

MŰHELY



Kérjük, hogy a MŰHELY című módszertani rovatba szánt írásaitak 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: tothzoltandr@yahoo.com, Telefon: 06 52 512 900 / 22581-es mellék.

Kluknavszky Ágnes

Milyennek képzelik tanítványaink a szilárd anyagok szerkezetét?

A természettudományok oktatásában az utóbbi időben számos problémát vet fel az ismeretanyag erőteljes bővülése, melyet a tanulóknak el kell sajátítani. Nem mondhatunk le arról, hogy a tanítás során lépést tartsunk a tudomány fejlődésével, tanítványainknak pedig a mindennapi életben is fel kell tudniuk használni az iskolában tanultakat. A magyar oktatásban általános tapasztalat, hogy gyerekeink iskolai rutinfeladatokban jól alkalmazzák megszerzett ismereteiket, de ha ezeket a megszokottól eltérő szituációban, hétköznapi jelenségek magyarázatára kell használniuk, gyakran kudarcot vallanak.

Ezt a jelenséget a tananyag absztraktságával, a feldolgozáshoz rendelkezésre álló rövid idővel, a tanulók általános leterheltségével is magyarázzák. A probléma gyökere valószínűleg nem ezekben keresendő. Vizsgálatok feltárták, hogy a diákok többéves természettudományos képzés ellené-

re is rendelkeznek számos, az elfogadott természettudományos nézeteknek meg nem felelő fogalommal, melyeket a szakirodalom tévképzetnek nevez.

A tévképzetek feltárása meglehetősen bonyolult feladat, nagyon nehéz meghatározni mi okozza a természettudományos tantárgyak tanulásának eredménytelenségét sok tanulónál. Egy rosszul értelmezett fogalom mögött lehet tárgyi nemtudás, szorgalomhiány, csak bemagolt, de meg nem értett ismeret, az, hogy a tananyag nem felel meg a tanulók kognitív szintjének, vagy esetleg egy mélyen gyökerező tévképzet. A tévképzetek azonosításakor olyan kérdéseket tesznek fel a vizsgálatok során, melyekben nem a megszokott, iskolai köntösben jelenik meg a probléma. Olyan alapfogalmakra kérdeznak rá, melyeknek az oktatás végeztével az állandósult vagy rögzült tudás részévé kellene válniuk. A cél tehát nem a tananyag egyszerű visszakérdezése, hanem annak feltárása, mennyire tudják alkalmazni a tanulók megszerzett ismereteiket, mennyire értettek meg egy bizonyos jelenséget, milyen képzetük alakult ki egy-egy absztrakcióval kapcsolatban. A természettudományok számos területén vizsgálták már a gyerekek naiv elképzeléseit és tévképzeit.

Kémia tanári szakvizsga záródolgozatához készítettünk felmérést 278 Hajdú-Bihar megyei, hetedikől tizenkettedikes tanuló és esti tagozatos gimnazista megkérdezésével. Minden évfolyamon egy-egy osztály vett részt a feladatlap kitöltésében, mely kétféle változatban készült és csoportonként két feladatot tartalmazott. Összefüggéseket kerestünk a tanulók neme, életkora, kémia- és fizika osztályzata, valamint ezen tantárgyak szeretete és a kérdésekre adott válaszok között.

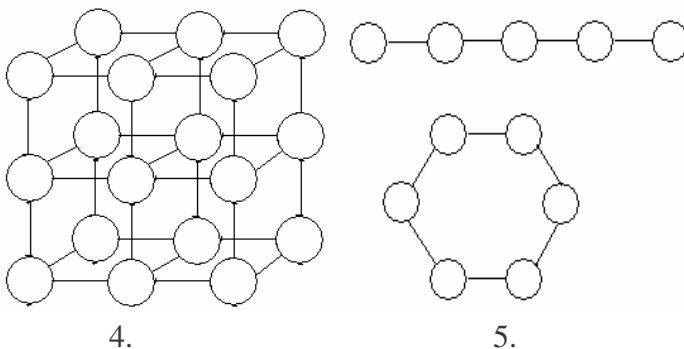
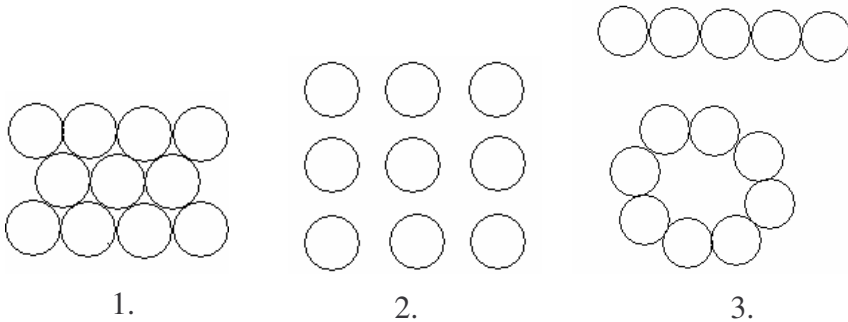
A feladatlapok két változatban készültek, mindkét csoportnak a második kérdése egy szilárd anyag (arany illetve gyémánt) szerkezetének lerajzolása volt, majd le kellett írniuk, szerintük milyen anyag van a részecskék közötti térben. A két részfeladatot külön értékeltem.

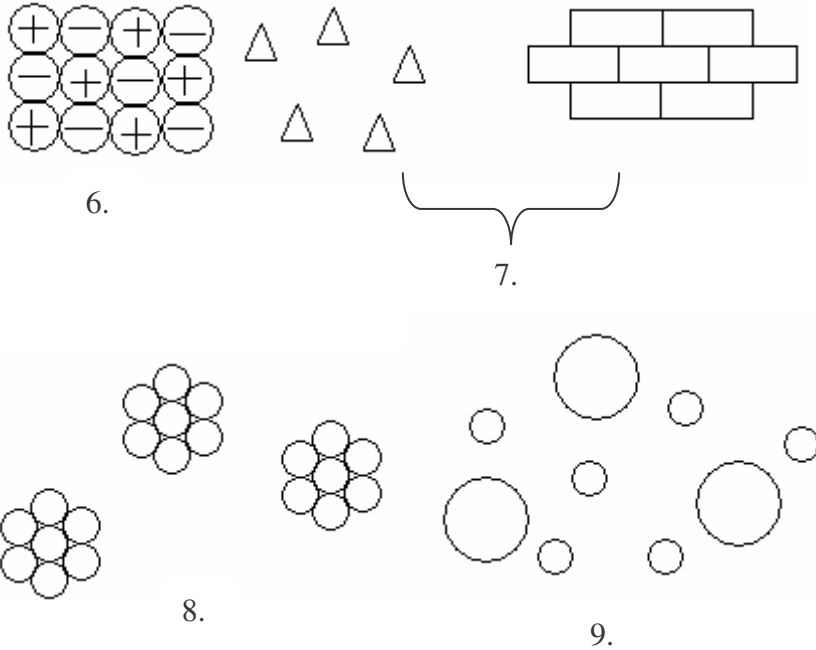
A kérdésre adott válaszok értékelése

A kérdés első része így szólt: A szilárd anyagok részecskékből állnak, ezeket gömb alakúaknak képzeljük. Rajzold le, hogyan képzeled a gyémántban (aranyban) az atomok elhelyezkedését!

A kapott ábrákat kilenc kategóriába tudtam besorolni.

1. a részecskéket szemléltető körök szorosan helyezkednek el
2. a körök nem szorosan de szabályos rendben helyezkednek el
3. a körök egymás után sorban vagy körben helyezkednek el, de a szomszédosak érintkeznek
4. a köröket vonalak kötik össze a pálcikamodellhez hasonlóan, és szabályos rendben helyezkednek el
5. a körök körben vagy sorban helyezkednek el, vonalak kötik össze őket
6. ellentétes töltésű részecskéket ábrázol
7. a részecskéket nem kör alakúnak ábrázolja (előfordult háromszög, piszkóta alak és téglafalszerűen egymáshoz kapcsolódó téglalapként ábrázolt részecske)
8. a körök csoportokat alkotnak, a csoportok egymástól függetlenek
9. különböző méretűek a körök
10. nem készített rajzot





A válaszok megoszlását vizsgálva láthatjuk, hogy 32,7%-ban rajzoltak szabályos rendben, szorosan illeszkedő részecskéket. A másik, iskolában használt modell a pálcikamodell, ennek megfelelő képet készített a válaszadók 28,4%-a. Nem szorosan illeszkedő köröket rajzolt a tanulók 16,5%-a, de ők is megtartották a szabályos elrendeződést. Az többi válasz összesen 15,5%-ban fordul elő, 6,8%-a a teszteknek nem tartalmazott választ. (1. ábra)

A nemek szerinti megoszlásból láthatjuk, hogy a lányoknak és a fiúknak is harmada készített az első válasznak megfelelő rajzot. Pálcikamodellnek megfelelő rajz a lányok 23, a fiúk 34%-ától érkezett. Nem szorosan illeszkedő, szabályos rendben elhelyezkedő köröket a lányok 19, a fiúk 14%-a készített. A nem válaszolók között több mint kétszer annyi volt a fiú, mint a lány. A nem kör alakú részecskék a lányoknál 4%-ban, míg a fiúknál csak 1%-ban jelentek meg. (2. ábra)



1. ábra

Az évfolyamonkénti megoszlásból megállapíthatjuk, hogy az esti kilencedikesek 57%-a rajzolt szorosan illeszkedő köröket, ugyanakkor náluk a legmagasabb a nem válaszolók aránya is. Az is észrevehető, hogy a különböző rajzok előfordulási aránya leginkább tanárfüggő. Azokon az évfolyamokon, ahol én tanítottam az anyagszerkezetet, ott a pálcikamodellnek megfelelő rajz alig fordult elő (7. és esti 9.), kisebb százalékban fordul elő ott is, ahol más kollégák tanítványait is bevontam a vizsgálatba (8. és esti 10.). Legnagyobb arányban pedig ott fordult elő, ahol a kolléga inkább pálcikamoddellel szemléltet. (Én ugyanis kizárólag golyókból összeragasztott modelleket használok a szilárd anyagok kristályszerkezetének bemutatására.) Különböző méretű részecskéket csak általános iskolások rajzoltak, golyócsoportok 7., 9. és 12. osztályban jelentek meg, nem kör alakú ábrázolt részecskék esti 11.-ben 11%, nappali 12.-ben 10%, esti 12.-ben 6% és hetedikben 3% arányban. Sorba láncszerűen rajzolt körök 10. osztálytól felfelé esti 9. osztály kivételével minden évfolyamon előfordultak. Töltéssel rendelkező részecskéket (felváltva pozitív és negatív töltésűeket) legnagyobb arányban, 19%-ban az esti 12.-esek rajzoltak, de megjelenik ez az ábrázolás 9., 10., 12. és esti 11. osztályban is.



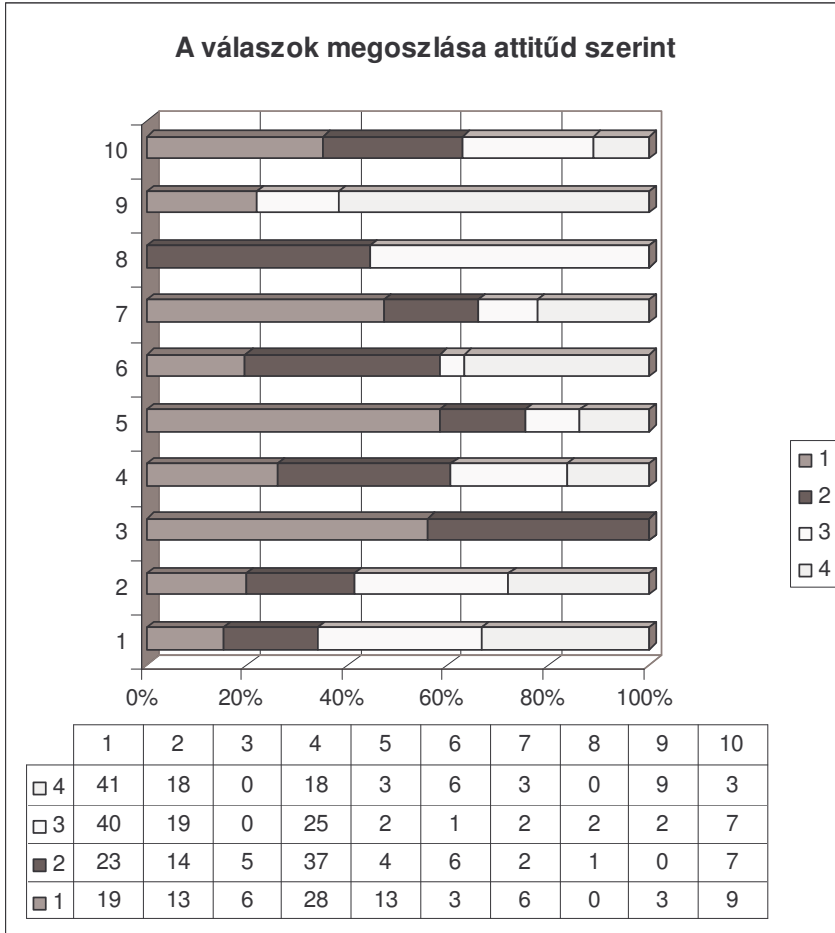
2. ábra

A kémiajegyek szerinti megoszlásból láthatjuk, hogy az ötösök és az egyesek egyenlő arányban készítették az 1. válasznak megfelelő rajzot, a legtöbben az ötösök rajzoltak a 2. válasznak megfelelően, a négyesek a pálcikamodellhez hasonlóan. Ugyanakkor szintén az ötösök között van a golyócsoportokat rajzolók elsőprő többsége. A különböző méretű részecskéket rajzolók kémiajegye nagy többségében hármast. Nem kör alakú részecskéket a kettesek 6, a hármastok 4%-a rajzolt. A nem válaszolók aránya az egyes kémiajeggyel rendelkezők között a legmagasabb, az ötösök közül pedig mindenki próbált válaszolni.

A fizikajegyek szerinti megoszlásból láthatjuk, hogy az ötösök rajzoltak legnagyobb arányban szabályos rendben lévő részecskéket (1. és 2. válasz együtt), őket a négyesek, majd csökkenő sorrendben a többi osztályzat követi. Pálcikamodell-szerű ábrázolás legnagyobb arányban a hármastok és a négyesek között figyelhető meg. Láncszerűen sorba rajzolt köröket az ötösök kivételével minden osztályzat esetében találhatunk, legnagyobb arányban a ketteseknél, 8%-ban. Töltéssel rendelkező részecskéket a kettesek, hármastok és négyesek körülbelül egyenlő arányban rajzoltak. Nem

kör alakúnak ábrázolták a szilárd anyag részecskéit a kettesek 8%-ban, a négyesek 1%-ban. Golyócsoportok az ötösöknél fordultak elő legnagyobb arányban (8%), de a hármasok között is megjelent ez a válasz 1%-ban. Különböző méretű köröket az egyesek kivételével minden osztályzatnál találunk, az ötösök és hármasok között 4-4%-ban a négyeseknél 3%-ban, a ketteseknél mindössze 1%-ban. A nem válaszolók aránya az egyesek között a legnagyobb, 29%, őket a kettesek 10%-kal, a hármasok 8%-kal követik. Az ötös és négyes fizikajeggyel rendelkezők közül mindenki válaszolt erre a kérdésre.

Az attitűd szerinti megoszlás azt mutatja, hogy akik a fizikát és a kémiát szeretik, illetve nagyon szeretik, azok körülbelül azonos arányban készítették az 1., a 2., a 3., az 5., és a 7. válasznak megfelelő rajzot. Ez az 1., 2. és 3. válasz esetében azokra is igaz, akik a természettudományos tárgyakat nem szeretik, illetve nagyon nem szeretik. Pálcikamodellre emlékeztető rajz leggyakrabban a kettes attitűddel rendelkezők között jelenik meg, a töltéssel rendelkező golyók gyakorisága a négyes és kettes attitűddel rendelkezők között egyenlő. Golyócsoportokat a kettes és hármas attitűddel bírók rajzoltak. A különböző méretű részecskéket leggyakrabban azok rajzolták, akik a kémiát és a fizikát nagyon szeretik. A választ nem adók többsége az egyes attitűddel rendelkezők közül került ki. (3. ábra) (A diákok természettudományos tárgyak iránti attitűdjét egy négyfokú skálán értékeltém: 1. nagyon nem szeretem; 2. nem szeretem; 3. szeretem; 4. nagyon szeretem.)



3. ábra

A kérdés második része így hangzott: Milyen anyag van a golyók közötti térben?

A válaszok rendkívül sokfélék voltak. Végül öt csoportba soroltam őket, és betűkkel kódoltam.

A. nincs semmi a részecskék között (néhányan a vákuum, légüres tér kifejezést használták)

B valamilyen gáz van a részecskék között (levegő, oxigén, hidrogén is előfordult, de volt, aki csak ennyit válaszolt: gáz)

C a kristályt alkotó anyag kisebb részecskéi

D valamilyen szilárd anyag van a részecskék között (szennyeződés, ötvözőanyag, grafit, ásványi anyag)

E kötés, elektron, elektromos töltésű tér, inhomogén mező

0 nincs válasz

Akik a B, C, D, E válaszok valamelyikét adták, azok az anyagot folytonosnak gondolják.

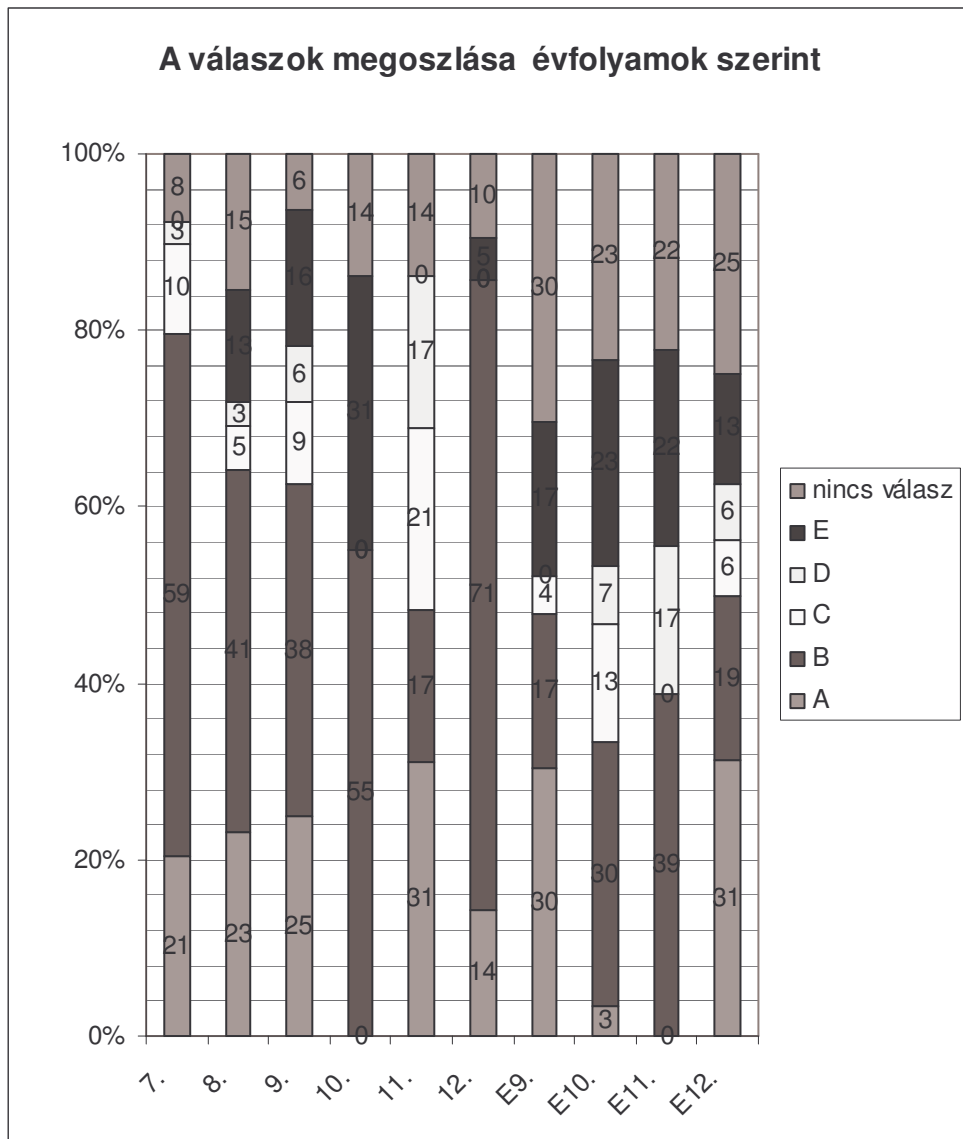
A *válaszok megoszlását* vizsgálva láthatjuk, hogy a válaszadók 40%-a gondolja úgy, hogy a szilárd anyag részecskéi között valamilyen gáz van. 18%-ban érkezett helyes válasz, a tanulók 16%-a nem adott választ, 13%-uk gondolja úgy, hogy a kémiai kötés, 8%-uk, hogy az anyag kisebb részecskéi, 5%-uk, hogy valamilyen más szilárd anyag. (4. ábra)

A *nemenkénti megoszlást* vizsgálva megállapíthatjuk, hogy mindkét nem esetében a B válasz, vagyis a részecskék közötti gáz fordul elő legnagyobb gyakorisággal. A lányok csaknem fele gondolja ezt, míg a fiúknak 30%-a. Helyes választ a lányok 16%-a, a fiúk 20%-a adott. A kötés helyezkedik el a részecskék közötti térben a fiúk 19 és a lányok 8%-a szerint. Az eredeti anyag kisebb részecskéi vannak a golyók közötti térben a fiúk 10 és a lányok 5%-a szerint, míg szilárd anyagot képzelt a részecskék közé a fiúk 7 és a lányok 4%-a. A nem válaszolók aránya a lányok között 18, a fiúk között 14%.



4. ábra

Az *évfolyamok közötti megoszlás* alapján megállapíthatjuk, hogy 10. és esti 11. osztályban egyetlen helyes válasz sem született, és igen minimális, mindössze 3% az aránya esti 10. osztályban, és mindössze 14% nappali 12.-ben. A legtöbb helyes válasz 11., esti 12. és esti 9. osztályban született, 31 illetve 30%-kal. 20% felett volt az A válasz aránya a 9.-esek, 8.-osok és 7.-esek között. Gázt képzelt a részecskék közé a 12.-esek 71%-a, a 7.-esek 59, a 10.-esek 55%-a. Legkevesebben a 11.-esek és az esti 9.-esek közül gondolják ezt. Az eredeti anyag kisebb részecskéit a 11. osztályosok 21%-a, az esti 10.-esek 13%-a, a 7.-esek 10%-a képzeli a részecskék közé. Egyáltalán nem érkezett ilyen válasz 10., 12. és esti 11. osztályban. Szilárd anyag tölti ki a részecskék közötti teret a nappali és esti 11. esek 17%-a szerint, míg 10.-ben, 12.-ben és esti 9.-ben egyáltalán nem jelenik meg ez a válasz. A kötést tekinti a részecskék közötti teret kitöltő anyagnak a 10.-esek 31%-a, a hetedikeseknél nincs ilyen válasz, hiszen ők még nem is tanultak a kötésekről a teszt írása előtt. A legtöbb nem válaszoló az esti tagozaton volt, a 9. osztályban a tanulók 30%-a nem adott választ, de a többi estis évfolyamon is 20% felett volt a nem válaszolók aránya.



A kémiajegyek szerinti megoszlásból látható, hogy az ötösök adtak legnagyobb arányban helyes választ, őket a négyesek, kettesek, hármasok követik. Akik a részecskék közé gáz halmazállapotú anyagot képzelnek, azok a

négyesek 52%-át, az ötösök 48%-át adják, a hármasok, kettesek, egyesek jóval kisebb arányban gondolják ezt. Az eredeti anyag kisebb részecskéit képzeletben a kristályrácsba a hármasok 13 és a kettesek 11%-a, míg a négyesek között ez az arány mindössze 1%. Szilárd anyagot a hármasok 9%-a képzeletben a részecskék közé, a többi osztályzattal rendelkezők ettől kisebb arányban gondolják ezt, az ötösök között pedig senki nincs aki ezt a választ adta. Kötést, mint anyagot, legnagyobb arányban az egyes jeggyel rendelkezők gondolnak a részecskék közé, legkisebb arányban a hármasok között jelenik meg ez az elképzelés. A legtöbben az egyesek közül nem adtak választ, de a négyesek és ötösök között, ahol a választ nem adók aránya a legalacsonyabb volt, is 10%-a a tanulóknak nem tudott a kérdésre válaszolni.

A *fizikajegyek szerinti megoszlásból* látható, hogy legnagyobb arányban az ötösök adtak helyes választ, majd a hármasok, kettesek, négyesek következtek. Az egyesek közül senki sem válaszolt jól. Gáz a négyesek 58%-a képzeletben a részecskék közé, őket az ötösök követik 40%-kal. Legkevesebben a hármasok közül gondolják ezt, de ez közöttük még mindig 31%-ot jelent. Az eredeti anyag kisebb részecskéit legnagyobb arányban az egyesek képzeletben, 14%-ban, a részecskék közé, legkevesebben a négyesek és ötösök közül gondolják ezt, mindössze 4%-uk. Szilárd anyagot legtöbben a kettesek, legkevesebben a négyesek közül gondolnak a részecskék közé, az ötösöknél pedig nem található ilyen válasz. Kötést képzeletben a szilárd anyag részecskéi közé csaknem azonos arányban az ötös, hármas, kettes, egyes fizikajeggyel rendelkezők (16, 15 illetve 14%), míg a négyeseknek 8%-a. A legtöbb nem válaszoló az egyesek közül került ki 29%-kal, az ötösök között csak 4% a nem válaszoló aránya.

Az *attitűd szerinti megoszlásból* megállapíthatjuk, hogy legtöbb helyes válasz (22%-kal) azoktól érkezett, akik a természettudományos tárgyakat szeretik. Őket azok követik, akik ezeket a tantárgyakat egyáltalán nem szeretik (16%-kal), majd 15-15%-kal azok, akik nem szeretik, illetve nagyon szeretik a fizikát és a kémiát. Gázokat legnagyobb arányban azok képzeletben a részecskék közé, akik attitűdjé négyes vagy hármas, legkisebb arányban pedig akiké egyes. Az eredeti anyag kisebb részecskéi az egyes és négyes attitűddel rendelkezők köréből érkezett válaszokban is 9%-ban fordulnak elő, legkevesebb ennek a válasznak az aránya azok között, akiknek attitűdjé hármas. Kötést bármilyen attitűd esetében körülbelül azonos arányban találunk a válaszok között, 12 és 15% között változik az eloszlása. A természettudományos tárgyakat nagyon nem szeretik

negyede nem válaszolt a kérdésre, legtöbben a fizikát és kémiát nagyon szeretők közül adtak választ, csak 9%-uk nem válaszolt.

Összefoglalás, következtetések

A három kérdés válaszainak helyességét elemezve látható, hogy a legnagyobb arányban a gázokkal kapcsolatos kérdésre kaptunk helyes választ, a szilárd anyagok szerkezetét firtató kérdésre ettől kisebb arányban érkeztek helyes válaszok. Legrosszabb eredmény a száraz és vízgőzzel telített levegő részecskeszámának és tömegének összehasonlításakor született. Egyetlen válaszadó sem adott helyes választ és indoklást a két részkérdésre együttesen. (A gázokkal és folyadékokkal kapcsolatos tanulói elképzelésekről végzett felmérésünk eredményei A Kémia Tanítása című folyóirat XIV. évfolyamának 1. és 4. számában kerültek publikálásra.)

Ennek alapján megállapíthatjuk, hogy a gázok szerkezete estében fogadják el leginkább a tudományok álláspontját a tanulók. Ettől rosszabb a helyzet a szilárd anyagok szerkezetének megértésében. Az igazi nehézséget pedig annak megértése jelenti, hogy a folyadékok részecskékből épülnek fel, és ezek nem a folyadék cseppjei.

Megállapíthatjuk azt is, hogy egy-egy válasz megadása általában nem okoz problémát, a diákoknak vannak elképzeléseik a természet jelenségeiről, az igazi gond akkor jelentkezik, ha elképzeléseiket magyarázni kell. Igen sok esetben fordult elő, hogy válaszukat a jelenség újbóli leírásával magyarázták, vagy meg sem próbálkoztak a magyarázattal.

A nemek szerinti megoszlások alapján megállapítható, hogy nincsenek kifejezetten férfias vagy nőies tévképzetek, és a helyes válaszok sem születnek jobb arányban valamelyik nemnél.

Az évfolyamonkénti megoszlásokból megállapíthatjuk, hogy azokban az osztályokban, amelyek aktuális tananyagként tanulják az anyagszerkezetet, általában több jó válasz született. Meglepő, hogy miután a kémia tanulását befejezik a diákok, félredobják a tanultakat, és visszatérnek saját naiv elképzelésekhez. Tehát az iskolának tanulnak, azért, hogy jobb jegyet kapjanak, és nem azért, mert hasznosnak érzik mindennapi életükben a megtanulandó ismereteket. (Az is igaz, hogy legtöbben láthatóan nem is keresik az összefüggéseket a hétköznapi tapasztalat és a tananyag között.) Itt megfigyelhetjük azt is, hogy a tanítás a gyerekekben újabb tévképzetek kialakulását is okozhatja. A hetedikesek közül még senki nem gondolta, hogy a szilárd anyag részecskéi közötti térben elektronok, kötések vagy

elektromos tér volna, hiszen ők ezekről még nem tanultak. Magasabb évfolyamokon viszont, a nappali 11. kivételével, mindenütt megjelent ez az elképzelés, volt, ahol csaknem a válaszok egyharmad részében.

A kémia-és fizikajegyekkel kapcsolatos összefüggés meglepett. Azt tapasztaltam, minél távolabb áll a kérdésfeltevés módja az iskolában megszokottól, minél erősebben kell alkalmazni és nem visszamondani a megtanult ismereteket, annál rosszabb az ötösök, de főleg a négyesek teljesítménye. A gázok térkitöltésével kapcsolatos feladatban, ami a tanórán ehhez hasonló kontextusban előfordul, az osztályzat csökkenésével csökkent a helyes válaszok aránya. Ellenben a különböző nedvességtartalmú levegőben lévő részecskék számának és tömegének összehasonlításakor a legnagyobb arányban a kettesek adtak olyan választ, ami elfogadható, az ötösöktől egyetlen helyes válasz sem érkezett. A válaszolási hajlandóságban viszont vezetnek az ötös és négyes osztályzattal rendelkezők.

Sajnos az attitűd szerinti megoszlásokból sem tudunk olyan következtetéseket levonni, hogy akik szeretik a természettudományos tárgyakat, azok biztosan nagyobb arányban adnak helyes válaszokat. Itt is azt láthatjuk inkább, hogy a két középső kategóriába tartozók (kettes és hármas attitűd) adtak nagyobb arányban jó válaszokat.

A tapasztalatok összegyűjtése után megválaszolásra vár még a legfontosabb kérdés. Hogyan tanítsunk úgy, hogy a meglévő naiv elméleteket a diákok többsége a tudomány által elfogadott nézetekre cserélje, és közben ne idézzük elő újabb tévképzetek kialakulását? A gyerekek meglévő elképzeléseit úgy ismerhetjük meg legjobban, ha egy-egy témakör megkezdése előtt beszélgetünk velük, kérdéseket teszünk fel a tananyagban található problémákkal kapcsolatban, és megpróbálunk a számukra is elfogadható módon rámutatni, milyen hiányosságai vannak elméleteiknek. Szintén hasznos lehet, ha a tanítási órákon engedjük kérdezni tanítványainkat, kérdésfeltevésük alapján talán sikerül felismerni és háttérbe szorítani újonnan kibontakozó téveszméiket. Gondolkodtató szorgalmi feladatok feladásával olyan helyzetbe hozhatjuk őket, melyben a tanultakat alkalmazniuk kell, a jutalom ötösök és dicséretük pedig kellő motivációt adnak majd a pluszmunka elvégzéséhez. Tanulságos lehet a tudománytörténetben végbement változások ismerete, így a gyerekek saját elképzeléseiket felismerhetik egy-egy már megdöntött elméletben.

Irodalomjegyzék

Korom Erzsébet (1997): Naiv elméletek és tévképzetek a természettudományos fogalmak tanulásakor Magyar Pedagógia 1997. 1. szám 19-40. oldal

Korom Erzsébet-Csapó Benő (1997): A természettudományos fogalmak megértésének problémái Iskolakultúra 1997. 2. szám 12-20. oldal

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

Korom Erzsébet (1998): Az iskolai tudás és a hétköznapi tapasztalat ellentmondásai: természettudományos tévképzetek in. Csapó Benő szerk. Az iskolai tudás Osiris kiadó 139-167. oldal

Korom Erzsébet (2000): A fogalmi váltás elméletei Magyar Pszichológiai Szemle 2000. 2-3. szám 179-205. oldal

Radnóti Katalin (2002): Az anyag atomos szemléletének kialakítása Módszertani Lapok – Kémia 9. évfolyam 2. szám 3-10. oldal

Radnóti Katalin (2002): Újszerű módszerek a kémia tanításában Módszertani Lapok – Kémia 9. évfolyam 3. szám 1-12. oldal

Radnóti Katalin (2003): Előismeretek a kémia eredményes tanulásához Módszertani Lapok – Kémia 10. évfolyam 1-2. szám 7-33. oldal

Korom Erzsébet (2003): A fogalmi váltás kutatása; Az anyagszerkezeti ismeretek változása 12-18 éves korban Iskolakultúra 2003. 8. szám 84-94. oldal

Tóth Zoltán (2004): Az anyag részecskemodelljével kapcsolatos tanulói elképzelések Középiskolai Kémiai Lapok 2004. 1. szám 84-90. oldal