

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: tothzoltandr@yahoo.com, Telefon: 06 30 313 9753.

Sebestyén Annamária - Dr. Tóth Zoltán

Képlettel vagy következtetéssel?

Bevezetés

A kémia legtöbb témakörénél sor kerül összefüggések, törvényszerűségek olyan szintű tárgyalására, amelyhez numerikus feladatokra is szükség van. Egy-egy összefüggés vagy fogalom egyszerű számpélda segítségével tehető konkrétabbá. A kémiai ismeretek elsajátításában központi szerepe van a mennyiségek közötti kapcsolatok felismerésének, mely nélkülözhetetlen a feladatok megoldásához. A feladatmegoldás fő nehézségét ugyanis nem a számolási készség hiánya okozza, hanem az éppen szükséges kémiai fogalom vagy szabály, valamint a numerikus művelet és a kémiai tartalom összekapcsolásának bizonytalan ismerete.

Gyakran van szó olyan kémiai problémákról, amely megoldásához matematikai ismeretet kell felhasználni. Ezek közé tartozik az

arányosság. A problémamegoldásban gyakran találkozunk olyan feladatokkal, amelyek az egyenes arányosságon alapulnak. Pl.: koncentrációsámítás, moláris mennyiségekkel való számolás, összetétel-vizsgálat. Két változó mennyiség között az egyenes arányosság fejezi ki a lehető legegyszerűbb kapcsolatot, amelyet a természettudományok függvénykapcsolatként definiálnak.

Szakirodalmi áttekintés

Korábbi vizsgálatokból kiderült, hogy az egyenes arányosságon alapuló feladatmegoldásnak kétféle módja terjedt el az oktatásban: a képlettel és a következtetéssel (hármasszabállyal) történő számolás. Mielőtt rátérnénk vizsgálatunk eredményére, röviden tekintsük át, mit kell tudni a szóban forgó két módszerről (Zátonyi, 2001).

A képlettel történő feladatmegoldás jellemzői:

- A feladatok képlet alkalmazásával történő megoldásához a kémiai mennyiségeknek olyan meghatározására van szükség, amelyből direkt módon adódik a mennyiség kiszámításának a módja.
- Igényli a képlet ismeretét.
- Miután a tanuló az adatok kigyűjtésekor a kémiai mennyiségeket „átkódolta” a megfelelő kémiai jelekre, a továbbiakban a megoldást a formális műveletek szintjén e jelekkel végzi. Csak a válaszáshoz kell visszatérnie a szavakkal történő megfogalmazáshoz.
- A feladatok megoldására a megadott mennyiségek közvetlen behelyettesítése után kerülhet sor, nincs szükség az egyes adatok ismételt újraértelmezésére.
- A tanulóknak elég egyetlen alapösszefüggést (alapképletet) ismernie a képletben szereplő bármelyik mennyiség kiszámításához. Ha szükséges, az összefüggés (egyenlet) két oldalának szorzása, illetve osztása révén juthat el a tanuló ahhoz a formulához, amelyben a keresett mennyiség önmagában áll az egyenlőség egyik oldalán.

- Az azonos típusú feladatokat mindig ugyanazoknak a lépéseknek az alkalmazásával tudja megoldani a tanuló. A feladatmegoldás algoritmizálható. Így hamar kialakulhatnak a tanulóban a feladatok megoldásához kapcsolódó képességek és készségek, amelyek jó megalapozást nyújtanak az összetettebb kémiai feladatok megoldásában is. (Zátonyi, 2001)
- Rövidebb időt vesz igénybe, mint a következtetéssel történő feladatmegoldás.
- Elősegíti a fejben történő számolást.
- A lépések kellő tudatosítása, rögzítése esetén a gyengébb előmenetelű tanulók is eredményesen tudják alkalmazni a képleteket a feladatok megoldásában.
- Ez az előny azonban könnyen a „visszajára” fordulhat. Ha ugyanis a tanulók csak mechanikusan keresik a feladat szövegéből az adatokat, s azokat behelyettesítve, kémiai tartalom elemzése nélkül jutnak el a végeredményhez, könnyen formálissá válhat a feladatmegoldás.

A következtetéssel történő számolás sajátosságai:

- A feladatok következtetéssel történő megoldásához a kémiai mennyiségek olyan értelmezésére van szükség, amely tudatosítja a tanulóban, hogy mekkora az egységnyi mennyiség.
- A feladatban megadott mennyiségek kigyűjtése után ebből az értelmezésből kiindulva a tanulóknak kell összehasonlítani az egységnyi mennyiséget a megadott mennyiségekkel.
- A tanulók újraértelmezik a kiindulásul szolgáló mennyiségeket, ezáltal mélyül, szilárdul e fogalmak kémiai tartalma, fejlődik a tanulók gondolkodása.
- A következtetést szavakkal és nem absztrakt jelekkel kell elvégezni.
- Ugyanakkor sok lépés megtételére van szükség, s minden egyes lépés hibaforrást jelenthet a tanuló számára.
- Viszonylag sok az írnivaló is, ha azt akarjuk, hogy világosan tükröződjék a gondolatmenet.

- Az adatok kigyűjtését célszerű a kémiai jelek alkalmazásával végezni. Ehhez a tanulóknak „át kell kódolniuk” a feladat szövegében lévő mennyiségeket a megfelelő kémiai jelekre. A megoldásban azonban e jelek nem kerülnek felhasználásra.
- Több ízben mértékegységet kell váltania a tanulóknak.
- Nehéz a feladatmegoldással kapcsolatos készségek kialakítása, mivel a megoldás során ismételt újabb értelmezés szükséges.
- A későbbi tanulmányok során számos olyan összefüggést ismernek meg a tanulók, amellyel kapcsolatban a feladatmegoldás során nem alkalmazható a következtetés.

Megjegyezzük, hogy az előbbi két módszer mellett - elsősorban az Amerikai Egyesült Államokban - használják az ún. dimenzióanalízissel történő számolást is (Tóth, 2000), amely a képlettel és a következtetéssel való számolás sajátos keveréke. A közelmúltban láttott napvilágot egy olyan algoritmus (az ún. LEGO[®]-elv), amely kifejezetten a képlettel való számolásra épül (Molnár és Molnárné, 2005, 2006).

Korábbi kutatások szerint a tanulók elsősorban a képlettel való számolást használják.

Egy százalékszámításos feladatokat tartalmazó vizsgálatban is a képlettel történő számolás bizonyult a leggyakoribbnak, ugyanakkor nem volt lényeges különbség a két módszer között a számolás eredményességét illetően (Tóth, 2002).

Egy másik felmérés három eltérő jellegű numerikus feladatot tartalmazott. Az első, hétköznapi problémát tartalmazó példával matematika órán találkozhattak a tanulók. A második feladat tipikusan fizikai feladat volt, míg a harmadik a kémia tárgykörébe tartozott némi fizikával fűszerezve. A harmadik feladat esetében a felmérést végző külön választotta a vizsgálat során az első lépésben megoldandó fizikai jellegű problémát a második lépésben kiszámítandó kémiai jellegű résztől. A fizikai jellegű feladatok megoldásakor a legtöbb tanuló képlettel számolt. A kémiai típusú probléma

megoldásában is nagymérvű képletalkalmazás volt tapasztalható a következtetéssel szemben. (Szakálas Viktória, 1998)

A két számítási módszer előfordulása a kémia tankönyvekben és példatárakban

Megvizsgáltuk, hogy a Magyarországon használt kémia tankönyvekben milyen gyakorisággal és milyen feladattípusok esetén szerepelnek a felmérésünkben szereplő kémiai problémák. Ezenkívül igyekeztünk minél több tankönyvet áttanulmányozni abból a szempontból, hogy a számítási feladatok megoldásának milyen „kapuit” nyitják meg a diákok előtt.

A vizsgálat során 45 tankönyvet vettünk szemügyre, amely a 7-11. évfolyamig terjedő kötetek mindegyikét tartalmazta.

A könyvek felében egyáltalán nem szerepelnek az általunk vizsgált kémiai problémák. Öt könyv csak elméleti síkon tárgyalja ezeket a fogalmakat. A megoldási módszereket is tartalmazó 18 könyvben sem szerepel a disszociációfok és a molalitás fogalma. A többi összefüggés is csak szinte kizárólag az oldatok tanítása során kerül elő.

A tankönyvek 39%-a a képlettel, 22%-a a következtetéssel és 39%-a mindkét módszerrel történő számolást bemutatja. Leggyakrabban a tömegszázalék számításának tanítása, amely szinte minden esetben szerepel. Egy, csak számolási példákat tartalmazó feladatgyűjteményben (Villányi: Ötösöm lesz kémiából) is mindössze az anyagmennyiség témakörénél találkozunk mindkét módszer bemutatásával. Itt is csak kb. 10% arányban. A többi esetben kizárólag a képlet alkalmazása dominál.

A kutatás célja

Kutatásunk során a következő kérdésekre kerestük a választ:

1. A két módszer közül melyikkel dolgoznak az elsőéves egyetemisták a sikeres feladatmegoldás érdekében?

2. Kimutatható-e összefüggés a feladatok megoldása során alkalmazott módszer és az eredményesség között?
3. A módszer megválasztása függ-e attól, hogy mennyire összetett a feladat, azaz, hogy a feladat egylépéses, vagy csak több lépés kombinálásával lehet eljutni az eredményhez?

A kutatás módszerei és eszköze

Kutatásunkhoz írásbeli feladatokat használtunk. A feladatokat úgy válogattuk össze, hogy azok megoldásából, a kitűzött célnak megfelelően következtetni lehessen az arányosság felismerésére, az összefüggések, képletek értelemszerű használatára, a megoldási módszerre. A feladatsor egy bonyolultabb, ötlépéses példa kivételével egylépéses feladatokat tartalmazott.

A felmérést zömében I. éves kémia tanár és vegyész hallgatók körében végeztük a Debreceni Egyetemen, akik a feladatlap megírásának fél évében egyetemi kurzus keretében találkoztak ilyen jellegű feladatokkal. Az egylépéses feladatokat (1-13. feladatok) 42, az összetett feladatot (14. feladat) 106 egyetemista oldotta meg. Az egylépéses és az összetett feladatok megírására különböző időpontban került sor. Így összesen mindössze 38 hallgató volt, aki mind a 14 feladattal találkozott. A feladatlapok három variációban készültek, de az egyes variánsok megfelelő feladatai csak az adatokban tértek el egymástól, ezért itt csak az egyik változatot mutatjuk be.

A feladatok:

1. Mennyi a tömege $7,00 \text{ cm}^3$ higanynak, ha a sűrűsége $13,6 \text{ g/cm}^3$?
2. Mennyi az anyagmennyisége 800 g kalcium-karbonátnak, ha CaCO_3 moláris tömege 100 g/mol ?
3. Hány molekulát tartalmaz $4,40 \text{ mol}$ etil-alkohol? ($N_A = 6,0 \cdot 10^{23} \text{ 1/mol}$)
4. Mennyi az anyagmennyisége $38,2 \text{ dm}^3$ standardállapotú gáznak? ($V_m = 24,5 \text{ dm}^3/\text{mol}$)

5. A bauxit tömegének 60%-a alumínium. Hány kg bauxit tartalmaz 120 kg alumíniumot?
6. Egy alkohol-víz elegy 400 cm³-ében 50 cm³ alkohol van. Mennyi az elegy V/V%-os alkoholtartalma?
7. Hány mol konyhasó van abban az oldatban, amelynek konyhasótartalma 45,0 n/n%, és az oldat anyagmennyisége 70,0 mol?
8. Egy anyag disszociációjának mértéke (disszociációfoka) 0,34. Hány mol anyagból indultunk ki, ha 30,6 mol anyag disszociált?
9. Mennyi a tömeghányada annak az oldatnak, amelynek 300 g-jában 45,0 g oldott anyag van?
10. A durranógázban az oxigén móltörtje 0,434. Hány mol oxigént tartalmaz 0,0736 mol durranógáz?
11. Egy oldat 1,80 mol/dm³ koncentrációjú az oldott anyagra nézve. Hány mol oldott anyagot tartalmaz az oldat 0,400 dm³-e?
12. A 16,0 g/dm³ tömegkoncentrációjú oldatnak milyen térfogata tartalmaz 6,00 g oldott anyagot?
13. Hány mol cukrot tartalmaz a 0,730 mol/kg molalitású cukoroldatban lévő 0,500 kg víz?
14. Mekkora térfogatú, 5,00 m/m%-os, 1,04 g/cm³ sűrűségű ezüst-nitrát szükséges ahhoz, hogy 50,0 g tömegű ezüst-kloridot állítsunk elő a következő reakcióegyenlet szerint?

$$\text{AgNO}_3 + \text{NaCl} = \text{AgCl} + \text{NaNO}_3$$

Eredmények és értékelésük

Az 1. táblázat és az 1. ábra foglalja össze a hallgatók megoszlását az egy lépéses feladatok (1-13. feladatok) esetén a megoldási módszer és az eredményesség szerint. Az adatok statisztikai elemzése alapján megállapítható, hogy a felmérésben szereplő 13 mennyiség számítására a hallgatók elsősorban képleteket használtak. Mindössze egy esetben (tömegszázalék számítása – 5. feladat) találtuk a következtetéssel való számítást gyakoribbnak, mint a képlet használatát, és egy esetben (térfogatszázalék számítása – 6. feladat)

bizonyult a kétféle módszer egyenrangúnak az alkalmazás gyakoriságát tekintve.

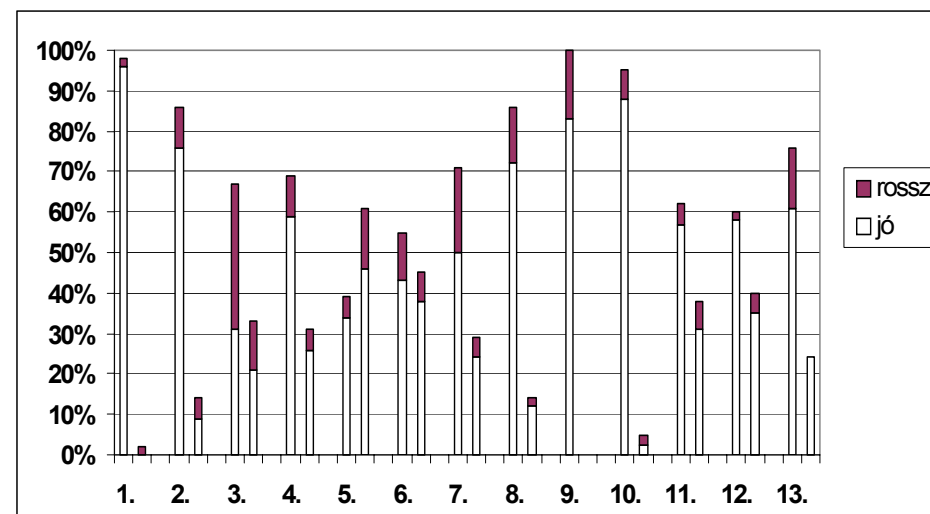
1. táblázat. Az egy lépéses feladatok megoldásának eredményei a kétféle módszer figyelembevételével. (A táblázatban lévő számok a hallgatók számát jelentik.)

Sűrűség (1.)	Képlettel (41)	Következtetéssel (1)
Jó (40)	40	0
Rossz (2)	1	1
Anyagmennyiség (2.) (tömegből)	Képlettel (36)	Következtetéssel (6)
Jó (36)	32	4
Rossz (6)	4	2
Anyagmennyiség (3.) (részecskeszámából)	Képlettel (28)	Következtetéssel (14)
Jó (22)	13	9
Rossz (22)	15	5
Anyagmennyiség (4.) (térfogatból)	Képlettel (29)	Következtetéssel (13)
Jó (36)	25	11
Rossz (6)	4	2
Tömegszázalék (5.)	Képlettel (16)	Következtetéssel (25)
Jó (33)	14	19
Rossz (9)	2	6
Térfogatszázalék (6.)	Képlettel (22)	Következtetéssel (18)
Jó (32)	17	15
Rossz (8)	5	3
Mólszázalék (7.)	Képlettel (30)	Következtetéssel (12)
Jó (31)	21	10
Rossz (11)	9	2
Disszociációfok (8.)	Képlettel (36)	Következtetéssel (6)
Jó (35)	30	5
Rossz (7)	6	1

Tömegtört (9.)	Képlettel (42)	Következtetéssel (0)
<i>Jó (35)</i>	35	0
<i>Rossz (7)</i>	7	0
Móltört (10.)	Képlettel (40)	Következtetéssel (2)
<i>Jó (38)</i>	37	1
<i>Rossz (4)</i>	3	1
Mólkonzentráció (11.)	Képlettel (26)	Következtetéssel (16)
<i>Jó (37)</i>	24	13
<i>Rossz (5)</i>	2	3
Tömegkonzentráció (12.)	Képlettel (25)	Következtetéssel (17)
<i>Jó (39)</i>	24	15
<i>Rossz (3)</i>	1	2
Molalitás (13.)	Képlettel (31)	Következtetéssel (10)
<i>Jó (35)</i>	25	10
<i>Rossz (6)</i>	6	0

A kétféle módszer eredményességét tekintve mindössze négy esetben találtunk szignifikáns különbséget a χ^2 -próba alapján. Mind a négy esetben (sűrűség számítása – 1. feladat; anyagmennyiség számítása térfogathoz – 4. feladat; tömegtört számítása – 9. feladat és móltört számítása – 10. feladat) a képlettel való számolás bizonyult szignifikánsan eredményesebbnek.

A 2. táblázatban az egy lépésben megoldható feladatok módszer szerinti eredményességét foglaltuk össze. A χ^2 -próba alapján megállapítható, hogy nincs szignifikáns különbség a kétféle módszer között a megoldás eredményességének tekintetében.



1. ábra. A jól és rosszul válaszoló tanulók %-ban megadott aránya az egylépéses feladatok esetén a kétféle stratégia figyelembevételével. (Az oszlopok alatt lévő számok a feladatok sorszámát jelölik. Az első oszlopban a képlettel, a második oszlopban a következtetéssel történő számolás eredményei láthatók.)

2. táblázat. A 13 egylépéses feladat megoldásának eredményességét és az alkalmazott megoldási módszert bemutató kontingencia-táblázat. (A táblázatban lévő számok a hallgatók számát jelentik.)

1-13. feladatok	Jó megoldás (449)	Rossz megoldás (93)
Képlettel (402)	337	65
Következtetéssel (140)	112	28

Az összetett, ötlépéses (14. feladat) részlépéseire vonatkozó adatokat a 3. táblázat és a 2. ábra mutatja. Látható, hogy az egylépéses feladatoknál tapasztaltnál hasonlóan, a tömegszázalékkal (14/D) és a sűrűséggel (14/E) kapcsolatos számításra ebben az esetben is elsősorban következtetést (tömegszázalék), illetve képletet

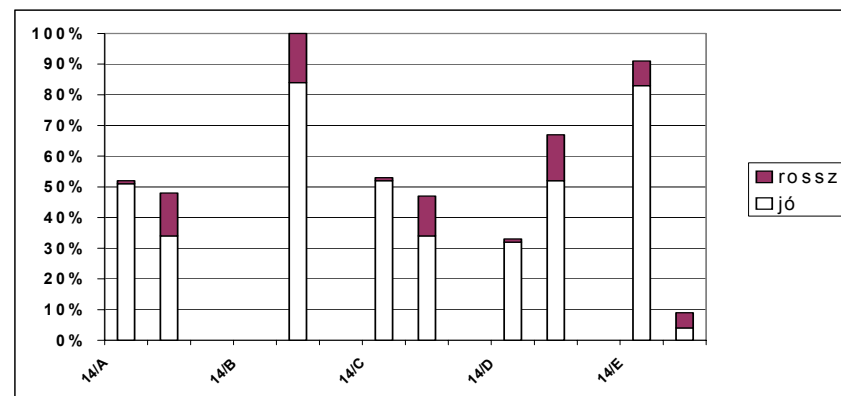
(sűrűség) használtak a hallgatók. Meglepő viszont, hogy a tömeg-anyagmennyiség átszámításra (14/A, 14/C) a korábban tapasztalt képlettel való számolás mellett összemérhető hányadban használtak a hallgatók következtetést is. Ugyanakkor mind a négy említett esetben a képlettel való számolás bizonyult eredményesebbnek.

3. táblázat. Az ötlépéses feladat részlépései megoldásának eredménye a kétféle módszer esetén. (A táblázatban lévő számok a hallgatók számát jelentik.)

Anyagmennyiség (14/A) (tömegből)	Képlettel (50)	Következtetéssel (47)
Jó (82)	49	33
Rossz (15)	1	14
Következtetés reakció- egyenlet alapján (14/B)	Képlettel (0)	Következtetéssel (97)
Jó (81)	0	81
Rossz (16)	0	16
Tömeg (14/C) (anyagmennyiségből)	Képlettel (48)	Következtetéssel (43)
Jó (78)	47	31
Rossz (13)	1	12
Tömegszázalék (14/D)	Képlettel (30)	Következtetéssel (60)
Jó (76)	29	47
Rossz (14)	1	13
Térfogat (14/E) (sűrűségből)	Képlettel (88)	Következtetéssel (9)
Jó (84)	80	4
Rossz (13)	8	5

A továbbiakban megvizsgáltuk, hogy a feladat összetettsége befolyásolja-e az összetett feladat négy vizsgált elemének megoldási módszerét. A 4. táblázatban az egyes részlépésekre és a nekik megfelelő egylépéses feladatokra vonatkozó adatok találhatók ugyanazon hallgatók esetén. Ebben az összehasonlításban csak a

módszer szerint tettünk különbséget a megoldások között, az eredményességre nem voltunk tekintettel.



2. ábra. A jól és rosszul válaszoló tanulók %-ban megadott aránya az ötlépéses feladat részfeladatainak megoldása esetén a kétféle stratégia figyelembevételével. (Az oszlopok alatt lévő megjegyzések a 14. feladat részlépéseire utalnak. Az első oszlopban a képlettel, a második oszlopban a következtetéssel történő számolás eredményei láthatók.)

A 4. táblázat adatainak statisztikai értékelése megerősíti az összetett feladat esetén írottakat, minthogy szignifikáns különbséget tapasztaltunk a feladat összetettségétől függően az anyagmennyiség – tömeg kapcsolatán alapuló számítás módszerében. Míg az egylépéses feladatok esetén a képlettel való számolás volt a jellemző, az összetett feladat megoldása során nagyjából azonos gyakorisággal használtak a hallgatók képletet, illetve következtetést. Ezek az eredmények tehát azt jelzik, hogy a számítási módszer megválasztása bizonyos esetekben függ a feladat összetettségétől is.

A megoldási módszereknek a feladat jellegétől függő használata, variálása fontos ismérve a jó feladatmegoldók gondolkodásának. A párhuzamos feladatmegoldási módszerek tanításának pontosan az

a célja, hogy a tanulóknak kifejlesszük azt a metakognitív képességet és gondolkodási flexibilitást, hogy mindig a feladat jellegének megfelelő megoldási módszert használják. Egyetlen megoldási módszer (algoritmus) használata hozhat ugyan rövid távú eredményeket, de hosszabb távon nem szolgálja a problémamegoldásban alapvető stratégiaváltás képességének kifejlődését.

4. táblázat. Az ötlépéses feladat részlépései és a megfelelő egylépéses feladat megoldására használt módszerek összehasonlító adatai. (A táblázatban lévő számok a hallgatók számát jelentik.)

Anyagmennyiség - tömeg	Képlettel (51)	Következtetéssel (20)
2. feladat (38)	33	5
14/A részfeladat (33)	8	15
Anyagmennyiség - tömeg	Képlettel (49)	Következtetéssel (22)
2. feladat (38)	33	5
14/C részfeladat (33)	16	17
Tömegszázalék	Képlettel (26)	Következtetéssel (42)
5. feladat (38)	16	22
14/D részfeladat (30)	10	20
Sűrűség	Képlettel (69)	Következtetéssel (1)
1. feladat (38)	37	1
14/E részfeladat (32)	32	0

Következtetések

A kutatás elvégzése után a következő megállapításokat tehetjük:

1. Az elsőéves egyetemisták az egyszerű, arányosságon alapuló problémák megoldására elsősorban a képlettel való számolást használják. Kiugróan jellemző ez a módszer a sűrűség, az anyagmennyiség (tömegből), a disszociációfok, a tömeghány, a móltört és a molalitás számolása esetén. A következtetéssel történő számolás részaránya egyedül a tömegszázalék számításánál

haladja meg a képlettel való számolását, és nagyjából egyforma a két módszer előfordulásának gyakorisága a térfogatszázalék esetén.

2. Bár néhány esetben (sűrűség számítása, anyagmennyiség-térfogat kapcsolata, tömeghány és móltört számítása) a képlettel történő számítás szignifikánsan eredményesebbnek bizonyult, mint a következtetéssel való számolás, a vizsgált feladatok egészére vonatkozóan nem találtunk szignifikáns különbséget a két módszer között az eredményesség tekintetében.
3. Eddigi eredményeink alapján úgy tűnik, hogy a módszer megválasztása bizonyos esetekben (pl. anyagmennyiség-tömeg kapcsolata) függ attól, hogy mennyire összetett a feladat. Ennek a kérdésnek a megnyugtató megválaszolása azonban még további vizsgálatokat igényel.

Irodalom

Molnár József, Molnárné Hamvas Livia (2005): A LEGO®-elvről diákoknak. Középiskolai Kémiai Lapok, 32. évfolyam, 4. szám, 329. oldal.

Molnár József, Molnárné Hamvas Livia (2006): Kémiai számítások a LEGO®-elv alapján, A Kémia Tanítása, 14. évfolyam, 1. szám, 6. oldal.

Szakálas Viktória (1998): A tanulók módszerei az egyenes arányosságon alapuló numerikus problémák megoldásában. Szakdolgozat, Kossuth Lajos Tudományegyetem, Kémia Szakmódszertani Részleg, Debrecen, 1998.

Tóth Zoltán (2000): Kémiai számítások dimenzióanalízissel. A Kémia Tanítása, 8. évfolyam, 1. szám, 23. oldal.

Tóth Zoltán (2002): Tanulói stratégiákon alapuló feladatmegoldás kémiaórán: Százalékszámítás. Poszter a XX. Országos Kémia Tanári Konferencián, Eger.

Zátonyi Sándor (2001): Képességfejlesztő fizikatanítás. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 152–157. oldal.