
EÖTVÖS LORÁND TUDOMÁNYEGYETEM
TERMÉSZETTUDOMÁNYI KAR

**Fizikai és kémiai fogalmak vizsgálata
a 7. évfolyam elején**

Témavezető:

Dr. Szalay Luca
egyetemi adjunktus

Készítette:

Menkó Orsolya
kémia-matematika
osztatlan tanári szak

TDK dolgozat
Budapest, 2016

Tartalomjegyzék

Köszönetnyilvánítás	3
1. Bevezető	4
2. Irodalmi áttekintés	5
3. A kémiai, fizikai fogalmak kiépülésének vizsgálata	9
3.1. A minta	9
3.2. Kutatási kérdések és hipotézisek	10
3.3. A vizsgálat	10
3.4. Lehetséges előzetes ismeretek az 5-6. osztályos természetismeret tankönyvek alapján	11
4. Eredmények: A talált tévképzetek csoportosítása	15
4.1. A választípusok és lehetséges okaik	15
4.2. Mi a forrás látható jele, és mennyi hő kell adott mennyiségű víz fölforralásához?	16
4.3. Mi van egy gáz részecskéi között?	20
4.4. Milyen sűrűn helyezkednek el a gázcseppkék a lufiban és a lufi körül?	23
4.5. Miben különbözik az olvadás és az oldódás?	28
5. Következtetések	35
6. Összefoglalás	38
7. Irodalomjegyzék	40
8. Mellékletek	41
1. melléklet: Feladatlap	41
2. melléklet: 3. feladat 'b' és 'c' kérdésére adott együttes válaszok megoszlása	43
3. melléklet: 3. feladat 'b' részéhez adott rajztípusok	46
4. melléklet: A 4. feladat 'a' részéhez tartozó válaszok együttes megoszlása	49

Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretnék köszönetet mondani mindazoknak, aki segítettek abban, hogy ez a dolgozat elkészüljön.

Közöttük témavezetőmnek, Dr. Szalay Luca tanárnőnek, aki szakmailag támogatott, és az MTA-ELTE Kutatásalapú Kémia-tanítás Kutatócsoportban dolgozó munkatársainak. Ők lehetőséget adtak nekem az empirikus kutatásukba bevont diákok által kitöltött tesztekben levő tévképzetek megismerésére és elemzésére. Ezért köszönettel tartozom a „Megvalósítható kutatásalapú kémia-tanulás” című projektjükben résztvevő minden tanárnak és diáknak is, akik nélkül nem jöhetett volna létre ez a dolgozat. További sok sikert kívánok nekik!

Köszönetemet szeretném még kifejezni Hertner András kutatótársamnak, és szüleimnek, akik elősegítették, hogy ez a munka ilyen formában jelenjen meg.

A tanulmány elkészítését a Magyar Tudományos Akadémia Tantárgypedagógiai Kutatási Programja támogatta.

1. Bevezető

Fontos-e az előzetes tudás? Egy előadás keretében ismerkedtem meg a következő pedagógiai kísérlettel, ami erre a kérdésre ad egyértelmű választ. Először a résztvevőknek el kellett olvasniuk az alábbi állításokat:

János a tetőn sétál.
Béla összeszedi a tojásokat.
Feri felkapcsolja a villanykapcsolót.
Jóska verset ír.
András hajót épít.
Sándor kerítést fest.
Dani a kockával játszik.
Tibi felvonja a vitorlát.
Pali színdarabot ír.

Rövid memorizálás után kérdések hangzottak el, „Ki fest kerítést? Ki írt verset?”. Természetesen e kérdésekre nehéz válaszolni. Ám, ha a szöveget kicsit átalakítjuk, akkor máris könnyebb lesz a feladat:

Mikulás a tetőn sétál.
Nyuszi összeszedi a tojásokat.
Edison felkapcsolja a villanykapcsolót.
József Attila verset ír.
Noé hajót épít.
Huckleberry Finn kerítést fest.
Ernő a kockával játszik.
Kolumbusz felvonja a vitorlát.
Shakespeare színdarabot ír.

(Kovácsné 2016)

Ez a játékos példa jól szemlélteti, hogy a tanulás során fontosak az előzetes ismeretek. De mi a következménye annak, ha az előzetes tudás hiányos, hibás, vagy rosszul felépített?

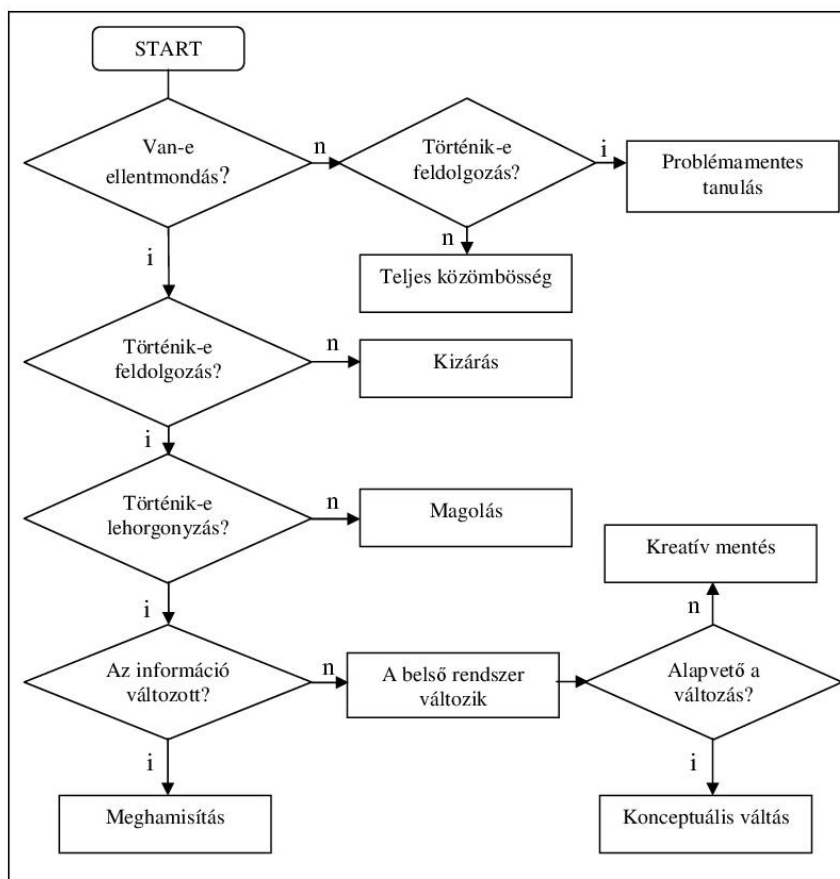
Dolgozatomban azt vizsgálom, hogy a hetedik osztályos diákok körében milyen téves elképzelések fordulnak elő az éppen megkezdett kémiai és fizikai tanulmányaikhoz fontos fogalmak és összefüggések körében. A 6. évfolyam végéig a tanulók ezekkel a vizsgált fogalmakkal iskolai kereteken belül a környezetismeret, illetve a természetismeret tantárgy óráin találkozhattak. Kutatásom során egy olyan diagnosztikus (felmérő) jellegű teszt válaszait elemeztem, amely több, a diákok által korábban már tanult, és a 7. évfolyam kémia tananyagában szereplő témához kapcsolódó kérdést is tartalmazott. A kérdésekre adott válaszokat kategorizáltam, annak megfelelően, hogy volt-e bennük téves elképzelés, s ha igen, akkor az milyen jellegű volt.

2. Irodalmi áttekintés

A tévképzet-kutatással a szakirodalom már több évtizede foglalkozik. Egészen pontosan az 1970-es évek elejétől léteznek ilyen irányú kutatások (Korom 2005: 27). E kutatások többsége arra összpontosított, hogy a tanulóknak milyen elképzeléseik vannak a mindennapi jelenségekkel kapcsolatban. A „tévképzet” szó helyett gyakran más kifejezéseket is használnak. Ezeket a fogalmakat érdemes két részletben megvizsgálni: elő- és utótagra bontva. Az előtag annak megfelelően, hogy a tudományos nézethez mennyire közelít az adott elképzelés: „**téves**”, „**naiv**” vagy „**alternatív**” lehet. A „téves” arra utal, hogy az adott elképzelés a tudományos felfogástól nagyon távol áll és hibás, míg a „naiv” és az „alternatív” megfogalmazás nem azt jelenti, hogy az elképzelés helytelen volna, csak azt, hogy sajátos megfogalmazású. A kifejezés másik fele, az utótag két oldalról közelíti meg az elképzelést. Ennek megfelelően az lehet egyedi „**felfogás**”, „**meggyőződés**” vagy pedig nagyobb struktúrába beágyazott „**elmélet**”. A szakirodalomban azonban elterjedtek a fentiek mellett más magyar (és zárójelben angol) nyelvű kifejezések is, pl.:

- tévképzet (misconception),
- alternatív elképzelés (alternative conception),
- naiv meggyőződés (naive belief),
- naiv elmélet (naive theory),
- gyermeki nézet (children’s view),
- gyermektudomány (children’s science),
- spontán gondolkodás (spontaneous reasoning),
- oktatás előtti tudás (preinstructional knowledge)... (Korom 2005: 30)

Amikor egy téves elképzelésről beszélünk, annak mindig van egy téves vagy hiányos magyarázata. Ez a magyarázat a diák fejében logikusnak tűnik, ezért is ragaszkodik hozzá többnyire. A kapott újabb információ annak függvényében épül be a tanuló tudatába, hogy mi az előzetes elképzelése, vagyis amit már „tud”, az milyen viszonyban áll az új információval. Ha a fogalom akadály nélkül be tud épülni, akkor a jelenséget asszimilációnak nevezzük. (Ekkor az előzetes elképzelés nincs ellentmondásban az új információval.) Viszont ha a már felépült rendszernek át kell alakulnia, hogy beépüljön az új fogalom, akkor az akkomodáció folyamataról beszélünk (Piaget 1970). Ez a beépülés többféleképpen is történhet, melyeket Nahalka tovább részletezett (Nahalka 1997). Ez az elmélet 7 lehetséges kimenetelt adott meg (az előző 2 helyett): problémamentes tanulás, teljes közömbösség, kizárás, magolás, kreatív mentés, meghamisítás, konceptuális (fogalmi) váltás (ld.: 1. ábra).



1. ábra Nahalka szerint a tanulás folyamatának hét lehetséges kimenete (Kiss 2008: 5)

Egy téves, nem teljes elképzelés gyakran gátolja a tanulást, hiszen a már felépített fogalmi szerkezetet kell korrigálni, lerombolni annak érdekében, hogy a tudományos álláspontot befogadja a diák. Ez figyelhető meg a 2-6 éves gyermekek esetén is, amikor egy alacsony, de széles pohárból egy keskeny, de magas pohárba öntünk át folyadékot. Nagy valószínűséggel úgy vélik, hogy több lett a folyadék. Piaget szerint ennek az a magyarázata, hogy a gyermek egyetlen dimenzióra összpontosítva gondolkodik az adott problémáról, és így nem látja ebben az esetben a térfogat állandóságát. (Kollár 2004: 250)

Vajon ilyen jellegű „egy dimenzióban” való gondolkodás, téves vagy naiv elképzelések¹ csak a kisebb gyermekeknél találhatók meg, vagy az idősebb tanulók körében is előfordulnak? Illetve egy-egy diákot, vagy egész diákcsoportokat érint-e (tehát tipikusnak tekinthető-e) egy adott téves megközelítés? A válasz az, hogy több olyan téves elmélet, elképzelés is van, ami a diákok jelentős hányadánál kimutatható. Az e témával foglalkozó kutatók számos, a kémiához és fizikához kapcsolódó tipikus tévképzetet fogalmaztak már meg. Álljon itt példaként néhány,

¹ Például az ún. p-primek (*phenomenological primitives*): a több az jobb, a kemény az stabilabb, a nedves az nehezebb, a természetes az egészséges... Többféle ilyen jellegű, tapasztalatokon nyugvó naiv elképzelés fordul elő a gyermekek, de még a felnőttek gondolkodásában is. Ezek eredetileg a gyors döntést segítik elő, de alkalmazásuk gyakran vezet tévútra a természettudományos problémák megoldásakor. (Tóth 2016)

a különböző vizsgálatok alapján alkotott tipikus téves elképzelés a kémia és a fizika különböző területeiről (Dobóné 2008: 137-140):

I) Halmazállapotok (illetve a szubmikroszkopikus részecskék makroszkopikus tulajdonságokkal való felruházása)

- 1) A forrásban lévő vízből felszálló buborékok levegőt tartalmaznak.² – Osborne (1983)
- 2) A levegő él. A levegő mindig ki akar terjedni mindenhová. – Sere (1986)
- 3) A forró folyadék molekulái melegebbek, mint a hideg folyadékban lévők. – deVos (1987)
- 4) A halmazállapot-változás során megváltozik a molekulák alakja. – Griffiths (1989)
- 5) A jég molekulái kemények és fagyottak – Lee (1993)

II) Az anyagi halmazok szerkezete

- 1) A részecskék közötti térben pára és oxigén van, vagy valamilyen szennyeződés. – Novick (1978)
- 2) Az anyag folytonos és homogén. – Nakhleh (1992)
- 3) Az anyag folytonos, de részecskéket tartalmaz. Az anyag az atomok között van. – Griffiths (1992)
- 4) A molekulák és az atomok közötti teret levegő tölti ki. – Kokotas (1998)
- 5) Az atomok és molekulák közötti tér nem üres. – Kind (2004)
- 6) Az anyagokban a molekulák össze vannak ragasztva. – de Vos (1987)

III) Fizikai és kémiai változások

- 1) Amikor az anyagok eltűnnek (pl. párolgás, égés során), megszűnnek létezni. – Piaget (1974)
- 2) Oldódáskor eltűnnek az anyagok (só, cukor). – Prieto (1989)
- 3) Az olvadás és az oldódás ugyanazok a folyamatok. – Lee (1993)
- 4) Oldódáskor eltűnik a só. – Lee (1993)
- 5) Amikor a só feloldódik, folyékony sóvá válik. – Kokotas (1998)

Vajon e tévképzetek időt állóan újra és újra megjelennek minden diák-generáció gondolkodásában, vagy az oktatási módszerek fejlődésével és az újabb tankönyvek, digitális szemléltetési módok elterjedésével megszűntek? A kutatásom során ez a legfontosabb kérdés, amelyre megpróbálok válaszolni.

² Mivel a vízben van minimális mennyiségű oldott levegő, ezért részben igaz az állítás, de fő mennyiségben vízgőz található a buborékban.

3. A kémiai, fizikai fogalmak kiépülésének vizsgálata

3.1. A minta

A vizsgálathoz egy nagyobb projekt keretein belül megíratott tesztet használtam fel. A Magyar Tudományos Akadémia Tantárgypedagógiai Kutatási Programja adott lehetőséget a MTA-ELTE Kutatásalapú Kémiaitanítás Kutatócsoport³ megalakítására és a „Megvalósítható kutatásalapú kémiaitanulás” című projekt megkezdésére. Ennek keretei között 883 hetedik osztályos diák írt meg a 2016/2017. tanév elején egy tesztet. Ebből 617 diák munkáját volt alkalmam elolvasni és elemezni. Ennek nyomán összegeztem azt, hogy a válaszaik kémiai és fizikai szempontból mennyire felelnek meg a tudomány mai állásának, illetve milyen módon térnek el attól.

A kutatásban 13 budapesti és 5 vidéki középiskola vesz részt. Ezen intézmények mindegyike hatosztályos gimnázium, amelyek diákjai a legtöbb esetben szigorú felvételi eljáráson esnek át, és azután gyakran igen jó eredményeket érnek el a különféle országos tanulmányi versenyeken. Ezáltal a minta nem tekinthető az összes ilyen életkorú magyar tanuló szempontjából reprezentatívnak. Az általam vizsgált tesztek 77,8%-át budapesti iskolákban, 22,2%-át pedig vidéki iskolákban töltötték ki, tehát a minta területi eloszlás szempontjából sem reprezentatív. Azonban meggyőződésem szerint ez nem csökkenti, hanem éppen növeli az eredmények jelentőségét. Hiszen ha még ezeknek a kiváltságos helyzetben lévő iskoláknak a válogatott diákjai körében is gyakori egyes tévképzetek előfordulása, akkor valószínűsíthető, hogy a többi tanuló esetében ennél is rosszabb a helyzet.

A teszteket a tanulók a tanév elején írták meg, tehát elképzeléseiket a kémia- és a fizikaórákon tanultak még nem, vagy csak elhanyagolható mértékben befolyásolták. Így az eredmények azt mutatják, hogy a diákok milyen fogalmakkal és elképzelésekkel érkeztek életük első kémia- és fizikaórájára. Mint már korábban említettem, ez az előzetes tudás részben már az iskolában jött létre, mivel a tanulók a környezetismeret és a természetismeret tantárgyak keretében találkozhattak a vizsgált fogalmakkal és összefüggésekkel.

³ A kutatócsoport munkájáról rövid összefoglaló olvasható ezen a weboldalon: <http://mta.hu/tantargy-pedagogiai-kutatasi-program/mta-elte-kutatasalapu-kemiatanitas-kutato csoport-107088> (Utolsó megtekintés: 2016. 12. 11.)

3.2. Kutatási kérdések és hipotézisek

A következőkben azokat a kérdéseket sorolom fel, amelyekre a választ keresem a kutatásom során:

1. Milyen előzetes ismeretekkel / elképzelésekkel rendelkeznek a kémiai tanulmányukat éppen megkezdő 7. osztályos tanulók a halmazállapot-változás, az oldódás és a részecske-szemlélet témákban?
2. Milyen alternatív vagy kifejezetten téves elképzelések mutathatók ki a vizsgálatban részt vevő 7. osztályos magyar tanulók esetében azok közül, amelyeket az előző évtizedek folyamán a szakirodalomban más szerzők megfogalmaztak?
3. A tankönyveket megvizsgálva, a természetismeret tantárgy során tanultak befolyással lehetnek-e a diákokban kialakított fogalmakra, azok helyességére vagy pontatlanságára?

A szakirodalom szerint ebben a korban a diákoknak már vannak elképzeléseik a korábban felsorolt témákhoz tartozó kulcsfogalmakkal és alapvető összefüggésekkel kapcsolatban, de feltehetően az elképzelések között vannak alternatívák és tévesek is. Valószínűsíthető, hogy a természetismeret tantárgyban tanultak alapot szolgáltatnak ahhoz, hogy a fizika- és kémiaórán lehessen beszélni ezekről a fogalmakról.

3.3. A vizsgálat

Az 1. számú mellékletben megtalálható a teljes teszt, amelyet a 7. osztályos diákok 2016 szeptemberében kitöltöttek a fent említett projekt keretében. Első lépésként elolvastam körülbelül 90 diák kitöltött feladatlapját. Abból adódóan arra a következtetésre jutottam, hogy az 1.a, 1.b, 3.a, 3.b, 3.c, és a 4. feladatokban fordultak elő a szakirodalom áttekintésekor általam megismert, vagy azokhoz hasonló téves elképzelések. A többi feladatot ezért a továbbiakban nem vizsgáltam. (Például a projekt eredeti célját tekintve fontos a kísérlettervezést kívánó 2. és 6. feladat. Azonban az ezekre adott válaszokban nem jelentek meg olyan mértékben tévképzetek, hogy azokról érdemes legyen elemzést készíteni.)

A következő lépésben összegyűjtöttem, hogy milyen téves elképzelések fordultak elő a dolgozatok fentebb felsorolt kérdéseire adott válaszokban. Ezeket külön kategóriákba és alkategóriákba soroltam. Végül ezekből arra vonatkozó következtetéseket vontam le, hogy hogyan lehetne küszöbölni ezen tévképzetek kialakulását, vagy a meglévő hiányosságokat és hibákat milyen módon lehetne korrigálni. Azonban mielőtt rátérnék a statisztikai elemzés eredményeire, érdemes áttekinteni, hogy mit tanulhattak a teszt megírásáig a diákok, mi minden található

az adott fogalmakkal és összefüggésekkel kapcsolatban az 5-6. osztályos természetismeret tankönyvekben.

3.4. Lehetséges előzetes ismeretek az 5-6. osztályos természetismeret tankönyvek alapján

Dolgozatom most következő részében azt hasonlítom össze, hogy a kérdéses témák hogyan fordulnak elő az egyes természetismeret tankönyvekben. Természetesen a tankönyvek írásának, az egész tanítási-tanulási folyamat megszervezésének egységes alapja a Nemzeti alaptanterv (Nat 2012), amelyből kiindulva készültek a tankönyvek írásához irányt mutató kerettantervek is. A környezetismeret, valamint a természetismeret tantárgy kerettantervében több kémiai, fizikai kulcsfogalom és a velük kapcsolatos tevékenység, illetve a hozzájuk tartozó alapvető összefüggés is megjelenik, már az 1-4., ill. az 5-6. évfolyamok tartalmi felsorolásai-ban. Ezek közül az általam vizsgált teszt feladatainak megoldásához szükséges fogalmak, tevékenységek, műveletek és összefüggések a következők:

- Az olvadás, fagyás, párolgás, forrás, lecsapódás megfigyelése.
- Az anyagok különféle halmazállapotainak és a halmazállapot-változásainak összefüggése a hőmérséklettel.
- Az olvadás és oldódás közötti különbség felismerése.
- Keverékek és oldatok készítése.

Emellett jelennek meg gyakorlati kérdések. Például: Mi történik a cukorral, ha vízbe tesszük? (Kerettantervek 2012).

A forgalomban levő természetismeret tankönyvekben e gondolatok a kerettanterv követelményeinek megfelelően jelen vannak. Tudomásom szerint a jelenleg legelterjedtebben használt tankönyvek az Oktatáskutató és Fejlesztő Intézet kísérleti tankönyvei (a továbbiakban: „OFI tankönyvek”) (Kropog 2015), és az Apáczai Kiadó tankönyvei (a továbbiakban: „Apáczai tankönyvek”) (Horváth 2013, 2014). A kutatás során e két tankönyvcsaládot vizsgáltam meg.

A teszt első kérdése:

1.a) „Mi a látható jele annak, ha egy folyadék melegítés közben felforr?”

1.b) „Az egyik edényben 1 liter vizet forralunk föl, a másik edényben 2 litert. Melyik esetben van szükség több hőre, ha a kiindulási hőmérsékletük azonos? Hányszoros mennyiségű hő kell?”

A fenti kérdésekre adandó, tartalmilag helyes válaszok a megoldókulcs alapján:

1.a) „Buborékok képződnek a folyadék belsejében.”

1.b) „A 2 liter víz esetében. Kétszeres”.

Az első kulcsfogalom, ami a tesztben szerepel, a „forrás”. Ez mindkét tankönyvben megjelenik, s mindkettő ad rá példát és magyarázatot. Az OFI-s tankönyv kísérlettel kezdi a fogalom bevezetését (vizet kell melegíteni és megfigyelni, hogy milyen változások történnek). Az azt követő meghatározás pedig így hangzik: „A forrás az a folyamat, amikor a folyadék belsejében megindul a párolgás és a buborékok képződése.” (15. oldal). Ebben a mondatban megtalálható az 1. kérdés 'a' részére a válasz. Pár oldallal később (24. oldal) a víz tulajdonságait elemzi színe, szaga, halmazállapota szerint, és ott olvasható az is, hogy a víz 100 °C-on forr. Így a diákoknak az 1. kérdés 'a' részéhez csak ezeket az információkat kellett felidézniük (reprodukálniuk). Az 1.b kérdésre adott helyes válaszokhoz viszont ki kellett következtetniük azt is, hogy melyik esetben van szükség több hőre. Az erre adott helyes válasz explicit formában nem található meg ebben a tankönyvben (és a másik tankönyvben sem). A kérdés 'a' része tehát csak ismeret szintű tudás, a 'b' része viszont már megértés szintű tudást követelt a Bloom taxonómia⁴ alapján.

Az 5. osztályos Apáczai tankönyv felépítése kicsit eltér az előbbtől (56. oldal). A vonatkozó fejezetben először itt is kísérlet szerepel (a víz forralása), majd következnek az ezzel kapcsolatos magyarázatok és egy ábra. Az ábrán látható a buborékképződés. Ez a tankönyv is említi, hogy a víz 100 °C-on forr, továbbá azt, hogy forrás közben felszabaduló gőz a hideg tárgyakon lecsapódik. Többek között ebből a megfogalmazásból származhat az az elképzelés, hogy a forrás látható jele csupán a gőzölgés, párolgás. Ám a későbbiek során (a fejezet összefoglalásakor, 68. oldal) ez a tankönyv táblázatosan rendszerezi a halmazállapot-változásokat. Itt a párolgásról az olvasható, hogy nem tartozik hozzá külön hőmérséklet, hanem bármely hőmérsékleten végbemegy.

A teszt 3.a feladata arra kérdez rá, hogy a diákok hogyan gondolják, hogyan képzelik el az anyagot, s benne a részecskéket:

3.a) „Mi van egy gáz részecskéi között?”

A tartalmilag helyes válasz erre:

3.a) „Semmi”.

A válaszokból kikövetkeztethető, elfogadta-e vajon a tanuló, hogy az anyag részecskéiből áll, vagy megrekedt a folytonos anyagszemlélet szintjén; esetleg valamilyen kreatív mentéssel tette saját maga számára összeegyeztethetővé az absztrakt részecskemodellt a hétköznapi

⁴ A tudás különböző szintjeit határozta meg, hierarchikus sorrendben. Ismeret, megértés, alkalmazás, analízis, szintézis, értékelés. (Falus 2007)

tapasztalataival (miszerint az anyagok folytonosnak látszanak). Az OFI-s tankönyvben a „Levegő” témakörben található meg a feladat megoldásához szükséges információkat. A „Levegő nyomása” című fejezet a gázok összenyomhatóságát szemléltető fecskendő kísérlet⁵ kezdődik. Itt a 3.a feladatra szó szerint megtalálhatjuk a választ: „A gázokban a részecskék azért mozoghatnak szabadon, mert távol vannak egymástól, sok köztük az üres hely” (17. oldal). Pár sorral lejjebb arra is kitér a tankönyv, hogy ha összenyomjuk a levegőt a fecskendőben, akkor a levegő egyre nagyobb ellenállást fejt ki az összenyomással szemben. Így itt már a 3. kérdés ’b’ és ’c’ részének (azaz a mérlegen lévő lufikban és körülöttük található levegő részecskéinek sűrűségére és annak okára) megválaszolásához szükséges alapvető információk is megtalálhatóak. Annak ellenére, hogy az ’a’ kérdésre szó szerint benne van a könyvben a válasz, a jó megoldáshoz ott is szükséges volt a megértés. Ennek oka az, hogy a korábban feltehetően folytonos anyagszemléletet fel kellett váltania a részecskeszemléletnek. Ezért nem volt elég a diákoknak megtanulni, hogy a részecskék között nincs semmi (vagy légüres tér, esetleg vákuum van), hanem a teszt során felidézhető tartós tudáshoz meg is kellett azt érteniük. A 3. kérdés ’b’ és ’c’ részéhez pedig ezen túl még az is szükséges volt, hogy a tanult ismereteket a diákok ne csak értsék, hanem alkalmazni is tudják. Ki kellett választaniuk a feladat megoldásához szükséges ismereteket, és logikus következtetéssel kellett a helyes válaszhoz eljutniuk.

Az Apáczai tankönyvben többször is megjelenik a részecskemodell. (Az 5. osztályosoknak írt könyv 42-43. oldalán és a 6. osztályosoknak írt könyv 64. oldalán.) Az első előfordulásakor a szerzők ezt egy olyan rajzzal szemléltetik, ami azt mutatja, ahogy a gyerekek egy csoportja különböző körülmények között hogyan mozog. (Ebben az esetben a gyerekek modellezik az anyag részecskéit.) A gázok összenyomhatóságára vonatkozó fecskendő kísérlet ebben a tankönyvben is megtalálható.

A 4. feladatnak az ’a’ részében szereplő fogalmak az „oldódás” és az „olvadás”:

4. „Magyarázd meg, miben különbözik az olvadás és az oldódás!”

Erre a megoldó kulcs a következő választ adja:

4. „Olvadáskor a szilárd anyag melegítés / hő hatására folyadék halmazállapotúvá válik.

Oldódáskor viszont egy anyag részecskéi elkeverednek egy másik anyag részecskéivel / [legalább] kétféle anyag részecskéi keverednek”.

Az „olvadás” és az „oldódás” fogalmakat a két könyv külön-külön tárgyalja, de nem hasonlítja össze. Azonban a fogalmak tárgyalása után mindkét könyvben szerepel a megszerzett tudást ellenőrző kérdések között az, hogy mi a különbség az olvadás és az oldódás között. (Az

⁵ „Kísérlet a gázok összenyomhatóságának bizonyítására: A fecskendőt kitöltő levegő könnyen összenyomható. A fecskendő beosztásáról leolvasható a térfogatváltozás mértéke.” (Kropog 2015)

5. osztályos tankönyvekben: Apáczai tankönyv 57. oldal, OFI-s tankönyv 25. oldal) Tehát azok a diákok, akik megértették e fogalmakat, feltehetően jól tudnak válaszolni a 4.a kérdésre. A diákok számára nagy segítséget jelenthetett az, ha a természetismeret tanáruk megbeszélte velük ennek a feladatnak a megoldását.

A fentiek alapján tehát kijelenthető, hogy a vizsgált tesztkérdések megválaszolásához szükséges előzetes ismereteket a természetismeret tantárgyhoz tartozó tankönyvek biztosították. Kérdés, hogy a vizsgálatom tárgyát képező, tesztek író 617 diák vajon milyen előzetes tudást hozott ebből magával a hetedik osztályba.

4. Eredmények: A talált tévképzetek csoportosítása

4.1. A választípusok és lehetséges okaik

Minden feladat esetén érkeztek helyes válaszok, üresen hagyott mezők, és természetesen találtam téves válaszokat is. A hiányos vagy téves válaszoknak több oka lehet, amelyeket az alább felsorolt választípusok esetében sorolok fel:

1. Helyes válasz
2. Nincs válasz
 - a, Nem tudja a diák, mert nem tanították neki. (Volt olyan tanár, aki arról számolt be, hogy sok diákja erre panaszkodott.)
 - b, Nem tudja, mert tanították ugyan, de nem tanulta meg, vagy elfelejtette, vagy nem megfelelő szintű a meglévő tudása.
 - c, Nincs elegendő ideje kidolgozni a feladatot. (A tanári beszámolók alapján nem volt időhiány, így ez a hibaforrás az esetek többségében nagy valószínűséggel kizárható.)
 - d, Nem érdekli a probléma. (A tanári beszámolók alapján a diákoknak nagy volt a motivációjuk a teszt megoldására, így ez a hibaforrás is nagy valószínűséggel kizárható az esetek többségében.)
3. Nem helyes / téves válasz. (Azaz a diák válasza eltér a tudomány mai állásának megfelelő választól).
 - a, Nem tudja a diák, mert nem tanították neki, és csak naiv vagy téves elképzelései vannak a hétköznapi / iskolán kívüli tapasztalatai alapján.
 - b, Tanították neki, de az 1. ábrán látható esetek valamelyike állt fenn (teljes közömbösség, kizárás, magolás, kreatív mentés, meghamisítás).

A továbbiakban elsősorban a helytelen / téves válaszokat elemeztem. Utólag természetesen (a szükséges információk hiányában) nem dönthető el, hogy az egyes esetekben mi volt ezek oka. Azonban a talált tévképzetek tipizálhatók, és az egyes típusok előfordulásának gyakorisága is meghatározható. Ezekből az eredményekből pedig következtetni lehet arra, hogy az adott fogalmak és összefüggések tanításakor mire érdemes különösen nagy hangsúlyt fektetni. Az egyes kérdések esetében ezért külön-külön kell megvizsgálni, hogy milyen válaszokat és milyen gyakorisággal adtak a tanulók, illetve a válaszok között milyen téves elképzelések találhatók.

4.2. Mi a forrás látható jele, és mennyi hő kell adott mennyiségű víz fölforrálásához?

„1. a) Mi a látható jele annak, ha egy folyadék melegítés közben felforr?”

A forráspont definícióját minden, kémiával foglalkozó egyetemi hallgató megtanulja a „Fizikai kémia” című kurzus keretében. „A forráspont az a hőmérséklet, amelyen a folyadék belsejében levő buborékokban a gőznyomás megegyezik a külső nyomással.” (Turányi 2015) A természetismeret tárgyat tanító tanárokat azonban nem mindegyike tanult a felsőoktatásban fizikai kémiát (pl. a földrajz szakos tanárok), pedig a kérdés háttérének megértéséhez szükséges lenne ez az információ. Ennek hiányában a tanárok is valószínűleg a tankönyvekben leírtakra és saját megfigyeléseikre hagyatkoznak. Ezek között pedig a forrásról értelemszerűen csak jelenségszintű ismeretek szerepelnek. Például a konyhai tapasztalatok alapján kijelenthető: „Buborékok képződnek a folyadék belsejében”. Ezért ezt, vagy hasonló értelmű kijelentéseket fogadhattak el a javító kémia tanárok helyes megoldásként.

Annak ellenére, hogy úgy gondolnánk, minden 13 éves korú tanuló látott már vizet forrni, volt 9 diák, aki semmit nem írt erre a kérdésre válaszként. Ez nem sok, de azért elgondolkoztató. A válaszok hiányának több oka is lehet (ld. fent). Ezeket az okokat a vizsgálat során nem volt lehetőségem egyértelműen beazonosítani. A 9 tanuló a többi kérdésre is kevés jó választ adott (átlagosan 5,1 pontot szereztek a 28 pontos dolgozathoz). Közülük a legtöbb pontot gyűjtő 8 pontot kapott, míg a leggyengébben teljesítő csak 1 pontot. Lehetséges, hogy ők valami miatt kevésbé voltak motiváltak a teszt megoldására, annak ellenére, hogy épp nem sokkal előtte kerültek be egy hatosztályos gimnáziumba (ahová nyilván előtte felvételizniük kellett). Előfordulhat, hogy valami miatt nem szerették a természetismeret tárgyat, vagy a teszt írásának körülményei nem voltak megfelelőek a diák számára. A teszt végén azonban volt két kérdés, amelyekre adott válaszok mégis szolgálhatnak erre vonatkozó információval. Az egyik kérdés a tesztet kitöltő tanuló előző év végi természetismeret jegyére vonatkozott. A 617 diák jegyeinek átlaga 4,8 volt, míg ennek a 9 diáknak csak 4,2. Ez jelezheti, hogy nekik hiányosságaik vannak a többi diákhoz képest. A másik kérdés pedig arról szólt, hogy mennyire kedvelte a tesztet kitöltő tanuló a természetismeret tantárgyat 0-tól 4-ig terjedő skálán. A diákok átlagosan 3,0 pontot adtak erre a kérdésre, míg ennek a 9 diáknak az esetében csak 2,6 pont volt az átlag. Ráadásul ebből a 9 diákból ketten 1-1 pontot adtak, ami azt jelzi, hogy nem csak hiányaik voltak, hanem a motivációjuk is alacsonyabb volt, mint a többi tanulóé.

Amennyiben minden olyan választ, amelyben a „buborék” szó megjelent helyesnek tekintünk, akkor is igaz, hogy csak a diákok 79,9%-a válaszolt helyesen, ami meglepően kevés.

A helyes válaszok között azonban voltak olyanok is, amelyek azt jelezték, hogy a diák fel tudja idézni a korábban tanultakat, látottakat, sőt még ennél többet is tesz. Ők olyan részletesen írták le a gondolataikat, amit a feladat nem várt el, pl.:

- „Amennyiben egy folyadék eléri a forráspontját láthatóan forrni, azaz bugyogni kezd.”
- „Az, hogy a folyadék belsejében is megindul a párolgás, buborékok képződnek.”
- „Vízgőzzel teli buborékok úsznak fel a tetejére.”
- „A folyadék elkezd bugyborékolni.”

Az összes választ figyelembe véve a diákok 12,6% esetében fordult elő a válaszban a „pára megjelenése” és 27,1%-nál jelent meg a „gőzképződés”. Ezen válaszok között voltak olyanok, amikor a diákok helyes választ adtak, pl.:

- „Az, hogy gőzölög és buborékol.”
- „Gőz száll fel, és a víz, közben bugyborékol.”

Ám sajnos voltak olyan megfogalmazások is, amelyek arra engedtek következtetni, hogy a diákok fejében a forrás és a párolgás (gőzölgés) fogalma még nem vált el egymástól. Pedig ebben a korban a tankönyvek alapján már tudniuk kellene, hogy a párolgás (gőzölgés) nem csak a forrás közben zajlik, hanem a forrás hőmérsékleténél alacsonyabb hőmérsékleteken is végbemegy. A diákok 8,3%-ánál jelent meg a párolgás, mint a forrás elsődlegesen látható jele és 11,2%-ánál a gőzölgés, mint a forrás elsődlegesen látható jele. E válaszok feltehetően abból a téves elképzelésből származnak, hogy a párolgást és a gőzölgést azonosítják a forrással, pl.:

- „Elkezd párologni.”
- „Elkezd párologni (gőzölni).”
- „A gőz (amikor rajta van a fedő és az bepárasodik)”

Egy diák azt válaszolta, hogy füst száll ki, miközben forr a folyadék. Itt feltehetően téves asszociáció van a tanuló fejében a füst és a gőz/pára között, mivel még nem ismerte fel, hogy a füstben szilárd részecskék vannak, míg a párában és a gőzben csak folyadék részecskék.

A kérdésre adott válaszok elemzésekor azt is érdekes volt megfigyelni, hogy az 1983-ban Osborne (Dobóné 2008) által leírt téves elképzelés vajon a mai diákok fejében is megjelenik-e. A válasz az, hogy igen. 45 diák esetén fordult elő, hogy a forrás során levegőbuborék képződéséről beszélt. Ez az összes dolgozat 7,2%-át jelenti. Ezáltal kijelenthető, hogy ez a tévképzet nem tűnt el az idő múlásával és a technika fejlődésével. Sőt a részletesebb választ adó diákok között előfordult hasonló jellegű, de konkrétabb válasz is, pl.:

- „Légbuborékok jelennek meg a folyadék felszínén és furcsa hangja van.”
- „Levegő jön fel az aljáról, bugyog.”
- „Elkezd buborékolni, a vízben levő gázok felszabadulnak.”
- „Az edény aljáról oxigén jön a felszínre.”
- „Az, hogy szén-dioxid buborékok lesznek megfigyelhetők a víz felszínén.”

Véleményem szerint a két utóbbi, konkrétabb megfogalmazás nem tekinthető teljesen újfajta téves elképzelésnek. Ugyanis a több előzetes ismerettel rendelkező diákok valószínűleg a levegő fogalmát helyettesítik az egyes, levegőt alkotó gázokkal. Így az 1983-ban leírt tévképzet tovább él (tértől és időtől függetlenül), csak a tanulók különféle módokon fogalmazzák meg. (Ebben a korban nem ritka, hogy a levegő a gáz szinonimája.)

A válaszok kapcsán még egy másik érdekes jelenség is megfigyelhető volt. A diákok 13,6%-a válaszát a „víz”-re vonatkoztatva adta meg. Felmerül a kérdés, hogy ezek a tanulók vajon tudnak-e általánosítani (hogy a forrás minden folyadék esetében előfordulhat), vagy még csak konkrét fogalmakban tudnak gondolkodni, és a válaszukat csak a vízre asszociálva tudják megfogalmazni.

„1. b) Az egyik edényben 1 liter vizet forralunk föl, a másik edényben 2 litert. Melyik esetben van szükség több hőre, ha a kiindulási hőmérsékletük azonos? Hányszoros mennyiségű hő kell?”

Mint minden kérdésre adott válaszok esetén, itt is előfordult, hogy nem kaptunk választ a kérdésre (2,6%), vagy tökéletes választ kaptunk, aminek az értelme a következő: 2 liter /kétszeres (78,7%). Ám itt is voltak helytelen válaszok, melyek arra engednek következtetni, hogy valamilyen hiba van egyes diákok gondolkodásmódjában, vagy gondolatmenetében. A kérdésre kapott válaszok százalékos megoszlását az 1. táblázat tartalmazza.

1. táblázat – Az 1.b feladatra adott válaszok százalékos megoszlása

A kérdésre adott válasz	Relatív gyakoriság
6. 2 liter / Kétszeres.	78,7%
5. 2 liter, de nem ad meg arányt / a megadott arány nem helyes.	3,9%
4. Egyenlő hőmennyiség kell / több idő kell	9,1%
3. 1 liter esetén kell több hő.	1,0%
2. Csak az arányt adja meg.	4,1%
1. Nem a kérdésre válaszol.	0,6%
0. Nem írt semmit.	2,6%

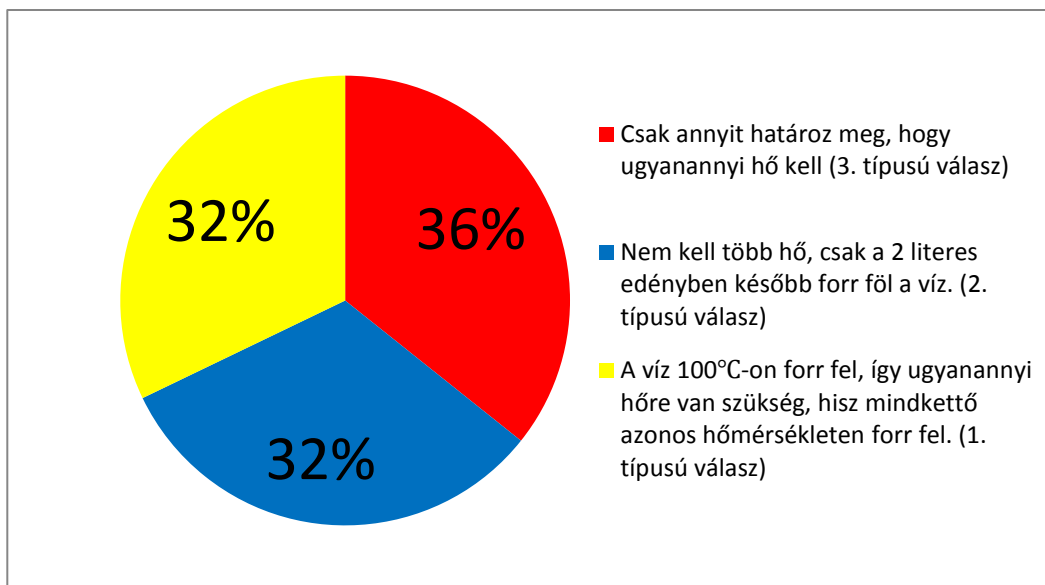
A leginkább figyelemre méltó téves elképzelést tartalmazó válaszok ott fordultak elő, ahol a diákok azt indokolták meg, hogy miért kell azonos mennyiségű hő a két edényben levő víz felforralásához, pl.:

- „Egyik esetben sem kell több hő, mert nem mennyiségtől függ a forráspont.”
- „A víz 100 °C-on forr fel, így ugyanannyi hőre van szükség, hisz mindkettő azonos fokon forr fel.”
- „Nem kell több hő, csak a 2 literes edényben később forr föl a víz.”

A megadott téves válaszokat 3 kategóriába osztottam fel. Mindhárom alapja, hogy a hőmérséklet és a hő fogalmát keverik a diákok, és erre eltérő magyarázatot adnak.

- Az első esetben: úgy gondolják, hogy a víz 100 °C-on forr, ezért a víz mennyiségétől függetlenül ugyanakkora hő kell a felforralásához. Itt az adott hőmérséklet eléréséig kellő hőt azonosnak veszi. Ebben az esetben a tanulók nyilván a hőmérséklettel azonosítják a hőt, s így a két fogalom nem válik külön a gondolkodásukban.
- A második típusú elképzelésben az a hiba, hogy a diákok úgy gondolják, nem kell több hő, csak tovább kell melegíteni. Véleményem szerint az első elképzelésnek egyfajta továbbgondolása. Ebben az esetben a diákok nem ismerik fel, hogy a tovább melegítés során további hőközlés történik. Az ilyen jellegű fogalmi zavart a mindennapi szóhasználat is erősíti: ha melegedés várható, hőhullám jön, az **időjárást előrejelző honlapon** hőterképet látunk, nem hőmérséklet-terképet stb.
- A harmadik csoportba azon diákok válaszát soroltam, ahol a diák nem indokolta, hogy miért gondolja azonosnak. Feltehetőleg azonban ők is a fenti okokból adtak ilyen választ.

Az 56 diák közül, 18 fő adott az első típusú választ (akik a hőmérsékletet és a hő azonosították), és 18 fő adott második típusú választ (akik nem ismerték föl, hogy a kétszeres melegítési idő kétszeres hő közlését jelenti). Illetve 20-an voltak, akik nem indokolták meg, hogy miért gondolják így. (ld.: 2. ábra)



2. ábra „Egyenlő mennyiségű hő kell” jellegű válaszok magyarázatának megoszlása
(A 4. típusú válasz magyarázatának megoszlása)

Nagyon érdekes volna megvizsgálni, hogy akik úgy vélték, hogy az egy liter víz felforralásához kell több hő, mi alapján gondolták ezt, de erre nem volt lehetőségem. (Feltehető, hogy válaszaik tippelés alapján keletkeztek.) A másik hasonlóan érdekes válasz azon diákok esetében fordult elő, akik helyesen gondolták, hogy a két literhez kell több hő, de az arányhoz nem kétszerest írtak. Ilyen esetekben előfordult a $4x$, $3x$, $1,5x$, $1x$ és $0,5x$ válaszlehetőségek valamilyike. Ezeknek a diákoknak volt arról elképzelésük, hogy a nagyobb mennyiségű víz felforralásához több hő kell, de nem voltak tisztában a víz mennyisége és a szükséges hő közötti egyenes aránnyal. Ezeket az alternatív gondolatokat nem érzem annyira súlyos problémának, hiszen itt csak sejtésük lehetett és nem olyan határozott elképzelésük, amelyen később nehéz változtatni. (Saját tapasztalataim alapján, a matematika tanulása során többször előfordul az a téves gondolat, hogy $0,5x > x$. Ez a téves elképzelés itt is megjelent egy feladatlapon.)

4.3. Mi van egy gáz részecskéi között?

Ez a kérdés első pillantásra nem tűnik nehéznek, hiszen vannak olyan természetismeret tankönyvek melyekben szó szerint megtalálható rá a válasz (azaz pl. „semmi”, „légtér” vagy „vákuum”). Azonban a teszt eredményei alapján kiderült, hogy mégis nehéz a feladat, mert azt követeli meg, hogy a diák elfogadja: a folytonosnak látszó anyag részecskékből áll. A folytonos anyagszemlélet pedig eléggé elterjedt. (Az is kijelenthető, hogy a felnőtt emberek

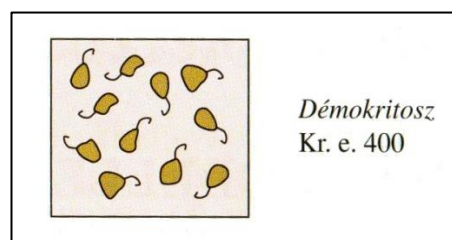
jelentős része ezt gondolja valósnak,⁶ és bizonyára élete végéig megőrzi ezt az ősi, „Arisztotelész-i” anyagszemléletet.)

Az összes, általam vizsgált kérdés közül itt fordult elő a legtöbb üresen hagyott mező. (ld.: 2. táblázat, 4. ábra) A diákok 29,5%-ának semmilyen elképzelése sem volt arról, hogy mit lehetne erre a kérdésre válaszolni, vagy nem merték azt leírni. Másrészt sajnos a válaszadók túlnyomó többségére igaz, hogy még folytonos anyagszemléletük van. Ők úgy gondolják, hogy a gáz részecskéi között más anyag található, pl.: levegő, oxigén, szén-dioxid, szén-monoxid. Ezt a gondolatot 2004-ben Kind írta le tipikus tévképzetként. Előtte 1998-ben Kokotas azt a tipikus téves választ fogalmazta meg, hogy „a molekulák és az atomok közötti teret levegő tölti ki”. Az általam vizsgált esetekben a diákok 33,4%-a gondolta így. Válaszként a levegő helyett jelentős arányban megjelent az oxigén is (11,4%). Ennek valószínűleg az lehet az oka, hogy a diákok tanulták már a levegő összetételét, és azt, hogy az oxigén fontos az élethez. Így az oxigén már számukra ismert, és az irodalomból jól ismert tévképzet egyik válfajában ezzel helyettesítik a levegőt.

Ezekon felül volt még egy érdekes „elképzelés” típus. Ezekben az esetekben valamilyen makroszkopikus méretű tárgyat képzeltek a diákok a részecskék közé, pl.:

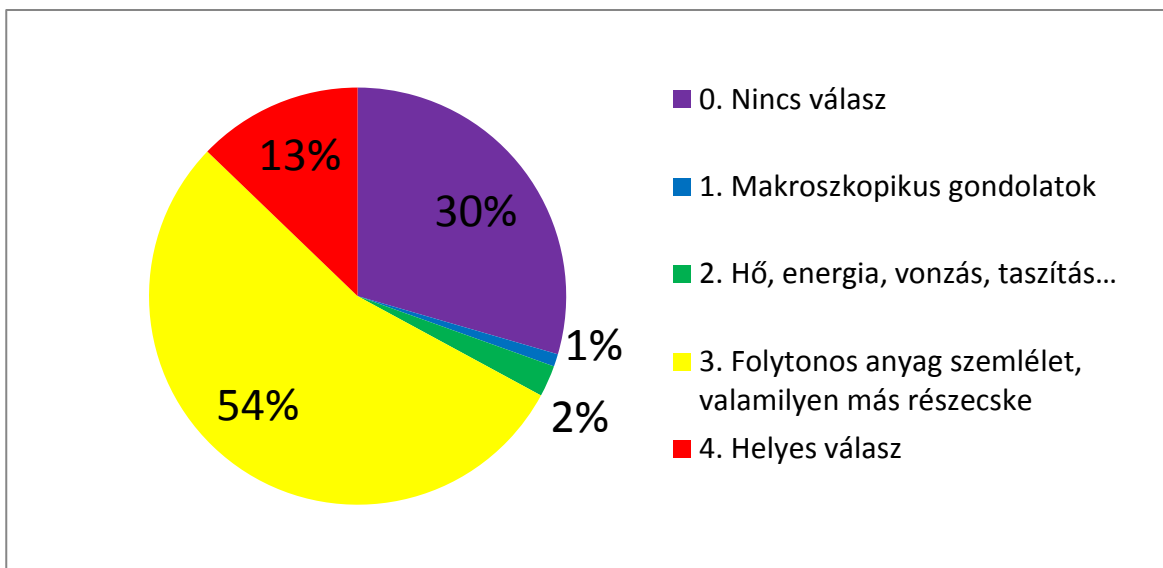
- „Homok”
- „Rezgő drótok, amik összekötik őket”

Ez a jelenség, miszerint a szubmikroszkopikus részecskéket makroszkopikus tulajdonságokkal ruházzák fel a tanulók, nem ritka. Például a szakirodalomban (Dobóné 2008) olvashatók a következő tévképzetek: a jég molekulái kemények és fagyottak, a forró folyadék molekulái melegebbek, mint a hideg folyadékban levő molekulák (ld. 2. fejezet). Ebben az esetben is az figyelhető meg, hogy a tanulók makroszkopikus méretű tárgyakat képzelnek a levegő részecskéi közé.



3. ábra – A Démokritosz-i atommodell, Kémia 9. osztály (Mozaik kiadó) a drótokkal kapcsolatos elképzelés egyik lehetséges oka

⁶ Korom Erzsébet a Fogalmi fejlődés és fogalmi váltás c. könyvében ilyen jellegű kutatásról is ír. Többek között érettségi előtt álló tanulók anyagszemléletét vizsgálja.



4. ábra – A 3.a feladatra adott válaszok százalékos megoszlása

2. táblázat – A 3.a feladatra adott válaszok százalékos megoszlása

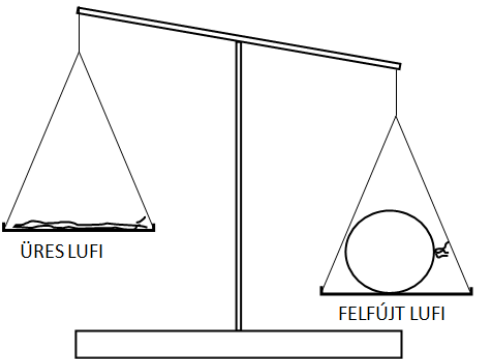
A kérdésre adott válasz	Relatív gyakoriság
4. Vákuum, hely, tér, semmi, üres tér, hézag, légüres tér	12,8%
3a. Levegő	33,4%
3b. Oxigén	11,4%
3c. Részecskék: CO ₂ CO	6,3%
3d. Atomok	2,4%
3e. Folytonos anyagszemlélet	0,5%
3f. Elektron proton	0,3%
2a. Kötőerők, vonzás-taszítás, kapcsolat	1,9%
2b. Hő, energia	0,5%
1. Makroszkopikus gondolat: rugó, homok, pára, szennyeződés	1,0%
0. Nincs válasz	29,5%

Megjegyzendő, hogy a 2a. típusú válasz (Kötőerők, vonzás-taszítás, kapcsolat) reális gázok esetében nem helytelen, és nyilván csak a kérdés félreértelmezéséből, illetve félreérthető megfogalmazásából származik.

4.4. Milyen sűrűn helyezkednek el a gázcseppkék a lufiban és a lufi körül?

A 3. feladat 'b' részében le kellett rajzolni a tanulónak, hogy milyen elképzelése van az adott kérdéssel kapcsolatban a 'c' részben pedig ezt az elképzelést kellett megindokolnia. (ld.: 5. ábra)

3. b) A rajz azt a kísérletet ábrázolja, amikor egy felfújt és egy üres lufit a kétkarú mérleg két serpenyőjébe teszünk. (A lufik tömege üresen azonos, és felfújás után a lufi szájának bekötéséhez nem használtunk más tárgyat.) Rajzolj a levegő részecskéit jelölő pontokat (•) az ábrára mindenhol, ahol levegő van! A pontok sűrűbben legyenek ott, ahol több részecske van egy adott térfogatban!



3. c) Miért vannak sűrűbben a levegő részecskéi ott, ahová így rajzoltad?

5. ábra A 3.a és a 3.b feladatok

A Bloom taxonómia alapján a diákoktól elvárt rajz (amelyen a pontok sűrűbben helyezkednek el a felfújott lufiban, a környező légtérben pedig ritkábban, de egyenletesen) már alkalmazás szintű tudásnak felel meg. A jelenségre helyes magyarázatot adni (ami a felfújott lufiban lévő nagyobb nyomással indokolja az ott sűrűbben elhelyezkedő részecskéket) még ennél is nehezebb feladat. Ennek elsődlegesen az lehet az oka, hogy míg az első részben „csak” le kell rajzolni az elképzelést, addig a második esetben ezt logikus gondolatmenet alapján, szavakban megfogalmazva indokolni. Amíg a 3.b helyes megoldása tippeléssel vagy valamiféle „megérzés” alapján is megszülethetett, a találgatással adott helyes válasz valószínűsége a 3.c feladat esetében már minimális. Ezt az eltérést az is nagyon jól szemlélteti, hogy a '3.c' kérdést sokkal több tanuló hagyta válasz nélkül, mint a '3.b' kérdést. (ld.: 3. és 4. táblázat)

3. táblázat – A 3.b feladatra adott válaszok százalékos megoszlása

A kérdésre adott válasz	Relatív gyakoriság
7. Helyes ábra, amelyen a felfújtt lufiban sűrűbben helyezkednek el a pontok, mint az ábra többi részén, de mindenütt vannak pontok, ahol levegő van.	62,6%
6. Csak a lufikban vannak részecskék.	20,6%
5. A légtérben nem egyenletes a részecskék eloszlása.	7,8%
4. A felfújtt lufiban nem egyenletes a részecskék eloszlása.	3,6%
3. A lufik belseje be van satírozva (folytonos anyagszemlélet).	1,8%
2. Az üres lufiban vannak sűrűbben a részecskék. / A felfújtt lufiban vannak ritkábban a részecskék.	1,6%
1. A teljes ábrán egyenletes a részecskék eloszlása.	1,1%
0. Nincs válasz.	1,0%

A 3. feladat 'b' részéhez tartozó rajztípusokra példa a 3. mellékletben található.

4. táblázat – A 3.c feladatra adott válaszok százalékos megoszlása

A kérdésre adott válasz	Relatív gyakoriság
8. Nagyobb a nyomás a felfújtt lufiban.	6,8%
7. Több részecske / összetömörülnek a lufiban.	37,9%
6. A felfújtt lufiban több a széndioxid, ami nehezebb az oxigénnél.	1,3%
5. Kis térfogat. / Rendelkezésre álló teret kitölti. / Nem tudnak mozogni.	15,4%
4. Nagyobb a lufiban a sűrűség.	3,7%
3. Azért nem egyenletes a lufiban az eloszlás, mert... (A magyarázat lehetséges folytatásait a 24. oldalon részletezem.)	3,2%
2. Üres lufiban van több részecske, mert... (A magyarázat lehetséges folytatásait a 26. oldalon részletezem.)	1,1%
1. Nem a kérdésre válaszol (pl.: mesterségesen juttatjuk be a levegőt).	20,4%
0. Nincs válasz.	10,0%

A leggyakoribb téves rajz, az volt, amikor a diákok csak a lufiba rajzoltak részecskéket (a 3.b választípus kódja: 6). Ebben az esetben nem feltételül kell tévképzetről beszélni. Az is lehet, hogy a diákok félreértették a feladatot és nem gondolták, hogy a lufik körüli levegőt is meg kell jeleníteni. E rajzok esetében a hozzátartozó magyarázatok között a legkülönbözőbbek fordultak elő. (ld.: 2. melléklet).

A második leggyakoribb téves elképzelés szerint a légtérben a pontok nem egyenletesen helyezkedtek el (a 3.b választípus kódja: 5). Ebben az esetben a diákok többféle típusú rajzot készítettek. Voltak akik:

- csak a lufik környékére rajzoltak részecskéket.
- csak a serpenyőkbe, és környékére rajzoltak részecskéket.
- az üres lufinak a környékére se rajzoltak részecskéket.
- csak a mérleg egyik felére rajzoltak részecskéket.
- a részecskék bizonyos helyekre tömörülnek, míg máshol „levegőhiány” alakul ki.

Ezek nem feltétlenül valamely tévképzet miatt keletkeztek. Véleményem szerint itt is csak figyelmetlenség, vagy a feladat nem megfelelő értelmezése lehetett a helytelen ábra alapja.

Az első olyan választípus, ahol szerintem valódi téves elképzelés figyelhető meg az, ahol a felfújott lufiba a tanulók nem egyenletesen rajzolták be a részecskéket (a 3.b választípus kódja: 4). Az ilyen rajzok készítői között voltak, akik meg is magyarázták, hogy miért nem egyenletes a részecskék eloszlása a lufiban. Többféle tévképzetet is találtam arra, hogy a lufin belül hogyan szeparálódnak a levegő részecskéi, és ezek mindegyikét meg is indokolták a tanulók, hogy miért gondolják így (a 3.c választípus kódja: 3):

1. a lufi szájánál több a részecske (6 fő)
 - „Mert az van közelebb a lufi szájához, ezért ő kapott a legtovább levegőt.”
2. a lufi hátsó felénél több a részecske (3 fő)
 - „Mert oda megy először a levegő, így ott lesz több.”
3. a lufi fala mentén van több részecske. (3 fő)
 - „Mert ki akarnak törni a bezárt helyről.”
4. a lufi alsó felénél több a részecske. (8 fő)
 - „Mivel a levegőnek súlya van, gravitáció érvényesül.”
5. a lufi felső felénél több a részecske. (2 fő)
 - „Azért, mert a meleg levegő felfelé száll, áramlik, és a meleg levegő sűrű.”

A magyarázatok alapján mindegyik elképzelésben fellelhető, hogy mi a téves gondolat alapja. Az első három elképzelés esetén a diákok valószínűleg a folytonos anyagszemlélethez próbálnak visszanyúlni, és így magyarázzák meg, hogy miért van több részecske a lufi szájánál, vagy épp a hátsó felénél, vagy a lufi fala mentén. Akik a gravitációra hivatkoznak, azok tudják, hogy van ez a fajta vonzóerő a földön (hiszen találkoznak vele nap, mint nap). Ám ebben a korban még nem tudják, hogy a gravitációs erő tömegfüggő ugyan, de a részecskének olyan kicsi a tömege, hogy ilyen szinten elhanyagolható mértékben hat a gravitációs erő a részecskékre. Ráadásul a részecskék olyan nagy sebességgel mozognak (termikus mozgás, „hőmozgás”), hogy az legyőzi a gravitációt. Ha majd ezeket az összefüggéseket is megértik, akkor ez a téves elképzelés feltehetően megszűnik. Az 5. típusú téves elgondolás kiindulópontja az volt, hogy a meleg levegő felfelé száll, ami önmagában igaz állítás. Viszont a második része, miszerint a meleg levegő sűrűbb, nem igaz, és éppen itt van e választípusban a logikai hiba. A meleg levegő pont azért tud felfelé szállni, mert kevésbé sűrű, mint a hideg. Érdekes viszont, hogy ezek a tanulók a lufiba befűjt (ember által éppen kilélegzett, ezért a környezeténél kezdetben valóban melegebb) levegő hőmérsékletében keresik a különbség okát. Összességében az ilyen jellegű téves elképzelések (hogy nem egyenletes a lufiban a részecskék eloszlása) nem sok diák válaszaiban fordultak elő, csak 22 tanuló gondolkodott így a leírások alapján. S még közöttük is volt nézetkülönbség abban, hogy a lufin belül hol van több részecske. Így az egyes téves gondolatok nagyon kis számban fordultak elő. Ha a tanár figyel rá, akkor e téves elképzelések a kémiai és fizikai tanulmányok során könnyen korrigálhatónak tűnnek. Ehhez azonban hangsúlyozni kell, hogy ha azonos hőmérsékletű gázok esetében egységnyi térfogatban több részecske van, akkor annak a gáznak a nyomása is nagyobb. A feladat helyes megoldásához természetesen azt is be kellett a diáknak látnia, hogy a lufi csak akkor fújódik föl, ha a benne lévő nyomás nagyobb a légnyomásnál.

Egy másik megjelenő tévképzet, ami a '3.a' feladatnál is megjelent: a diákok a folytonos anyagszemlélet alapján gondolkodtak. A feladat 'b' részében vagy kiszínezték a lufit, vagy a rajzolt karikák összenőttek. Az anyag folytonosságát, ilyen jellegű homogenizálását, mint téves elképzelést Nakhleh írta le. „Az anyag folytonos és homogén.” Az ilyen rajztípus 11 diák esetében fordult elő. Közülük a '3.a' feladatra 1 diák válaszolt helyesen, 8 diák pedig valamilyen más anyagot adott meg, ami a részecskék között található, illetve 2 diák nem írt semmilyen választ. Az első diákot leszámítva ezek alapján kijelenthető, hogy ennek a 10 tanulónak még folytonos az anyagszemlélete.

Egy olyan érdekes gondolat is előfordult a válaszok között (1,1%-ban), hogy a leeresztett („üres”) lufiban van több levegő (a 3.b választípus kódja: 2). Ezek a rajzok önmagukban a

külső személő számára érthetetlenek. Viszont voltak diákok, akik alaposan meg is indokolták a válaszukat. Így már könnyebb volt elképzelni, hogy mi alapján egészítették ki így az ábrát, és miért gondolják, hogy a leeresztett lufiban térfogategységben több levegőrészecske van (vagy úgy fogalmazzuk, hogy a felfújttal van kevesebb, a 3.c választípus kódja: 2).

- „Azért mert az üres lufi összenyomja.”
- „Mert az üres lufiban jobban össze van szorítva, és a felfújttal lufinak a belseje egy kicsit taszítja a levegőt.”
- Azért van több részecske a leeresztett lufiban, „mert kisebb helyen vannak.”
- Azért van kevesebb részecske, „mert a felfújttal lufiba szén-dioxidot fújunk be.”

Ha e példákat olvassuk, akkor látható, hogy az első fontos dolog, amit nem vesznek figyelembe a válaszadás során az az, hogy a leeresztett lufi egy nyitott rendszer, míg a felfújttal lufi zárt rendszer. A másik figyelmen kívül hagyott tény: a felfújttal lufit úgy kapjuk, hogy fújunk bele még levegőt. Feltehetően ezek hiányában alakult ki az a következtetés, hogy a leeresztett lufiban több részecske van, mint a felfújttal lufiban. A másik oka az ilyen jellegű ábrának az volt, hogy a diákok azt feltételezték: nem levegőt, hanem szén-dioxidot fújunk a lufiba. Meglehet, hogy az 5.b kérdésre („Melyik az a gáz, amelyikből több van a kilélegzett levegőben, mint a belélegzett levegőben?”) is ebbe az irányba terelte a gondolataikat, ha később tértek vissza ehhez a nehéz 3.c feladathoz. Itt azt nem vették a tanulók figyelembe, hogy a levegő *alkotórésze* a szén-dioxid. Az ő tudatukban a levegő és a szén-dioxid még különálló „dolog” és nem úgy tekintenek a szén-dioxidra, mint a levegő egyik komponensére.

A 3. feladat 'c' részében adott válaszokat tartalmuk alapján a 4. táblázatban csoportosítottam. A feladat megoldókulcsa a következő tartalmú válaszokat várta: „A felfújttal lufiban nagyobb a nyomás, mint az azt körülvevő légkörben. / A felfújttal lufi egységnyi térfogatában több részecske van, mint a levegő egységnyi térfogatában.”. E gondolatot mindössze a diákok 6,8%-a tudta megfogalmazni. Emellett azonban voltak más ötletek is, pl.: „Mert ott több a szén-dioxid, ami nehezebb az oxigénnél.” A válaszadó minden bizonnyal arra gondolt, hogy a szén-dioxid-gáz sűrűsége nagyobb az oxigéngázénál (főltehetőleg ezt úgy tanulta, hogy a levegőnél), Ebben a megfogalmazásban az a gyakran elkövetett hiba jelenik meg, hogy összekeveri a gázok tömegét és sűrűségét, s figyelmen kívül hagyja a részecskék számát. A 3.c feladat kísérletének magyarázata tehát a diákok többségének nehézséget okozott. Ennek több oka lehet, de föltételezhető, hogy az iskolában ritkán találkoztak ilyen, alkalmazás szintű tudást és logikus gondolatmenetet igénylő feladatokkal.

4.5. Miben különbözik az olvadás és az oldódás?

Ahogy az előző fejezetben már említettem, a természetismeret tankönyvekben ez a kérdés általában szó szerint megtalálható. Ebből az következik, hogy a diákok ezzel a feladattal valószínűleg már találkoztak a korábbi évek során (NAT 2012). Ha erre a kérdésre precíz megoldást szeretnénk adni, ismerni kell a két fogalom jelentését (bár ezt a kérdésre adott helyes válaszban nem kellett feltétlenül leírni). A teszt során több különböző típusú válasz érkezett, a legkülönbözőbb kombinációkban. (Ld.: 5. és 6. táblázat, valamint 4. melléklet.) Sajnos itt is voltak üresen hagyott mezők. Az oldódás a tanulók 6,5%-ának válaszában nem szerepelt. Ez sokkal több tanuló, mint ahányan nem írtak semmit az olvadás jelenségével kapcsolatban (1,9%). Néhány esetben előfordult, hogy a leírt mondatban nem a fizikai kémiai fogalom jelent meg, hanem csak a szó hétköznapi értelmét felhasználva írt egy mondatot a tanuló (bár szerencsére ez nagyon ritkán fordult elő), pl.:

- „Beleolvad a környezetbe.”
- „A kötél eloldódik.”

Ezekben az esetben valószínű, hogy a hétköznapi fogalmat még nem váltotta föl az adott szakszó tudományos jelentése.

A megjelenő válaszok között többször fordult elő, hogy csak egy-egy konkrét példával szemléltette a tanuló, hogy mit is jelentenek a fogalmak. E diákok föltehetőleg még a konkrét gondolkodás szintjén vannak. Ebben az esetben van elképzelésük arról, hogy mi az olvadás és mi az oldódás, de nem tudják megfogalmazni, s ennek következtében összehasonlítani sem a két fogalmat. Az olvadást a válaszadók 15,6%-a szemléltette példával, az oldódás esetén pedig 12,0%-uk válaszolt így. Az összes válasz 6,3%-ában fordult elő az, hogy a diák nem végzett összehasonlítást, hanem csak egy-egy példát adott mind a két jelenségre. Olvadás esetén a legjellemzőbb példa a jég, jégkocka olvadása volt. Ezek között előfordultak olyan megfogalmazások, amelyek alapján nem dönthető el, hogy a diák ténylegesen tudja-e, hogy az olvadás egyfajta halmazállapot-változás: „jég átváltozik vízzé”. Jelen helyzetben az átalakulást értheti halmazállapot-változásnak, de az is előfordulhat, hogy valami más átalakulást gondol a fogalom alatt. Az oldódás esetén változatosabb példákkal éltek a diákok, pl.: „tablettát a vízben”, „cukor a vízben”, „só vízben”, „nyál hatására oldódik a nyalóka”, „zsíroldó”.

5. táblázat – A 4.a feladatban az olvadás megfogalmazásának százalékos megoszlása

A kérdésre adott válasz	Relatív gyakoriság
6. Hő hatására bekövetkező halmazállapot-változás, amelynek során a szilárd anyagból folyadék lesz.	15,6%
5. Halmazállapot-változás. Szilárd anyagból folyékony halmazállapotú lesz.	38,6%
4. Feltételt fogalmaz meg: Hő, nap kell hozzá, hogy valami olvadjon.	10,9%
3. Az olvadás fogalma téves, vagy hiányos elképzelésen alapszik (a megfogalmazás alapján).	14,1%
2. Példát ad a jelenségre.	15,6%
1. Változást fogalmaz meg, ám nem a kérdéssel kapcsolatban.	3,4%
0. Nincs válasz.	1,9%

6. táblázat – A 4.a feladatban az oldódás megfogalmazásának százalékos megoszlása

A kérdésre adott válasz	Relatív gyakoriság
5. Két anyag keveredik. / Kell hozzá oldószer és oldott anyag.	29,3%
4. Nem halmazállapot-változás. (A kérdés szempontjából ez a válasz teljes értékű.)	1,0%
3. Az oldódás fogalma téves, vagy hiányos elképzelésen alapul (a megfogalmazás alapján).	42,9%
2. Példát ad a jelenségre.	12,0%
1. Változást fogalmaz meg, ám nem a kérdéssel kapcsolatban.	8,3%
0. Nincs válasz.	6,5%

A válaszok változatossága nem merült ki a helyes válasz és a konkrét példa megadásának típusaival. E két fogalom kifejezése során a legkülönbözőbb téves, hibás vagy hiányos elképzelések születtek. A tévképzet-kutatók számos, ezekhez hasonló, tipikus téves elképzelést fogalmaztak meg az évek során. Ezek többsége itt is előfordult, például még a Lee által 1993-ban leírt jelenség, miszerint „az oldódás és az olvadás ugyanazok a folyamatok” is megjelent néhány tesztben, pedig a feladat pont a két fogalom közötti különbségre kérdez rá. A diákok

próbáltak ugyan valami különbséget megfogalmazni, de mivel a gondolataikban ez a két fogalom összefonódott, nem jártak sikerrel.

- „Az olvadás az szilárból a meleg hatására folyékony lesz az oldódás pedig szilárból lesz folyékony.”
- „Az oldódáskor egy szilárd halmazállapotú anyag a vízben átváltozik folyékony halmazállapotúra.”
- „Oldódáskor egy szilárd anyag elkeveredik, elolvad a vele fizikai kontaktusban levő folyékony anyagban.” – Ez a téves megfogalmazás származhat a hétköznapi helytelen szóhasználatból, „a cukor elolvad a teában”.

Ezért kijelenthető, hogy ez a tévképzet sem tűnt el, csak a tesztben szereplő kérdés feltevése kevés lehetőséget adott a megjelenésére.

A 4.a feladat tehát nem arra kérdezett rá, hogy mi a két fogalom, de voltak diákok, akik külön-külön is megmagyarázták azokat. Ennek eredményeként nekem is volt lehetőségem megvizsgálni, hogy mit gondolnak a tanulók külön az oldódásról és ettől elválasztva az olvadásról. Egészen pontosan, hogy milyen téves / hiányos gondolatokat tudnak megfogalmazni e jelenségekkel kapcsolatban.

Az olvadásról mindösszesen a válaszadó diákok 14,1%-a gondolkodik tévesen vagy hiányosan. (Ez az érték az oldódás esetében sokkal magasabb, 42,9%.) A téves és hiányos elképzelések a legkülönbözőbb formában jelennek meg a válaszokban. Voltak olyanok, amelyek több diák válaszában is megjelentek, s voltak nagyon egyéni gondolatok is, amelyek csak 1-1 diák esetében fordultak elő. Az egyes téves vagy hiányos megfogalmazások megoszlását a 6. ábra szemlélteti. Ez alapján azt is lehet látni, hogy mely téves / hiányos elképzelések a gyakoriak. Melyek azok, amikre az oktató tanároknak külön figyelni kell, mert előfordulhat, hogy az osztályukban is van olyan diák, aki ezt gondolja. A magyarázatok között találhatunk olyant, amikor a diák a szubmikroszkopikus részecskéket makroszkopikus tulajdonságokkal ruházza fel, s így próbál okoskodni.

- „Minden részecske átalakul folyékony halmazállapotúvá.”
- „Szilárd részecskékből álló dolog elkezd folyékonyvá válni.”
- „Részecskék térfogata csökken.” – A teszt során nem jelentős mértékben jelent meg, hiszen nem voltak olyan kérdések, melyek az ilyen jellegű téves gondolatokat direkt kiprovokáltak volna, de ez is a szakirodalomból jól ismert, tipikus téves elképzelés (Dobóné 2008).

- „Az olvadásnál a molekulák nem oldódnak, hanem csak átváltoznak, de ugyanaz marad...”
- „Az olvadás során az anyag elolvad és így válik eggyé a másik anyag molekuláival.”

Illetve olyan választípusokat is előfordultak, amikor a diák a makroszkopikus változást írja le, de tévesen.

- „Egy bizonyos tárgy eltűnik, elolvad nem lesz megtalálható.” – Ebben az esetben lehet, hogy dupla tévképzet fordul elő. Feltehető, hogy ez a tanuló is az oldódással keveri össze az olvadást, és az oldódásról az a tévképzete van, hogy a szilárd anyag ott „eltűnik” a folyadékban.
- „A hideg szilárd test felmelegszik.”
- „Kemény anyagból folyadék lesz.”
- „Olvadás: amikor meleg hatására valami meglágyul.” – Vajon ennek az elképzelésnek mi lehet az oka? Az amorf anyagokra gondol a tanuló, mint például az üveg, ami lágyul, és nem olvad, vagy épp a jégkására, ami szilárd, majd egyre könnyebb kavarni, s ezért úgy érzékeli, hogy az „meglágyul”?
- „Szilárd folyadék meleg hatására elolvad.” – Ebben az esetben a diák tautológiát használ, azaz az olvadást olvadással magyarázza. Másrészt csak a kiindulási állapotot írja le, a teszt alapján arról nem derül ki semmi, hogy szerinte ez mivé alakul át. (Megléhet, a „szilárd folyadék” kifejezés arra utal, hogy az anyag természetes állapotának a folyadék halmazállapotot tekinti, amely csak ideiglenesen szilárd. Ezt támasztják alá az alábbiakban idézett, a makroszkopikus változást megfogalmazó mondatok is.)
- „Az olvadás az, hogy a fagyott „testből” hő hatására elolvad és egy másik „énjét” fogjuk látni.” – A molekulák, atomok megszemélyesítése többször előfordulhat az iskolákban a magyarázatok során, annak érdekében, hogy a diákokhoz közelebb kerüljenek a fogalmak. Ám ezeket nagyon óvatosan kell használni, mert a diákok hajlamosak lehetnek arra, hogy a részecskéket ténylegesen az élőlények tulajdonságaival ruházzák föl. Mint például „a levegő él” típusú tipikus tévképzet, melyet Sere írt le 1986-ban (Dobóné 2008).

Más diákok is a makroszkopikus változást próbálják megfogalmazni, de hiányosan. Így alakultak ki azok a mondatok, amelyek a víz-jég rendszerre asszociálva fogalmazzák meg a választ, vagy pedig csak a kezdeti vagy csak a végállapotot írják le.

- „Az olvadás az, mikor valamilyen folyadék meg van fagyva, de mikor 0 °C vagy ennél több van, akkor elolvad.”
- „A megfagyott dolog kifagy.”
- „Az olvadásnál az anyag visszakapja eredeti formáját, ami megfagyott.”
- „Olvadás során a folyadék folyékonyvá válik, visszanyeri régi formáját.”
- „Az olvadás az amikor, egy anyag jégneműből folyékonynemű lesz.”
- „Az olvadás egy anyagnak a folyós vagy folyékony formává alakulása.”



6. ábra Az olvadással kapcsolatban megfogalmazott téves, vagy hiányos elképzelések a teszt alapján (téves elképzelés / fő)

Hasonló téves és hiányos elképzelések figyelhetőek meg az oldódás terén is. (Megoszlásukat az 7. ábra szemlélteti.) E fogalom esetén sokkal nagyobb arányban fordultak elő ilyen jellegű hiányos / téves válaszok, a diákok 42,9%-a válaszolt így. Ebből arra következtethetünk, hogy az oldódás fogalmának helyes megértése nehezebb feladat, mint az olvadásé. Itt is megjelennek a részecske szintű téves vagy hiányos magyarázatok.

- „Két részecske eloldódik egymástól.”
- „Egy anyag részei átveszik a másik anyag tulajdonságait.”
- „... az oldódásnál pedig egyes molekulák feloldódnak.”

Viszont a magyarázatok között nemcsak részecske szintű tévképzetek fordultak elő. A válaszok két nagyobb csoportba sorolhatóak. Vannak olyan tanulók, akik valamilyen jellegű halmazállapot-változásként értelmezik az oldódást, és vannak diákok, akik az anyagok keveredéséből indulnak ki, de alternatívan, hiányosan magyarázzák meg a jelenséget.

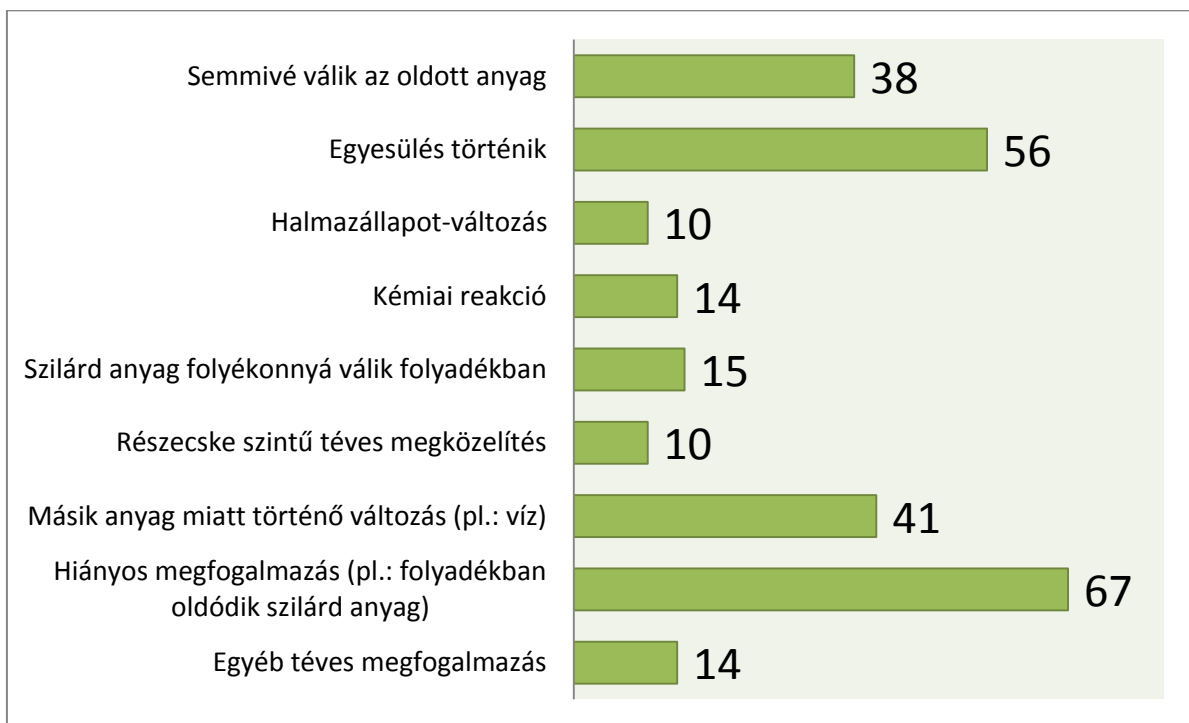
- Az oldódásra egyfajta halmazállapot-változásként tekintenek, pl.:
 - „... lecsapódik, és a légnemű halmazállapotú anyagból folyékony halmazállapotú anyag lesz. Ez az oldódás.”
 - „Víz elpárolog.”
 - „Szilárd anyagból légnemű lesz.”
- Keveredést fogalmazzák meg, de tévesen, vagy hiányosan, pl.:
 - „... Az oldódás egy olyan folyamat, amikor pl. egy vegyszert összekeverünk egy másikkal. A másik vegyszer anyagai „megölik” az egyik vegyszer anyagain, így tulajdonképpen semmivé válik.”
 - „Az oldódásnál az anyag teljesen feloldódik, eltűnik.”
 - „Az oldódás, amikor egy dolgot feloldunk egy folyadékban, azaz egyesítjük őket.”
 - „Az oldódás pedig azt jelenti, amikor két anyagot összekeverünk és ezáltal egy lesz belőlük.”
 - „... az oldódás egy vegyszer miatt van.”
 - „Reakcióba lép egy anyag egy másikkal feloldja, savval.” (A kémiai oldódást írja le.)
 - „Az oldódás egy anyag felhígulását jelenti.”
 - „Az oldódás az, amikor a teafilterből a víz hatására el kezd kiszivárogni az íze és a színe.”

Illetve az oldódás esetén is fordultak elő hiányos magyarázatok, megközelítések.

- „Folyékony anyagban oldódik szilárd anyag.”
- „Folyékonyból folyékony anyag lesz.”
- „Folyékony anyagot rakunk folyékony anyagba.”
- „Valami feloldódik a vízben.”
- „... a térfogata nem változik.”
- „Az olvadásnál csökken a térfogata és az oldódásnál pedig nő.”

A válaszokat elemezve bebizonyosodott, hogy a diákok 7,0%-a mind a két fogalmat tévesen vagy hiányosan ismeri. Mivel a fogalmak külön-külön nem pontosan ismertek a számukra, így nem várható el tőlük, hogy ezt a két fogalmat össze tudják hasonlítani. Amennyiben mégis megpróbálják, elő-elő fordulnak a valóságtól elrugaszkodott ötletek, amivel nem a lényegi különbséget írják le.

- „Az olvadás lassabb folyamat, mint az oldódás.”
- „Az olvadásnál csökken a térfogat és az oldódásnál pedig nő.”



7. ábra Az oldódással kapcsolatban megfogalmazott téves, vagy hiányos elképzelések a teszt alapján (téves elképzelés / fő)

5. Következtetések

A tanulók igen változatos válaszainak elemzése után eltűnődhetünk azon, hogy mennyi minden befolyásolja a diákok gondolkodását. Például olyan hétköznapi tapasztalatok, hogy látják-e a konyhában az éppen készülő levest, vagy a tevizet felforni. Továbbgondolva a kérdést: vajon mi a helyzet azokkal a modellekkel, amelyeket csak elképzelni lehet? El tudják-e hinni valójában a tanulók, hogy a tárgyak, amiket megfognak, (pl. egy könyv vagy egy toll) mind részecskékből állnak, pont úgy, ahogyan a levegő is?

Vannak olyan jelenségek, amelyeket a diákok látnak, tapasztalnak, és vannak olyan fogalmak, modellek, amiket már csak elképzelni, megérteni lehet, de nem láthatók. Utóbbiak elsajátításához szükséges az absztrakt gondolkodás, de amíg az elsődleges természettudományos tapasztalatok, a kulcsfogalmak, illetve alapvető összefüggések hiányoznak, addig hogyan is kezdhethetnénk magasabb szintű kémiai, illetve fizikai ismeretek tanításához?

Ezért fontos tudni azt, hogy diákjaink ezeken a területeken a fogalmi fejlődés milyen szintjén állnak, és pontosan mik az ezekkel kapcsolatban kialakuló tipikus tévképzetek. A kémiatanulás sikeressége szempontjából döntő jelentőségű, hogy egyetlen diák se ragadjon meg ezeknek a szintjén. E téves gondolatok láttán a képzett és gondosan eljáró tanár tud segíteni a diákjainak. Hibás megközelítés tehát, ha csak mosolygunk, amikor észreveszünk ilyeneket, és azt mondjuk magunkban: „Hogyan is lehet ilyet gondolni!”. Még kevésbé elfogadható, ha boszszankodunk rajtuk, mert „már megint rosszul tudják” a tanulók egy-egy kérdésre a választ. Ők ugyanis ezeket a válaszokat többnyire komolyan gondolják. Teljes meggyőződésük, hogy ezek a helyes válaszok. Ezért fontos, hogy ne magoltassuk be a helyes ismereteket, hanem vezessük rá azok megértésére a diákokat, hiszen *a természettudományok alapja a logikus gondolkodás*.

Lényeges továbbá az absztrakt fogalmak szemléltetése is, amelyre többféle lehetőség is van. Lehet akár az infokommunikációs technológia (IKT) eszközeinek segítségével, akár hagyományos ábrákkal, tanári, illetve tanulói kísérletekkel, modellekkel. A folytonos anyagszemlélettől való eltávolodás animációkkal is meggyorsítható. Vannak olyan kísérletek is, amelyek szintén a részecskeszemlélet kialakulását segítik elő. Például az „ $50\text{ cm}^3 + 50\text{ cm}^3$ mindig egyenlő 100 cm^3 -rel?” című kísérlet. (Rózsahegy és Wajand 1991)

Hasonlóképpen kell eljárni a halmazállapot-változások, illetve az oldódás, valamint a többi fizikai és kémiai kulcsfogalmat tartalmazó témakör esetében is. Mindig érdemes kísérletet végezni vagy végeztetni, illetve megfigyeléseket tenni, majd a magyarázatokat, modelleket ábrákkal, animációkkal, szimulációkkal szemléltetni.⁷ Ha ezeket megtesszük, akkor nagyobb az esély, hogy a diákok gondolkodásában kialakuljanak, illetve a szükséges mértékben fejlődjenek, differenciálódjanak ezek a fogalmak. Ugyanakkor érdekesebb lesz a pedagógusok számára is a tanítás, ha tudatosan koncentrálnak a tévképzetek felderítése és azok korrekciójára. Arról, hogy milyen téves elképzelések élhetnek a diákok fejében több könyv és nagyon sok cikk jelent már meg. Ezeknek az a célja, hogy a tanárokat segítse, támogassa abban, ha tudatosan ezek kiküszöbölésére figyelve szeretnék a kémiát tanítani, s nem az a céljuk, hogy egyszerűen bemagoltassák a tananyagot. Például ilyen alapmű a Hans-Dieter Barke és munkatársai által írt „*Misconceptions in Chemistry*”⁸ című könyv, ami a Springer Kiadó gondozásában jelent meg 2010-ben (Berlin–Heidelberg). Ebben a könyvben bemutatásra kerülnek tantermi kísérletek, módszerek, melyek célja, hogy felderítsék a tévképzeteket, és segítsék azok korrekcióit. Dr. Tóth Zoltán – Dr. Ludányi Lajos 2011: *Kémia 9-10*, című tankönyvei (Maxim Kiadó, Szeged) pedig kitűnő tanári segédkönyvként szolgálhatnak ugyanerre a célra. Érdekességük, hogy a szerzők mindenhol feltüntették, hogy milyen téves elképzelések élhetnek a tanulók fejében az adott témával kapcsolatban. Ezek a megjegyzések hasznosak lehetnek, hiszen a diákok gyakran gondolnak olyat, ami a tanárnak eszébe se jut, mint lehetséges tévképzet.

A tesztek elemzése során több tipikus téves elképzelést volt lehetőségem összegyűjteni. Az alábbiakban témakörönként sorolom fel azokat a leggyakrabban előforduló tévképzeteket, amelyek kiküszöbölése érdekében véleményem szerint érdemes küzdenie minden tanárnak, aki természetismeretet, kémiát vagy fizikát tanít.

I. Halmazállapot-változás – Forrás

1. Forráskor a folyadék elkezd párologni, gőzölni.
2. A forráskor a vízből levegő buborékok, oxigén buborékok szállnak fel.

⁷ A teljesség igénye nélkül néhány példa:

- Realika digitális foglalkozásgyűjtemény: <http://realika.educatio.hu/ctrl.php/unregistered/courses>
- SULINET Tudásbázis Kémia <http://tudasbazis.sulinet.hu/hu/termesztudomanyok/kemia>
- Szimuláció (grafikonrajzoló programmal) az oldódás energiaviszonyainak szemléltetésére http://mutuslab.cs.uwindsor.ca/schurko/animations/heatofsolution/heat_soln.htm
- Interaktív szimulációk gyűjteménye <http://phet.colorado.edu/hu/simulations/category/chemistry> és <https://phet.colorado.edu/> (Utolsó letöltések: 2017. 01. 04.)

⁸ Tévképzetek a kémiában

3. Eltérő mennyiségű, de azonos minőségű és kezdeti hőmérsékletű folyadékok forrásához azonos mennyiségű hő kell, mert azonos hőfokon forrnak fel. (A hő és a hőmérséklet fogalmának összetévesztése.)
4. Eltérő mennyiségű, de azonos minőségű és kezdeti hőmérsékletű folyadékok forrásához azonos mennyiségű hő kell, csak a nagyobb mennyiség lassabban forr fel.

II. Anyagi halmazok szerkezete – Részecske szemlélet

1. A részecskék közötti térben oxigén, levegő, szén-dioxid vagy szén-monoxid van.
2. A részecskék közötti térben valamilyen szennyeződés, drótok, homok vagy pára van.
3. A levegő részecskéi a teret folytonosan kitöltik, nincs köztük üres térrész.
4. A levegő részecskékre hat a gravitáció, ezért egy tartóedény esetében az alsó részében helyezkednek el a részecskék.
5. A részecskék megszemélyesítése (akaratuk, vágyaik vannak).
6. A szubmikroszkopikus részecskék felruházása makroszkopikus tulajdonságokkal.
7. Egy felfújott lufiban (gázban) nem egyenletesen helyezkednek el a részecskék.
8. Az üres lufiban több részecske van, mint a felfújott lufiban, mert az üres lufi összenyomja a részecskéket.

III. Halmazállapot-változás – Olvadás

1. Olvadáskor a részecskék átalakulnak folyékony halmazállapotúvá.
2. Olvadáskor a részecskék térfogata változik.
3. Olvadáskor a hideg szilárd test felmelegszik.
4. Olvadáskor a kemény anyagból folyadék lesz.
5. Olvadáskor egy bizonyos tárgy eltűnik, elolvad nem lesz megtalálható.
6. Az olvadásnál az anyag visszakapja eredeti formáját, ami megfagyott.

IV. Anyagi változások – Oldódás

1. Oldódáskor az anyag elolvad.
2. Az oldódás egyfajta halmazállapot-változás.
3. Az oldódásnál az anyag teljesen feloldódik, azaz eltűnik.
4. Az oldódáskor egy anyag feloldódik egy folyadékban, azaz egyesülnek.
(pl.: cukor + víz = cukros víz)

6. Összefoglalás

Dolgozatom középpontjában a 7. osztályos tanulók néhány fizikai és kémiai kulcsfogalomról, illetve alapvető összefüggésről alkotott téves elképzelései állnak. Egy diagnosztikus teszt elemzése során figyeltem meg, hogy milyen válaszokat adtak az olyan kérdésekre, amelyek a természetismeret tárgyban a fizikát és a kémiát alapozó ismeretekre vonatkoztak. A tapasztaltak alapján kijelenthető, hogy a tanulók tudása igen heterogén, és nagyon gyakoriak a tévképzetek is. Ezek hamar megértési nehézségekhez, majd esetleg rossz érdemjegyekhez vezethetnek, végül pedig olyan kijelentésekhez, hogy „nem értem a kémiát”, s ennek következtében ahhoz, hogy „nem szeretem a kémiát”. Ezért fontos, hogy már a kémia tanulmányok elején fölvegyük a harcot a tévképzetekkel, s a továbbiakban is küzdjünk ellenük. Az alábbiakban felsorolok néhány tipikus példát, amelyekre a tanároknak érdemes figyelniük annak érdekében, hogy kialakulásukat elkerülhessék.

A halmazállapot-változások tanításakor lényeges a forrás és párolgás közötti különbség hangsúlyozása. Ha ennek a témakörnek a tanításakor a tanárok ezt nem csak szóban mondják el, hanem kísérletekkel is szemléltetik, az sok tanulót segíthet a megértésben, hiszen a tanulás egy fontos eleme, a vizuális visszaigazolás történik meg. Például a tanulók vizet melegíthetnek, és közben mérik a hőmérsékletét; megfigyelik, milyen hőmérséklet eléréséig tart a párolgás, s milyen hőmérsékleten következik be a forrás, ekkor mivel egészül ki a párolgás, milyen látható jelei vannak ezeknek.

A részecskemodell bevezetésekor és használata során érdemes többször is kiemelni, hogy a részecskék között nincs semmi. Ez a részecskeszemlélet alapja, ám a szakirodalom és az általam elemzett válaszok szerint a legtöbb diákban ez nem tudatosul. A részecskemodell absztrakt, és ellentmond a hétköznapi tapasztalatoknak (mivel az anyagok folytonosnak látszanak). Ezért, ha nem mondjuk ki, és nem szemléltetjük változatos módon (pl. rajzokkal, animációkkal), akkor a tanulók többsége nem érti ezt meg.

Harmadrészt fontos arra figyelni, hogy a diákok mit hoznak otthonról, milyen hétköznapi szóhasználat gátolhatja a tudományos fogalmak kialakulását. Ilyen például az olvadás és az oldódás keveredéséhez vezető „felolvadt a cukor a teában” kijelentés. Javasolt tehát az olvadás és az oldódás jelenségét először külön-külön tanítani, majd a két folyamat közötti különbséget is értelmezni és változatos módon szemléltetni (pl. kísérletekkel, rajzokkal, animációkkal, szimulációkkal).

Vizsgálataim szerint sok diák esetében előfordul a fenti tévképzetek valamelyike (és még sok egyéb is). Pedig a természetismeret tankönyvek elemzése azt mutatta, hogy a feladat-sor megoldásához szükséges fogalmakat a diákok elvileg korábban tanulták. Mégis, valamilyen okból kifolyólag ezek a fogalmak, összefüggések tévesen épültek be sokuk tudatába. Kutatásom eredményei rávilágítanak arra, hogy a szakirodalomban már leírt téves elképzelések helytől és időtől függetlenül tovább élnek. Ha azonban egy rövid diagnosztikus teszttel fölmérjük a tanév elején a 7. osztályos új tanítványaink ilyen jellegű tudását, és megvizsgáljuk az előforduló tévképzetek jellegét és gyakoriságát, akkor ennek tudatában magyarázhatjuk, szemléltetjük a tananyagot. A tévképzet-források kiküszöbölésére nagyobb hangsúlyt fektetve eredményesebben végezhetjük oktatómunkánkat. Ezzel pedig lehetőséget adhatunk a diákjainak arra, hogy ők is megértsék – és ennek nyomán megszeressék – a mi kedvenc tantárgyunkat, a kémiát.

7. Irodalomjegyzék

- Dobóné Tarai Éva 2008. *Általános iskolai tanulók anyagszerkezettel és anyagi változásokkal kapcsolatos fogalmainak fejlődése*. Doktori (PhD) értekezés. DE, Debrecen.
- Falus Iván szerk. 2007. *Didaktika - Elméleti alapok a tanítás tanuláshoz*. Nemzeti Tankönyvkiadó. Budapest.
- Horváth Miklós és mtsai. 2014. *Természetismeret tankönyv 5*. Apáczai Kiadó. Celldömölk.
- Horváth Miklós és mtsai. 2013. *Természetismeret tankönyv 6*. Apáczai Kiadó. Celldömölk.
- Kerettantervek, 2012: http://kerettanterv.ofi.hu/02_melleklet_5-8/index_alt_isk_felso.html
(Utolsó letöltés: 2016. 11. 09.)
- Kiss Edina 2008. *A tanulók tévképzeteinek és fogalmi fejlődésének vizsgálata a kémia néhány alapfogalma területén*. Doktori (PhD) értekezés. DE, Debrecen.
- Korom Erzsébet 2005. *Fogalmi fejlődés és fogalmi váltás*. Műszaki könyvkiadó. Budapest.
- Kovácsné Dr. Nagy Emese. *KIP módszer a matematikatanításban* (előadás) ELTE TTK 2016. október 19.
- Kropog Erzsébet és mtsai. 2015. *Természetismeret tankönyv 5*. Oktatókutató és Fejlesztő Intézet. Budapest.
- N. Kollár Katalin – Szabó Éva 2004. *Pszichológia pedagógusoknak*. Osiris Kiadó. Budapest.
- Nahalka István 1997. Konstruktív pedagógia — egy új paradigma a láthatáron (III.). *Iskolakultúra*, 7. 4. sz. 3-18.
- Nemzeti alaptanterv: 2012-ben elfogadott Nat (110/2012. (VI. 4.) Korm. rendelet, MAGYAR KÖZLÖNY 2012. évi 66. szám, 10744 - 10745.)
https://ofi.hu/sites/default/files/attachments/mk_nat_20121.pdf (Utolsó letöltés: 2016. 12. 27.)
- Rózsahegyi Márta – Wajand Judit 1999. *Látványos kémiai kísérletek*. Mozaik Kiadó. Szeged.
- Tóth Zoltán 2016. A tanulók kémiai gondolkodásának néhány jellemzője. *Magyar Kémikusok Lapja* 71: 334-338.
- Turányi Tamás: *Kislexikon* http://garfield.chem.elte.hu/Turanyi/oktatas/fizkem_csomag/Kislexikon.pdf (Utolsó letöltés: 2016. 11. 09.)

8. Mellékletek

1. melléklet: Feladatlap

Iskola sorszáma: Tanár sorszáma: Csoport sorszáma: Tanuló sorszáma:
Kutatásunknak az a célja, hogy a kémia tanítását minél érdekesebbé és hatékonyabbá tegyük.
Köszönjük, ha a legjobb tudásod szerint töltöd ki ezt a tesztet, mert azzal segíted a munkánkat.

1. a) Mi a látható jele annak, ha egy folyadék melegítés közben felforr?

.....
1. b) Az egyik edényben 1 liter vizet forralunk föl, a másik edényben 2 litert. Melyik esetben van szükség több hőre, ha a kiindulási hőmérsékletük azonos? Hányszoros mennyiségű hő kell?

.....
2. a) A víz térfogata megnő, amikor jéggé fagy. Hogyan tudnád meghatározni, hogy hány-szorosa lesz a jég térfogata a víz térfogatának? Válaszd ki az alábbi eszközök és anyagok közül azokat, amelyekre szükséged van! (Vigyázat - nem kell mindegyik!) Írd le, hogyan végeznéd a kísérletet és a számolást!

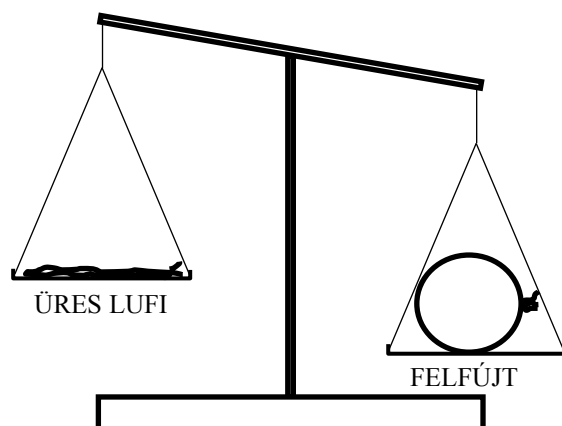
- | | | |
|-----------------|----------------------|---|
| • víz | • fagyasztószekrény | • térfogatmérő edény |
| • konyhasó | • vonalzó | • befőttes üveg (henger alakú, tető nélkül) |
| • jégkocka | • alkoholos filctoll | • kanál |
| • jégkockatartó | • spárga | |

.....
2. b) Hogyan tudnád növelni a főt leírt tervedhez képest a mérésed pontosságát?

.....
3. a) Mi van egy gáz részecskéi között?.....

3. b) A rajz azt a kísérletet ábrázolja, amikor egy felfúj és egy üres lufit a kétkarú mérleg két serpenyőjébe teszünk. (A lufik tömege üresen azonos, és felfújás után a lufi szájának bekötéséhez nem használtunk más tárgyat.) Rajzolj **a levegő részecskéit jelölő pontokat** () az ábrára minden-hová, ahol levegő van!

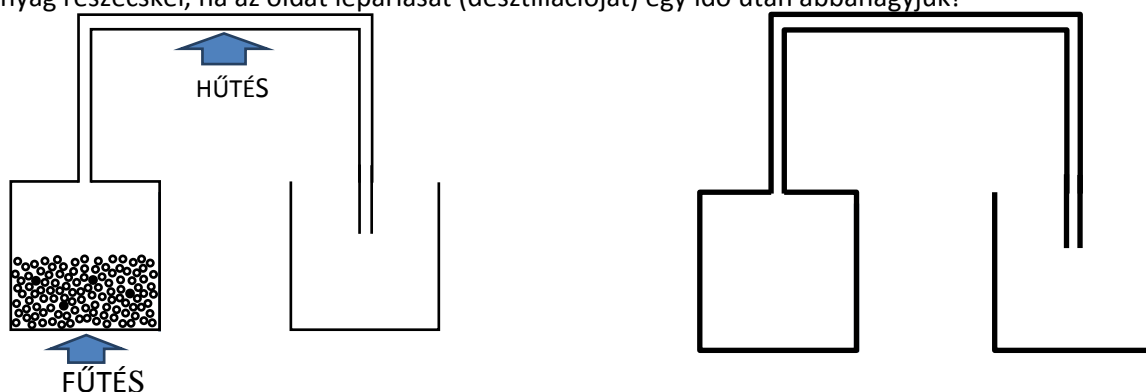
A pontok sűrűbben legyenek ott, ahol több részecske van egy adott térfogatban!



3. c) Miért vannak sűrűbben a levegő részecskéi ott, ahová így rajzoltad?

.....
4. a) Magyarázd meg, miben különbözik az olvadás és az oldódás!

.....
.....
.....
4. b) Az alábbi, bal oldali rajz egy oldat lepárlásának (desztillációjának) kezdetét ábrázolja. Az oldószer részecskéit üres körökkel, a szilárd oldott anyag részecskéit pedig feketével besatírozott körökkel jelöljük. Egészítsd ki a jobb oldali rajzot úgy, hogy azt mutassa, hová kerülnek az oldószer és az oldott anyag részecskéi, ha az oldat lepárlását (desztillációját) egy idő után abbahagyjuk!



5. a) Hogy hívják a levegőnek azt alkotórészét, amely táplálja az égést?.....

5. b) Melyik az a gáz, amelyből több van a kilélegzett levegőben, mint a belélegzett levegőben?

.....
6. a) Az élelmiszerek energiataralmának meghatározásakor a gyors égésük során felszabaduló hőt méri. Úgy akarjuk közelítőleg meghatározni a dióbél energiataralmát, hogy valamennyit elégetünk belőle és a lángjával vizet melegítünk. Tudjuk, hogy mekkora hő növeli meg 1 °C-kal 1 kg víz hőmérsékletét. Milyen fizikai mennyiségeket kell megmérnünk ahhoz, hogy ki tudjuk számolni, mennyi lehet a dióbél energiataralma?

1. mennyiség:

2. mennyiség:

3. mennyiség:

6. b) Milyen más körülmények befolyásolhatják még a mérési eredményt? Írj le legalább egyet!

.....
6. c) Miért mérünk a valóságosnál kisebb energiataralmat, ha a fent leírt módon végezzük a mérést?

.....
Légy szíves, add meg a következő adataidat is! Nemed: fiú / lány (Húzd alá a megfelelő választ!)

- 6. osztályban az év végi jegyed természetismeretből:
- Annál nagyobb számot karikázz be, minél jobban kedvelted a természetismeret tantárgyat (0: egyáltalán nem szeretted; 4: nagyon szeretted): 0 1 2 3 4
- Annál nagyobb számot karikázz be, minél fontosabbnak tartod, hogy a természettudományokban az elképzeléseinket kísérletekkel igazoljuk (0: egyáltalán nem fontos; 4: nagyon fontos):
0 1 2 3 4

2. melléklet: 3. feladat 'b' és 'c' kérdésére adott együttes válaszok megoszlása

A következő két táblázat, a III. táblázat adataihoz ad jelmagyarázatot.

I. táblázat – Jelmagyarázat a III. táblázathoz

Válaszhoz tartozó kód	3. feladat 'b' részében szereplő választípusok
0	Nincs válasz.
1	A légtérben nem egyenletes a részecskék eloszlása.
2	Csak a lufiban vannak részecskék.
3	Az üres lufiban van több részecske. / A felfújtt lufiban van kevesebb részecske.
4	A felfújtt lufiban nem egyenletes a részecskék eloszlása.
5	A teljes ábrán egyenletes a részecskék eloszlása.
6	Kiszínezett lufik (folytonos anyagszemlélet).
7	Helyes ábra.

II. táblázat – Jelmagyarázat a III. táblázathoz

Válaszhoz tartozó kód	3. feladat 'c' részében szereplő választípusok
0	Nincs válasz.
1	Nem a kérdésre válaszol (pl.: mesterségesen juttatjuk be a levegőt).
2	Több részecske / összetömörülnek.
3	Nagyobb a lufiban a sűrűség.
4	Kis térfogat. / Rendelkezésre álló teret kitölti. / Nem tudnak mozogni.
5	Azért nem egyenletes a lufiban az eloszlás, mert...
6	Üres lufiban van több részecske, mert...
7	A felfújtt lufiban több a széndioxid, ami nehezebb az oxigén-nél.
8	Nagyobb a nyomás a felfújtt lufiban.

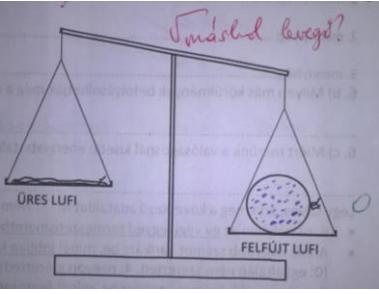
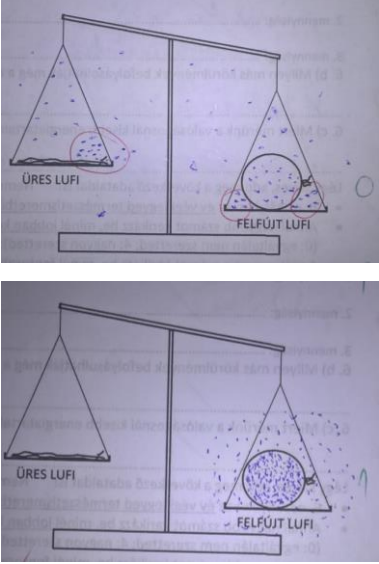
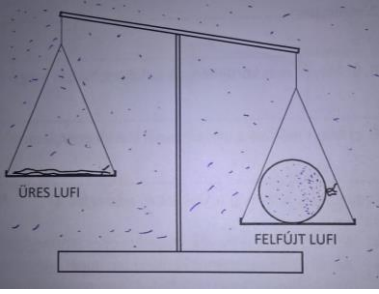
III. táblázat – A 3. feladat 'b' és 'c' kérdésre adott válaszok kódjainak együttes megoszlása

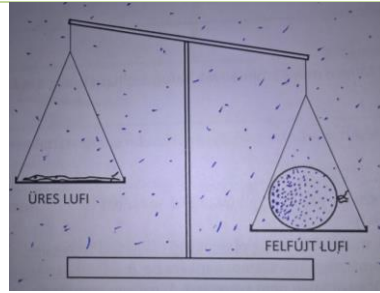
3. feladat 'b' része (kód)	3. feladat 'c' része (kód)	Tanulók szám (fő)	Százalékos megoszlás (%)
0	0	6	1,0
1	0	3	0,5
1	1	12	1,9
1	2	18	2,9
1	3	3	0,5
1	4	9	1,5
1	8	3	0,5
2	0	17	2,8
2	1	43	7,0
2	2	36	5,8
2	3	3	0,5
2	4	19	3,1
2	5	6	1,0
2	7	1	0,2
2	8	2	0,3
3	0	1	0,2
3	1	1	0,2
3	2	2	0,3
3	6	6	1,0
4	0	2	0,3
4	1	4	0,6
4	2	1	0,2
4	5	13	2,1
4	8	2	0,3
5	0	4	0,6
5	2	1	0,2
5	4	1	0,2
5	6	1	0,2

3. feladat 'b' része (kód)	3. feladat 'c' része (kód)	Tanulók szám (fő)	Százalékos megoszlás (%)
6	0	1	0,2
6	1	3	0,5
6	2	5	0,8
6	4	1	0,2
6	8	1	0,2
7	0	28	4,5
7	1	63	10,2
7	2	171	27,7
7	3	17	2,8
7	4	65	10,5
7	5	1	0,2
7	7	7	1,1
7	8	34	5,5

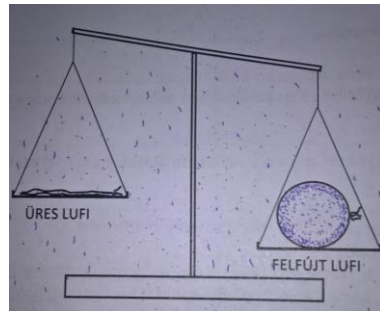
3. melléklet: 3. feladat 'b' részéhez adott rajztípusok

IV. táblázat – Példák a 3. feladatban előforduló rajztípusokból

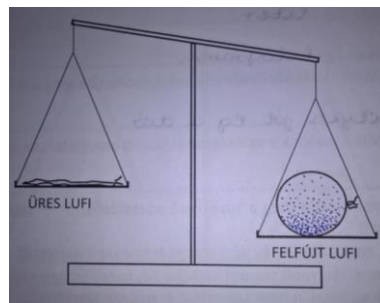
<p>6. Csak a lufiban vannak részecskék.</p>	
<p>5. A légtérben nem egyenletes a részecskék eloszlása.</p>	
<p>4. A felfújt lufiban nem egyenletes a részecskék eloszlása.</p>	<p>a lufi szájánál több a részecske.</p>  <p>a lufi hátsó felénél több a részecske.</p>



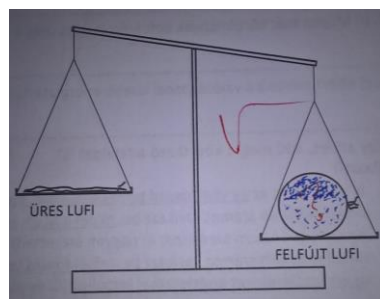
a lufi fala mentén van több részecske.

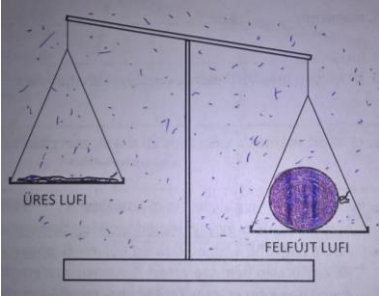
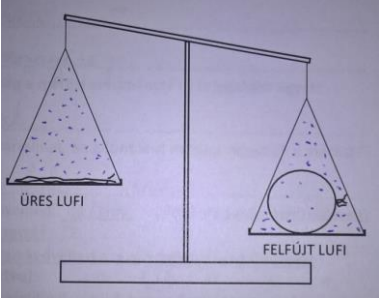
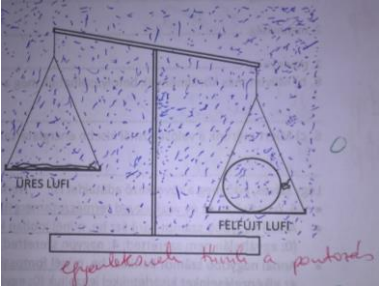


a lufi alsó felénél több a részecske.



a lufi felső felénél több a részecske.



<p>3. A lufik belseje be van sátirozva (folytonos anyagszemlélet).</p>	
<p>2. Az üres lufiban vannak sűrűbben a részecskék. / A felfújt lufiban vannak ritkábban a részecskék.</p>	
<p>1. A teljes ábrán egyenletes a részecskék eloszlása.</p>	

4. melléklet: A 4. feladat 'a' részéhez tartozó válaszok együttes megoszlása

A következő két táblázat, a VII. táblázat adataihoz ad jelmagyarázatot.

V. táblázat – Jelmagyarázat a VII. táblázathoz

Válaszhoz tartozó kód	Az olvadás megfogalmazása
0	Nincs válasz.
1	Változást fogalmaz meg, ám nem a kérdéssel kapcsolatban.
2	Példát ad a jelenségre.
3	Az olvadás fogalma téves, vagy hiányos elképzelésen alapszik (a megfogalmazás alapján).
4	Feltételt fogalmaz meg: Hő, nap kell hozzá, hogy valami olvadjon.
5	Halmazállapot változás. Szilárd anyagból folyékony halmazállapotú lesz.
6	Hő hatására halmazállapot változás.

VI. táblázat – Jelmagyarázat a VII. táblázathoz

Válaszhoz tartozó kód	Az oldódás megfogalmazása
0	Nincs válasz.
1	Változást fogalmaz meg, ám nem a kérdéssel kapcsolatban.
2	Példát ad a jelenségre.
3	Az oldódás fogalma téves, vagy hiányos elképzelésen alapszik (a megfogalmazás alapján).
4	Nem halmazállapot változás. (A kérdés szempontjából teljes értékű a válasz.)
5	Két anyag keveredik. / Kell hozzá oldószer és oldott anyag.

VII. táblázat – Az oldódásra és olvadásra adott választípusok kódjainak együttes megjelenésének megoszlása

Olvadás megfogalmazása (kód)	Oldódás megfogalmazása (kód)	Tanulók száma (fő)	Százalékos megoszlás (%)
0	0	12	1,9
1	0	2	0,3
1	1	7	1,1

Olvasás megfogalmazása (kód)	Oldódás megfogalmazása (kód)	Tanulók száma (fő)	Százalékos megoszlás (%)
1	2	1	0,2
1	3	7	1,1
1	4	1	0,2
1	5	3	0,5
2	0	2	0,3
2	1	8	1,3
2	2	39	6,3
2	3	31	5,0
2	4	1	0,2
2	5	15	2,4
3	0	3	0,5
3	1	10	1,6
3	2	11	1,8
3	3	43	7,0
3	5	20	3,2
4	0	3	0,5
4	1	14	2,3
4	2	6	1,0
4	3	31	5,0
4	5	13	2,1
5	0	8	1,3
5	1	8	1,3
5	2	8	1,3
5	3	112	18,2
5	4	4	0,6
5	5	98	15,9
6	0	10	1,6
6	1	4	0,6
6	2	9	1,5

Olvasás megfogalmazása (kód)	Oldódás megfogalmazása (kód)	Tanulók száma (fő)	Százalékos megoszlás (%)
6	3	41	6,6
6	5	32	5,2