolgok (párhuzamos interakciók).

A **gyermekek együttműködésén alapuló munkaformát** még mindig nehezen fogadják el a tanárok. Többféle érvet sorakoztatnak fel ellene, amelyeket az azokra adható ellenérvekkel együtt mutatunk be (Wagner 2002).

Ellenérvek a kooperatív tanulással kapcsolatban

- A gyerekek fegyelmezetlenek, nemcsak arról beszélnek, ami az aktuális feladathoz tartozik.
- Nem tudják egyedül megoldani a feladatot, esetleg lemásolják egymásról a megoldást.
- A különböző csoportok nem tudják ugyanazokat a feladatokat megoldani, egyesek mindennel elkészülnek, mások pedig alig néhány feladattal boldogulnak.
- A kooperatív munka általában lassú, gyakran még a jobb csoportok sem készülnek el a tanítási óra végére.
- A csoportos munkavégzéskor sok a „mellék-vágány”, a gyerekek sok mindent megkérdőjeleznek, elolvasnak, amit a frontális órán nem.
- A kooperatív munka előkészítése a szokásosnál több munkát igényel a pedagógustól.
- A csoportmunka túlzottan eszköz-igényes.

Az ellenérvek cáfolata

- ↔ A frontális órákon ilyesmi sohasem fordul elő?
- ↔ A frontális órán ez mindig így van, hiszen a megoldást a tanár írja a táblára, a többiek pedig másolják.
- ↔ A frontális tanítás során nem kell külön foglalkozni a jobbakkal ahhoz, hogy az osztály számára tervezett tananyagnál többet kaphassanak? Nem kell a tanítási órán kívül korrepetálni a lemaradókat?
- ↔ Mi a fontos: az, hogy mennyi tananyagot tud a tanár elmondani az órán, vagy hogy mennyi ragad meg a gyerek fejében?
- ↔ Vajon hogyan tanuljon a gyerek, ha nincs lehetősége megkérdőjelezni, végiggondolni azt, ami foglalkoztatja? Tényleg elveszett idő, amit erre fordítunk vagy a tényleges elsajátítást szolgálja?
- ↔ Ez igaz. De gondoljuk végig, hányszor kell újra meg újra visszatérni a már „tanult” ismeretekhez! Nem lenne érdekesebb először tényleg megtanítani, és ezzel megtakarítani az újratanítást?
- ↔ Forgószínpadszerű óraszervezésnél vagy differenciált órák szervezésekor az eszközökből elég egy (pl. a tanári bemutató vizsgálatához használt eszköz is).

A kooperatív munkaforma ténylegesen másfajta helyzetet teremt, mint a hagyományos frontális iskolai tanóra. A gyerekeknek nem tilos, hanem egyenesen kötelező megbeszélni a problémákat, és emiatt természetesen van kis alapzaj. Az is előfordulhat, hogy másról is szó esik, mint a feladat, és az is valószínű, hogy a gyerekeknek kezdetben problémáik vannak az együttműködéssel. A csoportos munkaforma során azonban egy-egy probléma felmerülése esetén nem áll meg az egész osztály munkája, hanem csak az egyik csoport vagy néhány gyerek igényli a tanár figyelmét.

A kooperatív munka során olyan kommunikációs helyzeteket teremtünk, amelyekben a gyerekeknek lehetőségük van gyakorolni, megszokni az „**együtt egy célért dolgozunk**” helyzetet.

1. Lehetőségük van megfogalmazni különböző elképzeléseket és megvitatni gondolataikat a társaikkal.

Csoportmegoldás módszer

Egy megkezdett mondatot kapnak a tanulók (pl. A természet védelme azért fontos, mert...), amellyel kapcsolatban a csoport (4 fő) minden tagjának el kell mondania a véleményét úgy, hogy befejezi a mondatot, felírja a cédulára. Aztán összevetik a mondatokat, és közösen alkotnak egy „csoportválaszt”, amely mindannyiuk véleményét tükrözi. Majd minden csoport felolvassa a mondatát, amelyet az egész osztállyal megvitattva megfogalmazzák az „osztályválaszt”.

2. Megtanítja a tanulókat arra, hogy véleményt átgondoltan fogamazzanak meg.

Kupactanács módszer

A feladatot először mindenki magában értelmezi, majd megbeszéli a párjával. A közösen kialakított álláspontjukat megismertetik a csoport másik párosával, így alakul ki a csoport közös véleménye. Például: épüljön-e szélkerék a falu határában, mely biztosíthatja a falu villamos-energia szükségletét? – miközben beszélgetnek róla, érveket és ellenérveket gyűjtenek.

3. Konkrét helyzetekben közösen gyakorolhatják a szaknyelv használatát.

Szóháló módszer

Az éppen feldolgozandó fogalommal (pl. földigiliszta, Duna, csapadék, árvíz, vízkörforgás) kapcsolatban közösen fogalomhálót (gondolattérképet) készítenek. A csoport minden tagja más színű tollal írhat szavakat egymás után a csomagolópapírra a kulcsfogalom köré. Lehetőségük van egymás szavait helyesbíteni is. A csoportok a kész papírokat rögzítik a táblán, és bemutatják a többieknek.

4. A megoldások keresése során különösebb következmények nélkül tévedhetnek, és tévedéseiket ki is javíthatják. A bátortalanabbak is kipróbálhatják önálló ötleteiket

„kisebb tétellel” kiscsoportokban, vagy megerősítést kaphatnak, ha mások is úgy gondolják, vagy mások is eltérően gondolják.

Találj valakit! módszer

A tanulók egy témával kapcsolatban megfogalmazzák a gondolatukat, és beírják a táblázatba. (Például: kitegyünk-e madáretetőt az iskola elé?, Miért baj, ha az erdő helyén lakóparkot építenek?) Majd keresnek előbb a saját csoportjukban, majd más csoportokban is olyat, aki hasonlóan gondolja, és aláírta velük a sort.

Téma	Az én véleményem	Egyetértek a véleménnyel

- Értékelhetik mások gondolatát, véleményét, tervét. Csakhogy ez nem annyira könnyű a 10-12 évesek számára, mert a két szélsőség, hogy a „nagyon jó” és az „elutasítom” között sokféle árnyalat van.

Véleménykártya módszer

Felvetnek egy problémát, amelyről véleményt kell formálniuk a tanulóknak (pl. Mi a véleményed a hibrid- és az elektromos autók terjedéséről? A parlagfüvet minden eszközzel irtani kell. Fontos ismerni, hogy milyen természeti jelenséggel állapítható meg az északi irány.) Megállapodnak abban, hogy egymás állításainak „minősítésére” milyen kategóriákat fognak használni. Olyanokra van szükség, amelyek meghatározzák a vélemény jellegét, és olyan mondatstruktúrák, amelyek ezt tükrözik (pl. Elutasítom ezt a gondolatot – Tetszik, amit mondtál – Elfogadom, de kiegészítem – Csak részben értek vele egyet – Elfogadom, de kiegészítem – Ugyanezt gondolom). Amikor közösen megállapították a mondatokat, arról is megállapodnak, hogy melyik kártyát hány példányban készítik el.

- A gyerekek megtanulják megtervezni és megszervezni a saját munkájukat.

A kooperatív munka és a tanári szerep megváltozása

A kooperatív munka alkalmazása a tanítási gyakorlatban a hagyományos tanári szerep megváltozását igényli. Mivel a gyerekek együttműködnek, és a különböző feladatok megoldása, vizsgálatok során általában sokféle forrást használhatnak, megszűnik a tanár a tudás egyedüli forrása lenni. Viszont a tanárnak pontosan ismernie kell azokat a célokat, amelyeket a munka során a gyerekeknek el kell érniük, figyelnie a csoportokban zajló munkát, a munkamegosztást, a gyerekek közötti kapcsolatokat, az egyéni érdeklődéseket. Folyamatosan nyomon kell követni a gyerekek fejlődését, fel kell deríteni a megértést és a tanulást akadályozó legfontosabb problémákat. A tanárnak a magas szintű szaktudományi és szakmódszertani tudáson túl, olyan pedagógiai tudással is kell rendelkeznie, mint a gyerekek tudásának, gondolkodási útjainak ismerete. A tananyag feldolgozása csak akkor lehet eredményes, ha a tanár onnan indul ki, ahonnan azt a gyerekek aktuális tudása éppen lehetővé teszi, és elegendő időt szán az alapvető elméletek megértésére. A pedagógiai munka a tanár számára minden tanulócsoportnál más, a gyerekek aktuális tudásának ismeretéből kiindulva (diagnosztizálás), az egyes témakörök tervezésén és a terv

megvalósításán át az újabb tervezési folyamatig vezet. Ahhoz, hogy a gyerekekből a megfelelő csoportokat létre lehessen hozni, szinte napra készen tudni kell, hogy a diákok hol tartanak a fontosabb elvek megértésében, milyenek az osztályban a társas kapcsolatok, melyek az éppen az érdeklődés középpontjában álló kérdések, és így tovább. Az elvégzett diagnózis alapján egyénekre (illetve inkább kisebb csoportokra) kell tervezni a folyamatot. Fel kell vállalni, hogy esetenként az osztályban egészen különböző feladatokon dolgoznak a gyerekek, míg máskor természetesen együtt haladhatnak.

Hallgatói kérdések és feladatok

1. Készítse el egy természetismereti témakör tematikus tervét, amelyben kizárólag differenciált munkaformákat alkalmaz! Indokolja, hogy melyik feladatot mely szakmódszertani cél érdekében és miért úgy alkalmazta!
2. Vesse össze a differenciált és a kooperatív tanulásszervezés pedagógiai és szakmódszertani értékeit! Készítsen összehasonlító táblázatot az előnyeik bemutatására tartalmi példákkal!
3. Gyűjtse ki a tantervből azokat a tartalmi és fejlesztési területeket, amelyek különösen indokolják a kooperatív tanulásszervezést! Indokolja is az összeállítását a cél és a tartalom egysége szempontjából!
4. Melyek a kooperatív és a differenciált tanulásszervezés hátrányai? Hogyan lehetne ezeket ellensúlyozni?

A fejezetben felhasznált és ajánlott irodalom

1. Allport, G. W. (1980): A személyiség alakulása. Gondolat Kiadó, Budapest, 599 p.
2. Antalné Szabó Á. (2008): A tanári beszéd kérdésalakzatai. (<http://www.c3.hu/~nyelvor/period/1292/129204.pdf>)
3. Bakó B. – Simon K. (2010): Kooperatív tanulás. ????? 81 p.
4. Bruner, J. (2004): Az oktatás kultúrája. Gondolat Kiadói Kör, Budapest, 192 p.
5. Chi, M.–Slotta, J. D.–deLeeuw, N. (1994): From Things to Process: A Theory of Conceptual Changes for Learning Science Concepts. Learning and Instruction. 4. pp. 27–43.
6. Cole, M – Cole, S. R. (2003): Fejlődéslélektan. Osiris Kiadó, Budapest, 806 p.
7. Cortina, V. C. – Solé T., P. – Tarín M., R. (2010): The Role of Thinking. Experimenting and Communicating in the Science Lab. eLearning Papers. ICDECT Nursery and Primary Education Team, Barcelona. www.elearningpapers.eu
8. Csapó B. – Szabó G. (szerk., 2012): Tartalmi keretek a természettudomány diagnosztikus értékeléséhez. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, pp. 179–311. http://www.edu.u-szeged.hu/~csapo/publ/Termesztudomany_tartalmi_keretek.pdf
9. Csányi V. (2006): Az emberi viselkedés. Centrál Média csoport Zrt., Budapest, 392 p.
10. Domokos Lné (2005): Az alkottató tanítás. OPKM, Budapest, 138 p.
11. Falus I. – Szivák J. (szerk., 2004): Didaktika; Elméleti alapok a tanítás tanuláshoz. Comenius Oktató és Kiadó Bt., Budapest, 108 p.
12. Cormen, T. H. – Leiserson, Ch. – Rivest, R. L. – Stein, C. (2007): Algorithmen – Eine Einführung. 2. Oldenbourg Wissenschaftsverlag, München, 685 p.
13. Fadem, T. J. (2009): A kérdezés művészete. Jobb kérdések, jobb válaszok, jobb eredmények. HVG Kiadó Zrt., Budapest, 223 p.

14. Fisher, R. (2002): Hogyan tanítsuk gyermekeinket tanulni? Műszaki Könyvkiadó, Budapest, pp. 29–48.
15. Fóti P. (2009): Útmutató rebellis tanároknak. Saxum Kiadó, Budapest, 218 p.
16. Fülöp J. (1998): Rövid kémiai értelmező és etimológiai szótár. Pauz-Westermann Kiadó, Celldömölk, 160 p.
17. Göncziné Kapros K.: Algoritmikus gondolkodás és fejlesztésének lehetőségei. ppt
18. Inzelt Gy. (2003): Kalandozások a kémia múltjában és jelenében. Vince Kiadó
19. Inzelt Gy. (2012): Mély kútforrása a bölcsességnek. L'Harmattan
20. Kagan, S. (2004): Kooperatív tanulás. ÖNKONET Kft., Budapest, 170 p.
21. Karácsony S. (2002): Ocsúdó magyarság. Széphalom Könyvműhely, Budapest, 415 p.
22. Kontra Gy. (2003): Karácsony Sándor, a nagyhírű professzor. Books in Print Kiadó, Budapest, 214 p.
23. Kontra Gy. (2009): Ezerszer ember: gyermek. Gondolat Kiadó, Budapest, 198 p.
24. Korom E. (2005): Fogalmi fejlődés és fogalmi váltás. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 190 p.
25. Korom E. – Nagyné – B. Németh M. – Radnóti K. – Makádi M. – Adorjáné – Revákné – Tóth Z. – Csíkos Cs. – Wagner É. (2012): Részletes tartalmi keretek a természettudomány diagnosztikus értékeléséhez. In: Csapó B. – Szabó G. (szerk.): Tartalmi keretek a természettudomány diagnosztikus értékeléséhez. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, pp. 179–311.
26. Kuhn, T. S. (2002): A tudományos forradalmak szerkezete. Osiris Kiadó, Budapest, 262 p.
27. Landa, L. (1969): Algoritmizálás az oktatásban. Tankönyvkiadó Vállalat, Budapest, 339 p.
28. Liedloff, J. (2013): Az elveszett boldogság nyomában – A kontinuum-elv. Kétezerregy Kiadó, Piliscsaba, 196 p.
29. Makádi M. (2005): Földönjáró. Módszertani kézikönyv 1. Stiefel Eurocart Kft., Budapest, pp. 181–187.
30. Makádi M. (szerk. 2013): Vizsgálati és bemutatási gyakorlatok a földrajztanításban. ELTE-Prompt, Budapest, 375. p. <http://elte.prompt.hu/sites/default/files/tananyagok/VizsgalatiEsBemutatasiGyakorlatokAFoldrajztanitasban/index.html>
31. Makádi M. (szerk., 2013): Tanítási-tanulási technikák a földrajztanításban. ELTE-Prompt, Budapest, <http://elte.prompt.hu/sites/default/files/tananyagok/TanulasiTanitasiTechnikakAFoldrajztanitasban/book.pdf>. 4. fejezet
32. Makádi M. (2009): A kompetenciaú pedagógia lehetőségei a tanítási-tanulási folyamatban. Mozaik Kiadó, Szeged, pp. 115–129.
33. Montessori M. (2002): A gyermek felfedezése. Cartaphilus Kiadó, Budapest, 306 p.
34. Nahalka I. (2003): Túl a falakon. Az iskolán kívüli nevelés módszerei. Gondolat Kiadói Kör, Budapest, 99 p.
35. Nahalka I. (2012): Hogyan alakul ki a tudás a gyerekekben? Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 143 p.
36. Neill, A. S. (2009): Summerhill – A pedagógia csendes forradalma. Kétezerregy Kiadó, Piliscsaba, 400 p.
37. Orosz S. (1977): A tananyag elemzése. Országos Oktatástechnikai Központ, Veszprém, 108 p.
38. Orosz S. (1987): Korszerű tanítási módszerek. Tankönyvkiadó Vállalat, Budapest, 249 p.
39. Oroszlány P. (1998): A tanulás tanítása. Tanári kézikönyv. AKG Kiadó, Budapest, 323 p.
40. Pentelényi, P. (2005): Algoritmikus szemléletű tanítás-tanulás az információs társadalomban – következtetések a pedagógusképzésre. In: Falus I. – Kelemen E. (szerk.): Tanulmányok a neveléstudomány köréből. Műszaki Kiadó, Budapest, pp. 453–467.
41. Piaget, J. (1972): La représentation du monde chez l'enfant. Presses Universitaires de France, Paris, 82 p.
42. Radnóti K. – Nahalka I. (szerk.) (2002): A fizikatanítás pedagógiája. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 330 p.
43. Radnóti K. (szerk., 2008): A projektpedagógia, mint az integrált nevelés egy lehetséges eszköze. Educatio. Budapest, 327 p.
44. Radnóti K. (2010): A fizikai fogalmak alakulása. Fizikai Szemle, LX. évf. 7-8. pp. 255–260.
45. Réti M. (szerk., 2011): Kívül-belül jó iskola. Oktatáskutató és Fejlesztő Intézet, Budapest, 240 p.
46. Bacskay B. – Lénárd S. – L. Ritók N. – Rapos N. (szerk. 2008): Kooperatív tanulás a hátrányos helyzetű tanulók integrált nevelésének elősegítésére. Pedagógus-továbbképzési kézikönyv. Educatio Társadalmi Szolgáltató Kht., Budapest, 333 p.
47. Rogers, C. R. (2003): Valakivé válni. A személyiség születése. Edge 2000 Kiadó, Érd, 518 p.
48. Szántó S. (2002): Az algoritmikus gondolkodás fejlesztése általános iskolában. In: Új Pedagógiai Szemle, 5. pp. 84–175.
49. Szilágyi E. (szerk., 2005): Például. Példák, ötletek a fejlesztésközpontú szemlélet iskolai megvalósítására. SuliNova Kft, Budapest
50. Vekerdy T. (2004): Az iskola betegít? Saxum Kiadó, Budapest, 158 p.
51. Wagner É. (2009): A gyermeki elképzelésekkel és változásaikkal kapcsolatos ismeretek és alkalmazásuk a konstruktivista szemléletű fizikatanítás során. PhD értekezés. ELTE PPK Neveléstudományi Doktori Iskola

8. fejezet
Készség- és kompetenciafejlesztés a természetismeret
tanításában



8.1. A készségfejlesztő pedagógiai alapjai

Írta: dr. Makádi Mariann

Kulcsszavak: ismeret, ismeretelem, jártasság, készség, képesség, készségfejlesztés, természet-tudományos megismerési módszerek

8.1.1. A készségfejlesztés szak módszertani értelmezése

A készségfejlesztés értelmezése

A rendszerváltozás utáni tantervfejlesztés során egyre több figyelem fordult a készségfejlesztésre az iskolai pedagógiai tevékenységek rendszerében. A Nemzeti alaptantervek és a kerettantervek elsődlegesen nem a tudásanyag, hanem **a készségek és azok fejlesztése felől közelítették meg** az egész pedagógiai folyamatot, de még a tantárgyak tartalmát is. A követelmények rendszerének kialakításakor abból indultak ki, hogy **a tanulók más-más tevékenységekre képesek a különböző életkori szakaszokban**, és ha ezeket meghaladó elvárásokkal szembesülnek, sikertelen lesz mind a tanítási, mind a tanulási folyamat. A tanítási gyakorlat ma hazánkban sajnos – a szakmai igényesség látszatát keltve – nem az adott életkorra jellemző sajátosságok, készségek fejlesztésére irányul, hanem rendszerint a következő életkori szakasz követelményeit támasztja a tanulók elé. Az óvodában már el akarják sajátíttatni a 4-6 évesekkel az alapkészségeket (írás, olvasás, számolás), mondván, hogy az az alsó tagozatban hasznos lehet, s közben a gyerekek elfelejtenek játszani, egyre tudatosabban, de szabadon ismerkedni a természeti világgal. Az alsó tagozat a felsős követelmények teljesítését kívánja a tanulóktól (például térképolvasás, kísérletezés, elvont fogalmak, mint éghajlat, sűrűség, életközösség stb. értelmezése), a felső tagozat pedig a középiskolai követelményekét (például tudományos rendszerezés, önálló projekttevékenység, globális látásmód). Mindeközben folytonos kudarcélményt szerez minden érintett (a tanuló, a tanár, a szülő), és az egyes iskolaszintekből kikerülő tanulók nem állják meg a helyüket a következő szinteken.

A **készségfejlesztés** valamely képességterületre irányuló fejlesztő hatású tevékenységfolyamat, ami magában foglalja a folyamat tervezését és irányítását, a hozzá kapcsolódó tevékenységek tudatos egymásra építését. Az iskolában a tananyag feldolgozása, tehát az ismeretszerzés során történik. Az a célja, hogy a tanulóknak kialakuljanak a nélkülözhetetlen általános és speciális képességek, melyeknek birtokában értelmesen, hasznosan és örömmel tudnak élni.

A képességek szintjei

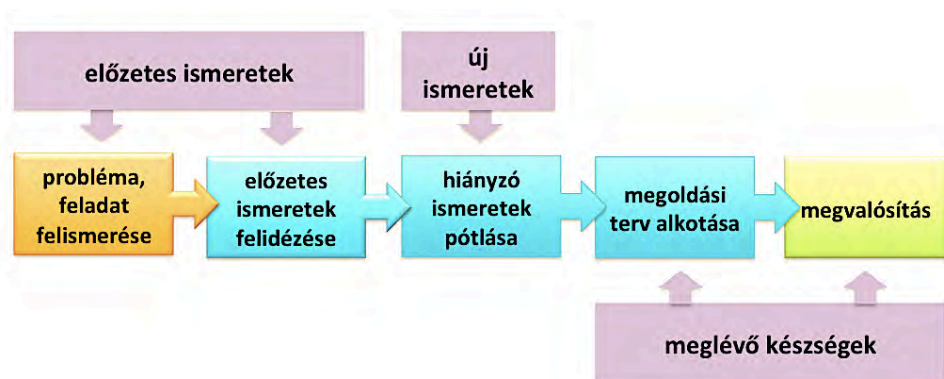
A tantervek nem adják meg konkrétan a készségfejlesztésre irányuló tevékenységeket, ehelyett azt mondják meg, milyen szintre kell eljutniuk a tanulóknak a különféle képességterületeken az egyes életkori szakaszok vagy évfolyamok végére. Ezek az úgynevezett kimeneti követelmények nem nélkülözhetik az adott tevékenységgel kapcsolatos elvárandó ismeretek, jártasságok és készségek felsorolását. Értelmezésükhöz szükséges e fogalmak tartalmának pontos ismerete. Értelmezésüket azért is tartjuk fontosnak, mert a pedagógia és a szakmódszertanok tudománya eltérően használja e fogalmakat, és a tantervekben, az iskolai gyakorlatban sokszor következetlenül kerülnek elő.

A 10-11 éves gyerekek a természetismeret tantárgy keretében szerzik meg a természeti környezettel kapcsolatos ismereteknek azt a részét, amelyek szükségesek és megalapozhatják a világban való biztonságos eligazodást. A köznyelvben, ha valakinek valamiről, valakiről „van fogalma”, elképzelése, azt mondjuk, ismeri, aki ismer valamit, az pedig tájékozott. Benne rejlik az **ismeret** pedagógiai értelmezése is, miszerint az a világról alkotott képmás, a valóság agyunkban képződött lenyomata. Az ismeret a tudás deklaratív formája („tudni valamit”), megértett, rögzített és felidézett információ. A megismerés kognitív folyamatának eredményeként a belsővé válás során születik és a kommunikáció során válik hasznosíthatóvá, tehát a nyelv segítségével megfogalmazható, leírható, elolvasható, memorizálható és visszamondható (propozicionális tudás) (Knausz I. 2001). Az oktatásban (például a tantervi követelményrendszerekben) **ismeretelemekre** bontják, mert azok különböző elsajátítási és felidézési módszereket igényelnek:

- tények (például a vas mágnesezhető, a folyók a magasabbról az alacsonyabb területek felé folynak, a pókok ízeltlábú állatok);
- adatok (például a Kékes magassága 1015 m, 7 nyakcsigolyánk van, a víz forráspontja 100 °C);
- fogalmak (például nyomás, olvadás, középhegység, madár);
- képek, vizuális ismeretek (például ráismerés az élőlényre habitusképe vagy egy részlete alapján, tereptárgy megnevezése árnyéka alapján);
- összefüggések (például napsugarak beesési szöge – hőmérséklet; a Föld Naphoz viszonyított helyzete a forgás során – napszakok; testfelépítés – életmód – élőhely kapcsolata; hőmérséklet – térfogat);
- algoritmusok (például periodikusan változó jelenségek; olvasás ábráról és képről; a vizsgálódás menete; táj, életközösség vagy élőlény jellemzése, növényi rész vizsgálata);
- absztrakciók (például a gerincesek osztályainak elkülönítése lényeges bélyegeik alapján, rögzös szerkezetű hegység vagy talaj modellezése, a sebesség és a lendület értelmezése, az anyag részecskemodellje, az oldószer fogalma);
- szabályok (például térkép tájolása, folyó folyásirányának megállapítása, mágneses indukcióvonalak megállapítása jobbkéz-szabállyal);

- elméletek (például Napközéppontú világkép, az anyag részecskeelmélete, evolúciós elmélet);
- normák (például viselkedési szabályok hulladékgyűjtéskor, veszélyhelyzetben, társakkal);
- paradigmák (például „harc a baktériumok ellen”; Föld- és Napközéppontú világkép, bolygók mozgása).

A mindennapi életben az ismeretek halmaza nem elegendő. Hiába tájékozott (ismeri) a tanuló abban, hogy a mágneses kölcsönhatás elvén működő iránytű jelzi a világtájakat, vagy abban, hogy a vérző sebre kötést kell tenni, ha nem tudja ezt az ismeretet alkalmazni a kirándulás során. Azt az orvost keressük fel, aki jártas az adott betegségtípus kezelésében, benne bízunk, hogy felismeri és kikezeli a mi egészségügyi problémánkat. Ez a köznyelvi „jártas” kifejezés a pedagógiai **jártasság** fogalom gyökere: egyfajta gyakorlottság, amely birtokában új feladatokat, problémákat oldunk meg ismereteink alkotó módon való felhasználásával. Egyfajta átmeneti szint az egyszerű tájékozottság (ismeret) és az automatikusan végzett műveletsor (készség) között. Mit csinál a köznap **„jártas”** példában az orvos a beteggel való első találkozástól a meggyógyításáig? Amit a tanuló az iskolában: jól megértett, előzetes ismeretek birtokában felismeri az aktuális problémát, feladatot (például a társának erősen vérzik a lába), felidézi a témába vágó előzetes ismereteit (például minél hamarabb csillapítani kell a vérzést), pótolja a hiányzó ismereteket (például hogyan vérzik ütő- és verőeret ért sérülés esetén, milyen kötést kell alkalmazni egyiknél és másíknál), majd kigondolja, „kidolgozza” a megoldási tervet (például beteg ellátásának és a kötés elkészítésének gyors terve, teendők az ellátás után), amit meg is valósít. A jártasság tehát egyfajta algoritmus alapján történő feladatmegoldási sor realizálása (8.1. ábra).



8.1. ábra. A jártasság kialakulásához vezető algoritmus (Makádi M.)

Ha valaki mások kívánságát, óhaját szívesen teljesíti, azt mondjuk készséges. Minden bizonnyal jó készsége van annak végrehajtására, könnyen, szinte automatikusan teszi a hozzá kötődő tevékenységeket. Amikor egy cselekvés, tevékenység a gyakori ismétlődés révén (begyakorlással) ténylegesen automatizálódik, majd a cselekvés során tudatos felidézés nélkül is működik, az **készség**. Például úszás közben nem gondolunk arra, hogy mikor milyen helyzetben van a lábunk és a karunk, mi lesz a következő mozzanat; nem

gondoljuk át, hogy milyen eszközökkel fejezi ki a térkép a térbeli elhelyezkedést, csak leolvassuk a hely földrajzi fekvését. A készségek többféle szempont alapján csoportosíthatók (8.1. táblázat).

A készségek kialakulása az egymást követő mozzanatok beidegződésén alapszik, ami alapvetően háromféle módon mehet végbe:

1. **analizáló-szintetizáló beidegződés:** először a részmozzanatok tanulása történik külön-külön, később ezeket összekapcsoljuk (például a szóképek egyszer csak értelmes szavakká, mondatokká állnak össze; térképjelek mechanikus beazonosítása, az elemi tartalmak leolvasása után földrajzi egységgé áll össze a tér; a kutya, a tehén, a tyúk stb. egyes tulajdonságainak megismeréséből összeáll a háziállat fogalma);
2. **globális tanulás:** a tevékenység részfolyamatokra bontása nélkül folyik a begyakorlás, a részletek a sokszoros ismétlés sikerei és kudarcai, valamint az utólagos tudatosulás következtében differenciálódnak (például a járás és a beszéd, idegennyelv használata);
3. **traszferális tanulás:** a gyakorlás kezdetben egyszerűsített, mesterséges helyzetben történik (szimuláció), majd áttevődik a természetes, „éles” helyzetekre (például repülőgépvezetés; képzeletbeli riportkészítések után valós környezetben történő riportkészítés; a tánctanulás révén fejlesztett „mozgás-tudatosságot” átviszi (alkalmazza) felelés-előadás-szereplés típusú helyzetekben).

A cselekvés formája szerint	A tevékenység típusa szerint	Összetettsége szerint
- íráskészség; - olvasási készség; - számolási készség; - munkakészség	- manuális készség; - szenzomotorikus; - intellektuális készség; - vegyes készségek	- egyszerű (elemi) készség; - összetett készség (készségsor)

8.1. táblázat. A készségek fajtái

Bármelyik úton is alakulnak ki a készségek, birtokukban alakulnak ki azok az egyéni sajátosságok, amelyek valamilyen cselekvés elvégzésének lehetőségeit és feltételeit teremtik meg. Ezeket nevezzük **képességeknek**. Ebből következik, hogy nem mondhatjuk: az egyik gyerek jó képességű, a másik kevésbé, ez az oly sokat hangoztatott pedagógusi megfogalmazás nem értelmezhető. Az azonban mondható, hogy az egyik tanulónak jók a térben való eligazodási képességei vagy a vizsgálódási képessége, azaz birtokolja azokat a készségeket (például iránytartás, távolságbecslés, téri elforgatás, illetve lényegkiemelés, analógiás cselekvés, problémaérzékenység), amelyek azokhoz szükségesek. Ugyanígy helytelen megfogalmazás a „képességfejlesztés” kifejezés, hiszen a képesség nem egy egységes „valami”, összességében nem fejleszthető, csak a tanulók egyes készségei, amelyekből majd összeáll egy-egy cselekvés, tevékenység feltételrendszere, vagyis a képesség (Csépe V. 2005).

A készségfejlesztési követelmények egymásra épülése

A készségfejlesztés lényegéből fakad, hogy egyfajta **fokozatos építkezést** feltételez kétféle szempontból is. Maga a képesség hierarchikusan egymásra épülő szintekből áll: az ismeretek szintjét követi a jártasság szintje, azt pedig a készségé (8.2. ábra). A magasabb szint feltételezi az alatta lévőket. Egy tudáselemet a tanuló birtokolhat az ismeret, a jártasság és a készség szintjén egyaránt. Például a kézben lévő térkép jelkulcsának ismerete (ismeret szintje) feltétele a térképlapok olvasásának (jártasság szintje), amire épül az a készség, hogy a térképről leolvasott útvonalhossz közlekedési távolságfogalommal is társul. A rutinos és gyors távcső-, fényképezőgéphasználat készsége is a szimpla „fejben való tudáson” és a minden mozdulatot egyenként végiggondoló próbálkozásokon keresztül alakul ki.



8.2. ábra. A képesség hierarchikus szintjei (Makádi M. 2015)

A képesség elemekből való fokozatos építkezésének másik összetevője az életkori sajátosságokkal függ össze. A kisiskolás gyermekek érdeklődése elsősorban a körülöttük lévő valóságra irányul. Gondolkodásuk a közvetlen érzékeléshez, a gyakorlati tapasztalatokhoz kötődik, cselekedeteiket elsősorban az adott dologhoz való **érzelmi viszonyulásuk** irányítja, és a **megismerés vágya** működteti, gondoljunk csak a kérdéseikre (mi az?, milyen? és miért?). Tevékenységeik apró problémahelyzeteinek megoldásában igen kreatívak. Ezért van az, hogy az alapkészségek fejlesztésének időszakában (az 1–6. évfolyamon) az iskolában elvileg (sajnos a gyakorlat ezt kevésbé követi!) a tanulók mindenfajta megismerő tevékenysége főként a közvetlen tapasztalatszerzésen, a megfigyelésen alapszik. Mivel a serdülők érdeklődése inkább önmaguk felé fordul, gondolkodásuk során már elvonatkoztatásokra is képesek, és jelentősen megnő a lexikális ismereteket befogadó képességük, tanulási folyamatukban egyre hangsúlyosabbá válik a tényszerű ismeretek megszerzése és feldolgozása. A közoktatásban töltött évek alatt alakulnak ki a tanulóknál azok a képességek, amelyek a világban való eligazodásukhoz szükségesek, de csak

fokozatosan. Ezért hiba a 10-11 éveseket „kis felnőttekként”, „kis tudósokként” kezelni. Eredményes tanítási-tanulási folyamat csak akkor várható, ha a tanár az ismeretek és a hozzájuk kapcsolódó készségek egész közoktatásra kiterjedő rendszerét ismeri, és pontosan érti, hogy mi a szerepe, feladata az 5-6. évfolyamon a természetismeret tantárgy tanítása során.

8.1.2. A természetismeret-tanítás készségfejlesztési rendszere

A természetismeret mint integrált tantárgy a **komplex látásmód** kifejlődését kívánja **megalapozni**. Ennek érdekében bemutatja a természet elemeinek egymásra, a társadalom természetre való utaltságát, vagy éppen fordítva: a természet kiszolgáltatottságát a társadalomnak, sőt a társadalmi-gazdasági elemek egymásra utaltságát is képes érzékeltetni példákon keresztül. Lehetőséget teremt a környezet különböző szerveződési szintű anyagainak és tárgyainak megismerésére ugyancsak példák alapján. Ezzel az a célja, hogy a tanulók vegyék észre a különböző szerveződési szintek egymással való kapcsolatát, lássák viszonyukat, de nem kívánja részleteiben bemutatni bonyolult kapcsolatrendszereiket. Tehát az 5-6. évfolyam a természeti környezetről (és részben a társadalmi környezetről) való **tapasztalatszerzés időszaka**. A tanulók gyakorlatot szereznek abban, hogy tapasztalataikat és ismereteiket felhasználják a környezetben lejátszó történések megértéséhez, a mindennapokban jelentkező problémák megoldásához.

A természettudomány megismerési módszereivel összefüggő tevékenységek rendszere

A természetismeret tantárgy egyedülállósága abban rejlik, hogy tanulása során a gyerekek a természeti jelenségekkel a maguk komplexitásában ismerkedhetnek. Ez lehetőségét adja a **természettudomány megismerési módszerei** egységes logikájú elsajátításának és alkalmazási készsége kialakításának, ami alapfeltétele a következő életkori szakaszban az eredményes biológia-, fizika-, kémia- és földrajztanulásnak. Alsó tagozatban a tanulók még csak egyszerű megfigyeléseket és vizsgálatokat végeznek a közvetlen környezetben vagy annak anyagaival, tárgyaival kapcsolatban a tanteremben (például egy- és kétszikű virág vizsgálata, különböző anyagok viselkedése a vízben, hőterjedés, halmazállapot-változások). Itt a jelenségekre, fogalmakra való ráismerés a lényeg (a fogalomismeret határozatlan szintje) az **adott időpillanatban** vagy rövid időtartamon belül szerzett tapasztalatok alapján. 5. évfolyamon viszont a **rendszeres** (folyamatos vagy szabályos időközönként ismételt) észlelésekre és vizsgálatokra helyeződik a hangsúly (például időjárási elemek észlelése és mérése, a megvilágítás napszakos és a besugárzás évszakos váltakozásának modellezése megfigyelést követően, holdfázisok megfigyelése), amelyeknek elsődleges célja a jelenség, a folyamat megismerése (például az időjárás napi változási jellegzetességei, az évszakok időjárásának periodikus változása, a gyümölcsökérésének éves periódusai). Ugyancsak ebből a célból figyelnek meg, írnak le, vizsgálnak időben lejátszódó folyamatokat (például

melegítés-hűtés; oldás; csírázás, növények fejlődése; járás, futás, közlekedési eszközök mozgása, gyorsítás-lassítás). 6. osztályban a tapasztalatok mögött húzódó kapcsolatok, összefüggések feltárására (például Föld forgási és keringési helyzete – napszakok és évszakok; fejlődési állapot – az élőlény megjelenése) és a tapasztalatok alapján történő **elvonatkoztatás** (például a természeti jelenségek különböző időléptéke, egyszerű törvényszerűségek megfogalmazása, a természeti folyamatok egyes feltételeinek megismerése és az egymás utáni szakaszok közötti sorrendi összefüggések meglátása) a természetismeret-tanulás lényege.



8.3. ábra. A felmelegedés okairól szerzett tapasztalatok modellezése a tanteremben
(Makádi M. felvételei)

Mint az az előző gondolatmenetből is látszik, az alapfokú oktatásban a közvetlen valóságban való **tapasztalásnak** mint **elsődleges információszerzésnek** van a legnagyobb jelentősége a megismerési folyamatban. A környezetismeret órákon a gyerekek többnyire direkt tanítói irányítással végzik a **valóságmegfigyeléseket** és vizsgálatokat a közvetlen környezetükben (patakvíz vizsgálata, a lakóhely és környékének „feltérképezése”, járműforgalom megfigyelése stb.), vagy a valóság elemeit (például anyagokat, élőlényeket) vizsgálják a tanteremben. Ekkor még alárendelt a közvetett információhordozók használata, bár nem nélkülözhető (képeket, ábrákat, térképszerű vázlatokat és szövegeket stb. dolgoznak fel), és a megszerzett ismereteiket egyszerű ténymegállapításokban, rajzokban, életképekben rögzítik és kommunikálják. Ám az évek során a megismerő tevékenységek tanári irányítotttsága csökken. Közben a tanulók gondolkodása alkalmassá válik a közvetettebb, elvontabb tények befogadására és feldolgozására is, ezért a természetismeret órákon már sokféle **egyszerű közvetett információhordozót** használnak (például mérnek és számítanak, adatot, szöveget, ábrát, képet értelmeznek, sőt már térképen is próbálnak eligazodni). A fejlesztő tevékenységek az ismeretszerzés módszereivel, technikáival és eszközeivel kapcsolatosak. Az egyes évfolyamokon nemcsak más-más eszközök jelennek meg, hanem – figyelembe véve a gyerekek életkori sajátosságait és előzetes képességeik szintjét – más-más módszerekkel dolgoznak (8.2. táblázat). Ennek az a célja, hogy fokozatosan alakuljon ki a tanulóknak az önálló ismeretszerzés képessége és annak igénye, hogy későbbi életük során folyamatosan tanuljanak, képezzék magukat.

Szempont	Környezetismeret 1–4. évfolyam	Természetismeret	
		5. évfolyam	6. évfolyam
Cél	tapasztaltszerzés a pillanatnyi állapot megismerésére	rendszeres észlelés, megfigyelés a jelenség, folyamat megismerésére	elvonatkoztatás a tapasztalatok alapján
Irányítottság mértéke	direkt irányítás	direkt és indirekt irányítás	indirekt irányítás és önálló tanulói munka
Elsődleges	a valóság	egyszerű közvetett információhordozók (térkép, ábra, kép, szöveg ismeretterjesztő irodalomból)	Közvetett információhordozók (ábra, álló- és mozgókép, különböző műfajú szöveg, térkép, földgömb, IKT-eszközök)
Egyéb	egyszerű közvetett információhordozók (főleg ábrák, mese, szépirodalmi szöveg, térképszerű ábrázolás)	a valóság	a valóság

8.2. táblázat. Az információhordozók használatával összefüggő tevékenységek egymásra épülése a környezet- és természetismeret tantárgyakban (Makádi M.)

A természettudományos gondolkodáshoz vezető út

Mint arról már volt szó, a természetismeret tanításának alapvető célja, hogy az 1–4. évfolyamon a környezetismeret tantárgy által megalapozott készségeket továbbfejlesztve **előkészítse** a természettudomány (és részben a társadalomtudomány) megismerési módszereinek elsajátítását, amelyek segítségével fejlődhet ki a tanulóknál a környezetre vonatkozó alapismeretek megszerzésének képessége. Nem egyszerűsített, elemi szintű biológia, földrajz, fizika és kémia, nem az egyes természettudományok alaptételeivel foglalkozik, hanem vizsgálódásának középpontjában az élő és az élettelen természet, a jelenségek és a folyamatok megismerése, a valós és egységes környezet áll. Legfőbb pedagógiai célja, hogy a gyerekekben **megindulhasson a természet- (és a társadalom) tudományos ismeretek megszerzésének folyamata**. Ezt elsősorban **pozitív beállítódásuk kialakításával** lehet elérni, vagyis ha a gyerekek megszeretik a természetet, és ezen keresztül felébred érdeklődésük annak élő és élettelen összetevői iránt, akkor igénylik alaposabb megismerését.

E célok elérése érdekében a természetismeret tanár feladata nem az, hogy tényismeretek sokaságát, fogalmak definícióival tömje tele a gyerekek fejét, hanem az, hogy **elsajátíttassa** velük **a környezet elemeinek és jelenségeinek megismeréséhez szükséges módszereket**. Ezért a fogalmaknak csak a tartalmi jegyeit vizsgálhatja, ok-okozati és kölcsönhatási kapcsolatokat kerestet közöttük, de nem kíván elvont fogalmi kategóriákat kialakítani. Ahhoz azonban, hogy a tanulók el tudják mondani, le tudják írni a megfigyeléseik, vizsgálódásaik során szerzett tapasztalataikat, pontosan kell alkalmazniuk a szakkifejezéseket. A

természetismeret tanár nem ismereteket közöl, hanem induktív és deduktív módon **végigvezeti a tanulókat a természettudományos megismerés útján**. Továbbfejleszti a tanulók által alsó tagozatban elsajátított elemi képességeket. Megtanítja, hogyan kell megtervezni és pontosan végrehajtani a megfigyeléseket, vizsgálatokat különböző célok elérése érdekében. Megismerteti, miként célszerű megválasztani a mérésekhez szükséges mértékegységeket, és hogyan kell szemléletesen feldolgozni a mért adatokat. Fokozatosan fejleszti a tanulók eszközhasználati készségét és önállóságát a megfigyelések, a vizsgálatok megtervezésében és elvégzésében.

Az 5–6. osztályosok természettudományos gondolkodása még erősen kötődik a képi tartalmakhoz. Ugyanakkor térbeli és időbeli elvonatkoztatási képességük fejlődése egyre valósághűbb képzetek kialakulásához vezet, amelyek nélkülözhetetlenek a valóságos természeti folyamatok, kapcsolatok és törvényszerűségek megértéséhez. Ennek érdekében a tanár általánosításokon és konkretizálásokon keresztül alapozza meg az egyszerű absztrakt fogalmak használatát, az ítéletek és következtetések megfogalmazását. Mindezekkel **a természettudományos gondolkodáshoz szükséges képességek kialakulását** segíti elő.

Mivel a tudás annyit ér, amennyit kommunikálni és felhasználni tud abból az ember, a természetismeretben alkalmazott tevékenységek egy része azt kívánja elérni, hogy a tanulók értsék, megtanulják és alkalmazzák a környezettudományok elemi szaknyelvét, fejlődjön szóbeli kifejezőképességük. Más tevékenységek az önálló véleménynyilvánításra, a vélemények tapasztalatokon alapuló indoklására ösztönöznek, ezáltal az egyszerű közösségi viselkedési formákat (például egymás meghallgatása, vélemények ütköztetése, más véleményének tiszteletben tartása, elfogadása, szubjektív elemek kiszűrése) tanítják és gyakoroltatják.

Hallgatói kérdések és feladatok

1. Mutassa be egy válaszott példán keresztül a jártasság kialakulásának folyamatát!
2. Próbálja megragadni azokat a mozzanatokat, amelyek jelzik a jártasság és a készség közötti különbséget! Illusztrálja ezeket tananyagpéldákkal!
3. Mely módszerek segítik a tanulókat a természettudomány munkamódszereinek megismerésében? Hogyan épülnek ezek az alsó tagozatos előzményekre és hogyan építkeznek tovább? Mutassa be konkrét példákkal!
4. Gyűjtse össze, hogy mely életkori sajátosságok indokolják a valóság természettudományos megismerési módszereinek kiválasztását és sorrendiségét!
5. Válasszon ki egy-egy biológiai, fizikai, földrajzi és kémiai témát a természetismeret kerettantervből, és keresse ki, hogy feldolgozása során hogyan haladnak a tanulók az ismeret-jártasság-készség szinteken! Ehhez az alsó tagozatos környezetismeret és a felső tagozatos szaktudományi tantárgyak követelményrendszerét is meg kell néznie.

8.2. A természetismeret tantárggyal összefüggő kompetenciák és fejlesztésük módszerei

Írta: dr. Victor András – dr. Makádi Mariann

Kulcsszavak: *paradigmaváltás, tudástranszfer, motiváció, belső motívum, attitűd, kompetencia, kulcskompetencia*

8.2.1. Az életnek tanulunk?

A pedagógusok közül bizonyára sokan ismerik azt a szólást, hogy „Non scholae sed vitae discimus” (Nem az iskolának, hanem az életnek tanulunk). Azonban ha elgondolkozunk azon, hogy vajon ma érvényes-e – s ha igen, mennyire – ez a mondat, bizony az derül ki, hogy az eredmény nem megnyugtató. Be kell látnunk, hogy elég nehezen tudnánk megvédeni ennek a szólásnak az igazságát, ha valaki esetleg kétségbe vonja azt. Különösen akkor lennénk bajban, ha maguknak az elsődlegesen érintettek, a gyerekek felé kellene bizonygatnunk, hogy ez a szólás igazságot fejez ki. Ha egy pedagógus őszintén és kritikusan végiggondolja, hogy saját tantárgyában mi az, ami valóban szükséges a gyerekeknek (persze az iskolán kívül!) akár a jelenben, akár leendő felnőtt életükben, be kell látnia, hogy kevés ilyen ismeretelem van. Tele vannak a tankönyveink olyan ismeretekkel, amelyeket nem azért tanítunk, mert valamikor az életben hasznos lesz majd azok tudása, hanem azért, mert megszoktuk, hogy benne vannak a tananyagban, ezért fontosnak, az általános műveltség részének tekintjük azokat. Ugyanakkor azt is tudnunk kell, hogy – éppen a világ felgyorsult változása következtében – nagyon bizonytalan az „általános műveltség” tartalma. Amit ma általában annak tekintünk, annak egy része 10-15 év múlva (mire a mostani tinik felnőttek lesznek) már érvénytelen lesz, viszont hozzáadódnak olyanok, amelyekről ma még fogalmunk sincs.

Persze a tananyag és a módszerek kiválasztásában – a praktikusságon és a (reménybeli) általános műveltségen túl – helye van még egy nagyon fontos szempontnak is. Ez pedig a gyerekek gondolkodásmódjának a fejlesztése. Sok-sok dolgot (különösen például a matematikában) „csak” azért tanítunk, mert fejlődik általa a tanulók logikája, absztrakciós képessége, összefüggéslátása stb. Az iskolai tananyaggal kapcsolatos bizonytalanságot a gyerekek is érzik (pontosabban: ők jobban érzik, mint a tanárok). Tudat alatt tudják, hogy egyéni boldogulásukban, leendő karrierjükben, sikereikben, közösségi életükben korlátozott szerepe lesz annak, amit az iskolában tanulnak. Ez az iskola alapvető baja. Ezért (is) megy nehezen a tanítás és a tanulás.

Változtatni kell tehát, paradigmaváltásra van szükség az egész oktatási rendszert illetően. Tudomásul kell vennünk – sőt: mindenféle szempontból fel kell készülnünk arra, hogy „hamarosan” radikálisan megváltozik az iskolák alapfeladata: a súlypont áttolódik a tárgyi ismeretek átadása felől a kompetenciafejlesztés felé. Számos példát ismerünk **paradigmaváltásra**, vagyis arra, hogy valamely addig – akár évszázadokig – érvényesnek elfogadott, hasznosnak bizonyult paradigma fokozatosan érvénytelenné válik, egyre többen más fogalmakkal, más módszerekkel, más gondolkodásmóddal értelmezik, írják le és magyarázzák az adott tudományterületet, és előbb-utóbb az új paradigma válik általánosan elfogadottá. Ez a váltás azonban – jól láthatóan – nehezen megy, döcögve indul. E nehézkességnek több oka is van. Sokan félnek a váltástól, azt gondolják, hogy ez elkerülhetetlenül a színvonal csökkenését jelenti. Az persze igaz, hogy a pedagógusok igen nagy hányada nincs felkészülve – és nincs felkészítve! – arra, hogy a hangsúlyt az ismeretek halmaza helyett a képességek, a kompetenciák fejlesztésére helyezze. Őt sem így tanították annakidején az iskolában, tanárjelölt korában sem ezt tanulta módszertanból, a gyakorlóiskolában sem ezt várták tőle, azóta sem ez vezérli a tanítását, a tankönyvek sem ilyenek stb.

8.2.2. A kompetencia fogalmi tisztázása

Képesség az élethez

Első lépésként feltétlenül körül kell járnunk a **kompetencia** fogalmát, mert sajnos nagyon sok félreértés, félremagyarázás terheli ezt a fogalmat. A szó latin eredetű: com (-val, együtt) + peto (megy valahova). Ebből competo azt jelenti, hogy együtt megy, együtt érkezik, egybeesik, valamint – átvitt értelemben – valamire alkalmas, győz valamivel. (Ennek származéka a competitio, azaz vetélkedés, verseny is.) A szó eredeti jelentése tehát valami ilyesmi: alkalmasság valamire; felkészültség egy küzdelemre, illetve átvitt értelemben egy feladat megoldására. Magyar szójegyzékek a következő jelentéseit adják meg: illetékesség, hozzáértés, szakértelem, jogosultság, hatáskör. Magyar szövegben tehát ez a szó jelenthet pozícióból adódó, formális jogosultságot, és jelenthet belső, személyes tulajdonságokból eredő, hozzáértésre alapozott jogosultságot is.

Az 1977-es Pedagógiai Lexikonban még nincs kompetencia szócikk. Az 1997-es Pedagógiai Lexikonban már van, és jelentése = alkalmasság, ügyesség. A 2000-es kiadású Magyar Nagylexikon szerint a kompetencia = illetékesség, jogosultság, hozzáértés. Érdekes, hogy a két szóértelmezés eléggé eltérő. Ebből is látszik, hogy a magyar nyelvben (és nemcsak a pedagógia terminológiájában) nincs még egyértelműen kialakult tartalma ennek a fogalomnak. Egyébként az 1997-es Pedagógiai Lexikon is inkább pszichológiai, mintsem pedagógiai fogalomként tárgyalja a kompetenciát; az iskola szó nem is fordul elő a szócikkben: „alapvetően értelmi alapú tulajdonság, de fontos szerepet játszanak benne

motivációs elemek, képességek és egyéb emocionális tényezők”. Nem zárja ki a fogalom közoktatási jelentőségét, iskolai fontosságát, de nem is utal rá.

Azonban az információk nyomása alatt álló társadalomban egyre nagyobb értéke van a tudás átadási, megújítási és új helyzetekben való alkalmazási képességének. Az **egyszerű transzferfolyamatok** („low road” tudástranszfer) során a magas fokon begyakorolt képességek automatikus vagy kevés gondolkodást igénylő felhasználása történik. Megtanulunk, majd változatos helyzetekben gyakorolunk egy kognitív elemet, ami a megerősítések által fokozatosan automatikussá és rugalmassá válik, így később a tanulási szituációhoz hasonló helyzetekben elő tudjuk hívni az új helyzethez illeszkedő hajlékony elemet (például a jellemzési algoritmust táj, élőlény vagy jelenség leírásakor, gondolkodási sémát különböző típusú tesztfeladatok megoldásakor). Ezáltal egyre szélesebb körben használható képesség jön létre, ami mindjobban elszakad az eredeti szituációtól. Más esetekben az **„értelem csiszolódási folyamatában” helyeződik át a tudás** („high road” tudástranszfer), az előzetes tapasztalatok során alapelveket, összefüggéseket ismerünk meg, amelyeket gondolatainkban sémákká alakítunk. Ezek a sémák (modellek) spontán felidéződnek (például egy terület gazdasági életét meghatározó földrajzi elemek számbavételekor), vagy egy megfelelő helyzetben mint potenciálisan alkalmazható stratégiát hívjuk elő (például a „hogyan jutok el egyik helyről a másikra?” probléma megoldásakor). E stratégiák átgondolása jelzi, hogy a kompetencia fogalmában az idők során az ismeretelemről a képességösszetevőkre helyeződött át a hangsúly. „A kompetenciát úgy kell tekinteni, mint olyan általános képességet, amely a tudáson, a tapasztalaton, az értékeken és a diszpozíciókon alapszik, és amelyet egy adott személy tanulás során fejleszt ki magában” (Coolahan, J. 2005).

Ahány kompetenciadefiníció, annyi féle. Tanítási-tanulási folyamatközpontú a hazai közoktatásban leggyakrabban használt kulcskompetencia meghatározás: „az Európai Unióban kulcskompetenciákon azokat az ismereteket, képességeket és attitűdöket értjük, amelyek birtokában az Unió polgárai egyrészt hatékonyan alkalmazkodhatnak a gyorsan változó modern világhoz, másrészt a változások irányát és tartalmát cselekvően befolyásolhatják” (Nemzeti alaptanterv, 2012). Ez a megfogalmazás hivatkozik az Európai Parlament és a Tanács ajánlására az élethosszig tartó tanuláshoz szükséges kulcskompetenciákról szóló dokumentumra (2006). Összhangban áll azzal a pedagógiai paradigmaváltással, amely a kompetenciaalapú, kritériumorientált segítő pedagógiai kultúra és iskola irányába mutat (Nagy J. 2007).

A **kulcskompetenciák** iskolai fejlesztésének alapcélja, hogy a gyerekek képesek legyenek rugalmasan alkalmazkodni a változásokhoz mindennapi életükben. A kulcskompetenciák csak az iskolarendszer egészében bontakozhatnak ki, de minden tantárgynak és oktatójának részt kell vállalnia a kifejlesztésükben. A tudatos, értelmes és tevékeny állampolgári léthez szükséges képességek kialakulásához hosszú évek kitartó fejlesztő munkájára van szükség. A

fejlesztő munka kifejezés magában foglalja, hogy csak szisztematikusan és fokozatosan egymásra épülő rendszerben valósulhat meg, rendszeres tanári és tanulói tevékenységfolyamat eredményeként. Az egyik tanuló korábban, a másik később lép egy-egy képességterület következő szintjére. Azonban a folyamat soha nem zárul le, a képességek mélyülnek, finomodnak, differenciálódnak. Ebből következik, hogy fejlesztésük mindig (minden évfolyamon, minden témakörben, minden közösségben, minden tanulónál) aktuális. A kompetenciafejlesztés tehát nem felzárkóztató foglalkozás, mint ahogyan azt sokan értelmezik.

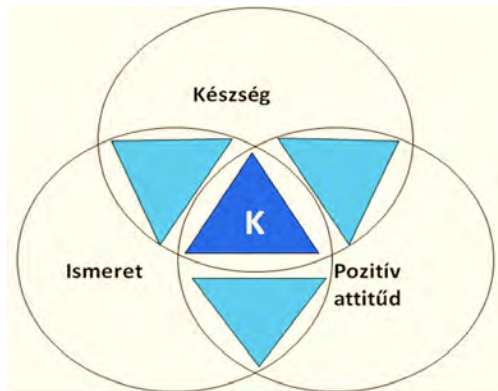
Komplex felkészítés a feladatmegoldásra

Van tehát egy viszonylag új – ráadásul még elég képlékeny jelentésű – fogalmunk, a kompetencia. Kérdés, hogy mit nyertünk az eddigiekhez képest ezzel az új fogalommal. Különösen, ha arra gondolunk, hogy az elmúlt évtizedekben milyen sok – sokszor terméketlen – vita volt a jártasság, készség, képesség, tehetség, képességfejlesztés, személyiség-fejlesztés stb. szavak értelmezése, jelentése körül még a pedagógián belül is. Vajon egy új, az eddigieknél szélesebb jelentésű kifejezés ront vagy javít ezen a helyzeten? Mindenesetre jól látható, hogy a magyar közoktatásban a „kompetenciaalapú oktatás” szorgalmazása elég sok félreértésre vezetett. A pedagógusok széles körében úgy csapódott le, hogy ez az oktatási koncepció nem tartja fontosnak a tények tudását („ezek szerint semmit sem kell tudni?”), helyette valamiféle homályos „képességfejlesztés” a célja. Szerencsétlen helyzet, mert így lényegében már akkor lejáratódott valamelyest a kompetencia fogalma, amikor még meg sem értettük.

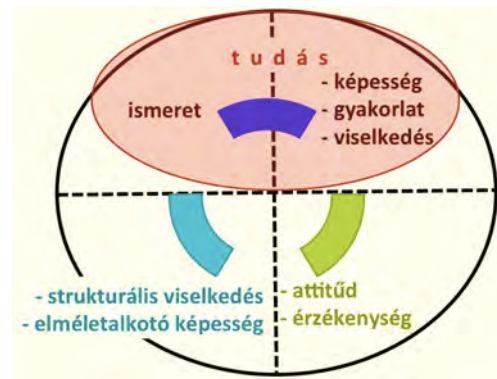
Ha komolyan vesszük, hogy a kompetencia valamilyen feladat megoldására való felkészültség, akkor kétség sem férhet hozzá, hogy ismeretek nélkül az lehetetlenség. Nem ott van tehát a kérdés, hogy „ismeretek gyarapítása vagy kompetenciafejlesztés”, hanem ott, hogy adott (vagy várható) feladat megoldásához miknek az ismerete, mennyi ismeret szükséges, és hogy az ismereteken túl még mire van szükség. Márpedig még legalább két területen szükséges fejleszteni a tanulókat, hogy valóban kompetensek legyenek valamely területen. Ezek: a feladat megoldásához alkalmazandó készségek, képességek, ügyességek, valamint az az attitűd, hogy egyáltalán fontosnak tartsa a problémát és annak megoldását. A kompetenciafejlesztés tehát **komplex fejlesztés**, amelyben egyformán fontos a szükséges ismeretek (fogalmak, adatok, szakkifejezések, törvények stb.) megtanítása-megtanulása, a készségfejlesztés, valamint a tanuló értékrendszerének, attitűdjeinek az alakítása. A kompetencia fogalmának értelmezési bonyolultságát érzékelteti, hogy különböző szerzők másféleképpen ábrázolják a lényegét. Nézzünk meg három értelmezési ábrát (8.4–8.6. ábra)!

A **kompetencia-irányú pedagógia** egyáltalán nem ismeretellenes, nem mondja, hogy tények, adatok, definíciók, törvények stb. megtanulására nincs szükség. Hanem azt mondja, hogy bölcsen **mérlegelni kell**, hogy adott feladat megoldásához

- mifajta (és mennyi) ismeret szükséges;
- mennyi idő kell és milyen mód alkalmas a szükséges készségek fejlesztéséhez;
- hogyan erősíthetjük a tanulóknál a pozitív hozzáállást.



8.4. ábra. A kompetencia összetevői
(Victor A.)



8.5. ábra. A természettudomány-oktatásban
használt kompetenciamodell (Makádi M.)



8.6. ábra. A kompetencia szerveződési-viselkedési modellje (Nagy J. 2010 alapján)

A hagyományos magyar pedagógiai szemlélet – az iskolában és a társadalmi közvéleményben egyaránt – e három tényező közül messze az ismeretek (a tények, az adatok) tudását tekinti legfontosabbnak. „Nincs időm képességeket, kompetenciákat fejleszteni, örülök, ha le tudom adni az anyagot ennyi időben” – ugye ismerős pedagógusi mondat? (E hibás szemlélet mellett már csak apróság, hogy a „tudás” fogalom feltételezi az ismeretelemekhez kapcsolódó készségeket is!) Az ismeretek alkalmazására való felkészítést, a probléma-kezelési és probléma-megoldási kompetenciát elhanyagolja. Nem is igen derül ki az iskolában, hogy valós (azaz életszerű) helyzetekben a diákok tudják-e alkalmazni a megszerzett ismereteiket. Ritkán kapnak a gyerekek olyan feladatot, hogy egy, az ő saját mindennapi életükben előforduló szituációban kell (értően!) alkalmazni a tanult tényeket, adatokat, szabályokat.

Tanulságos (és nagyon elgondolkoztató sőt: elkésztő) például szolgál az, amikor a tanulóknak a pizzával kapcsolatban tettek föl kérdést. A kérdés a következő volt: Este vendégeink érkeznek, és pizzát szeretnénk rendelni. Kétfajta pizza közül lehet választani: az egyik 40 cm-es (ennyi az átmérője), a másik 60 cm-es. A 40-es 40 koronába kerül, a 60-as 60 koronába. Melyik éri meg jobban? A kérdést a hazai 10. osztályos tanulók 56%-a válaszolta meg helyesen; a többiek vagy kitértek a válasz elől, vagy hibás választ adtak. S mindez – szinte bizonyosan – azért történt így, mert nem jöttek rá, hogy ez tulajdonképpen matematikai feladat. Nyilván az éri meg jobban, amelyikre ugyanannyi koronáért (egyszerűen fogalmazva) több sonka és sajt fér rá. A 40-es pizza felülete ($r = 2\text{ dm}$) $4\pi\text{ dm}^2$, a 60-asé ($r = 3\text{ dm}$): $9\pi\text{ dm}^2$. Tehát a 60-asra több mint kétszer annyi finomság kerül, mint a 40-esre, ugyanakkor csak másfélszer annyiba kerül. Nem kétséges, hogy ugyanezek a diákok zömmel pontosan válaszoltak volna arra a kérdésre, hogy hogyan kell kiszámítani egy kör területét. Tehát nem a matematikai felkészültségük hiányossága a fent említett kudarc oka. A példából inkább az világlik ki, hogy a magyar iskolákban a tények, az adatok, a törvények „betűszerű” ismeretén van a hangsúly, ezek mellett gyakorlatilag elsikkad az alkalmazás. Vagyis hiányzik az ismeretek megszerzése mellől a problémahelyzetekben való alkalmazáshoz szükséges készségek fejlesztése, és ugyanezért valószínűleg hiányzik az is, hogy megérezzék a diákok valamely tárgyszerű ismeret fontosságát, relevanciáját, az ő életükben való jelentőségét. Vagyis kompetenciafejlesztés helyett csak annak egy része történik, az ismeret megtanítása (pontosabban legtöbbször csak annak elmondása).

A kompetenciák fajtái

Nézzük meg, hogy – még ha a fent említett bizonytalansággal együtt is – mit jelent a pedagógiában a kompetencia! Első lépésként meg kell különböztetnünk a tanári és a tanulói kompetenciákat. Az elvárt tanári kompetenciák lényegében a pályaalakulást takarják. Azt, hogy miféle személyiségjegyek, képességek, készségek, viselkedési „reflexek” stb. kell legyenek egy tanárjelöltben ahhoz, hogy igazi pedagógussá váljon. Ezekkel az alábbiakban nem foglalkozunk, mert ez pedagógusképzési (és -továbbképzési) kérdés.

Tükrözi a tanulói kompetencia fogalmának tartalmi bizonytalanságát az, hogy többfajta kompetencia-lista van forgalomban. A 2003-as Nemzeti alaptanterv bevezető fejezetéből az alábbi tanulói kompetenciák olvashatók ki:

1. kommunikációs	6. életvezetési
2. narratív	7. együttműködési
3. döntési	8. problémamegoldó
4. szabálykövető	9. kritikai
5. lényegkiemelő	10. információkezelési

Elismerve a lista gazdagságát és a benne felsorolt elemek fontosságát, meg kell állapítanunk, hogy ez a felsorolás elég esetleges. Azt tükrözi, hogy a dokumentumot összeállító

szakemberek éppen mit tartottak fontosnak. Ez persze nem azt jelenti, hogy rossz a lista, hanem azt, hogy más szakembergárda esetleg más kompetenciákat (is) említett volna. A 2012-ben megjelent Nemzeti alaptanterv listája a következő:

1. anyanyelvi kommunikáció
2. idegen nyelvi kommunikáció
3. matematikai kompetencia
4. természettudományi, technológiai kompetencia
5. digitális kompetencia
6. szociális és állampolgári kompetencia
7. kezdeményezési és vállalkozói kompetencia
8. esztétikai-művészeti tudatosság és kifejezőképesség
9. hatékony önálló tanulás

Elég szembetűnő a különbség a két lista között. Nehéz (pontosabban lehetetlen) eldönteni, hogy melyik jobb. A bizonytalanságot még tovább fokozza, ha hozzávesszük, hogy más tanulmányokban még ilyenek is szerepelnek például, hogy életviteli és környezeti kompetencia, életpálya-építési kompetencia.

A Nemzeti alaptanterv tanítási-tanulási folyamatot meghatározó kulcskompetencia-rendszere válogat a kompetenciák között, és csak azokat emeli ki, amelyekre minden egyénnek szüksége van személyes boldogulásához és fejlődéséhez, az aktív állampolgári léthez, a társadalmi beilleszkedéshez és a munkához (8.3. táblázat). Az egyes műveltségi körökhöz kapcsolja a kompetenciákat, de a tantárgyaktól (tartalmaktól) független kompetenciákat is számba veszi az OECD által indított DeSeCo program (1997–2002) alapján, amely értelmezte a kulcskompetencia fogalmát és felsorolta a legfontosabb területeit:

1. intellektuális kompetenciák (információs technológiák használata, problémamegoldás, kritikai gondolkodás, kreativitás);
2. kommunikációs kompetencia (hatékony kommunikálás, kommunikációs technológiák használata);
3. személyi és szociális kompetenciák (identitás, együttműködés másokkal, interkulturális kompetencia).

Kommunikációs kompetenciák	Természettudományos kompetenciák	Társadalmi kompetenciák	Tanulási kompetenciák
anyanyelvi kommunikáció	természettudományos és technikai kompetencia	szociális és állampolgári kompetencia	a hatékony, önálló tanulás
idegennyelvi kommunikáció	matematikai kompetencia	kezdeményezőképeség és vállalkozói kompetencia	digitális kompetencia
		esztétikai-művészeti tudatosság és kifejezőképesség	

8.3. táblázat. A Nat-os kulcskompetenciák rendszere (2012) (Makádi M.)

8.2.3. Kompetenciák fejlesztése a természetismeret tantárgyban

A fejlesztés csak úgy lehet sikeres, ha nem feledkezünk el arról, hogy a vonatkozó ismeretek, a szükséges készségek, valamint a pozitív attitűd fejlesztése egyformán fontos. Hazai viszonyaink között az adott kompetencia esetében releváns ismeretek elsajátíttatását nem kell külön hangsúlyozni, mert ennek úgyis túl nagy rangja van. Hiányosságok inkább a másik két területen mutatkoznak.

Készségek és kompetenciák csakis **gyakorlással** fejleszthetők. Gyakorolni pedig azt tudjuk kitartóan, amire motiváltak vagyunk. (A külső kényszerítés is lehet egyfajta motiváció, de akkor a pozitív attitűd értelemszerűen lerombolódik.) Vagyis oda jutottunk, hogy a készségeket is csak a **pozitív attitűd** erősítésével együtt tudjuk fejleszteni. A pozitív attitűd lényege pedig az, hogy valamit jónak, fontosnak, értékesnek, követendőnek tartunk. A feladat tehát „mindössze” annyi, hogy olyan helyzeteket kell teremteni az iskolában, amelyekben a gyerek hajlandó – sőt szívesen hajlandó – csinálni valamit, aminek során gyakorolja (azaz fejleszti) valamely készségét, és közben a konkrét ismereteket is megtanulja, mert tetszik neki a feladat. Tetszhet azért, mert hasznosnak ítéli, tetszhet azért is, mert érdekes, változatos, vagy van benne valami kihívás (például verseny vagy rejtvény). Ezek persze egyáltalán nem a természetismeret tanításának specifikumai, bármely tantárgyra ugyanígy érvényesek. Csak a konkrét példák teszik természetismeret-specifikussá. Nézzünk tehát konkrét példákat a lehetőségekre!

Tegyük fel, hogy a téma a településükön való tájékozódás, és ezzel kapcsolatban a kommunikációs kompetencia fejlesztése a célunk. Az előbeszéddel történő kommunikáció fejlesztése céljából adhatjuk a tanulóknak például azt a feladatot, hogy (kiscsoportokban) tervezzék meg és fogalmazzák is meg, hogyan magyaráznák el egy, a lakóhelyükre „tévedt” idegennek, hogy az iskolától miképpen jutnak el a leggyorsabban vagy a legkényelmesebben a vasútállomáshoz. Az írásos kommunikáció fejlesztésére alkalmas feladat lehet az, hogy tervezzenek meg (megrajzolva, leírva) egy plakátot, amely kedvcsinálónak bemutatja a turistáknak, hogy településükön hol vannak irodalmi emlékhelyek. Az idegen nyelvi kommunikációt sikerrel fejlesztheti az a feladat, hogy tervezzenek (és készítsenek is) el egy szórólapot a tanult idegen nyelven, amely kedvet csinál az igazán értékes látnivalók megtekintéséhez.

Nyilvánvaló, hogy az ilyen és ehhez hasonló feladatok időigényesek, emiatt elkerülhetetlenül kevesebb tényszerű ismeretet sajátítanak így el a gyerekek, mint ha hagyományos (tanári előadás jellegű) módon történik a tanítás. Viszont ráéreznek a lakóhelyükön való tájékozódás pontos megfogalmazásának a fontosságára, tudatosul bennük településük sok jelentős pontjának egymáshoz képesti elhelyezkedése és fontossága, fejlődik a térbeli tájékozódás és tájékoztatás különböző csatornáinak sajátosságaira figyelő kommunikációs készségük stb.

Valamit valamiért! A téma fontosságára való ráérzés és a konkrét szituációkban való gyakorlás nélkül pusztán a tények elmondása és visszakérdezése holt ismeret, és kihullik az emlékezet rostáján.

Másik példa: tegyük fel, hogy a témakör az ember érzékszervei, és a digitális kompetencia fejlesztésére szeretnénk fókuszálni! Ha a mobiltelefon (okostelefon), a GPS és más digitális „kütyük” lehetőségeit most nem tárgyaljuk, csak a számítógép lehetőségeire figyelünk, akkor is végtelen a lehetőség. Például a szemmel, a látással kapcsolatban adható feladatok:

Feladatok a digitális kompetencia fejlesztésére a látással kapcsolatban

1. Ha normál gépelt szöveg (például Times New Roman 12) méretét 100%-ról elkezdted kicsinyíteni, hány %-nál nem tudod már felismerni a betűket? Osztálytársaid számára ugyanez-e a határérték?
2. Nyomozd ki az interneten, hogy a számítógép képernyője hogyan „állítja elő” a színeket!
3. Keresz az interneten olyan képet, amelyen a szívárvány színei láthatók! Próbálgasd ki, hogy mennyiben változnak a színek, ha különböző színű műanyagdossziékon vagy üveg poharakon keresztül nézed!
4. Beszélgetsetek párokban (kiscsoportokban) arról, hogy rontja-e a sok „gépezés” a szemet vagy nem, és ha igen, akkor mit ront rajta és miért! Ha megegyeztetek valamiben, akkor kezdjétek nyomozni a neten, és ellenőrizzétek, hogy jól gondoltátok-e! Írjátok fel, hogy mi a linkje az írásnak, amelynek a véleményét végül elfogadtátok! Cseréljétek linket egy másik párral (kiscsoporttal), nézzétek meg azt is, majd közösen a másik párral (kiscsoporttal) beszéljétek meg, hogy melyik link miben volt jobb vagy rosszabb, mint a másik; melyiknek mi volt az előnye és a hátránya!
5. Miközben a számítógépen dolgoztok, az egyik gyerek számolja meg, hogy a másik gyerek hány másodpercenként pislant, miközben nézi a képernyőt! Fontos, hogy ez úgy történjen, hogy a megfigyelt gyerek ne tudjon róla, hogy figyelik! Utána beszéljétek meg, hogy mi a pislogás szerepe a szem védelmében!
6. Mentsetek le a Google képkeresőjéből szem-képeket, de előtte beszéljétek meg, hogy mi legyen a képek válogatásának a szempontja (például amelyiknek tág a pupillája vagy a pupillában tükröződik valami)! Fontos, hogy legyen valamilyen konkrét szempont, mert ettől lesz a képek szimpla nézegetéséből céltudatos, valamire figyelő keresés.

Harmadik példa: tegyük fel, hogy a téma az égés, és – érthetően – a természettudományos kompetencia-területre fókuszálunk! Komplexitásuk és életszerű voltuk miatt kompetenciafejlesztőek lehetnek például a következő feladatok:

Feladatok a természettudományos kompetencia fejlesztésére az égéssel kapcsolatban

1. Értelmezzétek természettudományos (fizikai, kémiai, biológiai) fogalmakkal azt a kifejezést, hogy valami „szénné égett”!
2. Nyomozzátok ki és beszéljétek meg, hogy mi az alapja a következő ellentmondásnak: ha azt akarjuk, hogy jobban égjen a tábortűz, akkor fűjjük, és ha azt akarjuk, hogy egy gyertya már ne égjen, akkor is fűjjük! Vagyis: hogyan lehetséges az, hogy a fűjás egyszer segíti az égést, máskor meg éppen megszünteti azt?
3. Írjátok össze, hogy hányféle értelemben használjuk azt a kifejezést, hogy valami „ég”! Írjátok külön listába azokat, amelyek szerintetek a természettudományok területére tartoznak!

Nézzük meg egy példán keresztül, hogy egy összetett feladat megvalósítása során a tanulóknak mely készségei, kompetenciái fejlődhetnek! Ha kellő önállóságot biztosítunk a gyerekeknek a tervezéshez és megvalósításhoz, akkor a „hatékony önálló tanulás” kompetenciája értelemszerűen a folyamat elejétől végéig erősödik (ezért ezt az alábbi példában már külön nem tüntetjük fel).

Feladat

Tervezzetek meg és vázlatosan készítsetek posztert (képekkel, szöveggel, rajzokkal, újságkivágásokkal stb.), amelynek ez a címe: „Sebesség az élővilágban”! (A tanulók 4 fős kiscsoportokban dolgoznak.)

A diákok természetesen sokféle módon oldhatják meg ezt a feladatot. Az alábbiakban felvázoljuk, hogy egy jól működő (képzeletbeli) kiscsoport milyen lépéseken (részfeladatokon) keresztül valósítja meg a posztert (8.4. táblázat). Egyáltalán nem biztos persze, hogy a gyerekek számára minden lépés, folyamatszakasz tudatos, könnyen lehet, hogy „ösztönösen” cselekszenek, de ez nem baj. Egy kis projektet alkotó tevékenységsorozat logikájának tudatosítása egy későbbi fejlődéslélektani szakasz feladata.

Lépés	Tevékenység	Fejlesztett pszichikai terület, kompetencia
1. A feladat értelmezése	Beszélgetés, vitatkozás	Kommunikáció, együttműködés, megegyezési készség
2. A kiscsoporton belüli munkamegosztás kialakítása	Egyezkedés	Önismeret, rendszerszemlélet, kezdeményezés, vállalkozás
3. A fogalmak (sebesség, élővilág) tisztázása	Felidézés vagy tankönyvből kikeresés	Memória, információkezelés
4. A poszter alapfogolatának kitalálása	Ötletelés (milyen élőlények milyen sebességhez kapcsolódóan szerepeljenek?)	Kreativitás, ötletesség; mások gondolatainak elfogadása; érvelés
5. A poszter vázlatos tervezése	Vázlat rajzolása	Esztétikai
6. Konkrétumok (növények, állatok, sebességek) kiválasztása	Keresés, böngészés, egyezkedés	Természettudományos, információkeresés, digitális készségek, kommunikáció
7. A sebességek összevetése	Megbeszélés	Matematika
8. Ha a ragadozó és a préda sebessége is példa lesz, akkor...	Megbeszélés	Etika, empátia, szociális, természettudományos
9. A poszter elkészítése	Fogalmazás, rajzolás, újságkivágás, szövegszerkesztés	Anyanyelv, idegen nyelv, esztétikai kifejező készség
10. A poszter bemutatása	Elmagyarázás, értelmezés	Kommunikáció

8.4. táblázat. A sebesség az élővilágban poszter készítésének folyamata és a fejlesztés kapcsolata (Victor A.)

Az előzőekből az is következik, hogy a kompetenciafejlesztés „lábai” közül csak a tényismeretek átadása (pontosabban csak elmondása) történhet hagyományos, frontális órán is, de még az is csak korlátozott hatékonysággal. Az attitűdök pozitív irányba való „tereléséhez” valamennyire a pedagógus személyisége (azaz saját és jól érzékelhető attitűdjei) is elegendő lehet, de a saját tapasztalat hatékonysága kétségtelenül nagyobb. A készségek gyakorlása azonban csakis valós helyzetekben történhet, amelyekben a diákok nemcsak befogadók, hanem aktívak: kezdeményezők, résztvevők, megvalósítók. Hagyományos („prelegáló”) tanórán ezért a kompetenciák csak kis mértékben (illetve féloldalasan) fejleszthetők.

Hallgatói kérdések és feladatok

1. Értelmezze paradigmaváltásként a heliocentrikus világkép kialakulását!
2. A forgalomban lévő kompetencia-meghatározások (körülírások) alapján fogalmazzon meg saját magának egy összegző definíciót!
3. Értelmezze a kompetencia fogalmát az elmélet/gyakorlat kettősség tükrében!
4. Tervezzen meg egy olyan komplex feladatot a háziállatokkal kapcsolatban, amely a Nat-2012-ben felsorolt valamennyi kompetencia-terület fejlesztésére nyújt lehetőséget!
5. Függ-e az életkortól, hogy a kompetencia-fejlesztésen belül mikor van inkább az ismeretek, vagy inkább a készségek, vagy inkább az attitűd fejlesztésén a hangsúly?
6. Válasszon ki egy természetismereti tanítási témakört, és tervezze meg, hogy az egyes tartalmakon keresztül mely kompetenciaterület fejlesztésére célszerű törekedni! Tervezzen azokhoz tevékenységeket!

A fejezetben felhasznált és ajánlott irodalom

1. Allport, G. (1980): A személyiség alakulása. Gondolat Kiadó, Budapest, 599 p.
2. Anderson, R. D. (2006): Inquiry as an Organising Theme for Science Curricula. In: Abell, S.-Lederman, N.: Handbook on Research on Science Education. Erbaum, pp. 807–830.
3. Bánkúti Zs. – Csorba L. (szerk.) (2011): Átmenet a tantárgyak között. A természettudományos tantárgyak megújításának lehetőségei. OFI, Budapest, pp. 23–31., 67–80., 81–108.
4. Cole, M – Cole, S. R. (2003): Fejlődéslélektan. Osiris Kiadó, Budapest, 806 p.
5. Csányi V. (2006): Az emberi viselkedés. Centrál Média-csoport Zrt., Budapest, 392 p.
6. Csépe V. (2005): Kognitív fejlődés – neuropszichológia. Gondolat Könyvkiadó, Budapest, 288 p.
7. Falus I. (szerk., 2003): Didaktika; Elméleti alapok a tanítás tanulásához. Nemzeti Tankönyvkiadó
8. Fóti P. (2009): Útmutató rebellis tanároknak. Saxum Kiadó, Budapest, 218 p.
9. Gordon Győri J. (2004): Tehetségpedagógiai módszerek. Gondolat Kiadó, Budapest, ?? p.
10. Hubbard, R. L. (2012): A tanulás alapvető kézikönyve. New Era Publications International ApS, Glostrup, pp. 131–199.
11. Knausz I. (2001): A tanítás mestersége. <http://mek.oszk.hu/01800/01817/01817.pdf>
12. Korom E. (1997): Naiv elméletek és tévképzetek a természettudományos fogalmak tanulásakor. Magyar Pedagógia. 97.1. pp. 19–40.
13. Kuhn, T. S. (2002): A tudományos forradalmak szerkezete. Osiris Kiadó, Budapest, 262 p.
14. Lundvall, B. – Johnson, B. (1994): The Learning Economy. In: Journal of Industry Studies, Vol. 1, No. 2, december, pp. 23–42.

15. *Makádi M. (2012): A térbeli intelligencia fejlesztése a földrajztanítás-tanulás folyamatában. Doktori értekezés. ELTE TTK, Budapest, pp. 7–12.*
16. *Mikonya Gy. (2005): A tanításművészet módszere. Gondolat Kiadó, Budapest, 128 p.*
17. *Nagy J. (1995): Pedagógia: a harmadik paradigmaváltás küszöbén? In: Iskolakultúra, 5. 6-7. pp. 2–6.*
18. *Nagy J. (2000): A kritikus kognitív készségek és képességek kritériumorientált fejlesztése. In: Pedagógiai Szemle, 50. 7-8. pp. 255–267.*
19. *Nagy J. (2007): Kompetenciaalapú kritériumorientált pedagógia. Mozaik Kiadó, Szeged, 383 p.*
20. *Nagy J. (2010): Új pedagógiai kultúra. Mozaik Kiadó, Szeged, pp. 6–65.*
21. *Neill, A.S. (2009): Summerhill. A pedagógia csendes forradalma. Kétezeregy Kiadó*
22. *Radnóti Katalin (szerk., 2008): A projektpedagógia mint az integrált nevelés egy lehetséges eszköze. Educatio*
23. *Rogers, C. R. (2003): Valakivé válni. A személyiség születése. Edge 2000 Kiadó, Érd, 518 p.*
24. *Szilágyi E. (szerk., 2005): Például. Példák, ötletek a fejlesztésközpontú szemlélet iskolai megvalósítására. SuliNova Kft, Budapest*
25. *Vosniadou, S. (2001): Tanulás, megismerés és a fogalmi váltás problematikája. Magyar Pedagógia. 101. 4. pp. 435–448.*
26. *Definition and Selection of Competencies: Theoretic and Conceptual Foundation (DeSeCo-program) OECD.*
27. *Key Competencies. A developing concept in general compulsory education. Eurydice, 2002. European Commission. Directorate General for Education and Culture. Survey 5.*
28. *Nemzeti alaptanterv 2012*

9. fejezet

A természetismeret tevékenységközpontú tanítási-tanulási gyakorlata



9.1. A tevékenységközpontú természetismeret tanítás-tanulás pedagógiai és szak módszertani háttere

Írta: dr. Makádi Mariann

Kulcsszavak: cselekvéspedagógia, előzetes tudás, érzékelésalapú pedagógia, felfedeztető tanulás, fogalmi váltás, gyermektudomány, ismeretek iskolája, kompetenciapedagógia, konstruktivizmus, kutatásalapú tanulás, metakogníció, spontán tanulás, terep, tereptanulmányozás, terepi projekt, szabadég-iskola, erdei iskola

9.1.1. A tanulási folyamat pedagógiai megközelítésének fejlődése

A spontán tanulástól a konstruktív tanuláshoz

A tanulásról alkotott felfogás jelentős átalakuláson ment keresztül az idők folyamán. A szervezett iskolai oktatás megindulása előtt évszázadokon át a tanulásra irányuló magatartások (pl. utánzás, mintakövetés, próbálkozással tanulás) nemzedékről nemzedékre öröklődtek **spontán tanulási és szocializációs folyamatok** során „az élet iskolájában”. A középkortól az iskolai és azt kiegészítő otthoni tanulás az ismeretek mind nagyobb halmazára irányult (**ismeretek iskolája**), a mások által feldolgozott ismeretek minél tökéletesebb elsajátítására, elsősorban a megszerzett információk tárolására és felidézésére (Nagy J. 2010). Az ismeretszerzés és a felidézés egyaránt kizárólag verbálisan történt. Csak Comenius (1592–1670) működésétől kezdve kezdtek felismerni, hogy a szóbeli ismeretközvetítés és befogadás nem mindenkinél és különösen nem minden esetben vezet eredményre. Egyre gyakrabban hangsúlyozták az érzékszervi megismerés fontosságát, és hogy az ismeretszerzés során a tanulóknak találkozniuk kell a valódi világgal. Így az ismeret iskoláját felváltó **érzékelésalapú pedagógia** az induktív ismeretszerzésre helyezte a hangsúlyt, a közelebről a távoli, az egyszerűtől a bonyolult felé, valamint az egyeditől az általános, a konkrétól az absztrakt felé vezette a természettudományos megismerési folyamatot. E tapasztalati alapú ismeretszerzési logika a mai napig jelen van a tantervekben, alapja az élő és az élettelen természet, az élőlények, az anyagok és jelenségek megismerésének, a tér lineárisan táguló logikájú fejlesztésének. Azonban még mindig az volt az oktatás alapcélja, hogy minél nagyobb ismerettömeg halmozódjon a tanulók fejében és az tartósan meg is maradjon. Csak további két évszázad múlva kezdett a pedagógia a gyermeki tulajdonságok szempontjából foglalkozni a tanulási folyamattal. A Piaget, J. (1896–1980) pszichológiai alapvetéseinek és Dewey, J. nyomán kibontakozó **cselekvéspedagógiai irányzat** hatására terjedt a nézet, hogy az iskolában a tanulónak **saját tapasztalatai, cselekvései** alapján kell strukturált tudáshoz jutnia, méghozzá fokozatosan, lépésről lépésre haladva. A pedagógus feladata a valóság és a

tananyag közötti közvetítés, nem az, hogy már feldolgozottan nyújtsa a valóságot a tanulóknak elméleti tananyagba csomagolva, sőt tankönyvi leckékben adagolva.



9.1. ábra. Az iskolaevolúció folyamata (Makádi M.)

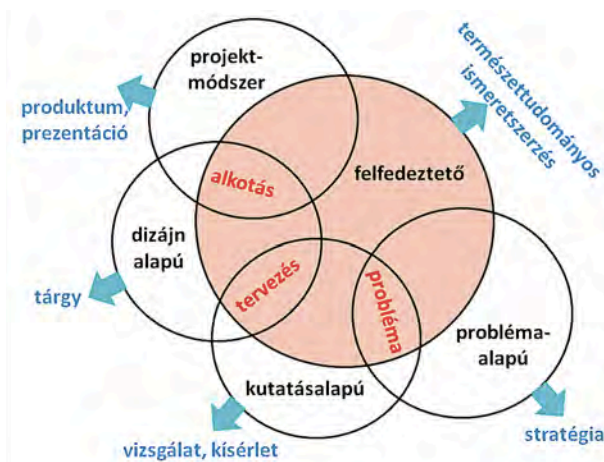
A korai kognitív pszichológia és a cselekvéspedagógia eredményeinek hatására a 20. század közepén a tanulási folyamat lényegét – mint ahogyan azt már a 6. fejezetben is láttuk – nem az ismerethalmaz megszerzésében, hanem az aktuálisan szükséges ismeretek megszerzését és kezelést lehetővé tevő készségek-képességek, majd kompetenciák kialakításában, fejlesztésében nevezték meg. A **kompetencia-pedagógia** a tudást négy összetevőre építi: a tényismeretekre irányuló „mit?” (deklaratív tudás), az ismeretek manipulálást lehetővé tevő „hogyan?” (procedurális tudás), a tudás alkalmazására vonatkozó „hol? mikor?” (szituatív tudás) és az ismeretek forrására vonatkozó „kitől?” kérdésekre választ adó elemekre (Lundvall, B. – Johnson, B. 1994). A **konstruktivista pedagógia** felfogása szerint a tanítás célja nem csupán a tudás átadása, hanem feltételek biztosítása ahhoz, hogy a tanulók tudása személyes konstrukciókon keresztül jöjjön létre. Tanulásfelfogása a tanulók meglévő tudásából indul ki, és arra épít, hogy általánosítások és elvonatkoztatások segítségével a tanulóknak egyre összetettebb tudásrendszerek épülnek ki. Ám ha az új információk szemben állnak a meglévő tudásukkal, akkor a tanulókat szembesíteni szükséges a valóság és a látásmódjuk közötti ellentmondással (Lakatos I. 1998).

A tevékenykedtető módszertani irányzatok

A konstruktivista pedagógia a cselekvő tanulásra épülő, **tevékenykedtető módszerek** („learning by doing”) különféle fajtáit alkotta meg és ültette át a nemzetközi tanítási gyakorlatba (9.2. ábra). A **felfedeztető tanulás** (‘inquiry based learning’, IBL) néven ismert tevékenykedtető módszertani irányzatok a konstruktivizmusban gyökereznek. Közös vonásuk, hogy a tanulók cselekvésére, önálló gondolkodására és a tevékenység minden

elemére kiterjedő önreflexió elősegítésére helyezik a hangsúlyt, valamint a tanulási folyamat kulcsát a valóságban szerzett tapasztalatok belsővé tétele mellett a tanulók motivációs állapotában látják. A tanulók személyiségéhez, tudásszintjéhez igazodó tudásépítésre törekszenek, amiben a gyerekek aktív résztvevők: válaszokat és megoldásokat keresnek adott helyzetre, jelenségre. A tanítási-tanulási folyamatban a csak a tartalomra összpontosító, passzív műveltségátadó tevékenységeket világszerte, egyre nagyobb arányban a feladatkörnyezetre összpontosító gyakorlat váltja fel. A hagyományos, az ismeretelemek összerakásán alapuló tudásépítkezés kezd háttérbe szorulni, helyette a **tapasztalati és érzelmi elemek formálása** kerül előtérbe. A tanulási stratégiák között egyre jelentősebbé válik a konkrét részismeretek általánosításán alapuló **modellalkotáson** túl a folyamat külső és belső **összefüggéseinek értelmezése** és a **folyamattervezés** is. A tudásalkalmazásra koncentráló fejlesztés során a tanár arra törekszik, hogy tanítványai alkalmazzák természettudományos-technikai ismereteiket a napi problémák megoldása, tevékenységek értelmezése és tervezése során.

A tevékenykedtető módszerek a **felfedezettő tanulásban** teljesednek ki, amely alapvetően a természettudományos ismeretszerzés módszereinek elsajátítására irányul. A felfedezettő tanulás koncepciója és módszertana több tanulóközpontú, tevékenykedtető tanulási modell alapján bontakozott ki az 1960-as évektől, és mai gyakorlatában e modellelemek mind felfedezhetők egy-egy kiemelt tevékenységre (pl. problémamegoldásra, tervezésre és alkotásra) alapozva.



9.2. ábra. A tevékenykedtető módszerek metodikai kapcsolatai (Makádi M. 2012)

A felfedezettő tanulási stratégia négy fő összetevőre bontható azok kialakulásának sorrendjében:

- projektmódszer ('Project Based Learning', PBL);
- problémaalapú tanulás ('Problem Based Learning', PLB);
- dizájn alapú tanulás ('Learning through Design');
- kutatásalapú tanulás ('Research Based Learning', RBL).

Az egész tanulási folyamat problémamegoldásként fogható fel, hiszen a tanulók folyton kisebb-nagyobb problémákkal találják szembe magukat, amelyeket meg kell oldaniuk. A megoldásra irányuló erőfeszítéseik mögött gondolkodási folyamat zajlik. A tanár feladata kialakítani a gyerekekben azt a képességet, hogy gondolkodásukat a problémák megoldására használják, ami egyik feltétele az életben való boldogulásnak is. A tanítási-tanulási folyamat során a tanárnak olyan problémákat és úgy kell megfogalmaznia, hogy az a gyerekek számára

is az legyen, vagy úgy kell vezetnie őket, hogy találkozzanak a problémával és késztetést érezzenek a megoldására. (Az nem tekinthető tényleges problémának, ha a tanár olyan tananyagtartalmakra kérdez rá, amelyeket még nem kellene tudniuk a tanulóknak!) Pedagógiai értelemben akkor beszélünk problémáról, ha a tanulók nem ismerik a célhoz vezető utat vagy a megoldásához kevés az ismeretük (Nagyné 2010). A szűkebb értelemben vett **problémaalapú tanulás** során a tanulók általában kiscsoportokban dolgoznak egy tananyagra épülő, de a valós életből vett probléma megoldásán. Vagyis a tananyag számukra fontos és aktuális problémákba ágyazódik, nem feltétlenül igazodik a szaktudományos ismeretrendszer belső logikájához. A problémaalapú tanulás módszere és a tanulási folyamatba való illeszkedése a projekttanuláshoz hasonló, hiszen mindkettő a tananyag egy olyan központi tartalmára épül, amellyel találkoznak életük során a tanulók, és az abban rejlő problémát közös gondolkodással, konstruktív vitával és közös döntéssel oldják fel. A **projekt módszer** viszont nem stratégiaalkotás, hanem közös felfedezés, a kutatás-keresés élményén keresztül szereznek új tudást a tanulók. Az együtt tevékenykedő és gondolkodó projektcsoport elvégzett munkája egy kézzelfogható alkotásban vagy a közönség elé tárt bemutatóban testesül meg, ez kapcsolja a módszert a dizájn alapú tanuláshoz. A **dizájn alapú tanulás** módszertani logikája az, hogy a tudásszerzés akkor a legeredményesebb, ha a tanulók nem készen ismerik meg a dolgokat (tárgyakat, környezeti elemeket, folyamatokat), hanem egy konkrét dolgot, például egy modell tárgyat (az úszóhólyag, a talaj, az iránytű stb. modelljét) vagy infografikát terveznek és alkotnak meg. A felfedezettő tanuláshoz a tanulók tervezési tevékenysége és alkotó munkája kapcsolja.

9.1.2. A tanulói kutatásra épülő tanulási folyamat

A kutatásos stratégia értelmezése

A világ megismeréséhez szükséges tények feltárására és megszerzésére irányul a **kutatásos stratégia**, amely a megismerési módszereken alapszik. **Kutatásos feladat** minden, amiben a tanulási folyamatban való továbblépéshez szükséges tények nem állnak hiánytalanul rendelkezésre vagy nem tanulmányozhatók, elemezhetők közvetlenül, hanem a tanulóknak kell kiválasztaniuk a megfelelőeket. A feladat megoldása arra tanítja a tanulókat, hogy miként juthatnak hozzá az éppen szükséges információkhoz, hogyan rögzíthetik és rendezhetik számukra értelmes egésszé, hogyan használhatják fel azokat. Vagyis a tanulás egymást követő konkrét gyakorlati lépéseinek megtervezését és végrehajtását foglalja magába (ezért nevezhetjük stratégiának).

A hatékony tanuláshoz feltétele – mint ahogyan azt a korábbiakban már láttuk – az állandó és jó kérdésfeltevés, mert a kérdés során válnak értelmessé a tények, hiszen átalakulnak, új rendszerbe kerülnek, ezáltal széleskörűen alkalmazható tudásrendszer keletkezik. Ez különösen a természettudományos tantárgyak tanulása során fontos, hiszen annak a

kutatáson kell alapulnia. A **kutatás** („inquiry”) általános értelemben a kérdezősködés, tudakozódás, a tudományos igazság, az információ vagy a tudás keresése, a természettudományos oktatás szemszögéből nézve pedig az a folyamat, amely során a tanulók elsajátítják a megfigyelés, a következtetés és a vizsgálódás-kísérletezés készségét (Nagyné 2010 alapján). Ezért már a természetismeret tanítása során meg kell ismerniük a gyerekeknek a kutatások tervezésének lényegét, az adatgyűjtéshez szükséges megfelelő eszközöket, módszereket és alapvető technikákat, valamint a kutatás algoritmusát (9.3. ábra). A kutatás képezi a természettudományos nevelés alapját, irányítja a tanulói tevékenységek megszervezésének és kiválasztásának alapelveit.

A **kutatásalapú tanulás** alapja egy konkrét probléma, aminek a megoldására a tanulók előzetes ismereteik birtokában vizsgálatot, kísérletet terveznek. Igazán nem is az a lényeg, hogy mit tanulnak, mit gondolnak, hanem az, hogy hogyan gondolják, vagyis **a dolgok tanulási folyamatán** van a hangsúly, azon, hogy átéli a tudásalkotás folyamatát. „Kutatás” közben értik meg a fogalmakat és a folyamatokat, az ismeretelemek szintetizálásával mélyül a tudásuk, gazdagodnak azokkal kapcsolatos attitűdjeik, és megértik a természettudományos megismerés lényegét.



9.3. ábra. A kutatás folyamata (<http://www.worksheetlibrary.com/teachingtips/inquiry.html>) alapján Makádi M. 2014)

Az iskolai természettudományokkal kapcsolatban a **kutatásalapú természettudomány tanulás** ('Inquiry Based Science Teaching', IBST) kifejezés is használatos, ami inkább a tanítás felől közelíti meg a folyamatot, szemben az előbb említett módszerrel, amely a tanulásra összpontosít. A tanár úgy irányítja a tanulási folyamatot, hogy tanítványai kutatással kapcsolatos, illetve kutatás jellegű tevékenységeket végezzenek a természetismeret tanulása során, mint például:

- a környezetre vonatkozó problémák keresése, kutatásra érdemes kérdések megfogalmazása (pl. miért nem esik le a Hold a Földre?, hogyan lehet szétválasztani az útszóró keverékből a sót és a homokot?, miért van fagy a sarkvidékeken?);
- a várható válaszok, egyszerű hipotézisek megfogalmazása;
- egyszerű kutatások tervezése és megvalósítása (pl. olvadás és oldódás különbségének tisztázása; annak bizonyítása, hogy az oxigén táplálja az égést; hogyan változik a víz térfogata fagyáskor; a mágneses kölcsönhatás feltételei);

- megfelelő eszközök és technikák használata az információk, az adatok gyűjtéséhez (pl. hosszúság-, idő- és hőmérsékletmérő eszközök használata, távolságmérés a térképen);
- tapasztalatok megfogalmazása és rögzítése;
- adatok elemzése (pl. időjárási elemek napi változása, a fák évgyűrűinek száma, vízen úszó tárgy haladási ideje adott távolságon);
- alternatív magyarázatok megalkotása és elemzése (pl. a kölcsönhatások, a mozgások és az időjárás-változások esetében);
- természettudományos érvek, indokok megfogalmazása (pl. térfogatváltozás, hőmérséklet- és sűrűségkülönbség, irányváltoztatás);
- az előzetes elképzelések és a tapasztalatok, a mérési eredmények összevetése, az eltérések okainak keresése.

A természettudományos tudás részét képezi a tudományról, annak működéséről, a tudás keletkezéséről, a tudományos megismerés módjairól való ismeret és tapasztalat, valamint az empirikus vizsgálatokhoz, a modellalkotáshoz, a tudás alkalmazhatóságának teszteléséhez szükséges készségek fejlesztése is, ami a természetismeret tantárgy fontos feladata. Az oktatás alapszakaszában a tanulók megismerkednek a tudományos megismerés néhány alapvető módszerével, eljárásával, műveletével (pl. becslés, mérés, viszonyítás, megfigyelési szempontok kiválasztása, kérdések megfogalmazása, hipotézisalkotás, a vizsgálat megtervezése, adatgyűjtés, az adatok értékelése és értelmezése, bemutatása). Ebben az életkorban elvárható, hogy a tanulók használjanak különböző jellegű ismerethordozókat, keressenek információkat természettudományos könyvek, lexikonok, térképek segítségével megfelelő tanári útmutatás mellett; gyűjtsenek információkat különböző helyszíneken és forrásokból (pl. valóságos környezet, múzeumi kiállítás, ismeretterjesztő műsorok, reklámok); beszéljék meg és értelmezzék a szerzett információkat (pl. egyszerű ábrák, adatsorok, diagramok, grafikonok értelmezése). Megjelenhet a modellalkotás is egyszerű formában (pl. az anyagot felépítő részecskék; a folyó munkavégzése, felszíni alapformák kialakulása). A vizsgálatok eredményeinek rögzítése változatos formában történhet (pl. adatok, tények leírása; rajz, ábra, diagram, térképvázlat, tábló, terepmodell készítése; gyűjtemény összeállítása).

A **kutatásalapú természetismeret tanítás** elveinek lehetséges megvalósítási módjait a 9.1. táblázat foglalja össze. Hangsúlyozzuk, hogy a megnevezett tevékenységek egy fokozatosan egymásra épülő rendszer elemei, fokozatai, így az azokhoz kapcsolódó képességszintek csak évek során fejleszthetők ki a tanulóknál. Az egyes elveknek megfeleltetett tevékenységszinteken egyre nagyobb a diákok szerepe, és ezzel párhuzamosan csökken a pedagógus direkt irányítása, az előírt (vagy csak képzelt) tananyaghoz való ragaszkodása. A 10-11 évesektől – általános életkori sajátosságaik folytán – általában csak az első két fokozat teljesítése várható el, de mivel ismert, hogy az egy évfolyamra járók mentális fejlettsége nagyon eltérő (akár 4 évnyi különbség is lehet), és mert egyben kell látnia a

természetismeretet tanítónak is az egész fejlesztési folyamatot, a teljes közoktatási fejlesztési szakaszra vonatkozó fokozatokat mutatjuk be.

Kutatásalapú elvek	Fokozatok, lehetőségek			
Problémafelvetés, problémameg-fogalmazás	Kérdések megfo-galmazása tanár által megadott szempontokkal	Kérdések megfo-galmazása közös döntés alapján	Választás felkí-nált kérdésekből, újak megfogal-mazása	Önálló kérdésfel-tevés, probléma-megfogalmazás
Bizonyítás	Megadott tények, adatok irányított értékelése	Megadott adatok önálló elemzése	Irányított infor-máció- és adat-gyűjtés	Saját döntés szükséges infor-mációkról, ada-tokról, önálló gyűjtés
Megbeszélés és érvelés	Megadott lépések szerint	Szélesebb hatá-rok a lépésekben, irányelvek	Oksági összefüg-gések, fokozatos, közös fejlesztés	Logikus magyará-zat, érvelés
Tapasztalati alapú magyarázat meg-fogalmazása	Megadott magya-rázat	Választás felkí-nált magyaráza-tokból	Összegzés kevés tanári segítség-gel, saját magya-rázat	Adatok összesí-tése után önállóan
Magyarázat tudo-mányos háttere	Megadott magya-rázat	Megadott kapcsolatok	Az aktuális téma felé irányított kapcsolatfeltárás	Független vizs-gálat után önálló kapcsolatkeresés

9.1. táblázat. A kutatásalapú természetismeret tanítás megvalósítási lehetőségei
(Rákóczi M. – Szalay L. 2011 alapján Makádi M.)

Tanulói és tanári szerepek a kutatásos stratégiában

A kutatásalapú tanulási módszer során a **tanulói szerepek** eltérnek a hagyományos befogadó-alkalmazó szereptől. Azáltal, hogy a diákok lehetőséget kapnak arra, hogy az őket érdeklő problémákkal foglalkozzanak, sokkal motiváltabbak a tanulási folyamatban. Alkalmazás közben sajátítják el a kutatási, ezen keresztül a természettudomány-tanulási módszereket, és könnyebben megértik a tudományos kutatás szempontjait, kritériumait. Nevelési szempontból nem elhanyagolható, hogy ugyanakkor felelőssé válnak saját tanulásukért, sőt, mivel az egyéni tanulás összekapcsolódik a társakkal és a tanárral való együttműködéssel, a társak tanulásáért is. A tanulói részvétel megváltozásával együtt változik a **tanár szerepe** is. Alapvetően a tanulás segítésére irányul: egyfelől felkelti a tanulók kíváncsiságát és azt folyamatosan igyekszik fenn is tartani, másfelől pedig a tudásszerzés aktuális folyamatát mindig az előzmények és a követő elemek rendszerében kezeli.

Le kell szögeznünk, hogy a kutatásalapú tanítás sem csodaszer a természettudományos oktatás valamennyi problémájának megoldására, bár nagyon hatékony, mert együtt fejleszti a tanulók ismereteit (tartalmi tudását) és készségeit azáltal, hogy aktívan vesznek részt a

tanulási folyamatban, saját tudásuk felépítésében, miközben használják problémamegoldó képességüket is.

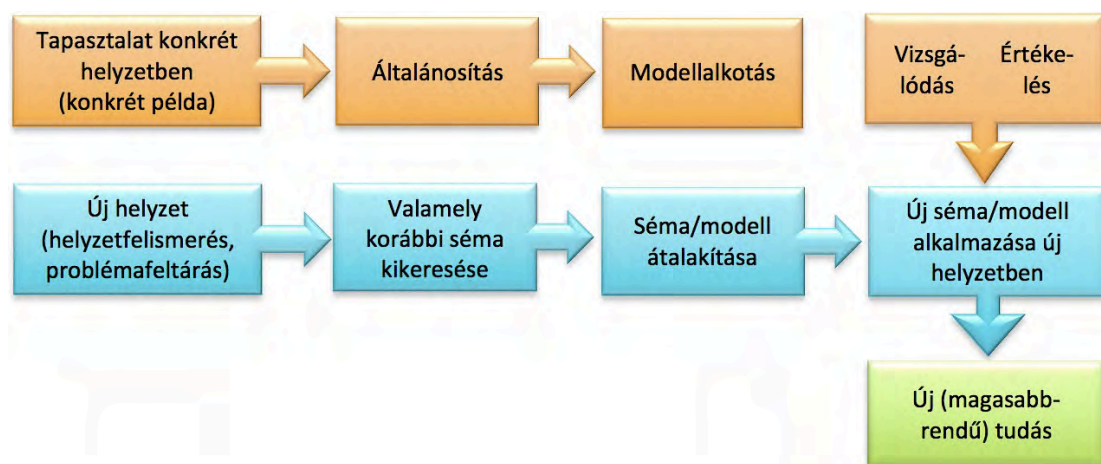
A tanári szerep praktikus elemei a kutatásalapú tanulás során

- Összegyűjti a tanulókkal együtt, hogy miért érdekes vagy fontos a kiválasztott probléma.
- Megfogalmazza a tanulókkal együtt a kérdéseket, amelyekre választ keresnek. Figyel arra is, hogy a kérdés a munka megkezdése előtt minden tanuló számára érthető és egyértelmű legyen.
- Összegyűjti a tanulók témával kapcsolatos előzetes ismereteit.
- Bővíti a tanulók ismereteit a szükséges mértékben.
- Beszél a tanulóknak, a tanulókkal a vizsgálandó probléma tudományos háttéréről is.
- Megfogalmaztatja a diákokkal a várható tapasztalatokat, a jelenség okaira, következményeire és a megoldására vonatkozó előzetes elképzeléseiket.
- Részletes tervet készít a tanulókkal a vizsgálat kivitelezésére.
- A vizsgálatot csak felügyeli, támogatja a tanulók munkáját, csak akkor avatkozik bele, amikor azt igénylik, vagy a továbbhaladás szempontjából, esetleg veszélyhelyzet esetén szükségesnek tartja.
- Következtetéseket von le a tanulókkal, azt csak szükség esetén pontosítja, egészíti ki.
- Beszél az esemény, jelenség, folyamat helyi és globális környezeti hatásairól.
- Beszél a probléma társadalmi, gazdasági vonatkozásairól is.

A gondolati felfedezésen alapuló tanulási stratégia

Bruner, J. (1961) felfogása szerint azért érdemes tanulni, mert amit egy helyzetben, egy konkrét tananyagon megtanulunk, azt képesek leszünk más helyzetben, más tananyaghoz kapcsolva is alkalmazni. Lényege könnyen értelmezhető valamely képességterületen. Pl. ha megtanuljuk, hogyan kell a mérési adatsort kiértékelni, feldolgozni, akkor azt bármely adatsor esetében meg tudjuk tenni; ha megtanuljuk egy táj tényleges földrajzi fekvésének leolvasását a térképi fókálózat alapján, akkor képesek leszünk bármely pont, útvonal, terület fekvését is meghatározni, sőt képesek leszünk a koordináták alapján helyeket megkeresni a térképen. A gondolkodás felől nézve a felfogást: a tanulás a tananyagban rejlő mélyebb összefüggés elsajátítása érdekében történik, az aktuális témáról átvihető egy másikra, vagyis alkalmazható. A tanítási gyakorlatban a kiválasztott struktúrák megtanítására leginkább a **problémamegoldó gondolkodás** módszere alkalmas, hiszen a problémamegoldás során arra kényszerülnek a tanulók, hogy egy-egy új helyzetben már ismert sémákat, gondolatmeneteket alakítsanak. A **felfedezettető tanulási stratégia** a tanulók ilyenfajta gondolkodására épül, olyan helyzeteket alakít ki, amelyben gondolkodniuk és tevékenykedniük kell a probléma megoldása érdekében. Lehetővé teszi, hogy a tanulók meglévő tudása és az új helyzet találkozásából valami új, magasabbrendű tudás szülessen

(9.4. ábra). E gondolkodási folyamat során a **felfedezést** az biztosítja, hogy a tanulók saját tanulási folyamatuk aktív szereplői: kérdéseket tesznek fel, amelyek megválaszolása érdekében cselekvési tervet készítenek, vizsgálódnak, portfóliót készítenek, kiállítást állítanak össze és értékelik a saját eredményeiket. A tanár a kíváncsiságukra, értelmi érdeklődésükre alapozva teremti meg a tanulási környezetet: problémahelyzetet teremt, szituációs gyakorlatokat és projekteket szervez, valamint folyamatosan értékeli a tanulói teljesítményeket.



9.4. ábra. A felfedezettető tanítási-tanulási stratégia modellje (Makádi M. 2012)

9.1.3. A természetismeret tanulása projektmódszerrel

A projektmódszer lényege

A természetismeret tanítása és tanulása napjainkban – a gyakorlati élettel szorosan összefüggő témája és az ebből következő módszerei miatt – már túlfeszíti a hagyományos osztálytermi, tanórai lehetőségeket. Ezért is van nagy jelentősége a világban már több mint egy évszázada, Magyarországon azonban inkább csak az 1990-es évektől terjedő **projektmódszernek**, amely a tanulók érdeklődésére, élettapasztalatára, **tervező és kivitelező tevékenységére épít**. A megismerési folyamatot egy-egy problémára épülő témaegységek, azaz projektek sorozataként szervezi meg. A pedagógiában a **projekt** eszmét, oktatást, tanulást, módszert, oktatási stratégiát, tanulásszervezési formát, szemléletet jelent, hogy csak a leggyakoribb meghatározási formákat idézzük. A tanulást **gyakorlati problémák megoldása köré csoportosítja**. A téma feldolgozását a tanulók kisebb-nagyobb csoportokban, egymással és tanárukkal együttműködve végzik. A feladat nem csupán a probléma megoldása, hanem teljes „körüljárása”, a lehető legtöbb összefüggésének a feltárása. A természetismereti témák megismerése komplexen történik (ez a tantárgy esetében természetes), ezen túlmenően azonban a projekttanulás tágabban értelmezi azokat, történeti (történelmi, néprajzi, esetleg tudománytörténeti stb.), technikai, művészeti

(irodalmi, képzőművészeti, zenei, mozgás- és filmművészeti), informatikai vonatkozásainak feldolgozásával együtt. A feldolgozandó tudásanyag, a tapasztalatok tehát nem szoríthatók a tantárgy keretei közé, lényegük éppen integratív jellegükben van. Sajnos a hazai pedagógiai gyakorlatban mindent projektmunkának neveznek, amiben a tanulóknak valamilyen nem tankönyvi-munkafüzeti feladatot kell megoldani vagy csoportokban dolgozni, pedig a lényeg a téma minél több oldalú közös, öntevékeny körüljárásán van.

Elméletileg igen sokféle projekt képzelhető el, azonban a jellegüket meghatározza – összefüggésben az életkori sajátosságokkal –, hogy mely korosztálynak szólnak. A természetismeret tanulásának időszakában jellemzően **folyamatorientált projektek** szervezhetők. Bennük a gyerekek egyszerű, konkrét, ismerős dolgokkal foglalkoznak, az emlékezet a cselekvésekhez kapcsolódik. A munka eredménye szinte nem is látható előre, mert a tevékenységszakaszok a tanulók spontán ötletei alapján követik egymást. Ez nem is baj, hiszen a közös (lehetőleg játékos) munka a fontos, maga a folyamat van a középpontban. Célja az ilyen irányú megismerő tevékenységekben való tapasztalatszerzés, amely a folyamatok során, lassan vezet el az elvont gondolkodáshoz. A 12. életév után már eredményesen valósíthatók meg az összetettebb, elvontabb **eredményorientált projektek** is. Ezekben a folyamaton túl a produktum előállítás is hangsúlyos, amelyekhez komoly és céltudatos munkavégzés, jól definiált kezdeti célok szükségesek. A lényeg, hogy a tanulók kipróbálhassák gondolkodásuk helyességét.

A projektek felépítése és alkalmazása

A projektmódszer feltételez egy határozott szerkezetű **munkamenetet**, ami tulajdonképpen független is a feldolgozandó témától (9.5. ábra). Nyilvánvalóan oktatási, képzési és nevelési célok megvalósítása érdekében alkalmazza a tanár. A módszernek azonban sajátossága, hogy mindig **kettős célban** kell gondolkodni:

- a „külső cél” a tanulók célja: a produktum, amelyet a tevékenységgel létre akarnak hozni (kiállítás, tárgy stb.) vagy el akarnak érni (pl. kutatás, egy probléma megoldása);
- a „belső cél” a pedagógus célja: a tanulási cél, azaz hogy mely tantárgyi követelményeket, fejlesztési célokat akarja megvalósítani, milyen tevékenységeket, esetleg milyen nevelési célt kíván elérni.

A projektmunka kezdő lépése a **téma kiválasztása**, megfogalmazása. Tapasztalatok szerint ez nem is olyan könnyű. Ha nem körültekintően megválasztott vagy nem elég érdekes, csaknem az egész további munka hiábavaló lehet. Ezért az semmiképpen ne a tanár döntése legyen, hanem a témát a tanulókkal együtt, közösen válasszák ki! Persze érdemes ezt irányítani. Azonban nem szerencsés, ha azt mondja például a tanár, hogy „végezzünk projektmunkát a vízről!”, mert ezt hallva aligha jönnek izgalomba a gyerekek, kíváncsiságuk nem ébred fel a tananyagszagú téma hallatán. Mivel nem is konkrét, nem tudják, hogy mennyi érdekesség rejlik benne. Helyette vessen fel társadalmi szempontból is jelentős tapasztalatok

megszerzésére alkalmas, problémászerű helyzeteket (pl. Mi lenne velünk víz nélkül? Megállítható-e a víz körforgása?). Az ötletek gyűjtésében eredményes lehet az ötletroham vagy az „érdekelne engem” cédula módszer. A lényeg, hogy a felmerült tanulói ötleteket vitassák meg, a kevésbé jónak bizonyulókat közösen vessék el. Ezáltal valamennyi gyerek úgy érezheti, hogy a saját (a közösen elfogadott és kívánt) elképzelésén kell dolgoznia.



9.5. ábra. A projektmódszer munkafolyamata (Hegedűs G. nyomán Makádi M. 2015)

A téma nem minden, lehet, hogy fontosabb is annál a projekt **kereteinek kialakítása**. Itt több döntés meghozatalára van szükség:

- milyen körre terjedjen ki a projekt (kiscsoport, osztály, több osztály, egész iskola, több iskola részvételével stb.)?
- mennyi időt fogjon át (egy tanórától az akár több hetes időtartamig; még hosszabb, de nem a teljes időt kitöltő, hanem a „normál oktatás” mellett; nem folyamatos munkát igénylő)?
- mennyi időt „vegyen el” a tanórákból, és mennyit igényel a gyerekek szabadidejéből?
- milyen tantárgyak, egyéb módon meghatározott tartalmi területek kapjanak szerepet benne?

A szükséges **feltételek végiggondolását** követően kerülhet sor a **feladatok kiosztására**, a munkacsoportok megszervezésére. A projektszervezés során mindig tekintettel kell lenni a módszer csoportdinamikai oldalára is. Gondoljon arra, hogy a projektnek az is a feladata, hogy megtanítsa a tanulókat a közös cél elérése érdekében való együttműködésre azáltal, hogy mintegy rákényszerülnek a kooperációra, különben képtelenek megoldani a feladatokat! A **kooperáció** ugyanis itt nem valamifajta „pedagógiai erőszak”, „parancs” folytán alakul ki, hanem szükségszerű módon, a célok elérésének egyetlen lehetőségeként.

A projekt tervezése során sokféle dologra kell figyelemmel lenni, amelyekre itt most nem térünk ki, mert azok elsősorban pedagógiai jellegűek. A tervezés fontos mozzanata az **időterv készítése**, amiben az egyes részfeladatokkal való elkészülés határidejét rögzítik. Az egyik legszemléletesebb tervezési technika, ha táblázatba foglalják az elhatározott tevékenységek időbeli ütemezését (9.2. táblázat). Így jól láthatók a párhuzamosan, illetve egymás után végezhető tevékenységek. Célszerű csúszási időtartamot is megjelölni, azt az

időmennyiséget, amivel megnövelhető a tevékenység időtartama anélkül, hogy akadályozná az utána következőket (gördülő tervezés). Az idő tervezésében nem hagyhatók magukra a 10-12 éves gyerekek, mert az ismeretlen feladatok időigényét nem tudják reálisan felbecsülni.

Mit teszünk?	A szükséges erőforrások	Időtartam, határidő	Résztevők	Az elvárt eredmény	Az eredmény mérési, értékelési módja	Felelős

9.2. táblázat. Tervezési táblázat a projektmódszerhez (Hegedűs G. nyomán)

A **kivitelezés** munkafázisa az együttműködésen, közös tevékenységen alapszik, jellemző munkaformája a **csoportmunka**. Ha a projektben altémák vannak, akkor azokon megfelelő létszámú csoportok dolgoznak, amelyeket akár tovább lehet osztani még kisebb együttműködő csoportokra, párokra, ha a létszám és a feladat komplexitása ezt lehetővé és szükségessé teszi. A csoportok önállóan hajtják végre a maguk elé tűzött feladatokat, közben döntéseket hoznak az eredeti terv kivitelezésének további lépéseire vonatkozóan. Ha szükséges, azt meg is változtatják. Eközben gyakorolják a közös döntést, a demokratikus döntéshozatalt is.

A csoportfeladatok eredményeinek, a problémamegoldásoknak, az eredetileg feltett kérdésekre adott válaszoknak a „formába öntése” a **produktum („termék”) összeállítása**. Számatlan formája lehet, így például kiállítás, színdarab, egy konkrét tárgy, makett, modell, tábló, beszámoló, bemutató, írásos anyag. A projekt nem tűri a hagyományos értékelési formákat (pl. érdemjegy), azok csak erőszakkal alkalmazhatók. Ha a projektnek valamilyen nagyon konkrét tantervi tartalomhoz és követelményekhez köthető célja van, akkor a pedagógiai értékelés egyik célja annak megállapítása, hogy a gyerekek milyen mértékben teljesítették ezeket a tantervi követelményeket. Az ilyen értékelés azokat a módszereket igényli, amelyeket a konkrét tananyagtartalomhoz, a készségek fejlesztéséhez kapcsolódó eredményesség mérésénél alkalmazhatunk. Különben a **szóbeli értékelés** különféle megoldásaival élhetnek a tanárok.

A projektmunka szóbeli értékelésének szempontjai

- Milyen volt a kreativitás mértéke és iránya a projekt kivitelezése során?
- Mely tanulási folyamatok milyen színvonalon zajlottak a projekt megvalósítási folyamatában szaktárgyi szempontból és a metakognitív tudásrendszer gyarapodása szempontjából?

- A csoportos és az önálló munkavégzés fejlődése (mennyire voltak erre képesek a gyerekek, milyen problémák voltak?).
- Milyen volt az elkészült produktumok tartalmi és esztétikai színvonala az előre megadott követelményekhez képest?
- Milyen érzelmeket keltett a tanulóknál a tevékenység, hogyan érezték magukat a projektben?
- Hogyan zajlott a projekt megtervezése, hogyan érvényesült a megvalósítás során (ítéletek a tervezési folyamatról utólag, a végrehajtás ismeretében)?

Munka közben is zajlanak értékelési folyamatok szinte láthatatlanul, anélkül, hogy ezeket határozottan szervezné a tanár, de a végén természetesen szükség van az elkülönült, megszervezett értékelési folyamatra is. Ennek azonban nem az a lényege, hogy a pedagógus elmondja, ő hogyan értékeli a munkát, az eredményeket, hanem az, hogy a csoportok és az egyes gyerekek **önértékelése** megtörténjék. A jó értékeléshez részben az szükséges, hogy annak szempontrendszere, kritériumai előre ismertek legyenek. A projektmunka értékelésének talán legfontosabb mozzanata az eredmények bemutatása (miközben magát a bemutatást is érdemes külön értékelni).

A tanulói önértékelés javasolt szempontjai a projektmunkában

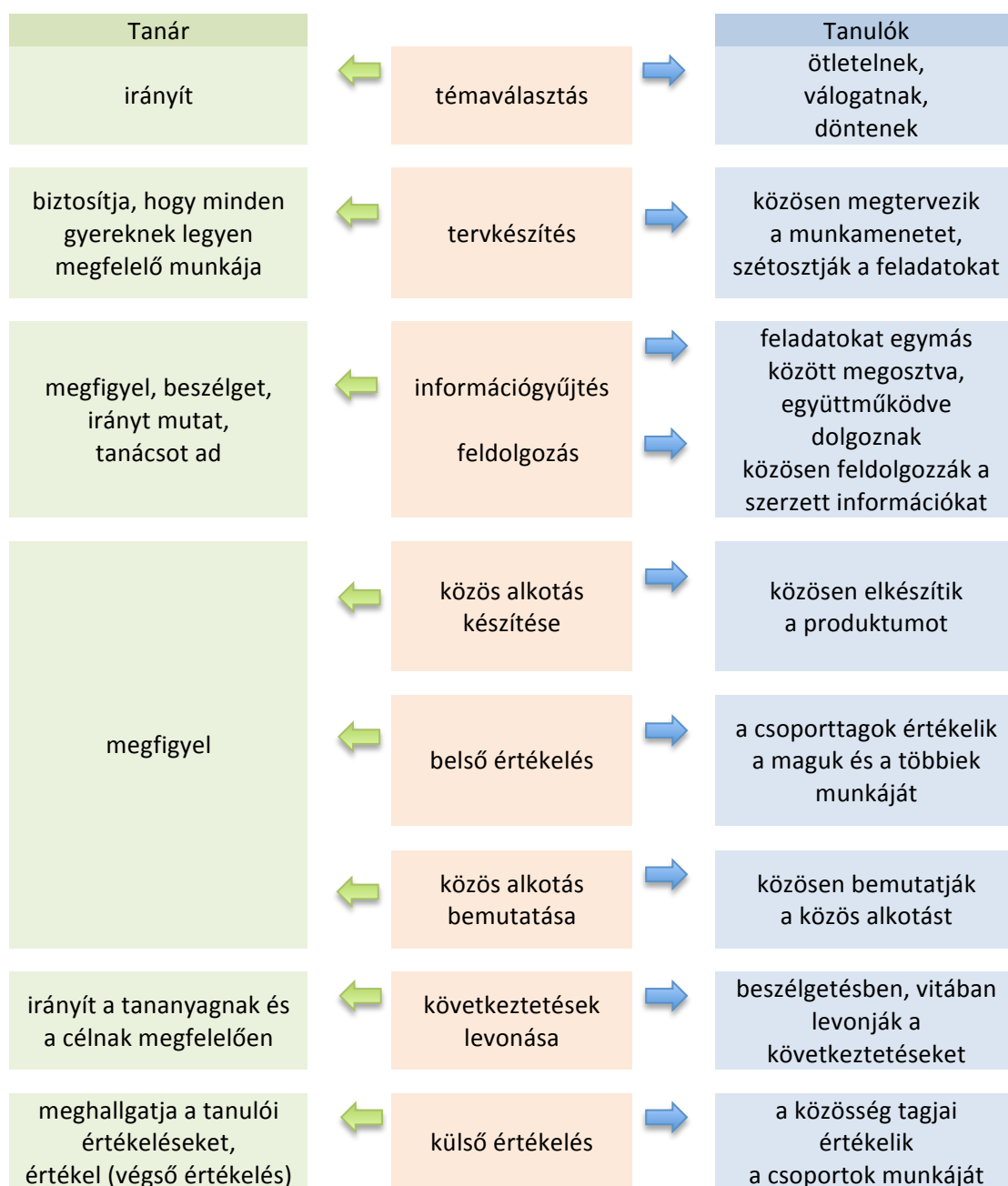
- Teljesültek-e, milyen szinten teljesültek az eredeti céljaink?
- Van-e olyan terület, ahol lényegesen kevesebbet sikerült teljesíteni, mint szerettünk volna? Mi ennek az oka?
- Van-e olyan terület, feladat, amiben viszont lényegesen túlteljesítettünk? Mivel magyarázható?
- Mit csináltunk a tervtől eltérően, miért, és jó döntés volt-e a terv megváltoztatása?
- Hogyan tudtunk együtt dolgozni?
- Miben kell fejlődünk? Vajon hogyan lehet ezt elérni?

A tanulók és a tanár szerepe a projektben

A tanulók a hagyományos tanulási módszerekkel azt szokták meg, hogy a tanár a bölcs előadó, aki szétosztja a tudását a tanítványai között. A projektben viszont a tanulóknak csoportban kell dolgozniuk, mert mint ahogyan a való életben is, egy ember nem (vagy alig) képes végigvinni a kutatást, kidolgozni és bemutatni a probléma megoldását. A „potyautasoknak” a többi keményen dolgozó tanuló szemrehányásával kell szembesülniük. A projektmódszer azt erősíti a tanulóknál, hogy fedezzék fel saját tanulási szükségleteiket, és határozzák meg a feladatok teljesítéséhez szükséges forrásokat. Az egyéni tanulás összekapcsolódik a társakkal és a tanárokkal való együttműködéssel. A **közös, együttműködő tanulás** elmélyíti a problémák megértését, és elősegíti a tudás más helyzetekben való

alkalmazását is. A tanulóknak is meg kell érteniük, hogy a csoportmunkára való képesség elengedhetetlen lesz jövőbeli életükben, például a munka világában is.

Azt is meg kell tanulniuk, hogy szembenézzenek saját és közös teljesítményeikkel. Az **önellenőrzés** és **önértékelés** segíti a tanulókat felismerni, hogy mikor vannak készen a tanulással. „Mit tanultam meg eddig? Mit kell még tudnom? Hogyan tudom kezelni ezt a problémát a jövőben?” – és más hasonló kérdéseket tehetnek fel önmaguknak. Ugyanezeket a kérdéseket az egész csoport tevékenységére is terjesszék ki! Közben felismerhetik, hogy a saját tanulás tudatos ellenőrzése-értékelése alapján mások tanulásában is segíthetnek.



9.6. ábra. Tanári és tanulói „szerepek” a projektmunkában (Makádi M.)

Gyakran hangoztatják, hogy a hagyományos oktatás során megszerzett tudás nem használható fel közvetlenül. A gyerekeknek nagyon nehéz feladat a „jövőbelátás”, vagyis a most elvégzendő tevékenységeknek egy távolabbi jövőben majd tapasztalható hasznát most meglátni. Ennek fejlesztésére kiváló lehetőséget teremt a projekt módszer, hiszen annak elengedhetetlen eleme a tervezés, a tevékenységet lezáró „termék” megalkotásához vezető folyamat lépéseinek végiggondolása. Fontos, hogy ebben minden tanuló aktívan vegyen részt. Sokszor jelent problémát, hogy nem minden gyerek szeretne részt venni ilyen jellegű munkában, illetve sok gyerek nem találja a helyét. Egyik lehetőség a formalizált szerepek adása a gyerekek részére, mint például a vezető, pontosságot ellenőrző, az előadás/kidolgozás ellenőre, kutató-futár (akinek a feladata a szükséges anyagok előteremtése), a többi csoporttal, a tanárral való kapcsolattartás felelőse, a jegyzőkönyvvezető (aki rögzíti a csoport döntéseit), a munkaszervező (azt figyeli, hogy minden csoporttag részt vesz-e) stb. A projekt megvalósítása során a pedagógus elsősorban segítő, mentoráló, szakértői, megfigyelő, és nem irányító szerepet tölt be: megteremti a feltételeket, biztosítja az információkat vagy azok elérhetőségét stb. Nem ő a tudás egyedüli birtokosa, a projekt alkalmazása során szinte természetes a legváltozatosabb információforrások használata.

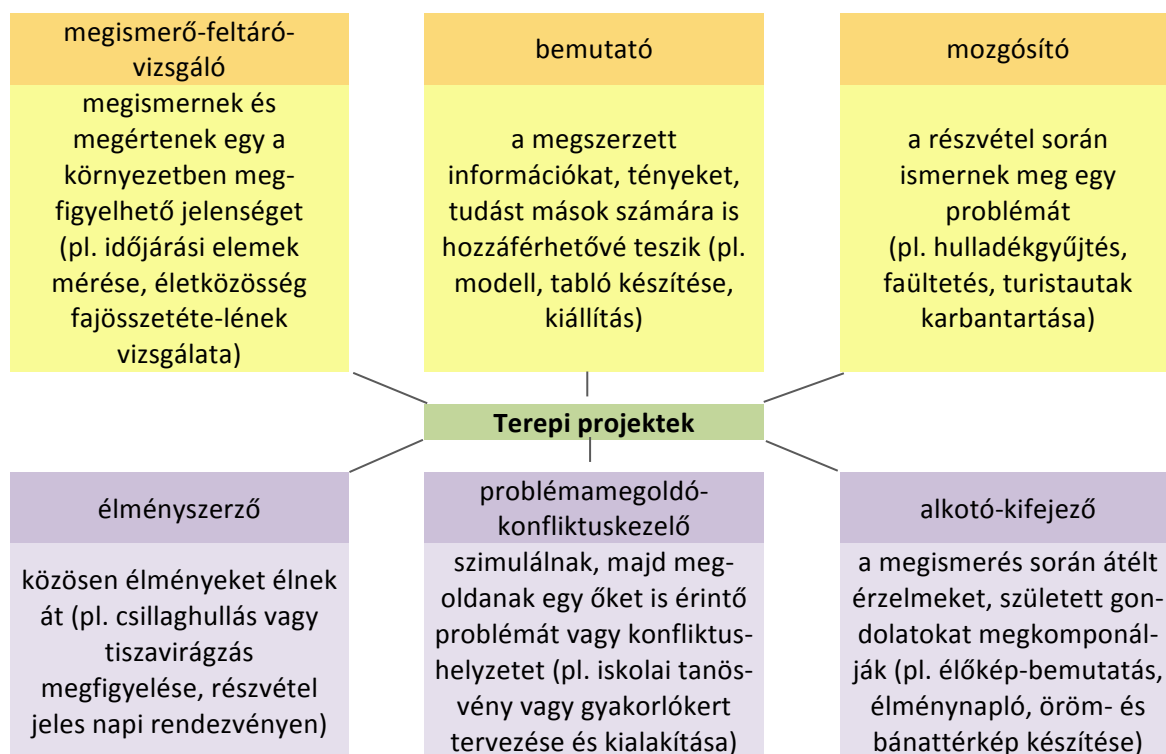
9.1.4. A természetismeret tanulása terepi módszerekkel

A természetismeret legfőbb sajátosságai abból fakadnak, hogy vizsgálódásának területe maga a valóság. Ebből következik, hogy a tantárgy tanulása tulajdonképpen **tereptanulmányozás** még akkor is, ha a gyerekek szinte ki sem teszik a lábukat a tanteremből. Leggyakrabban nem is közvetlenül tanulmányozzák a terepet, hanem közvetett módon, (jobb esetben) szemléltető eszközök segítségével. A **terep** a Föld felszíne a rajta lévő kiemelkedésekkel és süllyedésekkel, a természeti képződményekkel (tereprészletekkel) és a mesterséges tereptárgyakkal együtt. A tágabb geográfiai megközelítésben a terep a valóság színtere vagy maga a valóság. A természeti és az ember által kialakított és állandóan változó társadalmi környezetet is magában foglalja. A tanulók akkor jutnak tényleg valósághű természeti képzetekhez, ha megismerő tevékenységük az „égig érő tanteremben” történik. A **terepi tanulási módok** többfélék, számunkra az a megközelítés érdekes, amely a tanár és a tanulók tevékenységei felől közelíti meg azokat (9.3. táblázat).

Terepi tanulási mód	Tanár	Tanítvány
ismeretközlés	színész	néző
kooperatív tanulás	rendező	színész
terepi projekt	író	színész + rendező
szabadég-iskola		
dramatikus játék	színigazgató	színész + rendező + író

9.3. táblázat. A különböző terepi tanulási módok szereposztásának összehasonlítása (Lehoczky J. nyomán)

A terepi tanulási módok közül tulajdonképpen csak a terepi projekt és a szabadég-iskola kötődik ténylegesen is a valós környezethez, a többi lényegét tekintve nem különbözik a tanteremben folyó hasonló tevékenységektől. Mindkét forma abból az elvből indul ki, hogy nem a megismerendő dolgokat kell bevinni a tanterembe, hanem a gyerekeket kell kivinni a terepre, hogy a valóságot közvetlenül tapasztalhassák meg. A tényközpontú és ismeretbefogadó tanulás helyett a tanulás érzéki-megismerő oldalát tartják fontosnak. Pedagógiájuk középpontjában a valósággal való személyes találkozás áll, a természeti környezet tárgyait és jelenségeit különféle tevékenységek közben fedeztetik fel a tanulókkal.



9.7. ábra. A földrajzi-környezeti terepi projektek típusai (Makádi M.)

A **terepi projektek** az együtt átélt tevékenységen és az együvé tartozás élményén alapszanak. A módszertani alap csakúgy, mint a szervezési-lebonyolítási algoritmus a projektmódszerben megismertek szerint alakul. Lényegük, hogy a tanulók közösen szereznek ismereteket a terepen, amelyeket együtt dolgoznak fel (9.7. ábra). Egy részüknek egy adott szaktárgyi vagy tantárgyközi tartalom feldolgozása a célja. Példaként megismerő-feltáró-vizsgáló projekt lehet a terepi víz-, kőzet-, talaj- vagy életközösség vizsgálat, nyomkeresés (iránymegállapítás, állatok életjelenségeinek a nyoma), az időjárás megfigyelés és az időjárási elemek mérése (amelyekben a megismerési technikák elsajátítása a cél). Az alkotó-kifejező projekteknek az a lényegük, hogy a tanulók a természetben szerzett benyomás, ihlet alapján, vagy éppen nagyon is határozottan megfogalmazott célnak megfelelően hozzanak létre valamit (pl. faliképet, tapintható tárlatot, tárgymontázst, neszverset) a természeti objektumokból (pl. kavicsokból, levelekből, termésekből, fakéregből). E tevékenységek

közben kiemelik a környezetből az egyes tárgyakat, és új rendszerben, új összefüggésekben rakják össze. Gyakran azonban valamely képességterület fejlesztése vagy a közösségépítés érdekében szervezik a terepi projekteket (problémamegoldó-konfliktuskezelő, illetve élményszerző és mozgósító projektek stb.), amelyeknek eredménye lehet pl. egy új tankert, tanösvény az iskolaudvaron vagy az intézmény környékén. Minden terepi projekt végeredménye egy közös tárgyi vagy szellemi alkotás, amely a lehető legszélesebben mutatja be a témát, a gondolkört. Ez megkívánja, hogy a tanár körültekintően előkészítse a projektmunkát, a tanulók pedig öntevékenyen, kooperatívan szervezzék a megismerési folyamatot és a bemutatást.

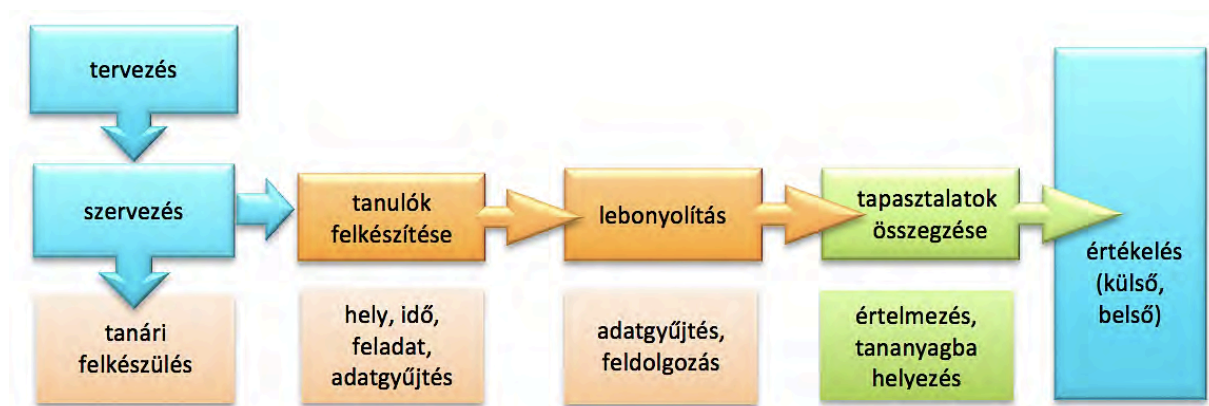
A **szabadég-iskola** olyan tanulásszervezési mód, amelyben nem a közös élményszerzésen és munkavégzésen van a hangsúly (bár kétségtelenül az is kapcsolódik hozzá), hanem a valóság megtapasztalásán, a helyszínen, a terep tudományos szempontú megismerésén. Egyes formáinak (pl. a tanulmányi kirándulásnak) nagy hagyományai vannak a magyar iskolarendszerben, különösen a természettudományos tantárgyak oktatásában. A **terepfoglalkozásokon** és a **terepi gyakorlatokon** (amelyek inkább a középiskolai biológia- és földrajztanításban terjedtek el) a tanulók tudatos és tervszerű megfigyeléseket, vizsgálatokat és kísérleteket végeznek a valóságban. Természetes körülmények között egyéni és csoportos munkaformában sajátítják el a tudományos megismerési módszereket, és gyakorolják a különböző segédeszközök, műszerek (pl. tájoló, turistatérkép, növényhatározó, indikátorpapír) használatát. A **terepi témanapon** vagy **témahéten** egy-egy, az adott tereppel kapcsolatos témát több szempontból, átfogó módon dolgoznak fel a tanulók. Ezek a formák a szaktanárok szoros együttműködését feltételezik, hiszen a különböző tantárgyak és évfolyamok anyagának összehangolását és aktualizálását igénylik. A szabadég-iskola más formáiban a gyerekek úgy ismerik meg a valóságot, hogy együtt dolgoznak egy-egy területén, valamilyen értékteremtő munkát végeznek. A **terepmunka** során valami maradandót alkotnak (pl. meteorológiai mérőkeretet létesítenek) vagy rendszeresen dolgoznak a terepen (pl. tisztán tartják a forrás környékét), aminek a létrehozáson kívül készségfejlesztő céljai is vannak (pl. tervezési-szervezési képesség, térszemlélet). A **terepi akciók** viszont általában valamilyen eseményhez, nevezetes naphoz kapcsolódnak (pl. a madarak és fák napján a gyerekek fát ültetnek, madárbarát iskolaudvart létesítenek, a víz világnapján halastavat létesítenek az iskola körüli parkban) főként készségfejlesztő vagy szocializációs céllal. A nevezetes napok, melyekhez terepi projektek szervezhetők:

- Vizes élőhelyek világnapja	február 2.
- A víz világnapja	március 22.
- Meteorológiai világnap	március 23.
- A Föld napja	április 22.
- Madarak és fák napja	május 10.
- A biodiverzitás napja	május 22.
- Európai nemzeti parkok napja	május 24.
- Környezetvédelmi világnap	június 5.

- Az ózonpajzs világnapja	szeptember 16.
- Takarítási világnap	szeptember 3. hétvége
- <u>Habitat</u> világnapja	október első hétfője
- Az állatok világnapja	október 4.
- Az erdők napja	október 22.

A természetismeret tanítása-tanulása tanulmányi kirándulásokon

A legtöbben nem tudjuk felidézni, hogy egy-egy jól sikerült iskolai kiránduláson mit is láttunk, pedig elsősorban az ismeretszerzés és az ismeretek alkalmazása érdekében szervezték annak idején a **tanulmányi kirándulást**. Ez a tanórán kívüli foglalkozás ad lehetőséget arra, hogy a tanulók valós helyükön a maguk összetettségében figyeljék meg, vizsgálják a természeti és környezeti jelenségeket, folyamatokat, valamint elemezzék, értékeljék a természeti és a társadalmi környezetben szerzett tapasztalataikat. Az életszerű megfigyelések teszik lehetővé, hogy példákön keresztül érzékeljék a természet és a társadalom, illetve azok egyes elemeinek egymásra hatását, felismerjék a valós összefüggéseket. Természetesen a természetismereti tanulmányi kirándulásoknak az is céljuk, hogy a tanulók többféle tájat és települést megismerjenek. A tanulmányi kirándulások időtartama és terepe különböző. Az alsó tagozatban a környezetismeret órákon a gyerekek leginkább **tanulmányi sétákon** ismerkednek a valósággal, a tanító közvetlen irányításával figyelik meg tárgyait és jellemzőit (pl. az egyszerű felszíninformákat, az álló- és folyóvizeket, a településeket, a főbb gazdasági tevékenységeket és az élőlényeket). A természetismeret tanítása már hosszabb időtartamú (fél- vagy egynapos) **kiránduláson végzett tanulmányokat** igényel, amelyek keretében a tanulók közvetett tanári irányítással végeznek megfigyeléseket és egyszerűbb vizsgálatokat a természetes terepen, az életközösségben, a településen vagy az intézményben. Csak akkor válnak hasznos ismeretszerző tevékenységgé, ha szervesen illeszkednek az egyes tanévek és a természetismeret teljes tananyagába. Támaszkodnak a tanulók előzetes ismereteire és képességeire, ugyanakkor az új elméleti tananyag tanulását a terepen élményszerű körülmények között szerzett tényekkel, tapasztalatokkal és problémákkal készítik elő (9.8. ábra). A szervezőtanárnak azonban arra is gondolnia kell, hogy a gyerekeknek véges a befo-



9.8. ábra. A kirándulások szervezési folyamata (Makádi M. 2006)

gadóképességük. Bármennyire is szeretne minden, szaktárgyi szempontból fontos dolgot megmutatni, nem tudnak egyszerre mindenre és tartósan figyelni.

Természetismeret tanulása az erdei iskolában

Az 1990-es években hazánkban egyre nagyobb teret nyert az **erdei iskolák** szervezése. Különösen azokban az alapfokú iskolákban, amelyek felismerték az új pedagógiai eljárások (reformpedagógia) bevezetésének szükségességét, de az oktatási rendszer merev keretei miatt újításait nem tudták beilleszteni a tanórákba. Kezdetben csupán az volt a lényege, hogy a tanulás kiszabaduljon az iskola falai közül, tartalma elsősorban a biológia- és a földrajztanításhoz kapcsolódott. Később azonban olyan tanulásszervezési formává vált, amelyet a helyi tantervben meghatározott tananyag elsajátítása és egyes képességek fejlesztése érdekében hoznak létre. Alapvetően a környezeti nevelést szolgálja és a projektpedagógia módszereit alkalmazza. Céljának egyrészt az egészséges, a környezettel harmonikus életvezetési képességek kialakítását, másrészt a közösségfejlesztést tekinti. Ennek érdekében a különböző életkorú tanulók több napon keresztül (rendszerint 5 napon át) éjjel-nappal egy közösségben vannak és együttműködve cselekszenek. A gyerekek nem tanulmányi kiránduláson vesznek részt, és cselekvés közben mélységében ismerik meg a helyszínt. A tanár megismerő helyzeteket alakít ki, és arra ösztönzi a tanulókat, hogy keressék meg az érdeklődésüknek és képességeiknek megfelelő egyéni és csoportos tanulási módszereket. Felfedeznek, megfigyelnek, vizsgálódnak, beszélgetnek és vitatkoznak. A munkamódszerek tehát erősen különböznek a hagyományos tanítási órákon megszokottaktól. Az erdei iskolában tanítás folyik, csak éppen a hagyományos tanórai keretektől eltérő formában. Tehát a pedagógusok ellenőrzik és értékelik a tanulók munkáját. Helyszínül az iskola székhelyén kívül eső, lehetőleg eltérő jellegű tájat választanak.

A hely természeti, valamint ember által létesített tárgyi és kulturális környezetéhez igazodik a tananyag, illetve az, hogy a tanulók mely képességterületeit és milyen módszerekkel fejlesztik. Ha az iskola nevelőtestülete a pedagógiai program összeállításakor úgy dönt, hogy képzési és nevelési céljaik megvalósítása miatt szükség van erdei iskolára, arról is meg kell állapodniuk, hogy mely elvek alapján alakítsák ki a rendszerét. Gyakran építik **önálló műveltségegységre**, mert ez kevésbé igényli a különböző szakos tanárok együttműködését. Ilyenkor általában folytatják az iskolai tantárgyak tanítását, de azt a helyszíni lehetőségeihez igazítják. A verbális módszerek mellett a közvetlen tapasztalatszerzésre építik az órákat, a tananyagnak azokat a részeit veszik elő, amelyek a terepen könnyebben taníthatók, mint a tanteremben. Ez tulajdonképpen nem is erdei iskolai tevékenység, csak annak nevezik. Hasonló a helyzet, ha csak egy vagy néhány tantárgy (pl. a természetismeret) kiemelt tanítása történik ezeken a napokon. Az erdei iskola alapcéljainak leginkább az felel meg, amikor az egész programot egy-egy **komplex műveltségi területre** építik, tehát nem a hagyományos tantárgyak köré szervezik, hanem egy téma vagy egy képességterület köré. Pl. az élet az alföldön témakör alkalmas lehet a természetismeret

mellett a technika, a művészetek, a magyar irodalom, hon- és népismeret ismeretanyagának integrálására. A legjobb azonban az, ha valamely képességterület köré szervezik a tevékenységeket (pl. egyik évben a megfigyelő-vizsgáló, a másik évben a terepi tájékozódási képesség fejlesztésére összpontosítanak).

Hallgatói kérdések és feladatok

1. Hasonlítsa össze a tevékenységalapú tanulási technikák lényegét! Érzékeltesse a természetismeret tananyagához kapcsolódó konkrét példákon!
2. Hospitálásai során készítsen statisztikát arról, hogy milyen arányban fordulnak elő a gyakorlatban a tevékenyekdtető módszerek!
3. Keressen 5-6. osztályosok számára érdekes, kutatásra alkalmas témákat! Tervezze meg a feldolgozás lehetséges módját!
4. Válasszon ki egy természetismereti tanítási egységet, és tervezze meg a tanulók tanulása érdekében szervezendő tevékenységeket! Gondoljon arra, hogy nagyon különböző előzetes tudással rendelkező tanulók lehetnek az osztályban! Törekedjen sokféle, egymástól lényegesen különböző tevékenységre!
5. Tervezzen meg egy projektet a természetismeret tananyag valamely témaköréhez kapcsolódóan! Indokolja a tartalmi, szervezési és módszertani elképzeléseit!
6. Gyűjtse ki a természetismeret kerettantervből, illetve a Nemezeti alaptanterv Ember és természet műveltség területéből azokat a fejlesztési célokat és feladatokat, amely indokolják a tereptanulást! Tervezze meg, hogy milyen szervezeti formában és mely módszerekkel lenne eredményes a tanulásuk!

9.2. A természetismeret tanulása modellezéssel

Írta: dr. Victor András és dr. Makádi Mariann

Kulcsszavak: modell, makett, leképezés, leegyszerűsítés, matematikai modell, analógiás modell, mentális modell, modellezés, szimuláció

9.2.1. A modell és a modellezés értelmezése

A valóságot helyettesítő valami

A **modell** szó a latin *modus*, *modulus* szóból származik, ami mértéket, módot, módozatot jelent. A mindennapi életben a modell szót szélesebb és több jelentésben is használjuk. Jelenti a személyt, aki a festő- vagy szobrászművész számára minta a mű megalkotásához (pl.

„modellt ül valakinek”). Jelenti azt a személyt is, aki divatbemutatókon fölvesz pl. egy ruhát, és ezzel bemutatja és reklámozza annak alkotóját (pl. topmodell). Modellnek nevezzük valamely nagyobb tárgynak a kicsinyített mását is (pl. hajómodell). Ezt a harmadik típust makettnek is nevezzük (pl. egy épület makettja). Továbbá modell-szituáció az is, amikor pl. egy tanuló pilóta egy (számítógépes) szimulációs helyzetben gyakorol bizonyos tevékenységeket vagy a síeléssel először próbálkozó sí szimulátorba ül. Mindegyik esetben az a modell lényege, hogy valami „helyett” van, példánkban az ábrázolt történelmi személy helyett, a ruhát esetleg majd megvásárló ember helyett, a nagyobb tárgy helyett illetve az „éles” helyzet helyett. A modellezés mint hobbi és technikai sport követőinek szóhasználatában fontos az a különbségtétel, hogy a modell az eredeti tárgy működőképes mása (aki ilyennel foglalkozik az nem is modellezik, hanem szimulációt végez), míg a **makett** – legyen ránézésre akár milyen pontos és élethű – nem működik, nem mozog.

Szakmailag kicsit pontosabban az, hogy a modell valami „helyett” van, úgy fogalmazható meg, hogy a modell a **valóság leképezése**, valamely szempontok alapján való **leegyszerűsített** mása. Minden modell a valóság helyett áll valamilyen okból vagy célból. Ez érvényes a repülő-modellre, a match-box autómodellekre, a kémiai atommodellekre, de érvényes a divatbemutatók férfi-női modelljeire is. A modell szóval jelölik például azt a rendszert is, ami egy másik rendszerben (a modellezettben) végbemenő jelenséghez hasonló jelenséget valósít meg. Az oktatásban szűkebb értelemben az olyan szemléltető eszközöket is így nevezik, amelyek valamely nagyon nagy (vagy nagyon kicsiny) objektum oktatási bemutatására szolgálnak (pl. a hidrogénatom modellje vagy a planetárium mint a csillagos égbolt modellje). Értelmezésünk szerint a modell mindig csak valamihez viszonyítva modell, és ebbe a viszonyításba nemcsak a szempontok (mi szerint?), hanem a hierarchia szint (milyen mélységig?) is beleértendő.

Az oktatásban használt modellek típusai

A modell jellemzője, hogy a valóságot csak **néhány kiragadott szempont alapján** „tükrözi” (képezi le), és ennek éppen az a lényege, hogy ily módon a modell egyszerűbb, mint a megfelelő valóság. Ebből következően pedig könnyebben áttekinthető, könnyebben megérthető. Az oktatásban éppen ez a célja. Azért készítünk oktató modelleket (leegyszerűsítve a bonyolult valóságot), hogy érhetőbbé tegyük, ami a valóságban bonyolult, és láthatóvá tegyük, ami a valóságban láthatatlan (vagy csak nehezen, áttételesen látható).

A modellek sokféleségét mutatja, hogy a fent említetteken túl még milyen sokfajta modellt használunk a tudományban – és általában a gondolkodásunkban. A **matematikai modellnek** az a lényege, hogy valamely természeti tulajdonságot, jelenséget matematikai egyenletekkel fejezünk ki. Ez annyiban más, mint a többi, hogy numerikus (számszerű) összefüggésekkel ír le valamit. Ennek klasszikus példája *Newton* egyenlete a tömegvonzás általános törvényére. (Persze tudjuk, hogy a matematikai jelleg sem jelent örökérvényű igazságot, hiszen az

általános relativitás-elmélet kereteiben már más matematikai modell írja le az ismereteinknek megfelelő összefüggést.) A **kvantifikálás**, azaz a mennyiségekhez számértékek rendelése olyan gondolkodásmód, amely nélkülözhetetlen a természettudományok tanulása során.

Analógiás modellnek nevezzük, ha egy jelenséget, folyamatot, szerkezetet egy másik jelenséghez, folyamathoz, szerkezethez való analóg hasonlósága alapján értelmezünk. Az „analógiás” itt azt jelenti, hogy nem vizsgáljuk a hasonlóság oki hátterét, csak magát a hasonlóságot fogalmazzuk meg. Ilyen pl. az atomok bolygómodellje, ami a Naprendszer bolygóinak analógiájára értelmezi az elektronok mozgását, és ilyen az is, hogy a Coulomb-törvényt a Newton-féle gravitációs modell analógiájaként értelmezzük. De lényegében ilyen minden hasonlatra alapozódó megnevezés, például az „energia-létra”, „telített oldat”, „órlő-fog” stb. is. Még azokat a gondolkodási, világértelmezési „kereteket” is modellnek, **mentális modellnek** nevezzük, amelyek mentén valamilyennek képzeljük a világot (illetve annak valamely részét). Ilyen például az, hogy az anyagot részecskékből állónak vagy folytonosnak gondoljuk; az, hogy a világot logikailag tiszta és világosan elválasztható kategóriákban képzeljük el, vagy olyannak, amelyre a fokozatok, az átmenetek, a komplementaritás jellemző.

Kulcskérdés az a tény, hogy a modell csak néhány kiválasztott szempontból mutatja a valóságot, vagyis az exkluzív gondolkodásmódot követi, s ez lényegi vonása. Egy matchbox autó hűen mutatja a valóságos autó alakját, formáját, színét, részben a díszítését stb. De nem egyezik azzal az anyaggal, a méretével, a működését, a belső szerkezetét (és még ezer más tulajdonságát) illetően. A modellezés nagyon jól mutatja is, hogy mikor és miért célszerű ezt a leegyszerűsítő, szempont-kihagyó látásmódot követni. A **leegyszerűsítés** ugyanis kétélű fegyver. Egyrészt érthetőbbé, áttekinthetőbbé teszi a dolgot, másrészt csak egy részt mutat meg abból. Minél kevesebb szempontot őrzünk meg, annál egyszerűbb – tehát annál érthetőbb – lesz a modellünk, ugyanakkor ezzel együtt növekszik a veszélye annak, hogy már torz lesz a kapott kép, valótlan lesz a levont következtetés stb.

A hasonlóság szerepe a fogalomalkotásban

A **modellezés** fontos megismer(tet)ő módszer az iskolában. „A diák csak akkor tud megérteni egy új fogalmat, egy új jelenséget, ha hasonlítani tudja valamilyen általa már ismert fogalomhoz, jelenséghez és azt is megérti, hogy az ‘új’ miben különbözik a már ismert ‘régitől.’” (*Szent-Györgyi Albert*) Ezt az utat követi a természettudományok kutatója is, a vizsgálat a már ismerttel való megegyezésből indul ki, és a már ismerttől való eltérés felismerése, az ellentmondás feloldására törekvés váltja ki az új ismeretet (a felfedezést, a találmányt). „A tudomány nem próbál magyarázni, alig is próbál interpretálni, a tudomány főként modelleket állít fel.” (*Neumann János*)

A **hasonlóság** fogalma az emberi gondolkodásban rendkívül fontos helyet foglal el. Szigorúan véve a világ minden jelensége (minden rendszere) különbözik egymástól, nem lehet két azonosat találni közöttük. Még ugyanaz a rendszer sem azonos önmagával, ha két különböző időpontban vizsgáljuk. Ebből arra a következtetésre lehetne jutni, hogy a végtelen sok, egymástól különböző jelenség megismerése lehetetlen. Valójában ez is lenne a helyzet, ha az ember csak arra törekedne, hogy egy-egy jelenséget teljességében írjon le. Az emberi gondolkodás alapja azonban az általánosítás, az absztrakció. Az ember a világ megfigyelése során igyekszik felismerni az egyes jelenségek közös tulajdonságait. Még erősebb az absztrakció a fogalmak megalkotása során, a fogalomalkotás nem más, mint halmazba rendezés. A fogalom egyben a halmaz elemeinek közös tulajdonságát is jelenti. Az előbbiek szerint a modell és a modellezett mindig csak valamilyen meghatározott szempontból hasonló, más szempontok szerint viszont különböző. Így a modell mindig csak részleges lehet. Az ún. "teljes modell" (olyan, ami minden szempontból hasonló) csak egy van: maga a modellezett. A minden szempontból hasonlóság ugyanis azonosságot jelent.

A fogalmakkal kapcsolatos képzetek helyessége könnyebben kiderül a tanár számára, ha a gyerekek nemcsak definíciószerűen fogalmazzák meg azokat (mintegy visszaadva a verbálisan megtanultakat), hanem egyszerű módon meg is kell formálniuk azokat. A modellezés segít tisztázni a tanulóknak az adott fogalom főbb tartalmi jegyeit, elválasztani egymástól a lényeges és a lényegtelen elemeket.

9.2.2. Tanulás modellek segítségével

Statikus modellek használata a természetismeret tanulása során

A statikus modellekre elsősorban azért van szükség, hogy a tanulók el tudják képzelni a fogalmakat, megértsék a felépítésük összefüggéseit, illetve felfedezzék a felépítés és a működés, a felépítés és a funkció kapcsolatát. Például a „milyen belsőt rejt a külső” kíváncsiságot elégíthetik ki a szétszedhető Föld-, cseppkőbarlang- és fogmodell, az ember belső szerveit kivehető formában mutató ún. torzó, a merev test modellje.

A különböző **térképek** annyira részei a mindennapi életünknek, hogy nem is igen gondolunk arra, hogy ezek is modellek. Pedig azok, ráadásul kiválóan bemutatatható és tudatosítható velük kapcsolatban a modellezés logikája és lényege. Például az, hogy ugyanannak a valóságnak többféle modellje lehetséges attól függően, hogy mi a modell célja. A térképnek ugyanis nem egyszerűen a valóság kicsinyítése a lényege, hanem az is, hogy a valóság ezernyi részlete közül mit ábrázol és mit nem. Vagyis jól mutatja a szempont-kihagyó gondolkodásmódot. Hiszen az egyik térképen ugyanannak a területnek a felszínformái látszanak, a másikon a közigazgatási tagolása, a harmadikon a népességeteloszlás, a negyediken a bányászott ásványkincsek stb. Vagyis minden térképkészítő valamit elhanyagol

a valóság arculatai közül, hogy amely szempontot viszont megtartja, az jobban látszódjék. Ugyanez a szempont-szelekció érvényes a **földgömbökre**, a legeszményibb térképekre is. Nem mutathatnak mindent, hiszen akkor a valóság megkettőződése lennének. A **domborföldgömb** többet tud, hiszen leegyszerűsítve és torzítva ugyan, de a magassági viszonyokat is visszaadja a szemlélő számára (9.9. ábra). A földgömbökkel összevetve a térképeket jól látszik, hogy minden modell a valóság valamiféle leképezése, és hogy ennek a leképezésnek szabályai vannak. Amikor a valójában gömbfelület jellegű földfelszínt síkban ábrázoljuk, akkor valamit nem, vagy csak nagyon korlátozottan ábrázolunk a valóságból. Ahhoz, hogy a tanulók ezt az egyszerűsítési logikát és a rész egész kapcsolatát értelmezni legyenek képesek, mindig a lehető legegyszerűbb térképeket kell szemlélniük. Mi a legegyszerűbb? Hát az, ami épp annyit mutat be, amennyit ismerni kell akkor, abban a feladathelyzetben. Például ha az a cél, hogy észrevegyék, hogy valami (pl. a Kelet-európai-síkság) nagyobb, mint a másik (pl. az Alföld) (9.10. ábra), hogy egy táj része a másiknak (pl. a Magas-Tátra a Kárpátoknak).



9.9. ábra. Domborföldgömb (Makádi M. felvétele)



9.10. ábra. Európa térképe az SNI-s gyerekeknek készült atlaszból (forrás: Cartographia)

Régebben sokféle **domborzatmodell-sorozat** készült az iskolai oktatás számára, de többségük már nem beszerezhető. Talán nem is baj, mert arra ösztönzi a tanárokat, hogy a gyerekekkel alkossanak **domborműveket** homokból, sókerámiából, gyurmából, habszivacsból vagy más modellezőanyagból (9.11. ábra). A megértés szempontjából lényeges különbség van a modell szemlélése és elkészítése között. A készítés ugyanis csak úgy lehetséges, ha előtte tiszták a lényeges jellemzők!

A homokasztal használata

A természetföldrajz tanításának klasszikus eszköze a **homokasztal**. Ezen kis léptékben láthatóvá és tanulmányozhatóvá válnak olyan folyamatok, amelyek természetes körülmények között nem vizsgálhatók jól, mert nagyon lassúak, vagy azért, mert átláthatatlanul nagy méretűek, sőt akár mert veszélyesek. Jól modellezhetőek rajta nemcsak



9.11. ábra. Felszínformák felismerése
domborzatmodellen tapintással
(Kőrösi K. felvétele)



9.12. ábra. A víz felszínformáló munká-
jának modellezése homokasztalon
(Makádi M. felvétele)

a felszínformák, hanem pl. a víz vagy a szél felszínre gyakorolt hatásai (vagyis az erózió, illetve a defláció). A szelet legegyszerűbb hajszáritóval „helyettesíteni”. Megvizsgálhatjuk, hogy pl. a szél erősségétől vagy a felszínen lévő növényzet, illetve tereptárgyak (amelyeket persze itt csak mohapárna vagy a homokba beszúrt pálcikák, kartonlapocskák „képviselnek”) helyzetétől és méretétől függően hogyan változik a lehordott talaj vagy kőzet mennyisége. Ha locsolókanából vizet öntünk a homokra, akkor modellezhető, hogy az eső hogyan mossa le a talajt attól függően, hogy mennyi csapadék hullik, vagy milyen meredekre állítottuk a felszínt (9.12. ábra). Ha vékony csőből folytatjuk a vizet a lejtős asztalon lévő homokra, megfigyelhetjük, hogyan alakítja magának az utat a lefolyó víz, miképpen alakítja a felszínformákat, mitől függ, hogy mélyíti a medrét vagy éppenséggel szétterül. Azt is megfigyelhetjük, hogy ha valahol akár csak kicsit is beleavatkozunk a víz folyásába – mondjuk egy nagyobb kavicsot helyezünk az útjába –, teljesen megváltoztathatjuk az egész további sorsát.

A Naprendszer modellezése

A Nap és a Hold, vagy a bolygók és csillagok ezernyi érdekes témát kínálnak. Többek között kérdéseket: „Milyen messze van tőlünk a Nap és a Hold?” „Miért látjuk azokat ugyanakkorának?” Hányszor nagyobb a Jupiter, mint a Föld?” stb. Ezekre és a hasonló kérdésekre – vagy legalábbis azok egy részére – választ adhat egy Naprendszer-modell, amelyet a gyerekekkel együtt tervezünk meg és készítünk el. Az alábbiakban részletesebben foglalkozunk ezzel a modellel, mert egyrészt érdekes és szemléletformáló lehet a gyerekek számára, másrészt ez a példa jól demonstrálja a modelleknek azt a sajátosságát, hogy csak

kiragadott szempontok mentén képezi le a valóságot, és a többi szempontot – a mi megfontolásunk alapján – elhanyagolja. Vagyis szembesülni fogunk azzal, hogy egy (valamilyen szempontból) jó modell néha kénytelen elhanyagolni (vagy torzítani) olyan tényezőket, amelyek pedig más szempontokból fontosak lehetnek.

Nézzük először az adatokat, amelyek alapján a modellt elkészítjük (9.4. táblázat)! Tekintsük most – első lépésként – a modellalkotás fő szempontjának a távolság-adatokat! Keressünk valami olyan használható mérettartományt, ami iskolai körülmények között jól megvalósítható. Egy kézenfekvő megoldás lehet, ha a csillagászati egységekben megadott (tehát a Nap–Föld távolságot egységnek vett) távolságokat méternek értelmezzük. Ebben az esetben ugyanis a „szimbolikus” Naptól a Merkúr 40 cm-re lesz, a Neptunusz pedig 30 m-re. Ezek emberléptékű távolságok, amelyeket a gyerekek is jól érzékelnek, és egy ekkora modell akár még az iskola folyosójának mennyezetére is felszerelhető.

	Naptól távolság (millió km)	Naptól távolság (Föld = 1)	Átmérő (ezer km)	Átmérő (Föld = 1)
Nap	0	0,0	1400,0	109,4
Merkúr	58	0,4	4,9	0,4
Vénusz	108	0,7	12,1	0,9
Föld	150	1,0	12,8	1,0
Mars	228	1,5	6,8	0,5
Jupiter	778	5,2	142,9	11,2
Szturnusz	1429	9,6	120,5	9,5
Uránusz	2870	19,2	51,1	4,0
Neptunusz	4497	30,1	49,5	3,9

9.4. táblázat. A Naprendszer nagybolygóinak főbb adatai

Azonban bajban leszünk a méret tekintetében. Ha ugyanis ezen a modellen a Föld 1 m távolságra van a Naptól, az 150 milliárd-szoros kicsinyítést jelent a valósághoz képest. Ha pedig ugyanilyen arányban kicsinyítjük a modellen a Napot és a bolygókat, akkor a Nap egy kb. 1 cm-es golyó lesz, a Föld csak 0,1 mm-es porszem, és még a legnagyobb bolygó, a Jupiter is csak 1 mm-es sörétszem. Így pedig ez a modell alkalmatlan arra, hogy nézegessük, tanulmányozzuk, hiszen látni sem lehet a folyosó plafonján a porszemméretű bolygómaketteket. Ha tehát a modell mutatja a távolságokat, akkor – emberi léptékben – alkalmatlan arra, hogy a bolygók méretét és azok egymáshoz való viszonyát ábrázolja. A távolság-arányos modell tehát elkerülhetetlenül elhanyagolja – illetve pontatlanul, az arányokat torzítva mutatja – a méretviszonyokat. Mégis érdemes ezt a „méret-torzító” megoldást választanunk, és legfeljebb szavakban utalni arra, hogy pontos méretarány esetén mekkorák lennének a modellen a bolygók.

Ha fordítva gondolkodunk, a távolságok helyett a méretarányokat szeretnénk pontosan érzékeltetni, akkor sem lesz könnyebb dolgunk. Ugyanis a Nap átmérője nagyjából százszor akkora, mint a Földé, tehát ha a Nap a modellen 1 méteres gömb, a Föld még akkor is csak 1 cm-es „üveggolyó”, a Merkúr pedig csak akkora, mint egy meggy. Így pedig egyrészt csak bajosan helyezhető el a modell a folyosó mennyezetén, másrészt a kisebb bolygókat alig lehet látni, és még a Jupiter és a Szaturnusz is kisebbek, mint egy teniszlabda. A tanteremben ez gyümölcsökkel is modellezhető (9.13. ábra).



9.13. ábra. A nagybolygók méretének modellezése gyümölcsökkel (forrás: Ifjú felfedezők atlasza, Stiefel, 2006)

Ha elfogadtuk azt a kikerülhetetlen tényt, hogy egy modell nem képezhet le mindent pontosan a valóságból, és látjuk, hogy ha a Naprendszer modellünkben a távolságok arányosak, akkor a méretek már nem, akkor azt is elfogadhatjuk, hogy a modellünk attól is eltekint, hogy a Napot a bolygókhoz képest méretarányosan jelenítse meg. Jelképezheti akár egy nagy sárga folt is a folyosó falán, és akkor nem érdekes a folt mérete. Ebben az esetben könnyebb dolgunk lesz a bolygók méretezésével, hiszen már csak azt kell eldöntenünk, hogy a bolygók átmérőjét feltüntető két táblázat-oszlop közül valamelyik oszlop számainak valahányszorosát milyen távolság-egységben (mm? cm?) értelmezzük.

Modellek innen-onnan

Bermuda szigete az USA keleti partjaitól (Floridától) nagyjából 1000 km-re van. Az a hiedelem fűződik hozzá, hogy ebben a térségben sok hajó rejtélyes körülmények között tűnik el. Minthogy az Atlanti-óceánnak ez nagyon forgalmas közege, a legvalószínűbb magyarázata ennek az, hogy ez pusztán hiedelem, matróz-mítosz; ekkora gyakorisággal máshol is eltűntek hajók a világtengeren. Nincs kizárva azonban az sem, hogy egyes hajók váratlan eltűnése (elsüllyedése) olyan okokkal magyarázható, amelyekre sokáig nem volt magyarázat, de mostanra megszülettek az elfogadható – és távolról sem misztikus, hanem tudományos – feltételezések. Ezek közül talán a leginkább valószínű – de mindenesetre egyszerű eszközökkel is jól bemutatható – hipotézis az, hogy az óceán fenekéről időnként feláramló, óriási mennyiségű gázbuborékok okozhatták hajók elsüllyedését.

A Bermuda-háromszög rejtélye

Modellezéséhez először el kell készítenünk egy viszonylag egyszerű eszközt.

- Vágjuk le egy műanyag palack alját!
- A palack kupakjába ragasszunk be egy 40-50 cm-es (hajlékony!) műanyag csövet úgy, hogy az egyik vége csak 1-2 cm-re legyen a kupak belső oldalától!
- Csavarjuk rá a kupakot a palackra, és fordítsuk a nyitott végét fölfelé!
- Töltsük meg a palackot vízzel kb. kétharmadáig, de közben a műanyag csövet hajlítsuk fölfelé!
- Dobjunk egy keményfából készült fagolyót a vízre (amely természetesen úszni fog a vízben)!
- Vegyünk nagy levegőt, és fújjunk be a csövön keresztül a palackba!
- Figyeljük meg, hogy a palackban a sok-sok feláramló levegőbuborék hatására változik-e a hajómodell helyzete!

Magyarázat: A fa azért úszik a vízben, mert kisebb a sűrűsége, mint a vízé (vagyis ha benyomjuk a víz alá, akkor nagyobb felhajtó erő hat rá, mint amennyi a rá ható nehézségi erő). Ha a sok feláramló buborék körülveszi a fagolyót, akkor ebben a helyzetben a golyó nagyrészt nem vizet szorít ki, hanem levegőt. Némi egyszerűsítéssel azt mondhatjuk, hogy most nem vízben van, hanem víz és levegő keverékében, melynek kisebb az átlag-sűrűsége, mint a vízé, sőt mint a fáé. Így csökken a rá ható felhajtó erő, ezért süllyedni kezd. A mi fagolyónk persze visszajön a víz tetejére, ha abbahagyjuk a buborékolatást, de egy igazi hajó ilyenkor telemegy vízzel, és végleg elsüllyed.

A ragadozó emlősök fogtípusának modellezése

Modellezzük egy radíron a ceruza hegyes és tompa végével, hogy miképpen működik egy ragadozó állat szemfoga és a növényevők nagyfelületű, lapos rágófoga!

A radírba való benyomódás mértéke jól mutatja, hogy mi a biológiai funkciója az egyik és másik fogfajtának.

Minden ilyen vizsgálatnál célszerű felhívni a gyerekek figyelmét arra, hogy ez „csak” egy modell, s hogy benne mi mit „helyettesít” a természeti valósághoz képest.

A madarak repülésmódjának modellezése

- Hajtogassanak a tanulók papírból különböző típusú repülőket, és próbálgassák ki, hogy melyik siklik simán, melyik repül „bukdácsolva”, melyik tud gyorsan száguldani, és melyik nem „viseli el”, ha erővel dobják stb.!
- Ha alaposan elemezzük a tapasztaltakat, fontos következtetéseket vonhatunk le arra vonatkozóan, hogy a különböző madaraknak (ragadozók, kistestű madarak, vitorlázva repülők stb.) miért éppen olyan a szárnya, amilyen.
- Változtassanak a gyerekek a papírmodelleken, és próbálják meg megfogalmazni, hogy az új modell repülési tulajdonságai mennyiben fognak eltérni a korábbitól, hogyan fognak megváltozni!

Molnárka (molnárpoloska) a neve annak a szinte minden tóban, patakszálen látható vízi poloskafélének, amely a víz felületi feszültségét kihasználva a vízfelületre támaszkodik 4 lábával (az elülső pár lábát fogónak használja), s lendületesen „korcsolyázik” a víz felületi hártyáján. Ragadozó állat, a vízfelületre kerülő, nálánál is kisebb rovarokra vadászik. Számára létfontosságú, hogy a víz felületi feszültsége ne csökkenjen.

A molnárka esete a felületi feszültséggel

- Tegyük egy tisztára öblített pohárba annyi csapvizet, hogy a vízfelszín egy ujjnyira legyen a pohár peremétől! A vízszintnek csak az a jelentősége, hogy jól lehessen látni majd a víz felszínén történő dolgokat.
- Két gemkapocs közül az egyiket hajlítsuk szét L-formára! Ez lesz a segédeszközünk.
- Fogjuk meg az L-gemkapocs függőleges ágát, és fektessük rá keresztbe a másikat!
- Óvatosan süllyesszük a segédeszközünket a vízfelszín alá!
- Ha sikerül az akció, akkor a vízszintesen lévő gemkapocs fent marad a víz felszínén, s a segédeszköz oldalsó irányban ki tudjuk húzni alóla. Ha nem sikerült, akkor próbálkozzunk újra, de feltétlenül olyan gemkapoccsal, amelyik tökéletesen száraz!
- Figyeljük meg oldalról nézve, hogy a gemkapocs (amelynek – vasból lévén – közel nyolcszor akkora a sűrűsége, mint a vízé!) miképpen nyomja lejjebb a vízfelszínt anélkül, hogy átszakítaná azt!
- Mosogatófolyadékot óvatosan (nem rázva, mert akkor habos lesz) hígítsunk fel ugyanannyi vízzel, s ebből cseppentsünk egy cseppet (vagy kettőt) az „úszó” gemkapocs mellé, attól 2-3 cm-nyire!
- Figyeljük meg, hogy mi történik a gemkapoccsal! (1. arrébb megy a becseppentés helyétől; 2. elsüllyed, mert a detergens egyrészt „szétterjedt” a vízfelszínen, másrészt ennek révén csökkentette a felületi feszültséget)

A vulkáni működést, vulkánkitörést csak a látvány szintjén tudjuk kémiaiilag modellezni a vulkánkitörést, ennek ellenére is tanulságos lehet.

Mi látható a vulkán kitörésekor?

- Vasháromlábba tegyük agyagos dróthálót, és szórjunk arra 2-3 kanálnyi ammónium-dikromátot!
- Melegítsük az anyagot Bunsen-égővel, de csak addig, amíg izzani és szikrázni nem kezd!
- Figyeljük meg az élénk szikrázást és a vulkánkitöréshez hasonló jelenséget!

A kiindulási narancsvörös kristályos anyagból piszkos zöld, porszerű anyag (Cr_2O_3) képződik. A hő okozta bomlás közben nitrogén-gáz is keletkezik; az „fújja föl” a keletkező port.

A rendszer szimulációja

A **szimuláció** hasonlít a modellezéshez, ez is leképezés: egy rendszer leképezése egy másik, egyszerűbb rendszerré. Azt is mondhatjuk, hogy a szimuláció egy működő modell, aminek lényege, hogy az új rendszer minél pontosabban mutassa – vagy legalábbis érzékeltesse – az eredetinek a működését. Egy életközösség tanulmányozása előtt (vagy után) játsszuk el az élőlények egymással való kapcsolatát!

Ki kit eszik meg? – fonalas szimulációs játék

1. A gyerekek körben állnak. A tanár egy gombolyaggal a kezében megy egyik gyerektől a másikhoz, és tovább egy másikhoz...
2. Fogd meg ennek a gombolyagnak a végét, és mondj egy növényt, amely él ezen a környéken! (pl. ibolya) Ne engedd el a madzagot a játék végéig!
3. (A tanár egy másik gyerekhez megy) Fogd meg itt a madzagot és mondj egy állatot, amelyik megeheti az ibolyát! (pl. nyúl)
4. (A következőhöz) Fogd meg itt a fonalat, s mondj egy állatot, amelyik megeheti a nyulat! stb...

Beépíthetjük a játékba a fákat, de még a napfényt, a vizet, a talajt (vagyis az élettelen környezet tényezőit) is. Ebben az esetben már nem is egy életközösség, hanem egy

ökoszisztéma rendszerét modellezzük. Mindegyik gyerek kapjon „szerepet”, azaz képviselje az erdő valamely élő vagy élettelen „szereplőjét”, és a neve legyen egy papírlapon a mellére tűzve (nagy méretű betűkkel írva, hogy a körben minden gyerek lássa, hogy ki kit képvisel a játékban)!

Egymás hálójában – a fonalas szimulációs játék folytatása

1. Egy gyereknek – találomra – odaadja a tanár a gombolyagot.
2. Ő (megmarkolva a madzag végét) keres a körben egy olyan „szereplőt”, akivel bármilyen kapcsolatban van [pl. ha az első gyerek az „ibolya”, akkor választhatja pl. az „esőt”], meg is fogalmazza a kapcsolat lényegét egy-két szóban [pl.: „az eső öntöz meg engem”]. Ezután odadobja neki a gombolyagot.
3. Ez a gyerek (megmarkolva a fonalat úgy, hogy az első gyerek és ő közte a fonal nagyjából feszes legyen) az előző módon továbbdobja a gombolyagot egy következő „szereplőnek”.
4. És így tovább, amíg végül minden gyerek bekerült a hálózatba.
5. Gazdagíthatjuk a játék tanulságát, ha a végén ezzel folytatjuk (miközben minden gyerek erősen markolja a madzagot): Tűz pusztított az erdőben, és ez a fa elpusztult. (A gyerekhez:) Te fekjüdj le, de úgy, hogy nem ereszted el a fonalat!

Tapasztalat: a hálózat minden pontján érezni lehet a fonal feszülésén, húzódásán, hogy valami megváltozott. Ezzel szimuláltuk, hogy egy ökoszisztémában minden mindennel összefügg, a tápláléklánc, az anyag- és energiafolyamatok révén semmi sem lehet független az egésztől.

A szimuláció ma már klasszikus eszköze a számítógép. Számítógépes programmal igen bonyolult, sok-tényezős folyamatokat is tudunk szimulálni. Például azt, hogy egy adott helyen hogyan változik az időben a rókák, a nyulak és a fű mennyisége (ezek ugyanis kölcsönösen befolyásolják egymást) (pl. <http://www.pearltrees.com/gnadori/taplalkozasi-halok/id7939135#item75701692ást>). Vagy azt, hogy hogyan mozognak a látogatók egy múzeumban, ha kevesen, többen, még többen vannak, s lassan, gyorsabban, még gyorsabban mozognak. Tanulságos számítógépes szimuláció az ún. „Százszorszép-világ” (angolul „Daisy-world”). Azt modellezi, hogy a Föld és a rajta lévő élővilág miképpen tudja szabályozni, kiegyenlíteni önmaga átlag-hőmérsékletét. Ld. az *Ökológiai szemlélet* c. fejezetet, és az ott megadott honlapot!

Hallgatói kérdések és feladatok

1. Vizsgáljon meg különféle a természetismeret tanulásában használt modelleket! Listázza, hogy ami helyett van, annak mely tulajdonságait képezi le és melyeket nem!
2. Játsszon el a gondolattal, hogy hová vezet az, ha például egy vitorlázó repülőgép modellje mindig eggyel-eggyel több szempontnak felel meg!
3. Tervezzen osztályteremben játszható szimulációs játékot!
4. Keressen olyan webhelyeket, ahol a természetismert tanításában alkalmazható szimulációk találhatók! Készítsen forrásjegyzéket azokból!

A fejezetben felhasznált és ajánlott irodalom

1. *Anderson, R. D. (2006): Inquiry as an Organising Theme for Science Curricula.* In: Abell, S. – Lederman, N. (szerk.): Handbook on Research on Science Education. Erbaum, pp. 807–830.
2. *Arató F. – Varga A. (2012): Együtt tanulók kézikönyve.* Mozaik Kiadó, Szeged, 167 p.
3. *Bánkúti Zs. – Csorba L. (szerk.) (2011): Átmenet a tantárgyak között. A természettudományos tantárgyak megújításának lehetőségei.* OFI, Budapest, pp. 23–31., 67–80., 81–108.
4. *Bruner, J. (1961): The act of discovery.* In: Harvard Educational Review, 31.1. pp. 21–32.
5. *Chi, M.–Slotta, J. D.–deLeeuw, N. (1994): From Things to Process: A Theory of Conceptual Changes for Learning Science Concepts.* Learning and Instruction. 4. pp. 27–43.
6. *Csányi V. (1982): Szempontok a megismerés elméletének természettudományos megfogalmazásához.* Magyar Filozófiai Szemle, 1982/4
7. *Csapó B. – Szabó G. (2011) (szerk.): Tartalmi keretek a természettudomány diagnosztikus értékeléséhez.* Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, pp. 179–311.
8. *Csirmaz M. – Mayer Á. – Radnóti K. (2006): Projektpedagógia az integráció szolgálatában. Képzési csomag a pedagógusképző felsőoktatási intézmények számára.* SuliNova Kht., Budapest, 28 p.
9. *Farsang A. (2014): Földrajzi kísérletek és modellek.* GeoLitera, Szeged, 140 p.
10. *Fűzné Kószó M. (1997): Élményközpontú módszerek a biológia tanításában.* In: A Biológia Tanítása, Mozaik Kiadó, Szeged, V. évf., március, pp. 27–30.
11. *Ginnis, P. (2007): Tanítási és tanulási receptkönyv. Az izgalmas és élvezetes tanulás eszközei.* Alexandra Kiadó, Pécs, 374 p.
12. *Hegedűs G. (1998, 2002): Projektpedagógia. I-II. Kecskeméti Főiskola Tanítóképző Főiskolai Kar, Kecskemét*
13. *Hegedűs G. – Lesku K. (2004): Projektpedagógia. III. Kecskeméti Főiskola Tanítóképző Főiskolai Kar, Kecskemét*
14. *Hortobágyi K. (2002): Projektkézikönyv. ALTERN füzetek 10. Iskolafejlesztési Alapítvány, Budapest, 200 p.*
15. *Hortobágyi K. (2003): Projekt kézikönyv. Iskolafejlesztési Alapítvány, Budapest, 199 p.*
16. *Hubbard, R. L. (2012): A tanulás alapvető kézikönyve.* New Era Publications International ApS, Glostrup, pp. 131–199.
17. *Lane, J. L. (2007): Inquiry-based Learning.* www.schreyerunstitute.psu.edu
18. *Lehoczy J. (1999): Iskola a természetben avagy A környezeti nevelés gyakorlata.* Raabe Klett Könyvkiadó, Budapest, 105-145. pp.
19. *Lundvall, B. – Johnson, B. (1994): The Learning Economy.* In: Journal of Industry Studies, Vol. 1, No. 2, december, pp. 23–42.
20. *Makádi M. (2005): Földönjáró 2. Módszertani kézikönyv gyakorló földrajztanárok és hallgatók részére.* Stiefel Eurocart Kft, Budapest, 118–125., 131–141. pp.
21. *Makádi M. (szerk. 2013): Vizsgálati és bemutatási gyakorlatok a földrajztanításban.* ELTE-Prompt, Budapest, 375. p. <http://elte.prompt.hu/sites/default/files/tananyagok/VizsgalatiEsBemutatasiGyakorlatokAFoldrajztanitasban/index.html>
22. *Molnár Gy. (2005): A probléma-alapú tanítás. Iskolakultúra. 15. évf. 10. pp. 31– 44.*
23. *Nagy J. (1995): Pedagógia: a harmadik paradigmaváltás küszöbén?* In: Iskolakultúra, 5. 6-7. pp. 2–6.
24. *Nagy J. (2000): A kritikus kognitív készségek és képességek kritériumorientált fejlesztése.* In: Pedagógiai Szemle, 50. 7-8. pp. 255–267.
25. *Nagy J. (2010): Új pedagógiai kultúra.* Mozaik Kiadó, Szeged, pp. 6–65.
26. *Nagyné (2010): A kutatásalapú tanulás/tanítás ('inquiry-based learning/teaching', IBL) és a természettudományok tanítása.* In: Iskolakultúra, 20. pp. 12., 31–51.
27. *Nádasi A.: Modellek a természettudományos jelenségek és fogalmak szemléltetéséhez.* <http://olvasas.opkm.hu/index.php?menuId=125&action=article&id=715>
28. *Radnóti K. (szerk., 2008): A projektpedagógia, mint az integrált nevelés egy lehetséges eszköze.* Educatio. Budapest., pp. 23–62.
29. *Szűcs E. (1994): Rendszer és modell.* Tankönyvkiadó, Budapest
30. *Szűcs E.: A modellezés elmélete és gyakorlata.* <http://web.tonline.hu/eszucs7/modell/Modell.htm>
31. *Victor A. (2006): Projektpedagógia – természetpedagógia.* In: Lesku K.: Projektpedagógia – Projektmódszer VI. Kecskeméti Főiskola Tanítóképző Kar, Kecskemét, pp. 93–98.

10. fejezet

A tanítási-tanulási folyamat tervezése és értékelése



10.1. Tanári felkészülés a természetismeret tanítására

Írta: dr. Makádi Mariann

Kulcsszavak: helyi tantervkészítés, óravázlat, tanmenet, tanítási tervezet, tantárgyi programkészítés, tematikus tervezés

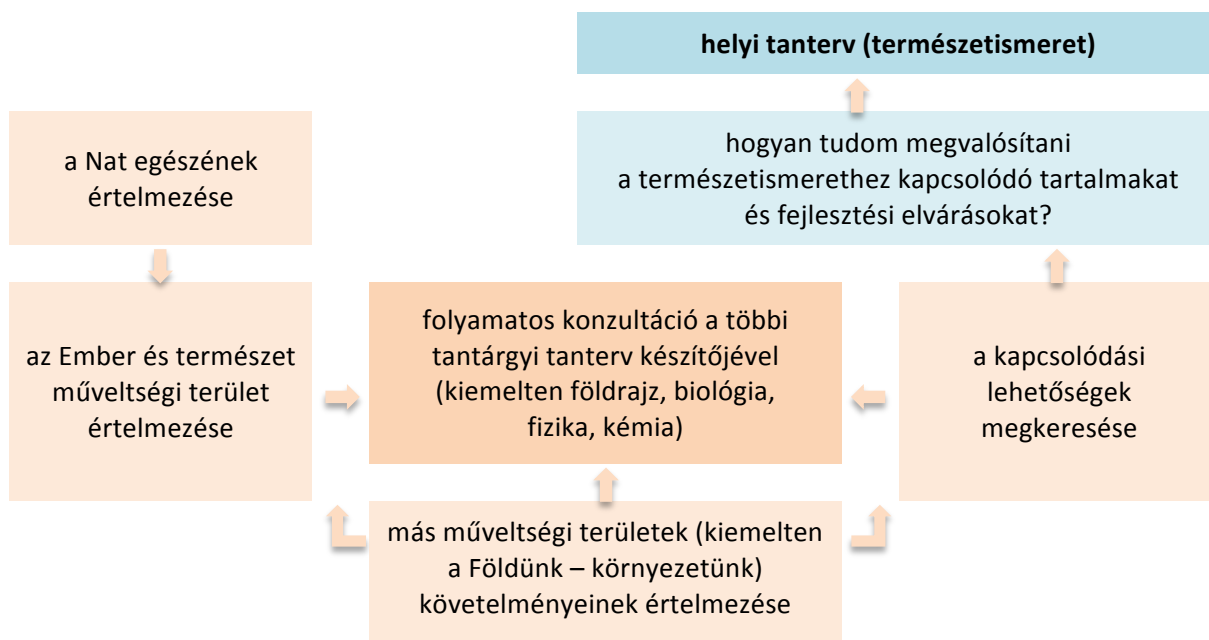
Mivel a tanári munka nagy felelősséggel jár, az arra való felkészülés nemcsak az egyetemi, főiskolai évek alatt történik, hanem egész életen át. Természetesen mást jelent a tanári pálya elején, mint később, hiszen akkor az elméletben elsajátított és a tanítási gyakorlatokon kialakult elképzeléseket kell rendszerré teremteni, immár saját felelősséggel felépíteni. Ezen túl azonban minden tanév elején a tanárnak újra kell gondolnia és terveznie az egész tanítási folyamatot az előző évi tapasztalatok alapján és azért, mert mindig más tanulócsoporttal folyik a munka. A természetismeret tanításában külön átgondolást igényel, hogy az alsó tagozatból a felső tagozatba lépő gyerekek alapkészségeinek szintje, motivációja, képzeletvilága és érdeklődése milyen tanári attitűdöt kíván. Mivel a természetismeret tananyaga markánsan elkülönülő témakörökre tagolódik, az egyes nagyobb egységek előtt is át kell gondolni az ott legcélravezetőbb módszereket, meg kell tervezni a tanítási-tanulási folyamatot. Különösen fontos, hogy a tanulók kevésbé érzékeljék a témakörök különbözőségét, hanem ellenkezőleg, a szemléleti és a metodikai egységességben a folytatólagosságot érzékeljék, hiszen **a természettudományok egységét** közvetíti számukra a természetismeret tanár. Eredményes folyamat csak akkor várható, ha a tervezési szintek (10.1. ábra) szervesen épülnek egymásra, mindegyik szint feltételezi az előzőt és a következőt, valamint a meglévő, erősen eltérő tanulói tudás továbbfejlesztésének igényét.



10.1. ábra. A tanításra való felkészülés logikai egységei (Makádi M.)

10.1.1. A helyi tanterv és a tantárgyi program összeállítása

A háromszintű tantervi szabályozás értelmében az intézmények nevelőtestületének kell elkészítenie az iskolai pedagógiai programot, és benne a helyi tantervet (10.2. ábra), illetve a természetismeret tantárgyi programot egyfelől a Nemzeti alaptanterv és a kerettanterv, másfelől a helyi adottságok figyelembe vételével (10.3. ábra). Ily módon minden természetismeret tanár közvetlenül részese tanítványai oktatási és fejlesztési programja kidolgozásának, ami nagy felelősséggel jár. A **helyi tanterv**alkotást a tanárok többsége soha nem tanulta, ezért gyakran automatikusan átveszik a kerettantervben vagy a tankönyvben alkalmazott tananyag-elrendezést, így tulajdonképpen nem is helyi tantervet készítenek. Bátrabban kellene élni a helyi adottságokra, saját tanítási koncepcióra épülő tananyag-feldolgozás lehetőségével. Sokévnnyi, következetes munkával készül működőképes helyi tanterv és tantárgyi program, amely egyaránt megfelel a szaktudományos és a módszertani elvárásoknak, illetve a társadalmi igényekre épülő kompetencia-követelményeknek. Csak több év után derülnek ki az erényei és a hibái, miközben a tanulók (és esetleg a megvalósítására hivatott tanárok is) kicserélődnek az adott iskolában, így a működés feltételei folyton változnak. Ezen túlmenően a tantervek beválását állandóan ellenőrizni kell, a dokumentum folyamatos, a tapasztalatokra épülő módosítást igényel.



10.2. ábra. A helyi tanterv kialakításának folyamata a természetismeret tanár szemszögéből (Makádi)

A **tantárgyi program** elvileg könnyen **összeállítható** a tantárgy alapvető célkitűzéseinek, filozófiájának, módszertani igényeinek és lehetőségeinek ismeretében. Csakhogy a természetismeret több tudományág ismeretanyagából merít (integrált jellegű tantárgy), és sok szálon kapcsolódik össze a többi tantárggyal, továbbá az iskolai élet tantárgyakon átívelő fejlesztési és nevelési feladataival. Ezért az azokkal való összehangolás a természetismeret

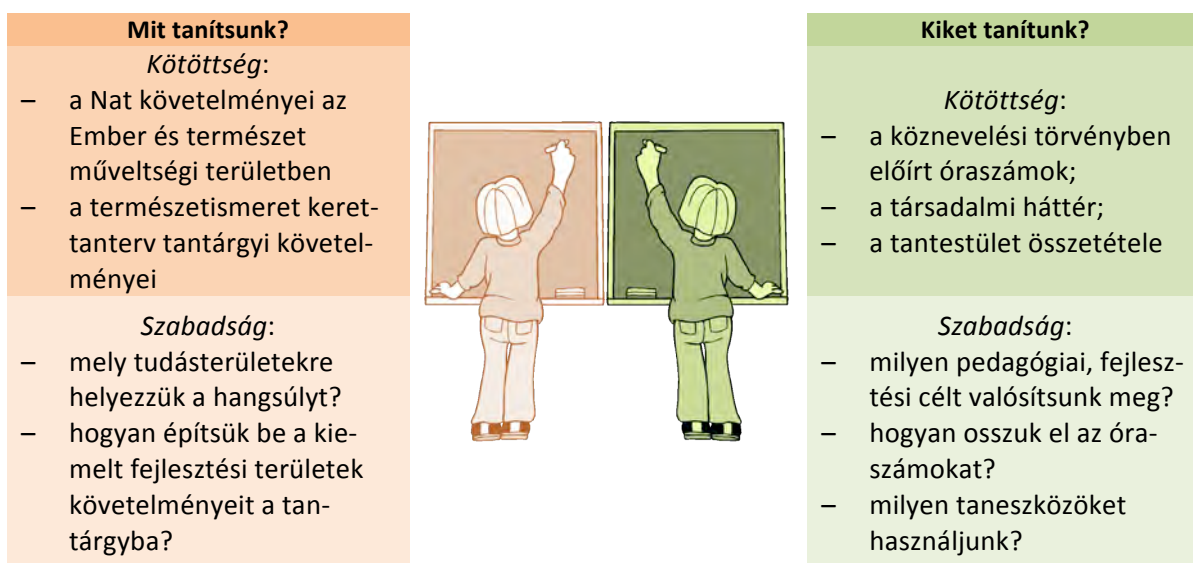
tantárgyi program készítőjének a feladata. A helyi tanterv- és programkészítés rendkívül hasznos a szaktanár számára, mert az általános iskolai munkának nemcsak a természetismeretre vonatkozó két éves szakaszát ismeri meg, hanem közben a természettudományok tanításának, tanulásának teljes folyamatát (a környezetismerettől az általános iskolai földrajz-, biológia-, fizika- és kémia tanításig), és a tantárgynak a többi tantárggyal, az iskolai munka egészével való kapcsolatát is át kell gondolnia. Átlátja, hogy honnan hová kell eljutniuk a tanulóknak, és felismeri a saját helyét, szerepét a tudásközvetítési folyamatban.

Helyi tanterv	
Óraszámok a tantárgyi hálóban Évfolyam – évi óraszám – heti óraszám – témakörök óraszám Főbb témakörök és követelményeik Szükséges taneszközök	
↓	
Természetismeret tantárgyi program	
Tagolása – Természetismeret → 5/6. évfolyam tantárgyi szakasz → témakör	
Az egyes tematikus egységek (témakörök) tartalma	
Időbeli ütemezés	– Időigény (óraszám) – A kezdés és a befejezés (időszak)
Célok	– Szaktudományos célok (tartalmi kimenet) – tartalom, szemlélet – Fejlesztési célok (kézségi és kompetencia kimenet) – Nevelési célok
Követelmények	– Új fogalmak felsorolása – Új folyamatok felsorolása – Új összefüggések felsorolása – Elvárható új képesség-összetevők felsorolása – Tanulói tevékenységek
Tartalom	– A tényleges tartalom felsorolása – A tanórán kívüli feladatok és tevékenységek – Tervezett munkamódszerek
Ellenőrzés, értékelés	Az ellenőrzés és az értékelés céljai, módjai és gyakorisága
Feltételek	– A tankönyvválasztás szempontjai (pl. magyarázó jellegű, gazdag ábraanyagot tartalmazó tankönyv és munkafüzet, földrajzi atlasz) – Szemléltető eszközök felsorolása – Egyéb (pl. labor, szoftver, könyvtár, modellkészlet)
Tanári feladatok	Feladatkijelölések ütemezéssel (pl. a megfigyelési vagy a projektfeladat kiadása)

10.1. táblázat. Mit tartalmazzon a természetismeret tantárgyi program? (Makádi M.)

A tanítási-tanulási program összeállításához szükséges a rendelkezésre álló taneszközök ismerete, hiszen azok támogatásával folyik az iskolai munka. A rendszerváltozást követő években kibontakozó **tankönyvpiac** széles választékát nyújtotta az egyes tantárgyak tanítási-tanulási folyamatában felhasználható tankönyveknek. A nyomtatott taneszközök (tankönyvek, munkafüzetek, atlaszok stb.) kiválasztását a köznevelési törvény a szaktanárok feladatává és felelősségévé tette. Már a helyi tantervek elkészítésekor döntenie kell a

tantestületnek arról, hogy mely elvek alapján választanak tankönyveket a különböző tantárgyakhoz, de az egyes tanévekben használandó nyomtatott taneszközöket csak a megelőző tanév tavaszán kell kiválasztani az oktatási kormányzat által a **tankönyvrendelet (17/2014. (III. 12.) EMMI rendelet)** által közzétett **tankönyvjegyzékből**. Mivel a tankönyvjegyzék csak kevés információt nyújt (kiadója, szerzője, címe, terjedelme, ára), megrendelés előtt ajánlatos alaposabban tájékozódni azokról. A tartalomjegyzék átfutása csak arra elegendő, hogy lássa a szaktanár a témakörökre, tananyagokra tagolást. Ahhoz azonban, hogy megállapíthassa, összeegyeztethető-e a természetismeret tantárgyról való gondolkodásával, logikájával, feldolgozottságának módja a metodikai elképzeléseivel, át kell olvasnia. Ugyanezt kell tennie a többi nyomtatott taneszközzel is, hiszen azok használatának beépülése a tanítási-tanulási folyamatba ugyanolyan fontos, mint a tankönyveké.



10.3. ábra. Kötöttségek és szabadságok a helyi tanterv kialakításában (Makádi M. 2004 alapján)

10.1.2. Felkészülés a tanítási folyamatra

Természetismeret tanmenet készítése

A tantárgyi program alapvetően meghatározza, hogy a tanár mit és hogyan tegyen az egyes évfolyamokon annak érdekében, hogy az iskola pedagógiai programjában megfogalmazott célok megvalósulhassanak. Ez azonban még nem készíti elő megfelelően a tanítási folyamatot, azt részletesen meg kell tervezni, azaz munkatervet kell készíteni. Erre szolgál a **tanmenet**, ami alapvetően egy **előrehaladási ütemterv**, felsorolja, hogy az egymást követő tanítási órákon mivel foglalkoznak valamely tartalmi és fejlesztési feladatok elérése okán, illetve mely módszertani eszközökkel, technikai feltételekkel. A tanmenetet a szaktanár állítja össze minden tanév elején (szokás szerint szeptember közepéig) a tantervi program, a

tanulócsoportok összetétele és az aktualitások (például a tanév kiemelt feladatai, évfordulói, akciói az iskolában) alapján, és az az intézményvezető aláírása után kötelezően betartandó dokumentummá válik. Készítését segíthetik a tankönyvkiadók tankönyvcsaládokhoz készült tanmenetjavaslatai, ezek azonban változatlan tartalommal nem használhatók, hiszen általános feltételekre készültek. A tanmenet ajánlott felépítését a 10.2–10.3. táblázat tartalmazza.

Természetismeret tanmenet a ... évfolyam számára				
Évi órakeret: ... óra; heti óraszám: ... óra				
Témakör	Órakeret	Új ismeret feldolgozása	Gyakorlás, fejlesztés	Összefoglalás, ellenőrzés
...	... óra	... óra	... óra	... óra
Összesen:	... óra	... óra	... óra	... óra
Általános fejlesztési követelmények: ...				
A tantárgy tartalmi céljai és az ezekből következő feladatai: ...				
A tantárgy képzési, fejlesztési céljai és az ezekből következő feladatai: ...				

10.2. táblázat. A természetismeret tanmenet ajánlott felépítése (általános rész)

Témakör: ...					
Időkeret	Új ismeretet feldolgozó óra: ... óra	Fejlesztő, gyakorló óra: ... óra	Összefoglaló óra: óra	Ellenőrző óra: ... óra	Egyéb óra: ... óra
A témakör céljai					
Oktatási célok: ...		Képzési-fejlesztési célok: ...		Nevelési célok: ...	
A témakör feladatai					
Oktatási feladatok: ...		Képzési-fejlesztési feladatok: ...		Nevelési feladatok: ...	
Tanulási folyamat					
Megelőző tudás: mit tudnak már? (környezet- és természetismeret)			Ráépülő tudás: mi lesz a folytatása? (természetismeretben, biológiában, fizikában, földrajzban, kémiában)		
Tanulási technikák, módszerek: ...					
Ellenőrzési célterületek: ...			Ellenőrzési módszerek: ...		
Ellenőrzés gyakorisága, időpontja: ...			Értékelési módszerek: ...		
Óra ssz.	Tananyag	Óratípus	Fogalmak	Folyamatok	Össze- függések
1.	...	...	...	...	...
Tevékenységek				Munka- és szemléltető eszközök	
tanulói		tanári			
...		...			

10.3. táblázat. A természetismeret tanmenet ajánlott felépítése (tematikus rész) (Makádi M. 2015)

Az éves tanítási-tanulási folyamatra rendszerint szeptember elején készülnek fel a tanárok, ami magában rejti annak lehetőségét, hogy a hónapok során a terv és a valóság egyre távolabb kerül egymástól, hiszen az órai munkát a kezdő tanárok az elképzelt, a több éves tapasztalattal rendelkezők az átlagos tanulókra „szabják”. Ha a tanár tanít és nem „leadja az

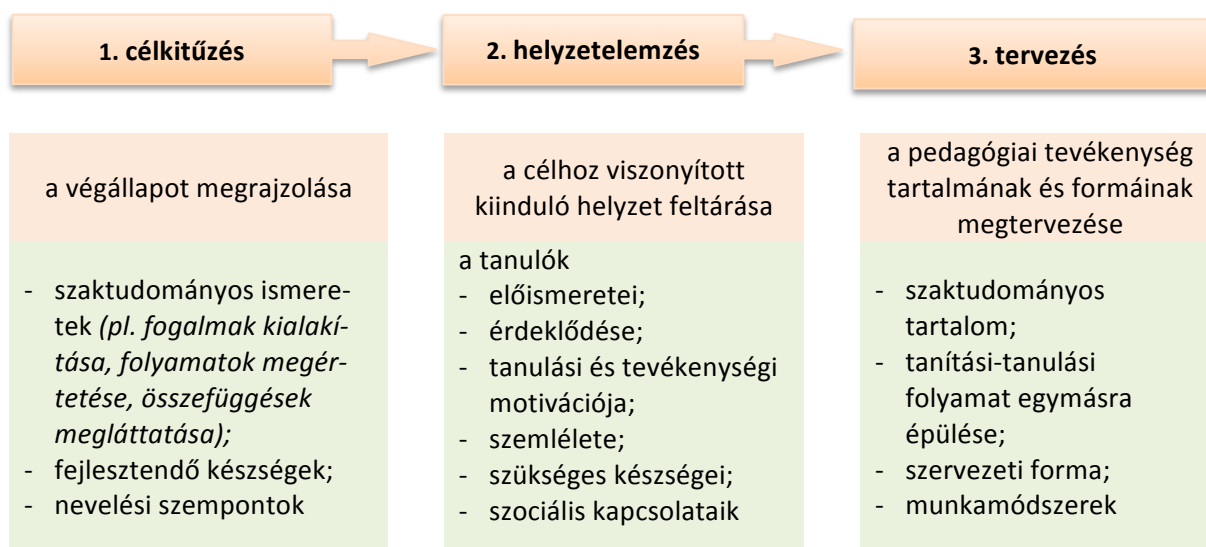
anyagot”, ha a gyerekek tevékenységek által szerzik a tudást, nem pedig csak „befogadják” a tényeket, valószínűleg az egy-egy évfolyam párhuzamos osztályaiban sem lehet azonos módon, ütemben haladni a tanév során. Ezért az iskolák egy része a hagyományos tanmenetet valóban csak mint ütemtervet használja (a tantárgyi program amúgy is részletesen kifejti a pedagógiai tennivalókat), és a tanmenetvázlat a tanév során fokozatosan töltik meg tartalommal. A tervezésben témakörönként haladnak előre, mindig a következő nagy téma anyagát dolgozzák fel. Az így készülő tematikus terv felépítése hasonlíthat a tanmenetéhez, de táblázatának oszlopait célszerű kiegészíteni (például a belső és külső koncentrációs kapcsolatok leírásával és a megjegyzés rovattal). A **tematikus tervezés** során a tanárok figyelembe vehetik, hogy az egyes osztályok tanulói miben haladtak az elképzelésnek megfelelően, mit kell megerősíteni, esetleg újra feldolgozni más módszerrel, vagy hol lehet gyorsabban haladni. Az ilyen tervezés nemcsak céltudatosabb lehet, hanem segít abban is, hogy a tanárok ne csak óráról órára lássák maguk előtt a tananyagot, hanem egy-egy nagyobb logikai egységet együtt kezeljenek (ez különösen a pályakezdő tanárok esetében előnyös). Természetesen a következő tanévben újrakezdődik a tematikus tervezés folyamata. Az előző évi tematikus tervek lemásolása értelmetlen még abban az esetben is, ha azok jól beváltak. A tanév tanítási-tanulási folyamatát minden évben újra és újra végig kell gondolni az előzmények ismeretében, és az alapján elkészíteni az aktuális természetismeret tanmenetet vagy tematikus terveket.

A természetismeret óra megtervezése

Az egész tanév teendőinek áttekintése és megtervezése csak az egyik alapfeltétele az eredményes tanítási-tanulási folyamatnak, hiszen a hétköznapi életben egymást érik a tanítási órák. Ezek azonban nem egyszerűen csak követik egymást, mint ahogyan a tanmenetben vagy a tematikus tervben megtervezte a tanár a tanév elején. Mindegyik óra egy-egy láncszeme egy egységes folyamatnak, amely kapcsolódik az előző órákhoz, figyelembe veszi az azokon elért tartalmi és készségfejlesztési eredményeket, a tapasztalt hiányosságokat, és előkészíti a következő órák eseményeit. Ezért a tanárnak minden óra előtt döntenie kell arról, hogy minek és hogyan kell történnie ahhoz, hogy oktatási, képzési és nevelési céljai teljesüljenek. Annak ellenére, hogy elvileg nagy szabadsággal rendelkezik, tényleges lehetőségei szűkre szabottak, ugyanis mindig az adott körülmények (például téma, cél, időpont, a tanulók mentális és pszichés „állapota”, készség szintje) között a legjobb eredményt biztosító, legcélravezetőbb eljárásokat, módszereket, eszközöket kell kiválasztania. Ebből következik, hogy az aktuális órára nem lehet a lyukasórán vagy az órák közötti szünetben felkészülni. Legjobb, ha közvetlenül a megelőző óra után történik, hiszen akkor még elevenen élnek a tanárban a tapasztalatok. Ha erre nincs mód, akkor legalább egy nappal az órát megelőzően kell rá időt szakítani, hogy beérjenek a gondolatok, az elképzelések, legyen idő az eszközök előkészítésére és a szervezésre is. Az egyes órákra való felkészülés még akkor sem hagyható el, amikor a tanár már sokéves tapasztalattal rendelkezik, hiszen a helyzet mindig más, minden óra új kihívás, mindegyik sajátos feladatok

elé állítja. Mi mindent célszerű végiggondolni a tartalmi és módszertani szempontból egyaránt jó és hatékony természetismeret óra érdekében (10.4. ábra)?

- a. **Az óra konkrét tananyaga** – A tanítási egység (téma) pontos megfogalmazásán túl magában foglalja a tanmenetben vagy a tematikus tervben felsorolt követelmények átgondolását és felülvizsgálatát az előzmények ismeretében. Ehhez a követő órák tartalmát is át kell nézni, hogy minden fogalom, tény, folyamat és összefüggés valóban a legmegfelelőbb helyen és időben kerüljön feldolgozásra, rögzítésre, mélyítésre. Ez egyáltalán nem biztos, hogy megegyezik a tankönyvi sorrenddel!



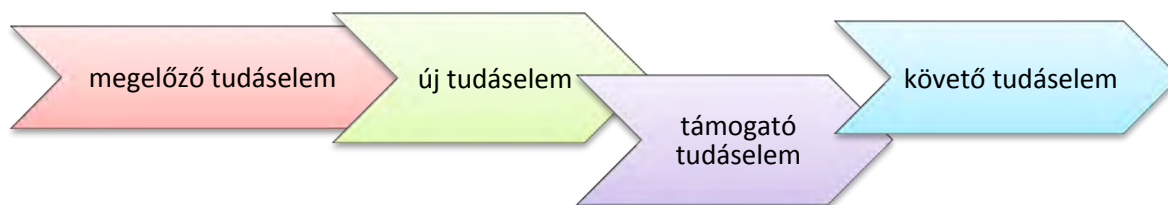
10.4. ábra. A tanítás órára való felkészülés logikája (Makádi M.)

- b. **Az óra céljai és feladatai** – A tanmenetben és a tematikus tervben a tantárgy egész évfolyamára, a témakörökre megfogalmazott oktatási, képzési-fejlesztési, nevelési célok és feladatok órára való lebontása az egyes órákra való felkészülés során történik. Nem az órához kapcsolható célokat és feladatokat kell görcsösen keresni, hanem épp fordítva: azt kell végiggondolni, hogy a téma miként szolgálhatja a természetismeret tanítás egészére megfogalmazott célok valamelyikét.
- c. **Az új tudásszerzést megelőző helyzet elemzése** – Minden új tudáselemet (ismeretet és készséget) csak a már meglévő elemre szabad építeni, a stabil alap nélküli rendszer előbb-utóbb összeomlik. Ezért elengedhetetlen nemcsak annak végiggondolása, hogy mit tanított már a tanár az előző hetekben, hónapokban, esetleg mivel foglalkoztak már évekkorábban a környezetismeret órákon, hanem pontos képpel kell rendelkeznie a tanulók aktuális tudásszintjéről (előzetes ismereteikről és képzetekről, szükséges készségeikről) is, hogy az új tudás könnyebben felépülhessen és szervesen illeszkedhessen az előzményekhez.

- d. **A szükséges órátípus** – A tanmenet készítésekor a tanár már megtervezte, hogy az egyes témákat milyen órátípus keretében dolgozza fel, azonban előfordulhat, hogy módosítani kell azon. Például az új ismereteket szerző és feldolgozó óra helyett alapvetően készségeket fejlesztő órát tervez, mert a továbblépéshez szükséges jártasságok még nem alakultak ki.
- e. **A szükséges munkamódszerek** – Az előzőekből következik, hogy a tanárnak ki kell választania a legigéretesebb munkamódszereket a célok, a feladatok, a tananyag és az órátípus ismeretében. Ebben is támaszkodhat a tanmenetben, a tematikus tervben leírtakra, de nem veheti át automatikusan azokat, minden didaktikai mozzanathoz (az új anyag altémáinak feldolgozásán kívül a rögzítéshez, az összefoglaláshoz, az ellenőrzéshez, az értékeléshez, stb.) meg kell találnia a megfelelő módszert.
- f. **Az óra kívánatos felépítése** – A kiválasztott tananyag és munkamódszerek, valamint a tanulók ismeretében kell **logikai sorba rendezni** a didaktikai mozzanatokat. A 10-12 éves tanulók esetében különösen fontos, hogy nem csupán, esetleg nem is elsődlegesen a szaktudományos logika adja a tanítási óra logikáját, hanem valamely pedagógiai szempont (például egy tévképzet cáfolata, a tanulók motivációja valamely részterület iránt).
- g. **A rendelkezésre álló idő** – A gyakorlatlan tanárral előfordulhat, hogy óra végére kifogy a mondandóból, mert valószínűleg gyorsan elmondta, amit a témával kapcsolatban gondolt, de nem tanított. „Normál” esetben több feladatot tervez a lelkiismeretes tanár, mint amennyi minden tanulóval maradéktalanul elvégezhető a rendelkezésre álló idő alatt. Méltánytalan a gyerekekkel szemben, ha ezekből házi feladat lesz, de az sem sokkal jobb, ha a feldolgozásuk átcsúszik a következő órára, mert ebben az esetben a tartalmi vagy didaktikai logikai egységek szétesnek. Ezért aztán igazi kihívás a megfelelő **időbeosztás megtervezése**, azaz valamennyi didaktikai mozzanat időigényének becslése. Ezen túl mindig kell lennie a tanár zsebében egy-két tartalék feladatnak (például a témához kapcsolódó érdekesség vagy gyakorlat, didaktikai játék, olvasmány, problémafelvetés), és tudnia kell azt is, hogy mely feladat elhagyásának nincsenek maradandó következményei.
- h. **Az óra eszközigénye** – A természetismeret órához általában sok eszközre van szükség, alig van olyan módszer, amelyhez nem szükséges valami. Egy részük készen van, a tanár más órán is használja, csak elő kell venni a szertárból (például földgömb, homokasztal, laboreszközök, mikroszkóp), megkeresni a számítógépen (például szemelvény, letöltött videofájl), ki kell emelni a természeti környezetből (például növényi részek, talajminta). A felkészülés során nem csupán a meglévő az eszközökhöz kell igazítani az óra módszerét, hanem a kiválasztott módszerhez kell előteremteni a szükséges eszközöket. Természetesen ez időt, fáradságot és odafigyelést kíván. Néhány év kitartó munkájával

azonban összegyűlnek a legfontosabb eszközök és bemutató anyagok (például kőzetek, tartósított készítmények, modellek), aktuálisan csak frissíteni, kiegészíteni, tökéletesíteni és karbantartani kell azokat.

- i. **Szervezési feladatok** – Annak érdekében, hogy minden gördülékenyen menjen az órán, végig kell gondolni: hogyan kell átrendezni a tantermet; hová és hogyan kell előkészíteni a munka- és szemléltető eszközöket, a könyveket, a tanulói munkákat; hogyan és mikor (az órát megelőzően vagy az óra melyik részében) célszerű kiadni a feladatokat, hogy megoldásuk akkorra készüljön el, amikor szükség lesz rájuk.
- j. **Követő feladatok** – Mivel a tanulási folyamat soha nem zárul le egy-egy tudáselem elsajátításával, az óra megtervezésekor nemcsak azt kell átgondolni, hogy milyen házi feladattal lehet leghatékonyabban elmélyíteni az új tudást, begyakorolni az új készségelemet, hanem hogy mely feladatok fognak ráépülni a későbbiekben (10.5. ábra).



10.5. ábra. A természetismereti tudáselemek helye a tanulási folyamatban (Makádi M.)

A tanítási tervezet és az óravázlat készítése

Noha törvény, rendelet nem kényszeríti a tanárokat arra, hogy írásban készüljenek minden egyes tanítási órára, a tapasztalat azt mutatja, hogy szükség van rá. A munka lendületében ugyanis könnyen kibillenhet a tervezett logikai menetből, elfelejtheti a pontosan megfogalmazott kérdéseket, utasításokat, váratlan események eltéríthetik eredeti szándékaitól, és olyankor a leírtak segítenek visszatérni a tervezett menethez. Az írásban rögzített terv az óra során alapja lehet az idővel való gazdálkodás ellenőrzésének is. Tanárjelöltek nem taníthatnak **írásbeli felkészülés** nélkül.

Az előzetesen elkészített tanítási tervezetet vagy óravázlatot a vezetőtanár hagyja jóvá. A **tanítási tervezet** az előzőekben bemutatott tervezési-gondolkodási folyamat írásbeli rögzítése, összeállítása elsősorban a tanári pályára készülők és a pályakezdők munkáját segíti. Köttöt szempontok szerint készül azért, hogy az óratervezés minél tudatosabb legyen. Általános része a tanítási-tanulási folyamat egészének átgondolása szempontjából fontos (10.4. táblázat), az óra menetének kidolgozása pedig a tényleges órai munka cselekvési terve (10.5. táblázat). Minden didaktikai mozzanat részletekig kidolgozott benne, olykor még a tanári kérdéseket és utasításokat is szó szerint tartalmazza (a fő kérdéseket, problémafelvetéseket mindenképpen célszerű előre rögzíteni benne).

Tanítási tervezet	
Alapadatok	
Az óra időpontja:	
Iskola, osztály:	
Iskola címe:	
Tanít:	
Témakör megnevezése:	
Tanítási egység (téma) címe:	
Az óra (jellemző) típusa:	
Tantervi követelmények	
A tanítási óra oktatási céljai:	
A tanítási óra képzési, fejlesztési céljai:	
A tanítási óra nevelési céljai:	
Oktatási követelmények: a. Fogalmak: – új fogalmak: – megerősítendő fogalmak: b. Folyamatok: – új folyamatok: – megerősítendő fogalmak: c. Összefüggések: – új összefüggések: – megerősítendő összefüggések: d. Megfigyelések, vizsgálatok, kísérletek: e. Fejlesztendő készségek, kompetenciaterületek: f. Főbb tanulói tevékenységek:	
Szemléltető és munkaeszközök	
Felhasznált irodalom	
Mellékletek jegyzéke	

10.4. táblázat. A természetismeret tanítási tervezetek általános részének javasolt felépítése
(Makádi M. 2008)

Az óra felépítése					
Idő	Az óra menete	Didaktikai mozzanat	Módszer	Munkaforma	Eszköz
...	...	...	...	...	...

10.5. táblázat. A természetismeret tanítási tervezetek óramenet részének javasolt felépítése
(Makádi 2015)

A mindennapokban a tanítási óra tervezése során a tanárok óravázlatot írnak. Készítésének nincsenek szigorú szabályai, olyan a **jó óravázlat**, amelyből a készítője eredményesen tud tanítani. Ez tanáronként nagyon különböző, idővel is változhat, általában rövidül, egyszerűsödik, egyéni módszerekkel gazdagodik. Tartalmazhatja az óra logikai menetét, a tananyag vázát (főbb fogalmak, folyamatok, összefüggések egymásra épülő rendszerét vagy csak sorrendjét), a lényeges tanári kérdéseket és utasításokat, az egyes tanulók vagy a csoportok konkrét feladatait és az azokhoz szükséges eszközöket, valamint a házi feladatot. Azonban mindig ki kell terjednie az óra didaktikai mozzanatainak sorrendjére, a tanár és a tanulók konkrét tevékenységére és azok időigényére. Az óravázlat a tanári munka segítésére készül, ezért bátran használható a tanítási órán, sőt a látható tervezés a siker feltétele, akár erény is lehet a gyerekek szemében. Példát mutat arra, hogy az eredményes munkavégzéshez tudatos tervezés szükséges, és a tervek megvalósítása érdekében céltudatosan kell dolgozni. Ugyanakkor a vázlatban leírtakat nem lehet, nem szabad mindig betartani, mert akkor az óra nem a valóságos tanítási-tanulási folyamatról szól. Előfordul, hogy a tanár váratlanul beszélgetéssel, magyarázattal, rajzolással vagy a tanulóknak felmerült kérdésekre adott hosszabb válasszal tudja a megfelelő mederbe terelni a gondolkodásukat.

Hallgatói kérdések és feladatok

1. Vizsgálja meg egy helyi tanterv természetismereti anyagát, és értékelje, hogyan épülnek egymásra benne az ismeretek (fogalmak, folyamatok, jelenségek, összefüggések)!
2. Válasszon ki a természetismeret anyagából egy-egy biológiai, fizika, földrajzi és kémiai témakört, és készítse el a fogalmi hálóját! Mutassa be a fogalmak egymásra épülésének logikáját! Használja a kerettantervet és az engedélyezett tankönyveket!
3. Válasszon ki az 5. évfolyamos természetismeret kerettantervből egy témakört, és nézzen utána a környezetismeret kerettantervben és tankönyvekben, hogy milyen előzetes ismeretekre támaszkodhat a tanítása során!
4. Gondolja végig, hogy egy természetismereti témakör fogalmi rendszere miként folytatódik 7. évfolyamtól az egyes természettudományos tantárgyakban! Mutassa be egy témakör példáján!

10.2. A természetismereti tudás ellenőrzése és értékelése

Írta: dr. Makádi Mariann

Kulcsszavak: szóbeli és írásbeli ellenőrzés, kritérium- és normaorientált értékelés, önértékelés, mérésmódszertani elvek, megbízhatóság, érvényesség, tárgyyszerűség, item

10.2.1. A tanulók természetismereti tudásának ellenőrzése

Az ellenőrzés szerepe és feltételei

Ellenőrzés nélkül nem képzelhető el eredményes tanulás, mert csak szilárd alapokra építhető újabb ismeret, a képességek pedig lépcsőről lépésre bontakoztathatók ki. A tanulók tudásának ellenőrzése éppúgy tervszerű tanári munkát kíván, mint tudásszerzésük irányítása, támogatása. Az ellenőrzés fő funkciója az, hogy a tanár megismerhesse a tanulók aktuális tudását, pontosabban azt, hogy hol tartanak a tantervi követelmények teljesítésében, illetve tudásfejlődési folyamatukban. Az eredmények és a kudarcok a **tanári önértékelés** szempontjából is fontosak. A tapasztalt hiányosságok és eredménytelenségek okai nem csak a tanulóknak keresendők. Lehet, hogy rutinból vezetett óra, nem kellően átgondolt feldolgozás vagy rögzítés, esetleg maga az ellenőrzési mód, a tanári figyelmetlenség vagy feledékenység az oka. Csak olyan dolgok kérhetők számon a tanulóktól, amelyek megszerzésének a feltételeit megteremtette a tanár. Különösen kezdő tanároknál fordul elő, hogy a szükségesnél és a lehetségesnél magasabb követelményeket támasztanak a tanulókkal szemben, mert még nem ismerik pontosan a tantervi követelményeket, nem érzik pontosan, hogyan épül fel a tudás az egyes elemekből a hetek, a hónapok és az évek során, hogyan érnek be a dolgok, milyen a megértés természete. Ha valamit megtanítottak, azonnal várják az eredményt, nem is gondolnak arra, hogy például csak a tanév végén kell elvárni.

A természetismeret tanárának arra kell törekednie, hogy különféle módszerekkel megismerje a tanulók tudásának minden részletét. A feleltetés erre csak részben alkalmas, mert egy-egy tanuló félélévente csak néhány alkalommal felelhet, és néhány perc alatt nagyon kevés derül ki a tudásáról. Továbbá azért, mert ilyen módon a tanár legfeljebb a tényismeretéről és a beszédkésztségéről szerezhet benyomást, ami pedig nem elég a tudás szerkezetének és mélységének feltárásához. Az ellenőrzésnek a természetismeretben tanított ismeretek valamennyi csoportjára, illetve a tantárggyal kapcsolatba hozható képességterületekre is ki kell terjednie. Ezért is kell a tanárnak pontosan megterveznie, hogy aktuálisan a tudás mely területéről akar tájékozódni, mikor, kit és milyen módszerrel fog ellenőrizni. Emellett mindig naprakésznek kell lennie a gondjaira bízott tanulók aktuális tudásszintjéből, hiszen ennek hiányában nem tud személyre szabott, tudatos fejlesztőmunkát végezni.

A természetismereti tudás ellenőrzésének szóbeli módszerei

A fent említett célok megkívánják, hogy a tanár többféle módon ellenőrizze a diákok tudását (10.6. táblázat). Noha az írásbeli ellenőrzés aránya növekszik, fajtái közül a **szóbeli ellenőrzés** a legelterjedtebb, mert rugalmas, a tanár és a tanulók közötti közvetlen kapcsolat következtében könnyen az aktuális helyzethez alakítható. Ez egyben a hátránya is, mert könnyen rögtönzéssé válhat, a felkészületlen tanár is tud kérdéseket feltenni, de azokkal nem jut közelebb szakmai céljainak eléréséhez. A szóbeli ellenőrzés lehetőséget ad a gondolatok kifejtésére, a logikai összefüggések bemutatására, az érvek és ellenérvek ütköztetésére, ugyanakkor erre még csak kevés 10-12 éves gyerek képes, így könnyen kérdés-felelet formát ölthet.

A tudásellenőrzés fajtái és módszerei		Jellege szerint		
		szóbeli	írásbeli	egyéb
Érvényességi köre szerint	egyéni	- szóbeli feleltetés - kérdés az órai munka során	- írásbeli feleltetés - rövid írásbeli válaszadás - munkafüzeti feladat megoldása	- elemzési feladat megoldása - gyakorlati feladat megoldása - didaktikai játék
	csoportos	- ellenőrző beszélgetés - ellenőrzés az óra során	ellenőrző feladatlap megoldása	
	frontális (osztály)			

10.6. táblázat. A tudásellenőrzés fajtái és leggyakoribb módszerei (Makádi M. 2006)

Ha a tanár az osztály általános tudásáról akar tájékozódni, akkor **frontális szóbeli ellenőrzést** alkalmaz. Általában a tanítási óra elején kerül rá sor, de később is hasznos, például egy-egy új didaktikai mozzanat bevezetéseként vagy éppen lezárásaként. Az **ellenőrző beszélgetés** során kérdések és feleletek váltogatják egymást. A hazai gyakorlatban rendszerint a tanár tesz fel kérdéseket, a tanulók pedig válaszolnak, pedig a beszélgetéseknek a kölcsönösség a lényege. Fontos, hogy a gyerekek is kérdezhessenek. Az egyik leggyakoribb hiba, hogy a tanár apróbb, egymással nem is nagyon összefüggő villámkérdéseket zúdít a gyerekekre. Ilyenkor alig indul meg gondolati tevékenység, mert a kérdések már sokszor, s mindig hasonló módon hangzottak el. Az ötletszerű kérdések legfeljebb „bemelegítésnek” jók, de a tudásról csak a logikai rendben következő kérdésekre adott válaszok vagy kérdések informálnak.

Az egyes tanulók tudásáról leggyakrabban **szóbeli feleltetéssel** tájékozik a tanár. A körülmények (például a felelő kiáll az osztály, a tábla vagy a falitérkép elé, mit csinálnak közben a többiek és a tanár?) erősen befolyásolják a teljesítményt. Ebben az életkorban különösen nincs helye a leckefelmondásnak (például „Mondd el a leckét!”). A tanulónak mindig olyan konkrét feladatot, kérdést kell kapnia, amely igényli **a tanultak értelmezését, alkalmazását** (például felismerés, összehasonlítás, magyarázat, problémafelvetés vagy problémamegoldás) és **a készségek felhasználását** (például forrás-, ábra-, képelemzés, ábrázolás, modellezés, érvelés). A tudás felszínen tartása érdekében célszerű a korábbi órák anyagából is feleltetni, leginkább azokból, amelyek kapcsolódnak az újonnan feldolgozandó témához (például egy korábbi tartalomra vonatkozó összehasonlító feladat). Gyakori módszertani hiba, hogy a tanár előbb kihívja a felelőt, csak azután mondja el a feladatát. Ebben az esetben a felszólítás után a többi tanuló megkönnyebbül vagy csalódik, de nem kezd el gondolkodni. Ezért a feladatot, a kérdést mindig az egész osztályhoz kell intézni, és csak egy kis gondolkodási idő után felszólítani a felelőt. A felelet hossza **3-4 percnél** ne legyen hosszabb! A 10-12 évesek – még ha jól felkészültek is – ritkán képesek hosszabban összefüggően beszélni egy témáról, gyakran szorulnak segítségre. Egy-egy megfelelő kifejezés helyettük való kimondása segítheti a gondolatok megfogalmazását, de nem helyes, ha a tanár a tanuló helyett beszél, tanít vagy kérdezz-felelek beszélgetésbe vezeti a feleletet. Persze a hibákat és a hiányosságokat kérdésekkel javíttatni és pótoltatni szükséges a felelet végén. Mivel a feleltetés nemcsak a felelő tudásáról való informálódás, hanem ismétlés az osztály számára, ezért a **feleletet mindenkinek hallania kell**, az nem lehet a felelő és a tanár csendes párbeszéde. Az ismeretek felelevenítésén és rögzítésén túl a tanulóknak újra és újra mintát kell kapniuk arról, hogy minek mi az értéke. A gyakorlatban előfordul, hogy a feleltetés idejére az osztály más feladatot kap, ami pedagógiai szempontból helytelen megoldás. A feleltetésbe bevonhatók a tanulók: javíthatják és kiegészíthetik az elhangzottakat, esetleg értékelhetik is. Természetesen szinte az egész óra lehetőséget nyújt arra, hogy a tanár ellenőrizze a gyerekek tudását, hiszen hozzászólásaik, válaszaik, de még kérdéseik is mind információt nyújtanak.

A természetismereti tudás ellenőrzésének írásbeli módszerei

Az általános iskolai tanításban is széles körben elterjedt az **írásbeli ellenőrzés**, ami általában nehezebb feladat elé állítja a tanulókat, mint a szóbeli ellenőrzés, mert önállóan kell dolgozniuk, tévedéseiket közben nem fedezhetik fel és javíthatják, nincs aki segítsen, ha nem jut eszükbe valami. Sokkal pontosabb munkát is kíván tőlük, tömören kell fogalmazniuk, egyértelműen kell rajzolniuk vagy jelölniük például a térképvázlatban. Az **írásbeli feleltetés** célja és tartalma a szóbeli feleltetéséhez hasonló. A természetismeret tanításában nincs helye az összefüggő kifejtéses feladatnak (például esszé), inkább a **rövid írásbeli válaszadás** módszere terjedt el, amelyben a feladatok nem igényelnek hosszabb szöveges választ, megoldásukkor inkább az ismeretek és a képességek alkalmazására van szükség: a gyerekek fogalmakat rendszereznek, rajzolnak, szöveget vagy ábrát egészítenek ki, helymeghatározást

vagy becslést, számítást végeznek, tematikus térképet elemeznek és munkatérképen dolgoznak.

Feladatlap megoldására az összefoglaló órák előtt vagy után kerül sor. Előttük ma már ritkábban használjuk idő hiányában, pedig az eredményes összefoglaláshoz nagy segítséget jelent. Az a célja, hogy lássa a tanár, hová jutottak a tanulók a témakör feldolgozása során (tudáspróba). A 10-15 percben megoldható feladatok során tájékozódik a tananyag sarkalatos pontjainak megértéséről. Nem a részletekre kíváncsi, csak azokra a tudáselemekre, amelyek a témakör logikai vázát adják (például az összefüggésekre, a folyamatok lényegére). A feladatmegoldást követően közösen megbeszéljük és értékeljük a feladatokat. Ha szükséges, a tanár magyarázattal tisztázza a dolgokat, problémák felvetésével segíti a gondolkodást, a helyes értelmezést vagy a bevésést. A tanulók szembesülnek azzal, hogy mit tudnak és mit nem. A tanár pedig a megoldási tapasztalatok alapján válogathatja ki az összefoglaló óra anyagát és választhatja meg a módszereit. Az összefoglaló óra után a természetismeret tanár gyakran **ellenőrző feladatlapot** írat a tanulókkal. Összeállítása nagy felelősség, hiszen a tanulók teljesítménye nagymértékben múlik a feladatlap módszertani felépítésén és feladatkultúráján. Változatos, különböző ismeretelemekre és képességterületekre vonatkozó feladatokat kell megoldaniuk, általában egész órán át dolgoznak rajtuk, és érdemjegyet szereznek vele a tanulók.

A természetismereti tudás ellenőrzésének gyakorlati módszerei

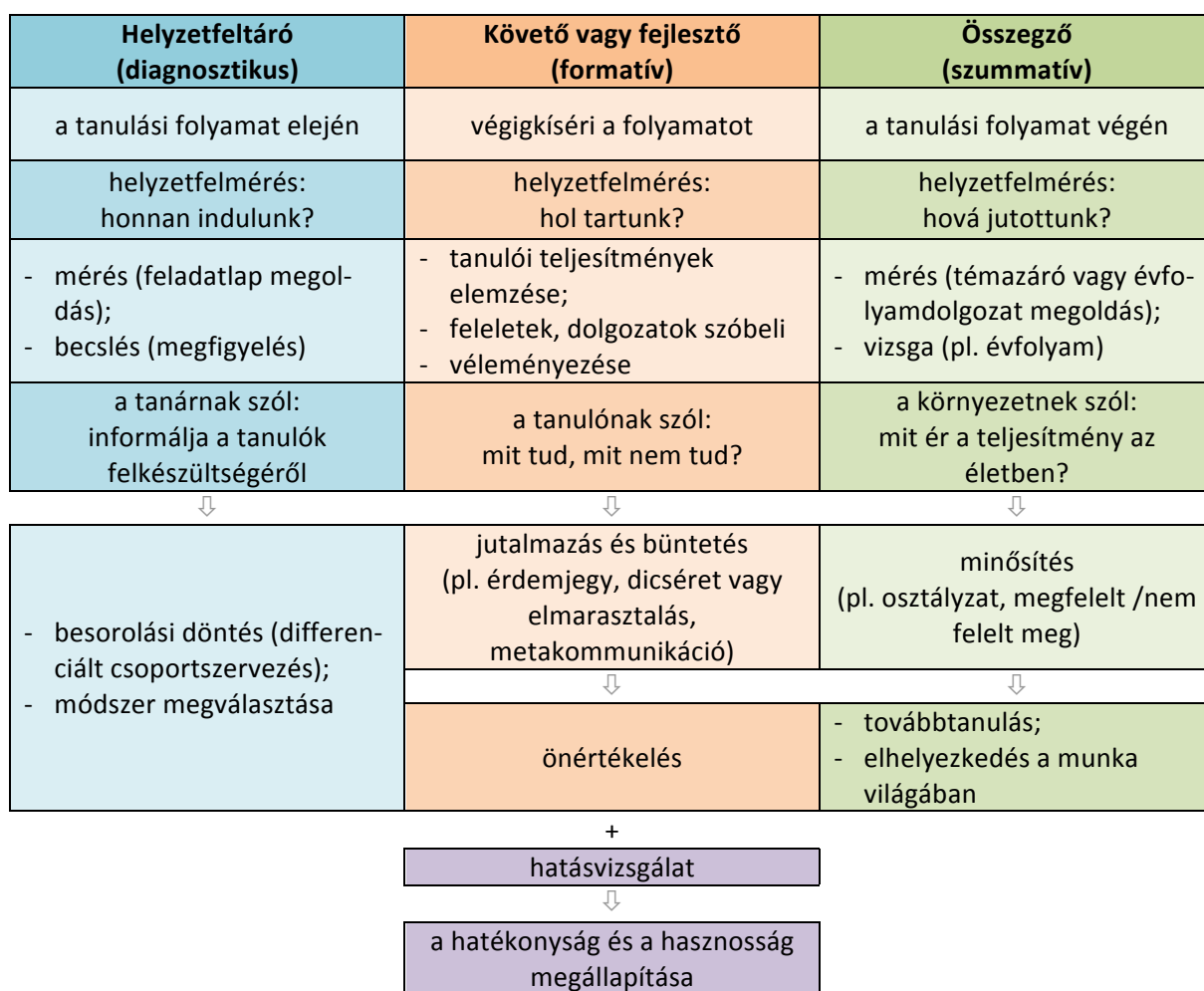
Már ismerjük a természetismereti tudásnak azokat az elemeit, amelyekre az ellenőrzésnek vonatkoznia kell. Vannak olyan részei, amelyekhez **a tudás alkalmazására** (képek vagy tárgyak rendszerezése, ábra, állókép vagy filmrészlet narrációjára, helyzetgyakorlatra stb.), **gyakorlati tevékenységre** (például mérésre, homokasztali bemutatásra, egyszerű kísérlet elvégzésére) vagy **didaktikai játékra** van szükség. Ezek közben a tanulók másként nyilvánulnak meg, mint a hagyományos ellenőrzési helyzetekben, olyan képességeiket is megmutathatják, amelyekre az iskola ritkán kíváncsi. Felszabadultabbak, ezért eredményesebbek is. A tanárok egy része nem szívesen alkalmazza ezt a módot, mert munkaigényes, sok előkészítést kíván. El is vonhatja az osztály figyelmét, ha nem körültekintően szervezett (például minden mozzanata az osztály előtt zajlik). Mégis ajánljuk, mert változatos, hatékony és a figyelemmegosztást is gyakoroltatja a gyerekekkel.

10.2.2. A tanulók természetismereti teljesítményének értékelési elvei

Az értékelés típusai

Az ellenőrzés és az értékelés a gyakorlatban nehezen választató el egymástól, viszonyukat a pedagógia többféleképpen értelmezi. A mi felfogásunkban az ellenőrzés megelőzi az

értékelést, annak első mozzanata, ami elsősorban az információgyűjtés érdekében történik (a tanár meghallgatja a felelőt, megíratja és kijavítja a dolgozatot). Olyan ellenőrző módszert választ, amely megfelel az értékelés céljának (10.7. táblázat). A tantárgy tanulásának kezdetén (5. osztályban) a tanár **helyzetfeltárássra** kényszerül (hiszen alsó tagozatban általában nem ő tanította az osztályt), hogy tudja, mire építhet. Felkészültségi szintjük alapján különböző csoportokba sorolja a tanulókat (például tanulási nehézségekkel küzdők, hiányos ismeretűek, tehetségesek, szilárd tudással rendelkezők), megtervezi, hogy az egyes csoportoknak mit, milyen felépítésben, milyen módszerekkel fog tanítani az elkövetkező hónapokban (differenciált oktatás). A tanítási-tanulási folyamat során folyton ellenőriz, mert tudja, hogy tevékenységeken keresztül szerzik meg természetismereti tudásukat, miközben állandó visszajelzést igényelnek. A folyamat végén összegzi a teljesítményeket, az ellenőrzéssel szerzett tapasztalatokat, eredményeket összeveti a követelményekkel.



10.7. táblázat. Az értékelés típusai funkciói szerint (Knausz I. 2003 alapján Makádi M. 2006)

A legnagyobb nehézséget annak eldöntése jelenti, hogy mihez viszonyítson a tanár. Ha az ellenőrzés-értékelésnek az volt a célja, hogy megvizsgálja, mennyire felel meg a tanuló teljesítménye az előre meghatározott, külső és független szempontoknak, akkor a tantervhez kell viszonyítania, ez a **követelményhez viszonyított**, másként kritériumorientált értékelés.

Ha a még tapasztalatlan tanár megpróbál objektíven, igazságosan értékelni, kizárólag a tantervi követelményekhez viszonyít, akkor előfordul, hogy osztályban szinte mindenkinek jó vagy mindenkinek rossz osztályzata van. Csakhogy ezekben az osztályokban semmi sem ösztönzi a tanulókat a jobb teljesítésre, mert nincs pozitív húzóerő, vagy azért, mert azt látják, hogy úgysem bírnak jobb osztályzatot szerezni. Az osztálynak és a tanárnak azonban egyaránt tudnia kell, hogy az egyik gyerek tudása milyen a másikéhoz, az átlaghoz képest. Az ilyen ún. **szinthez viszonyított**, másként normaorientált értékeléssel viszont az a baj, hogy a gyerekek nem ismerik pontosan a követelményeket: ugyanaz a tudás az egyik osztályban jónak, a másikban átlagosnak, egy harmadikban esetleg gyengének minősül. A valós helyzet azonban még ennél is bonyolultabb lehet, hiszen a pedagógiai érzék azt diktálja, hogy a tanár a tanulók tudását a korábbi teljesítményeikkel is összehasonlítsa (**egyénhez viszonyított értékelés**). Így ugyanaz a teljesítmény az egyik gyereknél kiválónak minősülhet, miközben a másikinál gyengének, ráadásul erősen szubjektív is lehet. A tanár felelőssége megtalálni a helyes arányt a háromféle értékelési elv között a szaktárgyi szempontok és a pedagógiai igazságosság figyelembevételével.

A tudásmérésekhez kapcsolódó módszertani követelmények

Az iskolai pedagógiai programok és a helyi tantervek meghatározzák, hogy milyen rendszerességgel és módszerekkel győződnek meg a tanárok a tanulók tantárgyi tudásáról. Az összehasonlíthatóság érdekében a teljesítményeket skálán helyezik el, mértéküket számszerűen fejezik ki. A becslésen alapuló (szubjektív) osztályozás helyett szigorú szabályokon alapuló **mérésre** van szükség, amely az alábbi **mérés módszertani elveken** alapszik:

1. **A tárgyyszerűség:** a reális tudásértékeléshez olyan mérőeszközre van szükség, amelyben nem befolyásolja az eredményt a feladatok összeállítójának és javítójának a személye. Az értékelő (tanár) és az értékelt (tanuló) között mindig van egyfajta érzelmeken alapuló személyes viszony, ami hatással van az értékelés tárgyyszerűségére, csakúgy mint az, ha az értékelő önkényesen értelmezi a feladatot (például a mérésben olyan dolgokra kérdez rá, melyeket fontosabbnak tart a többenél, ezért kiemelten foglalkozott velük az órákon, másokat viszont elhanyagolt, és tudásukról nem is informálódik). Elterjedt nézet, hogy az írásbeli ellenőrzés objektívebb a szóbelinél, különösen akkor, ha a névtelenség megőrizhető. Azonban ez nem teljesen igaz, mert az értékelőt az íráskép is befolyásolhatja. Könnyebb érvényesíteni a tárgyyszerűséget aláhúzáson, bekarikázáson alapuló feladatokkal, zárt végű kérdésekkel (amelyekben csak egy vagy véges számú válasz adható), mint nyílt végűekkel (amelyek kreatív válaszalkotást igényelnek), az ismereteket visszaadó feladatokkal, mint a képességeket mérőkkel.
2. **Az érvényesség:** olyan mérőeszközre van szükség, amely valóban azt méri, amit mérni szeretnénk. Előfordul a gyakorlatban, hogy egy feladat olyan tudást kér számon, amelyet nem is lehetne, mert nincs benne a mérés alapjául vett követelményrendszerben

(például a helyi tantervben). Máskor a kiválasztott feladattípus vagy a feltett kérdések nem alkalmasak rá. Látszólag a problémamegoldó gondolkodásról tájékozódnak az okokra vonatkozó kérdések (például: mi az oka annak, hogy...?), ami igaz is, ha a tanuló a méréskor találkozik először ezzel a kérdéssel. Ha viszont már egyszer feldolgozták ezt a problémát (benne volt a tankönyvben, a tanár erre fűzte fel a témafeldolgozás logikáját vagy vázlatot írtak róla a füzetben stb.), akkor csupán tárgyi tudást mér.

3. **A megbízhatóság:** a természetismereti mérésekben olyan feladatokra van szükség, amelyek valóban a természetismereti tudást mérik. Talán ez a legnehezebben teljesíthető elv, mert a tantárgy tartalma oly összetett, és mert éppen az az iskola törekvése, hogy az iskolai tudás ne váljon el a köznapi tudástól, illetve a tudás ne tantárgyakba skatulyázva különüljön el a tanulók fejében.

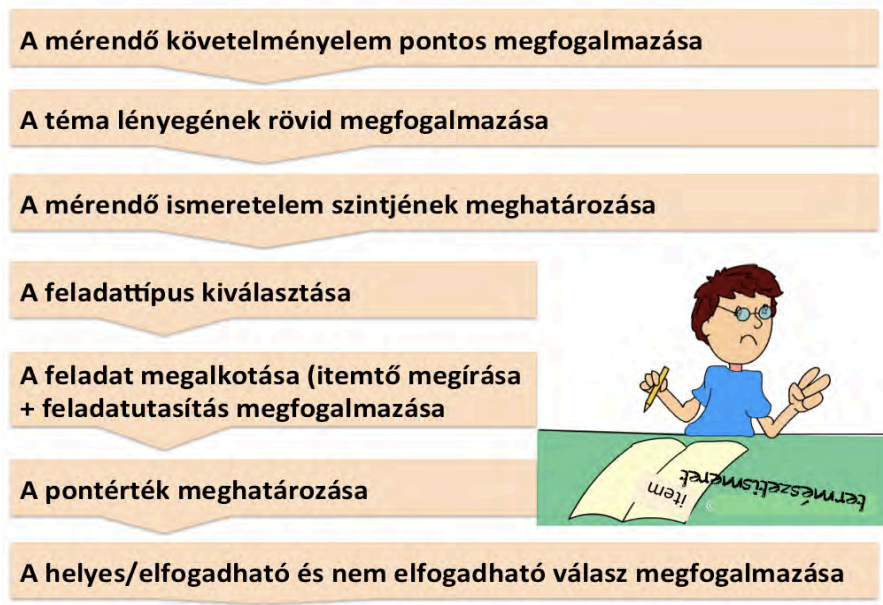
Természetismereti feladatok készítése

A tanárok egy része azt mondja, hogy nincs szüksége a tankönyvcsaládokhoz készült vagy központilag kiadott tudásszintet mérő feladatlapokra, inkább maga állítja össze a felmérőket. Álláspontjuk pedagógiai szempontból érthető, hiszen ők ismerik tanítványaikat, ők tudják, hogy mi történt az órákon, tehát azt is, hogy mit kell kérdezniük. Természetesen lehet használni saját készítésű mérőlapokat, de a feladat- és feladatlapkészítés szabályait be kell tartani, különben a mérés eredményei félrevezetik a tanárt és a tanulókat egyaránt.

A természetismereti tudást mérő feladat jellemzői

- Tartalma alkalmas az ismeret vagy a képesség jellegű természetismereti tudás mérésére.
- Tartalma és nehézsége igazodik a megjelölt célhoz (a mérni kívánt elemhez).
- A feladatkijelölés világos és egyértelmű, pontosan megfogalmazza, hogy mit kell tennie a tanulónak.
- A feladatban szereplő kérdések és utasítások sorrendje megfelel az általános logikai szabályoknak.
- Egy feladat csak egy tudáselemet vagy egy képességet mér.
- Nem befolyásolja az egyik feladatra adott válasz egy másik kérdésre adott feleletet.
- A legkisebb feladatelemre (item) adott válasz 0 vagy 1 ponttal értékelhető (fél pont nem adható). Különböző nehézségű teljesítményelemekből álló feladat esetében lehetséges, hogy a nehezebbet 1 helyett 2 ponttal értékeli (súlyozott pontozás).
- Minden önálló tanulói teljesítményt, jó választ ponttal kell értékelni.
- Nincsenek benne mérési hibát okozó dolgok (például gépelési, számozási, jelölési hibák; a feladat minden része azonos oldalon vagy oldalpáron van).
- Külalakja esztétikai és módszertani szempontból is megfelelő (a kérdés és a válaszlehetőségek világosan elkülönülnek egymástól, egyértelmű, hová kell beírni a választ, és van rá elég hely).
- A feladatban lévő ábra esztétikus, olvasható méretű és elvégezhető benne a feladat (például elegendő hely van a részletek berajzolására, egyértelmű, hogy hová kell beleírni a számot, a szöveget).

- Stílusa, nyelvezete egyaránt megfelel a tanulók életkori sajátosságainak, a szaktudományok igényeinek és a magyar nyelv szabályainak.
- Megfelel a jogi és az etikai követelményeknek (például nem tartalmaz megkülönböztető, kirekesztő vagy politikai elemeket, pontosan feltünteti az átvett szemelvények, képek, ábrák forrását).



10.6. ábra. A feladatalkotás folyamata (Makádi M. 2015)

A feladatok megalkotása többlépcsős folyamat (9.6. ábra). Először pontosan meg kell határozni, hogy milyen követelményt (például ismeretet vagy képességet) akar mérni, és annak ismeretében át kell gondolni az arra vonatkozó elvárásokat (például: mikorra kell teljesíteniük a tanulóknak, mit mond azzal kapcsolatban a tantervi követelményrendszer, mely fogalmak, folyamatok, összefüggések hozhatók kapcsolatba az ismerettel; mely tartalmak kapcsolódnak a képességterülethez?). Ha ismeretmérésről van szó, akkor ezt követően tömören megfogalmazza a tanár a téma lényegét. Viszonylag egyszerű mondatokat alkot úgy, hogy minden mondat egy gondolategység legyen, és egy mondat csak egy tényt tartalmazzon (például „a vízfolyások völgyeket mélyítettek a sík felszínbe” vagy „a halak kopolyúval lélegeznek”). Ezzel együtt átgondolja, hogy az információra hogyan lehet rákérdezni. Majd megállapítja, hogy milyen szinten (a ráismerés, megnevezés vagy alkalmazás szintjén) kell teljesíteni az ismereteket, és kiválasztja a követelményhez és a tartalomhoz legjobban illeszkedő feladattípust (például ismeret jellegű tudás mérésekor feleletválasztásos vagy asszociációs feladatokat, képesség ellenőrzésekor inkább feleletalkotásos vagy elemzési feladatokat választ). Ezt követően alkotja meg a tanár a feladatot. Ez két részből áll: megírja az itemtövet (például: mikor keletkezhet csapadék?) és az utasításokat is (például többszörös választásnál: A következő kérdésekre csak egyetlen igaz válasz adható. Karikázd be a betűjelét minden kérdés után!). Ha a feladat több itemet tartalmaz, akkor a könnyebbeket teszi az elejére, a nehezebbeket a végére, majd

megfogalmazza a helyes választ. Vannak feladattípusok, amelyeknél többféle jó válasz lehet. Ezeknél megpróbálja az összes elképzelhető megfogalmazni, és kizárni azokat a válaszokat, amelyek semmiképpen nem fogadhatók el. Végül meghatározza, hogy mely feladatelemeket kell ponttal értékelni, illetve, hogy a feladattal összesen hány pontot lehet elérni.

Természetismereti feladatlapok összeállítása

A feladatokat önmagukban ritkán használják mérésre, azokból feladatsort (tesztet) állítanak össze. Egyáltalán nem mindegy, hogy milyen feladatok és miként kerülnek bele. A **természetismereti feladatlapok összeállításakor** a következő szempontok lényegesek:

- A feladatsor fogja át a kijelölt téma egészét (például témazáró mérésnél a témakört, évfolyammérésnél a helyi tantervben megadott főbb témaköröket).
- A feladattípusok változatosak legyenek annak érdekében, hogy a feladatok minél szélesebb tudásterületet fogjanak át. Egy feladattípusból 4-5 itemnél ne legyen több, mert a tanulók gondolkodása hamar ellanyhul, könnyen elfáradnak.
- Az ismeretet mérő egyes feladatok különböző ismeretkategóriákra vonatkozzanak. Ez egyrészt azt jelenti, hogy különböző témákhoz kapcsolódjanak, másrészt, hogy arányosan kérdezzenek rá fogalmakra, tényekre, folyamatokra és összefüggésekre.
- A feladatok nehézségi sorrendben kövessék egymást a legkönnyebbtől a nehezebbek felé. Ugyanakkor a feladatsor közepébe vagy a fárasztó feladat után érdemes egy-egy könnyebb feladatot is beiktatni. Semmiképpen ne kerüljenek a feladatsor végére a legnehezebb, a legtöbb időt igénylő feladatok!
- Fontos szempont, hogy legyen elegendő idejük a tanulóknak a feladatok megoldására. A gyerekek különböző ütemű munkavégzéséhez nehéz igazodni, de felmérésekből tudható, hogy 1 itemet átlagosan 2 perc alatt oldanak meg az 5-6. évfolyamon. A tesztyszerű feladatokkal gyorsabban, az elemzési, a számolási és a rajzoló feladatokkal lassabban haladnak.
- A hosszú feladatsortól megrettennek a tanulók, a rövidet pedig nem veszik elég komolyan. A témazáró feladatlap terjedelme ne legyen több 2 oldalnál! Ez is soknak tűnhet, de az ábrák miatt szükséges.
- A feladatokkal és azon belül a részfeladatokkal elérhető pontszámokat célszerű feltüntetni a feladatlapon, mert a tanulók számára segítséget jelent, ha tudják, hány pontot ér egy-egy teljesítmény.
- Fontos, hogy a feladatok technikai szempontból is egyértelműek és megoldhatók legyenek. Nehezíti a tanulók munkáját, ha a feladatok egyes kérdései vagy az egymással összefüggő feladatok eltérő oldalon vannak, különösen akkor, ha megoldásuk közben lapozni is kell. Csak olyan feladatlap adható a tanulók kezébe, amelyet előzőleg megoldottunk, és eközben nem ütköztünk technikai akadályba.

10.2.3. A tanulói teljesítmények értékelésének módszerei

A tanulók teljesítményének figyelemmel kísérése

A gyerekek számtalan módon megnyilvánulnak a természetismeret órákon és azokon kívül, miközben megmutatják, hogy mit tudnak, hogyan gondolkodnak, mi mindenre képesek. Ezek a helyzetek sokkal többet elárulnak a személyiségükről és a tudásukról, mint a hagyományos ellenőrzési módszerek. Tekintsük át, milyen lehetőségek kínálóznak arra, hogy a tanár folyamatosan és sokoldalúan **kísérje figyelemmel a tanulók természetismereti teljesítményeit!**

- A tanulók megfigyelése az órai frontális beszélgetések során.
- A tanulók beszámoltatása egy-egy természeti jelenség megfigyeléséről, olvasmányról, filmről, a tantárggyal összefüggő valamely tanórán kívüli (más iskolai, otthoni, kirándulási) tevékenységükről, élményükről.
- Vázlat készíttetése a vizsgálódásból vagy a tanári magyarázatból megismert, a tankönyvből elolvasott anyaggal kapcsolatban.
- Különböző műfajú szövegek, ábrák, képek elemeztetése.
- A tanulók órai munkájának megfigyelése, amelyből megállapítható, hogy mely tevékenységformákban eredményesek és miben szorulnak segítségre.
- A tanulók együttműködési képességének megfigyelése (például pár- és csoportmunkában, projektmunkában, drámapedagógiai módszerek alkalmazásában, didaktikai játékok során).
- A tanulók írásbeli munkáinak (például munkafüzet, jegyzetfüzet) tartalmi, külalakra és következtetességre vonatkozó) értékelése.
- A házi feladatok minőségi ellenőrzése és értékelése (meglétén a tartalma, az egyedisége).
- Tanulói szorgalmi feladatok (például könyvajánlót, aktuális hírcsokrot, kőzetgyűjteményt, terméklistát, tablót, rajzot, riportot) értékelése.
- A tanulók összefoglalják mások feleletének vagy beszámolójának lényegét, tartalmi szempontból értékelik, és ha szükséges, kiegészítik.
- Értékelő füzet vezetése minden tanulóról, a gyerekekkel kapcsolatos észrevételek (például hogyan értékelte saját teljesítményét, hogyan viszonyult hozzá az osztály, mely területen kell aktuálisan fejleszteni) feljegyzése.

A teljesítmények értékelésének eszközei

A gyakorlatban a tanulók teljesítményeit alapvetően **osztályozással** értékelik, egy ötfokozatú skála segítségével minősítik. A minősítés tulajdonképpen becsléssel történik, benne az értékelésnek csak az összegző szerepe érvényesül, pedig az iskolai értékelés kimondott célja, hogy minél konkrétabban és differenciáltabban feltérképezze a tanulás eredményességét. Lényegében semmit nem tud kezdeni a gyerek azzal, hogy a természetismereti „tudása” hármas, hiszen nem derül ki, hogy a teljesítménye mely pontokon felel meg a

követelményeknek, és mely teljesítményformákban vannak még teendők. Az ismeretközpontú tanítási-tanulási folyamatban viszonylag könnyű az osztályozás: a tanár számba veszi a tanuló ismereteit, és mennyiségük, nehézségi fokuk szerint minősíti azokat. A képességek értékelése már jóval nehezebb. Például egy képzelőerőt is igénylő terepasztali modellkészítés vagy egy vizsgálat kivitelezés érdemjeggyel való jutalmazásakor nem tudhatja a tanár, hogy a modell vagy a vizsgálat sikere milyen arányban múlt a tanuló ismeretein és a képességein, mennyi része volt abban a tanárnak s mennyi a diáknak, hogy a felhasznált képességeket a természetismeret órán szerezte-e vagy csak itt használta fel. Ezen túl minden modell jó valamiért, és mindegyiket lehet másként is jól csinálni. A természetismeret tanítás során ezeket a teljesítményeket nem célszerű osztályozni, viszont szóban alaposan, több szempontból értékelni kell úgy, hogy megerősítse a jó elemeket, és irányt mutasson a fejlődéshez.

Az alkalmazás jellegű feladatok (a problémamegoldás, a tárgyi alkotómunka, a dramatikus megjelenítés stb.) értékelésekor a tanulók is meg tudják fogalmazni, miben látják saját munkájuk erősségeit és gyengeségeit, különösen akkor, ha a tanáruk rendszeresen és érdemben értékeli teljesítményeiket. Az **önértékelés** által aktív részesei lesznek saját tanulási folyamatuknak, fejlődésüknek. Az osztálytársak véleménye fontos a gyerekeknek és a tanárnak is, ezért célszerű bevonni őket az értékelésbe. A gyerekek jobban ismerik egymást és egyes dolgokat másként látnak, mint a tanár, az iskolán kívüli világban más hatások érik őket, ezért más a képi és a gondolati világuk, az ízlésük. Ezért az ilyen jellegű teljesítmények (rajz-, tábló-, makett- vagy webtechnikák stb.) értékelésében érdemes kikérni a véleményüket.

Hallgatói kérdések és feladatok

1. Tanulmányozza a természetismeret tankönyvek műveltségképét! Mutassa be, hogy egy-egy könyv hogyan értelmezi a természettudományos tudást!
2. Hospitálási során kérdezze meg a tanulókat, mit gondolnak, ki a művelt ember?
3. Kérdezze meg a tanulókat, milyen módszerekkel ellenőrzik az egyes tantárgyakból a tudásukat! Indokolják, hogy melyiket miért tartják jónak vagy kevésbé jónak!
4. Értékelje a természetismeret tanításában alkalmazott ellenőrzési módszereket! Készítsen az előnyeit és a hátrányait bemutató táblázatot!
5. Készítsen fizikai, kémiai, biológiai és természetföldrajzi témájú természetismereti feladatokat! Mutassa be azokon keresztül a feladatalkotás fázisait!
6. Állítson össze egy-egy feladatsort a tanulói tudás tantárgyi, gondolkodási és alkalmazási dimenziójának ellenőrzésére! Indokolja a feladatsor összeállítása során alkalmazott szaktudományi és metodikai szempontokat!
7. Óralátogatásai során figyelje meg a tanár által alkalmazott értékelési módszereket! Készítsen a gyakoriságukat bemutató diagramot!

10.3. A tanítási folyamat elemzése és értékelése

Írta: dr. Makádi Mariann

Kulcsszavak: óralátogatás (hospitálás), óraelemzés, óraértékelés, önértékelés, portfólió, reflektív beszélgetés

10.3.1. A tanítási órák megfigyelése

A tanítási-tanulási folyamat utólagos áttekintése, mások munkájának megismerése a tanárok szempontjából is fontos, hiszen részben az ő pedagógiai-módszertani kultúrájukon múlik, hogy milyen természetismereti tudást szereznek a tanulók. Talán az egyik leghatékonyabb önképzési és ellenőrzési forma az **óralátogatás** (másként **hospitálás**), aminek alapvetően tapasztalatszerzés a célja. Az órát tartó tanár számára is hasznos lehet, ha visszajelzést kap munkájáról külső szemlélők által, mert még a legjobb önismerettel rendelkező emberrel is előfordul, hogy másként látja a tevékenységét, mást tart fontosnak, mint a szakavatott vagy kevésbé szakértő külső megfigyelő. A tanárjelölt hallgatók vagy a gyakorló tanárok egyaránt szakmódszertani és szaktudományos, illetve pedagógiai ötleteket, fogásokat lesnek el, a tanítási órát követő megbeszélésen pedig kicserélik a tapasztalatok során felmerült gondolataikat. A hallgatók az óralátogatásokon nemcsak tanulnak a tanártól, hanem a tanulókkal is ismerkednek. Az órák sorozatában tárulnak fel előttük az életkorok jellemzői, a fiúk és a lányok, az egyes gyerekek magaviseletének, hozzáállásának és tanulási szokásainak különbségei. Megismerik azokat a tanulókat, akikkel nemsokára dolgozniuk kell, és tovább kell vezetniük őket a természetismereti tudásszerzés és fejlesztés folyamatában. A tanárjelöltek megfigyelésének tudatosságát megfigyelési szempontok segítik, amelyeket mentortanáraiktól kapnak a hospitált óra előtt. Az órákról feljegyzéseket készítenek a **hospitálási naplóba** annak érdekében, hogy a tapasztalatok ne merüljenek feledésbe, és elraktározzák a jó praktikákat, amelyeket alkalom adtán felhasználnak.

Természetismeret órát nemcsak természetismeret, fizika, kémia, biológia, földrajz szakos tanárok és tanárjelöltek látogathatnak, az osztályt megfigyeli az osztályfőnök vagy az őket tanító más szakos tanár elsősorban azért, hogy a gyerekekkel kapcsolatos tapasztalatait összevesse sajátjaival, illetve más helyzetekben is megismerhesse őket. Az órát alkalmanként az iskolavezetés egyik tagja, a munkaközösség-vezető, a szaktanácsadó is meglátogatja. Az igazgató felel az iskolában folyó minden tevékenységért, ezért néha személyesen is meg kell győződnie a tanár és a tanulók közös munkájáról. Elsősorban nem szakmai, hanem irányítási, szervezési, pedagógiai szempontok szerint figyeli a tanítási-tanulási folyamatot. A munkaközösség- vagy szakcsoportvezető és a szaktanácsadó óramegfigyeléseinek általában

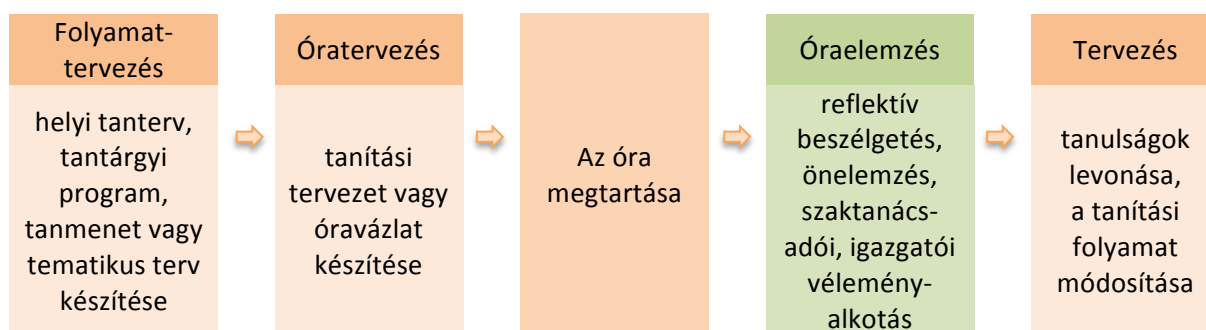
az a célja, hogy megerősítsék a tanárt mindabban, amit jól csinál. A kevésbé sikeres területeken pedig tanácsokkal, javaslatokkal segítik további szakmai és pedagógiai munkáját.

10.3.2. A tanítási órák tanári elemzése és értékelése

A természetismeret óra elemzése

A tanári munka során az **óraelemzés** éppoly szervesen beépül a tervezési folyamatba, mint az órák előkészítése (10.7. ábra). A természetismeret óra után a tanárnak mindig elemeznie kell saját munkáját annak érdekében, hogy a továbbiakban is eredményesen dolgozhasson a tanítványaival. Ez nem azt jelenti, hogy felsorolja, mi történt az órán, hanem azt, hogy megfogalmazza: mit miért csinált, és az milyen eredménnyel járt. Végiggondolja, hogy a tanulók honnan indultak és hová jutottak a tanulási folyamatban. Ha valami nem, vagy nem előzetes elképzelései szerint sikerült az órán, annak megpróbálja kideríteni az okát, és kigondolja, hogyan lehetne változtatni azon. Az elemzés történhet speciális pedagógiai nézőpontok alapján (például a tanár és a tanulók kapcsolata, a tanulók egymást támogató tevékenysége, vagy a tanulók önálló tevékenységi szintje), alapvetően azonban **a természetismeret szakmódszertan szempontjai alapján** folyik.

A tanárjelöltek és a gyakorló tanárok számára minden megfigyelt óra tanulságos, a pozitív és a negatív tapasztalatok egyaránt hozzájárulhatnak a fejlődésükhöz, ha az órákat körültekintő és több szempontú elemzés követi. Általános érvényű **óraelemzési szempontsort** nehéz összeállítani, hiszen optimális esetben minden tanítási óra más körülmények között és másként zajlik. Ennek ellenére nézzünk egy bőséges listát, amelyet a tanárképzésben részt vevő hallgatók használhatnak **önelemzéseik** során, illetve más által tartott órák hospitálását követő óraelemzések során.



10.7. ábra. Az óraelemzés helye a tanári tervezési folyamatban (Makádi M. 2006)

A természetismeret órák elemzési szempontjai

1. A tanítási egység helye és szerepe a tanítási-tanulási folyamatban

- A témakör helye a természettudományos tananyagrendszerben a tantervek alapján (a természetismeretben, valamint a földrajz, a biológia, a fizika és a kémia tananyagrendszerében).
- A tanítási egység helye a témakörben (kapcsolódása a megelőző és a következő tananyagrészekhez).
- A tantervi követelmények a témakör, azon belül a tanítási egység tananyagával kapcsolatban.
- A téma legfontosabb oktatási, képzési-fejlesztési és nevelési feladatainak megfogalmazása, a közöttük lévő kapcsolatok feltárása.
- A tanulók várható előzetes ismeretei, gondolkodása, készségei, amelyekre támaszkodhatott a tananyag feldolgozása során, feltételezések értékelése.
- A tantárgyi és a tantárgyközi koncentráció alkalmazása (építés a megelőzőre és a párhuzamosra, utalás a követőre).
- Az iskolán kívül szerzett tanulói ismeretek és tapasztalatok felhasználása a tananyag feldolgozása során.
- A tanórán szerzett tudás hasznosíthatósága a köznap életben.

2. A tanítási óra felépítése

- A választott órátípus és annak indoklása.
- A tanítási egység legfontosabb oktatási, fejlesztési és nevelési feladatainak megfogalmazása, azok összhangja.
- A didaktikai mozzanatok megválasztásának, belső arányának indoklása.
- A tanítási óra tartalmi egységeinek tagolódása, annak szaktudományos és pedagógiai indoklása.
- Az óra időbeosztása és összevetése a megvalósulással.
- A tanítási órát megelőző szervezési tevékenység.

3. A szaktudományi követelmények megvalósulása

- A tantervben szereplő főbb szemléleti kérdések érvényesülése.
- A tananyaghoz kapcsolódó fogalmi rendszer fejlesztése az órán.
- A természetismereti logika közvetítésének színvonala a tananyag feldolgozása során.
- A tanulói tapasztalati megfigyelés aránya és hatékonysága.
- Milyen átfogó képet szereztek a tanulók a tananyaggal kapcsolatban az óra végére?
- Mit tett a tanár a környezeti, a fenntartható fejlesztési szemlélet és az egészségtudatos életmód alakítása érdekében?

4. A didaktikai feladatok és módszerek megvalósítása

- Az egyes **didaktikai mozzanatok** megvalósulása az órán: célkitűzés, részkitűzések megoldása; motivációk alkalmazása; az új ismeretek feldolgozásának (tényanyag-szerzés, elemzés, általánosítás, rögzítés) arányai; az ismeretek alkalmazása, gyakorlati tevékenységek végzése; ismeretek ellenőrzése és értékelése (módszerei és arányai).

- Az egyes **munkaformák és módszerek** megvalósulása az órán: a tantervi követelményeknek való megfelelésük; igazodásuk a tanulók életkori sajátosságaihoz; a munkaformák változatossága; a szemléltető- és munkaeszközök használatának indokoltsága.
- A **természettudományos megismerési módszerek** alkalmazásának módja és eredményessége.

5. A készségfejlesztési feladatok és megvalósulásuk

- A főbb készségfejlesztési célkitűzések, feladatok és megvalósulásuk.
- A tanórai feladatok igazodása a tanulók aktuális képességi szintjéhez.
- A tanulók természettudományos gondolkodási készségének fejlesztése (a lényegkiemelés, az oksági összefüggések feltárásának, a következtetések és az összehasonlító elemzések színvonala).
- A különböző jellegű információhordozók használatával összefüggő képességek fejlesztésének módszerei.

6. A nevelési feladatok és megvalósulásuk

- A tervezett nevelési feladatok és az óra céljainak, tartalmának összefüggése.
- A tervezett nevelési feladatok megvalósítása.
- Az órán adódó spontán nevelési helyzetek megoldása.

7. A tanulók megfigyelése

- A tanulók magatartása, munkafegyelme.
- A tanulók aktivitása, részvétele az órai munkában.
- A tanulók önálló munkavégzési képességének szintje.
- A tanulók együttműködési képessége.
- Az osztály teljesítményének összevetése a tudásszintjükkel.
- Mennyire sikerült a tanárnak tudásuk, képességük és meglévő ismereteik szintjének megfelelően foglalkoztatni és fejleszteni a tanulókat?

8. Az óra eredményessége, hatékonysága

- A tematikus tervben, a tanítási tervezetben/óravázlatban megfogalmazott pedagógiai és szakmai elképzelések megvalósulása.
- A tanár eltérése saját tervezésétől (indoklással).
- A tanórai anyag elvégzésének mértéke.
- A tanulóban kialakult képzetek a tanított témával kapcsolatban.

9. A tanár munkájának értékelése

- A tanítási órára való felkészülésének színvonala (tanítási tervezete/óravázlata, az óra előkészítése).
- A tanár szakmai tudása.
- A tanár integrált természettudományos szemléletének színvonala.
- A tanár egyénisége: megjelenése, fellépése, aktivizáló képessége, kapcsolata és együttműködése a tanulókkal.

- A tanár kérdéskultúrája és problémafelvető képessége.
- A tanár beszédkultúrája, beszédmodora, hanghordozása, nyelvi kifejezőkészsége.
- A tanár pedagógiai képességei (például figyelem biztosítása, nem várt helyzeteket megoldó képessége).
- A tanár módszertani kulturáltsága.
- A tanár önértékelési képességének szintje.

10. A tapasztalatok összegzése

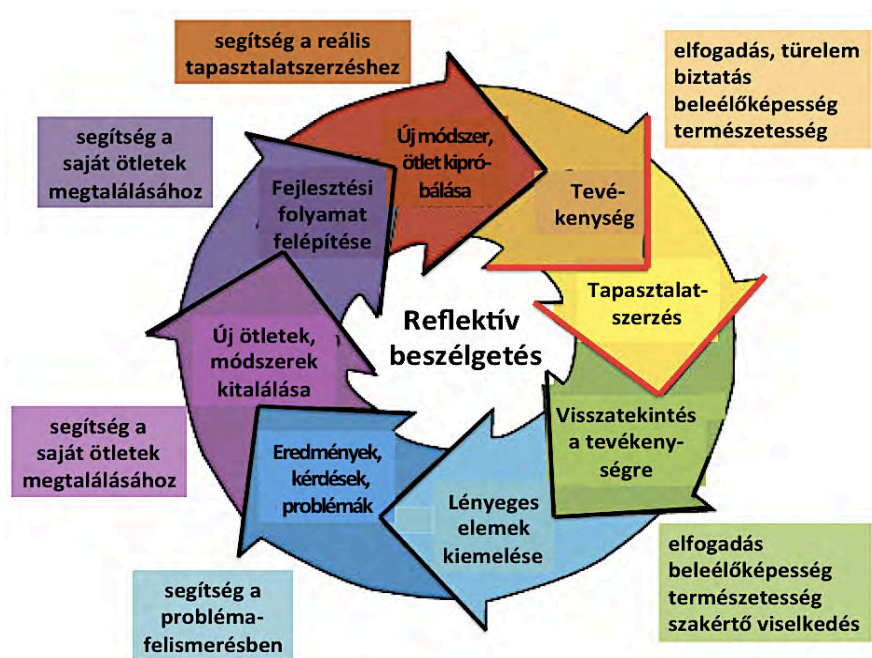
- A tanulságok levonása a tanítási óra eredményessége alapján.
- A következő kapcsolódó tanítási óra tervezésének szempontjai.
- Általános pedagógiai és szaktanári következtetések a jövőre nézve.



A **hagyományos óraelemzés** során először az órát tartó tanár elemzi saját munkáját az elemzési szempontok alapján (önelemzés), majd utána mások (például a hallgatók, a kollégák) is elmondják meglátásaikat (véleményalkotás) (10.8. ábra). Könnyen belátható, hogy minden óra után nem lehet valamennyi elemzési szempontot sorra venni, szükséges válogatni közöttük: a kiemelkedően jókról vagy a kevésbé sikeresekről érdemes beszélni. Fontos, hogy az óraelemzés során az eredményekről és a problémákról megfelelő arányban essék szó. Az eredményekről egyfelől azért, hogy a tanár megerősítést kapjon, másfelől azért, hogy az órát megfigyelők számára tudatossá váljon a jó példa. A sikertelenségek feldolgozása pedig segít abban, hogy a jövőben elkerülhetőek legyenek az oda vezető megoldások, hiányosságok. Az elemzés lényege annak a megfogalmazása, hogy a tapasztalatoknak milyen, jövőbe mutató tanulságai, következményei vannak, hogyan lehet eredményesebbé tenni a tanári munkát, ezen keresztül a tanulási folyamatot. A hospitálók

véleményére a tanárjelölt válaszol (például kiegészíti indoklásait), majd értékeli saját munkáját a szaktanári és az általános pedagógusi kompetenciák szempontjából. A tanulságokat és a végső következtetéseket célszerű a jelenlévőkkel közösen megfogalmazni.

A hagyományosnál tudatosabb, mélyebb elemzésre adhat lehetőséget a **reflektív beszélgetés**. Az abban résztvevők mint egyenrangú beszélgetőpartnerek, hangosan gondolkodnak az órai tapasztalatokról. A beszélgetés irányítójának (például a vezető- vagy a mentortanárnak) feladata, hogy segítsen megtalálni a kapcsolódási pontokat az elméletben (például természettudományokban, szakmódszertanban, pedagógiában, pszichológiában) tanultak és a gyakorlat között. Tulajdonképpen egy természetes tanulási folyamaton vezet végig az órát tartót és a beszélgetés résztvevőit (10.9. ábra). Közvetett módon segíti a tanári mesterség elsajátítását azáltal, hogy felfedeztetni az eredményhez vezető utat. Az ítéletek helyett annak megértetésére törekszik, hogy az óraelemzés a problémák feltárása érdekében történik, hiszen az teremtheti meg a tanári tanulás, továbbfejlődés lehetőségét. Az ilyen beszélgetések során tökéletesedhet a tanár természetismeret tanításáról és tanulásáról való felfogása, tudatosabbá válhatnak a módszerei, a tanulók tudáshoz való juttatásának stratégiái.



10.9. ábra. A reflektív beszélgetések sémája (Korthagen 2005 modellje alapján)

A természetismeret óra értékelése

A **tanítás hatékonyságát** mérni egy-egy óra után alig lehet, tehát azon nem alapulhat a **tanári munka értékelése**. Arra csak alkalmanként van lehetőség, hogy a tanóra előtt és után is mérjük a tanulók tudását, hiszen a természetismeret tudásanyaga nem lineárisan bővül, nem is a mennyiségi gyarapodása a lényeg, hanem az órák sorozatában, folyamatosan mélyül és differenciálódik. Tehát ilyen mérés legfeljebb témakörönként, de inkább még

nagyobb egységenként (például az életközösségek vagy a tájak feldolgozása után) vagy időszakonként (például a természettudományos szemléletet vagy a vizsgálódási készséget félévenként) indokolt. A tanári hatékonyság értékelésének másik problémája, hogy vajon a tanulók tudása (természettudományos ismeretei, gondolkodása, készségei) tükrözi-e a tanári munkát. Mivel erre a kérdésre csak a „részben” választ adhatjuk, a tanári értékelésnek egy másik faktora is van: a „hozzáadott érték”, vagyis az, hogy **a tanár mit tett a tanulói tudásfejlődés érdekében**. Ezért az óraelemzéseket követően célszerű összegyűjteni a hallgatókkal a fejlesztő tevékenységeiket. Ennek akkor van igazán értelme, ha nem csupán egy lista készül, hanem hozzátesszük, hogy miért, mi célból történtek az egyes tanári és tanulói tevékenységek, milyen eredményre vezettek és mi lesz a folytatásuk. Célszerű ezek hatékonyságát pontozással is értékelni (10.8. táblázat).

Tevékenység		Célja	Eredménye	Ráépülő tevékenység
Tanári	Tanulói			
				1
				2
				3
				4
				5
				1
				2
				3
				4
				5

stb...

10.8. táblázat. A tanulói tudást fejlesztő tevékenységeket értékelő táblázat (Makádi M.)

Erősségeim						Gyengeségeim					
	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5
	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5
	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5
	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5
	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5

erős nagyon erős
gyenge bizonytalan

10.9. táblázat. A tanórai tanári munka önértékelési mérlegét segítő táblázat (Makádi M.)

A szaktanári kompetenciáknak azonban van egy másik nagy területe is, **a szaktudományi munka**. Ennek értékelése a tanár természettudományos tudására (például tiszta fogalomhasználat, biztos ismeretek, problémacentrikus jelenségbemutató, integrált szemlélet) és annak átadására egyaránt vonatkozik. Érdekes az óraelemzés és értékelés végén megfogalmaztatni az órát tartóval tanítási munkájának **erősségeit és gyengeségeit** (9.9. táblázat) annak érdekében, hogy még tudatosabb legyen a további szaktanári munkája. Az így készült önértékelések fontos részét képezik a tanári portfólióknak is.

Hallgatói kérdések és feladatok

1. Tanulmányozza át a Nemzeti alaptanterv (2012) és az általános iskolai kerettanterv (2012) természetismeretre vonatkozó követelményeit! Mutassa be a két dokumentum alapján a tantárgy legfőbb szaktudományos követelményeit!
2. Értékelje a fogalomépítkezés folyamatát az egy témakör tanítását végigkísérő hospitálásokat követően!
3. Értékelje a természettudományos alapkészségek fejlesztésének folyamatát egy témakör tanítását végigkísérő hospitálásokat követően!
4. Értékelje a hospitált természetismeret órákat az óraelemzési szempontsor egy-egy szempontcsoportja alapján!
5. Értékelje saját természetismeret tanári munkáját a mikrotanítást követően az adekvát óraelemzési szempontok alapján!

A fejezetben felhasznált és ajánlott irodalom

1. Csapó B. (szerk., 2002): Iskolai tudás. Osiris Kiadó, Budapest, pp. 91–122.
2. Csapó B. (szerk., 2002): Az iskolai műveltség. Osiris Kiadó, Budapest, 320 p.
3. Csapó B. – Szabó G. (szerk., 2012): Tartalmi keretek a természettudomány diagnosztikus értékeléséhez. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, pp. 179–311.
4. Falus I. – Kimmel M. (2009): A portfólió. Gondolat Kiadói Kör, Budapest, 168 p.
5. Kimmel M. (2002): A reflektív gyakorlat gyökerei. Pedagógusképzés. 2002, 3. pp. 120–123.
6. Korthagen, F. – Vasalos, A. (2005): Levels in reflection: core reflection as a means to enhance professional growth. Teachers and Teaching: theory and practice, Vol. 11. No. 1. pp. 47–71.
7. Makádi M. (2005): Földönjáró 2. Módszertani kézikönyv. Stiefel Eurocart, Budapest, pp. 151–188.
8. B. Németh M. – Korom E. (2012): A természettudományos műveltség és az alkalmazható tudás értékelése. In: Csapó B. – Szabó G. (szerk.): Tartalmi keretek a természettudomány diagnosztikus értékeléséhez. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, pp. 59–92.
9. B. Németh M. – Korom E. – Nagyné (2012): A természettudományos tudás nemzetközi és hazai vizsgálata. In: Csapó B. (szerk.): Mérlegen a magyar iskola. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, pp. 131–190.
10. Vidákovich T. (2013): A deduktív gondolkodás diagnosztikus vizsgálata az 5., 7. és 9. évfolyamon. In: Molnár Gy. – Korom E. (szerk.): Az iskolai sikerességet befolyásoló kognitív és affektív tényezők értékelése. Nemzedékek Tudása Tankönyvkiadó, Budapest, pp. 237–254.
11. Kerettanterv az általános iskola 1–4., illetve 5–8. évfolyama számára. A kerettantervek kiadásának és jóváhagyásának rendjéről szóló 51/2012. (XII. 21.) számú EMMI rendelet mellékletei
12. Nemzeti alaptanterv – Melléklet a 110/2012. (VI. 4.) Korm. Rendelethez
13. Természetismeret tankönyv és munkafüzet – Kísérleti tankönyv. 5. évfolyam. OFI, Budapest (www.ofi.hu)
14. Természetismeret tankönyv és munkafüzet – Kísérleti tankönyv. 6. évfolyam. OFI, Budapest (www.ofi.hu)

Fogalomtár

absztrakció: elvonatkoztatás, elvonás, lényeges tulajdonságok kiemelése, elkülönítése.

adszorpció: gáz, gőz vagy folyadék megkötődése egy szilárd felületen.

alaprajz: a tárgyak felülnézetből készült, a valósággal megegyező méretű körvonalas rajza.

alföld: a tengerszint fölé 200 m-nél nem magasabbra emelkedő síkság.

algebra: a matematika egyik fő területe; az elemi algebra (ami része a középiskolai oktatásnak), olyan alapfogalmakat vezetve be, mint például az összeadás és szorzás tulajdonságai, a változó fogalma; nemcsak közvetlenül számokkal dolgozik, hanem szimbólumokkal és halmazok elemeivel is.

algoritmus: megengedett lépésekből álló módszer, részletes útmutatás, recept, utasítássorozat, ami alkalmas egy feladat, felmerült probléma véges lépésekben való megoldására.

analógiás gondolkodás: a meglévő tudás felelevenítéséből áll, annak érdekében, hogy megértsük a számunkra ismeretlen, új információkat. Az analógiák segítik az információk összekapcsolását és ezzel az átfogó, integrált tudásstruktúrák kiépülését. Két rendszer akkor analóg, ha megfelelő részeik világosan megfogalmazható kapcsolataikban megegyeznek. Minden értelmi cselekvés magában foglalja, a kognitív képességek alapja, az intelligencia egyik fontos jellemzője. Az analógiák előfordulnak a mindennapi gondolkodásban, a gondolkodás és a magyarázat eszközei, segítik a problémamegoldást, az új helyzet megértését a tanulásban és a tudományos felfedezésekben.

antibiózis: szó szerint élet-ellenes hatás; „A” élőlény (faj) olyan anyagot választ ki magából, amely „B” élőlény (faj) szaporodását meggátolja.

anyag: ami elidegeníthetetlenül rendelkezik néhány alapvető tulajdonsággal, mint a kölcsönhatás és a tehetetlenség; két fajtáját különböztetjük meg: a különálló részecskékből felépülő korpuszkuláris anyagot és a folytonos sajátságot mutató mezőt, amelyek szoros kapcsolatban vannak egymással, egymásba átalakulhatnak.

apoláris molekula: olyan molekula, amelyben a töltések szimmetrikusan oszlanak el, ezért nincs elektromos dipólus momentuma, azaz nem dipólus (innen ered az apoláris elnevezés). Szigorúan tekintve csak az olyan molekulák apolárisak, amelyek azonos atomokból épülnek fel (H_2 , O_2 , Cl_2). Különböző atomokból álló molekulák akkor lehetnek apolárisak, ha a molekulán belül a kötések

polaritása olyan irányú és nagyságú, hogy egymás hatását lerontják illetve megszüntetik (pl. CH_4 , CO_2 , CCl_4).

Apollo-program: az Amerikai Egyesült Államok második, emberek részvételével végrehajtott űrprogramja volt 1961 és 1972 között, aminek keretében többször emberek is jártak a Holdon.

aranymetszés: a természetben és a művészetben is gyakran előforduló nevezetes arány, számértéke 1,618... (végtelen tizedes tört); egy szakasz kétfelé osztása úgy, hogy az egész úgy aránylik a nagyobb részhez, mint a nagyobb a kisebbhez, vagyis $(a+b)/a = a/b$.

asztalközösség (kommenzalizmus): „A” és „B” élőlénynek (fajnak) ugyanaz a tápláléka, de „B” csak „A” maradékát fogyasztja el.

atomidő: a mai időrendszerünk alapja, amit atomórák láncolatával, nemzetközi megállapodás alapján mérnek; alapegysége az atommásodperc (a 133-as tömegszámú cézium izotóp két, ún. hiperfinom állapota közötti elektronátmenet során keletkező elektromágneses sugárzás egy periódusának 9 192 631 770-szerese).

állóvíz: a felszíni mélyedésekben felgyülemelő víz, azaz a világtenger és a különböző fejlettségi állapotban lévő tavak összefoglaló neve, amelyek vize azonban nem feltétlenül áll (folyik, áramlik).

árok (beszakadt árok): vetődéssel kialakult szerkezeti forma, leggyakrabban a földkéreg két helyben maradt vagy kiemelt röge közötti, többé-kevésbé párhuzamos vetősíkok mentén lesüllyedt darabja.

ásványvíz: olyan felszín alatti víz, amely literenként 1 grammnál több ásványi anyagot tartalmaz.

belső energia: a termodinamika I. főtétele alapján definiáljuk, mely összhangban van az energia-megmaradás törvényével. Egy rendszer belső energiája megváltozhat, ha hőt vesz fel vagy ad le, valamint ha a rendszeren munkát végzünk vagy a rendszer végez munkát. Állapotfüggvény. Egy zárt rendszer összes energiátartalmát jelenti, annak megfelelően, hogy miből áll a rendszer, milyen a felépítése. Halmazállapotától függetlenül minden rendszert atomok és/vagy molekulák és/vagy ionok (gyűjtőnevről részecskék) alkotnak, amelyek különböző módon mozoghatnak. E mozgások energiája a belső energia egy része (termikus energia). Ha a rendszer ideális gáz, részecskéi egyenes vonalú egyenletes mozgást végeznek és egymással tökéletesen rugalmasan ütköznek. A kinetikus gázelmélet alapján az ideális gáz részecskéinek összes mozgási energiája és egyben a belső energiája: $U = (f/2)n.R.T$, ahol f a részecskék szabadsági fokainak a száma, n a molszám, R az egyetemes gázállandó, T a Kelvinekben mért hőmérséklet. Az ideális gáz részecskéi azonban még más energiákkal is rendelkeznek, amelyek szintén a belső energia részei. Az atomok ugyanis elektronburokból és atommagból állnak, az atommag is további részecskéket tartalmaz. Az elektronok különböző pályákon mozognak, az atommagban pedig a nukleáris energia van tárolva, ami a mag részecskéit együtt tartja. Ezek az energiák képezik a belső energia másik részét,

amelyeknek abszolút értéke nem határozható meg.

belvíz: a felszínre bukkanó talajvíz, amely hosszabb-rövidebb ideig megmarad a mélyedésekben.

Big Bang („Nagy Bumm”, angolul „The Big Bang”), ősrobbanás: egy olyan tudományos kozmológiai elmélet, ami szerint a Világegyetem egy rendkívül sűrű és forró állapotból fejlődött ki kb. 13,7 milliárd évvel ezelőtt.

biológiai óra: 1. a napi (cirkadián) fény- és hőváltozások 24 órás ritmusához való igazodás; 2. emlősökben a hipotalamusz egyes idegsejt csoportjainak működése, amely – bizonyos mértékig még a külső ingerektől elszakítva is – beállít egy nagyjából 24 órás ritmust az élőlény tevékenységében, működésében.

bolygó: saját fénnel nem rendelkező, nagyobb tömegű (olyan nagy, hogy kialakuljon a hidrosztatikai egyensúly), ezért közel gömb alakú égitest, amely valamely csillag körül kering, amitől fényét kapja.

céziumóra: cézium-133 atommal működő óra, ami az atomidő mérésére alkalmas.

Coulomb-törvény: két pontszerűnek tekinthető nyugvó töltés között ható erő, aminek nagysága egyenes arányos a töltések nagyságával és fordítottan a köztük lévő távolság négyzetével.

csapadék: 1. Időjárási, éghajlati elem; a levegőben lévő vízpára kicsapódásával keletkező és a felszínre jutó cseppfolyós vagy szilárd halmazállapotú víz; 2. kémiai értelemben: a kémiai folyamat során a vízben vagy az oldószerben keletkező nem oldható anyag.

csillag: óriási méretű, izzó, ezért világító gázburokkal (fotoszférával) rendelkező, magas hőmérsékletű plazma gázgömb, aminek az anyagát a tömegvonzása tartja össze, a magjából az elemi részek, atommagok egyesülése (fúziója) során felszabaduló hatalmas mennyiségű energiát sugározza ki.

Csurmujov-Geraszimenko (67/P) üstökös: a Rosetta űrszonda célégitestje, egymásba kapcsolódott két égitest (központi magjának átmérője 4 km, keringési ideje 6,5 év); a második olyan üstökös, amire ember által alkotott tárgyat juttattak, és az első, aminek a felszínén műszereket helyeztek el (2014).

deduktív: az a következtetési mód (logikai út), amikor egy általános érvénnyel elfogadott tételből (állításból) következtetünk annak valamely konkrét esetére, az egyedire; az induktív út ellentéte.

deklaratív tudás: az a tudás, amit kimondhatunk, megfogalmazhatunk; a „tudni mit ?” kérdésre adandó válasz (pl. a számadatokat könnyen megjegyzem).

dipól-dipólus kölcsönhatás: a másodrendű kölcsönhatások egyik típusa, amely létrejöttének oka az ún. orientációs effektus, ami a dipólus molekulák között fellépő vonzásból adódik. Ugyanis aszimmetrikus töltéeloszlásúak, és az azonos töltésű részek taszítják, míg az ellentétes töltésű részek vonzzák egymást, s így orientált elrendeződés alakul ki: a dipólusok ellentétes töltésükkel egymás felé fordulnak. A dipólus-dipólus kölcsönhatás során a dipólus molekulák ellentétes pólusai közötti vonzás tartja össze a dipólus molekulákból felépülő halmazt.

domborzati térkép: közepes vagy kis méretarányú térkép, amely a földfelszín ábrázolt területének vízhálózatán túl a domborzatát színekkel és/vagy szintvonalakkal, pontjainak tengerszint feletti magasságát számokkal ábrázolja; az iskolai földrajzoktatásban használjuk.

dombság: 200–500 m tengerszint feletti magasságban fekvő terület.

együttélés (szimbiózis): „A” és „B” élőlény (faj) kölcsönösen előnyös egymásra hatása.

elektromágneses kölcsönhatás: az elektromágneses mező fizikája. Az elektromos mező a statikus elektromosságot előidéző töltés eredménye (amely elektromos vezetőben elektromos áramot hoz létre). A mágneses mező az elektromos töltés mozgásából származik (elektromos vezetőben folyó áram) és az állandó mágnesekhez hasonló mágneses erőben nyilvánul meg. Elektromágneses erőnek nevezik az elektromágneses mezőnek az elektromos töltésű részecskékre gyakorolt hatását. Az atomok, molekulák, ionok közötti kölcsönhatásokban, minden erő e részecskék belsejében lévő elektromos töltésű protonokra és elektronokra ható elektromágneses erőre vezethető vissza. Például amikor húzunk vagy nyomunk valami tárgyat, az általunk kifejtett erő a testünk és a tárgy egyes molekulái közötti kölcsönhatás eredménye, sőt az elektronok mozgásából adódó kölcsönhatásokon keresztül minden kémiai folyamat is ezeken az erőkön keresztül zajlik.

elektromágneses sugárzás: az elektromágneses mező mozgása, egymásra merőlegesen haladó oszcilláló elektromos és mágneses tér, amely a térben hullám formájában fénysebességgel terjed energiát és impulzust szállítva. Minden optikai vagy rádió-frekvenciás jelenség ténylegesen elektromágneses természetű.

elektromosság: általános fizikai fogalom arra a jelenségre, amelynek során elektromos töltések jelenlétéről, mozgásáról, hatásairól van szó.

ellenlábás pont: egy pontnak a Föld középpontján keresztül tükrözött pontja a földgömbön; az ellenkező félgömbön ugyanazon a földrajzi szélességen és a 180^0 és az eredeti hosszúság különbségének földrajzi hosszúságán fekszik.

endoszimbiózis: eukarióta (sejtmaggal rendelkező) élőlény (faj) együttélése prokarióta (sejtmag nélküli) élőlénnel (baktérium fajjal) oly módon, hogy az utóbbi már nem önállóan él, hanem a „gazdasejtben” mitokondrium (sejtszervecske) formájában.

energia: általános értelemben a változtatásra való képességet jelenti, a fizikában a testek és a részecskék sokaságából álló rendszerek pillanatnyi állapotát leíró mennyiség, állapotjelző.

energiálánc: az energia-átalakító egységek (konverterek) olyan sorozata, amelyek összekötik az energiaforrásokat a végső felhasználással.

energia-megmaradás törvénye: zárt rendszer teljes energiája, azaz az egyes összetevők energiájának összege nem változik.

energiafajták: 1. a mechanikában a mozgási és a helyzeti energia; 2. általánosítva minden kölcsönhatástípushoz tartozik egy energiafajta.

energiaforrás: a természet olyan anyagi rendszereit lehet energiaforrásnak tekinteni, amelyekből technikailag gazdaságosan hasznosítható energia „nyerhető” (alakítható át), az adott társadalmi, politikai, műszaki fejlettségi stb. körülmények között.

energiahordozó: olyan anyag vagy jelenség, amivel mechanikai munka és/vagy hő állítható elő, és ezáltal kémiai vagy fizikai eljárások működtethetők és/vagy fűthetők.

erő: különböző kölcsönhatások mozgásállapot-változtató hatásának leírására bevezetett vektormennyiség, amelyet az erő hatására történő impulzusváltozás gyorsaságával definiálunk, és így van iránya; SI egysége: N (newton).

erő-ellenerő: Newton III. törvénye, amely szerint két test kölcsönhatásakor mindkét test erővel hat a másikra, ezek az erők egyenlő nagyságúak és ellentétes irányúak.

erőmű: az energiát számunkra felhasználható formává, elsősorban elektromos és termikus energiává átalakító ipari üzem.

exkluzív gondolkodásmód: a világ dolgainak olyan megfigyelése, elemzése, amely csak néhány meghatározott szempontra figyel, és a többit „kizárja”, ezzel leegyszerűsíti a vizsgálati helyzetet.

éghajlat: adott légtér hosszú időn át jellemző időjárásainak teljes együttese, rendszere, amely a napsugárzás, a légkörzés és a földfelszín tulajdonságainak (tengerszint feletti magasság, domborzat, a felszín anyaga, növényzet) következménye; azon időjárási viszonyoknak az összessége, amelyek az adott helyen évről évre, csaknem azonos módon, törvényszerűen bekövetkeznek.

élethosszig tartó tanulás: egész életen át tartó tanulási folyamat, ami magában foglal minden spontán és akaratlagos ismeret- és tapasztalatszerzést, tanulást, művelődést.

élősködés (parazitizmus): „A” élőlény (faj) „B” élőlény (faj) testének bizonyos anyagait használja saját maga számára, s ezzel az utóbbit károsítja.

falu: a városnál általában kisebb, zárt, csoportos, laza, földszintes beépítésű, állandóan lakott település, amely főleg alapfunkciókkal rendelkezik, és lakói jobbára (eredetileg) mezőgazdasággal foglalkoznak.

felhajtóerő: minden folyadékba vagy gázba merülő testre ható erő, ami egyenlő nagyságú a test által kiszorított folyadék vagy gáz súlyával, a hidrosztatikai nyomáskülönbségből származik.

felszínformálódás: belső erők (magma, vulkanikus folyamatok) vagy külső erők (pl. napsugárzás, víz, jég, élővilág, társadalom) következtében létrejött változás a felszínen.

felszíni vizek: a Föld felszínén található természetes és mesterséges állóvizek, vízfolyások, továbbá a térszínen lefolyó víz, de tágabb értelemben a sarkvidéki és magashegységi jégtömegek is ide sorolhatók.

feltöltődés: 1. a külső erők által szállított törmelék- vagy hordalékanyag lerakása. 2. az állóvizek terület- és mélységcsökkenésének természetes folyamata.

felületi feszültség: a (saját gőzével érintkező) folyadék egységnyi felületének energiatöbblete a folyadék belsejéhez képest, a folyadék felszínének megnöveléséhez szükséges munka. A folyadékok alapvető tulajdonsága, ami miatt azok a lehető legkisebb fajlagos felületű alakzatot igyekeznek felvenni, ha külső erőter nem hat rájuk. Oka a folyadék részecskéi között fellépő kohéziós erő. Mértékegysége N/m.

femtokémia: atom-atom között lejátszódó elektronátmenet (kémiai reakció) vizsgálatával foglalkozó reakciókinetikai terület, amely a rendkívül rövid idejű (femtosekundumos) lézerimpulzusokat használja fel.

fennsík: 200 m-nél nagyobb tengerszint feletti magasságban elhelyezkedő síkság.

fény: az emberi szemmel érzékelhető (400–800 nm hullámhossz-tartományba eső) elektromágneses sugárzás.

fogalmi váltás: az a folyamat, amikor a tanulók gondolkodásában egy csak korlátozottan adaptív előzetes tudás mellett megjelenik annak egy alternatívája, egy másik fogalmi háló, értelmezéseknek egy új rendszere, amelyet a tanuló elfogad.

fogyasztás: a termelés végső célja, amelynek során az emberek különféle szükségletei kielégítődnek, miközben fel- és elhasználódnak a létrehozott anyagi javak, szolgáltatások; a lakossági fogyasztás az egyének, a közösségi fogyasztás a társadalom közös szükségleteinek kielégítését jelenti.

folyamat mozaik ábra: egy folyamat, jelenség bemutatására alkalmas ábratípus, ami a folyamat

részfolyamatait, az egyes időpillanatok eseményeit, lényeges mozzanatait egymás mellett ábrázolja (a képregényhez hasonlóan), így az állapotváltozások, részfolyamatok könnyen felismerhetők, értelmezhetők.

folyamatábra: egy folyamatot, jelenséget bemutató ábratípus, ami egyben tekinti át az egészet, ezáltal különösen a kapcsolatok, az ok-okozati összefüggések megértését segíti elő.

folyó: olyan természetes felszíni vízfolyás, amelynek vizét a gravitáció tartja mozgásban, forrásból vagy valamely felszíni vízből ered, és egy másik vízfolyásba, tóba vagy a világtengerbe torkollik; általában 100–1000 km hosszú és 1000–50 000 km² vízgyűjtő területű vízfolyás.

forráshő: adott körülmények között 1 kg anyag teljes elforrálásához szükséges energia.

főfolyó: az a folyó, amelybe a vízgyűjtő területén lévő összes vízfolyás belevezeti a vizét.

földrajzi fókusz (koordinátarendszer): a szélességi körök és a hosszúsági körök képzetes hálózata, amely segítségével bármely földi pont helyzete pontosan, objektíven meghatározható.

geocentrikus világkép: ókori elmélet, amely szerint a Föld a Világmindenség középpontja, és körülötte kering az összes égitest, mint például a Nap, a Hold és a többi bolygó.

geológiai (belső) erők: a kőzetburok nagy elmozdulásait és alakváltozásait létrehozó erők, amelyek energia- és anyagáramlásokat működtetnek (pl. nehézségi erő, a Föld belső hője/termikus erő, geokémiai erő, mechanikai erő és áramlási erő).

geotermikus energia: az egyik legolcsóbb megújuló energiaforrás; tágabb értelemben: a Föld belső hőjéből származó energiamennyiség, amely a földi hőáramban a felszín közelébe kerülve a kőzetekben és a pórusvízben tárolódik; szűkebb értelemben: a Föld belső hője által fűtött hévízben tárolódó energia.

Gergely-naptár: a legelterjedtebben használt naptár a Földön (1582 óta), amit a julián naptár módosításával hoztak létre azért, hogy a naptárnak minimális legyen az eltérése a csillagászati évhez képest.

golyómodell: az anyag részecskékből (atomok és/vagy molekulák és/vagy ionok) való felépítése modelljének még egyszerűbb változata, amikor ezeket gömb alakúnak képzeljük.

gömbhéjas szerkezet: az égitestek anyagának sűrűségüknek megfelelő gömbhéjakba rendeződése a gravitáció és a forgás következtében; a Földön három fő belső gömbhéj (földmag, földköpeny és földkéreg), valamint a felszín fölött négy külső gömbhéj (talaj-, levegő-, vízburok, bioszféra) különül el.

gördülő tervezés (Rolling Forecast): előrejelzéssel kiegészített rugalmas tervezési technológia; az üzleti életben terjedt el, biztosítja, hogy naprakész és pontos adatok kerüljenek a tervbe és a piac változásaira gyorsan tudjanak reagálni a piaci szereplők; az oktatásban a stratégia időnkénti felülvizsgálatát, újragondolását és módosítását jelenti.

gravitációs kölcsönhatás: bármilyen két, tömeggel rendelkező test között fennálló kölcsönhatás, a gravitációs erő a testek egymás felé gyorsulását okozza.

gyógyvíz: olyan ásványvíz, amelynek fizikai, kémiai tulajdonságai alapján gyógyhatása van.

gyorsulás: a sebesség változási gyorsasága (idő szerinti deriváltja), vektormennyiség; jele a , mértékegysége: m/s^2 .

gyűrődés: a felszínen és a mélyben oldalirányú nyomóerők hatására a földkéregben bekövetkező folyamat, amely gyűrt szerkezeteket hoz létre.

habitat: egy faj populációt alkotó egyedeinek az élőhelyen elfoglalt helye.

halmazállapot: az anyag megjelenési formája, a legtöbb kémiai anyag – a hőmérséklettől és a nyomástól függően – négy halmazállapotban lehet stabilis állapotú: szilárd, folyékony, gáz (légnemű) és plazmaállapot.

halmazállapot-változás: az anyagok halmazállapotának megváltozása, amelyet hőmérsékletének valamint nyomásának bizonyos fokú változása idéz elő. Ez a változás mindig visszafordítható (reverzibilis) folyamat, ha közben termikus bomlási folyamat nem megy végbe.

hatás-ellenhatás: a két erő azonos nagyságú, azonos hatásvonalú, de ellentétes irányú. Ezt a törvényt az erő-ellenerő vagy a hatás-ellenhatás törvényének nevezzük. (Newton 3. törvénye)

háromszintű tantervi szabályozás: a közoktatás tartalmának szabályozási rendszere (hazánkban 1998 óta először a 1993. évi LXXIX. törvény alapján), aminek szintjei: 1. a meghatározó Nemzeti alaptanterv, 2. a választható kerettanterv, 3. az iskolai pedagógiai programok részét képező helyi tantervek.

hálózat: több (akár nagyon sok) csomópont kapcsolatrendszer; meghatározó jellemző, hogy vannak-e a hálózatnak kisebb-nagyobb központként funkcionáló elemei, és hogy a kapcsolatok számát tekintve a csomópontok fokozatos sorba állíthatók-e egy skálán.

hegység: összetett felszínforma, több hegy csoportja.

heliocentrikus világkép: amely szerint a Föld és a többi bolygó kering a Nap, a Hold pedig a Föld körül.

helyi középszoláris idő: egy képzeletbeli közép-Naphoz viszonyított idő, ami a Föld különböző hosszúsági körein eltérő, mindig a Nap adott helyen való delelési pontjától függ.

helyváltoztató mozgás: olyan aktív vagy passzív mozgás, melynek során megváltozik a testnek, az élőlénynek a Földhöz viszonyított helye, a test elmozdul (pl. futás, repülés).

helyzeti energia: az az energia, amellyel egy test rendelkezik konzervatív erőterben, mely egyenlő azzal, amennyi munkát a test helyzeténél fogva tud végezni. Nagyságát mindig valamilyen nulla energiaszinthez viszonyítják.

helyzetváltoztató mozgás: olyan aktív vagy passzív mozgás, amely során a testnek, élőlénynek nem változik meg a Földhöz viszonyított helye (pl. testrészek vagy alkatrészek mozgása, növekedés).

hévíz (termálvíz): 20°C -nál melegebb felszín alatti víz.

„high road” tudástranszfer: olyan tudásátvitel, ami a fő ötleteket, elképzeléseket, stratégiákat elvonatkoztatja az egyeditől, sémákká alakítja, azaz általánosít.

hold: 1. bolygó körül keringő, azzal tömegvonzása révén kapcsolatban lévő kisebb égitest; 2. nagy kezdőbetűvel írva a Föld egyetlen természetes kísérője, amelynek keringési és forgási ideje azonos (ezért mindig ugyanazt az oldalát mutatja a Föld felé).

holdfázisok: a Hold látszó alakjai, a holdkorong megvilágított részei, amelyek a Hold Föld körüli keringése során folyamatosan váltják egymást (újhold, első negyed holdtölte/telihold, és utolsó negyed).

holisztikus: teljességre, egészlegességre törekvő (holo görög szócska jelentése teljes, egész); a világot teljes egésznek, annak különféle dolgait egymással összefüggésben lévőnek, dinamikusan együtt változónak, különválaszthatatlannak érzékelő és magyarázó felfogás, amely szerint nem lehet és nem szabad egymástól elválasztani, elkülöníteni az egyes dolgokat, jelenségeket, mert különben téves következtetésre juthatunk.

holográfia: térhatású kép készítése egy tárgyról (az elkészült kép neve: hologram); a tárgy olyan optikai leképezése sík felületre, amely kép a tárgyról kiinduló (arról visszavert) sugarak által hordozott összes információt tartalmazza.

hő: termodinamikai alapfogalom, az energiaközlés egyik formája, minden olyan energiaváltozást magában foglal, ami nem fordítódik munkára termodinamikai rendszerek kölcsönhatása során. Általános jelölése: Q . Mértékegysége a J (joule).

hőáramlás: az energiaterjedés olyan formája, amely a részecskék többé-kevésbé rendezett, egyirányú mozgásával történik.

hőelnyelés: endoterm folyamat, olyan változás, amely során az anyag belső energiája nő, a környezet energiája csökken, vagyis a rendszer hőt von el a környezetétől.

hőmérséklet: az anyagok egyik fizikai jellemzője, állapothatározó. Fizikai szempontból a hőmérséklet az anyagot felépítő részecskék átlagos mozgási energiájával kapcsolatos mennyiség.

hősugárzás: a hő terjedésének az a módja, mely során az nem részecskéről részecskére halad a testekben, hanem elektromágneses sugárzás formájában.

hőszigetelő anyag: hőszigetelő tulajdonsággal minden anyag rendelkezik. A hőszigetelő-képesség mutatására szolgál az ún. hővezetési tényező, mértékegysége W/mK. Minél kisebb az értéke, az anyag annál jobb hőszigetelő (pl. az expandált polisztirol anyagának a celláiba zárt, a kőzet- és az üveggyapot a rostokon megkötött levegővel hőszigetel).

hőtágulás: az a fizikai jelenség, amikor valamely anyag a hőmérsékletének változásával megváltoztatja a méretét; melegítés hatására az anyagok általában tágulnak (kivétel például a víz 0–4 °C között).

hőtágulási együttható: a tágulás relatív mértékét fejezi ki.

hőterjedés: hőközlés folyamata, formái: hővezetés, hőáramlás; hősugárzás.

hővezetés: a hőterjedésnek az a formája, amely során a hőátadás a belső energia részecskéről részecskére való átadásával történik.

humusz: természetes eredetű, többféle nagy molekulájú vegyületet magába foglaló szervesanyag-csoport, amely a talajok termőképességét adja; az elhalt növények bomlástermékeiből és az élőlények kiválasztástermékeiből mikroorganizmusok közreműködésével keletkezik.

időjárás: a légkör fizikai állapotának, vagyis az időjárási elemeknek egy adott helyen, rövid időn belüli változása.

időjárási és éghajlati elemek: az időjárás és az éghajlat jellegzetességeit meghatározó tényezők: elsősorban a napsugárzás, hiszen attól függ a többi elem: a levegő hőmérséklete, a levegő nyomása (légnyomás), a levegő mozgása (szél és légáramlások), páratartalma, a felhőzet és a csapadék.

időzóna: a földfelszínnek az a területe, melynek időmérő eszközei azonos időt (zónaidőt) mutatnak, a terület középső hosszúsági körének helyi középidejét; elméletileg egy 15⁰ széles, hosszúsági körökkel határolt sáv (gömbcikk), valójában az országhatárokhoz (is) igazodik.

impetus-elmélet: e szerint minden mozgó fizikai test egy sajátos impetus (erős lökés, mozgási energia-impulzus) révén lendül mozgásba, amely a fizikai közeg ellenállása révén fokozatosan enyészik el.

induktív: következtetési mód (logikai út), egy speciális esetből, adatból, tényből valamely általános törvényszerűsége való következtetés; tulajdonképpen általánosítás.

inerciarendszer: olyan vonatkoztatási rendszer, amelyben a magára hagyott testek állnak vagy egyenes vonalú, egyenletes mozgást végeznek.

integrált tantárgy: több tudományág ismeretanyagát a résztudományok egymás közötti kapcsolata alapján egy rendszerbe foglaló tantárgy (pl. a környezetismeret).

iránytű: a világtájak meghatározására szolgáló eszköz; egy kis tengely hegyére fektetett, szabadon elmozduló mágnesezett acéltű, amely a Föld mágneses észak-déli irányába áll be, s az alatta elhelyezett égtájkörong segítségével leolvasható, hogy az egyes tereptárgyak melyik világtáj irányában található (mekkora szögben térnek el az északi iránytól).

iskolai pedagógiai program: az iskolai nevelő-oktató munka alapját képező dokumentum, amely magában foglalja a nevelési programot (a pedagógiai munka alapelveit, céljait, feladatait, eszközeit, eljárásait; a személyiség és a közösségfejlesztéssel, a gyermek- és ifjúságvédelemmel kapcsolatos feladatokat; a beilleszkedési és magatartási nehézségekkel, a tehetség és a képesség kibontakoztatásával összefüggő, a szociális hátrányok enyhítését segítő pedagógiai tevékenységeket; a szülő, a tanuló és a pedagógus együttműködésének formáit) és a helyi tantervet (az egyes évfolyamokon tanított tantárgyak rendszerét, óraszámát, az előírt tananyagát és követelményeit; a tankönyvek, a taneszközök kiválasztásának és a tanulói teljesítmények ellenőrzésének-értékelésének elveit, a tanulók fizikai állapotának méréséhez szükséges módszereket, középiskolában a középszintű érettségi vizsga témaköreit), továbbá a szakképzésben részt vevő iskolákban a szakmai programot. Az iskolák készítik el a Nemzeti alaptantervben meghatározottak alapján, a nevelőtestület fogadja el, és a fenntartó jóváhagyásával válik érvényessé.

item: a feladat (főként tesztfeladat) legkisebb eleme.

itemtő: a feladat legkisebb egységének kérdése, utasítása a hozzá tartozó válaszlehetőségekkel.

karteziánus világkép: René Descartes (latinosítva Cartesius) (1596–1650) francia matematikus és filozófus tanai és neve alapján; szélsőségesen racionális és mechanisztikus világkép, mindent a fizikára visszavezető látásmód; főbb pontjai: a) minden részekből áll, így szétszedhető és összerakható, mint egy gép, és ennek megfelelően minden változás visszavezethető mechanikai mozgásokra; b) test és lélek (a „kiterjedt” és a „gondolkodó”) egymástól független; c) a világban minden ok-okozat viszonyban van, s ha megismerjük a kiindulási állapotot, előre meg tudjuk mondani a következő állapotot.

karsztvíz: a mésztartalmú kőzetek szénsavas víz által kioldott üreg- és járatrendszerében, valamint a hasadék- és repedéshálózatában tárolódó és mozgó részvíz.

keresőhálózat: egy-egy tereptárgy, név vagy terület térképen való gyors megtalálását segítő négyzethálós rendszer, amelynek függőleges beosztását az ABC betűivel, vízszintes beosztását számokkal adják meg (pl. egy pont az A4-es mezőben található).

kerettanterv: az oktatási miniszter által kiadott, a Nemzeti alaptantervre épülő és a helyi tanterv készítéséhez alapul szolgáló választható tanterv; az a tantervtípus, amely az adott iskolatípusra és pedagógiai szakaszra felvázolja az oktatási és képzési célokat, meghatározza a tantárgyak rendszerét, az egyes tantárgyak időkeretét (óraszámát), a tananyag felépítését és felosztását az egyes évfolyamok között, továbbá az adott szakasz befejező évfolyamának kimeneti követelményeit.

keverék: bármilyen, két vagy több anyag összekeverésével létrehozott anyagi halmaz.

kémiai kölcsönhatás: ténylegesen elektromos és mágneses jellegű kölcsönhatás; a kémiai folyamatban az elektronok által kialakított eredeti kötések felbomlanak és újak jönnek létre, az elektronszerkezet megváltozik.

készség: a teljesítményképes tudás része, a tanulás eredménye, a gyakorlás eredményeként a cselekvéssor automatikus lefutása; a cselekvés, a tevékenység automatizált eleme, ami a tudat közvetlen ellenőrzése nélkül funkcionál.

késztermék: egy gyártástechnológiai folyamat végterméke, amelyen már nem végeznek további munkafolyamatokat (pl. az acélgyártásé egy acélalkatrész, a sütőiparé a kifli).

kimeneti követelmények: a közoktatási rendszer adott szakaszát lezáró, az alaptantervben és a kerettantervben megfogalmazott, illetve a szakasz végére teljesítendő tudásrendszerek, amelyeket a tantervi követelmények formájában adnak közre.

kohéziós erő: a szilárd anyag atomjai vagy a folyadék molekulái között fellépő vonzóerő.

koncentráció: pedagógiai értelemben a különböző tartalmak, módszertani eljárások, nevelési és képzési feladatok közötti kapcsolatteremtés.

kontúrtérkép (körvonalas térkép): az ábrázolt területnek csak a körvonalát, egyszerűsített vízhálózatát és a földrajzi fókuszot ábrázoló térkép, amelyet elsősorban az oktatásban használnak, főként a térképi ismeretek megszilárdítása, a topográfiai névanyag és a hozzá kapcsolódó tartalom gyakorlására, rendszerezésére, ellenőrzésére.

koordinált világidő (UTC): a nemzetközi atomidőből származtatott, a Föld nem egyenletes és

lassuló forgása miatt korrigált idő.

középhegység: 500–1500 m tengerszint feletti magasságban fekvő terület.

közigazgatási térkép: 1. közepes vagy kis méretarányú térkép, amely a társadalom által létrehozott különböző jellegű igazgatási egységeket, azok határait és szintjeit, az igazgatási funkciókkal ellátott objektumokat ábrázolja; 2. a földrajzoktatásban használt kis méretarányú térkép, amely az országok területhatárait (esetleg közigazgatási egységeit), fontosabb településeit és útvonalait ábrázolja, valamint általában a településekhez kötődő főbb iparágakat is.

kráter: a magmacsatorna tölcsérré kiszélesedő torka, amit a mélyből felszínre törő anyag tágít, a kifolyó, megmerevedő láva pedig magasít.

külső (földrajzi) erők: a kőzet-, a víz-, a levegő-, a talajburok és a bioszféra felszínalakító, anyagmozgató folyamatait előidéző tényezők, amelyek energiaforrása főként a napsugárzás és a gravitáció.

kürtő: a földkéreg rétegeit áttörő, függőleges, kéményszerű csatorna, amelyen keresztül a magmakamrából a felszínre kerül a kőzetolvadék.

kvadráns: a távcső feltalálása előtt a csillagok látszólagos magasságának meghatározására használt szögmérő műszer, egy függőleges tengely köré rajzol szögmérő.

kvantumozás: olyan mozgás, amely során az anyag hullámtermészete adja a leírás alapját. Nem alkalmazható rá a klasszikus közelítés, az atomok, molekulák, elemi részecskék fizikájának elmélete vagy például az olyan alacsony hőmérsékletű makrojelenségeké, mint a szupravezetés és a szuperfolyékonyság.

légnyomás: a földfelszín 1 m²-ére ható levegőoszlop súlya.

lendület: a test tömegének és sebességének szorzataként értelmezett vektormennyiség. Mértékegysége kg.m/s. Megmaradó mennyiség, zárt rendszer összes lendülete állandó.

lépcsővidék: vetődéssel kialakult szerkezeti forma, törési síkok mentén lépcsősen egymás fölé emelkedett rögök sorozata.

„low road” tudástranszfer: a magas fokon begyakorlott tudás automatikus átvitele; a megtanult, majd változatos helyzetekben gyakorolt kognitív elem automatikus előhívása a tanulthoz hasonló helyzetekben (például az autóvezetés bármely típusú autó, vagy az olvasás bármilyen műfajú, tipográfiájú szöveg esetében).

magashegység: 1500 m-nél nagyobb tengerszint feletti magasságban fekvő terület.

magma: a földkéreg és a földköpeny felső részének forrón izzó (1200°C), folyékony olvadéka, amelyből felfelé nyomulása során a lehülés következtében ásványok és kőzetek kristályosodnak ki.

magmakamra: a magma felhalmozódási helye a kőzetburokban.

mágneses kölcsönhatás: a mágnesek által maguk körül kialakított sajátos környezet, amelyet mágneses mezőnek nevezünk. Ez a mező kölcsönhatásba lép bizonyos anyagokkal, mint vas, nikkel, kobalt, továbbá áramjárta vezetékekkel.

mágneses mező: a mágnes sajátos környezete, amely a vasból készült tárgyakat magához vonzza, de vannak olyan anyagok, amelyekre egyáltalán nincs hatással.

mechanikai kölcsönhatás: a mozgásállapot megváltozásával járó kölcsönhatás.

medence: kerekded felszíni mélyedés; minden oldalról befelé néző lejtőkkel határolt, kerek vagy szabálytalan alakú, zárt vagy egy helyen nyitott térszíni bemélyedés, amely lehet vetődéssel kialakult szerkezet, illetve lepusztulással vagy felhalmozódással létrejött felszínforma.

mellékfolyó: nem közvetlenül a világtengerbe, hanem valamely nagyobb folyóba ömlő felszíni vízfolyás; általában rövidebb, kisebb vízhozamú, és kisebb vízgyűjtőterület tartozik hozzá, mint a főfolyóhoz.

menetvázlat: olyan térképvázlatszerű ábrázolás, amely a bejárt vagy bejárando terület egészét ábrázolja, de csak azokat a pontokat, objektumokat tünteti fel, amelyek az eligazodás, az adott terepi cél szempontjából fontosak.

mentális modell: gondolkodási, világlátási keret (egyfajta paradigma), amelybe gondolatilag minden vonatkozó ismeretünket (tapasztalatunkat) beleillesztjük, és annak megfelelően értelmezzük is.

mentortanár: 1. tágabb értelemben: idősebb és tapasztaltabb barát, tanár vagy tanácsadó, aki jó tanácsokkal segít valakit; 2. munkahelyi környezetben olyan személyt jelent, aki egy munkatársa számára tanácsadóként áll rendelkezésre, például szakkérdésekben; 3. a pedagógiai, tanítási gyakorlattal összefüggő valamennyi, a hallgató által végzett iskolai tevékenység szakmai támogatója, segítője, irányítója.

minden dolgok elmélete (Theory Of Everything, TOE): mind a négy alapvető kölcsönhatást magában foglaló elmélet, amely még nem született meg.

mozgás: általános filozófiai értelemben minden változás, folyamat az egyszerű helyzetváltoztatástól a kémiai reakciókon keresztül a társadalmi mozgásokig.

mozgási energia: a mozgásban levő testek energiája. Egy test mozgási energiája egyenlő azzal a munkával, amit nyugalmi állapotból kell hogy kifejtsen ahhoz, hogy elérje a kívánt sebességet és/vagy forgást. Mértékegysége: J. Kiszámítása ($\cdot$): $(1/2)mv^2$

„multi tasking”: halmozott médiafogyasztás, két vagy több tevékenység egyidőben történő, párhuzamos végzése, ami figyelemmegosztással jár; hagyományos (pl. tévézés és újságolvasás), online (pl. különböző alkalmazások egyidejű futtatása), vegyes (pl. tévé, zene csetelés közben).

munka: az erő és elmozdulás skaláris szorzata; mechanikai értelemben az erő és elmozdulás skaláris szorzata.

nagy egyesített elmélet (Grand Unification Theory, GUT): egy még nem létező elméletet, amely a gravitáció kivételével a másik három alapvető kölcsönhatást egyesítené, az elektromágneset az erőssé.

Nemzeti alaptanterv: a magyar közoktatás tartalmi szabályozásának alapidokumentuma, amelyet a kormány először a közoktatási (1993. évi) törvény módosítása alapján a 130/1995. (X. 26.), másodszor a 243/2003. (XII. 17.), harmadszor a 203/2007. (VII. 31.) és negyedszer a 110/2012. (VI. 4.) Kormányrendeletben adott ki. Olyan állami dokumentum, amely alapján készülhetnek kerettantervek (programok, programcsomagok) és az iskolákban helyi tantervek. Nemzeti, mert meghatározza az ország minden közoktatási intézményében folyó tartalmi munkát. Alap, mert műfaji sajátosságai nem felelnek meg a hagyományos tantervek követelményrendszerének, csak iránymutatást jelent a kerettantervek és a helyi tantervek elkészítéséhez. Fő funkciója a közoktatás elvi, szemléleti megalapozása, de csak olyan mértékben, hogy ne korlátozza az iskolák önállóságát. Meghatározza a közoktatás céljait, tartalmi szakaszait, és összefoglalja az iskolában elsajátítandó műveltség kereteit.

nyersanyag: megmunkálásra, feldolgozásra váró anyag, amelyen további munkafolyamatok során, általában más anyagokkal együtt lesz késztermék (pl. egy acéltermék nyersanyaga valamely ötvöző fém).

nyomás: a nyomóerő (F) és a nyomott felület (A) hányadosából számított jellemző. Jele: p , mértékegysége: Pa (pascal).

observatio (megfigyelés): az objektumok, jelenségek céltudatos, tervszerű észlelése.

óceán: hidrológiai értelemben: a világtenger része, önálló medencében helyet foglaló, önálló áramlási rendszerű, hatalmas, mély, sós víztömeg (Atlanti-, Csendes-, Indiai-óceán, Jeges-tenger); földrajzi értelemben: az óceáni medence a benne lévő és mozgó sós víztömeggel együtt.

Ohm-törvény: egy fogyasztón átfolyó elektromos áram erőssége egyenesen arányos a fogyasztó kivezetései között mért feszültséggel; egy adott A keresztmetszetű, homogén anyagú fémes

vezeték / hosszúságú szakaszának ellenállása egyenesen arányos a vezeték hosszával és fordítottan arányos a keresztmetszetével.

oldás: gáz, folyadék vagy szilárd anyag elosztatása az oldószerben, ami rendszerint folyadék, homogén eleggyé, amelynek alkotórészei még mikroszkóppal sem különböztethetők meg, amely optikailag is homogén. Szilárd anyag oldódása esetében az oldószer részecskéi körülveszik a szilárd anyagot alkotó részecskéket, ennek hatására azok kilépnek a kristályból és eltávolodnak attól. Végül a kristályt alkotó részecskék mindegyikét az oldószer részecskéi veszik körül, és ezzel a burokkal együtt mozognak az oldatban.

olvadás: olyan halmazállapot-változás, melynek során az anyag szilárd fázisból (halmazállapotból) cseppfolyósba megy át. A szilárd halmazállapotban a részecskék helyhez kötöttek, egyensúlyi helyzetük körül rezegnek. (Az olvadás során a felvett hő hatására a részecskék egyre hevesebben kezdenek rezegni. a kristályos rend meg bomlik, a részecskék eltávolodnak a korábbi egyensúlyi helyzetüktől.)

olvadáshő: 1 kg szilárd anyagnak az olvadáspontján és állandó nyomáson történő megolvadásához szükséges energia. Mértékegysége: kJ/kg.

óravázlat: egy tanítási órára vonatkozó írásbeli terv, ami tartalmazza az óra konkrét tartalmi beosztását, tevékenységformáit, felhasználandó eszközeit és időbeosztását.

ötletroham (brain storming): egy probléma megoldási lehetőségeinek spontán ötleteléssel történő keresése csoportban.

paradigma: 1. a tudományos közbeszédben: megközelítés, amely új megvilágításba helyezi az addigi tudományos kérdéseket, új kérdéseket vet fel, amikett jól megragadható példák, szabályrendszereken keresztül tesz érthetővé és válaszol meg; életünk valamely területének (pl. egy tudományterületnek) az értelmezési kerete; azoknak a fogalmaknak, szavaknak, nézeteknek, módszereknek, gondolkodásmódnak, értékrendszernek, világképnek az összessége, amelyek segítségével ezt a bizonyos élet-területet megfogalmazzuk, értelmezzük, magyarázzuk.

párolgáshő: 1 kg tömegű anyag állandó hőmérsékleten történő elpárologtatásához szükséges energia. Mértékegysége: kJ/kg.

poláris koordinátarendszer: a tájékozódásban: gömbhöz rendelt koordinátarendszer, aminek kezdőpontja (O) és alapiránya vagy tengelye (x) van, amiben a pont (P) a vezetősugárnak nevezett OP távolság (t), valamint a vezetősugár és az alapirány által bezárt szög (A) adataival azonosítható; a valóságban a kezdőpont (O) a megfigyelő álláspontja (ahol a horizont síkja érinti a Föld felszínét), alapirányként pedig az É-D-i irányt használják. A csillagászatban a déli iránytól (dél-szög), a földrajzban pedig az északitól mérik az óramutató járásával megegyező irányban a vezetősugárig terjedő szöget (azimut).

portfólió: olyan dokumentumgyűjtemény, amely a képzésben/munkában részt vevő személy (pl. tanárjelölt, tanár, tanuló) hosszabb időszak alatti fejlődését és a folyamat végére elért eredményeit mutatja be.

programozott oktatás: a tanulás olyan szervezési módja, ami a fokozatos közelítés elvén alapszik, és lehetővé teszi, hogy a tanuló a kis egységekre tagolt tananyagot közvetlen tanári irányítás nélkül, program segítségével, egyéni munkával sajátítsa el vagy szerezzen jártasságot, készséget a feladatok megoldásában.

projektmunka: a projekt szó eredeti jelentése: olyan folyamat, amely valamely probléma (vagy igény) felismerésétől a megoldási folyamat tervének elkészítésén és annak megvalósításán keresztül az értékelésig minden lépést magába foglal; pedagógiai értelemben eredetileg a szakiskolások vizsgadarabjainak elkészítési folyamatának elnevezése; ma a tanulók önálló, többnyire kooperatív tevékenysége egy komplex téma feldolgozására és az eredmények bemutatására.

propozícionális tudás: ismeret jellegű tudás, ami véges számú kijelentésekkel leírható.

ragadozás (predáció): „A” élőlény (faj) elfogyasztja „B” élőlény (faj) testét.

Ramsari egyezmény: Ramsarban (Irán) 1971-ben aláírt „Egyezmény a nemzetközi jelentőségű vadvizekről, különös tekintettel a vízimadarak élőhelyeire”, aminek célja a vizes élőhelyek megőrzése.

redő: a gyűrt szerkezeti forma alapegysége, redőboltozat (antiklinális) és redőteknő (szinklinális) együttese.

rejtett tantervi hatás: a hivatalos tantervben nem szereplő, de mégis érvényesülő viselkedések, reakciómódok, attitűdök, amelyeket a szervezett, intézményes tanulás keretében sajátítanak el a tanulók.

részecskekép vagy részecskemodell: az anyag részecskékből (atomok és/vagy molekulák és/vagy ionok) való felépítésének modellje.

rétegvulkán: vegyes típusú, szakaszos vulkáni működés során létrejött tűzhányó; működésének egyik szakaszában láva ömlik a felszínre, majd erre vulkáni törmelék szóródik.

Rosetta-űrszonda: az Európai Űrügynökség űrszondája, amit a Csurjumov-Geraszimenko üstökös megfigyelésére indítottak el, az első űrszonda, ami sikeresen landolt üstökösfelszínen (2014).

rög: a vetődéses kialakult szerkezeti forma alapegysége, vetősíkok által közrefogott kőzettest.

rugalmas alakváltozás: a szilárd test olyan alakváltozása, amely az alakváltozást létrehozó erő megszűnése után nem marad meg, a test visszanyeri korábbi alakját.

rugalmasság: az az „ellenszegülés”, amit a testek a külső erők által előidézett alak- vagy térfogatváltozással szemben tanúsítanak. Olyan tulajdonság, amellyel rendelkező test az alakváltozást létrehozó erőhatás megszűnte után visszanyeri eredeti alakját.

sajátrezgés: egy rezgésre képes rendszer szabad rezgése, ami akkor következik be, amikor egyetlen erőlkéssel mozgásba hozzuk, majd magára hagyjuk, akkor az szabad rezgést végez.

sasbérc (kiemelt rög): vetődéssel kialakult szerkezeti forma, törési síkokkal határolt, a környezetéből élesen kiemelkedő rög.

sebesség: pontszerű test időegység alatti elmozdulása, vektormennyiség. Mértékegysége: m/s.

semlegesség (neutralizmus): „A” és „B” élőlény (faj) között nem, illetve csak sokszoros áttételen keresztül mutatható ki kölcsönhatás.

síkság: megközelítőleg vagy teljesen vízszintes, sík felszínforma.

skalár mennyiség: olyan fizikai mennyiség, amelyet a nagysága (mérőszám és mértékegység) egyértelműen meghatároz.

sűrűség (tömegsűrűség): adott anyag egységnyi térfogatának a tömege. SI mértékegysége a kg/m^3 , de használatos a g/cm^3 is.

szaktanácsadó: pedagógiai-szakmai (szaktudományi) szolgáltatást (pl. mérést, értékelést, pedagógiai tanácsadást, verseny szervezést) végző személy a közoktatásban.

szelektív hulladékgyűjtés: a különféle hulladékok anyagfajta (fém, fehér üveg, színes üveg, papír, műanyag) szerinti különválogatott gyűjtése abból a célból, hogy belőlük új anyagot hozzanak létre (újrahasznosítás).

szél: a levegő földfelszín közeli, azzal többé-kevésbé párhuzamos áramlása, amelyet a légnyomáskülönbség működtet.

szintvonalas térkép: olyan térkép, ami a tengerszint feletti magasságokat szintvonalakkal (az azonos magasságú pontokat összekötő görbe vonalakkal) ábrázolja; a két szomszédos szintvonal magassági eltérése függ a térkép méretarányától.

szökőév: olyan év, amiben a szokásosnál eggyel több nap van annak érdekében, hogy a naptárt összhangba hozza a csillagászati évvel.

sz Stadion: ókori görög hosszsmértékegység, értéke 185,28 méter.

felszín alatti víz.

talaj: a földkéreg legfelső, laza, termékeny rétege, amelyet kőzetszemcsék, humusz, oldatok, levegő és élőlények alkotnak.

talajnedvesség: a talajszemcsék közötti hézagokban, a szemcsék felszínéhez hártyszerűen tapadó felszín alatti víztípus.

talajvíz: a legfelső vízáró réteg fölötti víztartó réteg talaj- és laza kőzetszemcséi között mozgó és tárolódó felszín alatti víztípus.

tanítási egység: a tanítási-tanulási folyamat alapegysége (tulajdonképpen egy tanítási óra), aminek keretében valamely oktatási-képzési-nevelési cél egy tartalom (tananyag) feldolgozásán keresztül valósul meg.

tanítási tervezet: a tanár egy adott tanítási órára vonatkozó pedagógiai, didaktikai, szakmódszertani és szaktudományi gondolkodási folyamatának írásban rögzített részletes terve.

tankönyvcsalád: 1. egy tantárgy egymásra épülő tankönyvei az egyes évfolyamokon; 2. egy tantárgy egy évfolyamának egymásra épülő, egymást kiegészítő nyomtatott taneszközei (pl. tankönyv, munkafüzet, atlasz, digitális tankönyv); 3. szélesebb körű értelmezés: több tantárgy egy évfolyamának egymásra épülő taneszközei (pl. a természettudományos tantárgyak egységes metodikájú tankönyvei és munkafüzetek).

tankönyvjegyzék: a közoktatási intézményekben az egyes tantárgyak tanulásához használható tankönyvek listája, amelyet minden tanévben összeállítanak (jelenleg a 17/2014. (III. 12.) EMMI rendelet a tankönyvvé, pedagógus-kézikönyvvé nyilvánítás, a tankönyvtámogatás, valamint az iskolai tankönyvellátás rendjéről alapján).

tanmenet: egy tantárgy adott évfolyamra és tanulócsoportra szóló oktatási és képzési terve, amit a tanár készít a tanév elején; tartalmazza a tantárgy tanításának főbb célkitűzéseit, követelményeit, a tananyag főbb elemeit (tények, fogalmak, folyamatok, összefüggések), az egyes tartalmi egységek feldolgozására szolgáló óraszámot és a felhasználandó eszközök listáját.

tanya: szórványtelepülés, városok vagy falvak külterületén vagy mezőgazdasági területen elszórtan, magányosan épült lakóház vagy lakóházak kisebb csoportja a hozzájuk tartozó gazdasági épületekkel; többnyire ideiglenes lakó- vagy gazdálkodási helyből alakult ki.

tellúrium: forgatható modell a Föld Nap körüli keringésének és tengely körüli forgásának bemutatására.

tematikus terv (tématerv): egy tantárgy valamely tartalmi, pedagógiai szakaszon belüli részterületére (a mai jogszabályok szerint legalább hat tanítási óra anyagára) vonatkozó

megvalósítási terv.

tenger: hidrológiai értelemben: a világtenger óceánoktól elkülönülő részének sós víztömege; földrajzi értelemben: a szárazulatokat körülvevő vagy azokba ékelődő óceáni medencerészek a bennük lévő sós víztömeggel együtt.

terjedés: egy hatás térben és/vagy időben a keletkezés helyétől vagy idejétől különböző helyen vagy időben is megjelenik (pl. influenza terjedése a téli időszakban, akár országhatárokon át, rezgési állapot terjedése a hullámmozgásban stb.).

termelés: gazdasági folyamat, amely során a társadalom a különféle emberi szükségletek kielégítése céljából anyagi javakat hoz létre; köznapi értelemben véve csak a kézzelfogható javak előállítását tekintjük termelésnek, a közgazdaságtan viszont termelő folyamatnak tekinti a szolgáltatásokat is.

természeti erőforrás: a természeti környezet azon elemei, amelyeket az ember szükségleteinek kielégítése céljából, az anyagi javak előállításához felhasznál, a humán erőforrásokkal együtt a termelés alapját képezi (pl. különböző ásványkincsek, a művelt földek termőképessége, egy táj éghajlati adottságai, növény- és állatvilága, valamint természeti szépségei).

természetvédelem: a természeti értékek megőrzésére irányuló társadalmi tevékenység. Mindazon intézkedések összessége, amelyeket a természet megóvása érdekében tesznek.

termikus energia: a halmazállapotától függetlenül minden rendszert atomok és/vagy molekulák és/vagy ionok, gyújtónevükön részecskék alkotnak, amik különböző módon mozognak; az anyag részecskéinek szakadatlan mozgásával kapcsolatos energia.

teszt: olyan mérőeszköz, amely a teljesítményeket számszerűsíti és megfelelő skálán méri.

témahét, témanap: az iskolai tanuláshoz olyan komplex szervezési formája, ahol nem tantárgyi keretekben folyik a tanítás-tanulás, hanem egy (lehetőleg a diákokkal együtt) kiválasztott témakör vagy fogalom mentén. Pedagógiai célja nem előre elhatározott (és listázott) tények, összefüggések, szabályok stb. megtanítása, hanem a választott téma vagy fogalom sokoldalú körüljárása. A témahét kulcsa a világ sokszínűségének és érdekességének bemutatása, megéreztetése (e közben természetesen ismeretek elsajátítása is folyik).

térbeli derékszögű koordinátarendszer: gömbhöz rendelt koordinátarendszer, aminek kezdőpontja a gömb középpontja, „x” tengelye az egyenlítő és egy tetszőlegesen választott kezdőmeridián síkjának metszésvonala, „y” tengelye az egyenlítő síkjában fekvő, a gömb középpontján átmenő és az x tengelyre merőleges, a „z” tengelye pedig a pólusokat összekötő egyenes.

térkép: hagyományosan: a Föld felszínének arányosan kisebbített, síkba kivetített felülnézeti rajza,

amely egyezményes jelekkel és színekkel ábrázol, méretarányt és pontos információkat tartalmaz; tágabb értelemben: valamely égitesten vagy a Világegyetemben található természeti, társadalmi jellegű tárgyak, jelenségek, folyamatok méretarányosan kicsinyített, általánosított, magyarázó, síkban történő ábrázolása; a digitális térképezésben: téri vonatkozású információk mértékhez kötött, szerkezeti modellje.

térképvázlat: 1. olyan alaprajz, amely a terület és az objektumok, tárgyak körvonala mellett tartalmi információkat jelekkel ábrázol; 2. a földrajztanításban az előbbieken túl többé-kevésbé egyezményes jelekkel a tájhatárokat, a településeket, az ásványkincsek és az iparágak térbeli elhelyezkedését tünteti fel.

többszörös tömegarányok törvénye: ha két elem egymással többféle tömegarány szerint egyesülvegyületté, akkor az egyik elemnek azok a mennyiségei, amelyek a másik elem ugyanazon mennyiségével egyesülnek, úgy viszonyulnak egymáshoz, mint a kis egész számok.

törmelék (kőzettörmelék): az aprózódás terméke, különböző nagyságú kőzet- és ásványdarabok összessége, amelyek nem szenvedtek vegyi átalakulást.

turistajelzés: a turistautak azonosítására és követésére, illetve jellegzetes terepi objektumok (pl. forrás, csúcs, szikla, rom) megtalálására szolgáló, színes, grafikus (pl. vonal, kör, háromszög) jelzés a térképen és egyes, jól látható tereptárgyakon.

turistatérkép: terepi tájékozódást szolgáló, közepes méretarányú térkép, amelyről közvetlenül leolvashatók a gyalogos, kerékpáros vagy sítalpas túrázás szempontjából fontos terepi tájékoztató jelzések, információk.

Univerzum (Világegyetem): csillagászati fogalom, minden létező összessége.

útvonalrajz: olyan térképvázlatszerű ábrázolás, amely a bejárt vagy bejárandó útvonalat és a közben belátható terület lényeges, útbaigazító pontjait tünteti fel.

valós éghajlati övezetek: a forró, a mérsékelt és a hideg éghajlati övezetek; alapjukat a szoláris övezetek adják, de a földrészek és a tengerek szabálytalan elrendeződése, a szárazföldek domborzata, a szélrendszerek és a tengeráramlások miatt határai nem esnek egybe a nevezetes szélességi körökkel, nem mindenhol párhuzamosak a szélességi körökkel.

város: a településhálózat nagyobb népességű, központi funkciókkal rendelkező, kiemelt közigazgatási jogállású, zárt, emeletes beépítésű település, amely keresőinek többsége az iparban és a szolgáltatásokban dolgozik.

vetélkedés (kompetíció): „A” és „B” élőlény (faj) vetélytársai egymásnak egyes környezeti erőforrások (élelem, hely, fény stb.) megszerzésében.

vetődés: a mélyben ható függőleges irányú nyomóerők hatására a földkéregben bekövetkező folyamat, kőzettömegek függőleges elmozdulása törési síkok mentén, amely rögzített szerkezeteket hoz létre.

vezetőtanár: az a gyakorlóiskolai tanár, aki a tanárjelölt hallgató szaktárgyi szakmai tanítási gyakorlatát vezeti.

végző építőkövek képe: az elemi részek felfedezése után egy ideig érvényben lévő elképzelés, ami szerint csak ezek a részecskék az anyag alapvető felépítői.

világidő (greenwichi idő, GMT): a 0° hosszúsági körhöz tartozó helyi idő.

világtájak (égtájak): a természetben való tájékozódás céljából felvett alapirányok a látóhatár síkjában, melyek kiinduló pontja a Föld mágneses északi iránya (É), amihez viszonyítják a többi fővilágtájat (D, K, Ny), közöttük, hozzájuk 45°-os szögtávolságra jelölték ki a mellékvilágtájakat (ÉK, ÉNy, DNy, DK).

világtenger: a szárazföldeket körülölelő sós víztömeg, az óceánok és a tengerek összessége; a Föld összefüggő vízburka. (A Föld területének 71%-át, kb. 361 millió km²-t foglalja el.)

viszkózitás: áramló gázok és folyadékok folyással szembeni ellenállása, belső súrlódása, amely a hőmérséklet függvényében változik. A szomszédos molekularétegek gátolják egymás mozgását.

vízgyűjtő terület: az a terület, amelynek a felszínen lefolyó és a felszín alatt áramló összes vize egy vízfolyásban gyűlik össze és jut a világtengerbe; vízválasztóval határolt terület.

vízjárás: a vízfolyás vízhozamának és vízállásának változása (egy év alatt kirajzolódó átlagos ingadozása).

vízválasztó: az egymással szomszédos vízgyűjtő területeket elkülönítő határvonal, amely általában a felszíni kiemelkedéseken (hegygerincen, hátakon, csúcsokon), ritkábban völgyi nyergeken húzódik.

völgy: egyik végén nyitott, hosszú térszíni mélyedés, amelyet két, egymással szembeforduló és egymással nagyjából párhuzamosan futó lejtő határol.

vulkán: a földfelszínre ömlő lávából, a tűzhányóműködés során kiszórt és az áttört kőzetek törmelékéből felépült hegy.

Washingtoni egyezmény (CITES): Egyezmény a veszélyeztetett vadon élő állat- és növényfajok nemzetközi kereskedelméről (Convention of International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora), 1973-ban hozták létre a veszélyeztetett élőlények kereskedelmének (pl. állatok, belőlük készült ételek, gyógyszerek, bőr- és fatermékek, egzotikus ajándéktárgyak,

zeneszerszámok) tiltására vagy engedélyhez kötött árusítására a biodiverzitás védelmében.

zónaidő: egy időzónán belül érvényes idő, amely a zóna közepén áthaladó hosszúsági kör helyi középideje.