

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 30 313 9753.

Kiss Edina - Dr. Tóth Zoltán

A tanulók anyagmennyiséggel kapcsolatos fogalmi megértése és fejlődése

Bevezetés

Az anyagmennyiség fogalmát más alapfogalmakkal együtt a kémia oktatásának elején vezetik be, az általános iskola 7. évfolyamán. Ismerete elengedhetetlen a kémiai számítások és az egyenletek felírása során. A tapasztalat azonban azt mutatja, hogy a tanulók e két témától idegenkednek a legjobban. Ha megkérdezzük őket, hogy mit nem szeretnek a kémiában, akkor biztosak lehetünk, hogy zömmel a számítási feladatokat és a reakcióegyenleteket fogják megemlíteni. Joggal vetődik fel a kérdés, hogy mi lehet ennek az oka. A matematikai felkészültség mellett az anyagmennyiség fogalmának megfelelő értelmezése is hiányozhat. Vizsgálatunk tárgya ezért a tanulók anyagmennyiséggel kapcsolatos fogalmi megértése és fejlődése.

Nemzetközi eredmények

Nemzetközi szinten már több évtizede foglalkoznak ezzel a témával, és a tapasztalat szerint sokszor nem csak a tanulóknak, de a tanároknak is gondot okoz az anyagmennyiség fogalmának megfelelő értelmezése. Ezt támasztja alá egy svéd kutatás (*Strömdahl és mtsai, 1994*), amely során interjúkat végeztek tanárokkal, akiket arra kértek, mondják el, mit jelent számukra az „1 mol”. A válaszokat a következő 4 kategóriába sorolták be:

1. Egy mól az anyagnak egy adagja.
2. Egy mól az az elemi egység (entitás), mely meghatározott tömeget jelent.
3. Egy mól megegyezik az Avogadro számmal.
4. A mól az anyagmennyiségnek, mint fizikai mennyiségnek a mértékegysége.

Megállapítható, hogy az első három definíció a mól fogalmának egy korábbi történeti megfogalmazásával hozható összefüggésbe, és csak a negyedik van összhangban a mai, SI definícióval. Bár az első három megközelítés makroszintű, ennek ellenére a tanárok gyakran használnak részecske szintű analógiákat és példákat a megértés elősegítésére az oktatás során. A kutatás alátámasztja azt a tényt, hogy a tanárok anyagmennyiségről alkotott saját elképzelése nagymértékben befolyásolja azt a tanítási módot, ahogy a tanulóknak bevezetik és megtanítják a fogalmat. Nem csodálkozhatunk tehát azon, ha a tanulók is meglehetősen zavarosnak ítélik ezt a fogalmat. Mindemellett a vizsgálat arra is rávilágított, hogy a tanulók egyáltalán nem látják az összefüggést az anyagmennyiség és más tudományos fogalmak között.

Természetesen a tanár előadása mellett fontos szerepet tölt be a tankönyv is. Egy olasz kutatócsoport (*Cervellati és mtsai, 1982*) ezért tankönyvelemzést is végzett, mielőtt középiskolások elképzeléseit vizsgálta az anyagmennyiség fogalmával kapcsolatban. A kutatás elsősorban azért érdekes, mert több mint 20 éves, és így egészen korai tankönyvek is görcső alá kerültek. Ez azt jelenti, hogy a tankönyvek segítségével tulajdonképpen nyomon követhették a mól fogalmának fejlődését.

A definíciók között először a gramm-atom-, illetve gramm-molekula-súly jelent meg. Később a mólból egység lett, amelyet először még nem, majd hozzákapcsoltak az Avogadro számhoz. Majd a gramm-atom- és gramm-molekula-súly fogalmak el is tűnnek a tankönyvekből. Azaz annak is megvan az oka, hogy a tanárok miért vélekednek másképp

az anyagmennyiségről, mint ahogy azt az SI szerint elvárható. (A tanárok idősebb nemzedéke még nem az 1971-ben elfogadott definíciót tanulta az iskolában.)

A vizsgálat során az is kiderült, hogy az Avogadro-szám bevezetésére és használatára vonatkozólag négyféle módot különböztettek meg, amelyekből kettő uralkodott a könyvekben. Az egyik szerint csak megemlítik az Avogadro-szám értékét, míg a másik szerint a gázok moláris térfogatával kapcsolatban számolnak vele.

A mólt kétféleképpen használják: vagy „részecske-számlálóként” vagy sztöchiometriai magyarázatokban, beleértve az oldatok koncentrációját is.

Egy másik tankönyvelemzést azért találunk fontosnak bemutatni, mert itt már főiskolai könyvek is bekerültek a mintába, és a közelmúltra tehető (*Staver és Lumpe, 1993*). A kutatási kérdések hasonlóak voltak, annyiban nyújt többet, hogy itt nagyobb hangsúlyt fektettek a szövegkörnyezetre. Nézzük a tartalmi elemzés eredményét!

1. Kétféle definíció jelenik meg a tankönyvekben. Az egyik a részecske-számmal hozza összefüggésbe a mól fogalmát, míg a másikban a 12-es tömegszámú szénizotóppal.

Ez a két definíció jelenik meg a magyar tankönyvekben is, ahogy azt később bemutatjuk.

2. Minden olyan tankönyv, amely a definícióban felhasználja a C-12-t, előzőleg bevezeti az atommal kapcsolatos fogalmakat.
3. A legtöbb tankönyv, mindkét oktatói szinten bemutatja, hogy az Avogadro-állandó egy kísérletileg meghatározott mennyiség.
4. Majdnem minden tankönyv azzal a problémával hozza összefüggésbe a mól bevezetését, hogy hogyan számolhatjuk meg azokat a részecskéket, melyek túl kicsik ahhoz, hogy tömegük mérhető legyen. A tankönyvek nagy része a tucatot használja analóg példaként a mól bevezetésére.

Nelson (1991) nemes egyszerűséggel csak „elusive”, azaz megfoghatatlan mólnak nevezi az anyagmennyiség mértékegységét, és megfogalmazza a tévképzetek egyik okát. Eszerint nem használhatjuk számoló egységként a mólt úgy, mint a tucatot. Vagyis a tucat mégsem a legjobb analóg példa a szemléltetésre. Nem jó példa, mert a „tucat” és a „darab” - bár mindkettő kifejezi egy halmaz számosságát - nem fizikai mértékegységek. A mól viszont onnantól kezdve, hogy az anyagmennyiség mértékegysége, nem ugyanabban a jelentésében fordul elő a darabszámhoz ké-

pest, mint a tucat. Az más kérdés, hogy 1 mól anyagmennyiséget hogyan definiálunk. Igaz tehát, hogy a tojások száma 2 tucat, ami egyenlő 24 darabbal, de választanunk kell, hogy a részecskék száma $12 \cdot 10^{23}$, vagy az anyagmennyisége 2 mol. A kettő közé nem tehető egyenlőség jel. Az egyik adat a részecskék számát adja meg, míg a másik az anyagmennyiségét.

Nelson a probléma másik okát az anyagmennyiség kifejezés kettős jelentésében látja. Mivel az anyagmennyiségnek már van jelentése általában, ezért a „kémiai anyagmennyiség” kifejezés használatát javasolja helyette. Általában az anyag mennyiségét nem csak mólnak, de kg-ban, literben stb. is megadhatjuk.

Az SI definíció

Ez a közlemény nem lenne teljes, ha nem tartalmazná a hivatalos definíciót, melyet 1971-ben a IUPAP és IUPAC javaslatára fogadtak el (*Riedel, 1990*). Eszerint a korrekt meghatározás, mely két részből áll, a következő:

1. A mól annak a rendszernek az anyagmennyisége, mely annyi elemi egységet tartalmaz, mint ahány atom van 0,012 kg szén-12-ben; jele: „mol”
2. Amikor a mólt használjuk, meg kell határozni az elemi egységet, amely lehet atom, molekula, ion, elektron, egyéb részecskék, vagy ezek meghatározott csoportja.

Vegyük észre, hogy ez nem az anyagmennyiségnek, hanem a mértékegységének, a mólnak a meghatározása! Mindössze egy helyen találtunk kísérletet ténylegesen az anyagmennyiség fogalmának leírására (*Riedel, 1990*), mely szerint: "Az anyagmennyiség független alapmennyiség, amely a részecskék és az átalakulások diszkontinuus voltát és megszámlálhatóságát fejezi ki. Adott anyag anyagmennyisége arányos az elemi egységeinek számával."

Tankönyvi definíciók

Mi is megvizsgáltuk a kutatásban résztvevő minta által leggyakrabban használt kémia tankönyveket, hogy megtudjuk, mikor és hogyan definiálják az anyagmennyiség fogalmát. Azt találtuk, hogy már hetedikben előkerül a fogalom. Ezután nyolcadikban nem, hanem kilencedikben fordul elő újra az általános kémiai fogalmak között. Az anyagmennyiség beveze-

tésének okaként általában arra hivatkoznak, hogy egyetlen részecske tömegét nem lehet megmérni, vagy a kémiai reakciók sem néhány részecske között mennek végbe. Az irodalomból jól ismert definíciókkal találkozunk, amelyek közül az első a fiatalabb korosztály részére érthetőbb, a második azonban nagyobb összhangban van az SI-vel.

Jobban megfigyelve a definíciókat azonban láthatjuk, hogy valójában itt sem az anyagmennyiség, hanem annak mértékegysége van meghatározva.

Def. 1. Az anyagmennyiség mértékegysége a mól. 1 mol annak az anyagnak az anyagmennyisége, amely $6 \cdot 10^{23}$ db részecskét tartalmaz.

Def. 2. Az anyagmennyiség mértékegységét, a mólt, a szén-12 izotópra vonatkoztatják. 1 mol annak a rendszernek az anyagmennyisége, amely annyi elemi egységet tartalmaz, mint ahány atom van 0,012 kg szén-12-ben.

Kutatási kérdések

Vizsgálatunk kutatási kérdései a következők voltak:

1. Ismerik-e a tanulók az anyagmennyiség fogalmát, vannak-e tévképzeik vele kapcsolatban?
2. Hogyan (milyen analóg példákon keresztül) érzékelik, hogy milyen nagy szám az Avogadro-állandó?
3. Tudják-e, hogy miért vezették be az anyagmennyiséget?
4. Tisztában vannak-e az anyagmennyiség és a relatív atomtömeg kapcsolatával?
5. Tudják-e megfelelően használni az anyagmennyiséget a különböző sztöchiometriai problémák megoldásában?

A kutatás módszere

Kutatásunk során írásbeli felmérő lapokat használtunk. A felmérőlap 12 feladatot tartalmazott, különböző oldalról vizsgálva a tanulók ismereteit. Az első feladatban definiálniuk kellett az anyagmennyiség fogalmát, majd további kérdések segítségével próbáltunk meggyőződni arról, hogy a diákok tisztában vannak-e az anyagmennyiség bevezetésének gyakorlati hasznáival és képesek-e azt alkalmazni. A feladatok teljes szövegét az eredményeknél mutatjuk be.

A vizsgált minta

A populációt a 13 és 17 év közötti magyar gimnazisták alkották, amelyből a vett minta évfolyamonkénti megoszlását az 1. táblázat tartalmazza. Az ország 12 településének 17 gimnáziumából 750 tanuló töltötte ki írásbeli felmérőnkét. Kifejezetten hat-, illetve nyolcosztályos iskolákat választottunk, ahol a kémiaoktatás folyamata nem törik meg az iskolaváltással nyolcadikban. A táblázatból az is kiderül, hogy a 12. évfolyam tanulóit kihagytuk. Ennek oka egyrészt az őket az év folyamán nagymértékben lefoglaló érettségi vizsga volt, másrészt pedig felmérésünk időpontja, amely az írásbeli érettségit követően történt, 2003. május közepe után.

1. táblázat. A minta évfolyam szerinti összetétele

Évfolyam	7.	8.	9.	10.	11.	
N (fő)	171	166	142	144	127	750

Az eredmények és magyarázatuk

Miután a felmérő lap 12 kérdést tartalmazott, itt csak a legérdekesebb tapasztalatokkal szolgáló feladatok bemutatására van lehetőségünk. A 11. feladat eredményeiről korábban már beszámoltunk *A Kémia Tanítása* című folyóiratban (Tóth és Kiss, 2004).

1. feladat: Írd le az anyagmennyiség fogalmát!

Bár a szakember szerint a „mól fogalma” elavult, téves kifejezés, tekintve, hogy az egy mértékegység (Riedel, 2004), mégis láthattuk, hogy valójában nem az anyagmennyiséget, hanem a mértékegységét definiáljuk. Tulajdonképpen az anyagmennyiség fogalmi meghatározásával nem nagyon lehet találkozni. A jelenlévő zavarhoz többek között az is hozzájárul, hogy amikor az anyagmennyiség definíciójáról beszélünk, a mértékegysége meghatározását értjük alatta.

Kíváncsiak voltunk, hogy tanulóink miképp oldják meg ezt a feladatot, fel tudják-e oldani a zavart. Válaszaikat egy hatfokú skála segítségével pontoztuk (Abraham és mtsai, 1992), melyet a hazai szakirodalomban is megtalálhatunk (Korom, 2005). A válaszból a megértés szintjére következtetve a 2. táblázatban foglaltak szerint 0-5 pontot adtunk.

2. táblázat. A tanulói válaszok értékelését segítő hatfokú skála

A megértés szintje	A pontozás kritériumai	Pont
nincs válasz	üres lap „nem tudom” „nem értem”	0
nincs megértés	a kérdés megismétlése, nem a tárgyhoz tartozó értelmetlen válasz, a tapasztalat megismétlése	1
tévképzet	a válasz helytelen információt tartalmaz	2
részleges megértés tévképpzettel	a válaszok jelzik az adott fogalom megértését, de tartalmazznak olyan állításokat is, amelyek tévképpzetre utalnak	3
részleges megértés	a válaszok a helyes válasz elemei közül legalább egyet tartalmazznak, de nem az összest	4
teljes megértés	a válaszok a helyes megoldás összes komponensét tartalmazzák	5

A 3. táblázatban láthatjuk, hogy a tanulók hány százaléka érte el az adott pontot, a 4. táblázatban pedig bemutatunk néhány jellemző választ is.

3. táblázat. A tanulói válaszok pontjainak évfolyam szerinti megoszlása %-ban

	0	1	2	3	4	5
7. évf.	28	6	34	8	19	5
8. évf.	34,5	17,5	24	4	17,5	2,5
9. évf.	29,5	25	24,5	1	20	0
10. évf.	34	16	21,5	3	22	3,5
11. évf.	27,5	16	32	1	23,5	0
összes (átl.)	31	16	27	4	20	2

Látható, hogy a tanulók közel egyharmada nem tudott válaszolni, másik harmaduk tévképpzettel rendelkezik, és csak egyötödük tudott olyan meghatározást írni, mely elfogadható volt (4 és 5 pont). A 4. táblázatban a 2 pontot érő válaszok a két leggyakoribb tévképpzettel írják le, mely a nemzetközi szakirodalommal is egyezik.

Az 1. ábrán az évfolyamok megértési szintjét látjuk, amelyet az előbbi pontszámok átlagából számoltunk.

Az eredmények szerint minden évfolyamon alacsony a fogalom megértési szintje, de a hetedikeseké a legnagyobb. Bár szignifikáns különbség nincs az évfolyamok között, az életkor előrehaladásával csökken a megértés, kilencedikben éri el a minimumot, majd újra növekszik, de a hetedikeseké már nem éri el. Kérdés, hogy mi lehet ennek az oka?

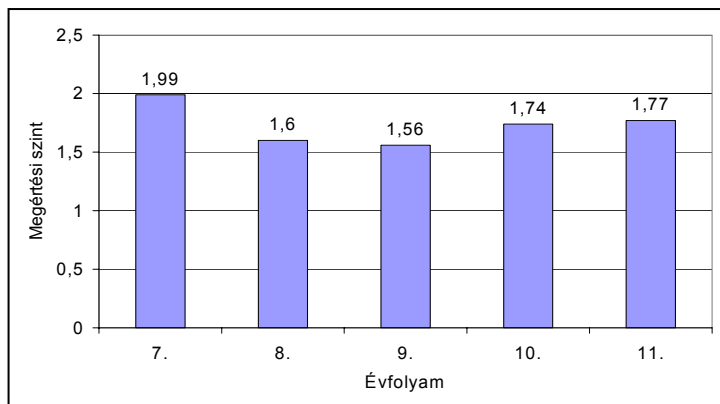
Egyrészt gondolhatunk a definícióváltásra, hiszen a felsőbb évesek körében már a bonyolultabb, szén-12-es izotópra vonatkozó definíció a követelmény, amely azonban sokak számára érthetetlen marad.

4. táblázat. Jellemző tanulói válaszok

	Jellemző válasz
0	Nincs válasz.
1	Az anyagmennyiséggel az anyagi rendszerek mennyiségét lehet megadni. Az anyagmennyiség a tömeg és a moláris tömeg hányadosa.
2	Az anyagmennyiség megmutatja az anyagban lévő atomok számát. Az anyagmennyiség azt mutatja meg, hogy 1 mol részecskének mekkora a tömege.
3	Az anyagmennyiség a megadott tömegű anyagban lévő atomok számát mutatja meg. Mértékegysége a mol. $1 \text{ mol} = 6 \cdot 10^{23}$ db atom.
4	1 mólban $6 \cdot 10^{23}$ db részecske van.
5	Az anyagmennyiség mértékegysége a mól. 1 mol annak az anyagnak az anyagmennyisége, amely $6 \cdot 10^{23}$ db részecskét tartalmaz. Az anyagmennyiség mértékegységét, a mólt, a szén-12 izotópra vonatkoztatják. 1 mol annak a rendszernek az anyagmennyisége, amely annyi elemi egységet tartalmaz, mint ahány atom van 0,012 kg szén-12-ben.

Másrészt maga az értékelési rendszer is lehet oka az alacsony átlagoknak. Előfordult, hogy a tanuló válasza fejlettebb gondolkodásról árulkodott, de a rendszer miatt mégsem kaphatott több pontot. Megfigyelhető volt például, hogy a magasabb évfolyamokon a diákok igyekeztek ténylegesen az anyagmennyiséget definiálni a mértékegysége helyett. Nézzünk néhány törekvést!

1. Az anyagmennyiség a tömeg és a moláris tömeg hányadosa.
2. Az anyagmennyiség a részecskeszám és az Avogadro szám hányadosa.
3. Az anyagmennyiséggel az anyagi rendszerek mennyiségét lehet megadni.
4. Az anyagmennyiség megmutatja, hogy adott mennyiségű anyagban hány mólnyi részecske van.



1. ábra. A megértési szint évfolyamonként

Az első kettő felépítését tekintve hasonló. Mi mégsem tarthatjuk igazi definícióknak őket, a tankönyvekben sem ezt írják le az adott helyen. Ezekkel a hányadosokkal csak számolnak a sztöchiometriai feladatokban. Ezen kívül mindkettő tartalmaz egy moláris mennyiséget, amely már eleve feltételezi az anyagmennyiség fogalmának ismeretét, így segítségükkel az nem definiálható.

A következő is a semmitmondó meghatározások közé került, és így az első kettőhöz hasonlóan 1 ponttal értékeltük. Az utolsó viszont 4 pontos volt, mert itt már megjelenik, hogy az anyagmennyiség mértékegysége a mól.

Mindezzel együtt elmondhatjuk, hogy bizonyos fogalmi fejlődés tetten érhető. Például, míg az alacsonyabb évfolyamokon az első típusú definíciót részesítik előnyben, addig a felsőbb évesek esetén már megjelenik a bonyolultabb, szén-12 izotópra vonatkoztatott meghatározás is. Igaz nem nagymértékben, így nem növeli az átlagot túlzottan, de mindenképpen utal

fejlődésre. Másrészt a felsőbb évesek jobban érzékelik a különbséget az anyagmennyiség és mértékegysége, a mól között. Náluk találtunk törekvéseket arra, hogy ne a mértékegységet, hanem magát a fogalmat definiálják.

2. feladat : Mi a különbség a mol és a mól között?

Második feladatunk egy igen érdekes problémára világít rá. Nagyon sokféle válasz született, az 5. táblázat a legjellemzőbbeket tartalmazza a százalékos előfordulással.

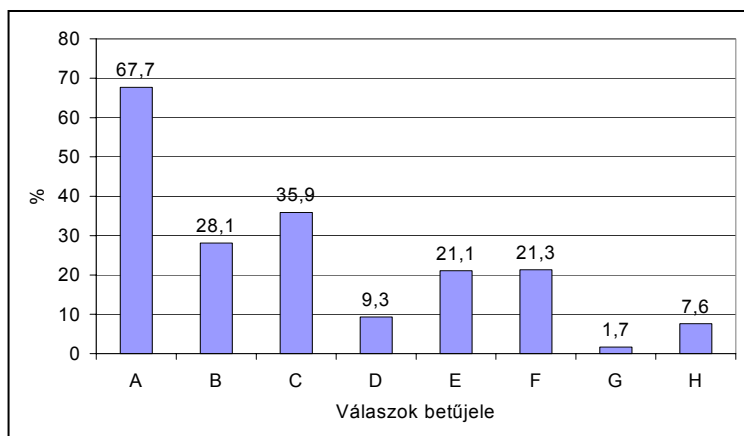
5. táblázat. A 2. feladatra adott jellemző tanulói válaszok

A válasz	
A mól az anyagmennyiség mértékegységének neve, a mól pedig a mértékegység jele.	10%
Az egyik (ált.: mól) az anyagmennyiség jele, a másik (mol) a mértékegysége.	8%
Az egyik $6 \cdot 10^{23}$ db részecskét jelent.	7%
Az egyik a moláris tömeget fejezi ki.	5%
A mol a Magyar Olaj és Gázipari Részvénytársaság rövidítése.	5%
A mol-t írásban, a mól-t szóban használjuk	3%
A mól-t fogalmakban, a mol-t mértékegységként használjuk.	3%
A mol, mint zenei kifejezés.	1%

4. feladat : Milyen anyagi rendszerek mennyiségét lehet megadni az anyagmennyiséggel? Karikázd be a megfelelő választ/válaszokat!

- A) atomok, molekulák, ionok
 B) elemi részecskék (proton, neutron, elektron)
 C) vegyületek
 D) kémiai reakciók
 E) szilárd anyagok
 F) bármilyen anyag
 G) egyéb:
 H) nem tudom

A 2. ábra az összesített százalékos eredményeket mutatja.



2. ábra. Tanulói válaszok százalékos eloszlása a 4. feladatban

Az SI definíció alapján az első három válasz felel meg. A szilárd anyag és a bármilyen anyag megfogalmazások túl általánosak ahhoz, hogy választhatók legyenek, a tanulók több, mint 20%-a azonban mégis megtette.

Nem választották túl sokan azonban a kémiai reakciót, amire viszont ki szoktuk terjeszteni az anyagmennyiség fogalmát, amennyiben a reakcióhőt kJ/mol-ban adjuk meg. Az viszont biztos, hogy még a kémiatanárok számára sem mindig világos, hogy mit értünk 1 mol reakció egyenlet alatt. Az egyéb válaszok között említésre méltó, jellemző válasz nem volt.

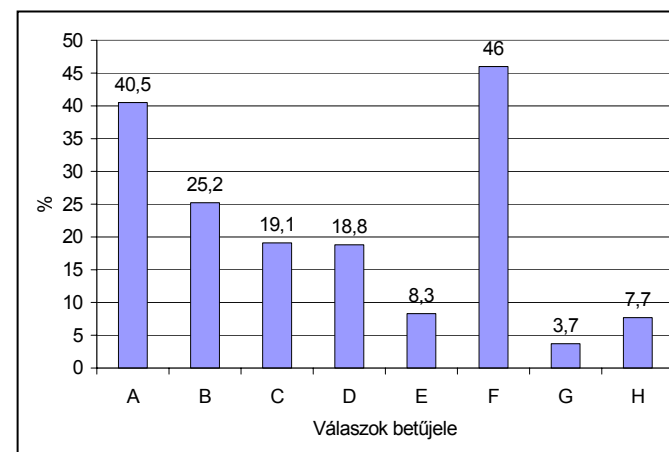
5. feladat : Szerinted miért volt szükség az anyagmennyiség fogalmának, illetve mértékegységének bevezetésére? Karikázd be az általad helyesnek vélt választ/válaszokat!

- A) azért, mert egységnyi anyagmennyiségű részecskének már mérhető tömege van
- B) azért, mert a kémiai reakciók sohasem néhány, hanem sok részecske között játszódnak le
- C) azért, mert egy anyagi halmaz tulajdonsága függ a halmazt felépítő részecskék számától
- D) azért, hogy ne kelljen nagy számokkal dolgozni
- E) azért, hogy ne kelljen kis számokkal dolgozni

- F) azért, hogy segítségével egyszerűbben leírhatjuk az egymással reagáló anyagok arányát
- G) egyéb magyarázat:
- H) nem tudom

Ebben a feladatban minden válasznak volt egy kis igazságtartalma. Itt inkább arra voltunk kíváncsiak, hogy a tanulók mit tartanak fontosnak. A 3. ábra az egyes válaszok százalékos előfordulását mutatja.

Az A) és az F) magyarázatokat választották a legtöbben, és az évfolyamonkénti részeredményekből azt is megállapíthatjuk, hogy míg az alacsonyabb évfolyamokon a tankönyvek által is hangsúlyozott mérhető tömeg kerül a középpontba, addig a felsőbb évesek már sokkal inkább a számukra fontos gyakorlati hasznot helyezik előtérbe, ami a reakció-egyenletek írását jelenti.



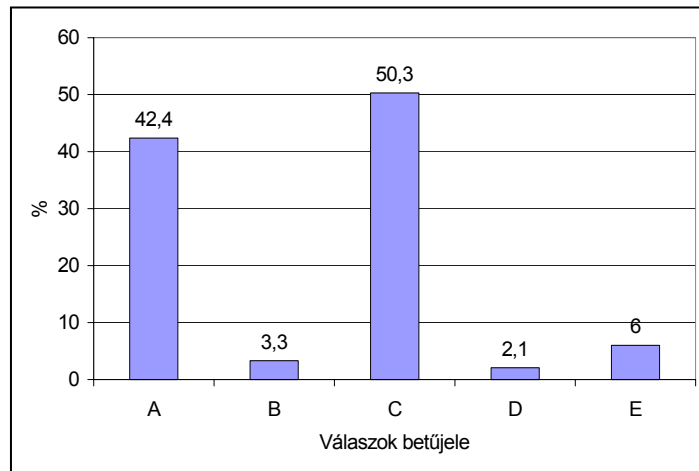
3. ábra. Tanulói válaszok százalékos eloszlása az 5. feladatban

6. feladat : Szerinted miért éppen $6 \cdot 10^{23}$ (pontosabban $6,022 \cdot 10^{23}$) az Avogadro-szám értéke? Miért nem $1 \cdot 10^{24}$ vagy $5 \cdot 10^{23}$?

- A) azért, mert egy atom $6 \cdot 10^{23}$ darabjának tömege megegyezik az illető atom relatív atomtömegének grammokban kifejezett értékével (ez megkönnyíti a kémiai számításokat)

- B) azért, mert önkényesen választották meg, éppúgy, mint a hosszúság és a tömeg egységét
- C) azért, mert ennyi atomot tartalmaz 12 g 12-es tömegszámú szénizotóp és ez a relatív atomtömeg-skála alapja
- D) egyéb magyarázat:
- E) nem tudom

A 4. ábrán láthatjuk az eredményeket. A helyes válasz az A). A részeredmények szerint előfordulása szintén az alacsonyabb évfolyamokon jelentősebb, majd részaránya csökken, helyére engedve a C) választ, amely az anyagmennyiség bonyolultabb meghatározásához hasonlít. 11. évfolyamon azonban újra nő a jó válasz részaránya, bár még mindig nem éri el a C) választ.



4. ábra. Tanulói válaszok százalékos megoszlása a 6. feladatban

7. feladat : Írj valamilyen szemléletes példát arra, hogy milyen nagy szám a $6 \cdot 10^{23}$!

A tanulók válaszai között voltak, melyek nagy fantáziáról tanúskodtak, többségük azonban a tankönyvi példákat követte:

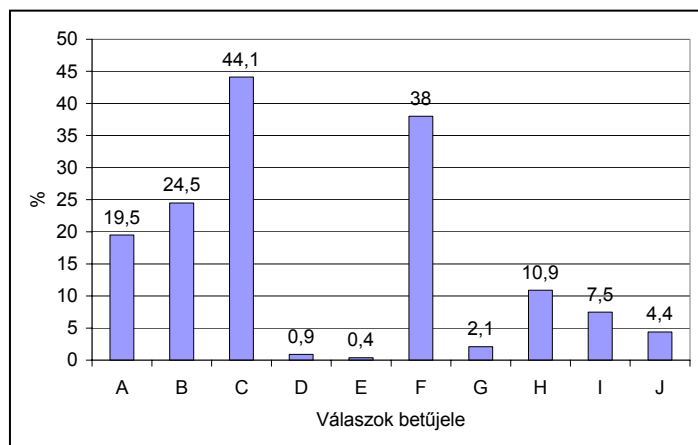
- 1) Volt, aki a nullák leírásával próbálta érzékeltetni a szám nagyságát: 6000000000000000000000000000.

- 2) Ennyi homokszem van a Szaharában, vagy ennyi homokszemből már egy piramis, sőt a Himaláját is felépíthetnénk.
- 3) A Földön élő összes embernek nincs ennyi hajszála.
- 4) Ha egy képzeletbeli stadion lelátóin ennyi ember ülne, és a mérkőzés végén másodpercenként 10 millió ember hagyna el a helyszínt, akkor az „utolsó ember” 2 milliárd év múlva lépne ki a stadionból.
- 5) Az emberiség fennállása óta nem termelt ennyi búzaszemet.
- 6) Legalább ennyi csillag van az égen.
- 7) Ha lenne ennyi búzaszemünk, és vasúti vagonokat töltenénk meg velük, akkor a vagonokból álló vonat a Földtől egészen a Holdig érne.
- 8) Ha ennyi db 1 Ft-osunk lenne és minden nap 100 milliárd forintot költenénk, akkor is $6 \cdot 10^{12}$ napig tartana elkölteni (ez 6000000000000 nap, egy 70 éves ember 25550 napot él).
- 9) Nagyon nagy, ha 1 darázs fészében átlagosan 10000 darázs van, akkor átlagosan 1 fán 6 darászfészek van, akkor 10^{18} db fára lenne szükségünk.

8. feladat : Mit jelent a következő jelölés? $3CO_2$ A megfelelő választ/válaszokat karikázd be!

- A) a CO_2 mólszáma 3
- B) a CO_2 móljainak száma 3
- C) a CO_2 anyagmennyisége 3 mol
- D) a CO_2 tömege 3 g
- E) a CO_2 térfogata $3 dm^3$
- F) a CO_2 molekulák száma 3
- G) a CO molekulák száma 2
- H) a molekula 3 C atomból és 1 O_2 molekulából áll
- I) egyéb:
- J) nem tudom

Ebben a feladatban az anyagmennyiségnek a kémiai szimbólumrendszerben betöltött szerepe kerül előtérbe. Az 5. ábra több tévképzet jelenlétét is megerősíti. A helyes C) és F) válaszok mellett jelentős mértékben választották tanulóink az A), B) és H) válaszokat is. Az első kettő nagyon hasonló, mindkettő helytelen és csak a kémiai szaknyelv elferdítésének, lezser használatának köszönhető. A H) nagyon jól mutatja, hogy tanulóink sokszor teljesen másképp gondolkodnak, mint ahogyan azt megtanítottuk nekik, ezért nem árt néha meggyőződni tudásukról más formában is, mint a megszokott iskolai dolgozatokban.



5. ábra. A tanulói válaszok százalékos megoszlása a 8. feladatban

A 12. feladat hasonló volt, de ott már egy teljes kémiai reakció (vízképződés elemeiből) jelentését kellett kiválasztani a megadott lehetőségek közül. Itt azt akartuk megtudni, hogy tanulóink mennyire vannak tisztában a kémiai egyenlet mennyiségi jelentésével, és hányféleképpen értelmezhetik azt. Az eredmények alapján elmondhatjuk, hogy elsősorban anyagmennyiségként értelmezik a képletek előtt álló együtthatókat. Másodsorban gondolnak a részecskék tényleges számára és csak ezt követi az anyagok tömegének a meghatározása. Tanulóink nagy része rendelkezik azzal a tévképpzel, hogy a kémiai egyenlet egyfajta „szentírás”, ami azt jelenti, hogy a reakció csak akkor megy végbe, ha a reagáló anyagok éppen olyan mennyiségben, illetve arányban vannak jelen, ahogy azt az egyenlet előírja. Ez azt sejteti, hogy a meghatározó reagens fogalmával nincsenek tisztában. A tanulók több mint 10 százaléka még mindig nem tudja megkülönböztetni az atom és a molekula jelölését az elemek esetén. Ez utóbbi probléma egyik oka a kémia következtelen jelölésrendszere (Tóth, 2002).

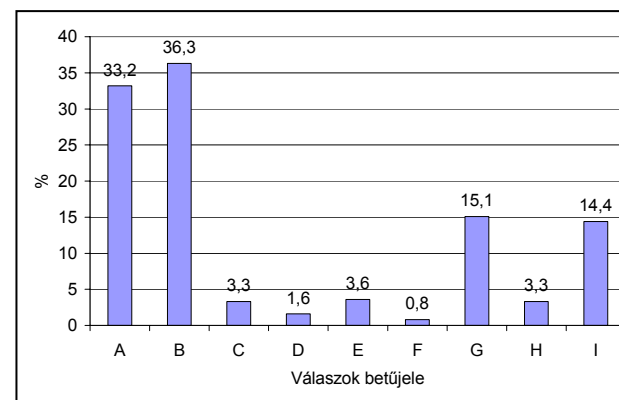
Végezetül egy egyszerű sztöchiometriai feladat, mely az anyagmennyiség fogalmának a számolások alkalmával való felhasználását ellenőrzi.

9. feladat : Hány molekulát tartalmaz 32 g CH_4 ?

A) $2 \cdot 6 \cdot 10^{23}$

- B) 2 mol
 C) 5 mol
 D) 10 mol
 E) 5
 F) 10
 G) 2 molekulát
 H) egyéb:
 I) nem tudom

Az A) válasz a helyes, de a 6. ábrán látható, hogy a tanulók több mint egyharmada anyagmennyiséget számolt, bár nem ez volt a kérdés, sőt kb. 15 % úgy vélte, hogy mindössze 2 molekulát tartalmaz 32 g metán és legalább ennyien nem tudtak választ adni. Ezek a hibás válaszok arra utalnak, hogy a tanulók többsége számára az anyagmennyiség a részecskeszámmal azonosul. A G) válasz, mint tévképzlet azzal is magyarázható, hogy a tanulók gyakran nincsenek tisztában a „mol” jelentésével, és azt hiszik, hogy az a molekula szó rövidítése.



6. ábra. A tanulói válaszok százalékos megoszlása a 9. feladatban

Következtetések, összefoglalás

1. Az irodalom szerint nem csak a tanulóknak, de a tanároknak is vannak problémáik az anyagmennyiség fogalmának megértésével. Márpedig a

- tanárnak jut a legfontosabb szerep a fogalmak átadásában, megtanításában.
2. A tucat nem jó példa a mól szemléltetéséhez, mert a mól és a darab nem ugyanazt a fizikai mennyiséget fejezik ki. (A darab ugyanis nem fizikai mértékegység.)
 3. Az anyagmennyiségnek éppúgy nincs elterjedt definíciója, mint az időnek vagy a hosszúságnak. Amikor az anyagmennyiség fogalmáról beszélünk, akkor a mértékegységének, a mólnak a meghatározását értjük alatta. Ezért sok esetben az angolban sem az anyagmennyiség (amount of substance) fogalmáról beszélnek, hanem a mólról (mole concept).
 4. Válaszok a kutatási kérdésekre:
 - 1) A tanulók nagy része nincs tisztában az anyagmennyiség fogalmával, számos tévképpzelten rendelkeznek vele kapcsolatban. Megértési szintjük nagyon alacsony. Alig több mint 10 %-uk tudja mi a különbség a mól és a mol között, és azt sem tudják kellő biztonsággal, hogy milyen anyagi rendszerek mennyiségét lehet megadni az anyagmennyiséggel.
 - 2) Az Avogadro-állandó nagyságával tisztában vannak, bár érzékeltetésére jelentős mértékben a tankönyvi analógiákat használják.
 - 3) Az anyagmennyiség bevezetését az alsóbb évesek a részecskék mérhető tömege, a felsőbb évesek az anyagmennyiségnek a kémiai egyenletben betöltött fontos szerepe miatt véli hasznosnak.
 - 4) A tanulók több mint fele nem tudja mi a kapcsolat az anyagmennyiség és a relatív atomtömeg között.
 - 5) A sztöchiometriai feladatok megoldása mindig problémát jelent a tanulóknak. Így vagy nem is vesződnek a megoldásával, vagy ha megoldják, akkor valamilyen figyelmetlenség, tévképzet miatt nem jó az eredmény. A felmérőlapban szereplő egyszerű feladatot csak a tanulók egyharmada tudta helyesen megoldani.
 5. A felmérőlap eredményeit értékelve a következő tévképzeteket tártuk fel:
 - 1) Az anyagmennyiség megmutatja az anyagban lévő atomok számát.
 - 2) Az anyagmennyiség azt mutatja meg, hogy 1 mol részecskének mekkora a tömege.
 - 3) Az anyagmennyiséggel bármilyen anyag mennyiségét meg lehet adni.

- 4) Az Avogadro-szám értéke azért éppen $6 \cdot 10^{23}$, mert ennyi atomot tartalmaz 12 g 12-es tömegszámú szénizotóp és ez a relatív atomtömeg-skála alapja.
- 5) A 3CO_2 szimbólum azt jelenti, hogy a molekula 3 C atomból és 1 O_2 molekulából áll.
- 6) A mólszám az anyagmennyiség kifejezés szinonimája.
- 7) A „mol” a molekula szó rövidítése.
6. A fogalommal kapcsolatos megértési problémák az előzőeken kívül azért is merülnek fel, mert sok esetben a szakemberek sem jutnak közös nevezőre bizonyos pontokban. Így ellentmondást fedezhetünk fel a tankönyvek szerzőinek álláspontja között, például a jelölésben. Az egyik szerint (*Kecskés és Rozgonyi, 1997*) az Fe vegyjel a következőket jelenti: vas, vasatom (1 vasatom), 1 mol vas, $6 \cdot 10^{23}$ db vasatom és 56 g vas. A másik szerint (*Nadrainé és Varga, 1996*) óriási különbség van a következő két jelölés között: 1 Fe és 1 mol Fe. Éppen annyi, mint 3 alma és 3 kg alma között. Ezek után azonban az is kérdésessé válik, hogy a kémiai egyenletet hogyan értelmezhetjük, hisz ott nem szokás kiírni a mol mértékegységet, pedig a reakció nem néhány, hanem több mol részecske között megy végbe. Ugyanígy vitát vált ki az a kérdés, hogy milyen anyagi rendszernek lehet megadni az anyagmennyiségét. Igaz ugyan, hogy a definíció meghatározza, hogy milyen részecskék esetén lehet alkalmazni, de akkor nem beszélhetünk 1 mol kémiai reakcióról sem. Ezt követően pedig a bátrabbak és a filozofikus alkatúak bármilyen rendszer anyagmennyiségét meg tudják mondani, melyben az elemek (a halmaz elemei) megszámlálhatók. Az más kérdés, hogy sokszor ennek nincs sok értelme.
7. Végezetül azt a tényt is fel kell sorolnunk az okok között, hogy az anyagmennyiség szónak a magyar nyelvben van általános jelentése („az anyag mennyisége”), mely megnehezíti pontos használatát a kémiában.

Irodalom

Abraham, M. R. és mtsai (1992): Understandings and Misunderstandings of Eighth Graders of Five Chemistry Concepts Found in Textbooks. *Journal of Research in Science Teaching* 29 (2), 105-120.

- Cervellati, R. és mtsai* (1982): Investigation of Secondary School Students' Understanding of the Mole Concept in Italy. *Journal of Chemical Education*, 59 (10), 852-856.
- Korom E.* (2005): Fogalmi fejlődés és fogalmi váltás. Műszaki Könyvkiadó, Budapest.
- Nelson, P. G.* (1991): The elusive mole. *Education in Chemistry*, 28 (4), 103-104.
- Riedel, M.* (1990): A fizikai-kémiai definíciók és jelölések, Tankönyvkiadó, Budapest.
- Riedel, M.* (2004): XXI. Kémiatanári Konferencia, Előadásösszefoglalók, 81.
- Staver, J. R. and Lumpe, A. T.* (1993): A Content Analysis of the Presentation of the Mole Concept in Chemistry Textbooks. *Journal of Research in Science Teaching*, 30 (4), 321-337.
- Strömdahl, H. és mtsai* (1994): The qualitatively different conceptions of 1 mol. *International Journal of Science Education*, 16 (1), 17-26.
- Tóth Z.* (2002): A kémiai fogalmak természete. *Iskolakultúra*, 12. évfolyam, 4. szám, 92-95.
- Tóth Z. és Kiss E.* (2004): Középiskolai tanulók feladatmegoldó stratégiái egyszerű sztöchiometriai problémákra. *A Kémia Tanítása*, 12. évfolyam, 1. szám, 7-11.

Az elemzésbe bevont tankönyvek:

- Dr. Boksa Zoltán, Dr. Török Ferenc, Pintér Imréné, Dr. Balázs Lórántné:* Kémia I. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 1994
- Kecskés Andrásné, Rozgonyi Jánosné:* Kémia 7. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 1997
- Nadrainé H. K., Varga Imréné:* Kémia I. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 1996
- Dr. Siposné dr. Kedves Éva, Péntek Lászlóné, Horváth Balázs:* Kémia 7. Kémiai alapismeretek. Mozaik Oktatási Stúdió, Szeged, 1998.
- Dr. Siposné dr. Kedves Éva, Péntek Lászlóné, Horváth Balázs:* Kémia 9. Általános kémiai ismeretek. Mozaik Kiadó, Szeged, 2001
- Z. Orbán Erzsébet:* Kémia I. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 1996

A kutatást az OTKA (T-034288, T-049379) támogatta.