

Ludányi Lajos

Gyöngyös, Berze Nagy János Gimnázium –
Debreceni Egyetem, Kémia Doktori Iskola

A levegő összetételével kapcsolatos tanulóikoncepciók vizsgálata

A levegő az anyagi világ egyik legközismertebb anyaga. Diákjaink már a kémia oktatását megelőzően kialakítják elképzelésüket a levegőről. A konstruktivista szemléletmód értelmében ezeken az elképzeléseken alapul az iskolai munka. Sok kudarctól mentesül az a pedagógus, aki tisztában van vele, miként is gondolkoznak a levegő mibenlétéről tanulói.

Bevezetés

Mielőtt az iskolai oktatás elkezdődne, a tanulók a környező világ magyarázatára mindennapi tapasztalataik alapján kialakítanak magukban olyan elméletszerű fogalmi struktúrákat, amelyekkel az őket körülvevő világ magyarázható. Az így kialakított fogalmak csak részben vagy egyáltalán nem felelnek meg a tudományos nézeteknek, bár a tanulók a körülöttük levő világot jól tudják általuk értelmezni, a hétköznapi életben is könnyen boldogulnak velük. Ezek a naiv elképzelések elsősorban a mindennapi élet jelenségeihez kötődnek. Így a fizika területén a mozgással, erővel (pl. „egy test mozgásához erőre van szükség”), biológia esetén az életfolyamatokkal (pl. „a növények talajjal és vízzel táplálkoznak”), a kémia tantárgy tekintetében pedig a változásokkal (égés, oldódás, rozsdásodás stb.), illetve a környezetünket felépítő anyagokkal, a részecskeszemlélettel kapcsolatosak. Ezeknek a spontán gyermeki elméleteknek egy része makacsul ellenáll az iskolai oktatásnak, amely nem mindig írja felül a naiv elképzeléseket; sok esetben például a hivatalos és a naiv elméleteknek egyfajta ötvözete él tovább a diákok tudatában. Ilyen, már gyermekkorban kialakult fogalomnak számít a levegő is. Erre a prekoncepcióra épül a későbbiekben a hivatalos oktatás. Az előzetesen kialakított fogalom lesz az a kapaszkodó, amelyet diákjaink felhasználnak majd a tanári magyarázat értelmezéséhez.

Naiv modellek és irodalmi vonatkozások:

Berkheimer, Anderson és Blakeslee (1999) így foglalta össze a diákok levegőről alkotott elképzelését:

„A levegő az valami, vagy semmi? triviális kérdésre néhány diákunk azt válaszolja, hogy az semmi. Mások arra gondolnak, hogy az valami létező, de az elképzelésük még nem üti meg a tudományos szintet. Például néhányan a levegő szót a gáz szó szinonimájaként használják. Egy nagyon elterjedt tévképzet az is, hogy a levegőt levegőmolekulák alkotják, és ezek akár láthatók is. A tévképzetek sorába tartozik még, hogy a levegőt porszemcsék, füstreszemcsék, baktériumok, szennyeződések alkotják. Ezek a porszemcsék és baktériumok a diákok szerint a levegő molekuláival egy nagyságrendi kategóriába tartoznak. [...] Egy másik jól ismert tanulói tévképzet a levegő összetételével kapcsolatosan, hogy a levegő egy folytonos közeg, ami arra szolgál, hogy tartsa a port, a szennyeződést és a szagokat. A tanulók között gyakori az az elképzelés is, hogy a „tisztá levegő” csakis egyféle molekulát tartalmaz [...] Néhány tanuló összekeveri a levegő megfigyelhető mozgását (szél), és a levegő molekuláinak láthatatlan mozgását (diffúzió). Ennek következtében úgy gondolkoznak, hogy a porszemcsék mozgásáért a levegő mozgása a felelős, és ha nem mozog a levegő, akkor a levegő alkotói is megszűnnek mozogni.”

Stavy (1990) felmérésének eredménye, hogy folyadék-gáz halmazállapot-változáskor a keletkező gázhalmazállapotú anyagnak nem tulajdonítanak súlyt a diákok, illetve az ugyanazon anyag három halmazállapotú változata közül a gázhalmazállapotút gondolják a legkönnyebbnak.

A levegő egyfajta hordozóanyag. Amit konkrétan hordozhat, az a víz és a por. E kettő anyag bizonyos megjelenési formái ugyanis láthatóak a levegőben. Ezzel kapcsolatosan Osborne és Cosgrove (1983) hívta fel a figyelmet tanulói tévképzetetekre. Arra a kérdésre, hogy mi történik a tányérba öntött vízzel, mivel az egy idő múlva eltűnik onnan, néhány tanuló ilyen válaszokat adott: a tányér megköti; a víz eltűnik; a víz átalakul hidrogénné és oxigénné. 17 éves kor után az első két tévképzet megszűnik, de a diákok közel 30 százaléka továbbra is úgy véli, hogy párolgáskor a víz oxigénné és hidrogénné alakul, úgy kerül a levegőbe.

Valanides (2000) felmérése bizonyítja a tévképzet makacs rögzülését. Görög alsóéveket tanító pedagógusoknak (!) is csak a negyede gondolja úgy, hogy az elpárolgott víz ugyanaz a szubsztancia, mint a folyadék állapotú víz. 30 százaléka gondolja úgy, hogy a párolgás során a víz levegővé változott, 35 százaléka szerint pedig a víz párolgásakor felbomlik oxigénre és hidrogénre.

Berkheimer, Anderson és Blakeslee (1999) a már idézett összefoglalásukban úgy fogalmaznak, hogy „A levegőt alkotó sok egyéb molekula között előfordul a víz is. Néhány tanuló számára nagyon nehéz megértetni, hogy az összetevők között felsorolt víz ugyanolyan gázhalmazállapottal rendelkezik, mint a többi, levegőt alkotó gáz.”

A tanulói elképzelés – tanulókkal történő beszélgetések alapján – a következő logikai sorrendet követi: ha a víz elpárolog, akkor gázhalmazállapotúvá válik. A gázhalmazállapot a gázokra jellemző. Ennek következtében a víz gázhalmazállapotúvá válása azt jelenti, hogy elemeire bomlik, azaz H_2 -re és (a gyakori válaszok szerint atomos) O-re, amelyek közismerten gázok. Mivel a levegő alkotói közül az oxigén mindenki által jól ismert gáz, ezt azonosítják a víz bomlásából származó oxigénnel. Ennek kísérője a bomláskor keletkezett hidrogén.

A Skamp, Boyes és Stanisstreet (2004) által végzett felmérésben a 6., 8. és 10. évfolyamok tanulóinak átlagosan 91 százaléka jelölte meg az oxigén, 87 százaléka pedig a vízgőz jelenlétét a tiszta levegőben. A többség (59%) az alkotók közé sorolta a szén-dioxidot is. A hidrogént a levegő alkotói közé a 6., 8. és 10. évfolyamokon a diákok 60, 70, illetve 75 százaléka sorolta.

Za'rour (1975) 9. és 11. évfolyamos diákok esetén találta azt a tévképzetet, hogy a diákok szerint a levegőt jószerével csak oxigén alkotja.

Erre az eredményre jutott Bell (1985) is, aki a fotoszintézis és légzés témakörénél tapasztalta, hogy a levegő fogalmát az oxigénnel teszik egyenlővé a diákok.

Berkheimer, Anderson és Blakeslee (1999) felsorolja azt a közismert tévképzet is, hogy légzéskor oxigént lélegzünk be, és szén-dioxidot bocsátunk ki.

A kutatás rövid áttekintése

Országos szintű felmérés

A Debreceni Egyetem Kémia Szakmódszertani Kutatócsoportja 2003 májusában és júniusában 726 (7–11. évfolyamos) tanuló bevonásával történt vizsgálata arra irányult, hogy kiderítse, miként gondolkodnak az anyagi világ felépüléséről diákjaink, mennyire tekinthető sikeresnek a részecskeszemlélettel kapcsolatos tudományos fogalmak oktatása. A felmérésben 17 hat- és nyolcosztályos gimnázium vett részt az ország legkülönbözőbb részeiből. A felmérés, a kémia hármas tagozódását figyelembe véve, a makro, molekuláris és szimbolikus szintek közötti váltás problematikájára koncentrált. A felmérés

egy-egy fejezeteinek eredményei már publikálásra kerültek (Tóth és Ludányi, 2007; Tóth és Kiss, 2006).

A jelen írás alapját képező feladatsorban arra voltunk kíváncsiak, hogy milyen diákjaink tudása a köznapin anyagokat alkotó kémiai részecskékről.

A feladat kérdése a következő volt:

Milyen kémiai részecskékből épül fel?

A, a gyémánt B, a levegő C, a konyhasó D, a vákuum E, a kristálycukor F, a vaskalapács feje G, a PE (polietilén) zacskó H, a homokszem I, a mészkő J, a gipsz

A most ismertető eredmények csupán a B, pontra adott tanulói válaszok többféle statisztikai módszerrel és többféle szempontból történő elemzéséből származnak. Kutatásunk további célja volt ugyanis, hogy bizonyosságot tegyünk a kutatómódszertan új struktúrafeltáró módszerének, a fenomenografikus elemzéssel kombinált tudástér-elméletnek (Tóth, 2005 ; Tóth és Ludányi, 2007) a használhatóságáról.

Tájékozódó jellegű felmérés

Értékelésünk megkezdésekor szembesültünk olyan tanulói válaszokkal, amelyek arra készítettek bennünket, hogy megismerjük a magyar diákok levegőről alkotott elképzeléseit a kémia tanulmányaik megkezdése előtt is. Országos méretű felmérésünk ugyanis csak azokat a korosztályokat fogta át, akik már részt vesznek kémiaoktatásban. Ezért tájékozódó jelleggel, 2006 szeptemberében egy nyolcosztályos gimnázium hatodik évfolyamának 36 tanulója körében végeztünk rövid, tájékozódó jellegű, nem reprezentatív felmérést a levegővel kapcsolatos nézeteikről. Ezen az évfolyamon nincs kémiaoktatás, az ekkor fellelhető spontán elképzelések tisztán, az iskolai oktatástól nem befolyásoltan jelenhetnek meg.

A tájékozódó felmérés kérdései a következők voltak:

1. Mi a levegő? Miből van?
2. Van súlya a levegőnek? Miből gondolod?
3. A jeges vízzel töltött pohár oldalán nedvesség jelenik meg. Honnan került ez oda?
4. Miért emelkedik fel a vásárolt lufi, míg a szánkkal felfúj nem teszi ezt?
5. Mi van a felfúj, és mi a leeresztett biciklikerekben?

A tájékozódó felmérés tapasztalatai

A válaszokból arra következtethettünk, hogy a diákok életének korai szakaszában elsajátított tudás, az ekkor kialakított fogalom nem képezi tudatos reflexió, sem hipotézis-vizsgálat tárgyát. Ebben a nem reprezentatív felmérésben néhány kérdéssel kapcsolatban többségében olyan válaszokat kaptunk, amelyek csupán általánosságokat fogalmaztak meg, vagy nem a kérdés lényegével voltak kapcsolatosak. Például nem kaptunk értékelhető válaszokat a 3. kérdésre. Legsikeresebbnek a 4. kérdés bizonyult, amelyre a többség tudományosan is elfogadható választ adott.

Ez az előzetes vizsgálat megerősített bennünket abban, hogy hatodik évfolyamra a levegővel kapcsolatos elképzelések, prekonceptiók jórészt megegyeznek a nemzetközi tapasztalatokkal, és már ilyen kis mintában is gyakorlatilag lefedik a szakirodalom szerinti területeket. Az itt szereplő, a prekonceptiókat leginkább tükröző válaszok hasznosak lehetnek a természettudományi tárgyakat oktató tanároknak, mert rámutatnak arra a sokszínűsége, ahogy a tanulók gondolkodnak a világról.

1. Mi a levegő?

1. H₂O [a molekula összetevőjéhez nyíl húzva, és odairva, hogy hidrogén, illetve oxigén] A levegő oxigénből és egyéb gázokból áll.

2. A levegő az, amikor a víz elkezd párologni és légnemű. A levegő oxigént tartalmaz széndioxidot és más vegyületeket.
3. A levegő éltet minket és oxigénből és szén-dioxidból van (gondolom).
4. A levegő egy könnyű anyag. Oxigén. Átlátszó. Az ózónréteg tartja a földön. Könnyebb mint a széndioxid.
5. A levegő szilárd és folyékony halmazállapotból álló könnyű anyag, szagtalan, színtelen. A levegő az élethez fontos elem.
6. A levegő gázok keveréke kb. 70 százalék hidrogén 21 százalék oxigén és a maradék szén-dioxid.
7. Oxigén, szén-dioxid meg szerintem kisebb baktériumok is vannak benne.
8. A levegő egy „gáz” ami például oxigénből áll és a földön az élet alapja.

2. Van súlya a levegőnek? Miből gondolod?

1. Szerintem nincs, mert nem lehet megfogni, felemelni. Ha egy [digitális, egykarú] mérleget teszünk le az asztalra, akkor azt is levegő veszi körül, és a mérleg mégis 0-át mutat.
2. Van, mert az úrben felemelkedünk, a földön nem, ez a levegő miatt van.
3. Nincs, mert ha kinyújtom a kezem, nem törik le a levegő súlya alatt.
4. Van, mert ha az oxigén cseppfolyós lesz, akkor lesz súlya, és a levegőben van oxigén.
5. Van! Mivel vannak nála könnyebb gázok, és ha valami valaminél könnyebb, akkor a nehezebb súlyosabb, tehát van súlya!

3. Mi van a felfújtt, és mi a leeresztett bicikli kerekében?

1. A felfújtt kerekben gáz van, a leeresztettben levegő, mert kiment a gáz.
2. Felfújtt: nitrogén leeresztett: semmi.
3. A felfújtt kerekpárgumiban oxigén van, a leeresztettben pedig szén-dioxid.
4. A felfújttban szén-dioxid, a leeresztettben pedig levegő.
5. A felfújtt kerekben oxigén van, a leeresztettben levegő.

A biciklikerekes kérdésre adott válaszokból az az elképzelés rajzolódik ki, hogy egyes diákok szerint a levegő egyfajta hordozóanyag, ami tartja a bevezetett gázokat (lásd 3.4, 3.5. válaszok). Ha kinyújtjuk a szelepet, a gázok mennek ki, a levegő bennmarad. A gázok és a levegő nem egy kategória, a 3.1 válasz szerint sem. A levegő csak idézőjeles gáz, mint azt az 1.8 mutatja.

Mások számára a levegő semmi: amikor leeresztjük a kereket, akkor abban (lásd 3.2) már nem marad semmi. Amit nem lehet megfogni, nem kell tartani, annak nincs is súlya (2.1, 2.3).

Az 1.2 válasz sejtetni engedi, hogy diákunk a levegő és a légnemű kifejezést egymás szinonimájaként használja, és az elpárolgott víz légneművé válása azt eredményezi, hogy az tulajdonképpen levegővé vált.

Látható, hogy sok diáknak a hivatalos oktatás kezdete előtt már van tudomása az oxigén, nitrogén, hidrogén, szén-dioxid és ózón nevű anyagokról. Ezeknek fizikai, illetve kémiai tulajdonságaikról konkrét érzékszervi tapasztalat (illetve tanórai tapasztalat) hiányában valószínűleg nincs ismeretük. Az ismeretfoszlányokat a média hírei (például globális felmelegedés), idősebb társakkal történő beszélgetések eredményezhették. Az 1.6 válaszból konkrét, bár nem teljesen helyes százaléktételek és rossz összetevők is megjelennek. Itt nagy valószínűséggel a hasonló hangzású hidrogén és nitrogén szavak összekeveréséről van szó.

Az országos felmérés eredményei

Mint előfelmérésünkben is kiderült, hetedik évfolyamra diákjaink jelentős hányadában már kialakul a levegőről egyfajta elképzelés. A tévképzet-kutatások (*Nahalka*, 1997; *Korom*, 1997; *Korom és Csapó*, 1997; *Korom*, 2003; *Tóth*, 2004) egyértelműsítik, hogy ezek az előzetes elképzelések az oktatás hatására nem törölődnek, hanem makacsul ellenállnak a megváltoztatás tanári igényének. Bizonyos esetekben egymás mellett él a naiv és az iskolai „hivatalos” elképzelés, amelyet aztán a diák a konkrét szituációnak megfelelően alkalmaz (iskola – hivatalos elmélet; köznapok – naiv elmélet). Gyakori az is, hogy a ta-

nári magyarázat nem írja felül a hibás elképzelést, hanem a tanuló ezt az új ismeretet beilleszti a kezdeti elképzelés-rendszerébe, kialakítva hozzá egy magyarázatot. Az így kialakuló tanulói elképzelések nem mentesek logikai buktatóktól. Sok esetben (a szakértői tudás alapján) egymást kizáró tényezők is békésen megférnek egymás mellett a diákok rendszerében. Az így előálló tanulói elképzelés egészen addig tartható marad, míg nem következik be olyan kognitív konfliktus, amely aztán kikényszeríti a változást.

Felmérésünk során ugyanazon válaszokat háromféle szempontból is értékeltük. Vizsgáltuk, hogy

1. milyen csoportokba oszthatók a levegő összetételéről vallott elképzelésük alapján diákjaink,
2. az így kialakuló csoportokban az évek során milyen változás fedezhető fel,
3. milyen okra vezethető vissza a fogalom rossz rögzülése.

1. Tanulói elképzelések a levegő összetételéről

Mivel felmérésünk a tanév végén történt, a hetedik évfolyam tananyagában pedig szerepel a levegő összetétele, ezért már kevesebb a tisztán megtalálható naív elméletek száma. Vizsgálatunk során a helyes válaszok mellett a naív elméletek és a „hivatalos” elméletek egyesítéséből származó kevert modelleket is megtaláltuk.

A tanulói válaszok kiértékelése során négy alapelképzelés bontakozott ki a levegő összetételével kapcsolatosan (a dőlt betűs rész a tanulói válaszokból ad példát):

1. Az egyszerűsítő csoport

A levegőt az oxigénnel azonosító elképzelés.

Mivel a levegő összetevői közül a leggyakrabban emlegetett anyag az oxigén, ez kerül legtöbbször előtérbe a légzéssel, az élethez szükséges feltételekkel azonosítva. Az ilyen válaszok tartoznak ide:

O₂ (7. évf.) 2 atomokból – molekulákból (9. évf.)
Légköri oxigén (10. évf.)

2. Vízbontó csoport

A levegő hidrogénből és oxigénből áll.

Az e csoportba tartozó tanulók csekély százaléka az, aki a hidrogén és a nitrogén szavak hasonlóságából adódóan tévedésből keveri össze a két anyagot. Ez inkább a 7–8. évfolyamon képzelhető el. A tanulókkal történő tisztázó beszélgetések során derült ki, hogy a hidrogénnel történő órai (esetleg tanulói) kísérletezés révén mélyen bevésődik a diákokba a hidrogén és a nitrogén elemek különbözősége.

Előfordul több olyan válasz is, ahol a hidrogént és a nitrogént együtt említik, ami azt mutatja, hogy a diák tisztában van a két elem különbözőségével.

Például:
Oxigén O + hidrogén H, 78% O, 21% H, 1% nemesgázok (7. évf.)
Hidrogén és oxigénatomból H₂O (8. évf.)
2 hidrogén és 1 oxigén (8. évf.)
Hidrogénmolekulából és oxigénből (11. évf.)

3. Lélegző-fotoszintetizáló csoport

A levegő oxigénből és szén-dioxidból áll.

Itt a levegő mint az élethez és az égéshez szükséges anyag jelenik meg. „A beszívott levegő oxigént tartalmaz, a kilélegzett szén-dioxidot”. A felfújtt biciklikerekben oxigén

van, a leeresztettben szén-dioxid (lásd tájékoztató felmérés 3.c válasza). Ennél a csoportnál is gyakori a víz megjelenése, ami a légzés másik termékéhez köthető.

Például:

Oxigén, por, szén-dioxid (7. évf.)
 Oxigén O (széndioxid CO₂, szénmonoxid CO stb.) (8. évf.)
 O₂, CO₂, H₂ (9. évf.)
 H₂, O₂, CO₂, CO, H₂O stb. (10. évf.)
 Oxigén, hidrogén, széndioxid (8. évf.)

4. Tudományos szemléletű csoport

A levegő oxigénből és nitrogénből tevődik össze.

A csoport alkotói azok a diákok, akik a hivatalos, tanórán elhangzó elképzelést jelenítették meg válaszukban. Néhányan precízebb választ adnak, és kitérnek még a szén-dioxid és/vagy a nemesgázok jelenlétére is. Itt is megjelenik hibaként a por vagy vízgőz említése.

Például:

O₂, N₂ nagyrészt (+ CO₂, nemesgázok, por, stb. < 1%) (11. évf.)
 O₂, N₂, H₂O-gőz, H₂, nemesgázok, CO₂, por, szennyeződés (9. évf.)
 Nitrogén N, oxigén O, CO₂, egyéb pl.: CO₂ 0,03%, homok (8. évf.)
 O₂, N₂ + egyéb anyagok (7. évf.)

A felsorolt tanulói válaszok között láthatók olyan példák is, melyek mutatják, hogy ezek a kategóriák nem merevek, nem átjárhatatlanok. Találkozhatunk olyan válaszokkal is, amelyek két kategória egyesítésével írhatók le, például: O₂, N₂, H₂ vagy O₂, CO₂, H₂.

A válaszokban gyakorta jelenik meg kísérőként a víz(pára), por, szennyeződés. Ezek az anyagok nem tartoznak a levegő molekuláris szinten értelmezett összetevői közé. Az ezt válaszoló többsége empirikus tapasztalatait vetíti ki a levegő összetételére, vagy tanári tévképzet átadása történt. A nemesgázok szerepeltetésében nem találtunk szabályosságot, bármelyik kategória összetevői mellett megemlítették diákjaink.

1. táblázat. A levegő összetételével kapcsolatos tanulói megoszlás az egyes tiszta és néhány kevert kategória esetén

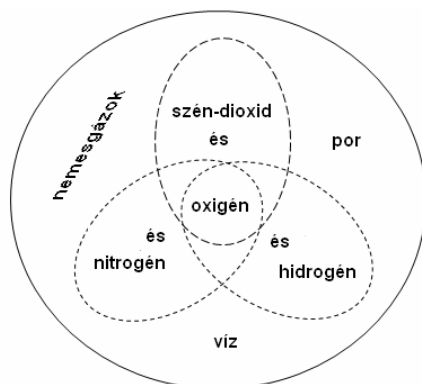
	Csak oxigén	Csak oxigén és CO ₂	Csak oxigén és hidrogén	Csak oxigén és nitrogén	Oxigén, oxigén és CO ₂	Nitrogén és hidrogén együtt (O ₂ , CO ₂ , nemesg.)	Oxigén, CO ₂ hidrogén és víz
7. évfolyam	4,09%	5,85%	1,17%	21,05%	29,24%	5,26%	7,02%
8. évfolyam	8,43%	3,01%	7,23%	31,33%	38,55%	10,84%	3,01%
9. évfolyam	11,76%	2,21%	7,35%	20,59%	30,88%	10,29%	5,15%
10. évfolyam	9,56%	0,74%	8,09%	22,79%	38,97%	15,44%	3,68%
11. évfolyam	6,96%	1,74%	7,83%	26,09%	46,96%	17,39%	1,74%

Ezeket a tanulói koncepciókat legegyszerűbben a 1. ábrával szemléltethetjük.

Középpontban az oxigén áll, ez maga a leegyszerűsítő csoport, illetve minden más elemet közös része.

A három másik elképzelést egy-egy ellipszis határolja. A szaggatott vonal azt szimbolizálja, hogy a fő kategóriákon kívül rekedt összetevők (por, nemesgázok, víz) „beszivároghatnak” egy-egy elképzelésbe anélkül, hogy lényegében módosítanák azt.

A főbb kategóriák közös metszetében találhatóak a kevert modellek.



1. ábra. Tanulói elképzelések a levegő összetételével kapcsolatban

2. A levegő összetételének változása a diákok válaszaiban

A továbbiakban vizsgálatunk arra irányult, hogy megtudjuk, az egyes csoportokon belül történik-e változás a levegő összetételének ismeretével kapcsolatban. Ennek során azt vizsgáltuk, hogy a tanulók milyen összetevőket jelöltek meg a hat leggyakoribból: az oxigénmolekula, nitrogénmolekula, hidrogénmolekula, szén-dioxid molekula, nemesgáz-atomok, vízmolekula közül. De az értékelés során nem vizsgáltuk azt, hogy igaz-e a diák azon válasza, hogy a levegő tartalmaz hidrogént, vagy hogy szintaktikailag helyesen jelölte-e az illető alkotót; pusztán azt rögzítettük, hogy megemlítette az illető anyagot.

Az elemzéshez a tudástér-elmélet matematikai apparátusát és a Hasse-diagramokat használtuk. (Tóth, 2005) Ehhez bináris adatokká kellett konvertálnunk a válaszokat. Ennek során a következő eljárást alkalmaztuk: amennyiben a tanuló megjelölte valamely összetevőt válaszában, az illető összetevő táblázatban rögzített helyi értékére bináris 1 értéket, amennyiben nem említette meg, 0 értéket kapott. Például egy olyan válasz bináris kódja, ahol a tanuló az oxigént, nitrogént és szén-dioxidot adta válaszul: 110100. Értelmezésében a 2. táblázat van segítségünkre.

2. táblázat Táblázat és példa a tanulói válasz bináris kódjává alakítására

Oxigén	Nitrogén	Hidrogén	CO ₂	Nemesgázok	Víz
1	1	0	1	0	0

Feltételeztük, hogy a megemlítés sorrendje kapcsolatban áll a tanuló kognitív rendszerében történő tárolással, az illető összetevőnek tulajdonított jelentőséggel. Így a feldolgozással kapott eredmények jelen esetben nem tudáshierarchiát, nem a fogalom komplexitását tükrözik, hanem egyfajta felidézési láncot jelentenek, ahol a sorrendiségnek fontos szerepe van.

Egy-egy diagram hierarchiája jelen esetben csak azt mutatja meg, hogy a levegő komponensei milyen rögzültségi sorrendben követik egymást, melyek azok, amelyek egy-egy asszociációs láncra fűzhetők. Minél közelebb van valamely alkotó a gyökérem(ek)hez, annál fontosabb a diákok számára, annál hamarabb jut eszébe.

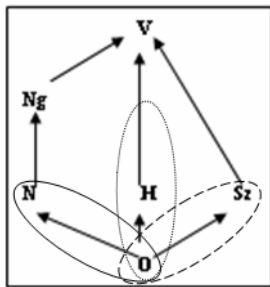
Egy-egy évfolyam modellezése a tanulói elméletek átfedése és a közös elemek miatt is csak több diagrammal volt megoldható. A mérésünk szerint évfolyamonként kettő, kilencedik évfolyamon három Hasse-diagram adta vissza a levegő összetételéről vallott tanulói elképzeléseket, ezeket mutatja be a 3. táblázat. Négy évfolyam esetén (7., 8., 10., 11.) a gráfban felfedezhetőek voltak a levegő összetételével kapcsolatosan már említett

főbb tanulói kategóriák (leegyszerűsítő, vízbontó, lélegző, tudományos). Némely kategória esetén a bekövetkező változás is jól követhető volt.

3. táblázat. A legjobb illeszkedést adó Hasse-diagramok évfolyamonként

7. osztály	8. osztály	9. osztály	10. osztály

Az egyes Hasse-diagramok jelentése

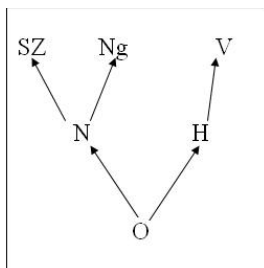


2. ábra. 1. sz. Hasse-diagram

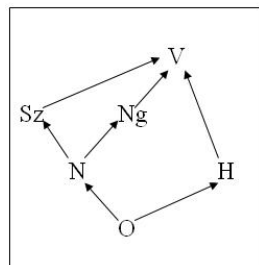
A 2. ábrán látható, csak hetedik és nyolcadik évfolyamra vonatkozó diagramon felfedezhető a négy alaps csoport. Ebből a leegyszerűsítő csoport – akik számára a levegő csupán az oxigént jelenti – maga a gyökérem (O). A vízbontó csoportot az oxigén (O) → hidrogén (H), a lélegző csoportot az oxigén (O) → szén-dioxid (Sz), a tudományos szemléletű csoportot az oxigén (O) → nitrogén (N) ág jelenti. Látható, hogy a nemesgázokat (Ng) a tudományos szemléletű csoport említi meg harmadikként, míg a másik két (három) csoport esetén ez nem ennyire számottevő.

A víz (V) a sorozat végén jelenik meg minden csoport esetén. A vízbontó és a lélegző csoport esetén többnyire harmadik összetevőként jelenik meg a víz, de ez a tudományos csoport tagjai között is előfordul.

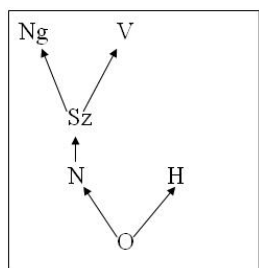
A további diagramokból kitéjük, hogy 10. évfolyamra a lélegző csoport gyakorlatilag megszűnik, egyik diagramunkon sem bukkan már elő ennyire nyilvánvalóan. Ez egybeesng az 1. táblázat adataival.



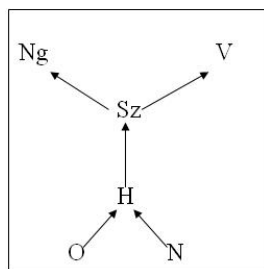
3. ábra. 2. sz. Hasse-diagram



4. ábra. 3. sz. Hasse-diagram



5. ábra. 4. sz. Hasse-diagram



6. ábra. 5. sz. Hasse-diagram

található két, linearitást tükröző gráfban (7. ábra) csupán a nitrogén és az oxigén említési sorrendjében van. A hidrogén mindkét esetben a harmadik alkotóként szerepel a levegő összetevői között.

Az összes évfolyamon – a 9. évfolyam kivételével – megtalálható a 2. sz. Hasse-diagram, amely csak a tudományos és a vízbontó csoportot (illetve a gyökérem révén az egyszerűsítő csoportot is) mutatja.

Látható, hogy a tudományos ág esetén történik egy elágazás. Ez a Hasse-diagramok olvasatában azt jelenti csupán, hogy a tudományos ág ezen alcsoportjának tanulói az oxigén és a nitrogén említése után ugyanolyan számban jelölték meg a levegő további alkotójaként a szén-dioxidot vagy a nemesgázokat, illetve ennél valamivel kevesebben jelölték meg mindkét anyagot egyidejűleg. De a víz náluk nem került be az előhívási sorba.

A 3. sz. Hasse-diagramot vizsgálva kitűnik, hogy tizedik évfolyamon a tudományos csoportnál következik be változás, megjelenik egy újabb elképzelés. Gyakorivá válik a víz megjelenése a felsorolt alkotók között, és a szén-dioxid és a nemesgázok után ez is felfűződik az előhívási sorba.

A vízbontó csoportban láthatóan nem történik változás.

Tizenegyedik évfolyamra, amint az a 4. sz. Hasse-diagramon látszik, a helyes választ adók gráfiájában a szén-dioxid nagyobb szerephez jut; köszönhető ez például a globális felmelegedésről szóló híradásoknak. A Hasse-diagramok olvasatában ez azt jelenti, hogy a tudományos elképzelést vallók egyik csoportja az oxigén-nitrogén-szén-dioxid-nemesgázok vonulatot viszi tovább, míg a másik csoport az oxigén-nitrogén-szén-dioxid-víz előhívási sorozat alapján gondolkodik. De előfordul, bár kisebb számban, az oxigén-nitrogén-szén-dioxid-nemesgázok-víz is.

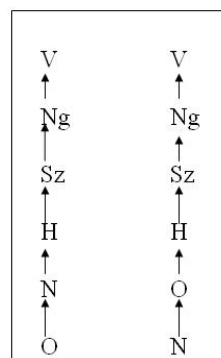
Ugyanakkor a vízbontó csoport továbbra is jól tartja magát, azaz 'a hidrogén gáz a levegő alkotója' tévképzetet öt-évnyi oktatás sem tudta felülírni.

Az 5. számú diagramon nem válnak szét látványosan az alapcsoportok.

Kilencedik évfolyamon a levegő alkotói között első össze-tevőként a nitrogén és az oxigén körülbelül ugyanolyan gyakorisággal jelenik meg. Ugyanakkor a hidrogénes tévképzet – a szorosan vett tudományos csoport tagjait kivéve – szinte mindenkire rátelepszik, és 2. vagy 3. alkotóként mindenki megemlíti.

A diagram a következő válaszokat kódolja:

O; N; O, N; O, N, H; O, N, H, Sz; O, N, H, Sz, Ng; O, N, H, Sz, V; O, N, H, Ng, Sz, V



7. ábra. 6–7. sz. Hasse-diagram

3. Egy hibásan rögzült fogalom gyökerének kutatása

A tanulói válaszok vizsgálatakor viszonylag kevés olyan válasszal találkoztunk, amely nem tartalmazott érdemleges információt a levegőt alkotó részecskékkel kapcsolatban, de nagyon sok olyan válasz volt, amelyben megjelentek ugyan a helyes válasz elemei, de nem érték el a tudományosság azon szintjét, hogy helyesnek fogadhatjuk el. Sok diák fordította le tapasztalatait a kémia szimbólumszintjének nyelvére, a levegő összetételével kapcsolatos előzetes elképzeléseit próbálta meg a kémia szóhasználatával megfogalmazni. Mások eleve tévesen értelmezték a molekuláris szint szereplőit, azok szimbólumait.

Vizsgálatunk annak kiderítését célozta meg, hogy diákjaink levegővel kapcsolatos jelenlegi elképzeléseit mennyiben befolyásolta előzetes tudásuk, nyelvhasználatuk, és mekkora hatással volt elképzelésükre az iskolai oktatás.

A válaszok elemzéséhez felhasználtuk a fenomenográfia (Marton, 1986) csoportba soroló módszereit. Vizsgálatunkba bevontuk a tudástér-elmélet matematikai módszereit (Tóth, 2005), kibővítve a párhuzamos tudáselemek vizsgálatára alkalmas Hasse-diagramokkal.

A diákok által adott válaszok közé bevezettünk egy pszeudotudományos kategóriát. (Saul és Kikas, 2003) Ebbe a kategóriába azok a diákok tartoztak, akik igyekeztek a tudományosság látszatának megfelelni, de a válaszuk hibás, vagy részben hibás volt.

A tanulói válaszok tanulmányozása alapján diákjaink levegőről alkotott elképzelése három alapkategóriába volt sorolható:

1. kategória – empirikus, makroszinthez kötődő tudás

A tanuló a makroszintű tapasztalatait képezi le a molekuláris szintre. A makroszint objektumait, az elemfogalmat használja fel magyarázatához.

Például:

„Nitrogénből és oxigénből áll.”
„Gázok, szennyeződés és víz alkotja”

2. kategória – pszeudotudományos

A molekuláris szint bizonyos elemeit, szimbólumait használja, de ezeket nem megfelelően, nem helyes aspektusban. A válaszbán érződik, hogy a diák igyekszik tudományos igényű választ adni; felfedezhető az igyekezet, hogy megfeleljen a hivatalos elvárásnak, de a válasz helytelen, vagy nem a molekuláris szinten értelmezett szimbólumrendszert használja.

Például:

„Oxigén és nitrogén atomokból áll”
„Atomokból áll”
„N, O, H”

3. kategória – helyes válasz

A molekuláris szint szereplőinek és szimbólumainak helyes ismeretét jelenti. Ennek a szintnek az értelmezése és a hozzá tartozó kémiai szimbólumok jelentése a diákok számára az egyik legnehezebb feladat.

Például:

„Oxigén és nitrogén molekulákból”
„O₂, N₂”

A tudástér-elmélet segítségével azt vizsgáltuk, hogy e két tényező – a tapasztalatok, a makroszintű ismeretek, illetve az iskolában elsajátított tudás, azaz a molekuláris szemléletmód – milyen kapcsolatban áll a látszólagos tudással.

A tanulói válaszok szimpla tanulmányozásával nem dönthető el egyértelműen, hogy ez az átmeneti (pszeudotudományos) tudás milyen mértékben támaszkodik az empirikus és milyen mértékben az iskolai tudásra, hiszen a három alapkategória válaszai együtt is előfordultak, az összes lehetséges variációban.

1, 2 kategória

A már említett három fő kategória mellett ugyanis megtalálhatók azok a válaszok is, ahol egyszerre jelennek meg elemei a látszólagos (pszeudo) tudásnak és a makroszintű, empirikus tapasztalatoknak. Az ilyen választ adó diák tudásállapota, fogalmi berendezkedése az iskolai tudásból szerzett nem precíz ismeretek és az empirikus tudás keverékéből áll. Az alábbi példából látható, hogy milyen típusú választ adó diákot sorolhatunk ebbe a kategóriába:

„N, H, O, nemesgázok”
 „(oxigén, széndioxid) O atomokból”

1, 3 kategória

A válaszok között előfordult az a típus is, amikor a tanuló a molekuláris szint szereplőivel tisztában van, de még nem tesz egyértelmű különbséget a makro- és molekuláris szint hasonló névvel jelölt szereplői között, vagy makroszintű fogalmat (pl. por) sorol molekuláris fogalmak közé (molekula); az ilyen válasz az 1, 3 kategóriába sorolható.

„O₂, CO₂ + nemesgázok, por”
 „H₂, O₂, N₂ és por keveréke”
 „Oxigén (21%), nitrogén (78%), egyéb (1% pl.: H₂)”

2, 3 kategória

A következő kategóriába azok a válaszok sorolhatók, ahol a diák már a molekuláris szint jelöléseit, szimbólumait használja, a bizonytalan esetekben azonban még visszatér a tudományosságot sugalló, de helytelen jelölésekhez, szóhasználathoz. Az ilyen 2, 3 kategóriára mutatnak példát az alábbi válaszok:

„O₂, N”
 „N 76%, O₂, CO₂”

1, 2, 3 kategória

Nyilván az is elképzelhető, hogy a tanuló válaszában mindhárom alapkategória elemei megjelennek. Ez az eset az 1, 2, 3 kategóriába sorolható.

Például az ilyen válaszok alapján:

„O₂ + N + por + vízgőz + CO₂”
 „O₂, N, CO és más szennyeződések”

A válaszok megoszlását évfolyamonként a 4. táblázat mutatja:

4. táblázat. Az évfolyamonkénti tanulói megoszlás kategóriánként

Kategóriák	7. évf	8. évf	9. évf	10. évf	11. évf
0	45	19	19	11	10
1	51	58	34	35	31
2	19	19	6	17	9
3	36	48	41	47	29
1, 2	6	3	3	3	1
1, 3	7	11	16	7	19
2, 3	7	4	11	7	15
1, 2, 3	0	4	6	9	3

A 4. táblázatban szereplő 0-s kategória a nem válaszoló, illetve a kérdésre nem odailő válaszokat adó tanulókat foglalja magában

A tudástér-elmélet alkalmazása

Amennyiben elkészítjük az egyes évfolyamok válaszaiból adódó Hasse-diagramokat, az 5. táblázatban rögzített eredmény adódik:

5. táblázat. A pszeudotudományos kategória függését leíró Hasse-diagramok évfolyamonként

7. évfolyam	8. évfolyam	9. évfolyam	10. évfolyam	11. évfolyam

T: Tapasztalati tudástípus (makroszintű megközelítés) – 1. válaszkategória

M: Molekuláris szemléletmód – 2. válaszkategória

P: Pszeudotudás – 3. válaszkategória

Hetedik évfolyamon a tudástér-elmélet nem mutat ki kapcsolatot a három tudástípus között, az egyes típusok egymástól elszigetelve bukkannak elő.

Nyolcadik évfolyamon (5. táblázat 8. évfolyamának alsó diagramja) a pszeudotudás egyaránt épül a „hozott”, a már ismert és az iskolában szerzett tapasztalatokra. Az iskolai oktatás és a mindennapok során szerzett tudás párhuzamos tudáselemként jelenik meg a pszeudotudás felépülésében.

Az ebbe a csoportba tartozók jellemző válaszai a következő módon írhatók le T, M, TM, TMP, ahol T jelenti az olyan választ, ahol csak a hétköznapi tapasztalatok jelennek meg. T az eredeti kategorizálásban az 1. kategóriát, M a 2. kategóriát, TM az 1, 2 tanuló válaszkategóriát jeleníti meg, és így tovább.

Ugyanezen az évfolyamon ezzel párhuzamosan még egy hasonlóan jó tudásfelépülés-modell létezik (V. táblázat 8. évfolyamának felső diagramja): itt a pszeudotudásnak csak az iskolában szerzett tudástól való függése jelenik meg. A modellt jellemző válaszok: T, M, TM, MP, TMP.

A 8–11. évfolyamokon ez a legjobb χ^2 illeszkedést megvalósító modell (bár a 10. évfolyamon található még egy egymástól függetlenséget mutató modell is).

A diagram lényegében megerősíti azt a tanári tapasztalatot, hogy a tanulói válaszokban megjelenő hibákért, a pszeudotudásért nem a köznapok levegővel kapcsolatos elképzelései a felelősek. Elsődlegesen nem az jelenti a problémát diákjaink számára, hogy a por nem szerepel a levegő molekuláris alkotói között, vagy hogy a levegőben nincs hidrogénmolekula. A hibák többsége az iskolai oktatás során felületesen elsajátított molekuláris szint értelmezéséhez köthető. Ez a kémiaoktatásunk alapjait feszegető probléma, hiszen a kémia lényege a molekuláris és szimbólumszinten véghez vitt manipulációk sokaságát jelenti. A kémiatudás azt jelenti, hogy diákunk a makroszinten végbemenő folyamatokat egy absztrakció segítségével molekuláris szinten is értelmezni tudja, illetve meg tudja azt jeleníteni a szimbólumszint elemei (képletek, modellek, egyenletek, diagramok) segítségével is.

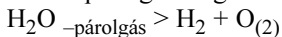
Következtetések

A légnemű és gázállapot kifejezés a diákok számára nehezen feldolgozható, mivel az alkotói számunkra láthatatlanok. Kezdetben gondot jelent a folyadék → gáz halmazállapot átmenet molekuláris értelmezése is. Sok diákunk tanulmányainak megkezdése előtt a levegőt fizikai értelemben vett 'éterként' kezeli, amely a benne lévő gázok tartására szolgál.

Nehéznek bizonyul diákjaink számára feldolgozni, hogy empirikus tapasztalatai nem egyeznek meg teljesen a tudományos állításokkal – hiába látják a levegőben a ködöt, párat, porszemcséket, azok nem tartoznak a levegő molekuláris értelemben vett alkotói közé.

'A levegő tartalmaz hidrogén molekulákat (hidrogén gázt)' az egyik legstabilabb tévképzetnek bizonyul diákjaink esetén. A diákok 7–8 százaléka csak hidrogént és oxigént jelöl meg az alkotók között. Sokan az iskolában tanult hivatalos összetevők közé illesztik be ezt a naiv elméletből származó elemet. Ennek a tévképzetnek három gyökerét tártuk fel:

- a hasonló hangzású hidrogén és nitrogén szavak keverése,
- az elpárolgó víz gázhalmazállapotúvá válása termikus disszociációval jár:



- a víz képletének additív módon történő kezelése. Ha van a levegőben H_2O , akkor ezek szerint hidrogén is van benne (és persze oxigén is).

Mind a szimbólumok szintje, mind a molekuláris szint a kémia absztrakciós szintjéhez tartozik. A diákok nagy része nem tudja átvinni a makroszkopikus szint történéseit a molekuláris szintre. Keveri a két szint szereplőit, illetve azok jelölését. A diákok válasza felületesebb, köznapi ismeretekből szerezhető szóhasználatra épülnek, és ennek a molekuláris szintre történő kivetítése és jelölésmódja az, ami igazán problematikus diákjaink számára.

Jegyzet

(1) A kutatást az OTKA – T-049379 – támogatta. Köszönetemet fejezem ki dr. Tóth Zoltánnak, a Debreceni Egyetem Kémia Szakmódszertani Kutatócsoport

vezetőjének, aki segítségemre volt a fenomenográfiával kombinált tudástér-elmélet matematikai apparátusának kezelésében.

Irodalom

Bell, B. (1985): Students' ideas about plant nutrition: what are they? *Journal of Biological Education*, 19. (3), 213–218.

Berkheimer, G. D. – Anderson, C. W. – Blakeslee, T. D. – Lee Okhee – Eichinger, D. – Sands, K (1999): Matter and molecules. Teacher's Guide. <http://ed-web3.educ.msu.edu/reports/matter-molecules/TEA-SCI-LESSON/TEASCI3.pdf> (Elérh: 2007 május)

Osborne, R. J. – Cosgrove, M. M. (1983): Children's conceptions of the changes of state of water. *Journal of Research in Science Teaching*, 20, 825–838.

Korom Erzsébet (1997): Naiv elméletek és tévképzetek a természettudományos fogalmak tanuláskor. *Magyar Pedagógia*, 1, 19–40.

Korom Erzsébet – Csapó Benő (1997): A természettudományos fogalmak megértésének problémái. *Iskolakultúra*, 2, 12–20.

Korom Erzsébet (2003): A fogalmi váltás kutatása: Az anyagszerkezeti ismeretek változása 12–18 éves korban. *Iskolakultúra*, 8, 84–94.

Marton, F., (1986), Phenomenography – a research approach to investigating different understanding of reality. *Journal of Thought*, 21, 29–39.

Nahalka István (1997): Konstruktív pedagógia – egy új paradigma a láthatáron I, II, III. *Iskolakultúra*, 2., 21–33.; 3., 22–40.; 4., 3–20.

Saul, H. – Kikas, E. (2003): Difficulties in acquiring theoretical concepts: A case of high-school chemistry. *Trames*, 7. (57/52), 2. 99–119. <http://www.ceeol.de/aspx/getdocument.aspx?logid=4&id=069425a0-5113-4cdd-9740-bdfe1622a70c> (Elérh.: 2007. május)

Skamp, K. – Boyes, E. – Stanisstreet M. (2004): Students' Ideas and Attitudes about Air Quality. *Research in Science Education*, 34, 313–342.

Stavy, R. (1990): Children's conception of changes in the state of matter: from liquid (or solid) to gas. *Journal of Research in Science Teaching*, 27. (3), 247–266.

Tóth Zoltán (2004): Az anyag részecskemodelljével kapcsolatos tanulói elképzelések. *Középiszkolai Kémiai Lapok*, 1. 84–90.

Tóth Zoltán (2005): A tudásszerkezet és a tudás szerveződésének vizsgálata a tudástér-elmélet alapján. *Magyar Pedagógia*, 105. (1), 59–82.

Tóth, Z. – Kiss, E. (2006). Using particulate drawings to study 13-17 year olds' understanding of physical and chemical composition of matter as well as

the state of matter. *Practice and Theory in Systems of Education*, 1, 109–125.

Tóth, Z. – Ludányi, L. (2007). Combination of phenomenography with knowledge space theory to study students' thinking patterns in describing an atom. *Chemistry Education: Research and Practice*, 8 (in press).

Valanides, N. (2000): Primary student teachers' understanding of the particulate nature of matter and

its transformations during dissolving. *Chemistry Education: Research and Practice in Europe*, 2, 249–262.

Za'rour, G. I. (1975): Science misconceptions among certain groups of students in Lebanon. *Journal of Research in Science Teaching*, 12. (4), 385– 391.



A Gondolat Kiadó könyveiből