

MŰHELY



Kérjük, hogy a MŰHELY című módszertani rovatba szánt írásait közvetlenül a szerkesztőhöz küldjék lehetőleg e-mail mellékletként vagy postán a következő címre: Dr. Tóth Zoltán, Debreceni Egyetem Kémia Szakmódszertan, 4010 Debrecen, Pf. 66. E-mail: o319tz@tigris.unideb.hu (az első karakter o-betű, nem pedig 0!), Telefon: 06 30 313 9753.

Dobóné Tarai Éva

Tanulói elképzelések az anyag részecske természetével kapcsolatban

Bevezetés, módszerek

2002. őszén Budapest 14 általános iskolájában egy felmérést készítettünk a kémiával kapcsolatos gyermektudományos elméletekről. A felmérés körülményeinek részletes leírása és az égéshez kapcsolódó naiv elméletek bemutatása és elemzése az előző számban olvasható [1]. Jelen cikkünkben az anyag részecsketermészetéhez kapcsolódó tanulói elgondolásokról adunk számot.

A két változatban elkészített kérdőív több feladatának megoldásánál is szükség volt az anyagok, elsősorban a gázok szerkezetére vonatkozó elképzelések kifejtésére. Hogyan viselkedik a levegő, ha összenyomjuk, változik-e eközben a tömege, térfogata és a benne lévő részecskék száma? Egyáltalán részecskék vannak benne? Ilyen és ezekhez hasonló kérdések segítségével vizsgáltuk a gyerekek gázokról

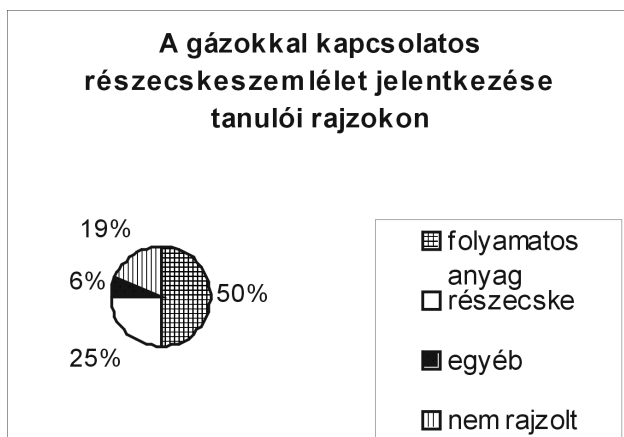
alkotott elképzeléseit. Mint számos tanulmányban olvasható [2, 3] a gyerekeknek, még idősebb kor-ban is nehézséget okoz gázokkal kapcsolatos mindennapi jelenségek tudományos igényű magyarázata. Pl. ahogy Novick és Nussbaum [4] tanulmányából tudjuk, még a 16 éves diákoknak is csak 40 %-a gondolja úgy, hogy melegítés hatására a gáz-részecskék gyorsabban mozognak, és sok tanuló szerint, (13 évestől az egyetemistáig) hűtés hatására nem a részecskék csökkenő mozgása miatt lesz kisebb a térfogat, hanem mert a közöttük lévő vonzóerő nő. Hogyan gondolkoznak a gyerekek ezekről a kérdésekről az általános iskolai tanulmányaik vége felé? Van-e számottevő különbség a fiúk és lányok, hetedikesek és nyolcadikosok, ill. termé-szettudományos tantárgyakban sikeresebb és kevésbé eredményes tanulók véleményében? Tanulmányunkban ezekre a kérdésekre kerestük a választ.

Eredmények

Az „A” csoport egyik feladatában arra a kérdésre vártunk magyarázatot (Séré, M. 1985. nyomán) [4], hogy mi történik a fecskendőben lévő levegővel összenyomás, vagyis a dugattyú lefelé mozgatása után. Kíváncsiak voltunk arra, hogy mit gondolnak a tömegről és a térfogatról, ill. a fecskendőben lévő gáz mennyiségéről összenyomás előtt és után és arra is kértük a gyerekeket, hogy rajzolják le, hogyan képzelik el a gázon vég-bemenő változást. Ez utóbbi feladat bizonyult a legnehezebbnek. A vizsgálatban résztvevő 542 gyerek közül 104 tanuló, a tanulók 19%-a nem tudott rajzos választ adni, annak ellenére, hogy ők is foglalkoztak a problémával, hiszen a feladathoz tartozó kiegészítő kérdésekre közülük 73-an szöveges választ adtak. A nem rajzolók inkább a nyolcadikos lányok közül kerültek ki, 58 lány, (a lányok 22% -a) és 42 fiú (a fiúk 15%-a) nem készített rajzot, és ugyanez igaz a hetedikesek 16, valamint a nyolcadikosok 22%-ára. A nem rajzolók általában gyengébb tanulmányi eredményűek voltak, a 31 tanuló közül, aki nem is rajzolt és szöveges választ sem adott mindössze egyetlen olyan gyerek volt, akinek előző évben ötöse volt fizikából.

Az összenyomott levegőt ábrázoló rajzok tapasztalatai

A 438 rajzos választ alapvetően három nagy csoportba sorolhatjuk, de kisebb alcsoportok is kialakíthatók. 270-en (a teljes minta fele) a fecskendő-t kitöltő gázt folyamatos anyagként, 137-en (25%) részecskéként és 31-en (6 %) valamilyen egyéb, néhányan meglepő, egyéni módon ábrázolták. Ezeket az arányokat az 1. ábra szemlélteti.



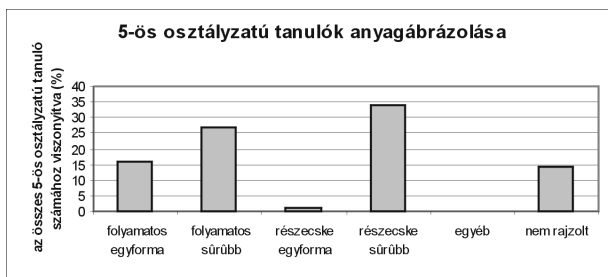
1. ábra. A gázokkal kapcsolatos részecske szemlélet jelentkezése a tanulók rajzaiban

Az ismert konstruktivista felfogás szerint, mely alapján a gyerekek gyermektudományos elméletei fejlődésük során végig járják a tudomány által megtett utat, a vizsgált 12-15 évesek kb. fele még az arisztotelészi folytonos anyagfogalomnál tart [2, 6, 7]. A fiúk 53%-a, 146 fiú gondolkodott így, a lányoknak csak 43%-a, 112 lány. Ha az eredményeket az életkor függvényében vizsgáljuk, első közelítésben nem találunk különbséget a hetedikesek és nyolcadikosok között, hiszen mindkét évfolyamba járó tanulók 48%-a (116 hetedikes és 139 nyolcadikos) rajzolt folyamatos anyagot. Azonban a folyamatos anyagszemléletű csoportot további két eltérő felfogású alcsoportra oszthatjuk. Egyesek képesek rajzokon megkülönböztetni a fecskendőben lévő levegő összenyomás előtt és után, amikor sűrűbben, sötétebben árnyalva ábrázolják és ez egyfajta előrelépés a folyamatos anyagszemléleten

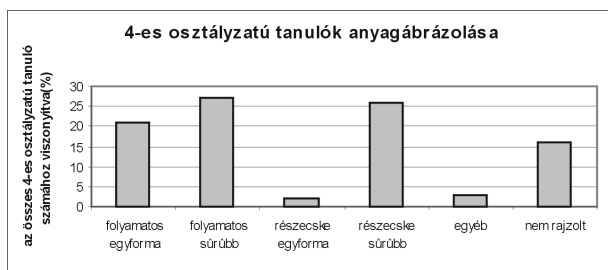
belül. A hetedikeseknek csak 22%-a, míg a nyolcadikosok 28%-a volt képes erre a különbségtételre. A fejlődés rész-ben a magasabb életkorral járó természetes éréssel, részben az előrehaladottabb kémiai tanulmányokkal magyarázható.

A részecskéket rajzolók közé a fiúk 24 %-a, 66 fő, és a lányok 26 %-a, 68 fő tartozik. A hetedikesek 26%-a, a nyolcadikosok 24%-a rajzolt részecskéket. Ebben a csoportban is jelentkezett a nagyobb sűrűséget bemutató ábrázolási mód, érdekes azonban, hogy a hetedikeseknek 23%-a, míg a nyolcadikosoknak csak 21%-a használta ezt a jelölést, és ez kissé ellentmond a korábbi feltételezéseknek.

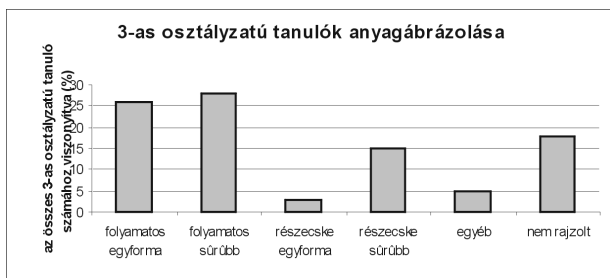
Egyértelműbb megfelelés látszik a tanulmányi eredmény és a részecskékről alkotott elképzelések fejlettségi szintje között. A 2-5. ábrák grafikonjairól leolvasható, hogy a jó tanuló gyerekek között nagyobb a fejlettebb anyagszemlélettel rendelkezők aránya és hogy a tanulmányi eredménnyel fordított arányban áll a nem rajzolók és a különleges ábrázolási módot választó tanulók száma.



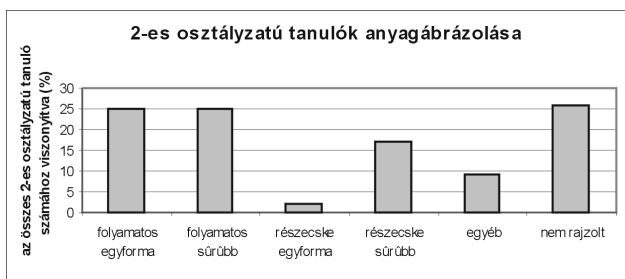
2. ábra. Az 5-ös osztályzatú tanulók anyagábrázolása



3. ábra. A 4-es osztályzatú tanulók anyagábrázolása



4. ábra. A 3-as osztályzatú tanulók anyagábrázolása



5. ábra. A 2-es osztályzatú tanulók anyagábrázolása

Különleges rajzok, különleges elméletek

Az a fizikával, kémiával foglalkozó felnőttek számára teljesen termé-szetesnek vélt elgondolásunk a gázokról, hogy részecskékből állnak, a részecskék állandó mozgásban vannak és kitöltik a rendelkezésükre álló teret, valamint, hogy közöttük üres tér van, a gyerekek számára bizonyos életkorokban egyáltalán nem nyilvánvaló tény [3, 5]. A levegő folytonos, ill. részecskéket tartalmazó ábrázolásai mellett, ill. helyett egyéni ábrázolásmódok is feltűntek. 31 tanuló (6%) használt teljesen sajátos jelölést, pl. nyilakat, („hol nyomja a gáz a fecskendő”), de közel 100 olyan gyerek volt, aki ugyan folyamatos, vagy részecske típusú anyagszemlélettel rendelkezett, de a rajzából gyermektudományos elméletek jelenlétére következtethetünk. 35 tanuló például a fecskendőn kívülre rajzolta a levegőt (néhány esetben vizet)

és magát a fecskendőt teljesen üresen hagyta. 14 gyerek elképzelése szerint a fecskendőben fázishatár található, a fecskendő alján van a levegő, fölötte semmi, majd mikor a dugattyút lenyomtuk, elértük a fázishatárt, az „üresség” eltűnik. Mások éppen fordítva gondolták, a fecskendő alja üres és a könnyű levegő van felül, szintén fázishatár-ral elválasztva az ürességtől, összenyomás után, pedig ez a levegőt tartalmazó sáv lesz kisebb. Egy 13 éves nyolcadikos fiú (fizika 2, kémia 2) rajzán összenyomás előtt és után is ugyanolyan vastag üres réteget rajzolt, majd fázishatárral elválasztva következett a levegő, összenyomás után vékonyabb, de ugyanolyan sűrűségű sávként ábrázolva. A hozzáfűzött magyarázat, pedig a következő: „Lemegy a levegő az aljára és könnyebb lesz.” Jellemzően a gyengébb (2, 3) tanulmányi eredményű gyerekek használták ezt a fajta jelölést.

Tapasztalataink szépen példázzák a gyerekek anyagfelfogásának fejlődését. Az első, tapasztalati úton szerzett anyagfelfogás már kisiskolás korra kialakul és jellemzően egy folyamatos anyagkép él a gyerekekben, ún. iniciális modellként. Az életkor előrehaladtával és a természettudományos ismeretek bővülésével lassacskán, különböző összetettségű és fejlettségű szintetikus modelleken keresztül jutnak el ahhoz a fogalmi váltáshoz, ami nemcsak szavak, hanem jelenségek értelmezésének szintjén is az anyag részecske modelljének elfogadását jelenti. [8, 9, 10]. Ez a fogalmi váltás azonban nem könnyű, és hosszú időt, éveket vesz igénybe, gyakori „visszacsúszásokkal”. A válaszok között például találtunk olyanokat, amelyekben a rajz alapján fejlett részecskemodellre következtethettünk, ugyanakkor ennek el-
lentmondó írásbeli magyarázat járult hozzá.

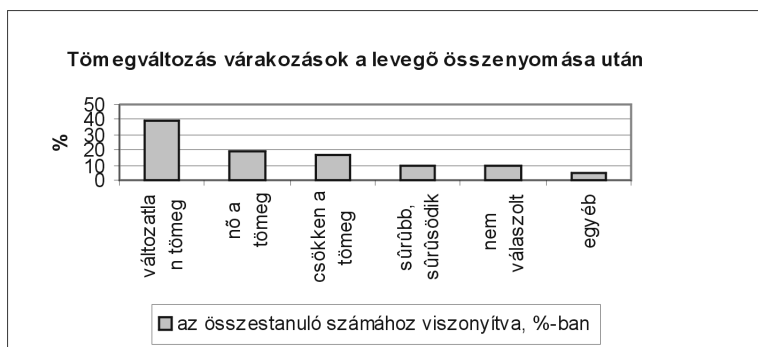
Mennyiségi várákozások, tömegmegmaradás

A rajzos ábrázoláson kívül szöveges válaszokat is kértünk a fecskendőben lévő levegő tömegére és térfogatára vonatkozóan. Az 542 tanuló szöveges válaszai a következő eredményeket mutatják:

A leggyakoribb válaszok

A 6. ábra szemlélteti a tanulók véleményét arról a kérdésről, hogy hogyan változik meg a fecskendőben lévő levegő tömege összenyomás

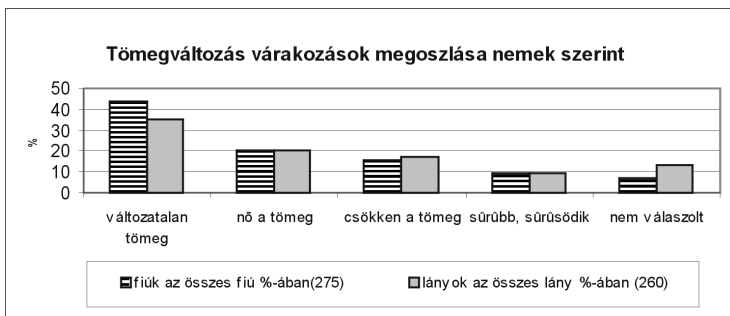
után. Meglepő, hogy csak negyven százalékuk vár változatlan tömeget, egyesek úgy értelmezik a jelenséget, hogyha összenyomjuk a levegőt, „összesűrűsödnek”, tömörülnek a részecskék, megnő a nyomás és ezért a tömeg is nagyobb lesz. Mások éppen ellenkező álláspontot foglalnak el, és amint az indoklásokból kiderül, a térfogatcsökkenést tartják fontosnak, és azt gondolják, hogy ezzel együtt a tömeg is csökken. Több elmentmondásos vélemény is akadt, pl. egyesek szerint a levegő nem összenyomható, és ha ilyen alapállásból vizsgáljuk meg az előző véleményt, érthető a „kisebb térfogathoz kisebb tömeg tartozik” elvárás. 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.



6. ábra. Hogyan változik az összenyomott fecskendőben a levegő tömege? A tanulói vélemények megoszlása a vizsgálatban résztvevők számához viszonyítva (%)

A válaszok megoszlása nemek szerint

A 7. ábra grafikonjai alapján nem mutatkozik lényeges különbség a fiúk és a lányok véleményében, a két szélső kategóriát kivéve.

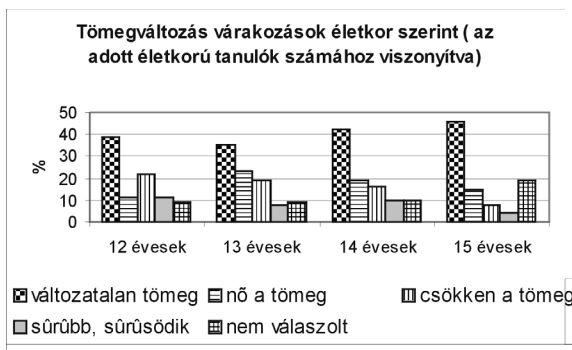


7. ábra. Tömegváltozás várakozások megoszlása nemek szerint az összes fiú, ill. az összes lány számához viszonyítva (%-ban kifejezve)

Korábbi, égéssel kapcsolatos vizsgálatunkhoz hasonlóan itt is megfigyelhető azonban, hogy a lányok véleménye jobban megoszlik a lehetséges variációk között, míg a fiúk állásfoglalása határozottabb, nagyobb arányban találták meg a helyes választ.[11] Ugyanakkor a lányok magyarázatai kidolgozottabbak, több részletre terjednek ki és gyakran okfejtésükkel önmagukat bizonytalanítják el, míg végül is a hibás válasz mellett döntenek.

A válaszok megoszlása életkor szerint

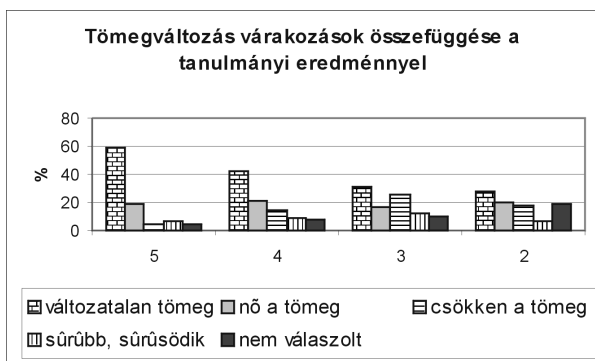
Bár nincs egyértelmű megfelelés az életkor és a helyes válaszok száma között, néhány megállapítást mégis tehetünk. A legfiatalabbak kivételével, az életkorral együtt nő a jól válaszolók száma, és szabályos csökke-nést mutat azoknak a tanulóknak az aránya, akik az összenyomott fecskendőben lévő gázt kisebb tömegűnek gondolják. A 13 évesektől kezdődően a tömegnövekedést várók is egyre kevesebben lesznek, míg a sűrűbb, sűrűsödik kifejezést használók és a nem válaszolók száma és az életkor között nincs határozott összefüggés. A 15 évesek közül, létszámukhoz képest sokan nem választottak, erre a gyenge tanulmányi eredményük és feltételezhető alul motiváltságuk ad magyarázatot. (A rajzos válaszok alapján ennél kevesebb összefüggés volt megállapítható)



8. ábra. Tömegváltozás várakozások megoszlása életkor szerint, az adott korú gyerekek számához viszonyítva (%-ban kifejezve)

A válaszok megoszlása a tanulmányi eredmény függvényében

Az összes vizsgált háttérváltozó és a válaszok minősége között a tanulmányi eredmény esetében látszik a leghatározottabb összefüggés. A kiváló tanulmányi eredményűek 60%-a találja meg a helyes választ, de elgondolkodtató, hogy további 20 %-uk nehezebbnek gondolja az összepréselt levegőt. Ahogy a tanulmányi eredmény romlik, egyre csökken a jól válaszolók száma, de az adott csoportban minden esetben a változatlan tömeget várók száma a legnagyobb.



9. ábra. Tömegváltozás várakozások a fizika osztályzatok függvényében, az adott osztályzatú tanulók számához viszonyítva (%-ban kifejezve)

Hogyan változik a gáz térfogata összenyomás után?

Az eddigieken túlmutató, újabb információt már nem tartalmazott a térfogatváltozásra adott válaszok elemzése, azonban megerősítette a szintetikus anyagmodellek meglétét a gyerekek gondolkodásában. Figyelemre méltó, hogy ezt a legegyszerűbben megválaszolhatónak gondolt kérdést a gyerekek alig több mint fele oldotta meg helyesen, annak ellenére, hogy a fecskendő összenyomás előtti és utáni rajza is segíthette őket a megoldásban. Még a változatlan tömeget váró gyerekeknek is csak 2/3-ad része válaszolt helyesen, pedig róluk feltételezhető lett volna, hogy értik a gázok összenyomhatóságát. Ezzel szemben még közöttük is akadt 18, aki változatlan térfogatot, sőt 14, aki egyenesen térfogat növekedést várt a kísérlet végén.



10. ábra. *Hogyan változik a levegő térfogata az összenyomott fecskendőben? Tanulói várakozások megoszlása az összes tanuló számához viszonyítva (%-ban)*

Összefoglalás

A vizsgálat igazolta azt az előzetes elképzelésünket, hogy az általános iskoláskorú gyerekek körében megtalálhatók az anyaggal, ezen belül is a gázokkal kapcsolatos gyermektudományos elméletek. A két, korban egymáshoz közel eső évfolyam nem mutatott érdemi különbséget, de ha szűkebben vett életkor szerint vizsgáltuk őket, a 12

évesek kimutathatóan alacsonyabb fogalmi szinten állnak az anyag értelmezésével kapcsolatban, mint az idősebbek. A lányok és fiúk között szintén nem látszott lényeges eltérés, azonban a lányok válaszaiban minden vizsgált életkorban összetettebbek és színesebbek, feltehetően az iskolai munkával kapcsolatos motiváltságuk miatt. Gyakori, hogy a részismeretek, vagy verbális szinten jól megtanult fogalmak még nem a sajátjaik, összeütközésbe kerülnek saját belső átmeneti anyagmodelljeikkel, és ellentmondásos válaszokhoz vezetnek: pl. *...nem változik a tömeg, de kevesebb levegő van benne.*, vagy: *...ugyanannyi levegő van benne, de a tömege kisebb lesz.* A fiúk gyakran egyszerűbb, de a józan megfontolásoknak megfelelő döntései nagyobb sikert eredményeznek.

A vizsgált életkorban még nagyon elterjedt az anyagról alkotott folyamatos elképzelés, ami az arisztotelészi anyagképnek felel meg, de már különböző szintű részecske modellek is megjelennek. *...összenyomás előtt sok benne a részecske, összenyomás után kevesebb.* Feltűnő, hogy a tömeg, térfogat sűrűség fogalmakat mennyire nehezen különítik el a gyerekek és sok esetben szinonimaként használják. Pl. *...nő a tömeg, mert sűrűbb anyag keletkezik.*, *„a tömeg egyre jobban megy össze”, „egyre jobban szűkül össze a levegő”, „nő a tömeg, mert tömönyebb lett”.* Különösen nehéz a részecskék és a tömeg közötti kapcsolatot megtalálni: *...nem lesz több anyag a fecskendőben, de nagyobb lesz a tömeg, mert úgy gondolom, hogy ahogy a levegőt nyomom, sűrűsödik a fecskendőben.*

Az égéssel kapcsolatos, korábban említett [1, 11] vizsgálatához hasonlóan itt is előbukkantak egzotikus anyagelméletek, pl. a flogiszon elmé-lethez hasonló felfogások: *„a levegőt nem lehet megfogni, ezért le se lehet rajzolni”,* vagy: *„A levegőnek nincs tömege”.* Bizonyos életkorban gyakori az az elképzelés, hogy a színtelen gázoknak nincs tömege.

A szerveződési szintek összekeverésére is találtunk példákat. Pl. volt, aki összenyomás előtt gömbökként ábrázolta a levegő részecskéit, összenyomás után azonban nemcsak a részecskék kerültek egymáshoz közelebb, hanem kisebbek lettek, „összenyomódtak” Szépen példázza a szintetikus modellek létezését, már érti, hogy az anyagok részecskékből állnak, de még nem tud pontosan különbséget tenni a makroszkópikus és a szubmikroszkópikus szintek között.

Végezetül álljon itt egy nyolcadikos kislány megnyugtató magyarázata: „A levegő tömege nem változik, mert a levegőben vannak üres területek, de ezt még összebb lehet nyomni.”

Irodalom

1. Dobóné Tarai É. (2004): *Gyermektudományos elméletek az égéssel kapcsolatban*. Középiskolai Kémiai Lapok, 31 (2) 186-194.
2. Barker, V. (2002): *Beyond Appearances: Students' misconceptions about basic chemical ideas*. Royal Society of Chemistry, 14-16.
3. Nahalka I. (2002): *A fizikatanítás pedagógiája*, szerk. Radnóti K., Nahalka I., Nemzeti Tankönyvkiadó, 174-178.
4. Novick, S. E., Nussbaum, Joseph (1978): *Junior high school pupils' understanding of the particulate nature of matter; An interview study*. Science Education, 62 (3) 273-281.
5. Séré, M. G. (1985): *The Gaseous State*. In: Driver, R., Guesne, E., Tiberghien, A. (szerk.) *Children's Ideas in Science*. Open University Press, Milton Keynes, Philadelphia. 105-123.
6. Harrison, A. G., (2002): *John Dalton's atomi theory: Using the history and nature of science to teach particle concepts?* The annual meeting of the Australian Association for Research in Education, Brisbane, 2-5. December, 2002.
7. Novick, S. and Nussbaum, J. (1981): *Pupils' Understanding of the Particulate Nature of Matter: A cross-age study*. Science Education, 65 (2) 187-196.
8. Johnson, P. M. (1998): *Progression in children's understanding of 'basic' particle theory*. International Journal of Science Education, 20 (4) 393-412.
9. Korom E. (2003): *A fogalmi váltás kutatása. Az anyagszerkezeti ismeretek változása 12-18 éves korban*. Iskolakultúra, 13 (8) 84-94.
10. Tóth Z. (2004): *Az anyag részecskemodelljével kapcsolatos tanulói elképzelések*. Középiskolai Kémiai Lapok, 31 (1) 86-90.
11. Dobóné Tarai É. (2003): „...Könnyebb, mert a tűz táplálékát kinyerte...” – *Gyermektudományos elméletek az égéssel kapcsolatban* című előadás a III. Országos Neveléstudományi Konferencián Magyar Tudományos Akadémia, 2003. október 9-11. Budapest

A kutatást az OTKA (T -034288) támogatta.