



**ÁLTALÁNOS ISKOLAI TANULÓK
ANYAGSZERKEZETTEL ÉS ANYAGI
VÁLTOZÁSOKKAL KAPCSOLATOS FOGALMAINAK
FEJLŐDÉSE**

doktori (PhD) értekezés

Dobóné Tarai Éva

Témavezető: Dr. Tóth Zoltán egyetemi docens

Debreceni Egyetem, Kémia Doktori Iskola
Debrecen, 2008

Ezen értekezést a Debreceni Egyetem TTK Kémia Doktori Iskola
Reakciókinetika és katalízis programja keretében készítettem a Debreceni
Egyetem TTK doktori (PhD) fokozatának elnyerése céljából.

Debrecen, 2008.....

a jelölt aláírása

Tanúsítom, hogy Dobóné Tarai Éva doktorjelölt 2004- 2007. között a fent
megnevezett Doktori Iskola Reakciókinetika és katalízis programjának
keretében irányításommal végezte munkáját. Az értekezésben foglalt
eredményekhez a jelölt önálló alkotó tevékenységével meghatározóan
hozzájárult. Az értekezés elfogadását javasolom.

Debrecen, 2008.....

a témavezető aláírása

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés.....	1
2. Irodalmi áttekintés.....	3
2.1. A tanulók fogalmi fejlődésének konstruktivista megközelítése.....	3
2.1.1. A konstruktivista pedagógia kialakulása és néhány jellemzője ..	3
2.1.2. Tévképzetek	10
2.1.3. A fogalmi fejlődés elméletei és konstruktivista felfogása.....	14
2.2. Anyagfogalommal kapcsolatos tanulói elképzelések.....	26
2.2.1. A „gyermektudomány”	26
2.2.2. Az anyagfogalom kialakulása és fejlődése.....	27
2.2.3. A gázok természetének megértése	28
2.2.4. A szilárd anyagok szerkezetéről alkotott gyermeki elképzelések30	
2.2.5. Az anyagi változások gyermektudományos értelmezése	31
3. Saját vizsgálatok és eredmények.....	33
3.1. Iskolakezdő tanulók vízzel kapcsolatos elméletei és tudásszerkezete ..	33
3.1.1. A vízhez és a víz állapottaihoz kapcsolódó legfontosabb tanulói elképzelések	33
3.1.2. Kutatási kérdések és hipotézisek.....	38
3.1.3. A vizsgálat módszerei	39
3.1.3.1. A minta.....	40
3.1.3.2. A mérés szerkezete és a mérőeszköz.....	40
3.1.3.3. A mérés lebonyolítása	42
3.1.3.4. Az elemzés módszerei	42
3.1.4. Eredmények: Iskolakezdő tanulók vízzel kapcsolatos elképzelései	45
3.1.4.1. A vízhez kötődő gyermeki elképzelések – Tartalmi elemzés	46
3.1.4.2. Mennyiségi elemzés	51
3.1.4.3. A tanulócsoportok tudásszerkezete	54
3.1.5. A tanítás hatása a tanulók vízzel kapcsolatos fogalmainak rendszerére	61
3.1.5.1. A vizsgálat körülményei, eszközei.....	62
3.1.5.2. Az elemzés módszerei, eredmények	62
3.2. Általános iskolai tanulók anyagszerkezettel és anyagi változásokkal kapcsolatos elméletei és tudásszerkezete	68
3.2.1. Az égés fogalmának megértési nehézségei	68
3.2.2. Kutatási kérdések, hipotézisek	71
3.2.3. A vizsgálat módszerei	72
3.2.3.1. A minta.....	72
3.2.3.2. A mérés lebonyolítása	73

3.2.3.3. A mérés szerkezete és a mérőeszköz.....	73
3.2.3.4. Az elemzés módszerei	74
3.2.4. Eredmények.....	74
3.2.4.1. Tartalmi elemzések – tévképzetek	74
3.2.4.2. Mennyiségi elemzés	89
3.2.4.3. Tudásszerkezet	91
3.3. Az anyag szerkezetével, tulajdonságaival és az anyagi változásokkal kapcsolatos tévképzetek együttes előfordulásának vizsgálata	99
3.3.1. A vizsgálat körülményei.....	99
3.3.2. A mérőeszköz és az elemzés módszerei.....	99
3.3.3. Eredmények.....	100
4. Összegzés és javaslat az eredmények alkalmazására	111
4.1. Eredmények.....	111
4.2. Az eredmények és a gyakorlat	113
5. Summary and Suggestions for Application of the Results.....	115
5.1. Results	115
5.2. The Results in the Teaching Practice	117
6. Irodalom	120
7. Tudományos publikációk	131
7.1. Az értekezés témájához közvetlenül kapcsolódó publikációk	131
7.1.1. Referált, nemzetközi folyóiratban megjelent tudományos közlemények adatai	131
7.1.2. Referált, magyar nyelvű folyóiratban megjelent közlemény: ..	131
7.1.3. Nem referált folyóiratokban megjelent közlemények	131
7.1.4. Konferenciákon tartott előadások:	132
7.1.5. Konferenciákon bemutatott poszterek:.....	133
7.2. Az értekezés témájához közvetlenül nem kapcsolódó publikációk	134
7.2.1. Nyomtatásban megjelent közlemények.....	134
7.2.2. Előadások és bemutatók	135
8. Mellékletek.....	137
9. Köszönetnyilvánítás	176

"A tanuló tudását befolyásoló legfontosabb tényező az, amit a tanuló már tud. Meg kell ismerni azt, és a szerint kell tanítani." D. P. Ausubel

1. Bevezetés

A magyar természettudományos oktatás és nevelés hosszú, eredményes múltra tekinthet vissza, olyan gazdag hagyományokkal, amelyek a XXI. század iskolájára is hatást gyakorolnak. A természetrajz és a fizika oktatása a XIX. század közepétől nagy hangsúlyt kapott a középszintű oktatásban, és a természettudományos nevelés eredményességét nemzetközi hírű tudósaink és mérnökeink bizonyítják. Még az 1970-es, 80-as években is élen jártunk a nemzetközi összehasonlító vizsgálatok tanúsága szerint, az ezredforduló táján elért gyenge mérési eredményeink azonban sokkolták a pedagógus társadalmat és a szélesebb közvéleményt is (Csapó, 2002a, 2002b). Egyre nyilvánvalóbbá vált az az ellentmondás, ami a magyar természettudományos- és ezen belül a kémiaoktatást jellemzi: kis számú, értő tanuló számára nyújtunk magas színvonalú, tudományos igényű ismereteket, ugyanakkor a hallgatag többség elvész a kémia számára, mert nem képes gyakorlati szempontból releváns, alkalmazható tudáshoz jutni.

A kémiatanítás helyzetét nehezíti, vagy talán éppen ennek a következménye a tanulók tantárgyi attitűdje. Hazai és nemzetközi tapasztalatok is igazolják, hogy az általános tantárgyi attitűd az iskolában eltöltött évek során folyamatosan romlik, különösen igaz ez a kémia tantárgyra (Fernengel, 2000). A kémia sajátos helyzetét, csökkenő népszerűségét és nehéz tanulhatóságát több tényező együttes hatása idézheti elő, egyebek mellett például a kémiára alapozó szakmák társadalmi presztízse, vagy a tanulásszervezést, oktatáspolitikát, tantervfejlesztést, vizsgarendszert érintő kérdések. A szűkebb, szakmai okok a kémiatanítást jellegéből fakadnak. A kémiai fogalmak egy része (pl. atom, mól, stb.) nem természetes, hanem tudományos fogalmak, melyekkel az iskolai tanulmányaik során találkoznak először a gyerekek. A fogalmak egy része a hétköznapi életben is ismert, de eltérő jelentéstartalommal (csapadék, olvadás). Más részük jelentése a tudomány fejlődése során módosult, de az eredeti jelentés sem tűnt el, a két fogalom párhuzamosan együtt él, de a pontos jelentéstartalom megértéséhez az értelmezés környezetét is definiálni kell. A kémia a változásokat több szinten, részecskék, fogalmak, és jelenségek szintjén értelmezi, ami feltételezi az absztrakciós képesség bizonyos fokú fejlettségét. Egyes fogalmak magyarázatára több elméleti modellt is használ (pl. sav-bázis elméletek, atommodellek), amelyek nem hierarchikus, hanem kiegészítő kapcsolatban vannak egymással (Tóth, 2002).

A tantárgy jellegéből adódó megértési nehézségek mellett a tanulók gondolkodási rendszere a problémák másik forrása. A dolgozat elsősorban az ismeretelsajátítás folyamatát vizsgálja egy olyan paradigma keretein belül, amely a tanulók aktív részvételét hangsúlyozza a tanulási folyamat során, és különös figyelmet szentel az előzetesen meglévő ismereteknek és a fogalmi váltások sorozatának.

A 2.1 alfejezetben áttekintem azokat a hatásokat és tudománytörténeti előzményeket, amelyek eredményeként a tanulás folyamatainak mai, konstruktivista értelmezése kialakult. Két, az empirikus kutatásaimhoz kapcsolódó fogalom, a tévképzetek és a fogalmi váltás részletes ismertetésén keresztül bemutatom azokat a tartalmi kereteket és kutatási irányokat, módszereket, amelyek a vizsgálat elméleti hátteréül szolgáltak. A kémiantárgy néhány alapvető fogalmának megértésével kapcsolatos empirikus vizsgálataim elsősorban az anyagfogalom fejlődésével és az anyagi változások megértésével kapcsolatosak. A 2.2. alfejezetben bemutatom azokat a lépéseket, amelyeken keresztül a tanulók eljutnak a tudományos alapon szerveződött részecskeszemléletű anyagfelfogásig és szó lesz azokról az eddig feltárt megértési nehézségekről, amelyek a kémiát nehezen tanulható tantárggyá teszik. Az anyag fogalmához és az anyagi változásokhoz kapcsolódó gyermeki elképzeléseket, és az ezekhez, valamint az anyagfogalom fejlődéséhez kapcsolódó empirikus vizsgálatot két alfejezetben mutatom be: a 3.1-ben az iskolakezdők vízzel kapcsolatos elképzeléseit, a 3.2-ben az általános iskolás korúak néhány, a kémia tantárgy bevezető kurzusaiban szereplő fogalmának megértéséről szóló kutatásról számolok be, különös tekintettel a tévképzetek megjelenésére és együttes előfordulására. A negyedik fejezetben összegzem az eddigieket és néhány javaslatot teszek, amelyek hasznosak lehetnek az iskolai tanítási gyakorlat számára.

2. Irodalmi áttekintés

2.1. A tanulók fogalmi fejlődésének konstruktivista megközelítése

A huszadik század tudományos–technikai forradalma nagy hatást gyakorolt a pedagógiai kutatásokra és a pedagógiai gyakorlatra. A korábban uralkodó tudományelméletekkel szemben merőben új paradigmák jelentek meg, melyek érdeklődésének középpontjába a kogníció fogalma és az emberi megismerés folyamata került. Az információelmélet, a szociálpszichológia, az antropológia, a nyelvelmélet, a tudományfilozófia és más tudományterületek kölcsönhatásai befolyásolták a kognitív pszichológia talaján gyökerező új pedagógiai paradigma a konstruktív pedagógia fejlődését. Ebben a fejezetben először röviden áttekintem azokat a tanulásról és a tudásról alkotott legfontosabb elgondolásokat, amelyek hatottak a konstruktivista pedagógiára, majd bemutatom kialakulásának körülményeit, legfontosabb lépéseit és a tanulói megismerésről alkotott elképzeléseit. A 2.1.2. alfejezetben a szerteágazó kutatási irányok közül a tévképzetekkel, a 2.1.3. alfejezetben pedig a fogalmi váltással foglalkozom, mivel ezek szolgáltatták az alapot a későbbiekben bemutatandó empirikus vizsgálatomhoz.

2.1.1. A konstruktivista pedagógia kialakulása és néhány jellemzője

Tanulásszervezés, tanuláselméletek

A természettudományos nevelés újra és újra fellángoló vitája a diszciplináris tudás és a társadalmilag releváns tudás tantervi arányai körül zajlik. A nemzetközi irányzatok és a hazai oktatásügy legújabb törekvései is a tudás társadalmi hasznosságának szempontjait látszanak erősíteni, bár az 1960-as évektől kezdődően a diszciplína központú megközelítés volt uralkodó.

Az amerikai oktatással elégedetlen, oktatási és tantervi reformokat sürgető kezdeményezések egyik legfontosabbika Bruner (1968) nevéhez fűződik. Bruner véleménye szerint az eredménytelenség oka az, hogy egymástól elszigetelt ismeretdarabokat próbálnak megtanítani, amelyek nem képesek önszerveződéssel koherens rendszerré összeállni. Mivel az egyes tudományterületek is jól szervezett, logikus eszmerendszerekből állnak, és nemcsak a bennük helyet kapó fogalmak tartalma fontos, hanem a struktúrában elfoglalt helye és kapcsolatai is, a tanterveket, tananyagokat is hasonlóan kellene szervezni az eredményesebb tanítás reményében. Véleménye szerint az adott diszciplína kulcsfogalmainak és

alapösszefüggéseinek megtanítása az iskolai oktatást is eredményesebbé tehetné.

A szervezési kérdések helyett a tanuló állt a kortárs *Ausubel* (1963) érdeklődésének középpontjában. Tőle származik a máig nagy hatású „értelmes tanulás” (meaningful learning) kifejezés. Szerinte a tanulási folyamat sikeressége szempontjából meghatározó az a tudásszerkezet, amivel a tanuló rendelkezik. Az értő tanulás az új fogalmat ebbe a meglévő tudásszerkezetbe horgonyozza le, tartalmilag és kapcsolatait tekintve is gazdagítva azt. Megértés, vagyis a fogalom asszimilációja csak akkor történik meg, ha a tudásszerkezet tartalmaz olyan elemeket, amelyhez az új fogalom köthető (*Novak*, 1979). Ellenkező esetben, vagyis amikor a tanuló még nem rendelkezik a fogalom elsajátításához szükséges megfelelő előismeretekkel, a tanulás elmarad, vagy a tanulási folyamat sérül. Ilyen elégtelen kapcsolódásokra hívták fel a kutatók figyelmét már a kezdeti vizsgálatok idején is a később tévképzetnek nevezett hibás tanulói értelmezések. *Ausubel* pedagógiai gyakorlatra szóló üzenete tehát, hogy csak akkor várhatunk tanítványainktól sikeres ismeretelsajátítást, ha tudjuk, milyen előismeretekkel rendelkeznek, és ezek szintjének megfelelően kezdjük meg az új fogalom bevezetését. A természettudományos fogalmakhoz kötődő tudásszerkezet képi megjelenítéséhez *Novak* (1990) dolgozta ki a fogalmi térképezés módszerét. A népszerű eljárás segítségével nemcsak egyes tanulók fogalmi struktúrája hasonlítható össze, hanem a tanulói és a szakértői fogalmi szerkezet is, ami a megfelelő tanítási irányok kijelölésében játszhat jelentős szerepet.

Az ismeretelsajátítási folyamat megértésének igénye eltérő véleményeket hozott felszínre. Ebben az időszakban *Piaget* (1970) klasszikus, kognitív fejlődésről vallott nézetei támogatókra és kritikusokra is találtak. A neo-piagetianusok (*Adey* és *Shayer*, 1994) elfogadták, hogy a kognitív fejlődés meghatározott életkori szakaszokhoz kötődve zajlik, de véleményük szerint a gondolkodási képességeket nem általában lehet fejleszteni, hanem meghatározott tartalomhoz kötötten. Ezzel szemben olyan kutatók, mint *Driver* és *Easley* (1978), valamint *Novak* (1977) úgy gondolták, hogy az értelmi fejlődésben sokkal inkább az egyéni élet során szerzett tapasztalatok játszanak szerepet az ismeretek feldolgozásával a kognitív hálózat gazdagodása és strukturálódása révén.

Vigotszkij (1967) a tanulási folyamat közösségi aspektusaira helyezte a hangsúlyt. Véleménye szerint az értelmi és a nyelvi fejlődésben a közösségi interakciók játszanak nagy szerepet. A fogalmakat a természeti tárgyak, jelenségek és a társadalmi folyamatok, kapcsolatok kifejezésére szolgáló eszköznek tekintette. Szerinte, a személyes tapasztalatok, társas érintkezések útján elsajátított spontán fogalmak nem alkotnak egységes, hierarchikus rendszert, és nem is kapcsolhatók közvetlenül össze a velük párhuzamosan

kialakuló, iskolában, tanítás útján elsajátított fogalmak rendszerével. A két rendszer egymás mellett létezik és fejlődik. Ez az elképzelés a szociális konstruktivista fejlődésirányzatban újra megjelenik a 90-es évek elején és a fogalmi váltás kutatásának új irányzatait indítja el, ahogyan azt a 2.1.3. alfejezetben látni fogjuk.

Tudományelméleti előzmények

A mindenkori pedagógiára, mint tudományra és az ebből sarjadó pedagógiai irányzatokra nagy hatást gyakorolnak az aktuálisan uralkodó tudományelméletek és tudományfilozófiák. Az 1980-as években a korábban alapvetően induktív-empirikus tudományos szemléleti alapokon nyugvó természettudományos nevelésben új irányzatok jelentek meg. A részletes bemutatást az indokolja, hogy egyes tudományfilozófiai nézetek közvetlen hatást gyakoroltak a fogalmi fejlődésről és fogalmi váltásról alkotott elméletekre.

A huszadik század első felére szinte teljes egészében a pozitívizmus nyomta rá a bélyegét. Az elmélet szerint ismeretekre csak tapasztalati tudományok révén tehetünk szert, és erre elsősorban a természettudományok módszereit tartották alkalmasnak. Az ennek megfelelő pedagógiai irányzatok egészen a késő nyolcvanas évekig a kérdve kifejtő és a felfedezettő tanulás módszerét szorgalmazták. A pedagógustársadalomban a mai napig elterjedt nézet szerint az empirikus eredményekből levont következtetések egyenes úton eljuttatják a tanulókat a megtanítani kívánt összefüggésekig és a fizikai, vagy kémiai törvényszerűségek megállapításáig, ugyanúgy, ahogyan a tudósok a kísérleti eredményeik általánosításai alapján fedezték fel, vagy mondták ki a most már tantervi előírásként tanított összefüggéseket és törvényeket. Az elmélet a tapasztalatszerzés, általánosítás, következtetés a megismerésnek egy, az egyesből az általános irányába mutató induktív logikai útját tételezi fel. A felfogás természetesen könnyen népszerűvé válhatott fizika- és kémiatanár körökben, hiszen mindkét tantárgyat elsősorban kísérletező, tapasztalatokon alapuló diszciplínaként tekinti a szakmai és a széles közvélemény.

Az elmélet kritikusai, már a huszadik század közepétől kezdődően rávilágítottak arra a belső ellentmondásra, hogy a tudományos megismerés elméletvezérelt és nem a tapasztalatok által irányított folyamat, tehát az ismeretszerzés sokkal inkább deduktív úton történik. A tudósok elméletek alapján alkotnak hipotézist, melynek igazolására, vagy elvetésére tervezik meg a kísérleteket, tehát az empiria nem megalapozója a tudásnak, hanem a tudás ellenőrzésének eszköze. Közben akár egy tanuló, akár egy tudós elvégzi a kísérletet, nem függetlenítheti magát az előzetes várakozásaitól. Korábbi ismeretei, tapasztalatai alapján bizonyos elvárásokat fogalmaz meg,

előfeltételezéseket tesz, melyek módosítani fogják a következtetések tartalmát. A kapott eredményeket, megfigyelt jelenségeket nem abszolút tartalmuk szerint értelmezi, hanem előzetes várakozásai befolyása alatt. *Karl Popper* (1972) szerint a tudományos kísérletek nem egy-egy elmélet igazolását szolgálják, hanem a cáfoló eredmények alapján az elvetésüket. Bármennyire is kimunkált egy elmélet, a valóságnak akkor is csak egyfajta leegyszerűsítő modellje, ezért bármikor keletkezhetnek olyan tapasztalatok, megfigyelések, amelyek az elmélettel nem írhatók le. Ilyenkor a tudós elveti az elméletet, és újat alakít ki, ami a tudomány fejlődéséhez vezet. *Lakatos* (1970) azt tekinti meghatározónak egy elmélet — vagy az ő szóhasználatával élve kutatási program — jóságát tekintve, hogy melyikkel lehet a tapasztalatok nagyobb halmazát átfogóbb módon megfogalmazni. *Thomas Kuhn* (1984) szociológiai alapú tudományelmélete szerint egy új elmélet, tétel elfogadása mindig egy hosszú folyamat eredményeképpen történik, melynek során a szakmai közösség eldönti, hogy elfogadja-e az új paradigmát. Ha igen, újabb kutatások tárgyává teszi. Mindaddig, amíg a kutatások egy adott paradigma keretein belül zajlanak, Kuhn normál tudományról beszél. Az elméleti keret lehetőséget biztosít hipotézisek felállítására méghozzá az elméletből kiindulva deduktív úton. A konkrét vizsgálati eredmények igazolhatják feltételezéseinket, vagy olyan kínzó ellentmondásokhoz vezethetnek, amelyek egy idő után a paradigma kereteit kezdik feszegetni és a tudományfejlődés egy új, forradalminak nevezett szakaszba lép. Ha az új paradigma alkalmas a felmerült ellentmondások feloldására, és magyarázatot ad azokra a kérdésekre, amelyekre a megelőző már nem volt képes, valamint az adott területen dolgozó tudományos közösség is konszenzussal elfogadja az új elméleti keretet, paradigmaváltás történik. A tudományelméletek pedagógiai hatását jelzi, hogy a konstruktív pedagógia felfogása szerint hasonló folyamatok játszódhatnak le az úgynevezett fogalmi váltás során. *Posner, Strike, Hewson és Gertzog* (1982) párhuzamba állították a tudományos megismerés során lejátszódó paradigmaváltást a fogalmak elsajátításával. Mindaddig, amíg az új tapasztalatok összhangba hozhatók a meglévő ismereteinkre épülő magyarázó rendszerrel egyensúly áll fenn. Amikor azonban az információ annyira újszerű, hogy nem tudjuk értelmezni az eddig jól bevált módon, az egyensúly megbillen és nagyon leegyszerűsítve a soklépéses folyamatot, vagy elvetjük, kizárjuk az új fogalmat, vagy az értelmezés keretét adó fogalmi rendszerünket módosítjuk úgy, hogy az új ismeret befogadására alkalmas legyen. A pedagógia nyelvére lefordítva fogalmi váltás, tanulás történt.

A kognitív pszichológia hatásai

A konstruktív pedagógia kialakulásában a modern tudományelméletek mellett a kognitív tudomány, ezen belül a kognitív pszichológia játszotta a legnagyobb szerepet. A kognitív pszichológia a megismerési folyamatot, a valóság tudati leképezését, a tudás reprezentációját állítja vizsgálatai előterébe. Az információelméletre támaszkodva azt vizsgálja, hogy a környezetünkből érkező tapasztalatok, a környezet tárgyai, eseményei hogyan képeződnek le tudatunkban, milyen információk formájában és milyen struktúrában tároljuk agyunkban, és hogyan hívjuk elő, használjuk fel problémamegoldás, következtetések levonása, vagy döntéseink során (Eysenck-Keane, 1997).

A kognitív tudományok előfutáraként bontakozott ki a huszadik század első évtizedeire jellemző alaklélektan, ami a behaviorizmussal ellentétes tanulásfelfogást képviselt. A tanulást nem egyedi kapcsolatok létrehozásának tekinti, hanem az egész elsajátításának, belátásának, megértésének. A magasabb szintű pszichikai működésekben is az egészlegességet, a komplexitást hangsúlyozza. A belátásos tanulás kísérleti eredményeivel igazolja, hogy a tanulási folyamatban, a problémamegoldás fázisában az elemekre bontás helyett a problémaszituáció átstrukturálása vezet megoldására. *Pléh Csaba* megfogalmazása szerint: „a tanulás... alapvetően egy helyzet értelmezésének megváltozása, lényege nem a teljesítmény, hanem a jelentés átalakulása.” (Pléh, 1992, 169.)

A korai kognitív pszichológia felfogása szerint a világ megismerhető és az ember tevékenyen, a külvilág ingereit érzékelő, azokra értelmesen válaszoló, szimbólumokkal manipuláló, problémamegoldó lényként vesz részt a megismerési folyamatban. Kezdetben az információ kívülről befelé áramlása és akkumulálása volt a meghatározó felfogás. Ennek megfelelően a korabeli pedagógiai írások és szakdidaktikai eljárások az általános képességek fejlesztését hangsúlyozták. A deklaratív (mit?), a proceduális (hogyan?) és a szituatív (hol, mikor?) tudás megkülönböztetésén alapult az a felfogás, hogy a tanítás nem egyszerű ismeretátadás, hanem a tanulói személyiség komplex fejlesztése, olyan általános képességekre, készségekre, attitűdökre irányul, amelyek lehetővé teszik az ismertek befogadásán túl azok kezelését, feldolgozását, a velük történő manipulációt. Ha pedig ez így van, léteznie kell olyan általános képességeknek, amelyek a tanulási folyamat kiindulópontjaként, egyénenként különböző ütemben fejlődve végül is alkalmassá teszik az egyént a külvilág megismerésére.

Velünk született képességek

A konstruktív pedagógia szempontjából nagy hatású a kognitív pszichológia velünk született képességekről megfogalmazott álláspontja. Az innatizmus képviselői szerint az újszülöttnak a feltétlen reflexeken kívül

egyéb, adaptív jellegű információ-feldolgozó képességei is vannak, amelyek lehetővé teszik a környezethez való alkalmazkodását és későbbi tanulási folyamatok kiindulási pontjául szolgálnak. Kísérletekkel igazolták például, hogy már az egészen fiatal csecsemők is tudják, hogy a tárgyak egyszerre nem lehetnek két helyen, oksági elvárásokkal rendelkeznek a tárgyak kölcsönhatásával kapcsolatban, rendelkeznek a szilárd anyagú tárgyak áthatolhatatlanságának elméletével. Velünk születetten van elképzelésünk a tárgyak konzisztenciájával és a mozgás folytonosságával kapcsolatban. *Vosniadou* (2001) véleménye szerint az emberi elmében speciális mechanizmusok alakultak ki a fizikai és a társadalmi környezetből érkező információ befogadására. Evolúciós előnyt jelent, hogy ezen az öröklött bázison a születés után nagyon hamar egy gyors és hatékony tanulási folyamat indulhat meg.

Tudásrepresentáció

A tanulók fogalomalkotásának megértésében is nagy szerep jutott a kognitív pszichológiának. Az információfeldolgozásra vonatkozó kezdeti elgondolások a sémaelméletre épültek. Az objektív valóság tárgyainak, jelenségeinek leképezésére sémákat, szimbólumokat használunk és a sémaelmélet szerint a tanulók ezeket a sémákat, információcsoportokat hívják segítségül egy-egy jelenség értelmezésekor, vagy probléma megoldása során. Amikor agyunk információfeldolgozást végez, tulajdonképpen ezeket a sémákat, szimbólumokat manipulálja, nagyon szorosan kötődve a nyelvi működéshez. A tanulók, kezdők sémái az újoncokra jellemzőek, a szakértőkéhez képest mennyiségileg és minőségileg is egyszerűbbek, kevésbé strukturáltak. Kognitív rendszereik nemcsak kevesebb tudáselemet tartalmaznak, hanem a tudáselemek összerendezettsége is gyengébb, a kapcsolatok hálózata ritkább. Magyarázataikban gyakran speciális, az adott problémakörhöz nyilvánvalóan kötődő elvekből indulnak ki, ezzel szemben a szakértők magyarázatai sokkal általánosabb elveken nyugszanak, bár mindketten a deduktív logikai utat követik.

A tanulási folyamat értelmezésében a tudásrepresentáció kérdései kerülnek előtérbe. *Osborne, Bell és Gilbert* (1983) kutatásai alapján bontakozott ki a tudásrepresentáció szimbólum-feldolgozó elmélete. Az elgondolás szerint létezik a tudatban egy olyan fogalmi hálózat, amelynek elemei tartalmuk alapján kapcsolódnak össze. A tanulási folyamat során az új ismeretek ebbe a meglévő hálózatba épülnek be. Amennyiben az új ismeret és az előzetes tudást szimbolizáló hálózat nem kompatibilis, vagyis nincsenek meg azok az előismeretek, amelyekhez az új információ köthető lenne, megértési, tanulási problémák jelentkeznek. Ez esetben a tanulók oldaláról többféle megoldás jelentkezik: vagy figyelmen kívül hagyják az új fogalmat,

vagy elszigetelik, esetenként eltorzítják annak érdekében, hogy a meglévő fogalmi hálózathoz illeszthető legyen.

Az utóbbi időben elterjedt tudásreprezentációra vonatkozó megközelítés a PDP (Paralell Distributed Processing), az elméműködés párhuzamos, megosztott információ-feldolgozó működése. E szerint a megismerő rendszerek működése sokkal mélyebb szinten, a nyelvhez nem olyan szorosan köthető módon zajlik, mint korábban feltételezték. A világ leképeződése nem egyedi idegsejtek, vagy idegsejtcsoportok aktivitásaként, szimbólumok formájában valósul meg, hanem szubszimbolikus szinten, nagyon sok információ tárolására szolgáló ugyanazon idegsejtcsoportok, hálózatok párhuzamos, egyidejű működéseként. Ezek a hálózatok részben öröklöttek, részben tanultak, de az öröklött hálózatainknak is csak egy része merev, tartalmazznak adaptív elemeket is (Nagy, 2003). A megismerési folyamat nem a valóságos tárgyakkal, vagy fogalmakkal megfelelő szimbólumok közötti kommunikáció, hanem egy teljes hálózat „aktivitásmintájának” kialakulása. (Pléh, 1997; Nahalka, 1997b).

Tudásterület-specifikusság

Az 1970-ig évekig uralkodó piagetianus kognitív fejlődéstudomány szerint a fogalmak fejlődése általános értelmi fejlődés eredményeként játszódik le és meghatározott, életkorra jellemző és egymástól jól elkülöníthető szakaszokhoz köthető. A szigorúan kötött sorrendű szakaszokban az általános képességek egyre komplexebb struktúrákba rendeződnek a gyermek cselekvésének eredményeként (Piaget, 1993; Inhelder-Piaget, 1984). Számos ellentmondásos kísérleti eredmény azonban felülvizsgálatra készítette a kutatókat és elvezetett arra a megállapításra, hogy az információfeldolgozás során az általános értelmi képességek mellett nagyobb szerepet kell tulajdonítani az adott tudásterület fejlettségének, a bennük szereplő tudáselemek számának és még inkább strukturáltságának (Driver és Easley, 1978.; Novak, 1977). Mind a gyermekek, mind a felnőttek problémamegoldása sok esetben eltért a várakozásoktól. Számukra ismerős témákban a gyerekek sikeresebbnek bizonyultak, mint ahogyan az Piaget stádiumelmélete szerint életkoruk alapján elvárható lett volna. És fordítva, a felnőttek sem voltak képesek minden feladatban a formális műveletek szakaszának megfelelő teljesítményt nyújtani. Mindezek a tapasztalatok megerősítették a konstruktív pedagógia egyik alapfeltevését, ami szerint az információfeldolgozás során az általános képességek mellett nagy szerep jut a konkrét tudásterület fejlettségének, ami nemcsak tartalmi gazdagságot, hanem az elemek közötti minél összetettebb kapcsolatrendszer is jelent.

A tudásterület-specifikus kognícióhoz egy tudásterület-specifikus észlelés is kapcsolódik, amely már az észlelés során mozgósítja az

információ feldolgozáshoz szükséges tudáselemeket (Carey, Spelke 1994). A két rendszert működtető alapelvek megfelelőségének mértéke határozza meg, hogy a kognitív struktúra állandó marad, vagy milyen mértékű változáson megy át. A radikális változás, konceptuális váltás a konstruktivista pedagógia alapkérdése. Részletes bemutatására a 2.1. 3. alfejezetben kerül sor.

2.1.2. Tévképzetek

A tévképzetek fogalma, különböző elnevezések — eltérő tartalmak

A konstruktivizmus tanulásfilozófiája szerint a hibás tanulói válaszok nem egyszerűen tudomásul veendő tények, hanem olyan események a tanulási folyamat során, amelyek háttérében valamilyen sajátos tanulói értelmezés húzódik meg. A kezdetben használt és a köztudatban ma is elterjedt tévképzet kifejezés a válaszok helytelen voltát hangsúlyozza és egyfajta negatív ítéletet is hordoz. Eleinte azt fejezte ki, hogy a válasz nem felel meg az adott terület tudományos álláspontjának. A későbbi kutatások során azonban fény derült a tanulói magyarázatok egy nagyon fontos jellemzőjére, az adaptivitásra. Lehet, hogy egy válasz tudományos szempontból nem teljesen helytálló, azonban a tanulót segíti a környező világ jelenségeinek értelmezésében és a problémák megoldásában, mégpedig azért, mert a magyarázat koherens a tanuló világfelfogásával, belső értelmezési rendszerével, kognitív struktúráival. Ily módon a nevezéktan is változott és a megközelítés módjától függően egyesek alternatív fogalmi keretről, mások naiv hiedelmekről, vagy gyermektudományos elméletekről beszélnek. A kutatók álláspontja nem egységes a kérdésben, bár több próbálkozás is történt egy minden, a kérdéssel foglalkozó résztvevő számára elfogadható, nagyobb magyarázó erővel rendelkező egységes elnevezés bevezetésére (Novak, 1983). Az elnevezések sokszínűsége azt is jelzi, hogy mennyire szerteágazó kutatási területről van szó, illetve mennyire más megközelítésből szemlélhetjük ugyanazt a kérdést. A szóhasználat különbözősége mögött az ismeretelsajátításról, a tanulói és a tudományos fogalmak viszonyáról vallott eltérő nézetek húzódnak meg. A fogalmi rendszer fejlődését a „pre”, vagy „naiv” előtag jelzi, míg a kontextus szerepének hangsúlyozására az „every day” (mindennapi), vagy „instructional” (oktatási) jelzők utalnak. Másfelől az is nehezíti az eligazodást, hogy a kutatók bizonyos kifejezéseket egymás szinonimájaként használnak (Korom, 2005).

Az elnevezésekben megjelenő elő- és utótagok egyben kutatói állásfoglalást is kifejeznek: episztemológiai szempontból a „mis” előtag a tanulói elképzelések hibás voltát hangsúlyozza, míg az „alternatív” jelző sokkal megengedőbb, és nem lecserélendő elgondolásra utal, hanem csak azt fejezi ki, hogy a szakértőkéthől, vagy a pillanatnyi szaktudományos

állásponttól eltérő elképzelésről van szó. A „pre” és a „naiv” előtagok inkább az elmélet keletkezésének idejére utalnak, és azt hangsúlyozzák, hogy a szervezett oktatás előtt is magyarázatokat keresünk a környező világ jelenségeire (Smith, diSessa és Roschelle, 1993). Azt, hogy ezek mennyire strukturáltak és mennyire alkotnak összefüggő rendszert, a nevezéktanban megfigyelhető eltérő szóhasználat is jelzi. A naiv meggyőződés (belief) és a felfogás (conception) az egyediséget fejezik ki, míg a keret (framework) és elmélet (theory) egy koherens eszmerendszert tételez fel. Chi és Rosco (2002) az állandóságuk alapján különbözteti meg a prekonceptiókat és a tévképzeteket. Előbbi könnyebben és eredményesen átalakítható a tanítási folyamat során, utóbbi sokkal ellenállóbb és robusztusabb.

A tévképzetek forrásai és tulajdonságai

A külvilág észlelése, a jelenségek értelmezésének képessége már a legkorábbi életszakaszunkban is megfigyelhető. Az újszülöttek is rendelkeznek egy olyan velünk született, tudásterület-specifikus információfeldolgozó struktúrával, amely lehetővé teszi számukra a környezet észlelését és értelmezését. A kezdeti primitív világkép szolgáltat alapot a kognitív rendszer fejlődésének. Az új ismeretek bővítik, gazdagítják a struktúrát, és a fogalmi váltások eredményeként egyre bonyolultabb összefüggések értelmezésére válunk képessé. A világkép alakulásában a személyes tapasztalatoknak, a szülőkkel és más felnőttekkel történő interakcióknak és a kortársaknak van nagy szerepe. A kezdeti gyermektudományos elméletek alapját az én-központú magyarázatok adják. A kisgyerekek jellemzően a feltűnő tulajdonságok alapján általánosítanak és a tárgyakat emberi tulajdonságokkal ruházzák fel. Az óvodáskorúak nagy része például nem tekinti élőlénynek a növényeket, mert az élő fogalmának legfőbb kritériuma ebben az életkorban a mozgás (Havas, 1980). Sok esetben az élettelen dolgok, tárgyak, jelenségek, mint akarattal és érzelmekkel rendelkező fogalmak jelennek meg elgondolásaikban. Az iskoláskor felé haladva a naiv hiedelmek egy része finomodik, átalakul és el is tűnhet, azonban jelentős számban fellelhetők még a szervezett oktatás megkezdésekor is. Egy részük nem akadályozza a további fejlődést, mivel bizonyos hétköznapi szituációkban megfelelő magyarázó erővel rendelkeznek, mások viszont a továbblépés gátjaivá válhatnak. Pedagógiai szempontból különösen figyelemreméltóak a tévképzetekről feltárt legfontosabb jellemzők (Pozo, 1991; Wandersee, és mtsai., 1994):

- A természettudományos tanulmányaikat megkezdő diákok a természeti jelenségekkel kapcsolatos előismeretekkel és magyarázó elvekkel érkeznek a fizika-, kémia- és biológiaórákra.

– A naiv elméletek életkortól, nemtől és kulturális környezettől függetlenül nagyon hasonlóak, bár újabb kutatások arra hívják fel a figyelmet, hogy bizonyos analógiák és metaforák használata bizonyos kultúrákra és nyelvekre inkább jellemző, és ehhez kapcsolódóan egyes prekoncepciók nagyobb gyakorisággal fordulnak elő (*Hesse és Anderson 1992; Taber 1998*).

– A tanulók elméletei a gondolkodási struktúrájuk implicit részei; jellemzően nincsenek tudatában milyen magyarázó elvekkel rendelkeznek, vagy legalábbis nem képesek szóbeli kifejezésükre.

– A magyarázó rendszer fenntarthatósága érdekében sokszor csak olyan tapasztalatokat, tényeket vesznek figyelembe, amely illeszkedik az alternatív keretbe, az ennek ellentmondó információkat kizárják, figyelmen kívül hagyják.

– A magyarázatok rendkívül tartalomfüggők és differenciálatlanok, nagyban befolyásolják a jelenség körülményei és a tapasztalati szituáció.

– Az elméletek mindennapi tapasztalatokban gyökereznek és rendkívül állandók, a tanításnak ellenállnak.

– A magyarázatok sokszor közvetlen oksági összefüggéseken alapulnak.

– A tanulói elképzelések gyakran a tudománytörténet során megjelent és már túlhaladott elképzelést tükrözik.

– A naiv elméletek gyakran azon alapulnak, hogy a mindennapi jelenségekről szerzett tapasztalataink és a kortársak beszámolóí nem egyeznek, esetleg a tanórán tapasztalt kísérleti eredményektől is különböznek.

– Előfordul, hogy maga a tanár is rendelkezik tévképzetekkel, amelyeket akaratlanul is megoszt tanítványaival a tanítás során.

– Gyakori jelenség, amikor a tanártól, vagy a tankönyvből kapott információ tudományosan helytálló, de a tanuló helytelen értelmezése vezet tévképzet kialakulásához.

– A tanulók naiv elméletei gyakran ellentmondanak a hivatalosan tanított magyarázatoknak és tanulási nehézséget, eredménytelenséget és a fogalmi rendszer inkoherenciáját eredményezik.

A naiv elméletek felülírása, a tudományos tények elfogadtatása hosszú folyamat, melynek során fogalmi váltások sorozata játszódik le, és rendkívül gondosan megtervezett, átgondolt tanítási stratégiák kidolgozását igényli.

Kémia tanításhoz kötődő tévképzetek

A hetvenes évektől kezdődően a pedagógia kutatások kedvelt témájává vált a tévképzetkutatás. Mára több ezerre tehető a gyermektudományos elméletekkel foglalkozó tanulmányok száma.

Kezdetben csak egy-egy tudományos fogalomhoz kapcsolódó értelmezési anomáliákról számoltak be az elsősorban leíró jellegű vizsgálatok. Később, amikor egyértelművé vált, hogy az előzetes elképzelések gátjai lehetnek a megértési, tanulási folyamatnak és nagyon nehezen bonthatók le, új kutatási irányok kaptak lendületet. Az 1980-as évektől kezdődően a teljes tanulási folyamat az érdeklődés középpontjába került, a tanulók motivációjától kezdve a társas interakciókon keresztül a lehetséges és javasolt pedagógiai stratégiákig.

A tévképzetkutatás népszerűsége a legtöbb iskolai tantárgyhoz kötődő tudományterületet elérte, mégis a leginkább kutatott terület a természettudományokhoz, ezen belül is a fizikához és a kémiához kapcsolódik.

A tévképzetek általános jellemzője, hogy nagyon tartósak és ellenállnak a tanításnak, különösen igaz ez a kémiai tévképzetekre. Az alapvető kémiához kötődő elméletek rendkívül gyors fejlődéséről számolnak be a kutatók a 6-12. életkor között, azonban ezután a fogalmak nagyon lassan, vagy alig változnak az inézményesített kémiaoktatás ellenére. A 12 éves korban fennálló tévképzetek egy része a 18 éveseknél is megtalálható és az egész élet folyamán megmaradhat. A nyolcadikos finn gyerekek 10%-a például nem tudott különbséget tenni az atom és az anyag fogalma között, és ugyanez az arány volt megfigyelhető a középiskolások, sőt az egyetemisták körében is (Ahtee és Varjoli 1998). Bodner (1991) végzős kémia szakos hallgatók tévképzeteit vizsgálva megállapította, hogy némelyek 900 órányi elméleti és laboratóriumi oktatás után is kitartottak bizonyos kezdeti naiv elméletük mellett.

Schmidt (1997) vizsgálatai feltárták, hogy bizonyos félreértések a helytelen szóhasználatból adódnak. A megértés gátja lehet, hogy a például az oxidáció fogalmát a tanuló egy korábbi, tudománytörténet során használt jelentéstartalommal értelmezi, míg a tankönyv, vagy tanári magyarázat a legkorszerűbb felfogás alapján áll.

Nakhleh (1992) szerint az olyan kifejezések használata, mint „atom”, „semlegesítés” az agyban felépített, jól szervezett gondolati rendszert jelez, ami, ha a maga sajátos módján is, de képessé teszi a tanulót bizonyos jelenségek értelmezésére. DiSessa (2004) tanulói rajzok és szobrok és a hozzájuk fűzött tanulói magyarázatok alapján arra a megállapításra jutott, hogy a kognitív struktúrának vannak olyan vizuális elemei, amelyek szóbeli kifejezésére nem képes a tanuló, mégis a gondolkodásmódjába beépül és a magyarázataira hatást gyakorol.

A kémia elvont tartalmait gyakran modellekkel próbáljuk megjeleníteni. A modellek lehetnek valóságosak és a magyarázatok, tapasztalatok alapján épített mentális modellek is. A tanulóknak azonban csak töredéke van tisztában a modellek korlátozott érvényével, sokak számára a

valóság pontos leképezését jelentik. Az olyan analógiák, amelyek az atom felépítését a sejttel, benne a sejt-maggal hozzák párhuzamba, a pillanatnyi megértést ugyan segíthetik, azonban későbbi tévképzetek forrásai lehetnek. Ha a tanuló nincs tisztában pontosan egy modell és a valóság viszonyával, még az olyan, egyébként helytálló modellek, mint a Bohr-féle atommodell is a további fejlődés gátjai lehetnek. Kizárólagos alkalmazásával például nem értelmezhetők a szubatomi részecskék közötti kölcsönhatások (Harrison és Treagust, 1996; Cros, és mtsai., 1986).

Az anyagfogalom fejlődésének lépéseit egyebek mellett Kme¹ és munkatársai (1998) és Andersson (1986, 1990) vizsgálták. A fogalmak hierarchikus egymásra épülését figyelték meg a 8. és a 18. életév között. Megállapították, hogy a tanulók az anyag „eltűnik”, „áthelyeződik”, „módosul”, „átalakul” lépéseken keresztül jutnak el a kémiai reakció megértéshez, miközben a folytonos anyagmodell a részecskeszemléletű elképzelés irányába mozdul el.

Bizonyos fogalmakhoz, például az erőhöz nagyon jellemző tévképzettípusok kapcsolódnak, melyek valamelyikével, szinte minden tanuló rendelkezik. Más területekre nem jellemző a speciális tévképzetek ilyen nagy száma, viszont a típusok teljes spektruma előfordul. Kémiai tartalmú tévképzetek más tudományterületeken is keletkezhetnek. A biológia tankönyvekben például gyakran megtalálható az az intuitív elméleteken alapuló szóhasználat, hogy a kémiai kötés, mint energiaraktár szerepel és a kötés felszakadása energiadisszipációval jár (Barker, 2002).

Tévképzetek a kémia részterületein belül

A különböző természettudományokhoz kötődő tévképzetekről beszámoló cikkek és tanulmányok száma mára közel nyolcezerre tehető. Természetesen megkezdődött a hatalmas irodalom rendszerezése, nemcsak tudományterületenként, hanem azokon belül, tematikusan is. A kémián belül részletesen kutatott a termodinamika, elektrokémia, sztöchiometria, egyensúlyi folyamatok és a reakciókinetika kérdésköre, és számos adat áll rendelkezésre az energia, hő, hőmérséklet, tömeg és súly fogalmával kapcsolatos tanulói elképzelésekről is. Az 1. melléklet a kémia néhány olyan témaköréről mutat be adatokat, amelyek leginkább kapcsolódnak az általam vizsgált korosztály tanulmányaihoz.

2.1.3. A fogalmi fejlődés elméleti és konstruktivista felfogása

Az előzőekből kiderült, hogy a tudományos fogalmak használata során félreértésekhez vezethet az, hogy a tanulói értelmezések az eredeti és elvárt jelentéshez képest újra színezik a fogalmakat. A pedagógiai gyakorlat törekvése, hogy az iskolai tanítás során a tudományos közvélemény által

elfogadott tartalmúvá alakítsa nemcsak a tanulók szóhasználatát, hanem gondolkodásmódját is. Az új pedagógiai irányzatok elméleti háttérét azok a kutatások adják, amelyek a tanulói elképzelések feltárása mellett a fogalmak fejlődését és átalakulását, a fogalmi fejlődést vizsgálják. A konstruktivista tanulásfelfogás talaján több irányban is megindultak a kutatások, részben a természettudományos neveléssel is foglalkozó kutatók, részben a fejlődéslélektan ismeretsajátítással foglalkozó szakértői kezdeményezésére. Egymástól eltérő értelmezések, magyarázatok és modellek születtek, de mindegyikben megtalálhatjuk a közös rendező elvet, a konstruktivista tanulásértelmezést. E felfogás szerint – ahogyan arról már korábban szó esett – a természettudományos tanulmányait megkezdő tanuló nem „tiszt lap”-pal lép a tanterembe, hanem olyan előzetes ismeretekkel és tapasztalatokkal rendelkezik, amelyek nagyban befolyásolják a tanulási folyamat kimenetelét. Másfelől a tudás megszerzése nem passzív befogadást jelent, hanem egy olyan aktív tevékenységet, amely során létrehozuk, megkonstruáljuk a tudást. Az a kérdés, hogy e közben az eredeti elképzelésekkel mi történik, és hogy az új ismeret hogyan kapcsolódik a meglévő kognitív struktúrához, megosztja a kutatótársadalmat. Már magában a kiinduló állapotban is a szóhasználat és a jelentéstartalom széles skálája megfigyelhető a tévképzettől és naiv meggyőződéstől az előzetes tudásig, de a fogalmi rendszerben bekövetkező változásról is megoszlanak a vélemények. *Duit* (1991) a változások leírására használt fogalmak két nagy csoportját különítette el, amelyek egy-egy szóval a „gazdagodás” és „átrendeződés” címkékkel írhatók le. Előbbi az ismeretek fokozatos bővülését, gyarapodását jelenti, amely a fogalmi hálózat alapszerkezetét nem változtatja meg, csak a hálószemekbe akaszt újabb elemeket és meglévők közötti kapcsolatot fűzi szorosabbra. Az új fogalmat ebbe a meghatározott struktúrába ágyazza be. Az átrendeződés ennél radikálisabb változást tételez fel, a háló, a kognitív struktúra szerkezete, szerveződése változik meg. A „fogalmi váltás” elnevezés szűkebben ezt a folyamatot jelöli.

A fogalmi váltás tudományfilozófiai alapú megközelítése

Az 1980-as évekig az addig uralkodó tanulásfelfogás az empirizmus, mint tudományfilozófia talaján állt és a gyakorlati tapasztalatszerzés elsődlegességét és a megismerés induktív útját hangsúlyozta. Az 1980-as évektől kezdődően a posztpozitivist tudományfilozófia hatására új elméletek születtek a tanulási folyamatok értelmezésére. *Posner* és *mtsai* (1982) *Kuhn* (1984) tudományfejlődésről alkotott elgondolását állították párhuzamba a tanulási folyamatokkal (részletesen az 2.1.1. alfejezetben). *Kuhn* szerint a tudomány állapotát két szakasszal jellemezhetjük: a normális és a forradalmi szakasszal. Normális állapotában egy adott paradigma, mint rendező elv

határozza meg a tudományos kutatások irányát és a magyarázatokat, vagy *Lakatos Imre* (1997) felfogása szerint a kutatási programokat. Az eredmények zömmel igazolják a törvényszerűségeket, gazdagodnak az ismeretek, egyre bonyolultabb összefüggések tárulnak fel, mindaddig, amíg eleinte kisebb számban, később növekvő mértékben meg nem jelennek nem várt eredmények, vagy olyan kínzó ellentmondások, amelyek már a paradigma határait kezdik feszegetni. Ilyenkor a tudomány fejlődésének forradalmi szakaszába ér (*Kuhn*, 1984), vagy új kutatási programokat jelölnek ki (*Lakatos*, 1970), majd újra kezdődik egy normális szakasz. *Posner* (1982) elképzelése szerint a tanulási folyamat és egy diszciplína fejlődése párhuzamba állítható. Amíg a tanuló fogalmi kerete, értelmezési szerkezete alkalmas az új ismeretek feldolgozására, a tanulás normális szakasza, az új információk asszimilációja zajlik. Amint a fogalmi keret elavulttá válik, vagyis sorozatban érkeznek olyan hatások, információk, ismeretek, amelyeket az eddig bevált módon nem tud értelmezni, a tanulási folyamat forradalmi szakaszba érkezik. A fogalmi rendszer átszervezésére, fogalmi váltásra, *Piaget* (1970) szóhasználatával élve, akkomodációra van szükség.

Az elmélet szerint a tanulási folyamatban a tanuló szerepe hasonló a tudóséhoz. *Posner* (1982) munkatársaival olyan pedagógiai programokat dolgozott ki, amelyek iskolai körülmények között modellezték a tudós szerepet. A tanuló az új információ megszerzése érdekében kísérleteket végzett, tapasztalatokat gyűjtött, véleményt formált, álláspontját társaival ütköztetve következtetéseket vont le és megállapításokat tett, „megdolgozott” az önmaga számára megkonstruált tudásért. A fenti „forgatókönyv” azonban nem vezet el törvényszerűen a fogalmi váltáshoz. *Posner* elképzelése és vizsgálati tapasztalatai szerint a tanuló akkor vehető rá a meglévő fogalmak cseréjére, a fogalmi váltásra, ha:

1. elégedetlen az aktuális elgondolásával (például azért, mert az eltér a társai, vagy a tanár véleményétől);
2. az új fogalom érthető (az új ismeretrendszer összefüggőnek, ellentmondásmentesnek találja);
3. az új fogalom hihető, valószínű (úgy kell éreznie, hogy összhangba hozható meglévő tudásával és elképzeléseivel, sőt alkalmas arra, hogy korábban tapasztalt ellentmondásokat feloldjon a segítségével);
4. az új fogalom jövőbeni megtérüléssel kecsegtet (feltételezhető, hogy elfogadása nemcsak egyszeri megoldást kínál egyetlen egyedi probléma esetén, hanem hasznosnak bizonyul egyéb, későbbi helyzetekben is).

Posner szerint az „aha-élmény”-hez juttatás a lehető legtöbb, amivel tanítványaink fogalmi váltását elősegíthetjük.

A négy alapelven kívül a tanulók fogalmi ökológiája is hatást gyakorol a tanulási folyamatra. A kifejezés *Toulmintól* (1972) származik, és az ökoszisztémák összehangolt működését állítja párhuzamba a fogalmi

váltás folyamatával. Mint ahogyan az n-dimenziós térben az ökoszisztéma populációi felosztják egymás között a rendelkezésre álló élő- és élettelen forrásokat (igényeiknek és lehetőségeiknek megfelelően elfoglalnak egy ökológiai fülkét, niche-t), ugyanúgy a kognitív struktúrában szereplő fogalmak sem függetlenek egymástól. Az élő- és élettelen környezetben bekövetkező változások a populációk egész sorára hatást gyakorolnak. Hasonlóan, egyetlen fogalom fölülíírása, törlése, vagy akár csak módosítása is azért nehéz, mert a fogalmaink nem elszigetelt entitásként léteznek a fogalmi struktúrában, hanem egy hálózat, kapcsolatrendszer elemeként, amelyben nem csak más fogalmak találhatók, hanem attitűdök, metafizikai meggyőződések, szociális tapasztalatok, viselkedésminták. Ha tehát fogalmi váltást akarunk generálni, nem összpontosíthatunk csak a célzott fogalomra, hanem az egész hálózatra hatást kell gyakorolnunk. Ennek érdekében olyan tanítási programokat dolgoztak ki, amelyek fokozottan építettek a tanulók előzetes tudására és a tudósok által használt ismeretszerző eljárások megtanítására. Az elméleti kutatások hatására a pedagógiai gyakorlatban is új irányzatok jelentek meg, új szereposztást írtak: a tanár a tudás egyedüli birtokosa és minden tudományos igazság letéteményese szerepből egy kevésbé látványos, de sokkal színesebb és nehezebb szerepkörbe került: a tanulók aktív ismeretszerzési folyamatának előkészítőjévé, szervezőjévé, irányítójává vált.

Előtérbe kerültek a tanulók fogalmi rendszerének feltárására irányuló kutatások, melynek egyik gyümölcsöző ága a fogalmi térképezés (Novak, 1990) lassan a pedagógiai gyakorlatba is beszivárgó népszerű és elterjedten használt eszköz nemcsak a tanulói fogalmak feltérképezésére, hanem egy diszciplína összefüggéseinek képszerű megjelenítésére is.

A fogalmi váltás elősegítésére és felgyorsítására a mesterségesen generált kognitív konfliktus keltés módszerét alkalmazzák a kutatók, amelynek során változatos eszközökkel (szövegeket, filmrészleteket, kísérleteket felhasználva) igyekeznek a tévképzeteket előhívni, és olyan helyzetet teremteni, amiben a tanuló maga szembesül elmélete hibáival, tarthatatlanságával. A megbomlott egyensúly helyreállítása érdekében kénytelen nézetei felülbírálására és jól megtervezett tanulási környezetben esélye van a fogalom magasabb szintű értelmezéséhez eljutni (Gilbert, Osborne, Fensham, 1982). Az új módszereknek tanulásszervezési következményei is vannak, hiszen a nézetek kifejtésére, vélemények ütköztetésére a frontális óraszervezés kevésbé alkalmas, helyette előtérbe kerül a csoportmunka.

Posner elméletének kritikája

A fogalmi váltást elősegítő módszerek nem hoztak egyértelmű sikert, az empirikus tapasztalatok csak részben igazolták beválásukat. A *Posner* és munkatársai elméletét ért kritikák több aspektusra is rávilágítanak:

A kognitív konfliktus során észlelt ellentmondás nem feltétlenül idéz elő fogalmi váltást a tanulók gondolkodásában. Gyakori jelenség, hogy ahelyett, hogy elvetnék a régi elgondolásukat és elfogadnák a tapasztalat által igazolt újat, ez utóbbit, a szabályt erősítő kivételként tekintik (*Chinn és Brewer, 1993*). *Chinn és Brewer* arra is rámutatott, mennyire találékonyak a tanulók a kognitív konfliktusok kezelése tekintetében. Ellentmondásos tapasztalatok esetén a fogalmi váltás helyett a bizonyíték figyelmen kívül hagyása, elutasítása, kizárása, függőben hagyása, újraértelmezése következik be, vagy csak periférikus elméletváltás történik.

Pintrich, Marx és Boyle (1993) a szigorúan racionális ún. „hideg fogalmi váltás”-t tartják hibás megközelítésnek. Egyetértenek *Polányi Mihállyal (1994)*, akinek tudományfilozófiája szerint az egzakt tudomány sohasem lehet teljesen objektív, mert a jelenségeket a kutató mindig saját szemüvegén keresztül értelmezi, „személyes tudására” hatást gyakorolnak az érzelmei, motivációi, szociális háttere. Hasonlóan, a gyerekek tanulási folyamatát is nagyban befolyásolja érdeklődésük, elkötelezettségük, a tanuláshoz és az adott témakörhöz fűződő viszonyuk.

Újabb kutatások szerint a tanítás célja nem lehet a régi fogalmak újra cserélése. *Chinn és Brewer (1998)* szerint a tanulók sok esetben nem elégedetlenek meglévő fogalmaikkal, mert azok adaptívak és a megszokott helyzetekben megfelelő magyarázóerejük van. Ha mégis kognitív konfliktus lép fel, sok esetben az a fogalmi váltás gátja, hogy nem bíznak az új fogalom hasznosságában, magyarázó erejében. *Caravita és Halldén (1994)* arról számolt be, hogy gyakran a régi és új fogalom együtt él, és a körülményektől függ, hogy melyik lép elő magyarázó erőként. Léteznek e mellett hibrid fogalmak is, amelyekben a kezdeti és az új fogalmak bizonyos elemei összeolvadnak.

Ugyancsak *Caravita és Halldén (1994)* mutattak rá arra, hogy sok esetben a tanulói elméletek alkalmasak hétköznapi problémák értelmezésére, tehát a teljes lecserélésük helyett, (ami egyébként sem megoldható) inkább annak elfogadtatására kellene törekedni, hogy bizonyos szituációkban a tudományos magyarázatok eredményesebben használhatók. Bírálták e mellett a tanulási folyamat és a tudományos megismerés párhuzamba állítását, „a tanuló, mint tudós” metafora használatát. Túlzott leegyszerűsítésnek tekintik az iskolai tanulás fogalmi váltások sorozataként történő értelmezését. Az elmélet hibájául róják fel a propozicionális tudásreprezentáción alapuló tanulásfelfogást. E szerint a tárgyi tudás a hosszú távú memóriában tárolt elemek minőségével és a közöttük kialakult kapcsolatok bonyolultságával lenne jellemezhető, és a tanítás célja nem más, mint az elem- és

kapcsolatszám növelése. A statikus tudásszerkezettel szemben szerintük a tudáskonstrukció több dimenzióban zajlik, a tudásszerkezet dinamikusan változik, és több absztrakciós szinten történő megértés, gyakorlati tapasztalat és kontextus vezet végül is a fogalom teljes megértéséhez és a tudásszerkezetbe történő koherens beillesztéshez.

Vosniadou (1994) véleménye szerint a „tanuló, mint tudós” metafora használata azért sem helytálló, mivel a tanulók saját magyarázataikra igaz állításokként és nem igazolásra váró hipotézisként tekintenek, semmi nem indokolja számukra, hogy meggyőződéseiket felülbírálják. Véleménye szerint akkor érthetjük meg pontosan a természettudományokhoz kötődő fogalmi fejlődést és fogalmi váltást, ha pontosabb tudásunk lesz arról, ahogyan a diákok a természettudományos tárgyakat tanulják. Állítása szerint az emberi evolúció során speciális mechanizmusok fejlődtek ki a környezetből érkező információk befogadására. Ez részben egyszerűvé és gyorsá teszi az információfeldolgozást, másrészt a korai életszakaszban elsajátított tudás befogadására is alkalmassá tesz. Mivel mindkét forrásból származó „tudásunk” olyan mélyen gyökerezik, hogy gondolkodásmódunk meghatározó keretként szolgál, nem érezzük szükségesnek felülbírálatát, annak ellenére, hogy gyakran ellentmondanak a természettudományos törvényszerűségeknak (Vosniadou 2002a).

Részben a kritikai megjegyzések hatására, másrészt, mert az empirikus vizsgálatok csak részben támasztották alá elméletüket, *Strike* és *Posner* (1992) finomították kezdeti elképzeléseiket. Elismerték, hogy a fogalmi váltás nem kizárólag kognitív tevékenység, hanem érzelmi és szociális vonatkozásai is vannak. Abban is egyetértettek, hogy lehetséges a régi elképzelés és az új tudományos fogalom közötti interakció.

A fogalmi váltás értelmezése körüli vita napjainkban is folytatódik. Vosniadou (2002b) jelenlegi álláspontja szerint a fogalmi váltás egy olyan folyamat, ami lehetővé teszi a tanuló számára, hogy a kezdeti, magyarázó gondolati keretükből kiindulva gondolati modelleket szintetizáljanak. A fokozatosan lejátszódó lépések a mentális modellek fejlődését eredményezhetik. Mortimer (1995) a fogalmi profil változása mellett érvel, véleménye szerint valószínűleg különböző tudásterületeken eltérő módon gondolkodunk és az értelmezés során nem feltétlenül az új tárgyról, vagy eseményről alkotott előzetes elképzelésünket fogadjuk el, előfordulhat, hogy a megelőző fogalmaktól teljesen független értelmezés születik. Bár érvelésük különböző, mindketten az előzetes tudás (prior knowledge) szerepét hangsúlyozzák.

Chi és Roscoe (2002) felfogása szerint a fogalmi váltás tulajdonképpen nem más, mint a tévképzetek kijavítása. A naiv fogalomból kiindulva, a tanulónak fel kell ismernie melyik elképzelése téves, és korrigálnia kell. A tévképzetten hibás kategorizálást értenek, fogalmi

váltáskor tulajdonképpen egyszerűen a megfelelő dobozba, helyére tesszük a fogalmat.

Nem az egyes elemeket, hanem a rendszerszerűséget helyezi előtérbe *diSessa* (2002). A fogalmi váltás során a fragmentált tudáselemeinket egységes tudásrendszerré szervezzük, állítja.

A legradikálisabb vélemény szerint a naiv elméletek nem a fogalmi váltás célját szolgálják, hiszen a fogalmi váltás nem más, mint intellektuális eszközök elfogadása. *Ivarsson, Schoultz és Saljo* (2002) álláspontja szerint a fogalmi váltás az a mód, ahogyan a fogalmakat különböző kontextusokban használjuk, és szerintük a fogalmi váltás sokkal inkább társadalmi szinten történik.

Az, hogy a különböző értelmezések közül melyiket fogadják el a természettudományokat tanító oktatók, bizonytalan. *Mayer* (2002) hangsúlyozza, hogy egyre sürgetőbb a fogalmi váltást leíró elméleteket tesztelhető formába hozni és gyakorlati próbáknak alávetni.

A fogalmi váltás értelmezése a pszichológiai törvényszerűségekből kiindulva

A fogalmi váltások vizsgálata a tantárgypedagógiákból kiinduló irányzatok mellett a kognitív pszichológia területén is folytatódott. A kiindulópontot *Piaget* (1970) kognitív fejlődésemélete jelentette, ami az értelmi fejlődést globális átszerveződésként értelmezte. Stádiumelmélete szerint a gyerekek gondolkodási képességei meghatározott életkori szakaszokhoz kötve általában fejlődnek és minden tudásterületre hatást gyakorolnak. A pedagógiai gyakorlat feladata, hogy olyan tapasztalatokhoz juttassa a gyerekeket, amelyeket életkoruknak megfelelő szinten értelmeznek és ezekből az egyre magasabb szintű értelmezésekből alakul ki a serdülőkor végére a megfelelő természettudományos világkép.

Carey (1995) szerint ez a globális újrastrukturálódás valójában nem is szigorú értelemben vett tanulás, hanem egy természetes intellektuális fejlődés. A kísérleti eredmények nem támasztották alá az elmeműködés, mint globális információfeldolgozó tevékenység elképzelést, egyre inkább a tudásterület-specifikus információ- feldolgozás nézet vált elfogadottá (*Cosmides és Tooby*, 1994). A kognitív pszichológia álláspontja szerint a fogalmak kontextusfüggők, nagyon erősen kötődnek ahhoz a környezethez, amelyben elsajátításuk történt, és nem általánosítódnak automatikusan.

Az előzetes tudás szerepet játszik a tudáskonstrukcióban, és ez akkor is igaz, ha bármilyen korai életszakaszig, akár az újszülött korig visszamegyünk az időben. Egyebek mellett *Spelke* (1991) vizsgálatai igazolták, hogy a tárgyak érzékelésével, elhelyezkedésével kapcsolatos elemi mentális modellekkel már születésünkkel rendelkezők, és birtokában vagyunk egyéb, a fizikai és a társas környezetből érkező információk gyors

befogadása és feldolgozása képességének. Mindez természetesen kezdetben elemi szinten értendő, az azonban valószínűsíthető, hogy az előkészített és rendkívül gyors fejlődésre képes mentális rendszer evolúciós előnyt jelent (Vosniadou, 2001).

A megismerési folyamatot tudásterület-specifikus alapelvek irányítják, és már jóval az iskoláskor előtt kialakulnak viszonylag egységes értelmező keretek. Az intuitív fizika, pszichológia, biológia gyermeki értelmezései a tanítás, környezet, társas interakciók hatására változnak, és közelítenek a tudományos érvényű magyarázatokhoz, de a későbbi életszakaszokban is előbukkanhatnak, mint gyermektudományos elméletek, vagy tévképzetek.

Az előzetes tudás feltérképezése mellett a fogalmi váltás is a kognitív pszichológia érdeklődési körébe tartozik. Napjainkig több elmélet született a tapasztalatok magyarázatára, részben hasonló, részben egymásnak ellentmondó elképzelésekkel.

Carey (1985) használta először a „fogalmi váltás” kifejezést, amely – szerinte – gyenge és erős formában valósul meg. Előbbi a fogalmak gazdagodását jelenti, úgy, hogy a fogalmi hálózatban elhelyezkedő csomópontok megmaradnak, csak a közöttük lévő kapcsolatok rendeződnek át. A gyarapodás eredményeként újoncból szakértő válik, természetesen csak az adott szűk tudományterületen. Az erős átszerveződés analógiájaként a Kuhn (1984) tudományfilozófiájában szereplő tudományos forradalom elképzelést tekintette. A diszciplináris tudásfejlődés három szinten zajlik: változik a fogalmi rendszerekben szereplő „mag” fogalmak köre, a jelenségek csoportja, amellyel az adott elmélet foglalkozik és az elfogadhatónak ítélt magyarázatok köre is. A tévképzetek azért állnak ellen az oktatásnak, mert leküzdésükhöz mindhárom szinten változásnak kell bekövetkeznie.

Chi, Slotta és de Leeuw (1994) felfogása szerint a fogalmi váltás nem más, mint ontológiai kategóriák közötti váltás. Elméletük szerint úgy értelmezzük a környező világot, hogy a jelenségeit kategorizáljuk. Három fő ontológiai kategóriát különböztetnek meg, az anyag, a mentális állapot és a folyamat kategóriákat. Minden egyes kategóriában több alkategória is létezhet párhuzamosan egymás mellett, amelyeket egy közös ontológiai jellemző kapcsol össze. Például az anyag kategórián belül beszélhetünk természetes és mesterséges anyagokról, vagy élő és élettelen alkategóriákról. A kategóriák ontológiai jellemzői kölcsönösen kizárják egymást, ugyanazt a fogalmat nem sorolhatom egyszerre az anyag és a folyamat kategóriába is. A fogalmi váltás tulajdonképpen a fogalom megfelelő „dobozba” tétele. Egy alkategórián belüli átrendezés lényegesen egyszerűbb, és biztosabb kimenetelű folyamat, mint a kategóriák közötti ugrás. Azt belátni például, hogy a delfin nem hal, hanem emlős, sokkal kisebb erőfeszítést igényel, mint elfogadni a hő kölcsönhatási folyamatként való értelmezését az anyag

kategóriába sorolás helyett. A tanulási nehézségeket a kompatibilis és inkompatibilis fogalmakra vezették vissza. Kompatibilisnek tekintik azt a fogalmat, amikor a fogalom besorolása ugyan hibás, de a tudományos fogalommal azonos ontológiai szinten áll. Például gyakori tapasztalat, hogy az iskolás kor előtt sokan a növényeket nem tekintik élőnek. Mivel azonban az anyag ontológiai kategóriában szerepel, ezen belül viszonylag egyszerűen áthelyezhető az élettelen anyag alkategóriából az élő anyag alkategóriába. Az ilyen jellegű tévképzetek a tanítás eredményeként fokozatosan eltűnnek. Inkompatibilis fogalmak áthelyezése sokkal nehezebb. Ha a tanuló a hő fogalmát az anyag és nem a folyamat kategóriában tárolja, minden új, a hőre vonatkozó információ is ide tárolódik. A megértési nehézséget a téves kategorizálás mellett az is fokozza, hogy a hővel kapcsolatos jelenségek megértéséhez az anyag kategóriában használt értelmezési rendszereket mozgósítja, a folyamatok dekódolásához használt rendszerek helyett.

Bár sok korábbi kérdés megválaszolható az elmélet segítségével, *Duit* és *Treagust* (1998) véleménye szerint a kategóriák meghatározása önkényes és leegyszerűsített, másrészt nem ad pontos magyarázatot arra, hogy bizonyos, kategórián belüli váltások miért mennek könnyebben végbe, mint mások, valamint mi a magyarázata a kategóriák közötti váltás nehézségének.

Vosniadou (1994) elfogadja a tudásterület-specifikus információfeldolgozást, de új felvetésekkel is él. Véleménye szerint a velünk született információfeldolgozó rendszer bázisán kialakuló értelmező apparátus olyan mélyen gyökerező előfeltevéseket tartalmaz, amelyek egyenként nem érhetők el, külön-külön nem vethetők vizsgálat alá. Sokkal inkább egy általános keretet, szemléletmódot szolgáltatnak a fogalmak értelmezése során, ezért a tanítási folyamatban direkt, közvetlen hatásunk nincs rá. *Vosniadou* az előbbi, keretelméletnek nevezett elméleti struktúra mellett megkülönböztet specifikus elméleteket, amelyeket összefüggő, tudásterület-specifikus előfeltevések, fogalmak alkotnak. Utóbbiak a tanulási folyamat során, kulturális információk révén jönnek létre, de tudományos értéküket és értelmező erejüket a keretelmélet értelmezési megszorításai határozzák meg. Sok tévképzet azért rezisztens a tanítással szemben, mert megszüntetéséhez, vagy fölülírásához nem elegendő, a tudásterület-specifikus előfeltevések korrekciója, a keretelméletet is módosítani kell.

DiSessa (1993) elismeri az előzetes tudás jelentőségét, azonban az előbbi kutatókkal ellentétben nem fogadja el a fogalmi váltás gyenge és erős típusú kategóriákba rendezését. Szerinte a fogalmi váltás egy olyan dinamikus folyamat, amelyben a fizikai világról alkotott intuitív tudás fragmentált és izolált tudáselemei újraszerveződnek, és koherens, törvényekhez és alapelvekhez kötött szakértői tudássá alakulnak.

A kognitív pszichológia alapján álló fogalmi váltás elképzeléseket több kritika is érte. A kritikusok részben az elméletek központi fogalmainak

pontos meghatározását hiányolják, másrészt a folyamatok és a folyamatokra ható tényezők túlzott leegyszerűsítését kérik számon az elméletek alkotóin (Caravita és Halldén, 1994; White, 1994).

Új irányzatok a fogalmi váltás kutatásában

Az előzőekben bemutatott irányzatok a radikális konstruktivizmushoz kötődve elsősorban az egyén szerepét hangsúlyozták a tudáskonstrukciós folyamatokban. Az utóbbi évek kutatási irányzatai között azonban megjelentek a szociális konstruktivizmus talaján álló elképzelések, amelyek a társas környezet, a kontextusok és a motiváció tanulási folyamatra gyakorolt hatását vizsgálják.

Az elméleti alapok egészen Vigotszkij (1967) munkásságáig nyúlnak vissza, aki szerint a hétköznapi tapasztalatok során szerzett spontán fogalmi fejlődés és az iskolában definíciók, törvények alapján szervezett fogalmak elsajátításának útja egymással ellentétes irányú. Amíg a spontán fogalmak a mindennapi tapasztalatokból kiindulva az egyesből az általános felé fejlődnek úgy, hogy közben a fogalom egyre több részlettel gazdagodik, addig a diszciplináris tanítás éppen az általános bemutatásával indul, és ezt tölti fel tartalommal konkrét példák segítségével. Létezik egy olyan szint, ahol a kétirányú fogalmi fejlődés találkozik és a két kiindulási pontból származó, egymással gyakran inkompatibilis fogalom egymás mellett él és párhuzamosan fejlődik.

Spada (1994) egyetért azokkal a korábbi elképzelésekkel, hogy a korábbi és az új tudás összeegyeztethetetlen és integrációjuk nem lehetséges, de véleménye szerint a tanítás célja nem lehet a naiv fogalom lecserélése tudományos fogalomra (Posner és mtsai, 1982), célravezetőbb a fogalmi váltás helyett a többszörös mentális reprezentációk létrehozása. A jelenség, probléma környezete, összetettsége, kontextusai határozzák meg, hogy milyen szintű fogalmakkal operál a tanuló, de fel kell ismernie, hogy magyarázatainak hol vannak a korlátai, milyen feltételek között érvényesek, illetve milyenek között nem, és a tanításnak elsősorban ebben van szerepe.

Pozo (1997) szerint a tanulók ismeretei hierarchikus rendben épülnek fel, mégpedig úgy, hogy a saját elképzeléseik is megmaradnak, csak a hierarchia valamelyik alsóbb szintjén. Optimális esetben a tudományos elvek alapján szervezett fogalmak a hierarchia csúcsán találhatók, és elsősorban ezeket mozgósítja problémamegoldás során.

Annak belátása, hogy az alkalmazott magyarázat milyen szintű és miben tér el a tudományos értelmezéstől nagyfokú metakognitív tudatosságot igényel a tanulóktól. Képessé kell válniuk más nézőpontokba helyezkedni és saját véleményalkotási folyamatukra kívülről tekinteni, ez pedig feltételezi a kognitív flexibilitás bizonyos szintjét. Az önszabályozó tanulás és a

metakogníció ismeretsajátításban betöltött szerepe új kutatások témája lehet (Csíkos, 2007).

Az individuális fogalomkonstrukció felfogás mellett megjelentek, illetve felerősödtek azok a hangok, amelyek a tanulás szociális tényezőit emelik ki. Hangsúlyozzák, hogy a tanulási folyamat nem tekinthető a környezettől elkülönült egyéni aktusként, hiszen a tanulás általában közösségben zajlik, másrészt a fogalmak kontextusba ágyazottak és értelmezésük mindig az adott kulturális közösség szimbólumrendszere segítségével történik. (Caravita és Halldén, 1994). Az osztálytermi közösség, a társas kapcsolatok, mint környezet, az egyéni elképzelések bemutatása, megbeszélése, vitája, a társas interakciók, mint aktivitás vesznek részt a fogalmak elsajátításában. Tudatosan tervezett, előidézett tantárgyi programokkal, tantermi szituációkkal a metakognitív tanulási környezet is tervezhető, és a fogalmak mélyebb szintje is felszínre hozható (Mason, 2001).

Pintrich, Marx és Boyle (1993) és Pintrich (1998, 1999) az osztálytermi környezet, a tanulási stílus és a motiváció tanulásra gyakorolt hatását vizsgálva megállapították, hogy a tudatosan, megértésre törekvő, belsőleg motivált tanulók fogalmi váltása eredményesebb, mint a felszínes, külső céloktól, például elismeréstől vezérelve tanulóké.

*

Ebben az alfejezetben először a konstruktivista tanulásfilozófia kialakulását lehetővé tevő elméleti háttérrel mutattam be. Első lépésként áttekintettem azokat a tudományfilozófia előzményeket, amelyek kialakulásában szerepet játszottak, majd a kognitív tudományok közül a kognitív pszichológia fogalomelsajátításra vonatkozó legfontosabb elméleteit vettem sorra.

A tanulási problémák, megértési nehézségek vizsgálata vezette el a kutatókat azokhoz a megállapításokhoz, amelyek nyomán megindultak, majd kiszélesedtek a tévképzetkutatások. Az iskolai tanulmányaikat megkezdő gyerekek mindennapi tapasztalatok során megszerzett előzetes tudás birtokában ülnek az iskolapadokba. A napi pedagógiai gyakorlatra is hatással van a kezdeti fogalomkészletük tartalma és az a tény, hogy fogalmaik egyfajta szervezettséget mutatnak és újabb információk értelmezési keretüül szolgálnak. A sajátos gyermeki értelmezések, hiedelmek sok esetben gátjai az új fogalmak elsajátításának, ezért a tanítás hatékonysága érdekében indokolt, hogy minél szélesebb körben feltárják őket. A tanulói elméletek leíró jellegű számbavétele során kiderült, hogy a megértési nehézségeket tulajdonképpen a meglévő fogalmak fölülírása, vagy cseréje okozza. A fejezet befejező

részében a fogalmi váltással kapcsolatos legfontosabb kutatási irányokat tekintettem át.

Az általános törvényszerűségek megismerése mellett a kémiatanulás és kémiatanítás nehézségeivel naponta szembesülő kutató részletkérdések iránt is érdeklődik. Az anyagok felépítésének és az anyagi rendszerek változásainak vizsgálata a kémia tantárgy deklarált célja. A fejezet második alfejezetében az anyag fogalmához és az anyagi változásokhoz kötődő gyermeki elméleteket és fogalmi fejlődésének fő mozzanatait mutatom be.

2.2. Anyagfogalommal kapcsolatos tanulói elképzelések

A környező világból érkező információk jelentős része az anyagokhoz kötődik, és már a legfiatalabb életkortól kezdődően több érzékszervünk segítségével megkezdjük az adatgyűjtést. A kezdeti észlelések alapján kialakított általános elképzelés szerint az anyag folytonos, statikus és nincs benne szabad tér. A természettudományos tanítás ezt a mélyen gyökerező anyagfelfogást próbálja meg részecskeszemléletűvé alakítani. Kisiskolás kortól kezdve, először a környezetismeret, majd a természetismeret tantárgy keretein belül, később a fizika és a kémia tantárgyakban tanulnak a gyerekek az anyagok részecsketermészetéről, szerkezetéről és az anyagi változásokról. A tantervi cél az, hogy a középiskolai tanulmányok végére a diákok eljussanak egy olyan tudományos alapokon nyugvó szemléletmódig, amelynek segítségével képessé válnak az anyagok makroszkópos tulajdonságait és viselkedését az anyagokat alkotó részecskék tulajdonságaival és a közöttük lévő kölcsönhatásokkal értelmezni. Hazai és nemzetközi felmérések tapasztalatai is bizonyítják, hogy a folytonos anyagfelfogásról a részecske szemléletűre történő fogalmi váltás mennyire nehéz és hosszadalmas folyamat, és csak keveseknek sikerül teljes egészében.

A következőkben bemutatom, hogy miért okoz különös nehézséget bizonyos természettudományos ismeretek elsajátítása, majd az anyagról alkotott általános gyermeki elképzelések és az ezekhez kötődő fogalmi váltások bemutatása következik két, az empirikus vizsgálatom által érintett anyagcsoport, a szilárd anyagok és a gázok példáin keresztül.

2.2.1. A „gyermektudomány”

A korábbiakból kiderült, hogy a mindennapi jelenségek értelmezését szolgáló gyermeki magyarázatok ugyanolyan sokszínűek és ugyanolyan mélységűek lehetnek, mint a magyarázatok kategorizálására használt kutatói nomenklatúra. Az elnevezés utalhat a gyermeki elmélet időbeni megjelenésére: prekonceptió, előzetes elgondolás, oktatás előtti tudás, vagy a tartalmára: naiv elmélet. Fogalmazhat finomabban: gyermeki nézet, vagy kicsit szigorúbban: tévképzet. Egyes elnevezések azt sugallják, hogy a jelenség értelmezésére használt magyarázatok elszigetelten vannak jelen a gyerekek gondolkodásában, mint ahogy például az „intuitív fogalom” szóhasználatból erre következtethetünk. Más elnevezések, mint az „alternatív fogalmi keret” kifejezés használatával úgy gondolunk a sajátos gyermeki magyarázatokra, mint fogalmak rendszerére, amelyek a gyermeki magyarázatok jól szervezett háttéréül szolgálnak. A kutatók egy része

(Brewer és Samarapungavan, 1991; Wiser, 1998. idézi: Nakhleh és Samarapungava, 1999.) szerint a naiv elméletek minden olyan sajátossággal rendelkeznek, amely egy tudományos elméletre jellemző, csak közelebb állnak a tudomány fejlődésének valamely korábbi állapotához. Mások, mint diSessa (1993) véleménye szerint az „újoncok” tudása hiedelmek gyengén szervezett rendszere, amely belsőleg inkonzisztens, instabilis, és időben és tartalomtól függően rendkívül képlékeny az ellentmondásos bizonyítékokkal szemben.

A Gilbert, Osborn és Fensham (1982) által használt „gyermektudomány” elnevezés fejezi ki talán legjobban azt a tényt, hogy a gyerekek magyarázatai, ha tudományos szempontból nem is helytállóak, de mindenképpen egy sajátos és egyedi belső gondolkodási rendszert alkotnak. A klasszikus értelemben vett tudományhoz hasonlóan alkalmasak arra, hogy bizonyos eseményeket megjósoljanak és értelmezzenek, még ha a maguk sajátos módján is. Az anyagok tulajdonságaihoz és változásaihoz rengeteg magyarázat kötődik (ezek egy része már ismert a kutatók előtt is), a gyermektudományba illesztettségük viszont azzal a következménnyel jár, hogy általában önmagukban nem módosíthatók, az egész háttér magyarázórendszert át kell írni, ami – érthetően – rendkívül nehéz feladat. A gyermektudomány legfontosabb jellemzőit Nahalka István (2002. 160. o.) a következőkben foglalja össze:

„A gyermeki elképzelések:

- nem tapasztalatokon alapulnak, hanem konstrukció eredményei,
- személyesek,
- rendkívül stabilak, nagyon nehéz a fogalmi váltás,
- külső megfigyelő számára inkoheregensnek tűnnek,
- valójában azonban a gyermek kognitív működése szempontjából adaptívak,
- rendszereket alkotnak, és elméletként funkcionálnak.”

A pedagógiai gyakorlat számára a fenti megállapítások nagyon súlyos következményekkel járnak. Mivel az anyagi világ születésüinktől kezdve kézzelfogható távolságra jelen van, az interakció, tapasztalatszerzés, elméletalkotás törvényszerű velejárói mindennapjainknak, legfiatalabb életkorunktól kezdve. A kémiai tanulmányok megkezdésekor már kész magyarázatokkal rendelkezünk a világ jelenségeiről. A tanítás során nem hagyhatjuk figyelmen kívül a gyermektudomány létezését, mert ellenkező esetben a diákok motiváltságuktól függően „megtanulják” ugyan az általunk közvetített ismereteket, de kognitív rendszereik olyan rétegeiben raktározzák el, hogy véletlenül se zavarhassák meg a gondosan, évek hosszú sora alatt és rengeteg tapasztalat árán felépített eredeti elképzeléseiket.

2.2.2. Az anyagfogalom kialakulása és fejlődése

Az anyag fogalmának pontos értelmezése rendkívül sok tapasztalat és hosszú érési folyamat eredményeképpen jön létre. Már magának a kifejezésnek a használata sem egyértelmű, hiszen mást jelent a hétköznapiokban (például: ruhaanyag), és mást értenek alatta a természettudósok. Jelent megfogható, tapintható tárgyakat, tömeggel rendelkező testeket. Számos tanulói elképzelést írtak le a kutatók az anyag fogalmával és a legkülönbözőbb anyagi változásokkal kapcsolatban. A néha meglepő és érthetetlennek tűnő gyermeki elméletek eredetét könnyebb megfejteni *Chi és mtsai (1994)* magyarázata alapján.

Elméletük szerint a kognitív fejlődés során a természettudományos fogalmak két differenciálatlan ősfogalomból alakulnak ki, melyet „anyagalapú” és „folyamatalapú” fogalomrendszernek neveztek el. Az anyagalapú fogalomrendszer tartalmazza egyebek mellett a hosszúság, terület, súly, sűrűség, térfogat, viszkozitás, tömeg és szilárdság fogalom kezdeményeit. Olyan fogalmakról van szó, amelyeket ellentétpárokba rendezhetünk, mint például: hosszú-rövid, kicsi-nagy. A gyerekek gondolkodásában kezdetben még nem különülnek el élesen ezek a fogalmak és az átfedések eredménye, hogy még hetedikeseik körében is előfordul, hogy a tömeget és a térfogatot egymás szinonimájaként használják. Nehezen értik meg a mennyiségi viszonyokat, a több-kevesebb összehasonlításnál nem feltétlenül a lényegi elemeket ragadják meg. Két edényben lévő folyadék mennyiségét összehasonlítva gyakran csak a folyadékoszlop magasságát veszik figyelembe. Finomabb elkülönítést igényel – és az általános iskolai tanulmányok végére nem is sikerül mindenkinek – a sűrűség és a töménység fogalmának megkülönböztetése, illetve még felnőtteknél is gyakori a sűrűség és viszkozitás téves értelmezése mindennapi helyzetekben. A napi szóhasználat is sűrűnek mondja az olajat, holott valójában a víznél kisebb sűrűségű folyadék nagyobb viszkozitását szeretné kifejezni.

A másik nagy fogalomtömb a folyamatalapú fogalomrendszer, ahová általában dinamikus elemek tartoznak, amelyek nem rendezhetők ellentétpárokba. Fizikai alapfogalmak közül az erő, mozgás, gyorsaság tartoznak ide, kémiával közös fogalomkészlete pedig például a hő és energia fogalmát tartalmazza.

2.2.3. A gázok természetének megértése

Az anyagokkal kapcsolatos összes fogalom közül bizonyos tekintetben a gázok sajátosságainak megértése okozza a legnagyobb nehézséget. A levegőről szerezünk az első gázokra vonatkozó ismereteinket, még akkor is, ha kezdetben a két fogalmat nem azonosítjuk. A gáz szóról kezdetben a fűtőgázra, vagy a kipufogógázra asszociálunk. A mindennapi életben viszonylag kevés alkalom nyílik a gázokról tapasztalatokat gyűjteni, a

levegő után a leggyakrabban az oxigénnel és a szén-dioxiddal kerülünk kapcsolatba. A gázok természetének megértését nehezíti, hogy a „hétköznapi” gázok színtelenek, és olyasvalami létezését kell elfogadnunk, amiről érzékszerveink segítségével közvetlenül nem tájékozódhatunk. A legfiatalabb gyerekek a levegőről, mint „álomról”, vagy „emlékezetről” gondolkodnak, vagy a „semmivel” azonosítják (Piaget, 1972). Kisiskolás korban tudják, hogy a légzéskor szerepet játszik, és a széllel is kapcsolatba tudják hozni, azonban még nyolcadikosok esetén is előfordul, hogy problémafeladatokban a levegő helyére „semmit” képzelnek (Séré, 1985). A gyerekek gázokkal kapcsolatos fogalmai még a kémiatanulmányok kezdetén is meglehetősen szegényesek. Bár tízéves korukig megtanulják, hogy a levegő anyag, és tizenkétévesen használják is a levegő szót, azonban még a hetedikes gyerekek egy részének is problémát okoz a gázokhoz tömeget rendelni. Stavy, Eisen és Yaakobi (1987) vizsgálataiban résztvevő nyolcadik és kilencedikes tanulók 40 százaléka szerint a gázoknak nincs tömegük, és mivel ilyen könnyűek, ha egy gáz valamilyen folyadékkal lép reakcióba, annak is csökkenni fog a tömege. Séré (1982) eredményeihez hasonlóan ők is megállapították, hogyha a gázokat mégis tömeggel rendelkezőként fogják fel, meggyőződésük, hogy könnyebbek, mint a folyadékok, amelyekből párolgás során keletkeztek (Stavy, 1998), tehát nem értik a tömegmegmaradás törvényének érvényesülését párolgás során. A „negatív tömeg” elképzelés is előfordul gázokkal kapcsolatban, elsősorban a gázok felemelkedéséhez kapcsolódóan (Brook és mtsai. 1989). A gázok tömegének megértése feltehetőleg azért ennyire nehéz, mivel kezdetben, mint tömeg nélküli létezőről gondolkodnak, az „anyagalapú” fogalmi masszában a gázok mennyiségének kifejezésére egyetlen eszköz, a térfogat marad, és a tömegváltozás lehetőségével nem számolnak.

A gázok létezésének elfogadása után a következő akadály a kezdeti folytonos gázmodellt részecskeszemléletűre cserélni. Nussbaum (1985) szerint öt ténnyt kell elfogadni a részecskeszemléletűvé váláshoz, ahogyan azt Nahalka (2002, 177. o.) idézi:

- „– a gázok részecskékből állnak,
- a gázok részecskéi egyformán oszlanak szét bármilyen zárt térben,
- a részecskék között üres tér van,
- a gáz részecskéi mozognak, ehhez a mozgáshoz nem szükséges valamilyen külső forrás,
- két gáz keveredésekor különböző részecskékből álló gáz jön létre.”

Mindaddig, amíg ez a fogalmi váltás be nem következik, nem érthetik például a gázok felmelegítésével, a nyomással kapcsolatos jelenségeket, a termikus kölcsönhatásokat és a megmaradási törvényeket. Tapasztalatok szerint a felsorolt nehézségek ellenére a gázok részecsketermészetét egyszerűbb elfogadni, mint a szilárd anyagokét, vagy a folyadékokét.

2.2.4. A szilárd anyagok szerkezetéről alkotott gyermeki elképzelések

A szilárd anyagokról alkotott iniciális gondolati modellünk a folytonos anyagmodell. Mindennapi tapasztalataink ezt támasztják alá, ez az elképzelés akkor is fenntartható, ha a szilárd anyagokat vágjuk, daraboljuk, aprítjuk, a mindennapi tevékenységek során kapott kisebb anyagdarabok alapvető, látszólagos folytonossága megmarad. A kisiskolás korban megjelenik és 10-11 éves korban elterjedt a gyerekek szóhasználatában a részecske, atom, molekula kifejezés (*Piaget, 1972*), de nem a klasszikus értelemben használják. A környezet, tanítás hatására válik a szókincsük részévé, de ekkor még inkább, mint a folytonos anyag parányi, szabad szemmel nem látható (de sokak szerint mikroszkóppal igen!) darabkáját értik alatta.

A szilárd anyagok szerkezetéről alkotott elképzeléseink következő stádiumát a kevert modellek megjelenése jelzi. Itt már elfogadjuk a részecskék létezését, és érdemi elképzelésekkel rendelkezünk arról, hogy milyen szerepet játszanak az anyagok felépítésében, azonban a folytonos anyagmodell nem adható fel ilyen egyszerűen, mentőmodelleket hozunk létre. Egyes elképzelések szerint az anyag továbbra is folytonos, és ebbe ágyazódnak be a részecskék. Kezdetben véletlenszerű elhelyezkedést tételeznek fel a gyerekek, idősebbeknél megjelenik a rendezett struktúrára törekvés. Mások véleménye szerint maguk a részecskék alkotják az anyagot, de a közöttük lévő teret valami egyéb tölti ki, például levegő, szennyeződések, esetleg baktériumok. A kevert modellek harmadik változata, ami szerint az anyagokat részecskék alkotják, és közöttük nincsen üres hely.

A részecskemodell megértésének viszonylag egyszerűbben leküzdhető nehézsége a részecskék létezésének elfogadása. Az igazi nehézséget annak a ténynek a belátása jelenti, hogy a mozgás a részecskék belső, elidegeníthetetlen tulajdonsága. Úgy tűnik, hogy bár itt sem egyszerűen, de a gázok esetében könnyebb elfogadni ezt a tényt és megérteni a gyakran használt kifejezést: a gáزرészecskék egyenletesen kitöltik a rendelkezésükre álló teret. Sokkal nehezebb az állandó dinamizmust megérteni a makroszkóposan statikusan megjelenő szilárd anyagok esetében. Részecskeszemléletű az anyagfelfogása annak a tanulónak, aki érti, hogy az anyagok részecskékből állnak, és a részecskék minősége és a közöttük lévő kapcsolatok és kölcsönhatások együttesen határozzák meg az anyagok makroszkóposan megjelenő tulajdonságait és viselkedését. Az igazi kihívás a folytonos anyagmodellről a részecskeszemléletűre történő fogalmi váltás, ami általában az iskolai tanítás hatására szokott bekövetkezni. A 14. életév körül a formálódó részecskeszemlélet, mint fogalmi keret gazdagodik, középiskolás korban új elemekkel bővül. Az atomok és molekulák belső szerkezetének megismerése hozzájárul az atomi és a makroszkópos

tulajdonságok közötti kapcsolat megértéséhez. Visszahúzódik az a fiatalabb korosztálynál gyakran megfigyelt jelenség, hogy az atomokat makroszkópos tulajdonságokkal ruházzák fel (például a kénatomok sárgák, vagy melegítéskor az atomok kitágulnak) (Andersson, 1986; Driver, 1985; Griffith és Preston, 1992). Johnson (1998) kísérleti tapasztalatai szerint a tanulók anyagszerkezetről vallott elképzeléseinek két dimenziója nem egyszerre, párhuzamosan, hanem egymást követő lépésekben fejlődik. Először fogadják el a részecskék létét, majd ezután a kollektivitás eredményezte makroszkópos tulajdonságok magyarázatát.

2.2.5. Az anyagi változások gyermektudományos értelmezése

Az anyagi változásokkal kapcsolatos gyermektudományos elméletek a kémia legkülönbözőbb területein felbukkannak. „A cukor elolvad a vízben és eltűnik.” „Amikor a só elolvad a vízben, a víz átveszi a só tulajdonságait.” „Az egyensúly elérése után mindkét irányú folyamat megáll.” „Égéskor az anyag könnyebb lesz.” A néhány kiragadott példa azt sugallhatja, hogy elszigetelt jelenségről és csak bizonyos részletkérdések téves értelmezéséről van szó. A háttérben valójában az anyag szerkezetéről vallott nézetek állnak, a megértést a részecskeszemlélet elfogadásának mértéke befolyásolja. A folytonos anyagfelfogás azonban olyan mélyen gyökerező hit, hogy a legvégsőig igyekszünk kitartani mellette és menteni az addig koherens fogalmi keretünket. Ezzel magyarázható, hogy sok gyermeki magyarázat „menekülési útvonalakat” nyit meg (Andersson, 1990) a folytonos anyagmodell megmentése érdekében. Olyan gyermeki magyarázatok ezek, amelyek még arra is alkalmasak, hogy az érzékszervi tapasztalatokat módosítsák, vagy legalábbis önmaguk számára feloldják a látvány és az elméletük között fennálló nyilvánvaló ellentmondást. A kémiai reakciók során például, hogy ne kelljen elismerni az új anyagok megjelenését, a kiindulási anyag eltűnéséről, áthelyeződéséről, energiává alakulásáról beszélnek, vagy azt állítják, hogy az eredeti anyag jelen van, csak bizonyos tulajdonságai változtak meg.

*

A fejezet második részében nagyon vázlatosan bemutatam azt a kognitív hátteret, aminek talaján az általános iskoláskorú gyerekek megkezdik szervezett természettudományos tanulmányaikat. Felvázoltam és néhány gyakorlati példával illusztráltam azokat az okokat, amelyek kognitív oldalról nehezzé teszik a kémiatanulást. A következőkben saját empirikus vizsgálatom bemutatására kerül sor, amelyben a fogalmiváltás-kutatás eredményeire támaszkodva hazai tapasztalatokat igyekeztem gyűjteni életkori szempontból kiterjesztve a vizsgált tanulók körét. Új elemző módszerek

alkalmazásával lehetőség nyílt arra is, hogy a gyermektudomány tanításra gyakorolt hatásának új aspektusait vizsgáljam.

A harmadik fejezetben először az iskolakezdő tanulók vízzel kapcsolatos előzetes tudását és fogalmaik szerveződését vizsgáló kutatásaim eredményeiről számolok be (3.1. alfejezet). A fejezet második része (3.2. alfejezete) a 9-15 évesek fogalmi megértését mutatja be néhány, az általános iskolai kémiaanyag részét képező fogalommal kapcsolatban. A fejezet utolsó részeiben egy olyan vizsgálat eredményeiről lesz szó, amelyben, az irodalomban leírt tévképzetekkel szembesítettem 10-16 éves diákokat és felnőtteket.

3. Saját vizsgálatok és eredmények

3.1. Iskolakezdő tanulók vízzel kapcsolatos elméletei és tudásszerkezete

A kémiatanítást népszerűségvesztésének lehetséges okait az első fejezetben vázlatosan áttekintettem. A társadalmi és gazdasági tényezők nyilvánvaló hatása mellett a kémia népszerűtlenségének a tantárgy nehéz tanulhatósága lehet az egyik oka. A kémia sajátos szimbólumrendszere, a jelenségek több szinten történő értelmezése, a köznyelvi és tudományos szóhasználat átfedése és ellentmondásossága olyan tényezők, amelyek kívül esnek a pedagógiai gyakorlat hatókörén. A kémiatanár a kémiára módszertani megújításával és a tanulási folyamat optimalizálásával segíthet tanítványainak könnyebbé tenni a kémiatanulást. A tanulók ismeretelsajátítási folyamatába két ponton tudunk beavatkozni: a megismerési folyamat lépéseinek és szabályszerűségeinek minél részletesebb feltárásával és olyan ajánlásokkal, amelyeket a szakdidaktika a kémiatanításban használható módszerekké és taneszközökké alakíthat. 6-14 éves tanulókat érintő vizsgálatom mindkettőre kísérletet tett a kémia nagyon szűk, de az általános iskolai oktatás szempontjából jelentős területeit érintve. Kutatásom háttéréül az első két fejezetben bemutatott paradigma, a konstruktív pedagógia szolgált, és elsősorban a gyermektudomány megnyilvánulásait és néhány, a kémiában meghatározó fogalom fejlődését vizsgáltam. Elfogadtam azt a kognitív fejlődéslélektani álláspontot, hogy az iskolai tanulmányok megkezdése előtt kialakul a gyermekekben egy olyan intuitív világkép, amely a megismerési folyamataik kiindulópontjául szolgál és nagyon lassan, de fokozatos bővítésén és átrendeződésén keresztül átalakul tudományos világképpé (Carey 1985; Chi és mtsai 1994; Vosniadou 1994).

3.1.1. A vízhez és a víz állapotaihoz kapcsolódó legfontosabb tanulói elképzelések

Annak érdekében, hogy saját kutatási eredményeim értelmezhetők legyenek, a következőkben néhány kapcsolódási pontot jelölök ki a rendkívül szerteágazó kutatási irányok között. Vizsgálatom első része az iskolakezdők (6-7 évesek) vízhez, a víz állapotaihoz, a halmazállapot-változásokhoz és az oldódáshoz kötődő fogalmainak fejlődésére irányult, ezért első lépésként az erre az életkorra és ezekre a témákra vonatkozó legfontosabb kutatási eredményeket tekintem át.

Az anyagfogalom fejlődése a víz példáján keresztül

Szinte nincs a kémiának olyan területe, ahol a jelenségek értelmezési módját ne a tanuló anyagszemlélete határozná meg alapvetően. A kiterjedt kutatásoknak köszönhetően az anyagfogalom fejlődéséről már nagyon sok ismerettel rendelkezünk, elsősorban a 10-18 éves korosztályra vonatkozóan (2. fejezet), azonban hasonló vizsgálatok a legfiatalabbak körében is folytak. *Dickinson* (1987), *Krnel*, *Glazar* és *Watson* (2003) 3-14 éves gyerekekkel készített interjúk alapján arra a következtetésre jutott, hogy az anyagok és a belőlük készült tárgyak megkülönböztetése az ötéveseknél jelenik meg, és a kilencévesek fele már az összetétel alapján csoportosít. A három- és ötévesek általában intenzív kritériumok alapján, elsősorban szín és alak szerint sorolták egy halmazba a tárgyakat, illetve a funkciót vették figyelembe. Kilenc éves kortól egyre inkább az anyagi minőség vált a rendező elvvé. A négyévesek még nem képesek az anyagi azonosság felismerésére, ha ugyanazzal az anyaggal por és darabos formában találkozhatnak. A fiatalabb gyerekekre jellemző az is, hogy inkább tárgyakban, mint anyagokban gondolkodnak és a „miből készült” szókapcsolattal utalnak az anyagi összetételre. Az anyag fogalmi fejlődésének egyik lépése, hogy kilenc éves kor körül a magyarázatokban sokkal inkább előtérbe kerül a „miből áll, mi alkotja” megfogalmazás.

Az „anyagfogalom” 2. fejezetben felvázolt fogalmi fejlődésének sarkalatos kérdése a folytonos modell teljes feladása. A mentési kísérletek egyike, amikor a részecskékhez makroszkópos tulajdonságokat rendelnek a gyerekek (*Ben-Zvi*, *Eylon* és *Silberstein*, 1986; *Lee*, *Eichinger*, *Anderson*, *Berkheimer* és *Blakeslee*, 1993b). A vízzel kapcsolatban figyelték meg, hogy a megkérdezett 12 éves gyerekek mindössze három százaléka volt képes mindhárom halmazállapotot részecske szinten értelmezni. A többiek elképzelése szerint, ha lehűtjük a vizet, megfagynak a vízmolekulák, és így „jégmolekulák” keletkeznek, amelyek, hidegebbek, mint a vízmolekulák.

Az intuitív elméletek rezisztenciáját a vízzel kapcsolatban is igazolták *Pereira* és *Pestana* (1991) kísérleti eredményei, amikor 13-18 évesek vízábrázolását vizsgálták. A 16-18 évesek részecskéként, gömbökkel szimbolizálva és a gömbök között üres térrel ábrázolták a vizet, de szilárd, folyékony, légnemű irányban egyre nagyobb méretben. A belső szerkezet ábrázolásakor egyre nagyobb vegyjelek és egyre hosszabb kovalens kötések segítségével jelenítették meg a halmazállapot-változások során általában megfigyelhető térfogatváltozást. Az egyes molekulák közötti távolság ugyanakkor nem változott a három halmazállapot ábrázolásakor, tehát a gyerekek nem vették figyelembe a sűrűséget és a gázok moláris térfogatát. A részecskeszemlélet látszólagos elfogadása mellett a folyamatokat nem a részecskék közötti kölcsönhatásokként értelmezték, hanem a makroszkópi szinten bekövetkező változásokat vetítették le a részecskékre. Ilyen

hiedelmeket *Gabel, Samuel és Hunn* (1987) még általános iskolai tanárjelöltek esetében is megfigyeltek.

Hasonló tapasztalatokat nyújtottak *Griffith és Preston* (1992), valamint *Haidar és Abraham* (1991) vizsgálatai is. A megkérdezett 17-18 évesek 3/4-e szerint a vízmolekulák alakja és mérete a halmazállapottól függ. A naiv elméletek kontextusfüggésének szép példája, hogy a vízmolekulák mérete esetükben éppen ellenkező irányban változik, mint a *Pereira és Pestana* (1991) előbb bemutatott vizsgálatában. A megkérdezettek 40 százaléka szerint a jégben nagyobb molekulák vannak, mint a folyékony vízben, mert a víz fagyás közben kiterjed. A tanulók 1/3-a gondolta, hogy a vízpárában kisebb és könnyebb vízmolekulák találhatók, 23 százaléka szerint pedig a vízmolekulák alakja összefüggésben van a halmazállapottal.

A párolgás

A halmazállapot-változások közül *Russel, Harlen és Watt* (1989) 5-11 évesek párolgás jelenségére adott magyarázatait elemezte. A válaszokból három kategória rajzolódott ki: (1) a megmaradó folyadékot hangsúlyozók anyagmegmaradás nélkül, (2) a víz áthelyeződése anyagmegmaradással bármilyen fizikai változás bekövetkezése nélkül, és (3) a fizikai változás és a helyváltozás együttes bekövetkezését elfogadók. *Bar és Galili* (1994) 5-14 évesekkel készített interjúi hasonló eredményekre vezettek. Megállapították, hogy a párolgás fogalma négy lépésben fejlődik:

1. Az ötévesekre jellemző, hogy a párolgást a víz eltűnéseként értelmezik (a korcsoport 60 százaléka gondolja így). A gyerekek magyarázatai mindig a közvetlen érzékelésből indulnak ki (*Kmel* 1998). Számukra hihető, hogy párolgás során a víz egyszerűen eltűnik, vagy áthelyeződik valahová. Amikor a fejlődés következő lépcsőjén megértik, hogy gáz keletkezik, akkor sem fogadják el könnyen a gáz állapotú víz létezését. Ha már mindenképpen el kell fogadniuk a gáz halmazállapotú anyag megjelenését, ez nem lehet más, mint levegő, a gázok prototípusa.
2. Beszívódik a hét-nyolcévesek 65 százaléka szerint.
3. A 11 évesek 55 százaléka úgy gondolja, hogy elpárolog, de itt olyan értelemben használják a kifejezést, hogy nem látható, és egy másik helyre áthelyeződik.
4. A víz vízpárává alakul általában láthatatlan vízcsepp formájában szétszóródik a levegőben, esetleg levegővé alakul. Az elgondolás kilenc és féléves kor körül jelenik meg, és 10-11 éves korig a gyerekek 15 százaléka elképzelését tükrözi.

Megállapításaik szerint a halmazállapot-változások fogalmának fejlődését ez a négy lépés pontosabban írja le, mint az *Andersson* (1990) által

a kémiai reakció fogalmi fejlődésére használt ötfokozatú skála (eltűnés, áthelyeződés, módosulás, átváltozás, átalakulás, kémiai reakció). A halmazállapot-változás és az anyagmegmaradás értelmezése között szoros összefüggést állapítottak meg. A víz eltűnik válaszhoz következetesen a víz megszűnik létezni képzet is társult, míg azok a gyerekek, akik a víz beszívódásaként értelmezték a párolgást, továbbra is számoltak a vízzel, tehát az anyagmegmaradást képviselték.

Az „eltűnik” értelmezés helyett a „beszívódik” típusú válasz megjelenése egyben azt is jelenti, hogy a leíró jellegű válasz irányából, az értelmező, magyarázatot kereső válasz felé mozdul el a gyerekek gondolkodása. Az „eltűnés” elfogadása ellentmondásba kerülne az anyagmegmaradásáról szerzett egyéb tapasztalatokkal, míg a „beszívódás” típusú válaszokkal konzisztens marad a gondolkodás. *Bar* és *Galili* (1994) szerint az ellentmondás idézi elő a fogalmi váltást elősegítő kognitív konfliktust.

A következő, kilenc éves kor körül bekövetkező újabb lépés, az adszorpcióból az „áthelyeződés” szintjére eljutás a gázállapot sajátos modelljének, a zárt szobában állandóan jelen lévő levegő létezésének (*Piaget*, 1972) elfogadását igényli a tanulóktól.

A vizsgálat végén arra a megállapításra jutottak, hogy a gyerekek párolgással kapcsolatos nézeteinek 5-14 éves kor közötti fejlődése egy jól definiált, dinamikus hierarchiát alkot, és szervesen kapcsolódik az *Osborne* és *Cosgrove* (1983) 12-17 évesekre vonatkozó megállapításaihoz.

Az oldódás

Az oldódás gyermeki értelmezése *Piaget* és *Inhelder* (1974) elképzelése szerint háromlépcsős modell alapján fejlődik

1. Nem-megmaradás: „a vízbe tett kockacukor eltűnik” típusú válaszok jelzik. „Semmivé oldódik” (*Lee, Eichinger, Anderson, Berkheimer és Blakeslee*, 1993). Mivel a cukor már nem látható feloldódása után, nem is létezik – gondolják a gyerekek.
2. Megmaradás, megőrzés: „a cukor folyadékká válik” magyarázattal feloldható az az ellentmondás, ami az észlelt, érzékszervekkel megtapasztalt jelenség és az anyagmegmaradással kapcsolatban már megszerzett tudás között fellép. Az idősebb gyerekeknél előforduló „a cukor láthatatlan szemcsékre esik szét” mentési kísérlet már a harmadik lépcsőfokot vetíti elő.
3. Atomizmus: Akkor értik meg valójában az oldódás folyamatát, amikor képesek elfogadni, hogy a vízben lévő láthatatlan cukorrészecskékből visszanyerhető az eredeti cukor.

Slone és Bokhurst (1992) megerősítették Piaget (1974) szakaszos fejlődésre vonatkozó elképzeléseit, valamint szoros összefüggést mutattak ki a gyerekek életkora és oldódáshoz kötődő fizika tudása között. Megállapították, hogy míg a négy-hat évesek 69 százaléka a „nem megmaradás”-t képviseli, 12-13 éves korra ez az értelmezés teljesen eltűnik. A négy-hatévesek közül csak hét százalék gondolja, hogy a cukor folyadékká válik az oldódás során (megőrzés), szemben a 12-13 évesek 74 százalékaival. Az atomizmusra, mint a legérettebb felfogásra utaló magyarázatok a legkisebbeknél még meg sem jelentek, de a 12-13 évesek között is csak 13 százalékban fordultak elő.

A legfiatalabbak oldódásra vonatkozó értelmezésével kapcsolatban Au és mtsai (1993) a fentieknek némileg ellentmondó tapasztalatokról számoltak be. Véleményük szerint a három-hét éves gyerekek már értik, hogy oldódás során az anyagok parányi, szabad szemmel nem látható részekre esnek szét, és tulajdonságaik hatást gyakorolnak az oldatra. Ugyanakkor az értelmezés gyermeki, amit olyan megállapítások jeleznek, mint: „a cukor eltűnt, de az édes íze ott maradt az oldatban”, tehát az anyagot és a hozzá tartozó tulajdonságot külön-külön létezőként tekintik.

Prieto, Blanco és Rodriguez (1989) 11-14 évesek körében megfigyelték, hogy a fiatalabbak magyarázataikban inkább az oldószerre, a keletkezett oldat mennyiségére összpontosítanak, szemben az idősebbekkel, akiknél nagyobb hangsúlyt kapott az oldószer és az oldandó anyag közötti kölcsönhatás. Itt is előfordult még az eltűnés kifejezés használata, sokak szerint a cukor lesüllyedt az edény aljára, mert a cukor nehezebb, mint a víz, de egyre nagyobb azoknak az aránya, akik figyelme az oldandó anyag felé fordult és magát a változás folyamatát helyezték előtérbe. Megjelentek az oldandó anyagon bekövetkező változást leíró kifejezések, mint a szétrombolódik, széttrörik, esetleg megolvad. A válaszadók $\frac{3}{4}$ -e fizikai változásként értelmezte az oldódást, a többiek általában a kémiai változások közé sorolták, de a kémiai reakció alternatívájaként előfordult a „konglomerátum nézőpont” is. Elképzelésük szerint az oldandó anyag és az oldószer közötti interakció során egy olyan anyag keletkezik, amely mindkét kiindulási anyag tulajdonságait hordozza. Véleményük szerint a cukor oldódása során keletkező cukoroldat kémiai szempontból új anyag.

A változás központi magyarázatokban az oldódás szinonimájaként gyakran feltűnik az olvadás kifejezés (Ebenezer és Erickson, 1996). A Selley (2000) vizsgálatában szereplő 13-14 évesek tíz százaléka értette, hogy a részecskék nagyobb mozgási energiájából adódó gyakoribb ütközések eredményezik, hogy a meleg vízben gyorsabban oldódik a cukor, mint hidegben. A többség az olvadást és a párolgást állítja párhuzamba, és úgy vélik, hogy a szükséges hőt a meleg víz adja: „a forró víz megolvasztja a cukrot”.

A komolyabb szintű kémiai tanulmányok megkezdése után, újabb gyermektudományos elméletek jelennek meg. A szimbólumok bevezetésével kezdődnek a vízzel kapcsolatos olyan félreértések, mint a H_2O képlet jelentése. Ben-Zvi, Eylon és Silberstein (1988) vizsgálatai szerint például a 15-16 évesek 13 százaléka szerint a H_2O képlettel jelölt vízmolekula két jól elkülöníthető részből, a H_2 -ből (egy hidrogénmolekulából) és az O-ból (egy oxigén atomból) áll. Elterjedt tanulói elképzelés szerint a kémiai reakciók során nem történik más, mint hogy a részecskék összeragadnak, illetve a „ragasztás enged” és szétválnak.

A megelőző kutatások fenti, részletes bemutatásával saját vizsgálataim előzményeit és kapcsolódási pontjait kívántam felvázolni.

3.1.2. Kutatási kérdések és hipotézisek

Kutatási kérdések

A kémia tantárgy helyzete, a kémiai fogalmak természete és megértési nehézségei, valamint a tantárgy iránti motiváció együttes vizsgálatából néhány olyan kérdés következhet, amelyek megválaszolása a napi tanítási gyakorlat számára is hasznosítható eredményeket hozhat:

1. Melyek azok a kémiai fogalmak, amelyekkel kapcsolatban a gyerekek előzetes ismeretekkel rendelkezhetnek a kémiai tanulmányaik megkezdése előtt?
2. Hogyan értelmezik a vízzel kapcsolatos alapvető jelenségeket – halmazállapot-változás, oldódás – az iskolai tanulmányaikat kezdő gyerekek?
3. Megfigyelhető-e az előbbi fogalmak egymásra épülése, kialakul-e valamilyen hierarchia közöttük a gyerekek gondolkodásában?
4. A tudástér-elmélet módszertani alapjain kirajzolódik-e egy tanulócsoporthoz tartozó tudásszerkezete a vizsgált témakörökben?
5. Mutatkozik-e földrajzi különbség a nagyvárosi és fővárosi, valamint a magyar és német gyerekek vízzel kapcsolatos előzetes tudásának tartalmában és szerkezetében?
6. Megfigyelhetők-e a nemzetközi szakirodalomban leírt, kémiai alapfogalmakhoz kötődő gyermektudományos elméletek a hazai általános iskolások körében?
7. Előfordulnak-e a vízzel, a víz szerkezetével és a víz állapotaival kapcsolatos tévképzetek az iskolakezdőknél?
8. Megfigyelhető-e a tévképzetek előfordulása közötti kapcsolat, bizonyos hiedelmek valószínűsítik-e más tévképzetek előfordulását?
9. A „Rostocki Modell” alapján kidolgozott tanítási modul elősegíti-e a vízzel kapcsolatos fogalmak kialakulását és fejlődését?

Hipotézisek

1. Nemcsak a kémiai tanulmányaikat megkezdő, hanem az iskolába lépő gyerekek is rendelkeznek a vízzel kapcsolatos jelenségekre vonatkozó magyarázatokkal. Magyarázataik gyakran intuitívak és tévképzetek jelenlétére utalnak.
2. A vizsgált fogalmak hierarchiába rendeződnek. A hierarchia szerkezete és szervezettsége a különböző életkorokban eltérő, az életkor és a tanulmányok előrehaladtával egyre összetettebbé válik.
3. A tudástér-elmélet alkalmas eszköz a tanulócsoporthoz fogalmi szerveződésének vizsgálatára és összehasonlítására.
4. A tudástér-elmélet alapján meghatározhatók olyan, a tanulócsoporthoz jellemző tanulási utak, amelyek a fogalmi megértés pillanatnyi állapotáról nyújtanak információkat.
5. A tudástér-elmélet alapján meghatározhatók továbbá a tanult témakör azon fogalmai (a kritikus feladatok), amelyekből kiindulva a leghatékonyabban folytatható a tanulás, a tanulási folyamatok optimalizálhatók.
6. Megfelelően kidolgozott tanítási modell alkalmazásával olyan pedagógiai környezet teremthető, amely segíti a célzott fogalmak kialakulását és fejlődését.

3.1.3. A vizsgálat módszerei

A tanulói fogalmak megismerésére irányuló törekvések alapvetően két módszertani irányt jelöltek ki, a pszichometrikus, vagy tudományközpontú irányt és az etnografikus. Előbbi a tévképzetek feltárására törekszik, nagy elemszámú mintával dolgozik, és kvantitatív elemző módszereket, statisztikai eljárásokat használ az általában feleletválasztásos, vagy nyílt végű kérdéseket tartalmazó tesztek értékelésére. A Bruner (1968) munkásságával induló új megközelítések a fogalmak szerkezetét, egymásra épülését, kapcsolatrendszerét vizsgálták és a tudásstruktúra vizuális megjelenítésére is törekedtek gráfok, fogalmi hálók, vagy fogalmi térképek segítségével (Novak, Gowin és Johanda, 1983; Novak, 1990; Takács, 1997).

A másik irányzatot a Piaget (1929) munkáiban gyökerező etnografikus eljárások képviselik. A klinikai interjú módszeréből továbbfejlesztett, egyéni, kismintás vizsgálatokban nemcsak arra a kérdésre keresik a választ a kutatók, hogy bizonyos jelenségekről, eseményekről mit gondolnak a gyerekek, hanem a hogyan kérdése is hangsúlyt kap.

Vizsgálatunkban az adatgyűjtéshez a struktúrált interjú módszerének egyedi változatát használtuk. A vizsgálatvezető előre meghatározott és rögzített kérdéssor alapján részben a gyerekek előtt, részben a gyerekekkel

együtt végezte el az előírt kísérleteket, miközben a látott jelenségek, tapasztalatok, értékelését kérte tőlük. Két interjú protokollt használtunk, az első előmérés eredményei alapján dolgoztuk ki a második változatot, amely alapján összesen három méréssorozatot készítettünk. Az interjúk kérdéseit és a kísérleti leírásokat a 2. melléklet tartalmazza. Az interjúvezető a kérdéseken és azok sorrendjén nem változtatott, segítő, rávezető kérdéseket nem tett fel, de gondolataik bővebb kifejtésére bízta az interjúalanyokat. A beszélgetés közben az interjúvezető jegyzőkönyvben rögzítette a válaszokat. Egy-egy beszélgetés 20-25 percet vett igénybe és minden esetben az osztálytól elkülönített helyiségben, zavarásmentes környezetben zajlott.

3.1.3.1. A minta

A vizsgálat egy nagyobb, több évre szóló projekt „A tanulás folyamatának vizsgálata a természettudományos és gyakorlati ismeretek elsajátításában kisiskolás tanulónál” című nemzetközi együttműködés keretein belül jelenleg is zajlik. A projekt keretében egy olyan didaktikai modell („Rostocki Modell”) kidolgozása és kipróbálása történik, amelynek célja, az alsó tagozatos gyerekek vízzel kapcsolatos fogalmainak bővítése olyan tanulási környezetet teremtve, amely a társas és kommunikációs kompetenciákat is fejleszti, és a metakognitív képességekre is pozitív hatást gyakorol. A dolgozatban az iskolakezdők fogalmi fejlődésével kapcsolatos tapasztalataimról számolok be. Az előkészületekben, az interjú kérdéseinek tesztelésében két budapesti, egy debreceni és egy rostocki tanulócsoporthoz vett részt 92 fővel. Egyik iskola sem volt speciális tantervű, az osztályok létszáma megközelítően egyforma volt, 21-25 fő között változott.

3.1.3.2. A mérés szerkezete és a mérőeszköz

A vizsgálatához kétféle interjú protokollt használtunk, az egyiket az előméréshez készítettük, a másodikat az előmérőlapból fejlesztettük ki, a tapasztalatok alapján módosítva azt. Az interjúkat háromszor vettük fel: az elsőt a tanév legelején, hogy az iskolai hatásoktól mentes tanulói elgondolásokról információt gyűjtsünk, és általában tájékozódjunk a korosztály „természettudományos” előképzettségéről. Az első interjúsorozattal azt is igyekeztünk megállapítani, hogy milyen összetettségű, milyen mélységű és milyen nyelvezetű kérdések alkalmasak az iskolakezdő gyerekek vizsgálatára. A szakirodalomban ugyanis kevés, erre a korosztályra vonatkozó adatot találtunk. A második interjúsort a tapasztalatok birtokában és az eredmények figyelembe vételével készítettük, közvetlenül a tanítás előtt, a harmadikat a tanítás befejezése után. A két utóbbi sorozatban konkrétan kötődtek a kérdések a vízhez, az volt a célunk, hogy tájékozódjunk a gyerekek vízzel, oldódással és halmazállapot-változásokkal

kapcsolatos előzetes tudásáról, az „utóteszt”-ként használt záró interjú pedig a tanítási folyamat rövid távú hatásait igyekezett feltárni. A következő tanév legelején még egy utómérést végeztünk, de itt már nem interjú, hanem feladatlap formájában tettük fel a kérdéseinket. Részletesen a legelső vizsgálat eredményeiről számolok be.

Iskolakezdők vízzel kapcsolatos fogalmai – előmérés

A nyíltvégű kérdések a vízzel kapcsolatos mindennapi tapasztalatokra, a víz biológiai jelentőségére és a víztisztítás lehetőségeire irányultak. A válaszok nemcsak az egyes diákok tudására engedtek következtetni, hanem kategorizálásukkal és a kategóriák elemzésével az egész csoport előzetes tudásáról információkat szolgáltatottak. A válaszok strukturális elemzésével az volt a célom, hogy képet kapjak a vizsgált fogalmak megértésének mélységéről és egymásra épülésük sorrendjéről.

Az első kérdéscsoport a víz állapotaihoz kapcsolódott. A víz és általában a halmazállapotok és a halmazállapot-változások fogalmának megértéséről igyekeztünk adatokat gyűjteni. A víz párolgása és a jég olvadása folyamatok demonstrálása után a gyerekek által megfogalmazott tapasztalatokat és magyarázatokat jegyzőkönyveztük. Mindkét esetben hasonló, hétköznapi tapasztalatok felidézésére kértük őket, ezzel az ismeretek mélységére és a kontextus helyes értelmezésre vonatkozó információkhoz jutottunk.

A második kísérletsorozatban a víz, mint oldószer szerepelt. Az oldás, oldódás kifejezés használata és a folyamat megértési szintje állt érdeklődésünk középpontjában. Különböző anyagokkal végzett kísérletekkel azokat a magyarázó modelleket próbáltuk felszínre hozni, amivel a vízben oldódó és vízben nem oldódó anyagok eltérő viselkedését értelmezik. Ez a feladat alkalmas volt arra is, hogy az anyag szerkezetéről alkotott elképzeléseikbe is bepillantassunk. Sokat elárul a gyerekek gondolkodásáról, hogy használják-e a részecske kifejezést, illetve, ha igen, akkor a szóhasználat mögött valóban mélyebb megértés is húzódik-e?

A harmadik kísérletsorozat a víz tisztaságával és a víztisztítás lehetséges módszereivel foglalkozott. A téma környezeti, környezetnevelési kérdései a projektben résztvevő német fél kutatásai részét képezik, jelen dolgozatban a kérdés részecskeszemlélet vizsgálataira alkalmas aspektusait hangsúlyozom. A két, egymás után elvégzett kísérletben a szűréssel végzett víztisztítás módszerét mutattam be a tanulóknak. Az egyik esetben tintás vizet, a másikban talajjal szennyezett vizet szűrtünk, és a két kísérlet tapasztalatainak összehasonlítását kértem a gyerekektől. A megfigyelésekhez fűzött magyarázatokból következtetni lehetett a gyerekek anyagszerkezettel kapcsolatos elképzeléseire. Ha a magyarázatban szerepet kap a tinta, vagy a

talaj részecskéinek mérete, arra következtethetünk, hogy ha még nem is alakult ki részecske szemléletű anyagfelfogás, de a folytonos anyag elképzelésből a részecske szemléletű irányába mutató fogalmi váltás már megkezdődött.

A negyedik kérdés háttérében is az anyagszemlélet feltárása állt, de a folyadékok felületi feszültségének értelmezése és a detergens hatására bekövetkező változás annyira távol állt még a gyerekek értelmezési körén, hogy a tapasztalatok megfogalmazásán túl csak néhányan próbálkoztak magyarázattal. A későbbi interjúkból ez a kérdéscsoport ki is maradt, és jelen dolgozatban sem érintem a továbbiakban.

3.1.3.3. A mérés lebonyolítása

Az adatfelvételre három helyszínen, Rostockban, Budapesten és Debrecenben került sor. Az iskolák kiválasztásának nem voltak speciális szempontjai, a kutatók felkérése alapján történt. Mindhárom helyszínen négy vizsgálatosorozat készült: három struktúrált interjú és egy, az utolsó két interjú kérdéseivel azonos tartalmú feladatlap segítségével. Az első mérések 2004. szeptemberétől 2004. decemberéig zajlottak, a második 2005. májusában, a harmadik 2005. júniusában és a negyedik 2005. szeptember-októberében. Minden interjúkészítő ugyanazzal a kérdőívvel dolgozott, pontosan rögzített feltételek mellett. Az interjúkat 20-25 perc terjedelemben a tanulócsoporttól elkülönítve vettük fel. A második tanév elején írt második utóteszt megoldására tanórán került sor, segédeszközök igénybevétele nélkül, általában 20-25 perc alatt, vagy néhány esetben hosszabb idő alatt, a gyerekek igényeihez alkalmazkodva.

3.1.3.4. Az elemzés módszerei

A felmérések és interjúk adatait minőségi, mennyiségi és struktúrális elemzésnek vettem alá. A minőségi elemzés elsősorban a tévképzetek feltárására és a nemzetközi irodalomban előforduló leírásokkal történő összehasonlításra irányult. A mennyiségi elemzés során a klasszikus statisztika módszereit használtam fel, míg a struktúrális elemzést a pedagógiai kutatások terén még kevésbé elterjedt új eljárás, a tudásszerkezet-elemzés alapján végeztem. Az értékeléshez a válaszokat kategorizáltam, illetve bináris kódokká alakítottam. Mivel a nyitott kérdések egy részénél nemcsak egy helyes válasz volt lehetséges, pontosan meghatároztam és rögzítettem azokat a feltételeket, amelyek alapján a válaszok kategóriákba sorolása és kódolása történt (3. melléklet). Összefüggés- és különbség-vizsgálatot végeztem a földrajzilag is elkülönülő tanulócsoportok között, és kapcsolatot kerestem a vízhez kötődő fogalmak megértési szintje és a tévképzetek típusa között.

A tartalmi elemzés során használt másik eljárás, – a tudásszerkezet-elemzés a tudástér-elmélet alapján – újszerűsége abban rejlik, hogy nemcsak a tanulók egyedi tudását vizsgálja, hanem az egész tanulócsoport adott fogalomhoz kötődő aktuális tudásáról nyújt információkat.

A tudástér-elmélet

A tudás szervezettségének jelentőségét és az oktatás hatékonyságában játszott szerepét *Bruner* (1968) hangsúlyozta először az amerikai tantervi reformok idején, ahogyan erről már a 2.1. fejezetben is szó esett. Véleménye szerint elszigetelt fogalmak megtanítása helyett az adott tudományterület alapelveivel kellene a tanulókat megismertetni, nem általában és kizárólagosan a fogalmakra, hanem elsősorban a kulcsfogalmakra és a közöttük lévő összefüggésekre helyezve a hangsúlyt. *Bruner* elképzelései tantervi reformok sorát indították el, ugyanakkor az egyes tanulókra jellemző egyedi tudásszerkezet megismerésének igénye is felmerült. A tanulók tudásszerkezetének feltárásában és vizuális megjelenítésében *Novak* és *mtsai* (1983) fogalmi térképei játszottak úttörő szerepet. A fogalmi térképek segítségével megadható, hogy az adott témakörben a tanuló milyen fogalmakkal rendelkezik, mennyire kiterjedtek az ismeretei, illetve a fogalmak közötti kapcsolatok számából, irányából a tudás szervezettségére következtethetünk. A fogalmi háló összevethető a tudástérre jellemző szakérői tudásszerkezettel is. Hasonló elvek alapján hazai kutatások is folytak *Takács* (1997) kezdeményezésére, aki a Galois-gráf alkalmazásával vizsgálta a tanulók tudásszerkezetét, és értékelési eljárásokat is kidolgozott a tudásszerkezetből kiindulva.

A tudásszerkezet elemzésére általam használt módszer elméleti alapjait a tudástér-elmélet („knowledge space theory”, KST) szolgáltatja. *Doignon* és *Falmagne* matematikai pszichológusok 1982-től kezdtek el a pedagógiai kutatások szempontjából rendkívül ígéretes elméletük kidolgozását (*Doignon* és *Falmagne*, 1999; *Falmagne* és *mtsai*, 1990). Az elmélet kiindulópontja a tudástér („knowledge space”), ami az adott témakör megértéséhez szükséges ismereteket tartalmazza. Egyik alapfeltevése szerint egy természettudományos probléma, vagy feladat megoldásához szükséges fogalmak, tudáselemek hierarchikus szerkezetben épülnek egymásra. Ha a tanuló meg tud oldani egy, a hierarchiában magasabb szinten elhelyezkedő feladatot, várható, hogy minden alsóbb szinten elhelyezkedő feladat megoldásában is sikeres lesz (*Tóth*, 2005). A tapasztalatok szerint kis számban, de előfordulhatnak instabilitásra utaló kivételek. A kutatók szerint ezek az esetek nem az elmélet alapfeltevését kérdőjelezzik meg, hanem vagy a szerencsés találgatásból adódnak, vagy valamilyen zavaró, külső tényező, például pillanatnyi fáradtság következtében elkövetett véletlen hibára

utalnak. Az elemzésekhez használt számítógépes programok mindkettő bekövetkezésének valószínűségét figyelembe veszik.

A sikeresen megoldott feladatokhoz tartozó fogalmak a tanuló tudásállapotát jelzik. Ha például egy hat elemből álló feladatsor egyetlen feladatát sem tudta megoldani, tudásállapota [0], ha mindegyiket, [1,2,3,4,5,6], vagy röviden [Q]. Ha ellenben csak az első, a harmadik és a negyedik feladat megoldásában volt sikeres, tudásállapotát a [1,3,4] szimbólum jelzi. Amennyiben meghatározzuk a tanulócsoporthoz minden tagjára az egyénenként jellemző tudásállapotot, felépíthetjük a tanulócsoporthoz jellemző válaszszerkezetet.

Tudásszerkezet

A tudásszerkezetet a tanulócsoporthoz eredeti válasszerkezetéből vezethetjük le a véletlen hiba és a szerencsés találat valószínűségének figyelembe vételével. A válaszszerkezet legnépszerűbb elemeiből kiindulva addig bővítjük a tudásszerkezetet, amíg a szisztematikus próbálgatás eredményeként az eredeti válaszszerkezethez egyszerűbb, de azt a lehető legpontosabban leíró modellhez jutunk. A *Potter-féle program* (Potter, 2004) felhasználásával a modell illeszkedését a válaszszerkezethez és a tudásszerkezetben helyet foglaló tudásállapotokhoz tartozó jósolt populáció nagyságát tudjuk meghatározni.

Jellemző tanulási út

A tanulási folyamat elősegítése érdekében hasznos lehet tudnunk, hogy az adott témakörben pontosan melyik fogalom elsajátításánál tartanak éppen a tanulók, illetve, hogy közben milyen tanulási utat járnak be. Egy „n” elemű tudástérben („n” darab hierarchikusan egymásra épülő fogalom esetén) a [0] tudásállapotból a [Q] tudásállapotba n! lehetséges tanulási út vezet. Ezek közül létezik egy, vagy néhány, ami az adott tanulócsoporthoz leginkább jellemző, az úgy nevezett jellemző tanulási út („critical learning pathway”). Meghatározására több lehetséges módszer is adódik. Legelterjedtebben a tudásszerkezet legnagyobb valószínűségű tudásállapotait figyelembe vevő módszert használják (Taagepera és Noori, 2000; Taagepera és mtsai, 2002; Arasasingham és mtsai, 2004; Arasasingham és mtsai, 2005). A Tóth és Kiss (2006) által kifejlesztett eljárás az empirikus tudásszerkezet (az adott elemszámhoz tartozó elméletileg lehetséges összes tudásállapot) alapján javasol két lehetőséget is a jellemző tanulási út meghatározására. Végezetül a Lloyd által létrehozott *hDA* („Hexagon Data Analysis”) számítógépes szoftver segítségével gyorsan és a bizonytalansági tényezők kiküszöbölésével kapjuk meg a jellemző tanulási utat. Mivel a négy módszer meglehetősen új, néhány kérdés még nem teljesen tisztázott. Az utak egyenrangúságának

kérdése tekintetében, – tehát, hogy mikor fogadunk el két tanulási utat egyenrangúnak – a pillanatnyi álláspont szerint akkor, ha a jellemző számszerű adataik közötti különbség nem haladja meg a 10%-ot. A másik, hogy a különböző módszerekkel számított utak közül melyiket fogadjuk el a tanulócsoportha jellemző útnak? Megállapodás szerint azt, vagy azokat, amelyeket legalább három számítási mód igazolt. (Tóth és Kiss, 2006)

Kritikus feladat

A tudástér-elmélet fontos tényezője a szakértői hierarchia és a szakértői tudásszerkezet. Kiindulva alapfeltevéseünkből, vagyis hogy a fogalmak egy több elemből álló tudástérben hierarchikusan egymásra épülnek, meghatározhatjuk az úgy nevezett *szakértői* hierarchiát (Falmagne és mtsai, 1990). A belőle levezetett tudásszerkezet és a tanulócsoporth aktuális tudását leíró válaszszerkezet összevetésével kiszámítható, hogy a tudástér vizsgált elemei (fogalmi) közül melyik az, amelyik befogadására a tanulócsoporth leginkább felkészült. Az eljárás segítségével lehetőségünk nyílik a tanulási folyamat optimalizálására, hiszen kiderül, hogy mely fogalmak azok, amelyek a csoport többsége számára jól ismertek és a fogalmi struktúrába megfelelően beágyazottak. Felesleges ismétlés és időpazarlás lenne újra foglalkozni velük. Ugyanígy kiderül az is, hogy melyek azok, amelyek túlságosan nehezek, és amelyek befogadására a csoport zöme még nem alkalmas. A tanítást a kritikus feladatnál érdemes folytatni, annál a fogalomnál, amiről bizonyos képe már kialakult a tanulók többségének, de még nem teljesen tisztázódott minden hozzá kapcsolódó kérdés. Az elvarratlan szálak mentén elindulva jó eséllyel tudjuk segíteni a jobb megértést, a fogalmi gazdagodást, vagy fogalmi váltást.

3.1.4. Eredmények: Iskolakezdő tanulók vízzel kapcsolatos elképzelései

Az interjúk elemzése három szinten történt. Első lépésben a gyermektudományra utaló megfogalmazásokat gyűjtöttem össze, annak érdekében, hogy összehasonlításokat tehessek a nemzetközi szakirodalomban leírt adatokkal, és kiderüljön, hogy a magyar kisiskolásoknak milyen tévképzetei vannak a vízzel kapcsolatban. A második lépésként elvégzett mennyiségi elemzésnek valójában nem a csoportok egymással történő összehasonlításában volt jelentősége, hiszen nem is egy klasszikus értelemben kidolgozott és standardizált mérőlapot használtunk, hanem a harmadik lépésben elvégzett tudásszerkezet elemzésnél, amelynek során a tudásszerkezet és a teljesítmény között esetleg fennálló összefüggéseket igyekeztem feltárni.

3.1.4.1. A vízhez kötődő gyermeki elképzelések – Tartalmi elemzés

Az interjúk kérdései alapján elsősorban a párolgással, az oldódással, és az anyag szerkezetével kapcsolatban találtam gyermektudományos elméleteket. Jellemző, hogy az olvadás fogalmát és folyamatát, legalábbis a jég esetében mindenki pontosan értette, ezzel kapcsolatban és ilyen mélységben feltett kérdések esetén nem mutatkoztak tévképzetre utaló jelek.

Párolgás

A nedves tenyérlenyomat eltűnésének magyarázatánál csak a válaszadók körülbelül 15 százaléka használta a párolgás kifejezést, de esetükben sem beszélhetünk a jelenség pontos megértéséről. Mindössze hárman hangsúlyozták, hogy a száradás során a víz a levegőbe kerül valamilyen formában. Az általam talált gyermeki elképzelések tartalmukat tekintve és életkor alapján is összecsengenek a nemzetközi irodalomban leírt elméletekkel.

Öt éves kor körül a figyelem középpontjában a folyadék áll és sokkal fontosabb az eltűnés ténye, mint a víz további sorsa (*Russel, Harlen és Watt 1989; Bar és Galili 1994 és Kmel 1998*). Azt tapasztaltam, hogy még a hat - hét évesek közül is sokan gondolják így, az általam megkérdezettek 27 százaléka.

„Eltűnt a tábláról. Fölszáradt és eltűnt.” (Dóra)

A 7. és 8. életév körül kezdenek jellemzővé válni a beszívódik –típusú magyarázatok, jelezve, hogy az anyag eltűnése és megsemmisülése összeegyeztethetetlen a formálódó anyagmegmaradás elképzeléssel. Hat-hét évesekből álló vizsgálati csoportjainkban ez az elképzelés volt az uralkodó (35%), ha nem is jelentősen, de megelőzte az eltűnéssel magyarázók számát (27%)

„Fölszáradt a táblán, mert beszívta a tábla. Olyan anyag van benne.” (Júlia)

„Fölszívódott, a fa fölszívta.

Láttál már hasonlót valahol?

Igen. A Balatonon, amikor a vödörbe szedtem vizet és ráöntöttem a homokra és felszívódott.” (Richárd)

Idősebb gyerekekre jellemző az a 11 éves kor körül megjelenő értelmezés, amikor a változást az anyagmegmaradás és a helyváltztatás együttes figyelembevételével próbálják értelmezni. Ilyenkor általában azt

gondolják, hogy a víz levegővé alakul a párolgás során. A jelenség háttérében az a már többször említett magyarázat áll, hogy a gyerekek a színtelen gázok közül kezdetben kizárólag a levegőt ismerik, illetve ismerik el anyagként, és ha már kénytelenek belátni, hogy egy folyamat során színtelen gáz keletkezik, akkor az legalább a levegő legyen. Ehhez képest koruknál fejlettebb magyarázatot adtak a következő gyerekek:

„Elpárolog a levegőbe.” (Lilla)

„Elpárolgott, azt hiszem. Itt van valahol a levegőben.” (J. Lilla)

Az a tudományos igényű magyarázat, hogy a víz vízpárává alakul és általában láthatatlan vízcsepp formájában szétszóródik a levegőben először kilenc-tíz éves kor körül jelenik meg. Ilyen példával a hat - hét évesek között nem találkoztam.

Oldódás

A négy-hat évesek többsége szerint a vízbe tett só, amikor „eltűnik”, egyben megszűnik létezni (Piaget és Inhelder 1974; Lee, Eichinger, Anderson, Berkheimer és Blakeslee, 1993). A 12-13 éves korúaknál már szinte teljesen hiányzik ez a fajta elképzelés (Slone és Bokhurst, 1992), és felváltja a „folyadékká válik” típusú magyarázat. Az általunk vizsgált korcsoport közbülső állapotot foglal el és a megfigyelt értelmezések is átmenetiek. A só eltűnése magyarázatot már csak a csoport 20 százalékánál lehetett megfigyelni, viszont megjelentek a vízzé válik elmélet hívei is, a válaszolók 10 százaléka gondolta ezt. Gyakori az elolvad kifejezés használata is. Ez egyébként még 13-14 éves korban is viszonylag elterjedt, feltehetően a köznapi pontatlan szóhasználatból adódóan egymás szinonimájának tekintik a két kifejezést.

„Eltűnik. Megy körbe-körbe a vízben. Elolvadt a só. Nincs benne a pohárban.” (László)

„Elolvadt, víz lett belőle” (Judit)

„...Valamit csinált vele a víz. Feloldotta, először kis szemcséket csinál belőle, azután felolvad benne és sós víz lesz belőle.”

A sóoldat telítése közben: *„Fehérebb lett a só. Ahogy kavargatom, a sódarabok egybe vannak egy kicsit, a pohár alján van egy kis jégszerű. Mert jég van a pohár alján. Hideg a víz és a só is megfagyott.” (Lilla)*

Az iskolakezdő gyerekek tehát már a szervezett természettudományos oktatás megkezdése előtt kezdik megérteni az anyagmegmaradást, hiszen az anyag eltűnését nem tudják elfogadni, még akkor sem, ha az érzékszervi tapasztalatok ennek ellentmondanak. A dolgozatokban egyszerűen hibás

válaszként értékelt mondatok mögött mélyebb megértés is húzódhat. A válaszadók 1/3-a például nem használta ugyan az oldódás kifejezést, de a tartalmi magyarázatokból és a körülírásokból sejthető, hogy érti a folyamat lényegét:

„*Elolvadt. Nem látom benne, de ott van a vízben mindenhol elterjedve.*” (Robertó)

„*Ott van még mindig a vízben, csak olyan kicsiben, hogy nem lehet látni.*” (Bettina)

„*Belekeveredett a vízbe. Eltűnt, de valahol benne van.*” (Bernadett)

Az ilyen típusú válaszok ráadásul a folytonos anyagfelfogás felől a részecskeszemlélet irányába történő elmozdulást is jelzik.

Anyagszerkezet

Az interjúkban megfogalmazott válaszokból közvetett módon, de következtetni lehet a gyerekek anyagszerkezetre vonatkozó elképzeléseire. Bár az elképzelések széles spektrumot öleltek fel, főbb jellemvonásaik alapján két nagy csoportba lehetett besorolni őket: „makro-folytonos” és „makro-részecske” típusú magyarázatok fordultak elő elsősorban. Végül a *Nakhleh* és *Samarapungavan* (1999) vizsgálataiban javasolt „mikro-részecske” kategóriát is felvettem a lehetséges csoportok közé.

Makro-folytonos az anyagfelfogás:

– ha a tulajdonságra, jelenségre adott válaszban egy tömbből, egy nagy darabból, összefüggő, folytonos darabból állónak képzei az anyagot, vagy ilyen szemlélettel magyarázza a vizsgált jelenséget;

– ha azt gondolja, hogy a megfigyelt jelenség az adott halmazállapotú anyag belső tulajdonsága, például a folyadék folyékony, a szilárd szilárd „*Mert olyan anyag van benne, ami nem tud föloldódni*” (Júlia).

Makro-részecske az anyagfelfogás:

– ha potenciális részecskeszemléletű, említ kisebb darabokat, de azok szabad szemmel láthatók (sókristály, talajszemcse), vagy makroszkópos tulajdonsággal rendelkeznek a „sóatomok” kemények, sósak, „*a tinta nem olyan szemecske, hanem az is olyan vizes*” (Dóra);

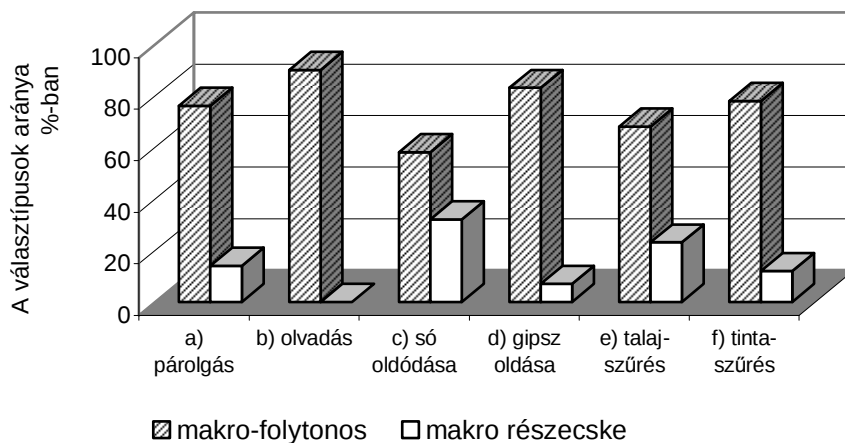
– ha az anyagot és az anyag tulajdonságait szétválasztja „*a tinta színe kicsit átment bele*” (Friedrich), „*a homok fennmaradt, de a koszsága kicsit átment*” (Anna), „*Feloldódott a só és eltűnt, az íze a sónak a vízben van*” (Tabea);

- a talaj szűrésénél érti, hogy a talajrészecskék méretük miatt nem férnek át a szűrőpapíron;
- ha érti, hogy azért nem tiszta a leszűrt víz, mert lehetnek olyan kisebb talajszemcsék is, amelyek átférnek a szűrőpapíron.

Mikro-részecske:

- atomokat, molekulákat említ, vagy ha néven nem is nevezi, de érzi, hogy ezek az anyagok parányi, szabad szemmel nem látható alkotórészei;
- ha a talaj szűrésénél nem csak a parányi talaj szemcséket említi, hanem annál kisebb részecskékről (atomok, molekulák) is említést tesz.

A vizsgált csoportokban nem találkoztam mikro-részecske szemléletű gyerekekkel ebben a témakörben (pontosabban az általunk feltett kérdések és adott vizsgálati körülmények miatt ez nem derült ki.). Ezek az adatok egybevágóak a nemzetközi szakirodalomban leírtakkal. Az 1. ábra az egyes jelenségek értelmezésére használt szemléletmód gyakoriságát mutatja a teljes mintára vonatkoztatva.



1. ábra: Különböző anyagszemléletű magyarázatok megjelenése néhány anyagi változás értelmezése során

Az ábráról látható, hogy ha az anyag maga is darabos, szemcsés, stb. megjelenésű, a gyerekek számára könnyebb a jelenségeket potenciális részecskeszemléletű magyarázattal értelmezni, mintha ez első ránézésre nem nyilvánvaló (só oldódása, talajjal szennyezett víz szűrése).

A jég olvadásának jelensége és a tény, hogy a jég olvadása során víz keletkezik, kivétel nélkül mindenki számára ismert volt, ugyanakkor mélyebb

értelmezést senki sem tudott adni. A szilárd halmazállapotú anyagok szerkezetét feltehetően nehezebb értelmezniük.

A korábbiakban láttuk, hogy a párolgás folyamatának megértése mennyire nehéz, – és az általam végzett további elemzések (3.2.4. alfejezet) is ezt igazolják – megállapíthatjuk, hogy a jelenség megértése már elég korán megkezdődik. A teljes mintában szereplő gyerekek 14 százaléka értette, hogy ugyan a megszáradó tenyérlenyomat eltűnik a tábláról, de a többiekkel ellentétben ők nem azt gondolják, hogy lecsurog, vagy a tábla magába szívja, hanem hogy valahol ott van a levegőben. Ennek az elképzelésnek az ad különösen nagy hangsúlyt, hogy ezek a gyerekek az elvont gondolkodás felé teszik meg az első lépéseket, hiszen olyan anyag jelenlétében „hisznek”, ami nem látható.

Bár valódi részecskeszemléletű magyarázattal nem találkoztam, kijelenthetjük, hogy azok a gyerekek, akik inkább az átmeneti, makro–részecske szintű magyarázatokat használták, sikeresebbek voltak a kérdések megválaszolásában, mint a folytonos anyagszemléletűek. Mindkét nagy kérdéscsoportban közepesen erős pozitív szignifikáns összefüggés mutatkozott a szemléletmód és a teljesítmény között:

Állapotváltozással (oldódás, olvadás, párolgás) kapcsolatos feladatok esetében: $r = 0,356$ $p = 0,01$ ($N = 92$).

A szűréssel kapcsolatos feladatok esetében: $r = 0,381$ $p = 0,01$ ($N = 92$).

Azt is megállapítottam, hogy bár egyes gyerekek bizonyos problémákat az anyag folytonos modellje alapján, míg másokat makro–részecske szemlélettel oldottak meg, a többség inkább az egyik, vagy a másik csoportba volt sorolható. A kialakulatlan fogalmi keretből az eltérő helyzetekben más-más hiedelmek, magyarázatok, általánosított tapasztalatok kerülnek felszínre, amelyek ellentmondhatnak ugyan a tudományos álláspontnak, de a válaszok mégis egy fajta belső koherenciával rendelkeznek. Az 1. táblázatban látható, hogy az egyes kérdésekre adott bizonyos szemléletű válaszok valószínűsítették a szemlélet más szituációban való megjelenését is. Aki az oldódást makro–részecske szinten értelmezte, nagy valószínűséggel a szűrés folyamatát is ilyen alapállásból közelítette meg (a részleteket a 4. melléklet tartalmazza).

1. táblázat. Azonos anyag szemléletű értelmezések együttes előfordulásának valószínűsége az interjú feladataiban

Azonos anyagszemléletű válasz

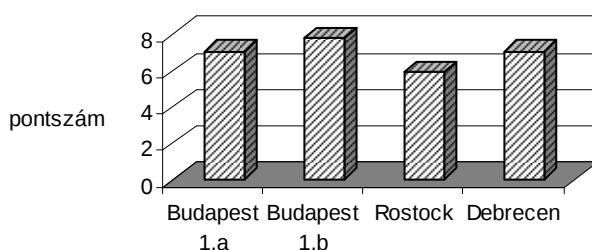
Párolgás – só oldódása	+
Párolgás – gipsz oldása	+

Párolgás – talajjal szennyezett víz szűrése	+
Párolgás – tintás víz szűrése	-
Só oldódása – gipsz oldása	+
Só oldása – talajjal szennyezett víz szűrése	+
Só oldása – tintás víz szűrése	-
Gipsz – oldása – talajjal szennyezett víz szűrése	+
Gipsz oldása – tintás víz szűrése	-
Talajjal szennyezett víz szűrése – tinta szűrése	+

3.1.4.2. Mennyiségi elemzés

A víz állapota

Mivel az interjúk jegyzőkönyvei nem tekinthetők mérőlapnak, a mennyiségi elemzéshez használt klasszikus statisztikai eljárásokat csak olyan mennyiségben és mértékben használtam, amennyire azt a háromszintű értékelés megkívánta. Első lépésként a válaszokat számszerűsítettem és előre rögzített szabályok szerint a válaszokhoz pontszámokat rendeltem a mennyiségi összehasonlíthatóság érdekében (3. melléklet). A jegyzőkönyveket teljesítményfeladatlapokként értékeltem úgy, hogy a kísérletekhez tartozó tudáselemeket két alcsoportba „A víz állapota (1-5. feladat)” és „A víz tisztítása (6-10. feladat)” csoportokba rendeztem. A további elemzéseket e szerint a felosztás szerint végeztem, majd a négy tanulócsoporthoz eredményeiket összehasonlítottam (2. ábra).



2. ábra: A tanulócsoportok teljesítménye a víz állapota témakörben (elérhető pontszám: 14 pont)

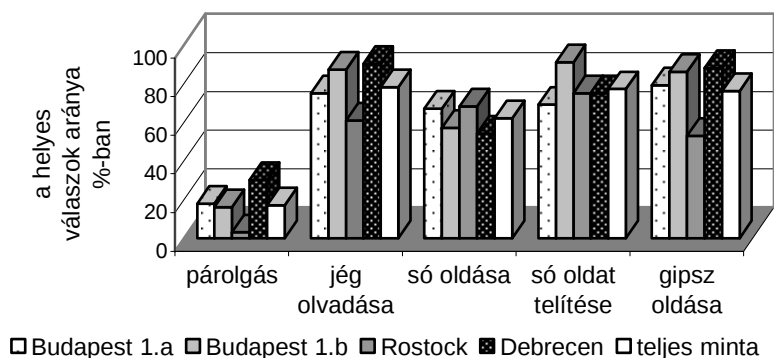
A páronként elvégzett azonosság- és különbözőségvizsgálatok a német és a magyar csoportok szignifikáns különbözőségét mutatták, feltehetően a nagyon eltérő előismeretek miatt:

Budapest 1.a-Rostock: $t = 2,793$, $p = 0,009 < 0,05$;

Budapest 1.b-Rostock: $t = 3,832$, $p = 0,001 < 0,05$

Debrecen-Rostock: $t = 2,724$, $p = 0,01 < 0,05$).

Ez a különbség a 3.1.4.3. alfejezetben bemutatandó jellemző tanulási útban is fennáll. Az eltérő átlagok ellenére nagyon hasonló irányok mutatkoznak az ismeretek tartalmában (3. ábra).



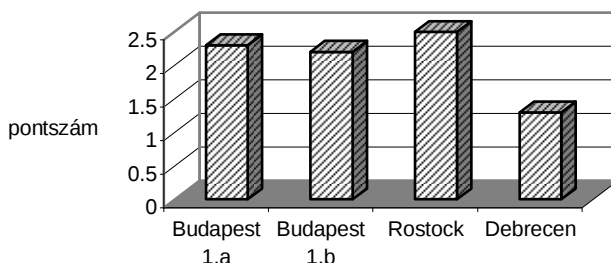
3. ábra: A tanulócsoportok eredményei a víz állapotaival kapcsolatos feladatokban (a teljesítmény %-ban kifejezve)

Mindegyik csoport számára a jég olvadása bizonyult a legkönnyebben megmagyarázható jelenségnek. Az oldódással kapcsolatban is sok mindennapi tapasztalattal rendelkeznek a gyerekek. Feltűnő lehet, hogy a sóoldat telítése és a gipsz oldásának értelmezése jobb eredményt mutat, mint magának az oldódásnak az ismerete. A látszólagos ellentmondás oka, hogy a válaszokban nem vártam teljesen pontos és szakszerű magyarázatot. Elegendő volt, hogyha a telítést a só és víz mennyiségi viszonyaival hozták összefüggésbe, és ha észrevették, hogy a gipsz eltérő viselkedése különböző

anyagi összetételéből adódhat. A fogalmak fejlődésével kapcsolatban leírtaknak megfelelően az én tapasztalataim szerint is a párolgás értelmezése okozott legnagyobb nehézségét a hat-hétéveseknek.

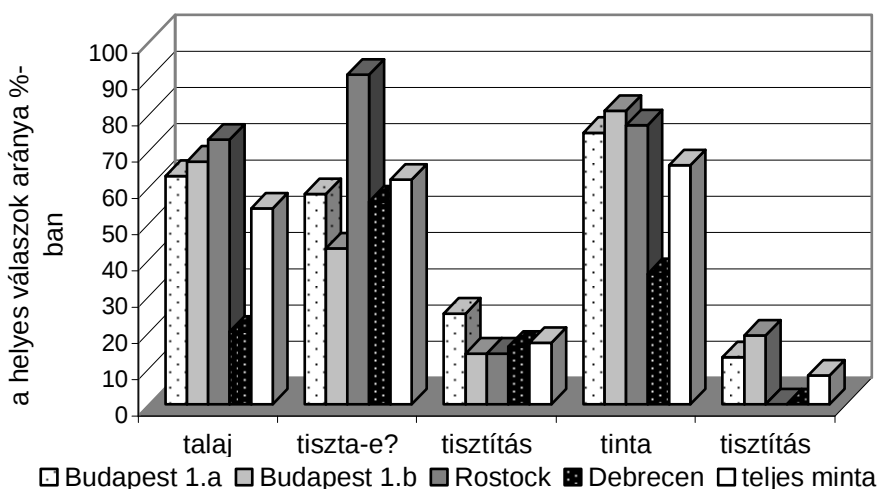
A víztisztítás

A víztisztítás résztémában is elvégeztem a mennyiségi elemzéseket és a csoportok összehasonlítását (4. ábra). A rostocki gyerekek bizonyultak a legtájékozottabbaknak, és eredményük szignifikánsan jobb volt a debreceni csoporténál ($t = 4,807$, $p = 0,000$). Érdekesen árnyalja az állítást a tanulási utak összehasonlítása (3.1.4.3. alfejezet). A debreceni csoport a két budapesti csoporttól is különbözik statisztikai szempontból (Budapest 1.a - Debrecen: $t = 3,243$, $p = 0,002$ és Budapest 1.b – Debrecen: $t = 3,131$, $p = 0,003$).



4. ábra: A tanulócsoporthoz tartozó eredmények a víztisztítás témakörében (elérhető pontszám: 5 pont)

Legsikeresebbek annak a megítélésében voltak a gyerekek, hogy vajon a talajjal szennyezett víz szűrés után teljesen tiszta-e (5. ábra). 62 százalékuk tudta, hogy nem, ami az egyszerű számadaton kívül azt az üzenetet is hordozza, hogy a gyerekek közel 2/3-a ebben az összefüggésben számol a leszűrt vízben továbbra is jelenlévő, bár nem látható részecskékkel. Ugyanezt a tudásukat használták a szűrés folyamatának megértésekor, hiszen itt is a szűrőpapír szabad szemmel láthatatlan, de kísérleti tényekkel bizonyított likacsait kellett feltételezniük, és hogy a talaj tartalmaz ezeknél nagyobb és kisebb szemcséket is. A víz tisztításának egyéb módjára sem a talajjal, sem a tintával szennyezett víz esetében nem tudtak érdemi javaslatokat tenni, ami érthető is, hiszen ebben az életkorban még nem rendelkeznek olyan szintű részecskeszemlélettel, ami kellő elméleti háttérrel biztosítana, másfelől a hat-hét évesek gondolkodásához sokkal közelebb áll az érzékszervi úton szerzett tapasztalatok riportszerű bemutatása, mint az oksági összefüggések keresése.



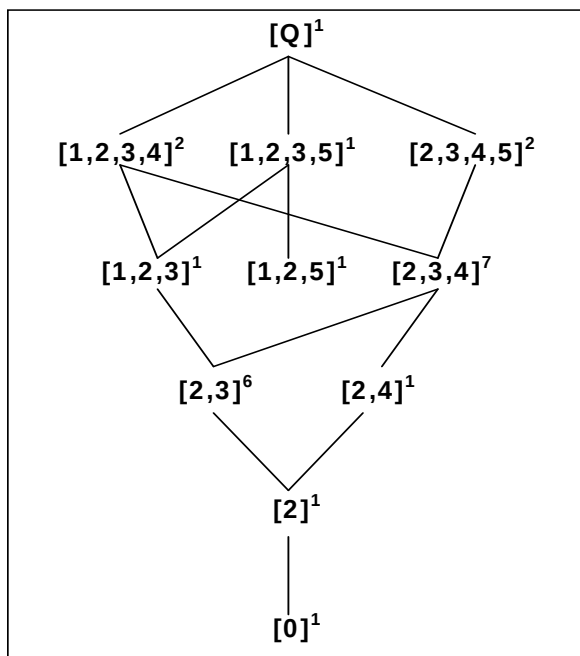
5. ábra: A tanulócsoportok eredményei feladatonként a víztisztítás témakörében (a teljesítmény %-ban kifejezve)

3.1.4.3. A tanulócsoportok tudásszerkezete

A válaszok tartalmi és mennyiségi elemzése után meghatároztam az egyes tanulócsoportok tudásszerkezetét. Az volt a hipotézisem, hogy a tudásszerkezet az eddigi eredményeken túl újabb adatokkal szolgál a tanulók fogalmi fejlődésével és a fogalmak megértésével kapcsolatban. Első lépésben a válaszokat bináris kódokká alakítottam (5. melléklet), majd elkészítettem a csoportok válaszszerkezetét a 3.1.3.4. fejezetben leírtak szerint. Az elemzést részletesen az egyik budapesti tanulócsoport példája alapján mutatom be.

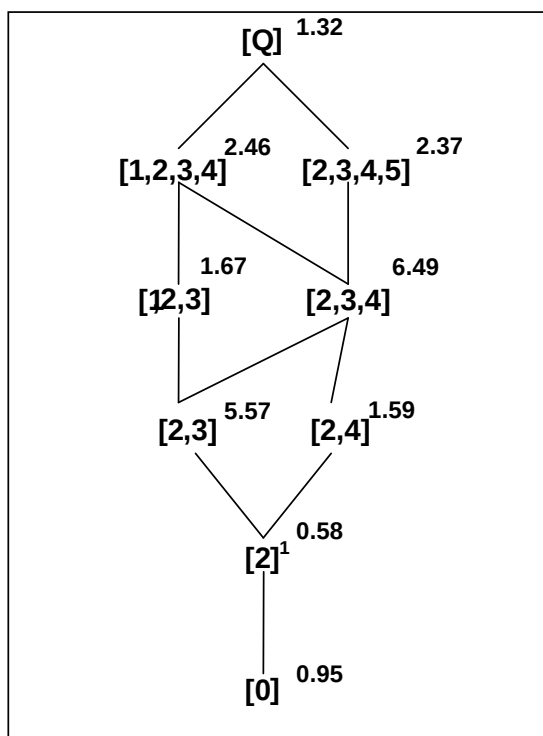
A víz „állapotai” témakör (1-5. feladat)

A budapesti 1.a osztály válaszszerkezete a 6. ábrán látható.



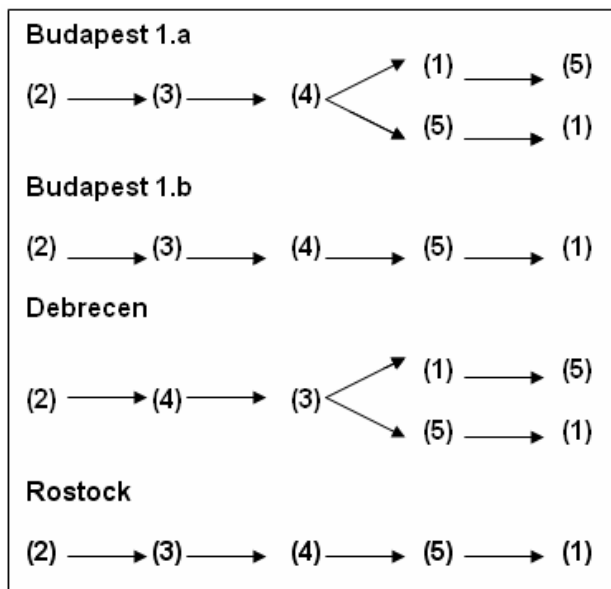
6. ábra: A budapesti 1.a osztály válaszszerkezete ($N = 24$)

Az eredeti válaszszerkezetből a véletlen hiba és a szerencsés találgatások valószínűségének figyelembevételével, a Potter-féle számítógépes program felhasználásával szisztematikus próbálgatással meghatároztam azt a tudásszerkezetet, ami legalább 95 százalékos valószínűséggel leírja az eredeti válaszszerkezetet. A kapott tudásszerkezet (7. ábra) jól illeszkedik az eredeti válaszszerkezethez ($> 99,5$, $p < 0.005$). A felsőindexben szereplő számok a program által jósolt populáció nagyságot jelentik.



7. ábra: A budapesti 1. a osztály tudásszerkezete ($\chi^2 = 0.998$ szf = 18, $p < 0.005$).

Mind a négy tanulócsoport tudásszerkezetének meghatározása után az elemzés módszerei című fejezetben (3.1.3.4. fejezet) leírtak alapján megállapítottam az egyes tanulócsoportokra jellemző tanulási utakat (8. ábra)



8. ábra: A tanulócsoportok „víz állapotai”-val kapcsolatos jellemző tanulási útjai

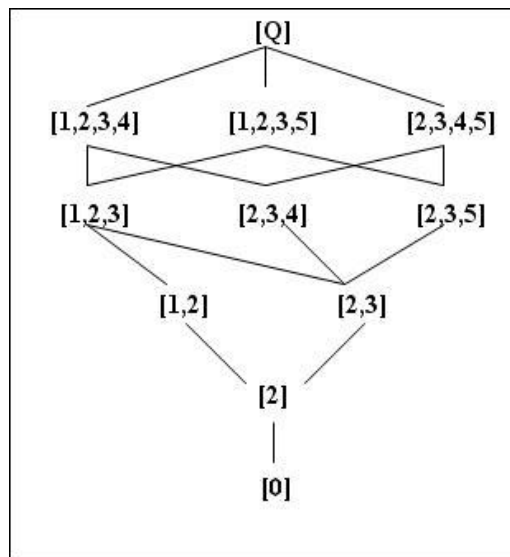
A tanulási utak alapvető jellemvonásaikban hasonlóságot mutatnak. Mindegyik csoport tanulási útja a jég olvadása (2. feladat) értelmezésével kezdődik, majd a különböző anyagok oldása (3. feladat) következik. Ez azt jelenti, hogy előbbi jelenségek jól ismertek a gyerekek számára, mindennapi tapasztalataik alapján képesek a kísérleti tapasztalatokat megfogalmazni, és a látottakat megmagyarázni, még ha nem is tudományos igénnyel. Esetükben olyan fogalmakról van szó, amelyek a kognitív hálózatba beágyazottak, sok kapcsolattal rendelkeznek. Ezzel szemben a vizes tenyér nyom „eltűnése” (1. feladat) a tanulási út végére került, feltehetően azért, mert a párolgás megértéséhez két súlyos fogalmi váltáson is át kell esni. Először el kell fogadni a színtelen (tehát szemmel nem érzékelhető) gázok létezését, majd fel kell adni azt a hiedelmet, hogy a „színtelen gáz = levegő”, tehát, hogy párolgás során a víz azért tűnik el, mert levegővé alakul. Eredményeim összecsengenek Bar és Galili (1994) vizsgálataival, akik megállapították, hogy az ötévesek 60 százaléka még az eltűnés kifejezést használja magyarázataiban, hét éves kor körül megjelenik a tömegmegmaradás gondolata, és a „beszívódik” típusú magyarázat. A kilencedik életév körül történik egy komolyabb lépés az áthelyeződés elképzelés kialakulásával, ami olyan fogalmi konfliktust idéz elő, amely lassan elvezet a fogalmi váltáshoz.

A tanulási út végén találjuk a gipsz „oldódásának” értelmezését (5. feladat). Maga az oldódás jelensége számos mindennapi tapasztalattal alátámasztott ismeret, a só oldódása (3. feladat) és még a sóoldat telítése (4. feladat) is sokak számára viszonylag egyszerűen megmagyarázható jelenség

volt. Ezzel szemben a gipszhez csak keveseknek fűződtek emlékeik, magyarázataik szinte kizárólag az érzékszervi megfigyelésekre támaszkodtak, és nem voltak képesek a komplexebb tudást igénylő mélyebb magyarázatokra.

Bár a négy tanulócsoport tanulási útjai sok hasonlóságot mutatnak, a debreceni csoport kissé eltér a másik háromtól. Feltételezéseim szerint a gyerekek eltérő előismeretei, az óvodai környezet különbözőségei állhatnak a háttérben.

A tudástér-elmélet lehetőséget biztosít arra is, hogy kísérletet tegyünk a tanulási folyamat optimalizálására a kritikus feladat megállapítása révén. Ehhez első lépésként *Falmagne* és mtsai (1990) módszerét használva elkészítettem a szakértői tudásszerkezetet (9. ábra), amely kiinduló pontja, hogy a feladatok (tudáselemek) hierarchikus rendben követik egymást. Bizonyos magasabb szintű problémák sikeres megoldása feltételezi a fogalmi hálózat alacsonyabb szinten lévő elemének ismeretét.



9. ábra: A víz állapotaihoz kapcsolódó szakértői tudásszerkezet

A szakértői tudásszerkezetet és az egyes tanulócsoportok elméleti tudásszerkezetét összevetve csoportonként meghatároztam a kritikus feladatot, a víz állapotai témakör azon egységét, amelynek befogadására a tanulócsoport tagjai legnagyobb arányban készen állnak. (2. táblázat)

2. táblázat. Az elméleti tudásszerkezet illeszkedése az empirikus tudásszerkezethez és a kritikus feladat a víz állapotai témakörben

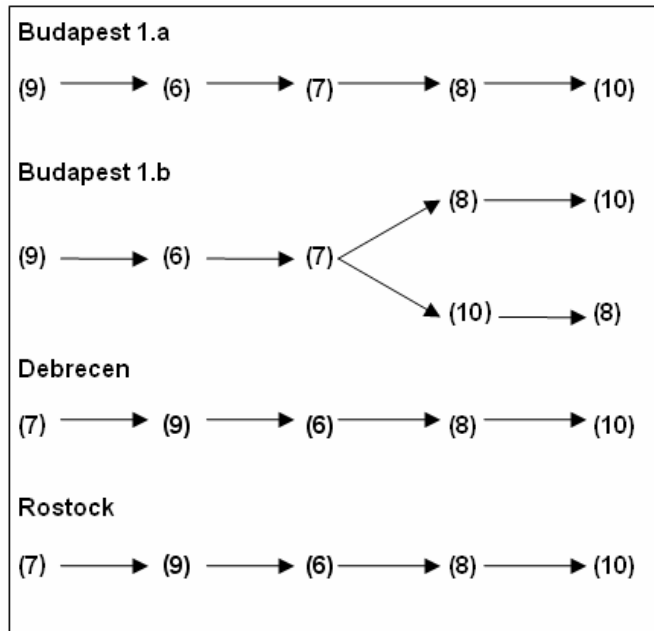
Csoport	Illeszkedés	1	2.	3.	4.	5.
<i>Budapest 1.a</i>	$p < 0.005$ (> 99.5%)	72 %	4 %	12 %	41 %	69 %
<i>Budapest 1.b</i>	$p < 0.005$ (> 99.5%)	72 %	0 %	4 %	25 %	37 %
<i>Debrecen</i>	$p < 0.005$ (> 99.5%)	68 %	5 %	25 %	30 %	50 %
<i>Rostock</i>	$p < 0.005$ (> 99.5%)	90 %	1 %	6%	35 %	48 %

Mindegyik csoport esetében, az egyes feladatnál (párolgás) – illetve az 1.a osztály esetében közel ilyen mértékben a gipsz oldódásánál - adódott a legnagyobb jószolt populáció. A gyakorlat számára ez azt jelenti, hogy a tanulók előzetes tudásuk alapján a párolgás folyamatának befogadására vannak leginkább felkészülve, tehát a legnagyobb hatékonyság elérése érdekében a tanítást ezzel a témával érdemes tovább folytatni.

A víz tisztítása témakör (6-10. feladat)

A víz állapoti témakör elemzésében bemutatott lépésekhez hasonlóan vizsgáltam meg a víztisztításhoz kapcsolódó fogalmak szerveződését. Az eredeti válaszszerkezet alapján meghatároztam mindegyik csoport tudásszerkezetét és a jellemző tanulási utakat.

A tudásszerkezet-elemzés nemcsak a négy csoport előzetes tudásának tartalmi különbségét tárta fel, hanem a tudás szervezettségének különbségeit is. A két budapesti csoport tanulási útjai jellegükben nagyon hasonlóak, de eltérnek a debreceni és a rostocki csoportétól, amelyek lényegében megegyeznek egymással (10. ábra)



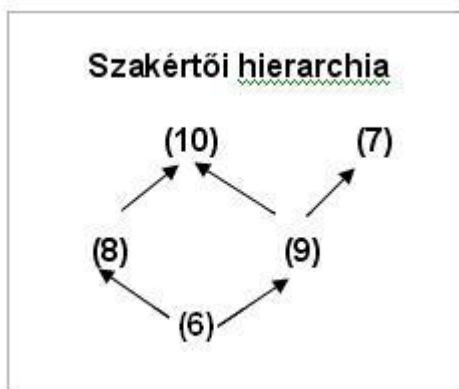
10. ábra: A tanulócsoporthoz víztisztítással kapcsolatos jellemző tanulási útjai

A különbség a 6., 7. és a 9. feladatban szereplő tudáselemek sorrendjében van.

A két budapesti csoport esetében a tintásvíz (9) és a talajszemcsékkel szennyezett víz (6) szűrésekor tapasztaltak értelmezése megelőzi a víz tisztaságára vonatkozó ismereteket (7). A megismerési folyamatok logikájából is ez a sorrend következik, hiszen, ha a tanuló tudja, hogy bizonyos anyagok méretüknél fogva átjutnak a szűrőn, mások pedig nem, jogosan tételezi fel, hogy a szűrés után a víz még tartalmazhat további anyagokat is. A debreceni és a rostocki csoport tanulási útjában a 7. tudáselem kezdő pozíciója talán arra vezethető vissza, hogy a gyerekek mindennapi tapasztalatai alapján nem jellemző, hogy bárki is ily módon tisztított vizet ivott volna, implicit magyarázatuk szerint a benne maradó szennyeződések miatt.

Akár a talajjal szennyezett víz, akár a tintás víz megtisztítására vonatkozóan kevés javaslattal éltek, és a szűréstől elvileg különböző ötlet csak 1-2 esetben született. A 8. és a 10. tudáselem minden csoportnál a tanulási út végére került, mégpedig úgy, hogy egyetlen kivételtől eltekintve a 10. elem az utolsó. Ahhoz tehát, hogy a tanuló érdemi javaslatot tudjon tenni a tintás víz megtisztítására, tudnia kell a talajjal szennyezett víz megtisztításának elvi hátterét. A két tudáselem tehát a hierarchiában egymás fölött helyezkedik el.

A szakértői hierarchia (11. ábra) alapján ennél a fogalomkörnél is megállapítottam az egyes tanulócsoportokra jellemző kritikus feladatot. (3. táblázat)



11. ábra: A víz tisztításához kapcsolódó szakértői hierarchia

3. táblázat. Az elméleti tudásszerkezet illeszkedése az empirikus tudásszerkezethez, és a kritikus feladat a víz tisztítása témakörben

Csoport	Illeszkedés	6.	7..	8.	9.	10.
Budapest 1.a	$p < 0.005$ ($> 99.5\%$)	8 %	60 %	75 %	15 %	22 %
Budapest 1.b	$p < 0.01$ ($> 99\%$)	9 %	48 %	68 %	22 %	29 %
Debrecen	$p < 0.1$ ($> 90\%$)	47 %	53 %	92%	71 %	52 %
Rostock	$p < 0.005$ ($> 99.5\%$)	1 %	22 %	76 %	7 %	22 %

A debreceni csoport kivételével az elméleti és az empirikus tudásszerkezetek nagyon jó illeszkedést mutatnak. Mindegyik csoportnál a 8. feladat bizonyult kritikus feladatnak, tehát a hatékony továbbhaladás érdekében célszerű a víz talajszennyezettségének megszüntetésére szolgáló egyéb módszerek megtanításával folytatni a tanulási folyamatot.

3.1.5. A tanítás hatása a tanulók vízzel kapcsolatos fogalmainak rendszerére

Az előteszték tapasztalatai alapján a „Rostocki Modell” didaktikai koncepciójának megfelelően kidolgozott tanítási egység három dimenzió köré szerveződött: 1. A tudás és megértés, 2. Képességek fejlesztése, 3.

Attitűdök, kompetenciák. Az első kérdéskör a víz jellemző tulajdonságait, halmazállapotait, halmazállapot-változásait, természetes előfordulásait érinti. A felszíni és felszín alatti vízelőfordulások életkornak megfelelő szintű ismeretét, a vízszennyezés és a víztisztítás szükségességének és lehetőségeinek alapszintű megértését segíti, valamint annak az ismeretnek a kezdődő elsajátítását, hogy a víz parányi részecskékből áll. A „Rostocki Modell” erősíteni szándékozik a tanulók kifejezőkészségét, kommunikációval kapcsolatos képességeit, elősegíti, hogy képesek legyenek egyszerű kísérletek elvégzésére és tapasztalatok, illetve ezekhez kötődő kérdések megfogalmazására. Az attitűdök és kompetenciák területén kiemelten támogatja az oksági összefüggések feltárásának igényét, a közös kísérletezéssel és beszámolók készítésével a szociális kompetenciákat fejleszti, és már a legfiatalabb korosztály esetében is a felelős vízhasználatot hangsúlyozza (Schneider, és mtsi., 2006). A dolgozatomhoz közvetlenül az első kérdéskör kapcsolódik, amelyben lehetőség nyílt annak a megállapítására, hogyan alakulnak át a gyerekek vízzel kapcsolatos hétköznapi fogalmai tudományos fogalmakká.

3.1.5.1. A vizsgálat körülményei, eszközei

A 3.1.1-3.1.4. alfejezetekben bemutatott előtesztelés tapasztalatai alapján a „Rostocki Modellre” épülő tanítási egység tesztelésére és kipróbálására a 2004/2005. tanév második félévében, illetve a 2005/2006. tanév elején került sor. A vizsgálatban négy első osztály (84 fő) vett részt. Két rostocki első osztály (41 fő), egy budapesti és egy debreceni osztály (43 fő) tanulóitól gyűjtöttünk adatokat egységes kérdőívek és strukturált interjúk segítségével. A vizsgálat idején a gyerekek 7-8 évesek voltak. Az adatgyűjtés három időpontban történt: közvetlenül a tanítási egység bevezetése előtt 2005. májusában vettük fel az előtesztet, 2005. júniusában az első utótesztet, majd a nyári szünet után, 2005. szeptemberében a második utótesztet. Az interjúk kérdései a víz halmazállapotváltozásaihoz, az oldódáshoz, a víztisztításhoz, valamint a víz természetes előfordulásához és felhasználásához kapcsolódtak (19. melléklet). A válaszokat jegyzőkönyveztük, illetve a német kutatók hangfelvételeken rögzítették.

3.1.5.2. Az elemzés módszerei, eredmények

Első lépésként meghatároztam a válaszkategóriákat. A csoportosítás alapját a használt fogalmak jellege képezte. A gyerekek egy része „mindennapi” (M) fogalmak használatával makroszkópos szinten értelmezte a víz előfordulását, felhasználását, viselkedését. Egyes gyerekek magyarázataiban a mindennapokban használt kifejezések mellett tudományos fogalmak is megjelentek, mint pl. az anyag, részecske, mozgás, távolság.

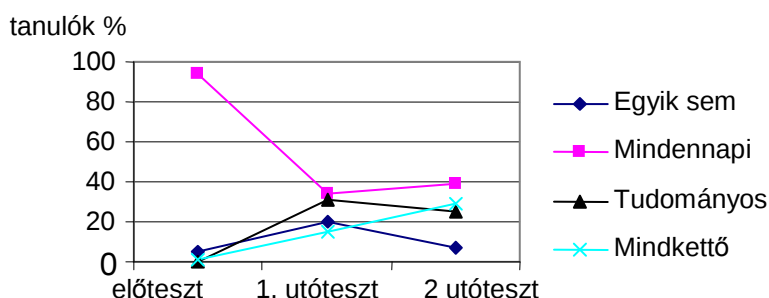
Ezek a tanulók az M + T (mindennapi és tudományos) kategóriába kerültek. Ha egy tanuló csak tudományos fogalmakat használt a válaszaiban és a víz viselkedését szubmikro-, vagyis részecske szinten értelmezte, válasza a „tudományos” kategóriába (T) került.

A kategorizált válaszokat 3.1.3.4. alfejezetben bemutatott módon tudásszerkezet-elemzésnek vetettük alá. Ha a válasz az adott kategóriába besorolható volt „1”, ha nem „0” értéket kapott. A 12. ábra a második utóteszt jellemző válaszszerkezetét mutatja

(M)	(T)	(N)
0	0	6
1	0	31
0	1	20
1	1	23

12. ábra: Egy jellemző válaszszerkezet (2. utóteszt). (M: mindennapi fogalom, T: tudományos fogalom; N: a tanulók száma)

A modellekből kiindulva a KST-analízis már bemutatott eljárásait használva meghatározható, hogy a feltételezett tudásszerkezet mennyire jól illeszkedik az eredeti válaszszerkezethez. A 13. ábra a különböző tanulói választípusok megoszlását mutatja.



13. ábra: A különböző kategóriákba sorolható tanulói válaszok megoszlása az elő-, az első, és a második utótesztben.

Az ábra és a további elemzések alapján megállapítható, hogy a tanítás hatására a válaszokban használt mindennapi fogalmak száma jelentősen csökkent, miközben előtérbe került a tudományos fogalmak használata. Az is kiderült, hogy a tanítási egység után nem változott jelentősen a nem válaszolók száma, illetve a korábban nem válaszolók inkább mindennapi fogalmakat kezdtek használni. Bebizonyosodott, hogy – ahogyan az várható is volt – a nyolc-tíz tanítási órát kitevő modul nem eredményezett teljes

fogalmi váltást a gyerekek gondolkodásában, bár különböző mértékű fogalmi változások megfigyelhetőek voltak a fogalmi gazdagodástól a létező melletti új fogalom megjelenéséig és együttéléséig. A legtöbb változás közvetlenül a tanítás után volt megfigyelhető, és a tanulók közel felénél még a nyári szünet ellenére is megmaradtak a tanítás során kialakított új fogalmak. A fogalmi fejlődéssel összefüggésben két további jelenség is megfigyelhető: azon tanulók egy ötödénél, akik korábban nem használtak semmilyen fogalmat az adott témakörben, a tanítás hatására megkezdődött a fogalmi fejlődés. Ugyanakkor a tanulók tíz százaléka elvetette kezdeti elképzeléseit anélkül, hogy új fogalmakkal helyettesítette volna.

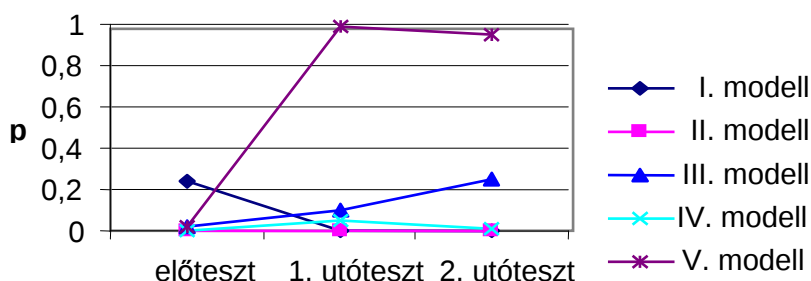
A mindennapi és tudományos fogalmak kapcsolatára és egymásra épülésére öt elméleti modell lehetséges (14. ábra).

Modell	Megjelenés	Tudásszerkezet
I	(M)	0 0 1 0
II	(T)	0 0 0 1
III	(T) ↑ (M)	0 0 1 0 1 1
IV	(M) ↑ (T)	0 0 0 1 1 1
V	(M) (T)	0 0 1 0 0 1 1 1

14. ábra: A tanulók tudásszerkezetét leíró feltételezett modellek (I-V). (M: mindennapi fogalmak; T: tudományos fogalmak)

Az I. modell segítségével azoknak a gyerekeknek a gondolkodása írható le, akik a vízzel kapcsolatos jelenségek leírásához csak mindennapi fogalmakat használnak. A II. modell képviseli azokat a tanulókat, akik tudományos fogalmakkal is rendelkeznek. A III. modell-hez tartozók mindkét típusú fogalmakat használnak, de a tudományos fogalmak ráépülnek a hétköznapiakra. Ezzel szemben a IV. modell éppen fordítva, azt jelképezi, hogy mindkét típusú fogalom előfordul, de a hétköznapiak épülnek rá a tudományosra, végül az V. típus esetében a kétféle fogalmi rendszer elkülönül, nincs kapcsolatban egymással. A 14. ábráról az is kiderül, hogy az

egyes modellek esetében milyen típusú válaszok lehetségesek. Az *I. modell*-nél két lehetőség van: vagy nincs válasz, vagy olyan típusú, amelyik sem a mindennapi, sem a tudományos kategóriába nem sorolható [0 0], illetve a válasz hétköznapi fogalmakat tartalmaz [1 0]. A *II. Modell* esetében ismét előfordul a nincs, vagy nem kategorizálható válasz [0 0] lehetősége és e mellett a tudományos fogalmakat tartalmazó magyarázat [0 1]. A *III. Modell*-ből három válaszcsoporthoz vezethető le: nincs válasz [0 0], a válasz mindennapi fogalmakat tartalmaz [1 0], vagy mindkét típusú fogalom előfordul benne [1 1]. A *IV. Modell* (a tudományosan leginkább elfogadható) szintén három lehetséges választípust határoz meg: nincs válasz [0 0], a válasz tudományos fogalmakat tartalmaz [0 1], vagy, mind hétköznapi, mind tudományos fogalmakat [1 1]. Végül az *V. Modell* esetében négy kategóriát különböztethetünk meg: nincs válasz [0 0], a válasz hétköznapi fogalmakat használ [1 0], tudományos fogalmakat tartalmaz [0 1], és mindkét típusú fogalmat tartalmaz [1 1].



15. ábra: A tanítás és a nyári szünet hatása a víz értelmezésére vonatkozó különböző modellek szignifikancia szintjére.

A KST elemzés segítségével kiszámítható, hogy az egyes modellekhez tartozó hipotetikus tudásszerkezet mennyire illeszkedik az eredeti válaszszerkezethez. Ahogyan a 15. ábrán látható a tanítás drámai hatást eredményezett a tanulók gondolkodásában. Kezdetben az *I. modell* írta le legjobban a tanulók gondolkodásmódját, ami azt jelenti, hogy a tanítási egység előtt a gyerekek elsősorban hétköznapi fogalmakat, kifejezéseket használtak a vízzel kapcsolatban. A tanítás után (1. utóteszt) az *I. modell* valószínűségi szintje számottevően csökkent, miközben a *III.* és *V. modell* jelentős növekedésnek indul. Ez azt jelenti, hogy a tanulók gondolkodásában megjelentek a tudományos fogalmak, vagy a köznapi fogalmakra épülve (*III. modell*), vagy azoktól függetlenül, a hétköznapi fogalmakkal együtt élve (*V. modell*). Az *V. modell* szignifikancia szintje a nyári szünet után is nagyon magas maradt, ami azt jelenti, hogy ugyan a gyerekek elfogadták a vízzel kapcsolatos tudományos fogalmakat, de nem voltak képesek a mindennapi

fogalmaikhoz kapcsolni őket. Azt is meg kell azonban jegyezni, hogy a gyerekek értelmezésében a tudományos, vagy tudományosan hangzó kifejezések nem ugyanazt jelentik, mint a szakértők által használt kifejezések. A gyerekek a víz részecskén természetesen nem a vízmolekulákat értik, hanem parányi vízcseppeket az egyébként folytonos anyagban, és a részecskéket általában makroszkópos tulajdonságokkal ruházzák fel. Az, hogy a tudományos szempontból legmegfelelőbb *IV. Modell* nem bizonyult nagyobb jelentőségűnek a gyerekek gondolkodásában, a fiatal életkorral és a formális gondolkodás hiányával magyarázható.

*

Mind hazai, mind nemzetközi tekintetben, a többi korosztályhoz képest viszonylag kevés kutatás foglalkozott a hat-hét évesek anyagszerkezetről alkotott elképzeléseivel. Mivel erre az időszakra esik a szervezett oktatás megkezdése, a leendő természettudományos oktatás sikere szempontjából hasznos minél több adatot összegyűjteni az iskolakezdők előzetes elképzeléseiről. Mivel az eddigi vizsgálatokból az valószínűsíthető, hogy a szakaszokban történő fogalmi érés anyagfelfogáshoz kötődő nagy ugrásai öt és kilenc éves kor körül zajlanak, az átmeneti életszakasz tanulmányozása segíthet a fogalmi váltásokhoz vezető folyamatok megértésében. Az iskolakezdő gyerekek vízzel kapcsolatos tudásáról és előzetes elméleteiről az eredmények alapján a következő megállapításokat tehetjük:

- Mind a magyar, mind a német gyerekek hasonló gyermeki magyarázatokkal szolgáltak a vízzel kapcsolatos jelenségek (olvadás, oldódás, párolgás) értelmezésénél, e tekintetben nem mutatkozott földrajzi különbség. A tévképzetek egyébként a nemzetközi vizsgálatokban leírtakhoz is nagyon hasonlóak.

- Az átmeneti életkorra az átalakuló anyagszemlélet jellemző. A folytonos anyagmodell feladása megkezdődik, és a makro-részecske szemlélet kezd jellemzővé válni. A részecskék létét már elfogadják, de makroszkópos tulajdonságokat rendelnek hozzájuk és a folyamatokat is ilyen módon értelmezik.

- A mennyiségi elemzések ugyan kimutattak bizonyos különbségeket a csoportok között, de ezek iránya következetlen volt. A víz állapotaival kapcsolatban a rostocki gyerekek voltak legkevésbé sikeresek, míg a víztisztítás tekintetében ők mutatkoztak a legtájékozottabbnak. A különbséget – sok egyéb mellett — az óvodai foglalkozások eltérő tartalma is okozhatta.

- A tudásszerkezet-elemzés a hagyományos tartalmi és mennyiségi elemzésekhez képest új megközelítéseket tesz lehetővé. Alkalmas eszköznek bizonyult arra, hogy betekintést nyerjünk a tanulási folyamatba,

megállapítsuk, hogy egy-egy tanulócsoport milyen tanulási utat jár be és tagjai milyen sorrendben sajátítják el a fogalmakat. Ennek ismerete közvetlen kihatással lehet az oktatásra, mert segítségével a tanítási folyamat optimalizálható. A szakértői tudásszerkezetből és a tanulói válaszokból kialakítható egy olyan hipotetikus tudásszerkezet, amelynek alapján valószínűsíthetjük az egyes fogalmak elsajátítására felkészült gyerekek számát. Az így meghatározott „kritikus feladat” az a fogalom, amelynek elsajátítására a csoport leginkább felkészült, tehát a tanítást ennél a lépésnél érdemes folytatni. A víz állapotai témakörben minden csoport esetében a párolgással kapcsolatos feladat bizonyult „kritikus feladatnak”, míg a víz tisztítása témakörben a talajszennyezettség eltávolítására alkalmas egyéb módszer megtalálása.

- A „Rostocki Modell” alapján tervezett és megvalósított tanítási egység statisztikailag mérhető hatást gyakorolt az első osztályosok vízzel kapcsolatos gondolkodásmódjára. A tanítás előtt a vízzel kapcsolatban általában hétköznapi fogalmakat használtak, míg a tanítás után megjelentek a tudományos fogalmak is, bár vagy teljesen elkülönülten, vagy úgy, hogy a tudományos fogalmak a hétköznapiakra épültek rá. A gyerekek szóhasználatában a részecskék a tudományostól eltérő jelentéseket hordoznak: egyrészt a folytonos anyagban jelenlévő kis darabkákra utalnak, másrészt makroszkópos tulajdonságokat rendelnek hozzájuk.

A modell további hatásait a jelenleg is folyó project következő szakaszaiban vizsgáljuk.

3.2. Általános iskolai tanulók anyagszerkezettel és anyagi változásokkal kapcsolatos elméletei és tudásszerkezete

Az iskolakezdők anyagfogalommal kapcsolatos elméleteinek feltárása mellett ugyancsak érdeklődésre tarthat számot a hetedik–nyolcadik osztályosok előzetes tudása. A kémiához is kapcsolódó természettudományos fogalmak, mint amilyenek például a víz halmazállapotai és halmazállapot-változásai, vagy az oldódás, már a korábbi évfolyamokon is szóba kerülnek egyebek mellett a környezetismeret és a természetismeret tantárgyakon belül. A kémia diszciplínászerű oktatása a hetedik évfolyamon kezdődik, érdemes tehát tudnunk, hogy milyen alapokra építkезhetünk, a fogalmak és a megértés milyen szintjéről indul a szervezett oktatás. A negyedik–ötödik-hatodik évfolyam irányába történő kitekintés az átmeneti korosztályról szolgáltat ismereteket. Az anyagfogalom kutatásával kapcsolatos előzményeket a 2. fejezetben áttekintettem. Ebben az alfejezetben először egy, a kutatásaimat érintő speciális témakör, az anyagi változások kérdése, ezen belül első sorban az égés megértéséről szóló eredményeket ismertetem. A fejezet további részében saját összehasonlító vizsgálatomról számolok be, majd a tévképzeteket két újszerű megközelítésből elemzem: a tanulócsoporthoz tudásszerkezetével, valamint a tanulók kémiai attitűdjével kapcsolatban.

3.2.1. Az égés fogalmának megértési nehézségei

Az anyagi változásokkal kapcsolatos fogalmak közül a kémia különösen hangsúlyos szerepet tulajdonít az égésnek. A kémiatanulmányok kezdetén a kémiai változás prototípusaként általában égéshez kötődő reakciókat mutatnak be a tankönyvek a fizikai és a kémia változás megkülönböztetésére szolgáló példaként. A kémiai reakciókat kísérő energiaváltozás szemléltetésénél, a tömegmegmaradás törvénye tanításánál, az alapszintű szerves kémia oktatás során tanított minden kémiai elem esetében szerepel valamilyen égéshez kötődő kísérlet, vagy magyarázat. A kémiai egyenletek tanítása során az esetek nagy részében oxigén az egyik reagáló partner (általános iskolai szintre egyszerűsítve az égés fogalmát). Ráadásul számos, az égéshez kötődő mindennapi tapasztalat is a gyerekek birtokában van, amikor beülnek az első kémiaórára. Ennek ellenére – a tapasztalatok szerint – az égés fogalmának megértése mégsem egyszerű. A nehézségek több forrásból adódnak, de talán a legfontosabb az égés fogalmi hálózatban elfoglalt magas pozíciója. Mivel helyes értelmezése nagyon sok alárendelt fogalom pontos megértését feltételezi, érthető, hogy „út közben” számos téves elmélet és magyarázat születik és marad fenn hosszabb, rövidebb ideig.

A fogalmak kategorizálásának nehézségei

A megértési nehézségek részben a kezdeti hibás lépésekre vezethetők vissza. *Chi, Slotta és deLeeuw* (1994) szerint a tudás jól körülhatárolható ontológiai kategóriákban szerveződik. Három fő csoportot különböztetnek meg: az anyag, az esemény és az absztrakció kategóriáját. A fogalmakat bizonyos jellemzők alapján soroljuk egyik, vagy másik csoportba. Sok félreértés, vagy megértési nehézség a téves kategorizálásból származik, amikor anyagot folyamatként, vagy folyamatot anyagént raktározunk el a fogalmi rendszerünkben. A gyerekek egy része például a hőt, az energiát anyagnak tekinti, és pontatlanul értelmezi, vagy nem tesz különbséget a melegítés/melegedés folyamata és a hő fogalma között (*Reiner, Chi és Resnick* (1988)). Sok esetben a körülményektől, vagy a szöveggörnyezettől függ, hogy melyik értelmezést használják, tény azonban, hogy a tudományos igényű magyarázatokig fogalmi váltások hosszú során keresztül visz az út. Vannak a fejlődésnek olyan szakaszai, amikor a helytelen fogalom és a megfelelő ontológiai kategóriában fejlődő új fogalom egyszerre létezik. Az inkorrekt fogalom jelenléte nem jelent feltétlenül gátat a fogalmi fejlődésben, mert bizonyos helyzetekben továbbra is magyarázattal szolgál (*Driver és mtsai* 1994). Még ha a magyarázat nem is tudományos igényű, a magyarázó személy szempontjából lehet adaptív, ha segít a problémahelyzet megoldásában, mert saját fogalmi rendszerével koherens egységet alkot.

Az égés helyes értelmezéséhez elengedhetetlen magának a kémiai reakció fogalmának a megértése. *Stavridou és Solomonidou* (1989) 12-18 év között a megértés három szintjét különítik el:

1.) A legfiatalabbak a kémiai reakcióra nem mint változásra, hanem mint egy olyan eseményre tekintenek, ami színváltozással, gázfejlődéssel, vagy egyéb kísérő jelenséggel jár. A fizikai és a kémiai változások között nem tudnak különbséget tenni.

2.) A fejlődés következő foka, amikor megértik a kémiai változásnak azt a vonatkozását, hogy új „termék” keletkezik, de ezt nem tekintik új anyagnak. Egyesek azt gondolják, hogy a kiindulási anyag alapvetően megmaradt, csak bizonyos tulajdonságai változtak meg. Mások elképzelése szerint egy keverék jön létre, amelyben a kiindulási anyag továbbra is megtalálható, de bizonyos új tulajdonságú részei is megjelentek (*Johnson, 2000*). A *Meheut és mtsai* (1985) vizsgálatában szereplő 11-12 évesek úgy gondolják, hogy a kiindulási anyag több alkotórészből áll, amelyek kezdetben össze vannak „ragadva” és az égés során egyszerűen szétválnak egymástól. Az égést nem anyagok kölcsönhatásaként, hanem összeragasztott alkotórészek szétválásaként értelmezik. Így érthetővé válik az a vizsgálati tapasztalat is, hogy a gyerekek egy része nem említi a levegő, vagy az oxigén szerepét az égés folyamatában. Az „összeragadás” elmélet későbbi

életkorokban is felbukkan. Még középiskolásoknál is előfordul, hogy a több atomos molekulákat szimbolizáló képletekről azt gondolják, hogy bennük az ugyanazon kémiai elem atomjai egymáshoz kapcsolódnak kémiai kötéssel, a tőlük különbözőkhöz nem, csak valahogyan összetapadnak, azért ábrázoljuk őket egy közös képlettel. A víz képletét például úgy értelmezik, hogy egy hidrogénmolekula és egy oxigénatom „ragad össze”.

Sokak véleménye szerint a kémiai reakcióban mindig két anyag vesz részt, valószínűleg azért, mert az iskolában kémiai reakcióra látott példák szinte mindegyike ilyen. Gyakori elképzelés az is, hogy úgy különböztetik meg a fizikai és kémiai reakciókat egymástól, hogy a fizikai reakciók megfordíthatók, a kémiaiak pedig nem (Nakleh, 1992; Gabel, 1999).

3.) A legfejlettebb értelmezés csak a legidősebbeknél jelenik meg, a középiskolai tanulmányok végén, bár itt sem mondható általánosan elterjedtnek. A 18 évesek többsége már képes a kémiai változást a kiindulási molekulák szerkezeti változásai alapján értelmezni.

A kémiai reakciók teljes megértése a helyes anyagfogalom kialakulása nélkül nem várható. Míg a kémiában jártas szakértők számára az anyagot bizonyos tulajdonságai (olvadáspont, forráspont, stb.) jellemzik, amelyek alapján azonosítani tudják őket, a gyerekeknél hiányoznak ezek a meghatározott tájékozódási pontok. Így az anyagfogalom bizonytalan és működésképtelen, ebből adódóan nem lehetnek képesek az anyag változásainak értelmezésére sem (Stavridou és Solomonidou 1989).

Az anyagi változások értelmezésére adott tanulói válaszok Andersson (1990) által használt ötfokozatú kategória rendszerébe (2.2.5 és 3.1.1. alfejezet) az égés értelmezései is besorolhatók. „A benzin eltűnik”, amikor az autó motorja elhasználja, az égő fából felszabaduló pára tulajdonképpen nem égéstermék, mivel a víz eredetileg is a fában volt, csak „égés hatására felszabadult” és áthelyeződött. A módosulás értelmezésre Meheut és mtsai (1985) szolgáltatnak példákat, amelyekben a tanulók az alkohol égésekor a folyékony alkoholból alkohol gőzök keletkezését közlik. Sok tanuló az átváltozás kategóriáját használja az égés során energiává, hővé alakuló anyagokkal kapcsolatban.

A megértés további gátjai

Az égés fogalmának megértését néhány egyéb tényező is nehezíti. Sokakat tévútra visznek az égés szempontjából nem releváns érzékszervi tapasztalatok. Meheut és mtsai (1985) például arról számoltak be, hogy a vizsgált 11-12 éves gyerekek negyede szerint a gyertya égésekor nem keletkezik új anyag, hanem egyszerű halmazállapot-változás játszódik le, a viasz megolvad a gyertyaláng melegétől.

A nehézségek másik forrása a gázok természetének megértése (2. 2. 3. alfejezet). A színtelen gázokat anyagként elfogadni, majd tömeget rendelni hozzájuk alapfeltétele az égés helyes értelmezésének. Gyakran vezet tévutakra az a tény, hogy az égéssel kapcsolatos mindennapi tapasztalatainkat nyitott rendszerekben zajló eseményekről szerezzük, és általában és elsősorban légnemű halmazállapotú égéstermékek keletkeznek a folyamat során (szén, PB-gáz égése, autók kipufogógáza), amelyek eltávoznak a reakciótérből. Az előzetes tapasztalatok alapján a gyerekek többsége kezdetben ugyanígy tömegcsökkenést vár, ha rezet, vasat, vagy magnéziumot égetünk. Külön tanulási folyamatot igényel, hogy a reakció körülményeire is tekintettel legyünk.

3.2.2. Kutatási kérdések, hipotézisek

Kutatási kérdések

A következőkben bemutatandó vizsgálataim kutatási kérdéseit és hipotéziseit a 3. 1. 2. alfejezetben részben már megfogalmaztam. Ebben a fejezetben a vizsgálatnak azt a részét mutatom be, amelyben a 9-15 éves gyerekek megértését vizsgáltam az előbbi témákkal kapcsolatban, a következő kérdésekkel kiegészítve:

1. Milyen előzetes ismeretekkel rendelkeznek az általános iskolai kémiai tanulmányaikat megkezdő gyerekek (elsősorban a 12-15 évesek) az égéssel, a tömegmegmaradással, az oldódással és a halmazállapot-változásokkal kapcsolatban
2. Megállapítható-e hierarchikus kapcsolat az előbbi fogalmak között?
3. Léteznek-e az egyes korosztályok fogalmi megértését jellemző tanulási utak?
4. Milyen gyermektudományos elméletek élnek a magyar 9-15 évesek körében az égéssel, a gázokkal, a halmazállapot-változásokkal, az oldódással és a tömegmegmaradással kapcsolatban?
5. Milyen szinten áll az anyagi változások mennyiségi viszonyainak megértése, tisztázódott-e a tömeg, a térfogat és a sűrűség fogalmának különbsége?
6. Megfigyelhető-e valamilyen összefüggés a tévképzetek megjelenése és az életkor, a nem, a kémia iránti attitűd és a kémiaórai eredményesség között?
7. Érvényesül-e a tévképzetek kapcsoltsága, várható-e, hogy bizonyos típusú tévképzetek megléte valószínűsíti más tévképzetek megjelenését?

8. Mennyire következetesek a gyerekek a tévképzeteikben, vagy az eltérő kontextus ugyanazzal a jelenséggel kapcsolatban más tévképzeteket mozgósít?

Hipotézisek

1. A nemzetközi tapasztalatokhoz hasonlóan a hazai általános iskolai kémiai tanulmányaikat megkezdő gyerekek már rendelkeznek bizonyos előzetes ismeretekkel olyan alapvető kémiai fogalmakkal kapcsolatban, mint az égés, oldódás, tömegmegmaradás, halmazállapot-változások.
2. Meghatározhatók a tanulócsoporthoz tartozó tudásszerkezetében olyan pontok, amelyekből a fogalmi megértés jellemzőire következtethetünk.
3. Az előbbiekkal kapcsolatos fogalmak egy része gyermektudományos elmélet, vagyis nem egyezik a tudomány által elfogadott állásponttal.
4. Bizonyos típusú tévképzetek együtt fordulnak elő és a fogalmi fejlődés bizonyos szintjeire inkább jellemzőek, mint másokra.
5. Kimutathatók olyan tanulási utak, amelyekre bizonyos fajta tévképzetek inkább jellemzőek, mint mások.
6. A mennyiségi fogalmak még pontatlanul alakultak ki ebben az életkorban.
7. A tévképzetek megléte és a kémia tantárgyi eredményesség, valamint a tantárgy iránti motiváció között összefüggés van.
8. Bizonyos szintű következetesség várható a tévképzetek előfordulásában. Feltételezem, hogy ha nem is helyes a magyarázat, de a keretét szolgáló elmélet koherens rendszert alkot a gyerekek gondolkodásában.

3.2.3. A vizsgálat módszerei

3.2.3.1. A minta

A vizsgálatot három különböző időpontban és részben különböző tanulócsoporthoz végeztem. Az első mérésben 1032 budapesti, XIII. kerületi hetedik és nyolcadikos vett részt. Az osztályok közül egy sem volt bármely természettudományos tárgyra szakosított tantervű, de egyéb tagozatok (zene, sport, idegen nyelv) előfordultak. Egy tanulócsoporthoz írás-olvasás részképesség zavaros gyerekekből állt.

A második mérés résztvevői az egyik XIII. kerületi általános iskola negyedik, ötödik és hatodikos tanulói voltak, összesen 103-an.

A harmadik mérésben három XIII. kerületi általános iskola hetedikesei és nyolcadikosai, az egyik általános iskola egyik ötödik osztálya,

valamint egy gimnázium hetedikesei és tizedikesei vettek részt. Összesen 150 hetedikes, 97 nyolcadikos, 22 ötödikes és 12 tizedikes diák válaszolt a kérdésekre. A vizsgálatba bevontam 19 nem szakértő felnőttet, olyan tanárokat, akik között előfordult ugyan természettudományos tantárgyat tanító (fizika, biológia, földrajz), de egyikük sem volt kémia szakos.

3.2.3.2. A mérés lebonyolítása

A vizsgálatok 2002 őszén kezdődtek Budapesten, a XIII. kerület 14 általános iskolájában. A feladatlapok kitöltésére kémia-, vagy osztályfőnöki órákon került sor. A válaszadáshoz a gyerekek nem vehettek igénybe segédeszközöket. A feladatlap kitöltéséhez nem szabtuk szigorú időkorlátot, általában 20-25 perc elegendőnek bizonyult, senki nem élt a 45 perces lehetőséggel.

A második szakasz 2005-ben és 2006-ban zajlott az egyik budapesti, XIII. kerületi általános iskola párhuzamos negyedik, ötödik és hatodik osztályaiban. A mérést a hetedik-nyolcadikosok részére összeállított feladatlapokkal végeztem, általában környezetismeret-, vagy természetismeret órán. Az igényeknek megfelelő időt biztosítottam, általában 30-35 percet.

Mindkét méréshez ugyanazt az „A” és „B” változatban elkészített feladatlapot használtam (6.melléklet).

A méréssorozat harmadik részének lebonyolítására 2007 tavaszán került sor a korábbiakhoz hasonló körülmények között. Az adatokat az erre a vizsgálatra összeállított, eldöntendő kérdéseket tartalmazó 2. kérdőívvel végeztem (8-9. melléklet).

3.2.3.3. A mérés szerkezete és a mérőeszköz

Empirikus vizsgálataimban az adatgyűjtést feladatlapokkal és kérdőíves kikérdezéssel végeztem.

A 4-8 évfolyam anyagfogalommal és anyagi változásokkal kapcsolatos elgondolásainak vizsgálatára 4 feladatból álló, nyitott kérdéseket tartalmazó feladatlapokat használtam. (6. melléklet) A feladatlapokat „A” és „B” variációban készítettem el egy 2002 őszén végzett, 50 hetedikes tanulót érintő előmérés tapasztalatai alapján. A feladatok nem alkottak összefüggő rendszert, a kémia különböző területeit érintették. Összeállításuknál elsősorban arra törekedtem, hogy a feladatok kapcsolódjanak az általános iskolai kémiatantervhez, és olyan részterületeket érintsenek, amelyek a kémiai fogalmak fejlődése szempontjából kulcsfontosságúak. Kutatási céljaimnak megfelelően az összehasonlíthatóság érdekében a feladatok egy részét a nemzetközi irodalom alapján választottam ki.

A fogalmi fejlődést vizsgáló kérdőívek tanúsága szerint a hazai 9-14 évesek is számos naiv elmélettel rendelkeznek. Az így kialakult „tévképzeti-gyűjteményt” a szakirodalomból vett példákkal kiegészítve összeállítottam egy olyan kérdőívet, amellyel a tévképzetek együttes előfordulását, kapcsoltságát szándékoztam felderíteni (8., 9. melléklet). Az adatgyűjtés harmadik részét ezzel a feladatlappal végeztem.

3.2.3.4. Az elemzés módszerei

Az iskolakezdők vizsgálatához hasonlóan az idősebb korosztály adatait is három szinten elemeztem. Első lépésként a tanulói naiv elméleteket gyűjtöttem össze, kategorizáltam és összefüggéseket kerestem a háttérváltozók és a naiv elméletek előfordulása között.

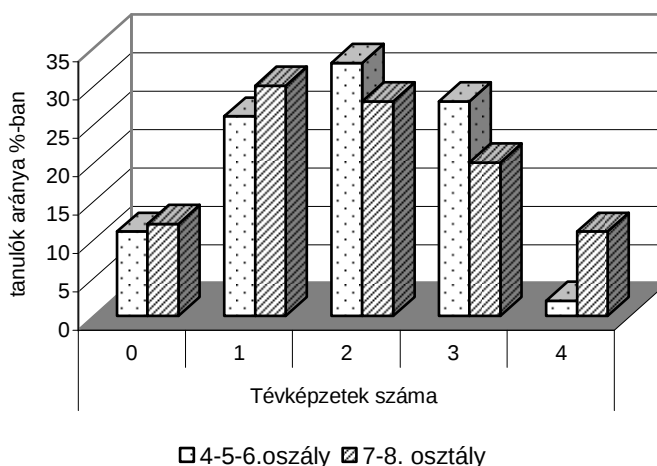
A mennyiségi elemzés során a különböző életkorú gyerekek „teljesítményét” hasonlítottam össze, bár a feladatlap nem volt a klasszikus értelemben kidolgozott és értékelt teszt. A mennyiségi elemzéssel az volt a célom, hogy információkhoz jussak a feladatok megoldásához szükséges fogalmak fejlettségéről.

A tudásszerkezet-elemzés a tanulócsoportok fogalmi fejlettségének egészéről szolgáltatott adatokat, amelyek a pedagógiai gyakorlat számára is hasznosítható összefüggéseket tártak fel. Az elemzés a 3. 1. 3. 4. alfejezetben részletesen bemutatott módon zajlott.

3.2.4. Eredmények

3.2.4.1. Tartalmi elemzések – tévképzetek

A tartalmi elemzés első lépésében áttekintettem, hogy várakozásaimnak megfelelően valóban rendelkeznek-e a magyar általános iskolások az anyagok szerkezetével és változásaival kapcsolatos tévképzetekkel. Megállapítottam, hogy igen, a vizsgált csoportokban átlagosan 1,8 darab tévképzet jutott minden tanulóra az életkortól függetlenül, és az egy tanulóra jutó tévképzetek száma is hasonló irányzatokat mutatott a két vizsgált korosztály esetében (16. ábra). A gyerekek mindössze 10 százalékánál nem derült fény tévképzetre, ugyanakkor közel 2/3-uk legalább egy vagy két tévképzettel rendelkezett a vizsgált kérdésekkel kapcsolatban.



16. ábra: A 4-6. és 7-8. osztályos tanulók megoszlása a tévképzetek száma szerint

A 4-5-6. évfolyam 1,84 és a 7-8. évfolyam 1,82 egy főre eső átlaga szinte teljesen megegyezik, ami nem kedvező hír a kémiatanárok számára, hiszen a felmérés idején már a hetedikesek is megkezdtek szervezett kémiai tanulmányaikat, a nyolcadikosok pedig már egy éves múlttal rendelkeztek e tekintetben. A tartalmi vizsgálat azonban szemléletbeli különbségeket tárt fel a két korosztály között. Az idősebbek körében előfordultak olyan tévképzetként azonosított helytelen válaszok, amelyek egyértelműen a kémiatanítás számlájára írhatók. Az állítás nem elítélő, hanem egyszerű ténymegállapítás. A feladatokban szereplő kísérletek mennyiségi viszonyait a tanulók többsége a tömegmegmaradás figyelembevételével igyekezett értelmezni, mégis akadtak hibás válaszok. A tanulási folyamat közben feltett kérdések még képlékeny állapotban érték a fogalmat, helye és kapcsolatai a fogalmi hálózatban még nem tisztázódtak, a válaszadókat gyakran tévútra vitték. Így fordulhatott elő például, hogy a papír elégetése után néhányan a papírdarab tömegállandóságát várták a tömegmegmaradás törvényére hivatkozva és nem számoltak azzal a körülménnyel, hogy a feladatban nem zárt rendszerben zajlik a reakció. Ugyanezzel a problémával kapcsolatban valódi tévképzetek is felmerültek. Az a hetedikes kislány, aki szerint „*amikor a papír elég, már nem lesz tömege, és az elégett tárgyaknak nincsen súlya*” az anyagszemlélet fejlődésének egy olyan, fiatalabb gyerekekre jellemző fokán áll, amikor a színtelen gázoknak még nem tulajdonítanak tömeget, illetve még fiatalabb korban a semmivel azonosítják.

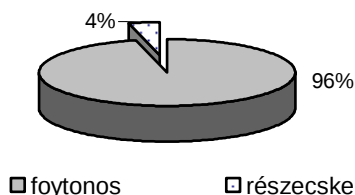
A gázokkal kapcsolatos tanulói elképzelések

A feladatlapok „A” és „B” változatában összesen három, közvetlenül a gázokra vonatkozó feladat szerepelt. Séré (1986) klasszikus kérdései a fecskendőben lévő gáz mennyiségi viszonyairól, a felfújt és leeresztett kerékpárgumiban lévő gáz minőségéről és a parfüm terjedéséről betekintést engednek a gyerekek gázokról alkotott elképzeléseibe. Hasonló vizsgálatok magyar diákok körében is történtek (Korom, 2003; Nahalka, 2002). Esetünkben a vizsgált tanulócsoport részben fiatalabb életkora, és az elemzéshez használt tudástér-elmélet megközelítései újszerűek.

A gázok szerkezetének megértése

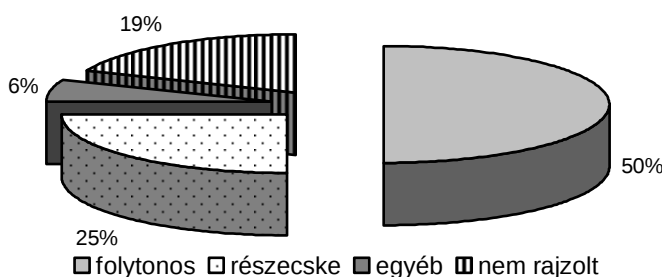
Az első feladat részét képezte, hogy a gyerekeknek rajzban kellett megjeleníteni, hogyan képzelik el a fecskendőben lévő levegőt összenyomás előtt és után.

A negyedik–ötödik-hatodik osztályos gyerekek rajzai egységesebb képet mutatnak, mint az idősebbeké. Mindenki rajzolt, 96 százalékuk folytonos szemlélettel, de 4 százaléknál már megjelent a részecskék ábrázolása is. (17. ábra). Jellemző, hogy a részecskéket megjelenítő rajzok is tévképzetek jelenlétére utalnak, többségükben a részecskék a fecskendő felső részében, nem egyenletesen helyezkedtek el, tehát a tanulók anyagszemlélete már megindult a részecskeszemléletűvé válás felé, de a gázokkal kapcsolatos tudásuknak még nem része, hogy a gázok kitöltik a rendelkezésre álló teret.



17. ábra: A 4-5-6. osztályosok gázokkal kapcsolatos anyagszemlélete a fecskendőben lévő levegő ábrázolása alapján (%)

Az idősebbek közel 20 százaléka nem tudott rajzot készíteni (például olyan indokkal, hogy „a levegőnek nincs színe, így le sem lehet rajzolni”), annak ellenére, hogy foglalkoztak a problémával, mert háromnegyedük szöveges válaszokat adott a kiegészítő kérdésekre. A válaszolók fele folytonos anyagként, egynegyede részecskéként ábrázolta levegőt és 6 százalékuk sajátos ábrázolási módokat (pl. nyilakat) használt (18. ábra). (Novick és Nussbaum (1978) gázok ábrázolását kérő rajzos feladatában a 14 évesek kétharmada a mutatott részecskeszemléletet.).



18. ábra: A 7-8. osztályosok gázokkal kapcsolatos anyagszemlélete a fecskendőben lévő levegő ábrázolása alapján (%)

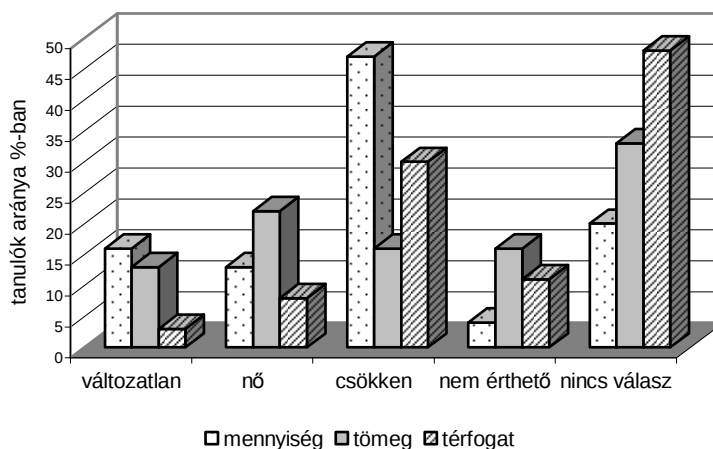
A vizsgált életkorban még nagyon elterjedt az anyag folytonos voltáról alkotott elképzelés, ami az arisztotelészi anyagképnek felel meg, de már különböző szintű részecskemodellek is megjelentek, pl. „...összenyomás előtt sok benne a részecske, összenyomás után kevesebb...”. Gyakori volt a szintetikus modellek felbukkanása, illetve az egymás mellett működő modellek jelenléte. Volt, aki összenyomás előtt gömbökként ábrázolta a levegő részecskéit, összenyomás után azonban nemcsak a részecskék kerültek egymáshoz közelebb, hanem kisebbek lettek, „összenyomódtak”. Ezek a tanulók már elfogadják, hogy az anyagok részecskékből állnak, de még nem tudnak pontosan különbséget tenni az anyag makroszkópos és szubmikroszkópos szintjei között.

Az egyedi ábrázolásmódot választók gyakran nyilakkal jelölték meg az irányokat, amelyekben az összepréselt levegő „nyomja a fecskendőt”. Megjelentek a Novick és Nussbaum (1978) által tapasztalt „felemelkedő” és „lesüllyedő” ábrázolások. A gyerekek 2-3 százaléka elképzelése szerint a fecskendőben fázishatár található, és a levegő a fecskendő alján helyezkedik el. Amikor a dugattyút lenyomtuk, elértük a fázishatárt, az „üresség” eltűnik, tehát nem a gázok összenyomhatóságát, hanem a „semmit” eltűnését jósolták. Mások éppen fordítva gondolták, a fecskendő alja üres és a könnyű levegő felül helyezkedik el, szintén fázishatárral elválasztva az ürességtől, összenyomás után, pedig ez a levegőt tartalmazó sáv lesz kisebb. Ezek a tanulók tehát már megértették, hogy a gázok összenyomhatók. Egy 13 éves nyolcadikos fiú rajzán összenyomás előtt és után is ugyanolyan vastag üres sávot rajzolt, majd fázishatárral elválasztva következett a levegő, összenyomás után vékonyabb, de ugyanolyan sűrűségű réteggként ábrázolva. A hozzáfűzött magyarázat, pedig a következő: „Lemegy a levegő az aljára és könnyebb lesz.”, vagyis nemcsak az anyag szerkezetének megértésében bizonytalan, hanem a mennyiségi fogalmak és tulajdonságok azonosításában

is. Jellemzően a gyengébb tanulmányi eredményű gyerekek használtak ilyen fajta jelölést és magyarázatokat.

A gázok mennyiségi viszonyai és a tömegmegmaradás

A korábbiakban (2.2.2. alfejezet) már bemutattam a mennyiségi fogalmak kialakulásának és a közöttük lévő különbségek pontos megértésének nehézségeit. Az anyag mennyisége a gyerekek gondolkodásában ugyanahhoz az ősfogalomhoz kapcsolódik, mint a tömeg és a térfogat. A fejlődés bizonyos szakaszában, a gyerekek számára a több gáz nagyobb térfogatot jelent, és hihető számukra, hogy a befogott nyílású fecskendőben a dugattyú lenyomása után kevesebb gáz van, mint előtte. Séré 1985-ben végzett vizsgálatában a 11 évesek fele gondolkodott így, és tapasztalataim szerint a magyar gyerekek esetében sincs ez másképp (19. ábra).



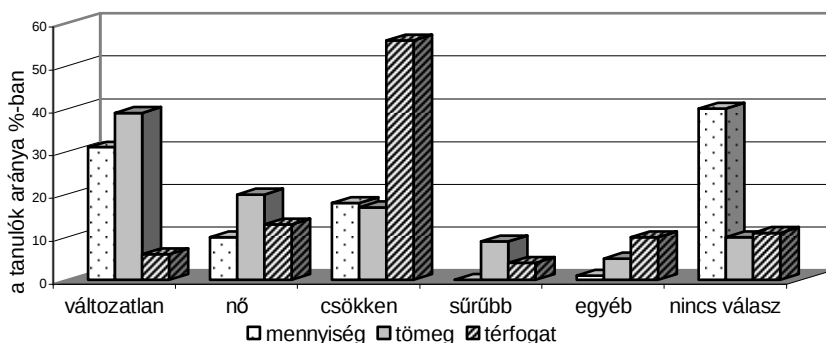
19. ábra: Az összenyomott levegő mennyiségi viszonyainak megértése a 4-5-6. osztályosok esetében

A gyerekek fele nem is próbált válaszolni, illetve akik mégis, sok esetben tévesen értelmezték a feladatot. Természetesen ez érthető, mivel esetükben is az eredetileg hetedik-nyolcadikosok részére összeállított feladatlappal dolgoztam. A mennyiségi fogalmak vizsgálatára egy célzottan ennek a korosztálynak készített feladatlagra lesz szükség a későbbiekben. Jelen vizsgálatomban elsősorban a 12-14 éves korosztályról kívántam adatokat gyűjteni, a fiatalabbak kikérdezése, mint egy tájékozódó jellegű adalék szerepelt a programban.

A 9-12 évesek jelentős része számára nem kezelhető a probléma, nem értik a mennyiség, a térfogat és a tömeg összefüggéseit és különbségeit, illetve még alapvetően a fogalmak sem tisztázottak számukra. Különösen

bizonytalan és érthetetlen az anyag mennyisége kifejezés. Még azok a gyerekek (a minta fele), akik azt gondolják, hogy az összenyomás hatására csökken az anyag mennyisége, vagyis kevesebb levegő lesz a fecskendőben, sem hiszik, hogy ezzel a levegő tömege is csökkenne. A nagyobb tömeget várók zöme a megnövekedett nyomást nevezi meg a tömegnövekedés közvetlen kiváltó okaként.

A hetedik - nyolcadik osztályosok válaszai a fogalmak jelentős fejlődését tükrözik, de továbbra is sok a bizonytalanság (20. ábra).



20. ábra: Az összenyomott levegő mennyiségi viszonyainak megértése a 7-8. osztályosok esetében (%)

Duplájára nőtt azok aránya, akik az összenyomás hatására nem vártak anyagmennyiség- és tömegcsökkenést, azonban ez még most sem éri el a 40 százalékot. Továbbra is keverednek a mennyiségi fogalmak. Egyesek úgy értelmezik a jelenséget, hogy ha összenyomjuk a levegőt, „összesűrűsödnek”, tömörülnek a részecskék, megnő a nyomás és ezért a tömeg is nagyobb lesz: „...*nő a tömeg, mert sűrűbb anyag keletkezik...*”, „...*nem lesz több anyag a fecskendőben, de nagyobb lesz a tömeg, mert úgy gondolom, hogy ahogy a levegőt nyomom, sűrűsödik a fecskendőben*”. A „sűrűbb, sűrűsödik” álláspont azért került külön csoportba, mert a válaszok és a rajzok alapján nem derül ki egyértelműen, hogy a tömeg és a sűrűség között különbséget tudnak-e tenni ezek a gyerekek, sőt megfordítva, sok esetben úgy tűnik, a két fogalmat szinonimaként használják, ráadásul némelyek még a töménység kifejezés használatát is helyén valónak érzik: „*nő a tömeg, mert töményebb lett*”.

Még mindig sokan várják a térfogat és a tömeg együttes csökkenését. Közülük sokak elméletei saját világképükkel konzisztensek, hiszen megfogalmazzák, hogy „*a levegő nem összenyomható*” és ilyen alapállásból érthető a „*kisebb térfogathoz kisebb tömeg tartozik*” elvárás. Találkoztam a flogisztion elméletre emlékeztető negatív tömeg felfogással is, de akadtak néhányan, akik gázokról alkotott elképzelései már közelítenek a tudomány

által elfogadottakhoz: „A levegő tömege nem változik, mert a levegőben vannak üres területek, de ezt még összebb lehet nyomni.”

A részecskék mozgása a gázokban

A „B” csoport 2. feladata alkalmas volt a gázrészecskék mozgásával kapcsolatos tanulói elképzelések megismerésére. A parfüm illatának terjedését a 10-12 évesek 43 százaléka, a 13-14 évesek 88 százaléka a részecskék mozgására vezette vissza. Hasonló eredményeket szolgáltatott Korom (2005) vizsgálata is, amelyben a 12-18 évesek minden korosztályában a gyerekek legalább fele tett említést a részecskék mozgásáról a kölni illatának terjedésével kapcsolatban.

A mozgás kifejezésére a gyerekek leggyakrabban a szétterjed, eloszlik, áramlik, kering igéket használták. *A ellökik egymást, vagy a levegő részecskék odalökdösik a parfüm részecskét* kifejezések a kinetikus gázmodell sikeres elsajátítása felé vezető utat jelzik.

Egyedi, jellegzetes megfogalmazások árulkodtak az anyagfogalom aktuális fejlettségéről:

- keverednek a makro- és szubmikroszintű tulajdonságok: „*a parfüm részecskéi illatosak*”, „*hidegebb hőmérsékleten tömörebbek a részecskék*”, „*a meleg atomok gyorsabban mozognak, mint a hidegek*”
- az anyag és tulajdonságai külön léteznek: „*a parfümatomok eltűntek, de az illata ott maradt.*”
- tisztázatlan és meg nem értett fogalmak: „*a parfüm szaga légnemű*”, „*az illat kristálykák keverednek az oxigénnel*”, „*az illat terjedése a levegő sűrűségétől és nem a hőmérsékletétől függ.*”

A levegő, mint anyag

A gázok fogalmának megértése közben lejátszódó egyik legfontosabb fogalmi váltás a gázokat anyagként elfogadni. Ez általában 11-12 éves korra bekövetkezik (Piaget, 1972), de még ekkoriban sem mindenki tudja megmondani, hogy mi van az üres tartályban, vagy a leeresztett kerékpárgumiban (Séré, 1986). Nahalka (2002) vizsgálatai még 15 éves korban is kimutattak ezzel kapcsolatos tévképzeteket. Az általam vizsgált negyedik – ötödik – hatodik, illetve hetedik - nyolcadik osztályos csoportok szinte teljesen megegyeztek abban a tekintetben, hogy a fiatalabb gyerekek 37 százaléka, illetve az idősebbek 38 százaléka gondolta, hogy semmi nincs a leeresztett kerékpárgumiban. A fennmaradó 63 százalék és 62 százalék sem mentes azonban a tévképzetektől. A kisebbek 20 százaléka, a nagyobbak 16 százaléka megemlíti válaszában a légzési gázokat. Természetesen még itt is

lehet „téveszteni”, a többség a felfújtt kerékpárgumiban oxigéngázt tételez fel, a leeresztettben pedig szén-dioxidot a légzés analógiájára, de nem mindenki.

A gázokkal kapcsolatos tévképzetek együttes előfordulása

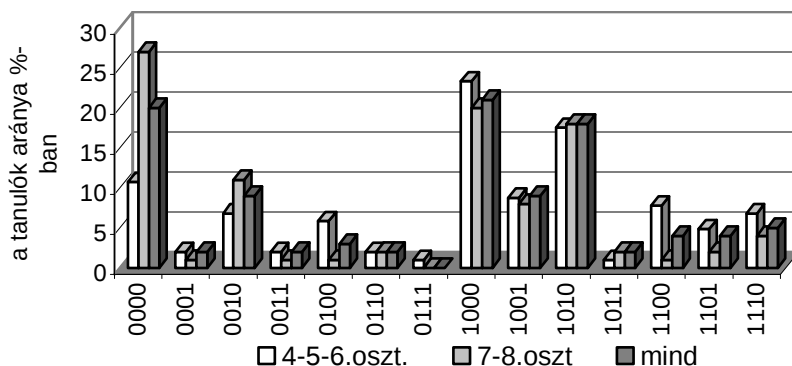
Mint a fentiekben részletesen bemutattam, a gázokkal kapcsolatban feltett kérdések számos tévképzetet hívtak elő. A négy leggyakoribb típus:

- a fecskendőben lévő levegő mennyiségi viszonyaival kapcsolatos tévképzet;
- gázhalmazállapot értelmezésével kapcsolatos tévképzet;
- a levegő anyagként történő elfogadásával kapcsolatos tévképzet (semmi nincs a leeresztett kerékpárgumiban);
- a felfújtt és a leeresztett kerékpárgumi és a légzési gázok között feltételezett kapcsolatból származó tévképzet.

A 21. ábrán látható látható eredmények igazolják azokat a feltevéseimet, hogy bizonyos tévképzetek, vagy inkább megértési nehézségek kapcsoltan fordulnak elő (a kódok jelentése: 0: nincs tévképzete, 1: van tévképzete). A kombinációkban a kódok sorrendje:

1. helyen: a levegő mennyiségével kapcsolatos tévképzet
2. helyen: a gázhalmazállapot értelmezéséhez kötődő tévképzet
3. helyen: a levegő anyagként történő elfogadása
4. helyen: a légzési gázok összekapcsolása a kerékpárgumis problémával.

Az 1000 jelű szimbólum jelentése, hogy csak a fecskendőben lévő levegő mennyiségi viszonyaival kapcsolatban rendelkezik a tanuló tévképzettel. Tapasztalataim szerint a gázokhoz kapcsolódó mennyiségi fogalmak megértésével volt a legtöbb tanulónak gondja, életkortól függetlenül. Az 1010 tévképzet kombináció, amelyben a mennyiségi viszonyokkal és a levegő anyagként történő elfogadásával kapcsolatos tévképzetek együtt fordulnak elő gyakoriságát tekintve a második helyre került. Amennyiben egy tanuló a levegőt még nem tekinti anyagnak, természetesen tömeget sem rendelhet hozzá, a két tudás, tehát feltételezi egymást. Ez azt jelentheti, hogy a kognitív struktúra kezdeti, differenciálatlan „őanyag” fogalmából (Chi és mtsai, 1994) fokozatosan válnak le és kerülnek a fogalmi struktúra megfelelő helyére az egyes alkategóriák, differenciálódnak a kezdetben átfedő mennyiségi fogalmak. Miközben az anyagfogalom gazdagodik vagy fogalmi váltásokon keresztül a folytonos modell részecske szemléletűre cserélődik, párhuzamosan egy másik síkon mennyiségi tartalommal is telítődik.

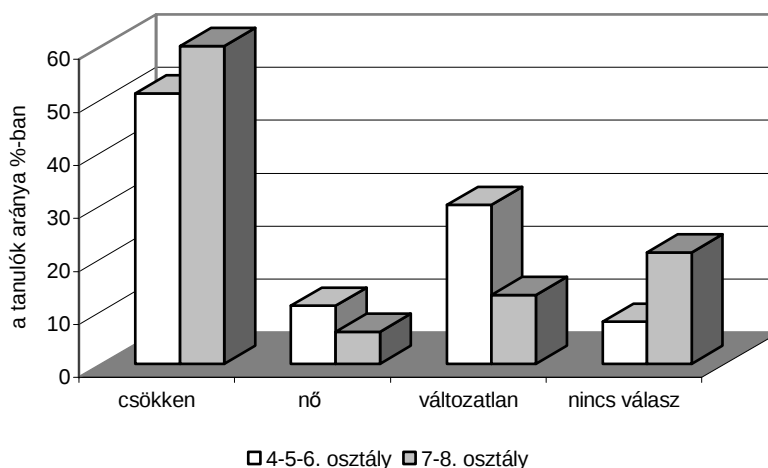


21. ábra: Gázokkal kapcsolatos tévképzetek együttes előfordulása (%) (0: nincs tévképzet; 1: van tévképzet; 1. helyen: levegő mennyiségével; 2. helyen: gázok mennyiségével; 3. helyen levegő, mint anyag elfogadásával; 4. helyen légzési gázokhoz kapcsolódó tévképzetek)

A 21. ábra baloldalán olyan tévképzet kombinációkat találunk, amelyek nem tartalmazzák a gázok mennyiségével kapcsolatos tévképzetet. Az ilyen kombinációk kis gyakorisága azt mutatja, hogy a mennyiségi viszonyok megértése kulcsfontosságú. Ha ezzel már tisztában van egy tanuló, a többi kérdésre is nagyobb biztonsággal válaszol, míg ellenkező esetben a többi kérdés helyes megválaszolására sem lesz képes.

Tanulói elméletek az égéssel kapcsolatban

A 2., a papír égésével kapcsolatos feladat megoldásaiból több fogalom fejlettségére is következtethetünk. Az idősebbek számára egyértelmű, hogy kémiai változás játszódik le, és a válaszokban a tanulók közel negyede hivatkozik is erre, vagy égést, oxidációt, említ, vagy bomlást, esetleg egyszerűen a kémiai változás tényét állapítja meg. A fiatalabbak szókincsében ezek a kifejezések érthető okok miatt még nem szerepelnek, de nemcsak a szóhasználatuk, hanem az értelmezésük is lényegesen eltérő. A 22. ábrán látható, hogy milyen nagy arányban (közel 30 százalék) várnak a tanulók a nyitott térben zajló égés után tömegállandóságot.



22. ábra: A papír égése során bekövetkező várt tömegváltozás (a megkérdezettek számához viszonyítva, %-ban kifejezve)

Az indoklásaikból kiderül, hogy az égést nem tekintik olyan változásnak, ami az anyagok lényegi tulajdonságait érintené.

„Attól, hogy elégett, csak darabokra esett szét, de a súlya nem változik.” (Georgina, 12 éves)

Sokan közülük egyszerű halmazállapot-változásként értelmezik a látottakat:

„Ha a papírt elégetjük, hamu marad belőle és a papírnak csak a halmazállapota változik. Tehát ugyanaz marad a súlya, a papír nem tűnt el, csak hamu lett belőle.” (Krisztina, 10 éves)

Az idősebbek nagyobb arányban válaszoltak helyesen, válaszaik tagoltabbak, többeleműek és többféle megközelítést tartalmaznak. Kiindulópontjuk leginkább a folyamat kategorizálása, a keletkező szilárd anyag, vagy a keletkező gáz. Itt is előfordul a halmazállapotok említése, és a kémiai tanulmányoknak köszönhetően néhányan említik az oxigénnel történő kölcsönhatást, a tömegmegmaradás törvényét, a reakció energiaváltozásait és elenyésző számban a nyitott reakcióteret. A szélesebb ismeretekkel a háttérben könnyebben kalandoznak tévutakra, tévképzeteik is változatosabbak és az Andersson (1990) által az anyagi változások fogalmának fejlődésére meghatározott szintek valamelyikéről tájékoztatnak

Eltűnés:

„Elégve nincs súlya, kiszáll belőle egy pár alkotóanyag és eltűnik” (14 éves fiú)

„Ha elég eltűnik, és nem tudom megfogni” (13 éves lány)

„Anyagok távoznak és nem lép a helyükbe semmi” (14 éves fiú)

„Az égés lerombolja az atomokat”. (14 éves lány)

Áthelyeződés:

„Víz párolog el belőle” (12 éves lány)

Módosulás:

„A papír összetépve, elégetve is ugyanolyan súlyú marad, mint egészben.” (11 éves lány)

„A tömege nem változott, csak az alakja. Ha elpárologt volna, csak akkor változott volna meg a tömege, de így csak az alakja változott, szilárdból szilárd maradt.” (13 éves lány)

„Megkeményedett égéskor és így több lett a súlya.” (13 éves fiú)

Átváltozás:

„Szén keletkezik és az könnyebb, mint a papír.” (14 éves lány)

„Nehezebb lett, mert felmelegítettük”: (13 éves fiú)

„Nehezebb lett, mert endoterm és nőtt a test belső energiája”. (13 éves lány)

„Az égésnek is megvan a saját tömege, az elégés után hagyott egy kis tömeget.” (14 éves fiú)

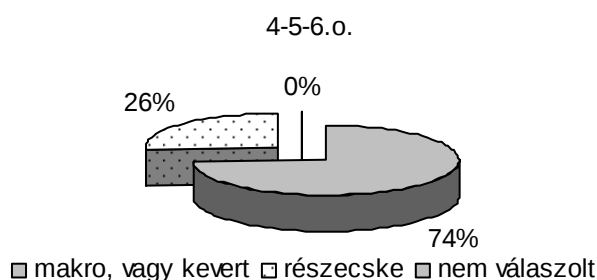
Mindegyik magyarázat háttérében az anyag folytonos modelljének képzete áll. Azzal a magyarázattal, hogy az anyagok kölcsönhatásba kerülnek egymással, de külön-külön változnak meg (*a vízpára kiszáll belőle*), vagy csak annyira, hogy lényegi tulajdonságaik nem változnak (*nem változott, csak az alakja*) a folytonos modell továbbra is fenntartható. Hasonló mentési kísérlet az átváltozás típusú magyarázat, amikor úgy őrzik meg a kiindulási anyagot, hogy egy eredetileg is benne lévő anyaggá alakítják, melynek tulajdonságai a reakció lejátszódásáig rejtve maradtak (A papír szénttartalmú, égéskor „szén keletkezik”). Az „*energiává alakul*”, vagy a „*nehezebb lett, mert melegítettük*” típusú elképzelés abból fakad, hogy az anyag- és a folyamatalapú ontológiai kategóriák differenciálódása még nem fejeződött be, és az anyagot és a hozzá tartozó tömeget, valamint az energia fogalmát nem a megfelelő kategóriákba sorolták (Chi, Slotta és deLeeuw 1994). A csökken a tömeg, mert „*oxigénnel egyesül*” tartalmú válaszok a gázokról alkotott elképzelések olyan kezdeti szintjére utalnak, ahol még tömeg nélküli anyagként (Stavy, Eisen és Yaakobi 1987; Brook és mtsai. 1989), vagy negatív tömeggel rendelkezőként tekintenek a gázokra, ahogyan ez a tudománytörténetben a flogisztonelelmélet híveire is jellemző volt.

Tanulói elméletek az oldódással kapcsolatban

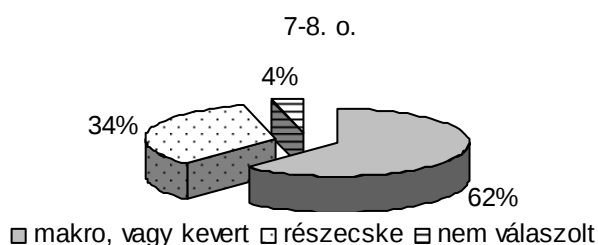
Mindkét csoport kérdései között szerepelt egy, a cukor oldódásával kapcsolatos feladat. Részben a folyamat értelmezését, az oldódás folyamatának magyarázatát vártam a gyerekektől, részben pedig a mennyiségi fogalmak megértését vizsgáltam.

Az anyagszemlélet megnyilvánulásai

A negyedik – ötödik - hatodik osztályos gyerekek egy negyedénél, az idősebbek 34 százalékánál találtam a magyarázatokban részecskeszemléletre utaló jeleket (23. és 24. ábra).



23. ábra: A 4-5-6. osztályosok anyagszemléletének megnyilvánulásai az oldódással kapcsolatos feladatban



24. ábra: A 7-8. osztályosok anyagszemléletének megnyilvánulásai az oldódással kapcsolatos feladatban

A korábban bemutatott „fecskendő” feladatnál különösen a fiatalabbak sokkal kevésbé mutattak részecskeszemléletet (négy százalék) a levegőábrázolásában, és a hetedik-nyolcadik. osztályosoknak is csak 25 százaléka volt ilyen. Az eltérés abból adódhat, hogy a gyermeki értelmezések kontextusfüggőek. Úgy tűnik, hogy ebben az életkorban a gyerekek még nem általában folytonos, vagy részecskeszemléletűek. A kialakulatlan fogalmi rendszerből az adott feladat hívja elő a lehetséges magyarázatokat. Az oldódást feltehetően azért könnyebb részecskeszemlélettel értelmezni, mert a feladatban szereplő cukor szóhoz a kristálycukor képzeete kapcsolódik. A

darabos, szemcsés anyagok esetében könnyebb elképzelni, hogy az oldószer hatására kisebb darabokra, „részecskékre” esik szét a cukor, mint a nagyobb tömbökből állók, vagy a gázok esetében. Másrészt, a tény, hogy éppen a cukor oldódása esetében a köznap szóhasználatban is előfordulhat a részecske kifejezés, óvatosságra int bennünket. A negyedik – ötödik – hatodik osztályosok a részecske szót használva nem ugyanarra az entitásra gondolnak, mint a szakértő felnőttek. A jellegükben hasonló, de egyértelműen nehezen azonosítható, szintetikus modellek jelenlétére utaló válaszokat a makro, vagy kevert kategóriába soroltam:

– a folytonos anyagban találhatók a részecskék: *„a cukor „édeshatóanyaga” felolvadt a teában, a cukorból az az anyag is kioldódott, ami édessé teszi, a víz átvesz a cukor édesítőjét”, „kijöttek belőle az édesítő baktériumok”.*

– részecskék makroszkópos tulajdonságokkal: *„mert a részecskék térfogata nő a meleg hatására; az atomjai édes ízűek; a cukor elolvadt és a részecskéi édesek; atomjai a forró teában jól oldódnak; a cukor részecskéi folyékonyvá váltak, de nem szűntek meg”, „édes atomok vannak benne”.*

– a részecskeszemléletű válaszok megfogalmazásai ugyan nem mindig pontosak, de az oldódás tartalmi megértése tükröződik bennük: *„a gyorsan mozgó vízmolekulák felbontják a cukor kötéseit; a tea részecskéi kiszabadítják a kötésből a cukormolekulákat; a diffúciónak köszönhetően elkeveredik a teával; hiába látjuk eltűnni a cukrot, a részecskéi ott vannak, benne maradnak a teában; a cukor nedvesség hatására molekulákra bomlik...”*

Mennyiségi fogalmak megértése, anyagmegmaradás

A cukor oldódásával kapcsolatos kérdés részfeladatai között szerepelt néhány, amely az oldódás során bekövetkező mennyiségi változások leírását kérte a tanulóktól. A 2.2.3. alfejezetben és a gázok mennyiségével foglalkozó feladat kapcsán már többször szóba került, hogy milyen nehézségekkel jár a mennyiségi fogalmak kialakulása, és az oldatokkal kapcsolatos tapasztalataim megerősítették ilyen irányú várakozásaimat.

A kérdésre, hogy hogyan változik az oldat tömege, térfogata és a folyadékszint magassága, ha 100 gramm vízhez 10 gramm cukrot adunk, a fiatalabbak 18 százaléka, az idősebbek 34 százaléka válaszolt helyesen. A nehézségek általában két forrásból fakadtak. A 10-12 évesek egy része számára maga a térfogat kifejezés is értelmezhetetlen volt, vagy sejtelmek alapján használták. A másik gond a tömegmegmaradás figyelmen kívül hagyásából fakadt. Bár Slone és Bokhurst (1992) véleménye szerint a „nem-megmaradás” a négy-hat évesek 2/3-ára jellemző, és 12-13 éves korra teljesen eltűnik, az általam vizsgált 10-12 évesek 28 százaléka, és még a 13-

14 évesek 24 százaléka is változatlan tömeget várt az oldódás lejátszódása után, hiszen „*a cukor eltűnt*”, vagy „*a cukor elolvadt folyékony semmivé*”. (A „*semmivé oldódik*” kifejezéssel Lee és mtsai (1993) leírásaiban is találkozhatunk.). A mennyiségi fogalmak bizonytalanságát jelzi, hogy a növekedik, csökken és változatlan lehetőségek mindegyike előfordult mindhárom mennyiségi fogalom esetében és a legkülönbözőbb kombinációkban. Közülük nagyon sok belső ellentmondást is tartalmazott, mert ugyan térfogatállandóságot várt a tanuló, de közben a folyadékszint megemelkedését jósolta. A gyerekek egy része különbséget tett az oldódás folyamata közbeni állapot és a végeredmény között. Véleményük szerint, amíg tart az oldódás megemelkedik a folyadékszint, amikor eltűnt a cukor, visszaáll az eredetire. Egyesek csökkenő tömeget vártak állandó térfogat, és vagy csökkenő, vagy növekvő folyadékszint mellett. Feltehetően itt nem a flogisztonelemlethez kötődő negatív tömeg elképzeléssel van dolgunk (annál is inkább, mert az inkább gázokhoz kapcsolódott), hanem a mennyiségi fogalmak teljes kialakulatlanságáról, átfedéséről, amihez még társulnak az anyag szerkezetének és az anyagi változások megértésének nehézségei is.

Az oldódás, mint anyagi változás

Az anyagi változások helyes értelmezése feltételezi az előbbi fogalmak pontos ismeretét. Az oldódás gyermeki értelmezésének Piaget és Inhelder (1974) által felállított három lépcsős modellje az általunk vizsgált gyerekek körében is érvényesült. A nem-megmaradás a legfiatalabbakra jellemző, ahogyan az előző pontban már néhány példát is láttunk rá. A hetedik-nyolcadikosok inkább elfogadták a megmaradást, de a cukor eltűnésének ellentmondásos tapasztalatát mentési kísérletekkel próbálták oldani: „*megolvad és a sűrűlódás miatt folyékony cukor lesz*”, „*a cukor részecskéi folyékonyvá váltak, de nem szűntek meg*”. Jellemző a feladat megközelítési módja. A 10-12 évesek inkább tapasztalati szinten válaszoltak a kérdésekre, a 13-14 éveseknél az oldószer és az oldandó anyag kölcsönhatása kapott nagyobb hangsúlyt.

„*szétmegy a cukor, mert a víz beférkőzik*” (14 éves fiú)

„*a tea részecskéi darabonként lesúrolják a részecskéket*” (13 éves lány)

„*a diffúzió segít rajta*” (14 éves lány)

„*a víz egy bontó elem*” (12 éves lány)

„*a tea részecskéi széthordják az oldatot*” (14 éves lány)

„*a nedvességnek bomlasztó hatása van*” (14 éves lány)

„*ha nedvesség éri a szemcsét, nem vonzzák egymást és a cukorból az az anyag is kioldódott, ami édessé teszi*” (13 éves lány)

„a cukor feloldódik, lebomlanak a részecskéi és atomokká válnak, elszakadnak egymástól” (14 éves fiú)

„eloldódik, mert a víz részecskéi élénken mozognak, így ütik a cukrot, aki meg széthull” (13 éves fiú)

Jellemző az olvadás és oldódás fogalmának teljes keveredése. Akad, aki a cukor oldódását egyértelműen halmazállapot-változásként értékeli:

„megolvad, mert a hőmérséklet meghaladja a cukor olvadáspontját” (14 éves fiú)

„elolvad, azért olvad el, mert a forróság miatt nem bírja a cukor” (12 éves lány)

Egyesek szinonimaként használják a két fogalmat, ahogyan ezt Ebenezer és Erickson (1996) is megállapította:

„elolvad, mert a teában lévő víz feloldja” (12 éves lány)

Mások már érzik, hogy két különböző folyamatról van szó, de még nem értik a különbség mibenlétét:

„ha meleg elolvad, hidegen csak szétmállik” (14 éves fiú)

„a cukor elolvad, folyékony lesz, majd feloldódik” (13 éves fiú)

Feladatlapokkal történő adatgyűjtés során a kiskamaszok közül kevesen adnak részletes, megformált válaszokat. Ha mégis, kaput nyitnak formálódó fogalmi rendszerük megismerése felé, mint ahogyan a következő példák szemléltetik:

A cukor *„megolvad a hő hatására”*. Azért érezzük édesnek a teát, *„mert a víz szétszórta a kockacukor molekuláit, ezért mindenhol megtalálható egy kicsi.” (13 éves fiú)*

A folyadékszint *„magasabb lesz, mert kell a cukor számára a hely. De az is lehet, hogy nem változik meg, mert ha a folyadék nagy atomokból épül fel, lukacsosan, akkor a cukor részecskéi kitöltik a szabad helyet.” (13 éves fiú)*

A tartalmi elemzés záró lépéseként megvizsgáltam, hogy van-e kapcsolat bizonyos területekhez kötődő tévképzetek előfordulása között. Feltételeztem, hogy bizonyos típusú tévképzetek nagyobb valószínűséggel fordulnak elő együtt, mint másokkal. Az ötödikesek esetében, feltehetően a témához kötődő nagyon hiányos tárgyi tudás miatt semmilyen kapcsolat nem mutatkozott (11. melléklet). A hetedik-nyolcadik osztályosok közül, ha valaki a fecskendőben lévő levegő mennyiségi viszonyaival kapcsolatban tévképzettel rendelkezett, nagyobb valószínűséggel kapcsolta össze a felfújt és a leeresztett kerékpárgumi problémáját a légzési gázokkal. Ugyanígy, ha a papír égése magyarázatának hátterében gyermektudományra utaló jelek mutatkoztak, gyakoribb volt az oldódás mennyiségi viszonyainak

megértésével, valamint a levegő anyagként való elfogadásával kapcsolatos tévképzet (12. melléklet).

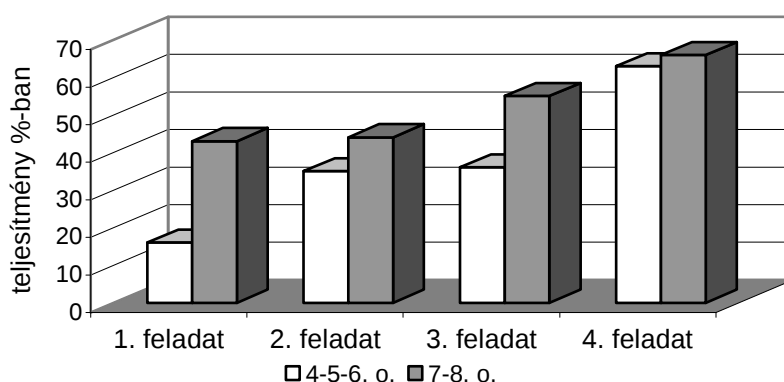
3.2.4.2. Mennyiségi elemzés

A tartalmi elemzést mennyiségi elemzés követte. A feladatlap kérdéseit itemekre bontottam, és teljesítmény feladatlapként értékeltem (13. melléklet). A továbbiakban az „A” csoport adatainak részletes bemutatása következik.

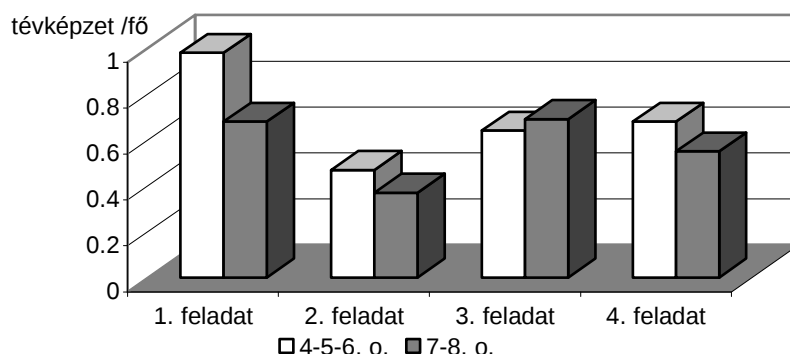
A 3.2.4.3. alfejezetben bemutatandó tudásszerkezetek összehasonlíthatósága érdekében a hetedik-nyolcadik osztályosok eredeti adatbázisát (1032 fő, ebből 504 „A” csoport) redukálnom kellett. Véletlen mintavétellel alakítottam ki azt a 142 fős csoportot, amellyel a további elemzéseket elkészítettem.

Várakozásaimnak megfelelően a negyedik–ötödik-hatodik osztályosok teljesítménye (4,7 pont, 34 százalék) alatta maradt a hetedik-nyolcadik osztályosokénak (6,2 pont, 44 százalék), (megoldás és pontozási feltételek a 7. mellékletben). Az életkor és a feladatlapon elért pontszám között közepes erősségű, szignifikáns pozitív összefüggést találtam ($r = 0,335$, $p = 0,01$), míg a teljesítmény és a tévképzetek száma között erős negatív kapcsolat mutatkozik ($r = -0,421$, $p = 0,01$). A lányokra árnyalatnyival nagyobb, de statisztikai szempontból nem jelentősen nagyobb valószínűséggel jellemző a tévképzetek jelenléte, mint a fiúkra. Feltételezéseim szerint a tapasztalt csekély eltérés hátterében az állhat, hogy a fiúk nagyvonalúbban kezelték a kérdéseket, gyakrabban hallgattak a józan belátásukra, némelyeknek egyszerűen „nem volt kedve” túl sokat magyarázkodni. Ezzel szemben a lányok több szempontot igyekeztek figyelembe venni, jobban támaszkodtak az iskolai tanulmányaikra, és a még formálódó, nem teljesen megalapozott tudásuk miatt sok esetben elbizonytalanították önmagukat. Bár a két korcsoport teljesítménye szignifikáns különbséget mutat ($t = -7,580$; $p = 0,000$), további, részletesebb statisztikai elemzéseket nem végeztem. A vizsgálataim elsősorban a kémiát már tanuló gyerekek előzetes tudásának megismerésére irányultak, a fiatalabbak kikérdezésével csak kiegészítő információk gyűjtése volt a célom. Az idősebbek számára összeállított feladatlap nem nyújthat reális képet a fiatalabbak fogalmi fejlettségéről, ugyanakkor hasznos adalékul szolgálhat a tanulási utak jellegének megértéséhez. A további mennyiségi elemzések elsődleges célja az volt, hogy összehasonlításokat tehessenek a másik két szinten (tartalmi, tudásszerkezet) végzett elemzések eredményei és a mennyiségi adatok tendenciái között.

A hetedik-nyolcadik osztályosok – ahogyan az várható is volt – minden feladatot sikeresebben oldottak meg, mint a fiatalabbak (25. ábra)



25. ábra: A két korcsoport feladatonként nyújtott teljesítménye százalékban kifejezve



26. ábra: Az egy tanulóra jutó tévképzetek feladatonként

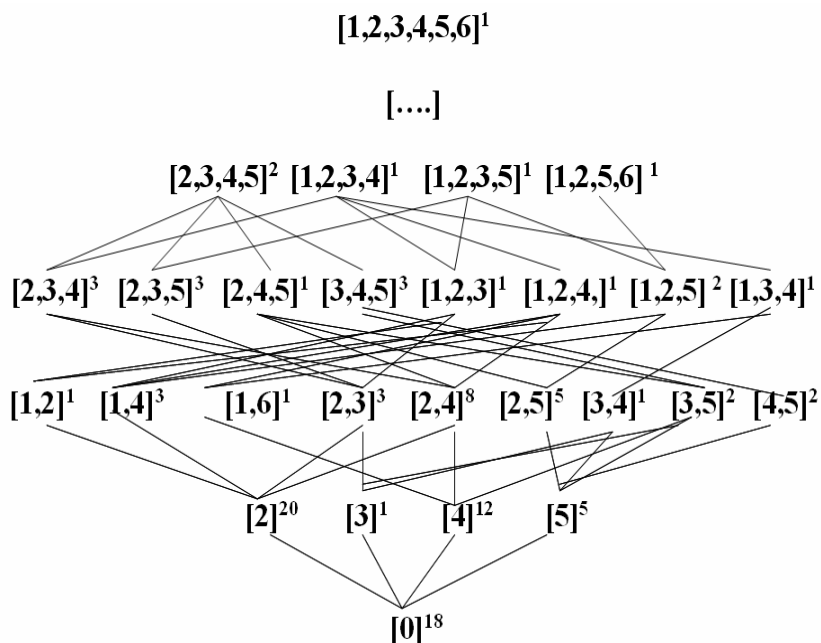
A legnagyobb különbség az első („fecskenő”) feladatban mutatkozott, feltehetően a mennyiségi fogalmak kialakulásának korábban már bemutatott nehézségei miatt. Legkevésbé a negyedik (kerékpárgumis feladat) feladat teljesítményei tértek el, és mindkét korosztály ebben a feladatban bizonyult a legsikeresebbnek. A gyerekek többsége már 10-12 éves korra elfogadja a levegő anyag voltát, a fennmaradó közel 40 százalék számára viszont úgy tűnik, a fogalmi váltás egy későbbi időpontban fog bekövetkezni. A 26. ábrán megfigyelhető, hogy általában azoknál a feladatoknál fordulnak elő gyakrabban tévképzetek, amelyek megoldásában kevésbé voltak sikeresek a tanulók. És hogy melyik feladat nehéz egy gyerek számára? Az, amelyre nincs kész, előhúzható válasza, vagy olyan kevés és rosszul szervezett ismerettel rendelkezik a kérdéssel kapcsolatban, ami nem elegendő a sikeres feladatmegoldáshoz.

3.2.4.3. Tudásszerkezet

A tudásszerkezet-elemzéshez első lépésként a válaszokat dichotóm változókká alakítottam. A helyes válaszok 1, a helytelenek 0 értéket kaptak. Mivel minden feladat maga is összetett volt, olyan értékelést kellett kialakítani, ami viszonylag egyszerű, könnyen kezelhető tudásállapotokat eredményez. Eredetileg, a mennyiségi értékelés során a négy feladatot összesen 14 itemre bontottam. Ilyen sok egység azonban nagyon nehézkesen kezelhető a tudásszerkezet-elemzés során, ezért új csoportokat képeztem úgy, hogy minden tanuló egy hat elemből álló tudásállapottal jellemezhető legyen. Az egyes feladatokon elért csoportátlaghoz viszonyítottam a tanulók teljesítményét. Ha a tanuló pontszáma átlagos, vagy átlag feletti volt, a változó értéke 1, ha átlag alatti, 0. Ily módon megkaptam minden tanuló adott feladatokra vonatkozó tudásállapotának első négy elemét. Az ötödik és a hatodik elem kialakításában a tanulók anyagfelfogását vettem alapul. Ha képes volt a cukor oldódásának részecskeszemléletű magyarázatát adni, a hozzárendelt változó értéke 1, ha folytonos, vagy makroszintű magyarázatokkal szolgált: 0. Hasonlóan értékeltem a fecskendőben lévő levegő ábrázolását is: részecskeszintű megjelenítés: 1, folytonosként történő ábrázolás: 0 pont (7. melléklet). Az elemzéseket a továbbiakban a 3.1.3.4. alfejezetben leírtak szerint végeztem.

A negyedik-ötödik-hatodik évfolyam tudásszerkezete

Egy hat változóból álló feladatsor esetén elméletileg $2^6 = 64$ tudásállapot fordulhat elő: a vizsgált 104 fős tanulócsoportunkban az elméleti várakozással ellentétben mindössze 27 tudásállapot jelent meg a válaszszerkezetben a következő megoszlásban (27. ábra):



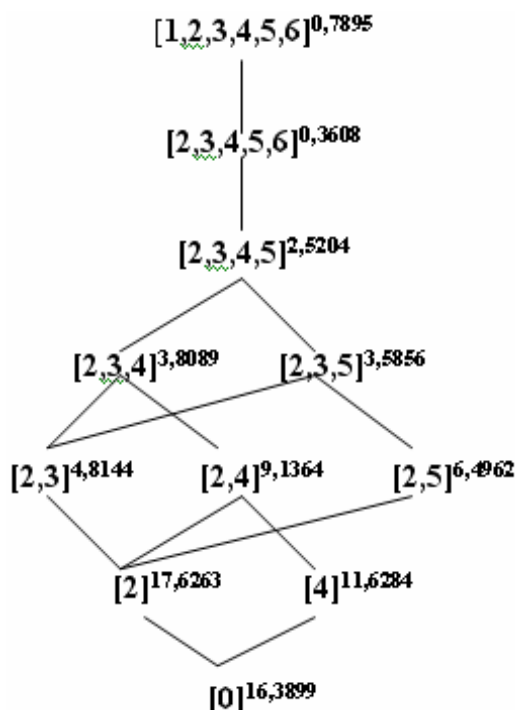
27. ábra: A negyedik-ötödik-hatodik évfolyamos tanulók válaszszerkezete

A legszembetűnőbb a válaszszerkezet aszimmetriája. Az alsóbb szinteken, tehát ahol a gyerekek nulla, egy vagy két feladatot oldottak meg helyesen népszerűbb tudásállapotokat találunk. 18 tanuló például egyetlen kérdésre sem adott helyes választ [0], 20 csak a második, a papír égésével kapcsolatos feladatot oldotta meg helyesen [2], 12 a kerékpárgumira vonatkozó kérdést [4]. Nyolc válaszadó mindkét előbbi kérdésre tudta a helyes választ [2,4], sőt három olyan tanuló is volt, aki emellett a cukor oldódásának mennyiségi viszonyait is jól értelmezte [2,3,4]. Alig van három, vagy annál több feladatot megoldó tanuló ebben a korosztályban, az öt helyes választ jelentő tudásállapotok pedig teljesen hiányoznak. Mindez természetesen érthető, ha figyelembe vesszük, hogy a feladatlap eredetileg a hetedik-nyolcadik osztályosok számára készült. A fiatalabb gyerekek magyarázataikat valóban csak a fizika, kémia tanításától mentes előzetes tudásukra, tapasztalataikra építhették. Ezzel kapcsolatos várakozásaimat a statisztikai elemzések is alátámasztották. A vizsgált jelenségek közül az égés alapszintű értelmezése tűnik a legegyszerűbbnek: a gyerekek fele (54 fő) vagy kizárólagosan, vagy más feladatokkal együtt képes volt a jelenségre elfogadható magyarázatot adni. A válasz elfogadásához elegendő volt azt tudniuk, hogy a nyílt térben elégetett papír tömege csökken az eltávozott gázok és füst miatt. Az égés jelenségéhez egészen korai tapasztalatok, személyes élmények kötődnek, a mindennapok során számos példájával találkozunk már kémiai tanulmányaink megkezdése előtt. Az alapvető

értelmezéséhez szükséges fogalmak egészen korán megjelennek a fogalmi rendszerünkben, és mint ilyenek, sok kapcsolattal rendelkező, jól beágyazódott egységként szerepelnek. Ehhez kapcsolódóan azonban a tömegmegmaradás elfogadása és pontos megértése több esetben nehézségbe ütközik, hiszen ehhez a fogalmi fejlődésnek olyan szintjén kell lenni, hogy elfogadjuk a színtelen gázok létezését és tömeget is rendeljünk hozzá (Novick és Nussbaum, 1981; Andersson, 1986; Furio Mas, Perez és Harris, 1989; Stavy, 1988, 1990.).

A másik, viszonylag sikeresen megoldott feladat a leeresztett kerékpárgumihoz kapcsolódó negyedik kérdés volt (38 fő). A tartalmi elemzésekkel és a tévképzet gyakoriságokkal összhangban a tudásszerkezet alapján is a mennyiségi összefüggésekre irányuló kérdések bizonyultak a legnehezebbnek: A fecskendőben összenyomott levegő tömeg- és térfogatváltozását firtató kérdésre a csoport nagyon alacsony, 0,63 pontos (16 százalékos) átlagteljesítményt nyújtott az elérhető négy ponttal szemben. A nehézségek lehetséges okairól már szóltam. A cukor oldódásával kapcsolatos harmadik feladtnál a mennyiségi összefüggésekkel kapcsolatban hasonló tapasztalataim voltak: átlagosan 2,15 pontot szereztek az elérhető négyből, ami 36 százalékos eredményt jelent. Az ötös számú tudáselem 27 tanulónál fordul elő, ők azok, akik bármilyen egyszerű szinten, és gyermeki szóhasználattal, de képesek voltak közelítően részecskeszemléletű magyarázatot adni a cukor oldódására. A tudásszerkezetben mindössze 3 tanulónál találjuk meg a hatodik tudáselemet, a fecskendőben lévő levegő ábrázolásának képességét. Ez bizonyult tehát a legnehezebb feladatnak.

A fenti módon elkészített válaszszerkezet alapján meghatározhatjuk a tanulócsoporthoz jellemző tudásszerkezetét. (28. ábra). Az ábrából megállapítható, hogy az eredeti válaszszerkezethez képest egy leegyszerűsödött, kevés tudásállapotot tartalmazó tudásszerkezetet kaptunk, ami azt jelenti, hogy a vizsgált jelenségek megértésének tekintetében a tanulócsoporthoz meglehetősen egységes, vagyis a gyerekek többsége hasonló előismeretekkel és előzetes tapasztalatokkal rendelkezik és a megértésnek, a fogalmi fejlődésnek hasonló szintjén tartózkodik.



28. ábra: A negyedik-ötödik-hatodik évfolyamos tanulók jellemző tudásszerkezete ($\chi^2 = 4,684$, sz.f.=37, $p < 0,005$)

A jellemző tanulási út

A 3.1.3.4. alfejezetben bemutatott módszerek segítségével megállapítottam a 4-5-6. osztályos csoportra jellemző tanulási utat:

$$[2] \rightarrow [4] \rightarrow [3] \rightarrow [5] \rightarrow [6] \rightarrow [1]$$

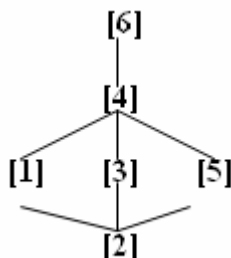
Ahogy az előzetes értékelések, a feladatok sikeres, vagy sikertelen voltának megállapítása alapján várható volt, a második, a papír égésével kapcsolatos feladat és a negyedik, a felfújt és leeresztett kerékpárgumira vonatkozó kérdések vannak a tanulási út elején. Ezek a problémák a csoport többsége számára a feltett kérdések szintjén könnyen megválaszolhatóak voltak, elegendő előzetes ismerettel és hozzájuk kapcsolódóan biztos fogalmakkal rendelkeznek a gyerekek. Nehezebb a cukor oldódásának mennyiségi viszonyait értelmezni (harmadik feladat), majd rögtön ezután következik magának a folyamatnak a részecskeszintű megértése (ötödik feladat). Érdekes, hogy ez a tudáselem megelőzi az elsőt, a gázok mennyiségével kapcsolatos kérdést, hiszen azt várhatnánk, hogy az anyagfelfogásra és a mennyiségekre vonatkozó hasonló feladatok sikeressége is hasonló, és követik egymást a tanulási útban. Az, hogy ez nem így történt,

talán azzal magyarázható, hogy a cukor oldódása sokkal könnyebben felidézhető, hétköznapi tapasztalatokhoz is köthető jelenség. A gyerekek többsége biztosan megfigyelte már a teába tett cukor oldódását, elkeveredését a teával, látta a teában kavargó kristálycukor szemcséket. Az, hogy a gyerekek tudáselemei, fogalmai mennyire kontextusfüggőek, ebből a példából is látszik. Nyilvánvalóan, amikor egy negyedik osztályos gyerek válaszában cukor részecskéket említ, nem ugyanazt érti alatta, mint a kémiában jártasabbak. Számukra a részecskék nem atomokat, molekulákat, ionokat jelentenek, hanem kisebb cukordarabkákat. Mivel a gázok esetében semmiféle látható nyoma nincs a részecskék jelenlétének, mind tömegüket, mind részecske voltukat nagyon nehéz elképzelni, megérteni és elfogadni. Valószínűleg ezért került a levegőre vonatkozó első és hatodik kérdés a tanulási út végére.

A tanulási út ismerete hasznos lehet a fogalmak egymásra épülése és az ismeretek hatékony tanításának sorrendje tekintetében.

A kritikus feladat

A szakértői hierarchia (29. ábra) és az empirikus tudásszerkezet összevetéséből meghatároztam a kritikus feladatot (4. táblázat)



29. ábra: Szakértői hierarchia

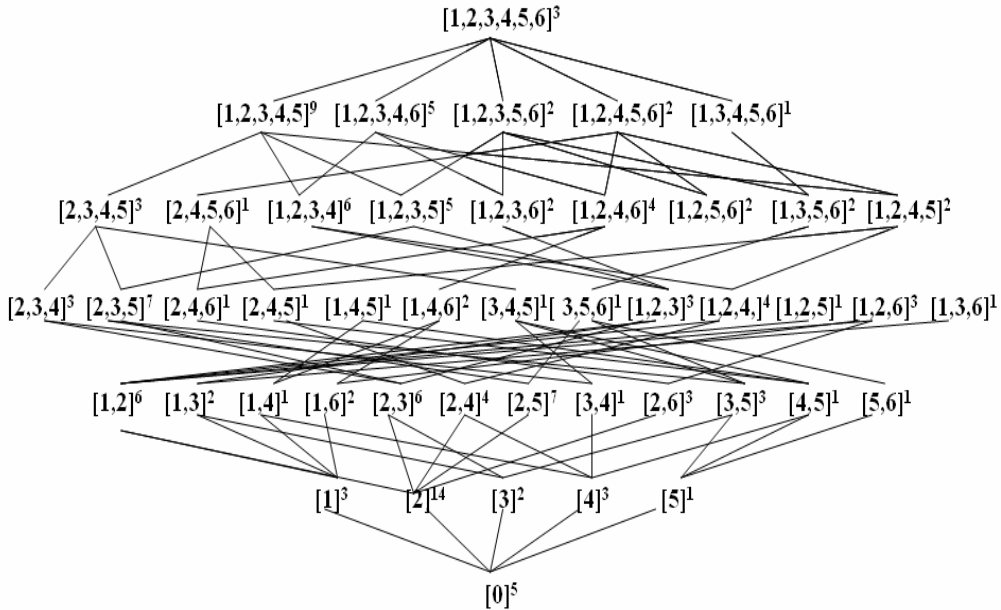
Tanulásszervezési szempontból ez azért fontos információ, mert ismeretében annak a tudáselemnek a tárgyalásával folytathatjuk a tanítást, amelynek befogadására a csoport tagjai legnagyobb arányban felkészültek. Ahogyan a 4. táblázatból is kitűnik, ebben az esetben nehéz határozottan egyetlen feladatról kijelenteni, hogy az lenne a kritikus feladat. Alig különbözik az első és az ötödik feladatokhoz tartozó tanulói arány a harmadikétól, azt azonban egyértelműen kijelenthetjük, hogy főlegesen volna például a négyes feladattal folytatni a tanulást, hiszen azt már most is nagyon sokan sikeresen oldották meg,

4. táblázat: Az egyes feladatok sikeres megoldásához szükséges új ismeretek befogadására felkészült tanulók részaránya a teljes tanulócsoporthoz viszonyítva (Kiemelve a kritikus feladathoz tartozó arány).

	1. feladat	2. feladat	3. feladat	4. feladat	5. feladat	6. feladat
Populáció nagyság	48%	30%	50%	3%	44%	1%

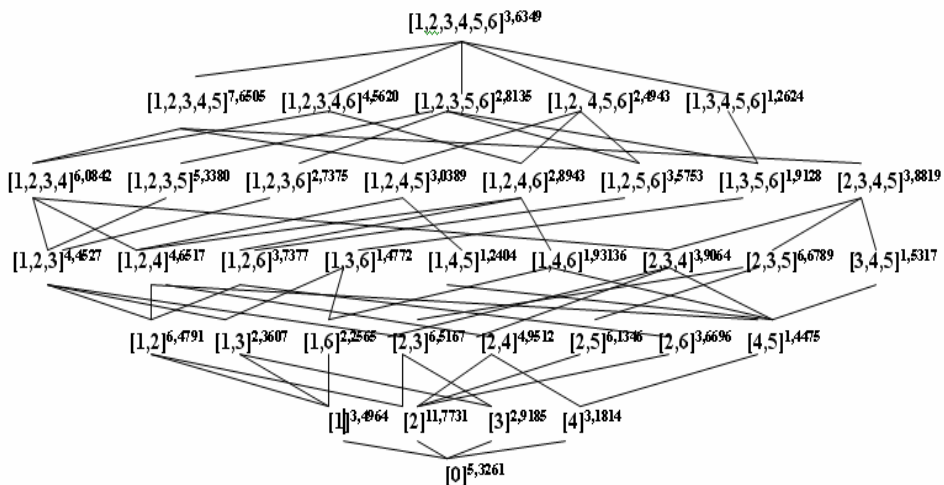
A hetedik-nyolcadik évfolyam tudásszerkezete

A hetedik és nyolcadik osztályosok az előbbieken ismertetett feladatlapot oldották meg és az eredményeket a fiatalabb évfolyamokéhoz hasonlóan elemeztem. A tanulócsoport válaszszerkezete a fiatalabb korosztályéhoz hasonló aszimmetriát mutat (30. ábra), ugyanakkor az ábra szinte komplementere az előbbinek. Ebben az esetben az alsóbb tudásállapotok szinte üresek, ugyanakkor a felsőbb tudásállapotok sokkal népszerűbbek, vagyis sok olyan tanuló van, aki három, négy, vagy annál több feladatot is sikeresen megoldott. A változás több tényezővel magyarázható. A hetedik–nyolcadikosok számára testhezállóbbak voltak a kérdések, hiszen eredetileg ennek a korosztálynak készült a feladatlap. A természetes érés segítette a fogalmi fejlődést, és időközben megkezdték a fizika és kémia tantárgyak diszciplínaszerű tanulását is. A több ismeret, szélesebb körű tapasztalat nemcsak a szignifikánsan jobb teljesítményben mutatkozott meg, hanem az árnyaltabb magyarázatokban és a tudásállapotok nagyobb variációjában is (46 válaszkombináció, vagyis 46 különböző tudásállapot).



30. ábra: A hetedik – nyolcadik évfolyamos tanulók választásterkezete

A korábbiakban bemutatott algoritmus szerint készítettem el a tanulócsoporthat 31. ábrán látható jellemző tudásszerkezetét. Az eredeti választásterkezethez képest némileg egyszerűbb ábrát kaptam, de így is rendkívül diffúz képet mutat. Lefordítva ez azt jelenti, hogy a gyerekek nagyon változatos tudásállapotokon helyezkednek el, nagyon sokan, sokféléltudnak, sok a bizonytalan, éppen most alakuló fogalom.



31. ábra: A hetedik – nyolcadik évfolyamos tanulók jellemző tudásszerkezete ($\chi^2 = 4,629$, sz.f. = 47, $p < 0,005$).

Jellemző tanulási út

A tanulócsoporthoz jellemző tudásszerkezete alapján meghatároztam a csoport jellemző tanulási útját, ami a következőnek adódott:

[2] → [3] → [5] → [1] → [4] → [6]

Nem meglepő, hogy a negyedik-ötödik-hatodik évfolyamhoz hasonlóan itt is a papír égésével kapcsolatos feladat került az első helyre, hiszen az ennek megoldásához szükséges ismeretekkel már a kicsik is rendelkeztek, nyilvánvalóan ez a tudásuk nem múlik el hetedikes korukra.

A kisebbek tanulási útjának második lépcsőjét a negyedik feladat („Mi van a leeresztett kerékpárgumiban?”) foglalta el. A nagyoknál ez a tudáselem látványosan hátra szorult. A magyarázat egyszerű. Természetesen nem arról van szó, hogy negyedikes gyerekek okosabbak, tájékozottabbak lennének, és hetedik-nyolcadikra visszafelé fejlődőnének. Itt is az „út közben” állapot hatása érződik. Már sokkal több ismeretük van, mint fiatalabb korukban, igyekeznek tudományosan fogalmazni, az éppen elsajátított szakkifejezéseket használni, de még nincs minden a helyén. Nagyon sokan említenek olyan gázokat, amelyek a kicsik válaszaiban nem fordulnak elő, például a nitrogént és a hidrogént, és megnő a légzéssel kapcsolatos párhuzamok, és így a hibás válaszok száma.

A többi tudáselem sorrendje (a negyedik hátraugrását leszámítva) változatlan. A cukor oldódásának mennyiségi viszonyai és részecskeszemléletű értelmezése érzékelhetően könnyebb feladatnak bizonyult, ami érthető is, ha figyelembe vesszük, hogy a vizsgálat idején már a hetedikesek is túl voltak az oldódás témakörének tárgyalásán. Mivel az anyaggal kapcsolatos információkhoz 14 éves kor alatt elsősorban érzékelés útján jutnak a gyerekek, mint ahogy arról már szó esett, még ebben a korban is nagy nehézséget jelent a gázok viselkedésének megértése (Stavy, 1988). Érthetőek tehát a hetedik-nyolcadikosok gázokkal kapcsolatos nehézségei. Esetükben a gázokkal kapcsolatos három kérdés zárja a sort. Ezen belül is a fecskendőbe zárt levegő ábrázolása bizonyult a legnehezebb feladatnak, a mennyiségi és a tartalmi elemzés eredményeivel összhangban.

A kritikus feladat

A tanulói válaszok és a szakértői hierarchia összevetéséből itt is megvizsgáltam, hogy a gyerekek milyen arányban vannak felkészülve az egyes tudáselemek befogadására, majd ez alapján meghatároztam a kritikus feladatot. (3.5. táblázat)

5. táblázat: Az egyes feladatok sikeres megoldásához szükséges új ismeretek befogadására felkészült tanulók részaránya a teljes tanulócsoporthoz viszonyítva (Kiemelve a kritikus feladathoz tartozó arány).

	1. feladat	2. feladat	3. feladat	4. feladat	5. feladat	6. feladat
Populáció nagyság	39%	8%	38%	8%	36%	12%

A nagyok esetében is három feladat bizonyult kritikus feladatnak (ugyanaz a három, mint a fiatalabbaknál): az első, a gázok tulajdonságaival és mennyiségi viszonyaival foglalkozó kérdés, a harmadik, oldatokkal kapcsolatos feladat valamint a gázok részecskeként való elképzelése témakör tárgyalása ígérezik célravezetőnek.

3.3. Az anyag szerkezetével, tulajdonságaival és az anyagi változásokkal kapcsolatos tévképzetek együttes előfordulásának vizsgálata

Az iskolakezdők és a felső tagozatosok körében végzett empirikus vizsgálat eredményei is azt sugallták, hogy a tanulási folyamat során megjelenő bizonyos típusú tévképzetek nem véletlenszerűen fordulnak elő, hanem bizonyos összefüggés lehet megjelenésük között. Feltételezésem szerint tehát, ha egy tanulónál tetten érhető valamely tévképzet, várhatóan bizonyos más tévképzetek is nagyobb valószínűséggel fordulnak elő gondolkodásában. Az eddigi vizsgálataimban a gyerekek válaszaiból, mintegy a sorok között olvasva kellett a tévképzet esetleges jelenlétére következtetnem. A most bemutatandó mérésben eldöntendő kérdések formájában „kész” tévképzetekkel szembesítettem a tanulókat.

3.3.1. A vizsgálat körülményei

A vizsgálatot 2007 tavaszán végeztem három budapesti általános iskola és egy gimnázium 247 hetedik-nyolcadikos tanulója részvételével. Annak érdekében, hogy a változások lehetséges irányairól is tájékozódjam, kiegészítő méréseket végeztem kis létszámú ötödikes (22 fő), tizedikes (12 fő) és felnőtt (19 fő) csoportokkal is. A felnőttek nem kémia szakos általános iskolai tanárok voltak, hárman közülük egyetemi végzettséggel, a többiek főiskolai diplomával rendelkeztek.

3.3.2. A mérőeszköz és az elemzés módszerei

A 2. kérdőív (8., 9. melléklet) összesen 36 állítást tartalmazott. A válaszadásra felkínált mondatok között szerepelt ugyan néhány valós állítás,

de többségükben olyan tévképzeteket tartalmaztak, amelyeket részben saját megfigyeléseimből, nagyobb részt irodalmi adatok közül válogattam (14. melléklet). A válaszadóknak el kellett döntenüik, hogy egyetértenek az állítással, vagy tévesnek gondolják.

Az elemzés az előbbi két méréshez hasonlóan most is három szinten zajlott, tartalmi, mennyiségi és strukturális elemzést végeztem.

A tudásszerkezet-elemzés az adatok célszerű csoportosítását és új változók bevezetését igényelte. A feladatlapon szereplő 36 kérdésből tartalmi összefüggéseik alapján hat csoportot képeztem:

- A. Halmazállapot-változások: 2, 9, 16, 17, 18, 19, 23, 24, 29
- B. Oldódás, oldatok: 7, 8, 20, 21, 22
- C. Szilárd anyagok szerkezete és tulajdonságai: 15, 28, 30, 31, 32, 33, 35
- D. Folyadékok szerkezete és tulajdonságai, a víz: 11, 13, 14, 15, 35
- E. Gázok tulajdonságai, a levegő: 1, 25, 26, 27, 34
- F. Anyagi részecskék: 3, 4, 6, 10, 12, 14, 36

Az egyes témakörökben elért pontszámokat bináris kódokká alakítottam, oly módon, hogy a csoport adott feladatban elért átlag pontszámánál nagyobb 1, annál kisebb 0 értéket kapott (a részletes kódolási feltételeket a 15. melléklet tartalmazza). Így minden tanulónál egy hat elemből álló tudásállapotot határoztam meg, amelyben az 1. helyen a halmazállapot-változások megértésére kapott 0, vagy 1 pont szerepelt, a második helyen az oldódásra vonatkozó adatok és így tovább. A [011111] tudásállapot például azt jelenti, hogy ez a tanuló a halmazállapot-változásokkal kapcsolatban kevesebb pontot ért el, mint a csoport átlaga, vagyis több tévképzete volt, de minden más kérdésben a csoport szintjének megfelelően, vagy annál jobban teljesített. Az elemzés a továbbiakban a 3.1.3. alfejezetben leírtak szerint történt.

3.3.3. Eredmények

Mennyiségi elemzés

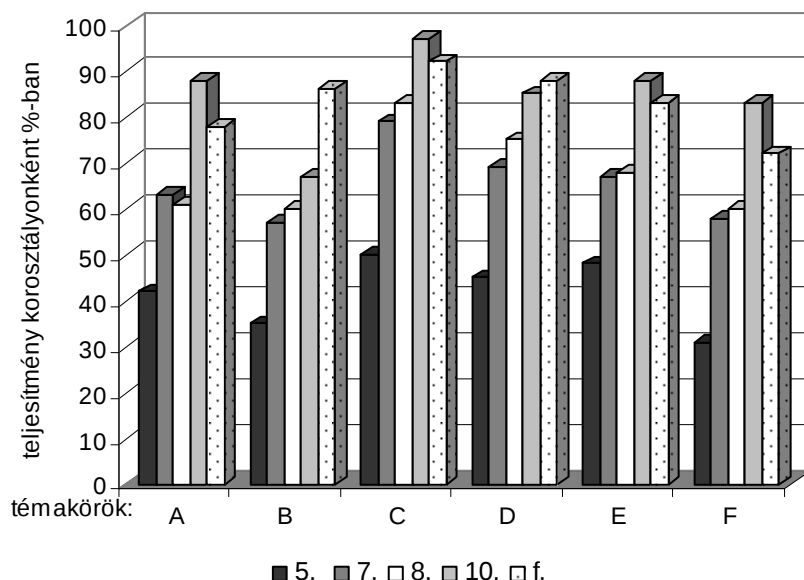
A minta statisztikai jellemzői és a feladatlapon elért eredmények a 6. táblázatban olvashatók.

6. táblázat. A minta statisztikai jellemzői és a feladatlapon nyújtott teljesítmény

	5. osztály	7. osztály	8. osztály	10. osztály	felnőtt
Mintanagyság (fő)	22	150	97	12	19
Fiú/férfi	8	55	48	7	5
Lány/nő	14	95	49	5	14
Feladatlapon elért pontszám átlaga	14	23	24	30	30
A teljesítmény %-ban	39	64	67	83	83

Ahogy a táblázatból is látható, a kémiai tanulmányok megkezdésével és előrehaladtával a feladatlapon nyújtott teljesítmény egyre jobb, ami a tévképzetek számának csökkenését jelenti (az évfolyam és a teljesítmény közötti korrelációs együttható $r = 0,358$; $p = 0,01$). A szervezett kémiaoktatás befejeződése után a tévképzetek száma a 16 évesek szintjén állandósulni látszik, legalábbis az általam vizsgált kis létszámú felnőtt csoport esetében. A csoportok teljesítménye páronként különbözött, a hetedik - nyolcadik osztály kivételével, ahol a nyolcadikosok ugyan jobb eredményt értek el, de az életkor és a kémia tanulmányok szintjében mutatkozó hasonlóság miatt statisztikai értelemben nincs különbség a két csoport között. Statisztikai szempontból azonos a felnőtt és a tizedikes csoport teljesítménye is, ahogy az várható is az azonos pontszámuk alapján (16. melléklet)

Teljes az egyetértés a korosztályok között a feladatok nehézségét illetően. Mindenki a szilárd anyagok és a folyadékok szerkezetével és tulajdonságaival van leginkább tisztában, és legkevésbé az anyagi részecskék tisztázottak (32. ábra).



32. ábra: Az egyes témakörökben nyújtott teljesítmények korosztályonként (A: halmazállapot-változások, B: oldódás, oldatok, C: szilárd halmazállapot, D: folyadék halmazállapot és a víz, E: légnemű halmazállapot és levegő, F: az anyag részecskéi)

A kémiát már és még tanulók körében összehasonlításokat végeztem a tévképzetgyakoriságok és bizonyos háttérváltozók összefüggése tekintetében. A fizika attitűd, a kémia attitűd és a kémiával kapcsolatos továbbtanulási tervek, valamint a feladatlapon elért pontszám között általában nem találtam kapcsolatot (7. táblázat). Két kivétel volt mindössze: a kémiát tanulók teljes csoportjában a fizikát kedvelők kevesebb tévképzettel rendelkeztek a vizsgált témakörökben, mint a fizikát nem kedvelők, illetve a hetedikesek kémiát kedvelő részére volt igaz ugyanez az összefüggés (a táblázat vastagon szedett értékei). A fiúk és lányok között ezen összefüggések tekintetében nem mutatkozott különbség (a részletes adatok a 17. mellékletben láthatók).

7. táblázat. Kimutatható-e kapcsolat a tévképzetek és a vizsgált háttérváltozók között?

A feladatlapon elért eredmény	Kémiát tanulók (259 fő)	7. osztály	8. osztály	10. osztály
Fizika attitűd	+	-	-	-
Kémia attitűd	-	+	-	-
Kémiával kapcsolatos tervek	-	-	-	-
Nem	-	-	-	-

A feladatlapon elért eredmény és a fizika, valamint kémia jegyek között a 10. osztályosok kivételével minden esetben közepes, vagy erős pozitív korrelációt tapasztaltam (8. táblázat). A tizedikeseknél jelentkező eltérés vélhető oka a kis elemszám (12 tanuló). A feladatlapon elért eredmény a 7. és a 8. évfolyamon is erősebb összefüggést mutatott a fizika-, mint a kémiajeggyel. A feltett kérdésekkel kapcsolatban tehát azok mutattak kevesebb tévképzetet, akik fizikaórákon sikeresebbek, és bár más vizsgálatok szerint (Csapó, 2002a) az iskolában kapott jegyek alig tükrözik a tényleges tudást, a fizikajegyek legalább a tévképzetek előfordulási valószínűsége tekintetében támpontul szolgálhatnak

8. táblázat. A 2. feladatlapon nyújtott teljesítmény és a fizika és kémia osztályzatok összefüggései.

A feladatlapon elért eredmény	Kémiát tanulók (259 fő)	7. osztály	8. osztály	10. osztály
Fizikajegy	r = 0,494 p = 0,000	r = 0,514 p = 0,000	r = 0,525 p = 0,000	r = 0,418 p = 0,177
Korreláció megléte és erőssége	szoros	szoros	szoros	nincs
Kémiajegy	r = 0,374 p = 0,000	r = 0,457 p = 0,000	r = 0,334 p = 0,001	r = 0,142 p = 0,659
Korreláció megléte és erőssége	közepes	szoros	közepes	nincs

Tartalmi elemzés

A feladatlap kérdései olyan mindennapi tapasztalatokra vonatkoztak, amelyekben szereplő fogalmak a kémia bevezető kurzusainak anyagaihoz, tehát elsősorban az általános iskolás kémia tananyaghoz kapcsolódtak. Az anyagszerkezetre és az anyagi változások megértésére irányuló kérdések csoportosítását a 3.3.2 alfejezetben mutatom be.

A válaszok előfordulási gyakorisága tág határok között változott (18. melléklet). A leggyakoribb tévképzet (a teljes minta 84%-ára jellemző), hogy a hideg levegő megfagyasztja a vizet. A legkisebb gyakoriságú az a hiedelem, hogy a cukor nem szilárd anyag, mert eltűnik a vízben. A megkérdezettek 9,2 százaléka gondolta így, összesen 27-en a 300 főből, jellemzően inkább az ötödikesek. A tíz leggyakoribb tévképzet a következő:

1. 24. A hideg levegő megfagyasztja a vizet (84%) – **A**
2. 1. A levegőt alkotó molekulák között gázok vannak (77%) – **E**
3. 21. A cukor elolvad az oldatban (74%) – **B**
4. 17. Az anyagok víztartalma elősegíti az olvadásukat (65%) – **A**

5. 3. Az atomok és a molekulák mikroszkóppal láthatók (57%) – **F**
6. 6. A molekulák képesek felmelegedni és kiterjedni (56%) – **F**
7. 19. Valamilyen anyag keletkezik lecsapódáskor, mert láthatóvá válik (56%) – **A**
8. 14. A víz folyékony, mert molekulákból áll (44%) – **D, F**
9. 7. A cukor eltűnik az oldatban (42%) – **B**
10. 30. A molekulák a gázokban és a folyadékokban mozognak, de a szilárd anyagokban nem (39%) – **C**

A tévképzetgyakoriságok után vastagon szedve feltüntettem az előbbieken (3.3.2. alfejezet) meghatározott témakörök betűjelét. Egyik sem kitüntetett, a kémia általam vizsgált területeinek mindegyikével kapcsolatban számos tévképzettel rendelkeznek a gyerekek. Még a tizedik helyre került tévképzet is a megkérdezettek közel 40 százalékánál fordult elő. A nagy változatosság arra utal, hogy a gyerekek formálódó ismeretei még nem alkotnak egy jól szervezett hierarchikus rendszert, legalábbis a szaktudományok klasszikus felfogását tekintve, hanem tudásuk fragmentált tudáselemekből szerveződik. Ha bármely vizsgált témakörrel kapcsolatos tévképzetek együttes előfordulását páronként megvizsgáljuk, a teljes mintára nézve minden esetben legalább közepes erősségű kapcsolatot találunk, tehát, ha az egyik témakörben tévképzetre utaló válaszok tűntek fel, várhatóan a többiben is előfordultak ilyenek.

Azt, hogy a tudáselemek egymásra épülése és a tudásszerkezet kialakulásának kezdeti lépései éppen ebben az időszakban zajlanak, az jelzi, hogy bizonyos tévképzetek kapcsoltsága erősebb, mint másoké, vagyis gyakrabban fordulnak elő együtt, mint másokkal (9. táblázat, a normál betűk közepes, a vastagon szedettek szoros kapcsolatot jelölnek)

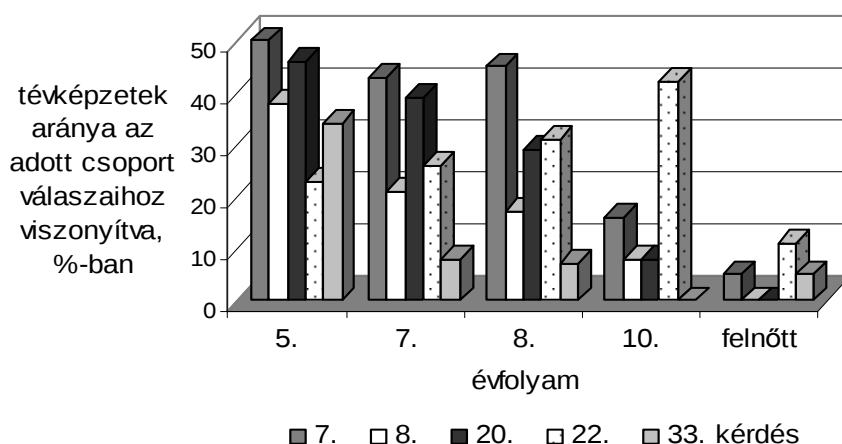
9. táblázat. A tévképzetcsoportok együttes előfordulása csoportonként

Tévképzetek témakörei	Tanuló-csoportok
Halmazállapot-változás és oldódás, oldatok (A-B)	7. 8
Halmazállapot-változás és szilárd anyagok szerkezete és tulajdonságai (A-C)	7. 8.
Halmazállapot – változás és folyadékok szerkezete és tulajdonságai (A-D)	7. 8. felnőtt
Halmazállapot-változás és gázok tulajdonságai, levegő (A-E)	7.
Halmazállapot-változás és anyagi részecskék (A-F)	7.
Oldódás oldatok és szilárd anyagok szerkezete és tulajdonságai (B-C)	7.
Oldódás oldatok és folyadékok szerkezete és	7.

tulajdonságai (B-D)	
Oldódás oldatok és gázok tulajdonságai, levegő (B-E)	5. 8.
Oldódás oldatok és anyagi részecskék (B-F)	7. 8.
Szilárd anyagok szerkezete és tulajdonságai és folyadékok szerkezete és tulajdonságai (C-D)	7. 8. teljes minta
Szilárd anyagok szerkezete és tulajdonságai és gázok tulajdonságai, levegő (C-E)	7. 8.
Szilárd anyagok szerkezete és tulajdonságai és anyagi részecskék (C-F)	7.
Folyadékok szerkezete és tulajdonságai és gázok tulajdonságai, levegő (D-E)	7.
Folyadékok szerkezete és tulajdonságai és anyagi részecskék (D-F)	5. 8. 10.
Gázok tulajdonságai, levegő és anyagi részecskék (E-F)	7.

A szilárd anyagok szerkezetéhez és tulajdonságaihoz **(C)** és a folyadékok szerkezetéhez és tulajdonságaihoz **(D)** kötődő tévképzetek gyakran együtt járnak, a teljes mintán, és külön-külön a hetedik és nyolcadik évfolyamon is szoros kapcsolódás figyelhető meg előfordulásuk között. A legerősebb összefüggések az anyagi részecskék természete és a folyadékok tulajdonságainak megértése között mutatkoztak **(D, F)** valamennyi évfolyamon. Ez érthető is, hiszen az anyagfogalom fejlődése során a különböző halmazállapotú anyagok közül a folyadékok viselkedésének megértése a legnehezebb. A teljes tisztázásra nem is kerülhet addig sor, amíg az anyagi részecskék fogalma helyére nem kerül és a folytonos anyagmodellt képesek vagyunk a részecskemodellre cserélni, vagy legalábbis a részecskék létét, mint reális lehetőséget figyelembe venni.

A kognitív struktúra szervezettségi szintjét mutathatja, hogy az ugyanahhoz a témakörhöz kapcsolódó tévképzetek mennyire következetesen jelennek meg. Példaként az oldódással kapcsolatos kérdések közül a 7., 8., 20., 22. és 33. állításra adott válaszokban előforduló tévképzetek gyakoriságát hasonlítottam össze a különböző korcsoportok esetében (33. ábra). A várakozásaimnak megfelelően az ötödikeseknél fordult elő legtöbb tévképzet, az idősebbek növekvő megértést mutattak. Az ötödikesek és a felnőttek következetesnek bizonyultak, a feltett kérdésekhez kapcsolódóan egyformán sok, illetve egyformán kevés tévképzetük volt. A cukor eltűnik az oldatban hiedelem (7. kérdés) a nyolcadikosok kivételével általában párosult a só oldáskor való eltűnésével (20. kérdés). A cukor oldása során végül is vízzé válik állítás (8. kérdés) gyakorisága előbbiektől kissé elkülönül, feltehetően azért, mert az életkor előrehaladtával egyre többen értik meg az oldódás kémiai hátterét, de a helytelen szóhasználat még sokáig fennmarad.



33. ábra: Az oldódással kapcsolatos tévképzetek gyakorisága életkoronként

Az oldódás tömegváltozásaihoz és a tömegmegmaradáshoz kapcsolódó 22. kérdés a tévképzetek számának meglepő növekedését mutatja a 10. osztályig, azt sugallva, mintha a kémiai tanulmányok megkezdése és előrehaladása éppen ellenkező hatású lenne, mint kívánatos. A tévképzetek vizsgálatának ilyen jellegű tapasztalatai háttérben több tényező is állhat. Az egyik lehetséges magyarázat, hogy a tanulási folyamat olyan szakaszában érte a tanulókat a vizsgálat, amikor éppen az adott a fogalomhoz kapcsolódóan több, különböző fejlettségű modellel is rendelkeznek. A fogalmi fejlődés bizonyos állapotaira jellemző, hogy a problémahelyzettől függően hívják elő egyik, vagy másik egymás mellett élő modelljüket. Ahogyan a bővülő ismeretek gazdagítják a fogalmi hálót, és szorosabbra fűzik a fogalmak kapcsolódásait, egyes, korábban még alkalmasnak hitt elképzelések lecserélődnek, vagy csak háttérbe szorulnak, mások megerősödnek. Lehetséges, hogy a tizedikesek a természettudományos tanulmányaik olyan szakaszában vannak, vagy aktuálisan olyan feladatok foglalkoztatják őket, amelyek tendenciózusan ilyen típusválaszokat hívtak elő, vagyis az együtt élő modellek közül úgy tűnik, nem az adott probléma megoldásához legmegfelelőbbet választották ki. A tanulási folyamat végére a fogalmak a helyükre kerülnek, kialakul a jól szervezett hierarchia, mint ahogyan arra a felnőtt adatokból következtethetünk.

Bár a felnőtt csoport válaszai alapján nem tehetünk statisztikai szempontból általánosítható megállapításokat, az mégis sokatmondó, hogy, a megkérdezett felnőttek 80 százaléka azt a gyermektudományos álláspontot képviseli, hogy a levegőt alkotó molekulák között gázok vannak. A folytonos anyagmodellhez kötődő, makacsul fennmaradó tévképzet szerint az anyagokat ugyan részecskék építik fel, de a közöttük lévő teret egyéb

anyagok töltik ki. A másik, szintén gyakori tévképzet (a felnőttek 73 százaléka szerint), hogy a molekulák képesek felmelegedni és kiterjedni, vagyis bizonyos esetekben a részecskéknak makroszkópos tulajdonságokat tulajdonítanak. Ez a megfigyelés tehát megerősíti azt az állítást, hogy még felnőtt korra sem tisztázódnak teljesen a kémia vizsgálati területeit érintő anyagi szintek, sokan még ekkor sem tudják megkülönböztetni a jelenségek szubmikro- és makro-szintű értelmezését. Ugyanakkor a felnőttek tájékozottságot mutattak a gázok tulajdonságaival kapcsolatban, hiszen szinte mindenki tudta, hogy a fecskendőben lévő levegő összenyomható, és hogy a gázok tömeggel rendelkeznek, az üres palackot levegő tölti ki, valamint, hogy összenyomás után nem változik a gázok tömege.

A tudásszerkezet-elemzés eredményei

A kérdőív 36 kérdésének külön-külön figyelembe vétele a tudásszerkezetben rendkívül bonyolulttá tenné az elemzést ezért célszerűnek tűnt a 3.3.2. alfejezetben bemutatott új változók használata. Minden változót egy-egy tudáselemnek tekintettem. A tartalmi elemzés eredményei azt sugallták, hogy az anyagi változások elsajátításának kulcsa az anyagi részecskék és az anyagszerkezet fogalmának megértése. Feltételeztem, hogy azok a gyerekek, akik az anyag részecske fogalmát jobban értik, a többi feladat megoldásában is sikeresebbek lesznek, vagyis a vizsgálat szempontjából nézve, kevesebb tévképzetük lesz. Ezért, az anyagi részecskékre vonatkozó „F” változót indikátornak tekintve az e témakörben nyújtott teljesítmény alapján osztottam két részre a mintát. Az egyik csoportba az átlag alatt, a másikba az átlagnak megfelelően, vagy jobban teljesítők kerültek. Ráadásul, mivel a hetedik- és nyolcadik évfolyam a háttérváltozókat tekintve nagyon hasonló, teljesítményük pedig statisztikailag nem különbözik, másrészt a többi korosztály mintáinak elemszáma ennél lényegesen kisebb, a tudásszerkezet elemzést az összevont hetedik-nyolcadik évfolyammal végeztem el.

A kialakulatlan anyagszemlélettel rendelkezők csoportjába (I. csoport) 87 tanuló, a nagyobb mértékben részecske szemléletű csoportba (II. csoport) 160 tanuló került. Előbbiek 17,91-es átlag pontszáma szignifikánsan gyengébb, mint a másik csoport 19,70-os teljesítménye ($p = 0,001$) (a pontszámításban az anyagi részecskék témakörben elért pontok nem vesznek részt). A számszerű különbségek mellett a csoportok válaszszerkezetében is lényeges különbségek mutatkoztak. Az öt tudáselem esetén lehetséges $2^5 = 32$ tudáselem közül a nem részecskeszemléletű csoportban 26, a részecskeszemléletű csoportban 31 válaszkombináció jelent meg. A teljesen sikertelen válaszadók (akik minden témában a csoport átlaga alatti teljesítményt nyújtottak) a nem részecskeszemléletű csoportban a minta 9

százalékát, míg az inkább részecske szemléletű csoportban a minta 2 százalékát teszik ki. Előbbi csoportban a minden témakörben sikeresnek bizonyulók aránya 13 százalék, utóbbiban 21 százalék.

A jellemző tanulási utak is eltérőek:

Az I. csoportban: **[B] → [A] → [E] → [C] → [D]**

A II. csoportban: **[A] → [C] → [D] → [B] → [E]**

Ahol (lásd még a 3.3.2. alfejezet):

A: Halmazállapot-változások

B: Oldódás, oldatok

C: 3 Szilárd anyagok szerkezete és tulajdonságai

D: 4 Folyadékok szerkezete és tulajdonságai, a víz

E: 5 Gázok tulajdonságai, a levegő

Indikátor feladat: **F:6** Anyagi részecskék

A két csoport tanulási útjában nincsenek pontosan megegyező elemek és még a tendenciák is eltérőek. Úgy tűnik, az anyagszerkezeti ismeretek fejlődése drámai módon befolyásolja az anyagi változások megértésének sorrendjét és mélységét. Az I. csoport az oldódás és oldatok jelenségét érti a legjobban, feltehetően a mindennapi tapasztalatok alapján. A II. csoport esetében az oldódás fogalma a tanulási út vége felé helyezkedik el, mintha számukra ez nehéz feladat lenne. Valójában sokkal inkább a tanulási folyamat átmeneti jellegéből adódik az eltérés. Ez azt jelenti, hogy az inkább részecskeszemléletű csoport tagjai már nem pusztán a mindennapi tapasztalatok alapján alkotnak véleményt, hanem megpróbálnak tudományos igényű magyarázatokkal szolgálni. Esetükben már megkezdődött a folyamat tartalmi megértése, de még nem tisztázódtak a részletek, és a vizsgálat még ezt a teljes tisztázás előtti állapotot rögzítette. A halmazállapot-változások mindkét csoport esetében a tanulási út elején foglalnak helyet, tehát az ehhez köthető fogalmak erre az életkorra már megbízhatóan letisztultak, a kognitív hálózatba sok kapcsolattal beágyazódtak. Az egyes halmazállapotok megértésének sorrendje teljesen különbözik a két csoportban, annyi hasonlóság azonban megfigyelhető, hogy mindkét csoport tagjai anélkül képesek felismerni a halmazállapot-változásokat, hogy pontosan értenék az egyes halmazállapotok jellemzőit.

A gyakorlat számára tehát egyáltalán nem mellékes az a kérdés, hogy egy osztály a részecskék fogalmának elsajátításának milyen szintjén áll, hiszen egyebek mellett ez befolyásolja bizonyos fogalmak megértésének nehéz, vagy könnyű voltát.

*

A 3.2 alfejezetben beszámoltan arról a kutatásról, amelyben a szervezett kémiai tanulmányaikat megkezdő gyerekek kémiai fogalmakhoz kötődő előzetes tudását és tévképzeteit vizsgáltam.

Feltételezéseimnek és részben más, hazai kutatások (Havas, 1980, Korom, 1998, Nahalka, 2002) eredményeinek megfelelően a magyar 9-15 évesek is számos, a gyermektudomány körébe tartozó elmélettel rendelkeznek az anyag szerkezetéhez, tulajdonságaihoz és az anyagi változásokhoz kapcsolódóan. Mennyiségi szempontból nincs különbség a 9-12 évesek és a 13-15 évesek tévképzetei között, tartalmukat tekintve azonban jelentős eltérések mutatkoztak.

A fiatalabbak gyermektudományos magyarázatai egyszerűbbek és kevesebb eleműek, az idősebbek szofisztikáltabb indoklásaiban jól felismerhetők a bővülő ismeretek. Hibás válaszaiknak is csak egy része tévképzet, számos esetben a tanulási folyamatból adódó átmeneti állapot következménye. Ugyanakkor azt is megállapítottam, hogy szinte valamennyi, a nemzetközi irodalomban e témában leírt tévképzettel a mi diákjaink is rendelkeznek, és bár újszerű megfogalmazások elfordultak, új típusú tévképzetek nem.

A gázok anyagként való elfogadásával kapcsolatban a Séré (1986) adataihoz hasonló arányokat figyeltem meg, míg a gázok részecskeszemléletű értelmezése az általam vizsgált 9-12 éveseknek csak 4 százalékára és a 13-15 éveseknek is csak a negyedére volt jellemző, szemben a Novick és Nussbaum (1978) által vizsgált 14 évesek 2/3-ával.

A tévképzetek tudásterület-specifikus voltát igazolta az a megfigyelés hogy az oldódás folyamatát mindkét korosztályban a gázokéhoz képest többen (a 9-12 évesek 26 százaléka, a 13-15 évesek 34 százaléka) magyarázták részecskeszemléletű alapállásból.

Ahogy a tévképzetek széles skálája bizonyította, az égés megértése sokak számára okoz nehézséget. Már magának az anyagi változásnak a bekövetkeztét sem fogadja el mindenki. Bebizonyosodott, hogy a megfelelő szintű anyagszemlélet kialakulása nélkül a folyamatok helyes értelmezésére nincs esélyük a tanulóknak.

Mindhárom vizsgált kérdéskörben (oldódás, gázok, égés) megnyilvánultak a mennyiségi fogalmak megértési nehézségei. A legfiatalabbak egy részénél a tömeg, térfogat és a mennyiség fogalmak teljes differenciálatlansága figyelhető meg, de az idősebbeknek is gondot okoz a használatuk, különösen a gázok esetében. Gyakori a tömeg és a sűrűség fogalmak téves használata, illetve a sűrűség és töménység kifejezések szinonimaként történő kezelése. A 7-8. osztályosok körében megfigyeltem bizonyos tévképzetek együttes előfordulását. Jellemző, hogy bár különböző témaköröket érintenek, hátterükben általában a gázok tulajdonságainak nem tökéletes megértése, vagy a mennyiségi fogalmak tisztázatlansága áll.

A feladatlapon a 13-15 évesek statisztikailag jobb eredményt értek el, mint a fiatalabbak, a lányok és a fiúk teljesítménye és tévképzeteik száma között nem volt kimutatható különbség. A megjelenő tévképzetek száma és a teljesítmények között azonban várakozásaimnak megfelelően szoros, negatív összefüggés mutatkozott.

A tudásszerkezet-elemzés hasonló megállapításokhoz vezetett. Mindkét életkori csoport esetében meghatározható volt egy-egy, a csoportra jellemző tanulási út. A tanulási út elejére azok a feladatok kerültek, amelyek a mennyiségi elemzés alapján is könnyebbnek bizonyultak, tehát a gyerekek sikeresebben oldották meg őket, másfelől az is bebizonyosodott, hogy esetükben arányosan kevesebb tévképzet jelent meg a tanulói magyarázatokban.

Az eldöntendő kérdéseket tartalmazó 2. feladatlappal közvetlen módon vizsgáltam a tévképzetek előfordulását. A növekvő életkorral csökkent a tévképzetek száma, és (még, vagy már) a felnőtteknél is megjelentek ugyanazok a tévképzetek, hasonló arányban, mint amelyek a tizedikesekre jellemzőek. A 7. és 8. osztályosok, valamint a fiúk és a lányok között nincs különbség tévképzeteiket tekintve. A kémia és a fizika tantárgyak kedveltsége és az esetleges kémiához kötődő tovább tanulási tervek megléte, vagy hiánya általában nem befolyásolta a tévképzetek számát. Két kivételtől eltekintve: a pozitív fizika attitűd jótékonyan csökkentette a tévképzetek számát, a kémiát tanulók csoportjában, és a kémia tantárgy kedveltsége a hetedikesek esetében. A fizika és a kémia jegyek a 7. és 8. osztályosok esetében is legalább közepes, pozitív összefüggést mutattak a feladatlapon elért eredménnyel, ami a nagyobb pontszám-kevesebb tévképzet tartalmat hordozza.

Tapasztalataim szerint a vizsgált témakörök között alig van különbség a tévképzetek gyakoriságát tekintve. Megállapíthatjuk, hogy a tévképzetek megléte általában nem csak egy konkrét fogalomhoz köthető, hanem az anyagi világ értelmezésének egyfajta téves szemléletmódját jelzi. Bármely két kiválasztott területet vizsgáltam meg páronként, valószínűsíthető volt, hogy ha az egyikkel kapcsolatban jelentkezik tévképzet, a másikonál is várható a felbukkanása. Ugyanakkor bizonyos fogalmakat egyes szövegkörnyezetben helyesen használt ugyanaz a gyerek, még eltérő kontextusban nem. A fragmentált tudáselemek tehát bizonyos hívószavak hatására bukkannak felszínre a formálódó és képlékeny fogalmi szerkezetből. Néhány esetben előbbieik ellenére megfigyeltem „tévképzet-családok”-at. A folyékony halmazállapot megértésével kapcsolatos tévképzetek erősen valószínűsítették a szilárd anyagok szerkezetéhez és tulajdonságaihoz kötődő tévképzetek meglétét, illetve az anyagi részecskék hibás értelmezését.

4. Összegzés és javaslat az eredmények alkalmazására

A dolgozatban három empirikus vizsgálatom eredményeit mutattam be. Mindhárom vizsgálat szorosan kötődött a természettudományos oktatáshoz, elsősorban az alapszintű kémiaoktatáshoz. A kutatás elméleti háttérét a kognitív tudományok talaján kialakult paradigma, a konstruktivista pedagógia adta.

4.1. Eredmények

A vizsgálatok az anyagszerkezeti ismeretek bővülését és az anyagi változások egyre mélyebb megértését mutatták az életkor előrehaladtával, ugyanakkor a már ismert tanulási nehézségekre is ráirányították a figyelmet. A vizsgált korosztályok mindegyikében számos tévképzet fordult elő, amelyek közül néhány nagyon kitartónak bizonyult, mert az általános iskolások mellett nemcsak a tizedikeseknél, hanem még a felnőttek körében is elterjedt. Bizonyos tévképzetek pedig egyenesen a tanulási folyamat során keletkeztek.

Vizsgálataim a következő területeken járulhatnak hozzá a tanulási folyamatok megértéséről szóló kutatásokhoz:

1. A nemzetközi és hazai kutatások elsősorban az 5, 9 és 12 éves kor körül bekövetkező látványos fogalmi fejlődésre irányulnak, viszonylag kevés ismeretünk van az átmeneti, iskolakezdő időszakról. Mivel az alapműveletek elsajátítása mellett a későbbi természettudományos oktatás megalapozása is megkezdődik, indokolt a kérdés részletes vizsgálata. Újszerű volt a felhasznált módszerek kombinálása is. Tapasztalataim szerint a strukturált interjú és a gyerekekkel végzett egyéni kísérletek alkalmasak az iskolakezdő gyerekek természettudományos fogalmi fejlettségének megismerésére. A személyes beszélgetés, közvetlen kapcsolat lehetővé tette, hogy megismerjük a gyermeki szóhasználatot olyan egyszerű jelenségekkel kapcsolatban, amelyekről már számos előzetes tapasztalattal is rendelkeztek a gyerekek, ugyanakkor az elkövetkező környezetismeret, természetismeret, fizika és kémia tanulmányaik is érinteni fogják. A tanév legelején, a „beszoktatás idején” felvett interjúk abból a szempontból is hasznosak, hogy betekintést nyerhetünk a gyerekek ismereteibe, gondolkodásmódjába még az iskolai oktatás hatása előtt. Így kicsit tisztábban tűnt elő az a fogalmi rendszer, amelyet a gyerekek önállóan konstruáltak a környező világ jelenségeinek megértése érdekében. Természetesen ez sem teljesen érintetlen, hiszen az óvodai foglalkozások már egyfajta irányított fejlesztést eredményeztek.

2. Vizsgálataim bővítették a kisiskolásokra vonatkozó hazai adatokat. A tartalmi elemzést alátámasztották a strukturális elemzés eredményei. Az iskolakezdők ismerik a víz halmazállapotait és annak változásait, értik az olvadás jelenségét. A gázhalmazállapot megértése ebben az életkorban nehéz, ezért nem érthetik a párolgást sem. Sikerült kimutatni a fogalmi fejlődést és a folytonos anyagszemlélet elmozdulását a részecskeszemlélet felé. A gyerekek egy része sem a párolgás, sem az oldódás esetében nem fogadja el az eltűnés tényét az érzékszervi tapasztalatok ellenére, tehát megkezdődik az anyagmegmaradás megértése. Bebizonyosodott, hogy bár az anyagszemlélet még kialakulatlan, bizonyos szemléletbeli következetesség megállapítható a gyerekek gondolkodásában. Várható, hogy ha egy kisdíák bizonyos jelenségeket inkább részecskeszemlélettel értelmez, más jelenségekre is hasonló nézőpontból fog tekinteni.
3. Az anyag szerkezetének és tulajdonságainak, valamint az anyagi változások megértésének vizsgálatával elsősorban az alapszintű kémia tanulmányokat folytató általános iskolások fogalmi fejlődéséről nyertem információkat. Kiderült, hogy a magyar 7-8. osztályos diáktársadalom fogalmi fejlettsége alapvető tendenciáiban nem különbözik nemzetközi kortársaiktól, és eredményeim összecsengenek a korábbi hazai vizsgálatokkal is. A vizsgálat életkori kiterjesztése több szempontból is hasznosnak bizonyult. Részben az ilyen irányú hazai kutatások viszonylag kis száma miatt, másrészt a fogalmi fejlődés tendenciáinak tisztázása miatt. Lehetővé vált, hogy bizonyos, 7-8. osztályosoknál tapasztalt megértési nehézségek előzményeire és utóéletére fény derüljön, illetve egyértelművé tette, hogy melyek azok a félreértések, tévképzetek, amelyek a tanulási folyamat során képződnek.
4. A tévképzetek leírása és kategorizálása bővítette az ilyen irányú hazai kutatási eredményeket. Adataim tartalmukat és arányait tekintve összecsengenek mind a hazai, mind a nemzetközi tapasztalatokkal. Eddig nem regisztrált típusú tévképzettel nem találkoztam, de egyedi megfogalmazásokkal igen. Kutatásaim újszerű eleme a tévképzetek együttes előfordulásának vizsgálata. Kiderült, hogy a gázok viselkedésének és a gázokkal kapcsolatos jelenségek megértésének kulcskérdése a mennyiségi fogalmak tisztázása. Azok a gyerekek, akik bizonytalanok voltak a mennyiségi fogalmakban, statisztikailag kimutathatóan nagyobb valószínűséggel tévedtek a gázokhoz kötődő egyéb problémák megoldásában is. A szilárd és folyékony halmazállapot jellemzőinek megértése is összekapcsolódik, és mindkettő erősen kötődik az anyagi részecskékkel kapcsolatos

megértési nehézségekhez. Általános tapasztalatom szinte minden, általam vizsgált témakörben, hogy a mennyiségi fogalmak megértése minden korosztálynak nehézséget okoz, és újabb tévképzeteket generál. A vizsgálataimban szereplő különböző életkorú gyerekek az anyagfogalom fejlődésének eltérő lépcsőfokán állnak, de bebizonyosodott, hogy minél sikeresebben halad valaki a folytonos – részecsketermészetű anyagszemlélet tengelyen a részecskefelfogás irányába, annál nagyobb eséllyel értelmezi helyesen az anyagi változások mibenlétét.

5. Az egyéni fogalmi fejlettség mellett a tanulócsoporthoz összehasonlítása is új információkat szolgáltat a fogalmi fejlődésről. A tudástér-elmélet talaján gyökerező tudásszerkezet-elemzés alkalmas eszköznek bizonyult tanulócsoporthoz tudásszerkezetének összehasonlítására. Földrajzilag elkülönülő és/vagy életkori szempontból különböző tanulócsoporthoz tudásszerkezet-elemzése kiegészítette és alátámasztotta a más elemző eljárásokkal (tartalmi, mennyiségi, statisztikai módszerek) kapott eredményeimet. A módszer alkalmazásával lehetővé vált, hogy megállapítsam az adott témakörben szereplő fogalmak hierarchikus kapcsolatát és azt a sorrendet, ahogyan a gyerekek a fogalmakat elsajátítják. Minden tanulócsoporthoz meghatároztam a rá jellemző tanulási utat, amely a tanulási folyamat optimalizálása révén a napi pedagógiai gyakorlat számára is hasznosítható új eszköz (4.2. alfejezet) lehet.

4.2. Az eredmények és a gyakorlat

A természettudományos tárgyak tanításánál különösen érvényes Ausubel mottóként idézett mondata a tanulók előzetes tudásáról. A kémia tanár elemi érdeke, hogy tisztában legyen tanítványai anyagi világról alkotott elképzeléseivel, magyarázórendszereivel, esetleges tévképzeteivel, hiszen e nélkül a tudás nélkül csak bizonytalan talajon álló, átmeneti építményeket tudunk létrehozni tanítványaink tudásszerkezetében.

Előbbiek a kémia tanár-társadalom szemléletváltását és módszertani megújulását igénylik. Amennyiben a kutatásaimban használt tájékoztató jellegű mérőlapok, kérdőívek, vagy interjúvázlatokhoz hasonló, de tematikusan csoportosított, kipróbált, értékelt, standardizált eszközök állnak a tanárkollégák rendelkezésére, napi gyakorlattá válhat, hogy egy-egy új fogalom bevezetése előtt rutinszerű eljárással tájékoztadjunk tanítványaink előzetes tudásáról, és ennek ismeretében tervezzük meg a tanítási folyamatot. Az olyan új oktatástechnikai eszközök, mint az interaktív tábla és a hozzájuk tartozó szavazóegységek várható és ígért gyors elterjedésével még a tanári

feladatok sem nőnek aránytalan mértékben, hiszen nem kell bajlódniuk a kérdőívek javításával, azonnali visszajelzést kapunk nemcsak az osztályról általában, hanem az egyénekről is, külön-külön. A következő óra tervezésénél ennek ismeretében választhatjuk ki azt a didaktikai eszközt, amely legjobban illeszkedik az adott tanulócsoport profiljához, és a megtanítandó fogalom természetéhez, és amely alkalmasnak tűnik a fogalmi váltások generálására.

Évek óta a „levegőben van”, és a tanár társadalom egy része (messze nem általánosan) már érti és elfogadja a tényt, hogy a tanárszerep ártétkelődik, a tudás egyedüli birtokosa szerepet – bármennyire is fájó – fel kell adnunk. Szerencsére az új tantervi irányzatok a kompetencia alapú oktatást helyezik előtérbe, és ez kedvez a konstruktivista törekvéseknek. A szociális kompetenciák fejlesztésére például alkalmas lehet egy olyan kémiaóra eleji csoportos megbeszélés, vagy vita, amelyben egy előzetesen feltárt, a csoportra jellemző tévképzethez kapcsolódóan a tanár provokatív kísérlettel, vagy problémafeladattal stimulálja a tanulókat a vélemények artikulálására, ütköztetésére, érvelésre. Mindezt úgy szervezi, hogy elősegítse a fogalom tudományos igényű megértését és a fogalmi váltást.

A gyakorlati pedagógia számára hasznos információkkal szolgálhat egy olyan módszer alkalmazása is, amely nem elsősorban az egyéni teljesítményeket méri, hanem a tanulócsoport pillanatnyi felkészültségéről, előismereteiről tájékoztatja a tanárt. A vizsgálatomban alkalmazott tudástér-elmélet segítségével képet kaptam a tanulócsoportok tudásszerkezetéről, a fogalmak elsajátításának lehetséges sorrendjéről, a tanulócsoport által bejárt tanulási útról. A válaszok strukturális elemzése eredményeiből következtethettünk a fogalmak megértésének szintjére, a fogalmi hálózatba ágyazottságának mértékére. A tanulók válaszait összehasonlítva egy, a feladatok egymásra épültségét feltételező szakértői hierarchiával kiderül, melyik az a feladat, vagy tudáselem, amely a továbbiakban leggyazdaságosabban tárgyalható, vagyis aminek befogadására a tanulócsoport előzetes ismeretei alapján leginkább felkészült. A módszer segítségével a tanítási folyamat optimalizálható, hiszen elkerülhetjük a mindenki számára ismert fogalmak túlbeszélését, vagy olyan téma tárgyalását, amelynek elsajátítására megfelelően rögzített előismeretek hiányában a csoport még nem alkalmas. A módszer jelenlegi állapotában még kissé nehézkes, további feladat lehet alkalmassá tenni a gyakorlati felhasználásra.

5. Summary and Suggestions for Application of the Results

In this dissertation I have presented the results of three separate empiric surveys closely related to the teaching of natural science subjects with special attention to primary chemistry teaching. The theoretical background of my research is based on the paradigm of constructivist pedagogy rooted in the field of cognitive science.

5.1. Results

The surveys have demonstrated the steady accumulation of knowledge about the structure of matter together with a deepening understanding of the changes of matter as pupils grew older. They have, however, also pointed out some of the well-known learning difficulties. In all of the analyzed age groups numerous misconceptions were found, some of which have proved to be rather persistent – present not only at primary school level, but also at secondary school level, and even in adult age. Moreover, it was obvious, that some of the misconceptions had been formed during the learning process.

My results may contribute to research on understanding the learning process especially at the following areas:

1. Both international and Hungarian research has primarily aimed at the dramatic conceptual improvement occurring around the age of 5, 9 and 12 years, while we have relatively incomplete knowledge about the transient period of early school age. As it is at this age that besides the teaching of basic mathematical skills and literacy, the foundations of teaching natural sciences at a later stage are laid down, it seems reasonable to analyse the subject in detail. The combination of the applied methods was innovative. In my experience, structured interviews together with experiments conducted individually with the children are suitable to build up a good picture of how advanced their concepts are in the field of natural sciences. Personal interviews and informal contact made it possible to get familiar with the childlike phrasing concerning simple phenomena with which they have already had preliminary experience, and the ideas that would affect their conceptual development during their future studies in the fields of physics, chemistry, and the environment. Interviews were carried out at the very beginning of the school year with first-grade pupils, during the time when the children were just getting used to school. These provided us with an insight to children's pre-instructional concepts and mentality. In this way the conceptual structure, constructed by the children themselves in order to help them to understand the phenomena of the world around them, became apparent. Naturally,

- even this structure cannot be considered totally unaffected because of the guiding ideas they had received at kindergarten.
2. The research has broadened data concerning Hungarian lower primary school children. Contextual analysis was supported by the results of structural analysis. Small children, entering school, seem to be aware of the three states of water and its changes, and they understand the phenomenon of melting. However, it is difficult for them to grasp the state of gas at that age, and therefore, they can't comprehend evaporation either. I have succeeded in demonstrating the conceptual development, the shift from continuous matter model towards particle model. I have documented that some of the children don't accept the disappearance of matter neither in the case of evaporation, nor melting, despite their apparent everyday experience, and thus perception of the principle of the conservation of matter is initiated at that age. It was established, that although the concept of matter is inchoate at this stage, there is a kind of consistency in the children's reasoning. It is likely that if a schoolchild defines certain phenomena with the help of the particle model he would observe others from the same point of view.
 3. By examining the level of comprehension of the structure and properties of matter I have gained insight into the conceptual development primarily of children receiving preparatory chemistry education. I have found that the basic tendencies of conceptual development of Hungarian 7 and 8 graders do not differ significantly from that of their peer group abroad, and that my findings were in line with earlier Hungarian research as well. To have extended my investigations to other age groups proved to be useful in many respects, partly because this sort of research is rare in Hungary, and partly because it has given me opportunity to clarify the tendencies of conceptual development. It became possible to trace the previous history of some difficulties in comprehension observed in 7th and 8th grades, and follow them through to higher grades. It also helped to identify those misconceptions and misunderstandings that were generated in the course of learning.
 4. The description and categorization of misconceptions have expanded Hungarian research in this field. My data correspond to international observations in substance as-well-as proportions. Although I haven't met any new type of misconceptions as yet undiscovered, I did find some with unusual and unique phrasing. One of the more original ideas of my research was to examine whether and how misconceptions occur simultaneously. This approach has led to the discovery that the key to understanding the behaviour of gasses and

the phenomena surrounding gasses in general, lies within the clarification of quantitative concepts. Children, who were uncertain of quantitative concepts, were, in a statistically demonstrable way, more likely to make mistakes solving other problems concerning gasses. The comprehending of the properties of the solid and liquid states of matter also seem to go together, and both are strongly linked to the difficulties concerning the understanding of the particles of matter. In general, it seems to me, that in the case of almost the entire range of subjects examined by me, understanding quantitative concepts presented a problem to each of the age groups, and generated subsequent misconceptions. The children of different age groups of my study pool of course were at different levels of understanding the concept of matter. However, the research seems to have confirmed that the further the children are able to move from the concept of continuous matter, and the better they are able to adopt the particle model, the greater chance they will have to comprehend correctly the essence of the changes of matter.

5. In addition to comparing the level of conceptual development of individual children, comparing different groups of students the same way would provide new information on conceptual development. The technique of knowledge structure analysis, based on Knowledge Space Theory, proved to be appropriate in comparing the knowledge structures of different groups of pupils. The analysis of the knowledge structure of groups from different geographical regions or different age groups has complemented and supported the results gained by other analytical methods (content analysis, quantitative and statistical procedures). With the help of knowledge structure analysis I succeeded to define the hierarchical structure of concepts of a particular subject, and the sequence in which children have acquired these concepts. I have also outlined the different learning pathways that are characteristic to the different groups, which method could be useful in everyday pedagogical practice as it would help to optimise the learning process (see Section 4.2).

5.2. The Results in the Teaching Practice

Our motto, the cited sentence from Ausubel about the students' previous knowledge is especially relevant to the teaching of natural sciences. It is the fundamental interest of chemistry teachers to be aware of the students' concepts about the material world, their explanatory schemes, and possible misconceptions. Without paying attention to these the teacher may only be able to create transitory, ambiguous ideas in the pupils' knowledge structure.

All this would require a change of attitude, and a methodological regeneration from the community of chemistry teachers. If there were thematically categorised, controlled, evaluated and standardised questionnaires and tests, similar to the ones I used for research purposes, available for the teachers, then it might become part of the routine before introducing a new concept, to enquire about the students' existing ideas and previous knowledge on the subject. This would greatly assist the planning of the teaching process. With the prospect of the fast spreading of new educational tools like the interactive whiteboard with voting units, teachers' work load will not grow disproportionately large by applying this method. Both individual and cumulated results would be instantly available without the need for manual assessment, thus alleviating the task. Then it would be possible to choose the most appropriate didactic tools best suiting the profile of the given group of students on the one hand, and the nature of the concept to be taught on the other hand; the ones that would seem to be the most suitable to generate the needed conceptual leap.

For some time now at least part of the community of teachers have understood and accepted the fact that the role of the teacher is changing, and however painful it might be, it is time for us to give up our position as the sole custodians of knowledge. Fortunately new tendencies in curriculum development place competence-improving teaching to the fore, which also help constructivist tendencies. For example, a chemistry class starting with a collective discussion or debate might also improve the social competence of students. The teacher could bring up a topic, or set up an experiment connected to a misconception typical to the group, and revealed beforehand, and by doing so, provoke an argument, encouraging the students to articulate and confront their opinions. This would not only improve their reasoning skills, but assist the scientific understanding of the concept and facilitate the conceptual change.

Practical pedagogy might also benefit from a method that measures, and informs the teacher about the momentary preparedness and preliminary knowledge of the group as a whole rather than just the individual student. With the help of Knowledge Space Theory I was able to obtain an accurate picture about the knowledge structures of the different groups, the possible sequences of acquiring new concepts, and the learning pathways the groups have completed. From the results of the structural analysis of the students' answers we are able to judge the level of understanding of the concepts and how deeply these concepts are embedded in the conceptual network. Comparing the answers with the so-called expert knowledge structure, that presupposes the hierarchical organisation of knowledge, we can find out which task, or element of knowledge would be the most appropriate to tackle next, or, in other words, which is the one the student group is best prepared to

absorb next. In this way the teaching process could be optimised as we would be able to avoid dealing lengthily with concepts already known, or attempting to teach subjects that without sufficiently established preliminary knowledge the group is not yet capable of absorbing. Although the method described here is a bit awkward at present, with some further attention it would be possible to refine it and to make it fully functional in the teaching practice.

6. Irodalom

- Abimbola, I. O. (1988): The problem of terminology in the study of student conceptions in science. *Science Education*, **72**. 175-184.
- Ahtee, M. and Varjola, I. (1998): Students' Understanding of Chemical Reactions, *International Journal of Science Education* **20**. (3) 305-316.
- Andersson, B. (1984): Chemical reactions. Report: Elevperspektiv 12 University of Göteborg, Göteborg.
- Andersson, B. (1986): Pupils' explanations of some aspects of chemical reactions, (Age 12-16), *Science Education* **70**. 549-563.
- Andersson, B. (1990): Pupils' conceptions of matter and its transformation (age 12-16). *Studies in Science Education*, **18**. 53-85.
- Arasasingham, R., Taagepera, M., Potter, F. és Lonjers, S. (2004): Using knowledge space theory to assess student understanding of stoichiometry. *Journal of Chemical Education*, 10. sz. 1517-1523.
- Arasasingham, R., Taagepera, M., Potter, F., Martorell, I. és Lonjers, S. (2005): Assessing the effect of web-based learning tools on student understanding of stoichiometry using knowledge space theory. *Journal of Chemical Education*, 8. szám, 1251-1262.
- Au, T. K., Sidle, A. és Rollins, K. (1993): Developing an intuitive understanding of conservation and contamination: Invisible particles as a plausible mechanism. *Developmental Psychology*, **29**. 286-299.
- Idézi: Nakleh, M. B. és Samarapungavan, A. (1999): Elementary school children's beliefs about matter. *Journal of Research in Science Teaching*. **36**. 7. 777-805.
- Bar, V. and Galili, I. (1994): Stages of children's views about evaporation *International Journal of Science Education* **16**. 2, 157-174.
- Barker, Vanessa (1995): *A longitudinal study of 16-18 year olds' understanding of basic chemical ideas*, unpublished Ph.D. thesis, Department of Educational Studies, University of York. (In Kind (2004). Vanessa Barker is now Vanessa Kind.)
- Barker, Vanessa and Millar, R. (1999): Students' reasoning about chemical reactions: what changes occur during a context-based post-16 chemistry course, *International Journal of Science Education* **21**. (6), 645-665. (In Kind (2004), p.43)
- Barker, V. (2002): *Beyond Appearances: Students' misconceptions about basic chemical ideas*. Royal Society of Chemistry, Institute of Education, University of London
- Ben-Zvi, R., Eylon, B. és Silberstein, J. (1986): Is an atom of copper malleable?. *Journal of Chemical Education*, **63**. 1. 64-66.

- Ben-Zvi, R., Eylon, B. és Silberstein, J. (1988): Theories, principles and laws. *Education in Chemistry*. **25**. 5. 88-92.
- Bodner, George M. (1991): I have found you an argument: the conceptual knowledge of beginning chemistry graduate students, *Journal of Chemical Education* **68**. (5), 385-388.
- Brook, A., Driver, R., Hind, D. (1989): Progression in science: The development of pupils' understanding of physical characteristics of air across the age range 5-16 years. Centre for Studies in science and Mathematics Education, University Leeds, Leeds.
- Bruner, S. J. (1968): *Az oktatás folyamata*. Tankönyvkiadó, Budapest.
- Cachapuz, A.F., és Martins, I.P. (1987): High school students' ideas about energy of chemical reactions. In Novak, J., és Helm, H., (Eds.) *Proceedings of the International Seminar on Misconceptions in Science and Mechanics*, **3**. 60-68.
- Caramazza, A., McClosley, M. és Green B. (1981): Naiv beliefs in „sophisticated” subjects: misconceptions about trajectories of objects. *Cognition* **9**. 117-123.
- Caravita, S. és Halldén, O. (1994): Re-framing the problem of conceptual change. *Learning and Instruction*, **4**. 1. sz. 89-111.
- Carey, S. (1985): *Conceptual change in childhood*. MIT Press, Cambridge.
- Carey, S. (1995): On the origin of causal understanding. In: Sperber, D., Premack, D. és Premack, A. J., (szerk.): *Causal cognition*. Clarendon Press, Oxford. 268-302.
- Carey, S.; Spelke, E. (1994): Domain-specific knowledge and conceptual change. In: Hirschfeld, L.A.; Gelman, S.A. (szerk.): Mapping the mind. Domain specificity in cognition and culture. Cambridge University Press, Cambridge, 169-200.
- Champagne, A. B., Gunstone R. F. és Klopfer, L. E. (1985): Instructional consequences of students' knowledge about physical phenomena. In: West L. H. T. és Pines, A. L. (szerk.): *Cognitive structure and conceptual change*. Academic Press, Orlando. 61-91.
- Chi, M. T. H., Slotta, J. D. és de Leeuw, N. (1994): From things to processes: a theory of conceptual change for learning science concepts. *Learning and Instruction*, **4**. 1. sz. 27-43.
- Chi, M. T. H. és Roscoe, R. D. (2002): The process and challenges of conceptual change. In Limon, M. és Mason, L. (szerk.): *Reconsidering conceptual change: Issues in theory and practice*. Dordrecht: Kluwer. 3-27.
- Chinn, A. C. és Brewer, W. F. (1993): The role of anomalous data in knowledge acquisition: A theoretical framework and implications for science education. *Review of educational Research*, **63**. 1-49.

- Chinn, A. C. és Brewer, W. F. (1998): Theories of knowledge acquisition. In: Frase, B. J. és Tobin, K. G. (szerk.): *International Handbook of Science Education*. Kluwer Academic Publishers, Boston. 97-113.
- Clement, J. (1982): Students' preconceptions in introductory mechanics. *American Journal of Physics*, **50**. 66-71.
- Cosmides, L. és Tooby, J. (1994): Origins of domain specificity: The evolution of functional organization. In: Hirschfeld, L. A. és Gelman, A. (szerk.): *Mapping the mind: Domain specificity in cognition and culture*. Cambridge University Press, Cambridge. 85-116.
- Cros, D., Mauvan, M., Chastrette, M., Leher, J., és Fayol, M. (1986): Conceptions of firstyear university students of the constituents of matter and the notions of acids and bases. *European Journal of Science Education* **8**. (3), 305-313.
- Csapó Benő (2002a): Az iskolai tudás felszíni rétegei: mit tükröznek az osztályzatok? In: Csapó Benő (szerk.): *Az iskolai tudás*. Osiris Kiadó, Budapest. 45-90.
- Csapó Benő (2002b, szerk.): *Az iskolai tudás*. 2. kiadás. Osiris Kiadó, Budapest
- Csapó Benő (2002c, szerk.): *Az iskolai műveltség*. 2. kiadás. Osiris Kiadó, Budapest
- Csíkos Csaba (2007) *Metakogníció – A tudásra vonatkozó tudás pedagógiája*. Műszaki Kiadó, Budapest
- deVos, W. és Verdonk, A. H. (1987): A new road to reactions, Part 4. The substance and its molecules, *Journal of Chemical Education* **64**.(8), 692-694.
- Dickinson, D. K. (1987): The development of a concept of material kind. *Science Education*, **71**. (4), 615-628.
- diSessa, A. A. (1993): Towards an epistemology of physics. *Cognition and Instruction*, **10**. 105-225.
- diSessa, A. A. (2002): Why conceptual ecology is a good idea. In: Limon, M. és Mason, L. (szerk.): *Reconsidering conceptual change: Issues in theory and practice*. Dordrecht: Kluwer. 29-60.
- diSessa, A. A. (2004): Metarepresentation: Native Competence and Targets for Instruction, *Cognition and Instruction* **22**. (3) 293-331.
- Doignon, J-P. és Falmagne, J-C. (1999): *Knowledge Spaces*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.
- Driver, R. (1985): Beyond appearances: the conservation of matter under physical and chemical transformations. In Driver, R., Guesne, E. és Tiberghien, A. (szerk.): *Children's ideas in science*. Milton Keynes, London. 145-169.

- Driver, R. és Easley, J. (1978): Pupils and paradigms: A review of the literature related to concept development in adolescent science students. *Studies in Science Education*, **5**, 61-84.
- Driver, R., Guesnes, E. és Tiberghien, A. (1985): Some features of children's ideas and their implications for Teaching. In R. Driver, E. Guesnes, és A. Tiberghien (Eds.), *Children's ideas in science* (pp.193-201). Milton Keynes: Open University Press. (Reported in Viennot (1998).
- Driver, R., Leach, L. Scott, P. és Wood-Robinson, C. (1994): Young people's understanding of science concepts: Implications of cross-age studies for curriculum planning. *Studies in Science Education*, **24**, 75-100.
- Duit, R. (1991): Students' conceptual frameworks: Consequences for learning science: In: Glynn, S. M., Yeany, R. H. és Britton, B. K. (szerk): *The psychology of learning science*. Lawrence Erlbaum, Hillsdale, New Jersey. 65-85.
- Duit, R. és Treagust, D. F. (1998): Learning in science – From behaviorism towards social constructivism and beyond. In: Fraser, B. J. és Tobin, K. G. (szerk): *International handbook of Science Education*. Kluwer Academic Publishers, Boston. 1047-1065.
- Ebenezer, J. és Erickson, G. (1996): Chemistry students' conceptions of solubility: A phenomenography. *Science Education*, **80**, 2, 181-201.
- Eysenck, M. W., Keane, M. T. (1997): Kognitív pszichológia: Hallgatói kézikönyv. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest
- Falmagne, J-C., Doignon, J-P., Koppen, M., Villano, M. és Johannesen, L. (1990): Introduction to knowledge spaces: How to build, test, and search them. *Psychological Review*, 2. sz. 201-224
- Fernengel András (2002): A kémia tantárgy helyzete és fejlesztési feladatai. *Új Pedagógiai Szemle*, 9. sz. 68- 82.
- Gabel, D. L., Samuel, K. V. és Hunn, D. (1987): Understanding the particulate nature of matter. *Journal of Chemical Education*, **64**, 695-697.
- Gabel, D. (1999): Improving teaching and learning through chemistry education research. *Journal of Chemical Education*, **76**, 548-554.
- Garnett, P. S., és Treagust, D. (1992): Conceptual difficulties experienced by senior high school students of electrochemistry, electric circuits and oxidation-reduction Reactions. *Journal of Research in Science Teaching* **29**, (2), 121-142.
- Gilbert, J. K., Osborne, R.J. és Fensham, P.J. (1982): Children's science and its consequences for teaching. *Science Education*, **4**, 623-633.
- Griffiths, A.K., és Preston, K.R. (1989): Models of molecules and atoms. Paper presented at National Association for Research in Science Teaching. (Referred to by Nakhleh (1992).)

- Griffiths, A. K. és Preston, K. R. (1992): Grade – 12 studentd' misconceptions relating to fundamental characteristics of atoms and molecules. *Journal of Research in Science Teaching*, **29**. 611-628.
- Haidar, A. H. és Abraham, M. R. (1991): A comparison of applied and theoretical knowledge of concepts based on the particulate nature of matter. *Journal of Research in Science Teaching*, **28**. (10), 919-938.
- Hamilton, D. J. (1993): A peer-interview about complex events: Method as used in a n investigation of students' preinstructional knowledge of mechanics. In Novak, J. D. (szerk.): *Proceedings of the third international seminar on misconceptions and educational strategies in science and mathematics*. Department of Education, Cornell University, New York. 2166-2185.
- Hand, B.M. és Treagust, D.F. (1988):. Application of a conceptual conflict strategy to enhance student learning of acids and bases. *Research in Science Education* **18**. 53-63.
- Happs, J. (1980): Particles: a working paper of the Learning in Science Project (no.18). University of Waikato, Hamilton new Zealand
- Harrison, A. G. és Treagust, D. (1996): Secondary students' mental models of atoms and molecules: Implications for Teaching Chemistry, *Science Education* **80**. (5) 509-534.
- Havas Péter (1980): A természettudományos fogalmak alakulása. Akadémiai kiadó, Budapest
- Hayes, P. (1979): The naïve physics manifesto. In Michele, D., ed.: *Expert Systems in the Microelectronic Age*, Edinburgh University Press, Edinburgh. (Reported in Kind (2004).)
- Henderson, D. W. (1987): Informal geometry is the true geometry. In: Novak, J. D. (szerk.): *Proceedings of the second international seminar on misconceptions in science and mathematics*. Department of Education, Cornell University, New York. 236-238.
- Hesse, J. J. és Anderson, Ch. W. (1992): Students' Conceptions of Chemical Change, *Journal of Research in Science Teaching* **29**, 277-99.
- Inhelder, B., Piaget, J. (1984): A gyermek logikájától az ifjú logikájáig. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Ivarsson, J., Scholtz, J. és Saljo, R. (2002): Map reading versus mind reading: Revisiting children's understanding of the shape of the eart. In: Limon, M. és Mason, L. (szerk.): „Reconsidering conceptual change: issues in theor and practice”. Dordrecht: Kluwer. 77-99.
- Johnson, P. (1996): “What is a substance”, *Education in Chemistry*, March, 41-45. (In Kind (2004) .27.)

- Johnson, P. (1998): Progression in children's understanding of a 'basic' particle theory: a longitudinal study. *International Journal of Science Education* **20**. (4) 393-412.
- Johnson, P. (2000): Children's understanding of substances. Part 1: recognising chemical change. *International Journal of Science Education*. **22** (7), 719-737.
- Kind, V. (2004): Beyond Appearances: Students' misconceptions about basic chemical ideas, *2nd Edition*, School of Education, Durham University, UK. Self-published; available at <http://www.chemsoc.org/pdf/LearnNet/rsc/miscon.pdf> (Vanessa Kind was formerly Vanessa Barker.)
- Kinner, J. (1983): Identification of misconceptions in genetics and the use of computer simulations in their correction. In: Helm, H és Novak, J. D. (szerk.): Proceedings of the first international seminar on misconceptions in science and mathematics. Department of Education, Cornell University, New York. 102-111.
- Krnel, D., Watson, R. és Glazar, S.A. (1998): Survey of research related to the development of the concept of matter. *International Journal of Science Education* **20**. (3) 257-289.
- Krnel, D., Glazatr, S. S., és Watson, R. (2003): The development of the concept of matter. *Science Education*, **87**. (5), 621-639.
- Kokotas, Panagiotas, Vlachos, I. és Koudiadis, V. (1998): Teaching the topic of the particulate nature of matter. *International Journal of Science Education* **20**. (3) 291-303.
- Korom Erzsébet (1998): Az iskolai és a hétköznapi tudás ellentmondásai: a természettudományos tévképzetek. In: Csapó Benő (szerk.): *Az iskolai tudás*. Osiris Kiadó, Budapest. 139-169.
- Korom E. (2003): A fogalmi váltás kutatása. Az anyagszerkezeti ismeretek változása 12-18 éves korban. *Iskolakultúra*. **13** (8) 84-94.
- Korom Erzsébet (2005): Fogalmi fejlődés és fogalmi váltás. Műszaki Kiadó, Budapest. 30.
- Kuhn, T. S. (1984): A tudományos forradalmak szerkezete. Gondolat, Budapest
- Lakatos Imre (1997): A kritika és a tudományos programok metodológiája. In: Miklós Tamás (szerk.): *Lakatos Imre tudományfilozófiai írásai*. Atlantisz, Budapest, 19-63.
- Lee, O., Eichinger, D.C., Anderson, C. W., Berkeimer, G.D. és Blakeslee, T.D. (1993): Changing middle school students' conceptions of matter and molecules, *Journal of Chemical Education* **67**. 248-252.
- Lee, O., Eichinger, D.C., Anderson, C.W., Berkheimer, G.D., Blakeslee T.D. (1993b): Changing middle school students' conceptions of matter and molecules. *Journal of Research in Science Teaching* **30**. 3. 249-270.

- Mason, L. (2001): Introducing talk and writing for conceptual change: a classroom study. *Learning and Instruction*, **11**. 4-5. sz. 305-329.
- Mayer, R. E. (2002): Undersatnding conceptual change: a commentary. In: Limon, M. és Mason, L. (szerk.): *Reconsidering conceptual change: Issues in theory and practice*. Dordrecht: Kluwer. 101-111.
- McCloskey, M. (1983): Naive theories of motion. In: Genter, D. és Stevens, A. (szerk.): *Mental models*. Erlbaum, Hillsdale, New Jersey. 299-324.
- Meheut , M., Saltiel, E. és Tiberghien, A. (1985): Pupils' (11-12 year olds) conceptions. *Journal of Science Education*, **7**. 83-93.
- Mortimer, E. F. (1995): Conceptual chenge or conceptual profile change? *Science and Education*, **4**. 505-525
- Nagy József (2003): A rendszerező képesség fejlődésének kritériumorientált feltárása. *Magyar Pedagógia*, **103**. 3.sz. 269-314.
- Nahalka István (1995): A természettudományos nevelés és a tudományelméletek. *Magyar Pedagógia*, **95**. 3-4. sz. 229-250.
- Nahalka István (1997a): Konstruktív pedagógia — egy új paradigma a láthatáron (I.). *Iskolakultúra*, **7**. 2.sz. 21-33.
- Nahalka István (1997b): Konstruktív pedagógia — egy új paradigma a láthatáron (II.). *Iskolakultúra*, **7**. 3.sz. 22-40.
- Nahalka István (1997c): Konstruktív pedagógia — egy új paradigma a láthatáron (III.). *Iskolakultúra*, **7**. 4.sz. 3-18.
- Nahalka István (1998a): A tanulás. In: Falus Iván (szerk.): *Didaktika*. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest
- Nahalka István (1998b): Az oktatás tartalma. In: Falus Iván (szerk.): *Didaktika*. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest
- Nahalka István (2002): A gyermektudomány elemei a fizikában. In (Radnóti Katalin és Nahalka István (szerk.): *A fizikatanítás pedagógiája*. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest
- Nakhleh, M. (1992): Why Some Students Don't Learn Chemistry, *Journal of Chemical Education*, **69**. (3) 191-196.
- Nakleh, M. B. és Samarapungavan, A. (1999): Elementary school children's beliefs about matter. *Journal of Researc in Science Teaching*. **36**. 7. 777-805.
- Novak, J. D. (1977): An alternative to Piagetian psychology for science and mathematics education. *Science Education*, **61**. 453-477.
- Novak, J. D. (1979): The reception learning paradigm. *Journal of Research of Science teaching*, **16**. 481-488.
- Novak, J. D. (1983): Overview of the seminar. In: Helm, H. és Novak, J.D. (szerk.): *Proceedings of the first international seminar on misconceptions in science and mathematics*. Department of Education, Cornell University, New York. 1-4.

- Novak, J. D. (1990): Concept mapping: A useful tool for science education. *Journal of research in Science Teaching*, **27**. 10. 937-949.
- Novak, J. D., Gowin, D. B. és Johanda, G. T. (1983): The use of concept mapping and knowledge vee mapping with high school science students. *Science Education*, **5**. 625-645.
- Novick, S. és Nussbaum, J. (1978): Junior high school pupils' understanding of the particulate nature of matter, an interview study, *Science Education* **62**. 273-281.
- Novick, S. és Nussbaum, J. (1981): Pupils' understanding of the particulate nature of matter: A cross-age study, *Science Education* **65** (2), 187-196. (Reported in Kind (2004).)
- Nussbaum, J. (1985): The particulate nature of matter in gaseous phase. In: Driver, R., Guesne, E., és Tiberghien, A. (szerk.) *Children's Ideas In Science*. Open University Press, Milton Keynes, Philadelphia. 124-144.
- Nussbaum, J. és Novick, S. (1982): Alternative frameworks, conceptual conflict and accomodation: Toward a principled teaching strategy. *Instructional Science*, **11**. 183-200.
- Osborne, R.J., Bell, B.F. és Gilbert, J.K. (1983): Science teaching and children's views of the world. *European Journal of Science Education*, **5**. 1-14.
- Osborne, R. J. and Cosgrove, M.M. (1983): Childrens' conceptions of the changes of state in water. *Journal of Research in Science Teaching* **20**. 825-838.
- Pereira, M.P., és Pestana, M. E. M. (1991): Pupils' representations of models of water. *International Journal of Science Education* **13**. 3. 313-319.
- Piaget, J. (1970): Válogatott tanulmányok. Gondolat Kiadó. Budapest
- Piaget, J. és Inhelder, B. (1974): The child's construction of quantities. Routledge and Kegan Paul, London.
- Piaget, J. (1993): Az értelem pszichológiája, Gondolat, Budapest. Prieto, T., Blanco, A., és Rodriguez, A. (1989): The ideas of 11 to 14-year-old students about the nature of solutions. *International Journal of Science Education* **11**. 4, 451-463.
- Pintrich, P. R. (1998). The role of classroom contextual features and motivational beliefs in conceptual change. Paper presented in the session „Social, contextual and motivational aspects of conceptual change”. *Second European Symposium on Conceptual Change*. Universidad Autónoma de Madrid, November 6-8.
- Pintrich, P. R. (1999): Motivational beliefs as resources for and constraints on conceptual change. In: Schnotz, W., Vosniadou, S. és Carretero, M. (szerk.): *New perspectives in conceptual change*. Pergamon, Elsevier science, Oxford. 33-50.

- Pintrich, P. R., Marx, R. W. és Boyle, R. A. (1993): Beyond cold conceptual change: The role of motivational beliefs and classroom contextual factors in the process of conceptual change. *Review of educational Research*, **6**. 167-199.
- Pléh Csaba (1992): Pszichológiatörténet. Gondolat, Budapest.
- Pléh Csaba (szerk.) (1997): A megismeréstudomány egy új útja: A párhuzamos feldolgozás. Typotex Elektronikus Kiadó Kft., Budapest
- Polányi Mihály (1994): Személyes tudás. Atlantisz. Budapest.
- Popper, K. (1972): Objective Knowledge. Oxford University Press, Oxford
- Posner, G.J., Strike, K.A., Hewson, P.W. és Gertzog, W.A. (1982): Accomodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, **66**. 211-227.
- Potter, F. (2004): *Simplified version of KST analysis*. (chem.ps.uci.edu/~mtaagepe/KSTBasic.html)
- Pozo, J. I., Gómez M., Limón M. y Sanz A. (1991): Procesos Cognitivos en la Comprensión de la Ciencia: Las Ideas de los Adolescentes sobre Química. Madrid, Esp.: C. I. D. E.
- Pozo, J. I. (1997): A fogalmi váltás: Az újraszerkesztés, kifejtés és hierarchikus beépülés folyamata. *Iskolakultúra*, **7**. 12. sz. 47-57.
- Prieto, T., Blanco, A. és Rodriguez, A. (1989). The ideas of 11 to 14 year old students about the nature of solutions. *International Journal of Science Education* **11**. (4) 451-463.
- Russel, T. harlen, W. és Watt, D.(1989): Children's ideas about evaporation. *International Journal of science Education*, **11**. 566-576.
- Schmidt, H. J. (1997): Students' Misconceptions - Looking for a Pattern, *Science Education* **81** (2), 123-135.
- Schneider, I. K., Oberländer, F., Tóth, Z. Dobó-Tarai, É. és Revák-Markóczy, I. (2006): Natural scientific learning in primary schools: The Rostock Model. *Practice and Theory in System s of Education*, **1** (2), 1-23. <http://eduscience.fw.hu>
- Séré, M. G. (1982): A study of some framework used by pupils aged 11-13 years int he interpretation of pressure. *European Journal of Science Education*. **4**. 299-309.
- Séré, M.G. (1986): Children's conceptions of the gaseous state, prior to teaching. *European Journal of Science Education* **8**. (4), 413-425.
- Slone, M., és Bokhurst, F.D. (1992): Children' s understanding of sugar water solutions. *International Journal of Science Education* **14**. 2, 221-235.
- Smith, J. P., diSessa, A. A. és Rochelle, J. (1993): Misconceptions reconceived: A constructivist analysis of knowledge and transition. *The Journal of the Learning Sciences*, **3**. 115-163.
- Spelke, E. S. (1991): Physical knowledge in infancy: Reflections on Piaget's theory. In: Carey, S. és Gelman, R. (szerk.): *Epigenesis of mind*:

- Studies in biology and cognition*. Lawrence Erlbaum, Hillsdale, New Jersey. 133-170.
- Stavridou, H és Solomonidou, C. (1989) Physical phenomena - chemical phenomena: do pupils make a distinction?. *International Journal of Science Education*, **11**. 83-92
- Stavy, R., Eisen, Y. és Yaakobi, D. (1987): How students aged 13-15 understand photosynthesis. *International Journal of Science education*. **9**. 1. 105-115.
- Stavy, R. és Stachel, D. (1985): Children's ideas about 'solid' and 'liquid'. *European Journal of Science Education* **7**. (4), 407-421.
- Stavy, R. (1998): Children's conceptions of changes in the state of matter from liquid or solid to gas. *Journal of Research in Science teaching*. **10**. 553-560.
- Stavy, R. (1990). Children's conceptions of changes in the state of matter: From liquid (or solid) to gas. *Journal of Research in Science Teaching* **27**. (3), 247-266.
- Strauss, S. és Stavy, R. (1983): Engaging children's intuitive physics concepts via curriculum units: the case of heat and temperature. In: Helm, H. és Novak, J.D. (szerk.): Proceedings of the first international seminar on misconceptions in science and mathematics. Department of Education, Cornell University, New York. 310-321.
- Strike, K. A. (1983): Misconception and conceptual change: Philosophical reflections on the research program. In: Helm, H. és Novak, J. D. (szerk.): Proceedings of the first international seminar on misconceptions in science and mathematics. Department of Education, Cornell University, New York. 85-97.
- Strike, K. A. és Posner, G. J. (1992): A revisionist theory of conceptual change. In: Duschl, R. és Hamilton, R. (szerk.): Philosophy of science, cognitive psychology, and educational theory and practice. SUNNY, Albany, New York. 147-176.
- Taagepera, M. és Noori, S. (2000): Mapping students' thinking patterns in learning organic chemistry by the use of knowledge space theory. *Journal of Chemical Education*, 9. sz. 1224-1229.
- Taagepera, M., Arasasingham, R., Potter, F., Soroudi, A. és Lam, G. (2002): Following the development of bonding concept using knowledge space theory. *Journal of Chemical Education*, 6. sz. 756-762.
- Taber, K.S. (1996): The secret life of the chemical bond: students' anthropomorphic and animistic references to bonding. *International Journal of Science Education* **18**. (5), 557-568.
- Taber, K. S. (1998). An Alternative Conceptual Framework From Chemistry Education. *International Journal of Science Education* **20**. 5. 597-608.

- Takács V. (1997): A tudásszerkezet mérése. *Iskolakultúra*, **7.** 6-7. sz. melléklet.
- Tóth Z. (2002): A kémiai fogalmak természete. *Iskolakultúra*, **12.** 4. 92 – 95.
- Tóth Z. (2005): A tudásszerkezet és a tudás szerveződésének vizsgálata a tudástér-elmélet alapján. *Magyar Pedagógia*, **105.**1, 59-82
- Tóth Z. és Kiss E. (2006): Using particulate drawings to study 13-17 year olds' understanding of physical and chemical composition of matter as well as the state of matter. *Practice and Theory in Systems of Education*, **1**, 109-125. (<http://eduscience.fw.hu/>)
- Toulmin, S. (1972): Human understanding. Princeton University Press.
- van Driel, J., de Vos, W., van der Loop, N. és Dekkers, H. (1998): Developing secondary students' conceptions of chemical reactions: the introduction of chemical equilibrium. *International Journal of Science Education* **20.**(4), 379-392..
- Viennot, L. (1979): Spontaneous reasoning in elementary dynamics. *European Journal of Science Education*, **1.** 205-221.
- Vigotszkij, L. Sz. (1967): *Gondolkodás és beszéd*. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- de Vos W., és Verdonk, A. H. (1985): A new road to reaction. Part 2. *Journal of Chemical Education* **62.** 648-649.
- Vosniadou, S. (1994): Capturing and modelling the process of conceptual change. *Learning and Instruction*, **4.** 1. sz. 45-69.
- Vosniadou, S. (2002a): Tanulás, megismerés és a fogalmi váltás problematikája. *Magyar Pedagógia*, **101.** 4.sz. 435-448.
- Vosniadou, S. (2002b): On the nature of naïv physics. In: Limon, M. és Mason, L. (szerk.): „Reconsidering conceptual change: issues in theory and practice”. Dordrecht: Kluwer. 291-297.
- Wandersee, J. H.; Mintzes, J. J. és Novak, D. J. (1994): Research on alternative conceptions in science. In Gabel, D. (szerk.): Handbook of research on science teaching and learning. Macmillan Publishing Company, New York, 177-210.
- Wheeler, A. és Kass, H. (1978): Student misconceptions in chemical equilibrium. *Science Education* **62.** (2), 223-232
- White, R. T. (1994): Conceptual and conceptions change. *Learning and Instruction*, **4.** 1. sz. 117-121.
- Zoller, U. (1990): Students' misunderstandings and misconceptions in college freshman chemistry (general and organic). *Journal of Research in Science teaching*. **27.** 1053-1065.

7. Tudományos publikációk

7.1. Az értekezés témájához közvetlenül kapcsolódó publikációk

7.1.1. Referált, nemzetközi folyóiratban megjelent tudományos közlemények adatai

1. Ilona K. Schneider, Franz Oberländer, Zoltán Tóth, Éva Dobó-Tarai, Ibolya Revákne Markóczi

Natural scientific learning in primary schools: The Rostock Model
Practice and Theory in Systems of Education, Vol. 1. No. 2. (2006) pp. 1-23.
(<http://eduscience.fw.hu>).

2. Zoltán Tóth, Éva Dobó-Tarai, Ibolya Revák-Markóczi, Ilona K. Schneider, Franz Oberländer

1st Graders prior knowledge about water: Knowledge Space Theory applied to interview data
Journal of Science Education, Vol. 8. No. 2. (2007) pp. 116-119.

3. Ibolya Revák-Markóczi, Beáta Tóth-Kosztin, Zoltán Tóth, Éva Dobó-Tarai, Ilona K. Schneider, Franz Oberländer

Effects of applying the Rostock Model on metacognitive development of pupils
Journal of Science Education, Vol. 9. No. 2. (2008) pp. 94-99.

4. Zoltán Tóth, Ibolya Revák-Markóczi, Ilona K. Schneider, Franz Oberländer, Éva Dobó-Tarai

Effect of instruction on 1st graders' thinking patterns regarding the description of water with every day and scientific concepts
Practice and Theory in Systems of Education, Vol. 3. No. 1. (2008) pp. 45-54.
(<http://eduscience.fw.hu>).

7.1.2. Referált, magyar nyelvű folyóiratban megjelent közlemény:

Dobóné Tarai Éva

Általános iskolai tanulók tudásszerkezete
Iskolakultúra. 17. évfolyam, 7-8. szám (2007) 119-131.

7.1.3. Nem referált folyóiratokban megjelent közlemények

1. Dobóné Tarai Éva

Gyermektudományos elméletek az égéssel kapcsolatban

Középiskolai Kémiai Lapok, XXXI. évfolyam, 2. szám (2004) 186-194.

2. Dobóné Tarai Éva

Tanulói elképzelések az anyag részecsketermészetével kapcsolatban

Középiskolai Kémiai Lapok, XXXI. évfolyam, 3. szám (2004) 285-296

3. Dobóné Tarai Éva

Oldódás - ahogy a gyerekek látják

Középiskolai Kémiai Lapok, XXXI. évfolyam, 4. szám (2004) 352-361

4. Dobóné Tarai Éva

Kémiai fogalmak és gyermektudományos elméletek

A Kémia Tanítása, 13. évfolyam, 2. szám (2005) 12-19.

7.1.4. Konferenciákon tartott előadások:

1. Dobóné Tarai Éva, Tóth Zoltán:

Az égéssel, tömegmegmaradással, és az anyag részecske-természetével kapcsolatos gyermektudományos elméletek vizsgálata

XXI. Országos Kémiatanári Konferencia, Pécs, 2004. (Előadásösszefoglalók, 78-79. o.)

2. Dobóné Tarai Éva:

A „lélegző biciklikerék”, avagy mi van a leeresztett kerékpárgumiban?- természettudományos fogalmak és gyermektudományos elméletek

IV. Országos Neveléstudományi Konferencia, Budapest, 2004. (Program és Tartalmi Összefoglalók, 307. o.)

3. Dobóné Tarai Éva

States of water- Knowledge Space Theory- 1st graders knowledge structure about water and change of water

Angol nyelvű előadás a project megbeszélésen (Rostock, 2005.)

4. Dobóné Tarai Éva

Az anyag állapotával kapcsolatos fogalmak fejlődésének interjúkon alapuló vizsgálata

V. Országos Neveléstudományi Konferencia, Budapest, 2005. (Program és Tartalmi Összefoglalók, 158. o.)

5. Dobóné Tarai Éva, Tóth Zoltán, Revákné Markóczi Ibolya, Ilona Schneider, Franz Oberlaender

Anyagi halmazokkal kapcsolatos fogalmak vizsgálata

XXII. Országos Kémiatanári Konferencia, Veszprém, 2006. (Előadásösszefoglalók, 46.o.)

6. Dobóné Tarai Éva

Általános iskolás tanulóknak az anyaggal és változásaival kapcsolatos tudásszerkezete

VI. Országos Neveléstudományi Konferencia, Budapest, 2006. (Program és Tartalmi Összefoglalók, 136.o.)

7. Dobóné Tarai Éva

Természettudományos fogalmakhoz kötődő alternatív tanulói elképzelések diagnózisa

VII. Országos Neveléstudományi Konferencia, Budapest, 2007. (Program és Tartalmi Összefoglalók, 202.o.)

8. Revákné Markóczi Ibolya, Tóth Zoltán, Dobóné Tarai Éva

Kisiskolások természettudományos gondolkodásának vizsgálata – a Rostocki Modell

VII. Országos Neveléstudományi Konferencia, Budapest, 2007. (Program és Tartalmi Összefoglalók, 73.o.)

9. Tóth Zoltán, Revákné Markóczi Ibolya, Dobóné Tarai Éva, Ilona K. Schneider, Franz Oberlaender:

A tanítás hatása az elsősztályos tanulók vízzel kapcsolatos fogalmi rendszerére

I. Miskolci "Taní-tani" Konferencia, Miskolc, 2008. (Előadásösszefoglalók, 74. o. (www.uni-miskolc.hu/~btntud/imtk.pdf))

7.1.5. Konferenciákon bemutatott posztterek:

1. Dobóné Tarai Éva:

Az anyag részecsketermészetével kapcsolatos gyermektudományos elméletek vizsgálata.

XXI. Országos Kémiatanári Konferencia, Pécs, 2004 (Előadásösszefoglalók, 154. o.)

2. Dobóné Tarai Éva

A tömegmegmaradással kapcsolatos gyermektudományos elméletek

XXI. Országos Kémiatanári Konferencia, Pécs, 2004. (Előadásösszefoglalók, 155. o.)

3. Dobóné Tarai Éva

„...Könnyebb, mert a tűz táplálékát kinyerte” - Az égéssel kapcsolatos gyermektudományos elméletek

XXI. Országos Kémiatanári Konferencia, Pécs, 2004. (Előadásösszefoglalók, 156. o.)

4. Dobóné Tarai Éva, Tóth Zoltán

Anyagi halmazokkal kapcsolatos fogalmak tudásszerkezete

XXII. Országos Kémia tanári Konferencia, Veszprém, 2006.

(Előadásösszefoglalók, 83.o.)

5. Éva Dobó-Tarai, Zoltán Tóth, Ibolya Revák-Markóczi, Ilona K. Schneider, Franz Oberländer

A study of 1st graders' prior knowledge about water using interview based knowledge space theory

8th European Conference on Research in Chemical Education, Budapest, 2006. (Book of abstracts, p. 134.)

7.2. Az értekezés témájához közvetlenül nem kapcsolódó publikációk

7.2.1. Nyomtatásban megjelent közlemények

1. Dobóné Tarai Éva, Tarján András

Környezetvédelmi praktikum tanároknak

Mezőgazda Kiadó. Budapest, (1999)

2. Dobóné Tarai Éva

Környezeti nevelő játékok.

Módszerkosár, Magyar Környezeti Nevelési Egyesület, Budapest, 3. szám, (2001) 1-3.

3. Dobóné Tarai Éva

Internetes barangolás: Recycle City angol nyelvű honlap ismertetése

Módszerkosár, Magyar Környezeti Nevelési Egyesület, Budapest, 9. szám, (2002) 1-2.

4. Dobóné Tarai Éva (2005)

Játékos kémia

In: Kíméletes kémia (szerk.: Bagári Kinga), Magyar Környezeti Nevelési Egyesület, Budapest, (2005) 109-129.

5. Bartha Cecília, Dobóné Tarai Éva

Környezetbarát kísérletezés a kémiaórákon

In: Kíméletes kémia (szerk.: Bagári Kinga), Magyar Környezeti Nevelési Egyesület, Budapest. (2005) 130- 147.

6. Dobóné Tarai Éva

Szakkör

In: Iskolánk zöldítése (szerk.: Victor András) Magyar Környezeti Nevelési Egyesület, Budapest. (2005) 183-189.

7. Dobóné Tarai Éva

Csak egy panel?

Krétaör, 14. évfolyam 2. szám (2007) 11.

8. Dobóné Tarai Éva

Interaktív tábla a kémiaórákon – Az első tapasztalatok

Középiskolai Kémiai Lapok, XXXIV. évfolyam, 5. szám (2007) 410-419

9. Dobóné Tarai Éva

Tanösvény a Kék Tagiskolában.

Tizenharmadik Kerületi Hírnök 2008. május 2. 6.

10. Dobóné Tarai Éva

Keverékek és oldatok szétválasztása – a témakör feldolgozása aktív tábla segítségével

Táblatanító 1. évfolyam, 1. szám (2008) 8-13.

7.2.2. Előadások és bemutatók

1. Dobóné Tarai Éva

A szilfa félék

Előadás, Herman Ottó Természetvédelmi és Bonsai Egyesület, Budapest, 2004.

2. Dobóné Tarai Éva

Őshonos fák Magyarországon

Előadás. Herman Ottó Természetvédelmi és Bonsai Egyesület, Budapest, 2005.

3. Dobóné Tarai Éva

Borókák

Előadás. Herman Ottó Természetvédelmi és Bonsai Egyesület, Budapest, 2006.

4. Dobóné Tarai Éva

Az arborétumok szerepe Magyarországon

Előadás. Herman Ottó Természetvédelmi és Bonsai Egyesület, Budapest, 2007.

5. Dobóné Tarai Éva

Az interaktív tábla kémia órai felhasználásának lehetőségei és tapasztalatai

Kompetencia és megújulás - Szemléletváltás a közoktatásban, XIII: kerületi Közoktatási Konferencia, Budapest, 2007.

6. Dobóné Tarai Éva

Interaktív tábla a kémia órán – A Műszaki Kiadó pályázatán nyertes pályamunka bemutatása

II. Országos Interaktív Tábla Konferencia, Budapest, 2007.

7. Dobóné Tarai Éva

Interaktív tábla nyújtotta lehetőségek

Bemutató óra – Budapest, XIII. kerület, 2007.

8. Dobóné Tarai Éva

Interaktív tábla a kémiaórákon

Bemutató óra – Budapest, XVII. Kerület, 2007.

9. Dobóné Tarai Éva

Így használom az interaktív táblát

HEFOP 3.1.3. program zárókonferenciája, Csongrád, Batsányi János Gimnázium, 2008. január 24

10. Dobóné Tarai Éva

Interaktív tábla a gyakorlatban

Előadások és bemutatók (4) az interaktív tábla kémiaórai használatáról, EDUCATIO 2008 Kiállítás, Budapest

11. Dobóné Tarai Éva

Interaktív tábla a természettudományos oktatásban

Intelligens Iskola – Nemzeti Fejlesztési Ügynökség által szervezett előadó körút öt állomásán bemutató foglalkozás (Miskolc, Eger, Hódmezővásárhely, Kaposvár, Nyíregyháza) (2008).

12. Eva Dobo Tarai

The use of interactive whiteboards in Hungary

Mednarodna konferenca Splet izobraževanja in raziskovanja z IKT – SIRIKT 2008, Kranjska Gora, 2008. április 16-19. (Előadásösszefoglalók, 76. o)

13. Dobóné Tarai Éva

Az interaktív tábla a kémiaórán

XXIII. Kémiatanári Konferencia, Budapest, 2008. (Előadásösszefoglalók, 102. o.)

8. Mellékletek

1. melléklet: Néhány jellemző tanulói elmélet anyagi halmazokkal és változásaikkal kapcsolatban

Fogalom, témakör	Néhány jellemző tanulói elképzelés	
Halmazállapotok	Az anyag többféle halmazállapotban előfordulnak, mint például folyékony, szilárd, légnemű, por, papírszerű, massa, nyálkás	Hayes (1979)
	A vízpárában lévő vízmolekulák nagyobbak, mint a jégben található	Lee (1993)
	A jég molekulái kemények és fagyottak	Lee (1993)
	Halmazállapot-változás során megváltozik a molekulák alakja	Griffiths (1989)
	A forró folyadék molekulái melegebbek, mint a hideg folyadékban lévők.	deVos (1987)
	A forrásban lévő vízből felszálló buborékok levegőt tartalmaznak.	Osborne (1983)
	A levegő él. A levegő mindig ki akar terjedni mindenhová	Sere (1986)
	A súlyt a légnyomás okozza, vákuumban eltűnik.	Clement (1982)
	A nem merev és nem kemény tárgyak, mint például a szivacs, a homok, a tészta, vagy a gyapjúfonál nem szilárd halmazállapotúak	Stavy (1985), Johnson (1996)
Anyagi halmazok szerkezete	Az anyag folytonos és homogén.	Nakhleh (1992)
	A gázok viselkedése a molekulák között fellépő vonzó és taszító erőkkel magyarázható	Novick, Nussbaum (1978, 1981)
	Az anyag folytonos, de részecskéket tartalmaz. Az anyag az atomok között van.	Griffiths (1992)

	Az atomok és molekulák közötti tér nem üres	Kind (2004)
	A molekulák és az atomok közötti teret levegő tölti ki.	Kokotas (1998)
	A részecskék közötti térben pára és oxigén van, vagy valamilyen szennyeződés.	Novick (1978)
Anyagi halmazok összetétele	Az anyagokban a molekulák össze vannak ragasztva	de Vos (1987)
	Az atomok lágyak és bolyhosak.	Wheeler (1978)
	Az atomok kemények, mint a biliárdgolyó	Wheeler (1978)
	Az atomok olyanok, mint a sejtek a sejthártyával és a sejtmaggal	Wheeler (1978)
	Az atomok élnek, mert mozognak.	Griffith (1989, 1992)
	A részecskék képesek megváltoztatni az alakjukat, színüket, kiterjednek, vagy összenyomódnak, eléghetnek.	Happs (1980)
	A részecskék között fellépő taszító erő nem engedi, hogy leessenek az edény aljára	Novick (1981)
Tömeg, tömegmegmaradás	Létezik tömeg nélküli anyag	Piaget (1974)
	A tömeg nem állandó, mert a gázok súlya kisebb, mint a folyadékoké	Stavy (1990)
	Amikor a cukor feloldódik a vízben, a víz tömege nem változik.	Andersson (1984)
	Oldódáskor tömegveszteség történik, az oldat tömege kisebb lesz, mint az alkotórészeké volt.	Andersson (1984) Driver (1985)
	A tömeg elvész égéskor, mert a benzin gázzá alakul, a hő pedig mozgási energiává.	Andersson (1986)
Anyagi változások	Amikor az anyagok eltűnnek (pl. párolgás, égés során), megszűnnek létezni.	Piaget (1974)

	Párolgás után a gáz tömege kisebb, mint a folyadéké volt.	Stavy (1990)
	Oldódáskor eltűnnek az anyagok (só, cukor)	Prieto (1989)
	Az olvadás és az oldódás ugyanazok a folyamatok.	Lee (1993)
	Amikor a só feloldódik, folyékony sóvá válik.	Kokotas (1998)
	Oldódáskor eltűnik a só	Lee (1993)
	Kémiai reakciók során mindig egyféle anyag keletkezik	de Vos és Verdonk (1985)
	A kémiai változás mindig visszafordíthatatlan	van Driel (1998)
	A kémiai reakciók során a kiindulási anyagok teljesen és végérvényesen eltűnnek.	van Driel (1998)
	A csapadékképződéssel járó reakciók során nő a tömeg, mert a szilárd anyag nehezebb, mint a folyékony.	Barker (1995, 1999)
Savak, bázisok	A sav egy olyan valami, ami elroncsolja az anyagokat és leégetheti a kezed.	Hand (1988)
	A savakban hidrogén-ionok találhatóak, de az oldatban a sav molekuláris állapotú marad.	Kind (2004)
	A bázisok olyan anyagok, amelyek képesek legyőzni a savakat.	Hand és Treagust (1988)
	A bázisok hidroxid-ionok leadására képes anyagok.	Cros (1986, 1988)
Oxidáció, redukció	Oxidáció: oxigén felvétel.	Garnett (1992)
	Redukció: oxigén leadás.	Garnett (1992)
Kémiai kötések	Az atomok kötések akarnak kialakítani, az atomoknak szükségük van kötések kialakítására.	Taber (1996)

	A kémiai kötések felbomlása energia felszabadulással jár	Cachapuz (1987)
	Kémiai kötések kialakításához energiát kell befektetni.	Cachapuz (1987)
	Ellentétes töltésű ionokból semleges molekulák keletkeznek.	Cachapuz (1987)
	Az oktett szerkezet elérése érdekében játszódnak le a kémiai reakciók.	Bodner (1991)
	A klór még egy elektront akar „szerezni”.	Bodner (1991)
	A kovalens kötés gyengébb, mint az ionkötés, ezért melegítéskor először ez hasad fel.	Barker (1995)
	A vízmolekulák között kialakuló hidrogén-kötés folyadék, vagy gyenge kötés.	Barker (1995)

2. melléklet: Az első osztályosok iskolakezdekéskor készült interjúi

Név	Életkor:	osztály:
Első kísérlet: A párolgás és olvadás jelensége		
Demonstráció	Az interjút végző személy rányomja nedves kezét a száraz táblára.	A tanuló egy jégkockát tart a kezében.
Utasítás	Nézd meg a tenyérnyomot, mi történik vele!	Figyeld meg pontosan mi történik a jégkockával?
Kérdések	Mi történt?	Mi történt a jégkockával?
	Hová lett a tenyérnyomban lévő víz?	Hová lett a jégkocka?
	Láttál-e már hasonlót ezelőtt?	Láttál-e már hasonlót ezelőtt?
Magyarázat (próbálkozások, nyitott kérdések)		

Név:	Életkor:	Osztály:
Második kísérlet: A víz, mint oldószer		
Demonstráció	A kérdező kevés sót szór egy pohár vízbe, majd elkeveri.	A kérdező kevés gipszport szór egy pohár vízbe, majd elkeveri.
Utasítás	Nézd meg pontosan mi történt!	Nézd meg pontosan mi történt!
Kérdések	Mi történt?	Mi történt?
	Hová lett a só?	Miért nem oldódott fel a gipsz?
Demonstráció	A kérdező ismét sót szór a vízbe addig, míg a só tovább már nem oldódik.	
Utasítás	Nézd meg pontosan mi történt!	
Kérdés	Mi történik most?	
	Miért nem oldódik most fel a só?	
Magyarázat (próbálkozások és nyitott kérdések)		

3. melléklet: Az első osztályosok iskolakezdéskor készült interjúi - Az interjúk értékelése a mennyiségi elemzésekhez

Név:

Életkor:

Osztály:

1. A víz állapotai:	Az értékelés szabályai
1. A felmérésvezető nedves kezét a száraz táblára nyomja:	
A) Mi történt?	1 pont: elpárolgott, vagy olyan jellegű tartalmi körülírás, amelyből a jelenség megértésére lehet következtetni. (pl. a levegőben, pára lett, stb.)
B) Hová lett a víz?	1 pont: a levegőben, vízpára, körülöttünk...
C) Láttál-e már hasonlót valahol?	1 pont: ha érdemi párhuzamot említ
2. A felmérés vezető pici jégkockát tesz a gyerek kezébe:	
A) Figyeld meg pontosan, mi történik a jégkockával?	1 pont: megolvad
B) Hová tűnt a jégkocka?	1 pont: vízzé alakul
C) Láttál már valami hasonlót korábban?	1 pont: ha érdemi párhuzamot említ
2. A víz, mint oldószer:	
2.1. A felmérésvezető pici sót szór egy pohár vízbe, felkavarja (feloldódik)	
A) Figyeld meg pontosan, mi történt?	1 pont: feloldódik, vagy olyan jellegű tartalmi körülírás, amelyből a jelenség megértésére lehet következtetni. (belekeveredett a vízbe)
B) Hová lett a só?	1 pont: a vízben van
A felmérésvezető további sót szór a pohárba (telítette teszi az oldatot)	
A) Figyeld meg pontosan, mi történt?	1 pont: ha észre veszi az előbbtől eltérő viselkedést

B) Hová lett a só?	1 pont: részben a vízben, részben az edény alján
C) Most miért nem oldódik fel a só?	1 pont: ha magyarázatában kitér a mennyiségi viszonyok változására, és ezzel hozza összefüggésbe a látottakat
2.2. A felmérésvezető kevés gipszet szór a vízbe, majd felkavarja.	
A) Figyeld meg pontosan, mi történt?	1 pont: érzékszervi megfigyeléseiről pontosan beszámol
B) Mi történt?	1 pont: ha észreveszi, hogy bár a gipsz elkeveredett a vízben, de nem oldódott fel
C) Miért nem oldódott fel a gipsz?	1 pont: ha a gipsz eltérő viselkedését a különböző anyagi minőségre vezeti vissza.

Összesen: 14 pont

3. A vizek tisztulása, víztisztítás		
Demonstráció	A kérdező talajjal szennyezett vizet önt egy kémcsőbe helyezett szűrőpapírt tartalmazó tölcsérbe.	A kérdező tintával szennyezett vizet önt egy kémcsőbe helyezett szűrőpapírt tartalmazó tölcsérbe.
Utasítás	Nézd meg pontosan mi történik!	Nézd meg pontosan mi történik!
Az értékelés szabályai:		
Kérdés	Mi történt a szennyezett vízzel, miután átfolyt a szűrőpapíron? 1 pont: a talajszemcsék azért maradnak fönt, mert a szűrőpapír pórusainál nagyobb méretűek	Mi történt a szennyezett vízzel, miután átfolyt a szűrőpapíron Miért folyt át a tintás víz a szűrőpapíron? 1 pont: mert a tinta olyan pici, hogy átfér, vagy „beleolvad” a vízbe, beleoldódik, vagy, mert folyékony
	Szerinted a víz most tiszta lett? 1 pont: nem, bármilyen indokkal	
	Van más ötleted is a víz megtisztítására? 1 pont: bármilyen elfogadható ötlet	Szerinted hogyan lehetne a vizet a tintától megtisztítani? 1 pont: bármilyen elfogadható ötlet -
Magyarázat (Próbálkozások, nyitott kérdések)		

Összesen: 5 pont

4. melléklet: Mely feladatpárok értelmezésénél volt következetes az iskolakezdők anyagszemlélete?

	Khí- négyzet	Valószínűs égi szint	Azonos anyagszemléletű válasz
Párolgás – só oldódása	5,79	0,016	+
Párolgás – gipsz oldása	4,21	0,040	+
Párolgás – talajjal szennyezett víz szűrése	5,20	0,022	+
Párolgás – tintás víz szűrése	0,383	0,826	-
Só oldódása – gipsz oldása	99,427	0,000	+
Só oldása – talajjal szennyezett víz szűrése	99,73	0,000	+
Só oldása- tintás víz szűrése	0,626	0,960	-
Gipsz –oldása – talajjal szennyezett víz szűrése	92,208	0,000	+
Gipsz oldása – tintás víz szűrése	0,361	0,986	-
Talajjal szennyezett víz szűrése – tinta szűrése	13,88	0,008	+

5. melléklet: Az első osztályosok iskolakezdéskor készült interjúi: A víz állapotai: párolgás, olvadás, oldódás, telített oldat feladatok bináris kódokká alakítása a KST elemzéshez

1. feladat: Nedves tenyérnyomat eltűnésének értelmezése
1 pont: elpárolog, a levegőben van
0 pont: eltűnik, megszárad, lefolyik, a tábla beszívja, bármi egyéb, vagy nincs válasz
2. feladat: A jég olvadása
1 pont: elolvad, megolvad, vízzé válik
0 pont: bármilyen egyéb magyarázat, vagy nincs válasz
3. feladat: A só oldódása
1 pont: ha tartalmilag érti, hogy benne van a só (csak 1-2 gyerek ismeri és használja az oldódás kifejezést, a többség az olvadást használja szinonimaként)
0 pont: eltűnik, víz lesz belőle, stb.; vagy nincs válasz
4. feladat: Telített sóoldat készítése
1 pont: Ha mennyiségi összefüggésekkel magyarázza a tapasztalatokat
0 pont: ha a kevergetés idejével, keménységgel keres kapcsolatot, vagy: jéggé válik, stb.; vagy nincs válasz
5. feladat: Gipsz oldása vízben
1 pont: ha a sótól különböző anyagi minőséget tételez fel a gipszről, az eltérő viselkedést az eltérő anyagi minőséggel magyarázza
0 pont: Ha a sóhoz hasonlóknak tekinti a jelenséget, vagy nincs válasz

A víz tisztításához kapcsolódó feladatok bináris kódokká alakítása a KST elemzéshez

6. feladat: Talajjal szennyezett vizet leszűrünk
1 pont: a talajszemcsék azért maradnak fönt, mert a szűrőpapír pórusainál nagyobb méretűek
0 pont: bármilyen más magyarázat, vagy nincs válasz

7. feladat: Tiszta-e szűrés után a víz?
1 pont: ha nem, bármilyen indokkal
0 pont: igen, vagy nincs válasz
8. feladat: Van-e más ötleted a víz megtisztítására?
1 pont: bármilyen elfogadható ötlet
0 pont: ha az ötlet nem alkalmas a víztisztításra, vagy nincs javaslata
9. feladat: Tintával szennyezett vizet leszűrünk. Miért folyt át a tintás víz?
1 pont: mert a tinta olyan pici, hogy átfér, vagy „beleolvad” a vízbe, bele oldódik, vagy, mert folyékony
0 pont: minden más magyarázat, vagy ha nincs válasz
10. feladat: Van-e más ötleted a víz megtisztítására?
1 pont: bármilyen elfogadható ötlet
0 pont: ha az ötlet nem alkalmas a víztisztításra, vagy nincs javaslata

6. melléklet: Az anyagi változások - feladatlap

Életkorod: _____

Fiú, vagy lány vagy? _____

Előző tanév végi fizika jegyed: _____

Előző tanév végi kémia jegyed (ha már tanultál kémiát): _____ **A**

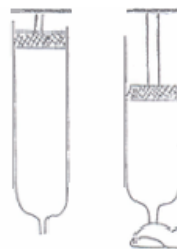
A VÁLASZAITAT LEHETŐLEG MINÉL RÉSZLETESEBBEN INDOKOLD MEG! HA SZÜKSÉGES, A LAP HÁTOLDALÁN IS FOLYTATHATOD!

1. Egy fecskendő nyílását befogom, majd a dugattyút lefelé mozgatom. Több, vagy kevesebb levegő van a fecskendőben?

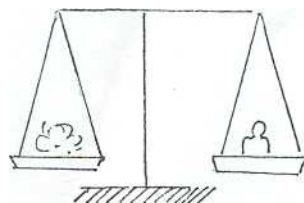
Hogyan változik a levegő tömege a második esetben?

Hogyan változik a térfogata a második esetben?

Rajzold be mind a két fecskendőbe a levegőt!



2. A mérleg egyik tányérjába egy papírdarabot teszünk, és pontosan kiegyensúlyozzuk a mérleget. Meggyújtjuk a papírdarabkát és az égés befejeződése után megvizsgáljuk a két tányér helyzetét. A „papírdarabos” tányér könnyebb, vagy nehezebb lett, vagy változatlan maradt a tömege? Válaszodat indokold!



3. Egy pohár teába kockacukrot dobunk. Mi történik a kockacukorral?

Miért?

Miért érezzük édesnek a teát?

Hány gramm anyagunk lesz, ha 100 gramm teába 10 gramm cukrot teszünk?

Változik-e a tömeg?

Változik-e a térfogat? A pohárban a folyadék szintje ugyanolyan lesz, alacsonyabb lesz, vagy magasabb lesz?

Miért?

4. Mi van a felfújott kerékpárgumiban?

Mi van a leeresztettben?

Életkorod: _____

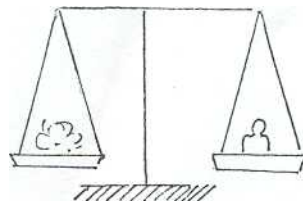
Fiú, vagy lány vagy? _____

Előző tanév végi fizika jegyed: _____

Előző tanév végi kémia jegyed (ha már tanultál kémiát): _____ **B**

A VÁLASZÁIDAT LEHETŐLEG MINÉL RÉSZLETESEBBEN INDOKOLD MEG! HA SZÜKSÉGES, A LAP HÁTOLDALÁN IS FOLYTATHATOD!

1. Egy mérleg egyik tányérjába egy fadarabot teszünk, és pontosan kiegyensúlyozzuk. Meggyújtjuk a fadarabkát és az égés befejeződése után megvizsgáljuk a két tányér helyzetét. Könnyebb, vagy nehezebb lett, vagy változatlan maradt a tömege annak a tányérnak, amelyiken a fadarab volt eredetileg? Válaszodat indokold!



2. Egy szobában kinyitok egy parfümös üveget. Ha egy ideig nyitva hagyom, a szobába belépő barátom már belépésekor megérzi az illatát. Miért?

Hideg, vagy meleg hőmérsékletű szobában figyelhető meg inkább a jelenség, vagy a hőmérséklet nem befolyásolja? Miért?

3. Egy vasszőget kint felejtettem az udvaron. Néhány hét múlva megtaláltam, de már rozsdás volt. Próbáld megmagyarázni, mi történt. Változott-e a szög tömege az eredetihez képest? (Nem baj, ha még nem tanultátok, a véleményed érdekel).

4. Egy pohár teába kockacukrot dobunk. Mi történik a kockacukorral? Miért?

Miért érezzük édesnek a teát?

Hány gramm anyagunk lesz, ha 100 gramm teába 10 gramm cukrot teszünk?
Változik-e a tömeg?

Változik-e a térfogat?

A pohárban a folyadék szintje ugyanolyan lesz, alacsonyabb lesz, vagy magasabb lesz? Miért?

7. melléklet: A 4-5-6. és 7-8. osztály feladatlapjának megoldása és pontozási feltételei

1. feladat:

Egy fecskendő nyílását befogom, majd a dugattyút lefelé mozgatom. Több, vagy kevesebb levegő van a fecskendőben?

Ha ugyanannyi: 1 pont, mindem más válasz: 0 pont.

Hogyan változik a levegő tömege a második esetben?

Ha nem változik: 1 pont, minden más esetben: 0 pont

Hogyan változik a levegő térfogata a második esetben?

Ha csökken: 1 pont, minden más esetben: 0 pont

Rajzold be mind a két fecskendőbe a levegőt!

Ha részecskeként ábrázolta: 1 pont, ha folytonosan (még ha sűrűbbnek is a második esetben): 0 pont

Σ: 4 pont

2. feladat:

A mérleg egyik tányérjába egy papírdarabot teszünk, és pontosan kiegyensúlyozzuk a mérleget. Meggyújtjuk a papírdarabkát és az égés befejeződése után megvizsgáljuk a két tányér helyzetét. A „papír darabos” tányér könnyebb, vagy nehezebb lett, vagy változatlan maradt a tömege? Válaszodat indokold!

Ha csökken. 1 pont, minden más esetben: 0 pont

Bármilyen helyes indok (füst, CO₂, Gázok, stb. távoznak: 1 pont

Σ: 2 pont

3. feladat:

Egy pohár teába kockacukrot dobunk. Mi történik a kockacukorral? Miért?

Ha feloldódik, 1 pont, elolvad, olvad, stb. 0 pont.

Miért érezzük édesnek a teát?

Ha „a cukor elkeveredik” típusú válasz: 1 pont, mindenmás 0 pont

Hány gramm anyagunk lesz, ha 100 gramm teába 10 gramm cukrot teszünk?

Ha 110 gramm. 1 pont, más: 0 pont

Változik-e a tömeg?

Ha igen: 1 pont, ha nem: 0 pont

Változik-e a térfogat?

Ha igen, nő: 1 pont, ha nem: 0 pont
Változik -e a folyadék szintje a pohárban?

Ha igen, nő: 1 pont, ha más: 0 pont.

Σ: 6 pont

4. feladat:

Mi van a felfújó kerékpárgumiban?

Ha levegő (sűrűbb, nagyobb nyomású): 1 pont, bármi más: 0 pont
Mi van a leeresztettben?

Ha levegő (ritkább, kevesebb, stb.): 1 pont, bármi más, pl. gázok, szén-dioxid, nitrogén, stb.: 0 pont

Σ: 2 pont

Maximum:14 pont

8. melléklet: A tévképzetek együttes előfordulását vizsgáló tanulói kérdőív (2. kérdőív)

Életkorod..... Osztályod:

Nemed:.....

Jobb, vagy balkezes vagy? ..

Fizika jegyed félévkor: Kémia jegyed félévkor:

Szereted-e a fizikát? Szereted-e a kémiát?

Szerepel-e a kémia a továbbtanulási, vagy későbbi terveid között?

Alkoss véleményt az állításokról! Ha igaznak gondolod I-t, ha hamisnak H-t írd az állítás után! Ha az állítással kapcsolatban megjegyzésed, vagy bővebb mondanivalód van, a lap hátoldalán megteheted.

1. A levegőt alkotó molekulák között gázok vannak
2. A forrásban lévő víz buborékai vízgőzt tartalmaznak.....
3. Az atomok és a molekulák mikroszkóppal láthatók.....
4. Az atomok atommagból és elektronburokból épülnek fel
5. Az elektronburok éles határvonal, ami az atomokat elválasztja többi atomtól:.....
6. A molekulák képesek felmelegedni és kiterjedni.....
7. A cukor eltűnik az oldatban
8. A cukor oldása során végül is vízzé válik
9. A víz eltűnik a párolgás során, mert láthatatlanná válik.
10. Nem lehetséges, hogy az élő és az élettelen dolgokat ugyanazok az alapvető anyagok építsék fel.
11. A vizet nem lehet összenyomni, mert a víz részecskék között taszító erők lépnek fel.
12. A részecskék nagyon kicsik, de láthatók, mint a cukor kristályok vagy a fa szálkái.
13. A víz apró darabokból áll, míg a jég egy nagy darabból.....
14. A víz folyékony, mert molekulákból áll.....
15. A fa azért nem folyékony, mert nincsenek molekulái.
16. Azok az anyagok olvadnak meg, amelyek vizet tartalmaznak.....
17. Az anyagok víztartalma elősegíti az olvadásukat.
18. Amikor a jég vízzé változik, a víz tömege kisebb lesz, mert a jég könnyebb, mint a víz.
19. Valamilyen anyag keletkezik lecsapódáskor, mert láthatóvá válik.
20. A só eltűnik az oldatban
21. A cukor elolvad az oldatban.....
22. Az oldat tömege a cukor és a víz együttes tömegével lesz egyenlő
23. A hideg belemegy a vízbe és megfagyasztja.....

24. A hideg levegő megfagyasztja a vizet.....
25. A fecskendőben lévő levegőt össze lehet nyomni (bizonyos mértékig)
.....
26. Összenyomás után nem változik a gáz tömege
27. A gázoknak is van tömegük
28. A csokoládé nem szilárd, mert könnyen megolvad a szánkban.....
29. Amikor a víz párolog, beszívódik a talajba.....
30. A molekulák a gázokban és a folyadékokban mozognak, de a szilárd
anyagokban nem.
31. A gyurma és a liszt nem szilárd anyagok, mert lágyak és puhák.....
32. A jég nem szilárd anyag, mert eredetileg víz volt.
33. A cukor nem szilárd anyag, mert eltűnik a vízben.
34. Az üres palackban levegő van.....
35. A hintőpor sem nem szilárd anyag, sem nem folyadék.....
36. Az atomok kerek és szilárdak
37. Egy kis tükröt néhány órára a hűtőbe tettük. Amikor kivettük,
bepárasodott. Tiszta zsebkendővel szárazra töröltük, majd néhány perc
múlva bepárasodott.
- Milyen anyag a pára a tükör felszínén?.....
- Magyarázd meg, miért párasodott be a tükör?
38. Rajzold le a víz körforgását a természetben! (túldoldalra)

9. melléklet A tévképzetek együttes előfordulását vizsgáló kérdőív felnőttek részére (2. kérdőív)

Kedves Kollégám!

A kémiai fogalmak kialakulásával kapcsolatos vizsgálataimhoz kapcsolódó kérdéseket szeretnék föltenni. Amennyiben van néhány perced, kérlek, dönts el az alábbi állításokról, véleményed szerint igazak, vagy hamisak? A kérdőív kitöltése szigorúan önkéntes és anonim.

Köszönöm a segítségedet!

1. A levegőt alkotó molekulák között gázok vannak
2. A forrásban lévő víz buborékai vízgőzt tartalmaznak
3. Az atomok és a molekulák mikroszkóppal láthatók
4. Az atomok atommagból és elektronburokból épülnek fel
5. Az elektronburok éles határvonal, ami az atomokat elválasztja többi atomtól:
6. A molekulák képesek felmelegedni és kiterjedni
7. A cukor eltűnik az oldatban
8. A cukor oldása során végül is vízzé válik
9. A víz eltűnik a párolgás során, mert láthatatlanná válik.
10. Nem lehetséges, hogy az élő és az élettelen dolgokat ugyanazok az alapvető anyagok építsék fel.
11. A vizet nem lehet összenyomni, mert a víz részecskék között taszító erők lépnek fel.
12. A részecskék nagyon kicsik, de láthatók, mint a cukor kristályok vagy a fa szálkái.
13. A víz apró darabokból áll, míg a jég egy nagy darabból
14. A víz folyékony, mert molekulákból áll.
15. A fa azért nem folyékony, mert nincsenek molekulái.
16. Azok az anyagok olvadnak meg, amelyek vizet tartalmaznak
17. Az anyagok víztartalma elősegíti az olvadásukat.
18. Amikor a jég vízzé változik, a víz tömege kisebb lesz, mert a jég könnyebb, mint a víz.
19. Valamilyen anyag keletkezik lecsapódáskor, mert láthatóvá válik.
20. A só eltűnik az oldatban
21. A cukor elolvad az oldatban
22. Az oldat tömege a cukor és a víz együttes tömegével lesz egyenlő
23. A hideg belemegy a vízbe és megfagyasztja
24. A hideg levegő megfagyasztja a vizet.

25. A fecskendőben lévő levegőt össze lehet nyomni (bizonyos mértékig)
26. Összenyomás után nem változik a gáz tömege
27. A gázoknak is van tömegük
28. A csokoládé nem szilárd, mert könnyen megolvad a szánkban
29. Amikor a víz párolog, beszívódik a talajba.
30. A molekulák a gázokban és a folyadékokban mozognak, de a szilárd anyagokban nem.
31. A gyurma és a liszt nem szilárd anyagok, mert lágyak és puhák
32. A jég nem szilárd anyag, mert eredetileg víz volt.
33. A cukor nem szilárd anyag, mert eltűnik a vízben.
34. Az üres palackban levegő van
35. A hintőpor sem nem szilárd anyag, sem nem folyadék.
36. Az atomok kerekék és szilárdak

10. melléklet: A 2. kérdőív (eldöntendő kérdések) megoldása

Alkoss véleményt az állításokról! Ha igaznak gondolod I-t, ha hamisnak H-t írsz az állítás után! Ha az állítással kapcsolatban megjegyzésed, vagy bővebb mondanivalód van, a lap hátoldalán megteheted.

1. A levegőt alkotó molekulák között gázok vannak h
2. A forrásban lévő víz buborékai vízgőzt tartalmaznak..... i
3. Az atomok és a molekulák mikroszkóppal láthatók..... h
4. Az atomok atommagból és elektronburokból épülnek fel i
5. Az elektronburok éles határvonal, ami az atomokat elválasztja többi atomtól:..... h
6. A molekulák képesek felmelegedni és kiterjedni..... h
7. A cukor eltűnik az oldatban h
8. A cukor oldása során végül is vízzé válik h
9. A víz eltűnik a párolgás során, mert láthatatlanná válik. h
10. Nem lehetséges, hogy az élő és az élettelen dolgokat ugyanazok az alapvető anyagok építsék fel. h
11. A vizet nem lehet összenyomni, mert a víz részecskék között taszító erők lépnek fel..... i
12. A részecskék nagyon kicsik, de láthatók, mint a cukor kristályok vagy a fa szálkái..... h
13. A víz apró darabokból áll, míg a jég egy nagy darabból..... h
14. A víz folyékony, mert molekulákból áll..... h
15. A fa azért nem folyékony, mert nincsenek molekulái. h
16. Azok az anyagok olvadnak meg, amelyek vizet tartalmaznak..... h
17. Az anyagok víztartalma elősegíti az olvadásukat. h
18. Amikor a jég vízzé változik, a víz tömege kisebb lesz, mert a jég könnyebb, mint a víz. h
19. Valamilyen anyag keletkezik lecsapódáskor, mert láthatóvá válik. h
20. A só eltűnik az oldatban h
21. A cukor elolvad az oldatban..... h
22. Az oldat tömege a cukor és a víz együttes tömegével lesz egyenlő.. i
23. A hideg belemegy a vízbe és megfagyasztja..... h
24. A hideg levegő megfagyasztja a vizet..... h
25. A fecskendőben lévő levegőt össze lehet nyomni (bizonyos mértékig) i
26. Összenyomás után nem változik a gáz tömege i
27. A gázoknak is van tömegük i
28. A csokoládé nem szilárd, mert könnyen megolvad a szánkban..... h
29. Amikor a víz párolog, beszívódik a talajba..... h

- 30. A molekulák a gázokban és a folyadékokban mozognak, de a szilárd anyagokban nem. h
- 31. A gyurma és a liszt nem szilárd anyagok, mert lágyak és puhák..... h
- 32. A jég nem szilárd anyag, mert eredetileg víz volt. h
- 33. A cukor nem szilárd anyag, mert eltűnik a vízben. h
- 34. Az üres palackban levegő van i
- 35. A hintőpor sem nem szilárd anyag, sem nem folyadék..... h
- 36. Az atomok kerekék és szilárdak h

11. melléklet: A tévképzetek együttes előfordulásának valószínűsége (4-5-6. osztály)

	Jellemző-e együttes előfordulásuk?	χ^2	p
A fecskendőben lévő levegő mennyiségi viszonyaihoz kapcsolódó tévképzet – A gázhalmazállapot értelmezésével kapcsolatos tévképzet	nem	0,017	0,897
A fecskendőben lévő levegő mennyiségi viszonyaihoz kapcsolódó tévképzet – Papír égésével kapcsolatos tévképzet	nem	0,388	0,533
A fecskendőben lévő levegő mennyiségi viszonyaihoz kapcsolódó tévképzet – Oldódás mennyiségi viszonyaihoz kapcsolódó tévképzet	nem	0,005	0,946
A fecskendőben lévő levegő mennyiségi viszonyaihoz kapcsolódó tévképzet – Oldódás értelmezésével kapcsolatos tévképzet	nem	0,00	0,992
A fecskendőben lévő levegő mennyiségi viszonyaihoz kapcsolódó tévképzet – A levegő, mint anyag elfogadásával kapcsolatos tévképzet	nem	0,063	0,802
A fecskendőben lévő levegő mennyiségi viszonyaihoz kapcsolódó tévképzet – Kerékpárgumi és légzési gázok összekapcsolása	nem	0,306	0,580
A gázhalmazállapot értelmezésével kapcsolatos tévképzet – Papír égésével kapcsolatos tévképzet	nem	0,045	0,831
A gázhalmazállapot értelmezésével kapcsolatos tévképzet - Oldódás mennyiségi viszonyaihoz kapcsolódó tévképzet	nem	0,176	0,675
A gázhalmazállapot értelmezésével kapcsolatos tévképzet – Oldódás értelmezésével kapcsolatos tévképzet	nem	0,122	0,727
A gázhalmazállapot értelmezésével kapcsolatos tévképzet – A levegő, mint anyag elfogadásával	nem	0,101	0,751

kapcsolatos tévképzet (semmi nincs a leeresztett kerékpárgumiban)			
A gázhalmazállapot értelmezésével kapcsolatos tévképzet – Kerékpárgumi és légzési gázok összekapcsolása	nem	0,042	0,838
Papír égésével kapcsolatos tévképzet - Oldódás mennyiségi viszonyaihoz kapcsolódó tévképzet	nem	0,386	0,535
Papír égésével kapcsolatos tévképzet- A levegő, mint anyag elfogadásával kapcsolatos tévképzet	nem	0,489	0,484
Papír égésével kapcsolatos tévképzet - Oldódás értelmezésével kapcsolatos tévképzet	nem	2,749	0,097
Papír égésével kapcsolatos tévképzet - Kerékpárgumi és légzési gázok összekapcsolása	nem	0,435	0,510
Oldódás mennyiségi viszonyaihoz kapcsolódó tévképzet - Oldódás értelmezésével kapcsolatos tévképzet	nem	1,074	0,300
Oldódás mennyiségi viszonyaihoz kapcsolódó tévképzet - A levegő, mint anyag elfogadásával kapcsolatos tévképzet	nem	0,000	0,990
Oldódás mennyiségi viszonyaihoz kapcsolódó tévképzet - Kerékpárgumi és légzési gázok összekapcsolása	nem	0,001	0,973
Oldódás értelmezésével kapcsolatos tévképzet – A levegő, mint anyag elfogadásával kapcsolatos tévképzet	nem	3,495	0,062
Oldódás értelmezésével kapcsolatos tévképzet – Kerékpárgumi és légzési gázok összekapcsolása	nem	0,310	0,578
A levegő, mint anyag elfogadásával kapcsolatos tévképzet – Kerékpárgumi és légzési gázok összekapcsolása	nem	3,042	0,081

12. melléklet: A tévképzetek együttes előfordulásának valószínűsége (7-8. osztály)

	Jellemző-e együttes előfordulásuk?	χ^2	p
A fecskendőben lévő levegő mennyiségi viszonyaihoz kapcsolódó tévképzet – A gázhalmazállapot értelmezésével kapcsolatos tévképzet	nem	1,446	0,229
A fecskendőben lévő levegő mennyiségi viszonyaihoz kapcsolódó tévképzet – Papír égésével kapcsolatos tévképzet	nem	0,014	0,905
A fecskendőben lévő levegő mennyiségi viszonyaihoz kapcsolódó tévképzet – Oldódás mennyiségi viszonyaihoz kapcsolódó tévképzet	nem	2,343	0,126
A fecskendőben lévő levegő mennyiségi viszonyaihoz kapcsolódó tévképzet – Oldódás értelmezésével kapcsolatos tévképzet	nem	3,047	0,081
A fecskendőben lévő levegő mennyiségi viszonyaihoz kapcsolódó tévképzet – A levegő, mint anyag elfogadásával kapcsolatos tévképzet	nem	1,593	0,207
A fecskendőben lévő levegő mennyiségi viszonyaihoz kapcsolódó tévképzet – Kerékpárgumi és légzési gázok összekapcsolása	igen	7,321	0,007
A gázhalmazállapot értelmezésével kapcsolatos tévképzet – Papír égésével kapcsolatos tévképzet	nem	0,173	0,678
A gázhalmazállapot értelmezésével kapcsolatos tévképzet - Oldódás mennyiségi viszonyaihoz kapcsolódó tévképzet	nem	1,475	0,224
A gázhalmazállapot értelmezésével kapcsolatos tévképzet – Oldódás értelmezésével kapcsolatos tévképzet		1,366	0,242

A gázhalmazállapot értelmezésével kapcsolatos tévképzet – A levegő, mint anyag elfogadásával kapcsolatos tévképzet (semmi nincs a leeresztett kerékpárgumiban)	nem	1,643	0,200
A gázhalmazállapot értelmezésével kapcsolatos tévképzet – Kerékpárgumi és légzési gázok összekapcsolása	nem	0,765	0,382
Papír égésével kapcsolatos tévképzet - Oldódás mennyiségi viszonyaihoz kapcsolódó tévképzet	igen	7,011	0,008
Papír égésével kapcsolatos tévképzet - Oldódás értelmezésével kapcsolatos tévképzet	nem	0,400	0,527
Papír égésével kapcsolatos tévképzet- A levegő, mint anyag elfogadásával kapcsolatos tévképzet	igen	7,897	0,005
Papír égésével kapcsolatos tévképzet - Kerékpárgumi és légzési gázok összekapcsolása	nem	0,075	0,785
Oldódás mennyiségi viszonyaihoz kapcsolódó tévképzet - Oldódás értelmezésével kapcsolatos tévképzet	nem	3,415	0,065
Oldódás mennyiségi viszonyaihoz kapcsolódó tévképzet - A levegő, mint anyag elfogadásával kapcsolatos tévképzet	nem	1,236	0,266
Oldódás mennyiségi viszonyaihoz kapcsolódó tévképzet - Kerékpárgumi és légzési gázok összekapcsolása	nem	0,084	0,772
Oldódás értelmezésével kapcsolatos tévképzet – A levegő, mint anyag elfogadásával kapcsolatos tévképzet	nem	0,113	0,737
Oldódás értelmezésével kapcsolatos tévképzet – Kerékpárgumi és légzési gázok összekapcsolása	nem	0,073	0,787
A levegő, mint anyag elfogadásával kapcsolatos tévképzet – Kerékpárgumi és légzési gázok összekapcsolása	nem	3,340	0,068

13. melléklet „A” csoport válaszainak bináris kódokká alakítása a tudásszerkezet elemzéshez

A 7. és 8. évfolyam válaszait átlagoltam, és ehhez viszonyítva határoztam meg a pontokat. (nem jelent számottevő eltérést, ha a teljes minta pontszámait vesszük alapul)

Az átlag alatti válaszok 0 pontot, az átlag felettiek 1 pontot kaptak.

feladat	7-8 egyesített átlag	1 pont, ha a feladaton elért pontszám:	0 pont, ha a feladaton elért pontszám:
Fecskendőben lévő levegő mennyiségi viszonyai	1,56 /max. 4	2,3,4	0,1
Papír égésének értelmezése	0,82 /max. 2	1,2	0
Cukor oldódásának mennyiségi viszonyai	3,23 /max. 6	4,5,6	0,1,2,3
A levegő anyagként való elfogadása (kerékpárgumi)	1,24 /max. 2	2	0,1
Cukor oldódásának értelmezése.	1	Részecske szemléletű magyarázat	Nem részecskeszemléletű magyarázat
Levegő ábrázolása a fecskendőben	1	Részecske szemléletű ábrázolás	Nem részecske szemléletű ábrázolás

14. melléklet Az eldöntendő kérdéseket tartalmazó 2. kérdőív összeállításánál felhasznált források

1. Szerinted, mi van a levegőt alkotó molekulák között?
Lee, O. Eichinger, D.C., Anderson, C.W., Berkheimer, G.D. és Blakeslee, T.D.(1993): Changing middle school students' conceptions of matter and molecules. *Journal of Research in Science Teaching*, **30** (3), 249-270.
2. Az atomok és a molekulák mikroszkóppal láthatók
Lee, O. Eichinger, D.C., Anderson, C.W., Berkheimer, G.D. és Blakeslee, T.D.(1993): Changing middle school students' conceptions of matter and molecules. *Journal of Research in Science Teaching*, **30** (3), 249-270.
3. A molekulák képesek felmelegedni és kiterjedni
Lee, O. Eichinger, D.C., Anderson, C.W., Berkheimer, G.D. és Blakeslee, T.D.(1993): Changing middle school students' conceptions of matter and molecules. *Journal of Research in Science Teaching*, **30** (3), 249-270.
4. A cukor eltűnik az oldatban
Lee, O. Eichinger, D.C., Anderson, C.W., Berkheimer, G.D. és Blakeslee, T.D.(1993): Changing middle school students' conceptions of matter and molecules. *Journal of Research in Science Teaching*, **30** (3), 249-270.
5. A cukor oldása során végül is vízzé válik
Lee, O. Eichinger, D.C., Anderson, C.W., Berkheimer, G.D. és Blakeslee, T.D.(1993): Changing middle school students' conceptions of matter and molecules. *Journal of Research in Science Teaching*, **30** (3), 249-270.
6. A víz eltűnik a párolgás során, mert láthatatlanná válik.
Lee, O. Eichinger, D.C., Anderson, C.W., Berkheimer, G.D. és Blakeslee, T.D.(1993): Changing middle school students' conceptions of matter and molecules. *Journal of Research in Science Teaching*, **30** (3), 249-270.
7. Nem lehetséges, hogy az élő és az élettelen dolgokat ugyanazok az alapvető anyagok építsék fel.
Hogan, K. & Fisherkeller, J. (1996): Representing students' thinking about nutrient cycling in ecosystems: Bidimensional coding of a complex topic. *Journal of Research in Science Teaching*. **33** (9), 941-970.
8. A vizet nem lehet összenyomni, mert a víz részecskék között taszító erők lépnek fel.

- Benarroch B.A. (2000): El desarrollo cognoscitivo de los estudiantes en el área de la naturaleza corpuscular de la materia. *Enseñanza de las Ciencias*. **18** (2), 235-246.
9. A részecskék nagyon kicsik, de láthatók, mint a cukor kristályok vagy a fa szálkái.
Nakhleh, M.B. & Samarapungavan, A, (1999): Elementary school children's beliefs about matter. *Journal of Research in Science Teaching*. **36** (7), 777-805
10. A víz apró darabokból áll, míg a jég egy nagy darabból.
Nakhleh, M.B. & Samarapungavan, A, (1999): Elementary school children's beliefs about matter. *Journal of Research in Science Teaching*. **36** (7), 777-805
11. A víz folyékony, mert molekulákból áll, a fa azonban nem, mert nincsenek molekulái.
Nakhleh, M.B. & Samarapungavan, A, (1999): Elementary school children's beliefs about matter. *Journal of Research in Science Teaching*. **36** (7), 777-805
12. Ha valami megolvad, vizet tartalmaz
Lynch, P. P. (1996): Students' alternative frameworks for the nature of matter: a cross - cultural study of linguistic and cultural interpretations. *International Journal of Science Education*. **18** (6), 743 - 752.
13. Az anyagok víztartalma elősegíti az olvadásukat.
Lynch, P. P. (1996): Students' alternative frameworks for the nature of matter: a cross - cultural study of linguistic and cultural interpretations. *International Journal of Science Education*. **18** (6), 743 – 752.
14. Amikor a jég vízzé változik, a víz tömege kisebb lesz, mert a jég könnyebb, mint a víz.
Lee, O. Eichinger, D. C., Anderson, C. W., Berkheimer, G. D. és Blakeslee, T.D. (1993): Changing middle school students' conceptions of matter and molecules. *Journal of Research in Science Teaching*. **30** (3), 249-270.
15. Valamilyen anyag keletkezik lecsapódáskor, mert láthatóvá válik.
Lee, O. Eichinger, D. C., Anderson, C. W., Berkheimer, G. D. és Blakeslee, T.D. (1993): Changing middle school students' conceptions of matter and molecules. *Journal of Research in Science Teaching*. **30** (3), 249-270.

16. A só eltűnik az oldatban
Lee, O. Eichinger, D. C., Anderson, C. W., Berkheimer, G. D. és Blakeslee, T.D. (1993): Changing middle school students' conceptions of matter and molecules. *Journal of Research in Science Teaching*. **30** (3), 249-270.
17. A cukor elolvad az oldatban
Lee, O. Eichinger, D.C., Anderson, C.W., Berheimer, G.D. és Blakeslee, T.D. (1993): Changing middle school students' conceptions of matter and molecules. *Journal of Research in Science Teaching*. **30** (3), 249-270.
18. A hideg belemegy a vízbe és megfagyasztja
Nakhleh, M. B. & Samarapungavan, A, (1999): Elementary school children's beliefs about matter. *Journal of Research in Science Teaching*. **36** (7), 777-805.
19. A hideg levegő megfagyasztja a vizet.
Nakhleh, M. B. & Samarapungavan, A, (1999): Elementary school children's beliefs about matter. *Journal of Research in Science Teaching*. **36** (7), 777-805.
20. A csokoládé nem szilárd, mert könnyen megolvad a szánkban
Jones, B. és Lynch, P. (1989): Children's understanding of the notions of solid and liquid in relation to some common substances. *International Journal of Science Education*. **11** (84), 417-427.
21. Amikor a víz párolog, beszívódik a talajba.
Andersson, B. (1990): Pupils' conceptions of matter and its transformations. *Studies in Science Education*. **18** 53-85.
22. A molekulák a gázokban és a folyadékokban mozognak, de a szilárd anyagokban nem.
Lee, O. Eichinger, D.C., Anderson, C.W., Berkheimer, G.D. és Blakeslee, T.D.(1993): Changing middle school students' conceptions of matter and molecules. *Journal of Research in Science Teaching*. **30** (3), 249-270.
23. A gyurma és a liszt nem szilárd anyagok, mert lágyak és puhák.
Jones, B. és Lynch, P. (1989): Children's understanding of the notions of solid and liquid in relation to some common substances. *International Journal of Science Education*. **11** (84), 417-427.
24. A jég nem szilárd anyag, mert eredetileg víz volt. .

- Jones, B. és Lynch, P. (1989): Children's understanding of the notions of solid and liquid in relation to some common substances. *International Journal of Science Education*. **11** (84), 417-427
25. A cukor nem szilárd anyag, mert eltűnik a vízben.
Jones, B. és Lynch, P. (1989): Children's understanding of the notions of solid and liquid in relation to some common substances. *International Journal of Science Education*. **11** (84), 417-427
26. A hintőpor sem nem szilárd anyag, sem nem folyadék.
Powders are neither solid nor liquid.
Andersson, B. (1990): Pupils' conceptions of matter and its transformations, *Studies in Science Education*, 18, 53-85.
27. Az atom kerek és szilárd
The atom is round and solid.
Harrison, A. G. & Treagust, D. F. (1996): Secondary students' mental models of atoms and molecules: Implications for teaching chemistry. *Science Education*, **80** (5), 509-534.

**15. melléklet: Az eldöntendő kérdéseket tartalmazó kérdőív (2. kérdőív)
pontszámainak bináris változókká alakítása. Kódolási feltételek:**

A hatelemű kódban:

1. helyen: A. Halmazállapot- változás
maximum: 8 pont teljes minta átlaga: 5 pont
kódolás: 0, ha a pontszám < 5 pont
 1, ha a pontszám ≥ 5 pont
2. helyen: B. Oldódás, oldatok
maximum: 5 pont teljes minta átlaga: 2,94 pont
kódolás: 0, ha a pontszám < 3 pont
 1, ha a pontszám ≥ 3 pont
3. helyen: C. Szilárd anyagok szerkezete és tulajdonságai
maximum: 7 pont teljes minta átlaga: 5,59 pont
kódolás: 0, ha a pontszám < 6 pont
 1, ha a pontszám ≥ 6 pont
4. helyen: D. Folyadékok szerkezete, tulajdonságai, a víz
maximum: 5 pont teljes minta átlaga: 3,55 pont
kódolás: 0, ha a pontszám < 4 pont
 1, ha a pontszám ≥ 4 pont
5. helyen: E. Gázok tulajdonságai, a levegő
maximum: 5 pont teljes minta átlaga: 3,38 pont
kódolás: 0, ha a pontszám < 4 pont
 1, ha a pontszám ≥ 4 pont
6. helyen: F. Anyagi részecskék
maximum: 7 pont teljes minta átlaga: 4,08 pont
kódolás: 0, ha a pontszám < 4 pont
 1, ha a pontszám ≥ 4 pont

**16. melléklet: Az életkori csoportok összehasonlítása az eldöntendő
kérdéseket tartalmazó kérdőíven (2. kérdőív) nyújtott teljesítményük
alapján**

Összehasonlított csoportok	t/F- próba eredménye	p	Különbözik-e a két csoport?
5. osztály - 7. osztály	-7,709	0,000	igen
5. osztály – 8. osztály	-9,415	0,000	igen
5. osztály – 10. osztály	-13,129	0,000	igen
7. osztály – 8. osztály	-1,141	0,255	nem
7. osztály – 10. osztály	-10,331	0,000	igen
8. osztály – 10. osztály	-9,398	0,000	igen
5. osztály – felnőtt	-13,129	0,000	igen
7. osztály – felnőtt	-10,331	0,000	igen
8. osztály – felnőtt	-9,398	0,000	igen
10. osztály felnőtt	1,187	0,245	nem

17. melléklet: Az eldöntendő kérdéseket tartalmazó kérdőíven (2. kérdőív) elért pontszám és a háttérváltozók összefüggései

A feladatlapon elért eredmény	Kémiát tanulók (259 fő)	7. osztály	8. osztály	10. osztály
Fizika attitűd	$\chi^2=91,431$ p=0,000	$\chi^2=84,74$ p=0,060	$\chi^2=35,918$ p=0,555	$\chi^2=6,750$ p=0,345
Kémia attitűd	$\chi^2=67,838$ p=0,414	$\chi^2=94,229$ p=0,013	$\chi^2=38,655$ p=0,440	$\chi^2=16,000$ p=0,593
Kémiával kapcsolatos tervek	$\chi^2=55,292$ p=0,118	$\chi^2=46,081$ p=0,386	$\chi^2=34,23$ p=0,645	$\chi^2=13,933$ p=0,176
Nem	$\chi^2=25,924$ p=0,255	$\chi^2=24,89$ p=0,302	$\chi^2=26,335$ p=0,121	$\chi^2=4,457$ p=0,615

**18. melléklet: Tévképzet gyakoriságok az eldöntendő kérdéseket
 tartalmazó kérdőív (2. kérdőív) válaszai alapján korosztályonként (a
 csoport létszámához viszonyítva, %-ban)**

feladat	5.osztály	7.osztály	8.osztály	10. osztály	felnőtt
1.	55	82	77	42	79
2.	18	19	27	8	37
3.	64	57	66	17	21
4.	46	19	13	0	21
5.	18	33	37	8	21
6.	27	59	57	58	73
7.	50	43	45	17	5
8.	32	21	17	8	0
9.	55	36	31	92	5
10.	36	35	24	0	26
11.	27	31	29	58	42
12.	46	26	25	17	21
13.	36	23	16	0	5
14.	36	51	43	17	5
15.	18	17	13	0	5
16.	36	20	18	8	11
17.	64	68	68	42	37
18.	32	32	42	0	5
19.	41	55	68	25	37
20.	46	38	29	8	0
21.	64	75	76	83	53
22.	23	26	31	42	11
23.	46	21	24	8	5
24.	91	65	86	50	68
25.	23	15	11	0	0
26.	27	35	39	17	5
27.	27	15	17	0	0
28.	46	16	6	0	0
29.	27	25	26	0	42
30.	32	36	52	25	16
31.	32	15	4	0	5
32.	32	12	10	0	5
33.	32	8	7	0	5
34.	18	11	9	0	0
35.	68	24	17	0	0
36.	23	36	40	8	16

19. melléklet: Az 1. tanítási modul tesztjei

Az 1. modul utáni utóteszt		
Név:	Életkor:	Osztály:
1. feladat: Hol mindenütt találkozhatunk a vízzel? Írd be azokat a helyeket, ahol a víz előfordul!		
Víz	Folyók Eső	

2.A feladat: A vizet folyékony anyagként ismered. Azonban a víz más állapotokban is előfordul. Hogy hívják a légnemű, illetve a szilárd állapotú vizet?

Légnemű állapotban:

2.B feladat: Töltsd ki a szövegben üresen hagyott helyeket! Használd a következő szavakat: Víz, párolgás, jég, lecsapódik, párolog, megfagy, pára, olvad, forr

Amikor nagyon hideg van, a víz éskeletkezik.

A pocsolya vizea napon éskeletkezik.

Amikor a vizet melegítjük, elkezdés
.Eközbenkeletkezik.

A jég a napon, éskeletkezik.

A pára a hideg ablaküvegen éskeletkezik.

3. feladat: Egy kevés talaj esett a vízbe. Meg szeretnéd tisztítani.

Két üres üveg, egy radír, egy tányér, egy tölcsér, olló, szita, szűrőpapír, és egy gyártya áll rendelkezésedre.

Mely eszközökre van szükséged a víz megtisztításához?

.....

Melyek nem szükségesek?

.....

Magyarázd el, hogyan tisztítanád meg a szennyezett vizet!

Hogy csinálnád? Le is rajzolhatod, ha akarsz!

Miért lesz tiszta a víz?

4. feladat: Mi a víz? A következő kifejezéseket használhatod magyarázatodhoz:

- víz,
- vízrészecskék,
- anyag,
- mozgás,
- mozog,
- távolság,
- nagyon kicsi,
- a részecskék között.

Rajzolhatsz is egy képet róla, ha kedved van.

9. Köszönetnyilvánítás

A kutatómunkámban és az értekezés megírásában elsősorban témavezetőm, Dr. Tóth Zoltán volt segítségemre. Köszönöm, hogy doktori tanulmányaim során és a kutatás teljes szakaszában számíthattam támogatására, építő kritikájára, segítségére. Az általa képviselt szakmai és emberi hozzáállás példaként szolgált kutatói és oktatói tevékenységemben.

Köszönöm az együttműködés és a közös munka lehetőségét a „Rostocki Modell” kidolgozóinak Prof. Ilona K. Schneidernek és Franz Oberländernek, a Rostocki Egyetem munkatársainak.

Revákné Dr. Markóczy Ibolya támogatását nemcsak a közös kutatásban élvezhettem, hanem szakmai fórumokon, konferenciákon és a mindennapi feladatok megoldásában is. Köszönettel tartozom érte.

Doktorandusz társaim, Kiss Edina, Kluknavszky Ágnes, Kószó Katalin, Ludányi Lajos és Sebestyén Annamária kezdetektől fogva nyomon követték kutatásaimat, a doktori iskolában eltöltött évek alatt nemcsak szakmai kapcsolataink mélyültek el, hanem személyükben barátokra is találtam.

Köszönettel tartozom a Debreceni Egyetem Kémia Doktori iskolájának, hogy kutatásaimat lehetővé tette és a MÖB-DAAD-, (project No. 20, 28)-nak, valamint az OTKA- (T-034288, T-049379)-nak, amelyek anyagilag is támogatták a konferenciákon való részvételeimet és a tanulmányútjaimat.

Köszönet illeti azokat az intézményeket (Budapest XIII. kerületében, Debrecenben és Rostockban), amelyek lehetőséget biztosítottak számomra az adatgyűjtéshez. Külön köszönöm igazgatónak, Tarján Andrásnak, hogy munkahelyi kötelezettségeim átcsoportosításával lehetővé tette tanulmányaimat, kutatásaimat és mindvégig megértőnek bizonyult.

Végül, de nem utolsó sorban köszönöm családtagjaimnak, hogy mindenben támogattak, és lehetőséget és időt kaptam tőlük szakmai elképzeléseim megvalósításához.