GUTMAN IVÁN - JANKOVICS HAJNALKA
József Attila Tudományegyetem
Szeged
és
HENK van LUBECK
Bredero Lyceum
Amsterdam, Hollandia

Hány atom van körülöttünk?

A kémia és fizika oktatásában nagyon hamar találkozunk az „atom" és „molekula" fogalmakkal. Ilyenkor a tanulókkal azt is meg kell értetni, hogy az atomok és molekulák nagyon, de nagyon apró objektumok. Más szóval, azokban a tárgyakban, amelyekkel a mindennapi életben találkozunk, az atomok és molekulák száma óriási. Hogy pontosan mit jelent az, hogy „óriási", azt az Avogadro-állandó alkalmazásával tudjuk megmagyarázni.

Mint ismeretes, minden anyagnak egy móljában a részecskék (atomok, molekulák) száma egyenlő az Avogadro-állandóval, amelynek értéke [1]: $N_A = 6 \cdot 10^{23}$.

Ezt az állítást kevés tanuló fogja megérteni, még akkor is, ha merészen feltételezzük, hogy tudja, mi az „egy mól".

A mól fogalma elkerülhető úgy, hogy amikor az Avogadro-állandóról beszélünk, megmondjuk hogy (körülbelül),

tíz mól vízmolekula van egy ivópohár vízben;

egy mól vasatom van egy (vasból készült) evőkanálban;

egy tized mól cukormolekula van egy tábla csokoládéban;

egy-két század mól aranyatomot tartalmaz egy (arany) karikagyűrű;

egy mól „szappan" (nátrium-sztearát) molekula van egy mosdószappanban;

egy elefánt húsában egy mól fehérjemolekula van.

Most, amikor a tanulók körülbelül tudják, hogy mennyi anyagra is vonatkozik az Avogadro-állandó, meg kell magyarázni, hogy milyen nagy is az a szám, amelyet úgy írunk, hogy $N_A = 6 \cdot 10^{23}$. Először is, természetesen, meg fogjuk mondani, hogy ez a szám ugyanaz, mint

$$N_A = 600.000.000.000.000.000.000.000.$$

Ne essen nehezünkre, hogy ezt felírjuk a táblára!

A tényleges nehézség abban áll, hogy sem a 12–16 éves tanulóknak, sem senki másnak nincs semmi tapasztalata hasonlóan nagy „darabszámokról". A megszámlálható sokaságok, amelyekkel a gyakorlatban találkozunk és foglalkozunk (pl.: tojások, téglák, forintok, szavazók) ritkán tartalmaznak több, mint ezer, kivételesen, több, mint millió egységet.

Ha a tanulókkal meg akarjuk értetni, hogy milyen nagyon sok is az a $N_A = 6 \cdot 10^{23}$ darab, akkor ügyesen (és lehetőleg szellemesen) szerkesztett hasonlatokat alkalmazhatunk. A következőkben néhány ilyen példát sorolunk fel. Ezeket vagy az irodalomból [2-7] vettük át megfelelő módosításokkal, vagy magunk dolgoztuk ki. Mindegyiknek az a célja,

hogy a tanulókkal megéreztesse és megértesse, hogy milyen sok atom és molekula létezik a körülöttük lévő tárgyakban;

hogy egyszerű számításokon alapuljon;

hogy tanuljanak meg olyan számításokat végbevinni, ahol csak a nagyságrend lényeges;

hogy a végeredmény egy „érthetően" kis szám legyen;

hogy ne legyen unalmas, a tanulókat érdekelje.

1. Egy mól szívdobbanás

Egy embernek a szíve évente 38 milliószor dobban. Ma a Földön 5,25 milliárd ember él. Ezek szerint egy év alatt az emberiség szíve $38 \cdot 10^6$ x $5{,}25 \cdot 10^9 = 2 \cdot 10^{17}$-szer dobban. Csak 3 millió év alatt dobbanna N_A-szor.

Becslések szerint a Földön eddig 150 milliárd ember élt. Ha feltesszük, hogy az átlagos életkor 75 év, akkor $150 \cdot 10^9$ x 75 x $38 \cdot 10^6 = 4{,}3 \cdot 10^{20}$-szor dobbant meg eddig az emberi szív. Ez még mindig 1400-szor kevesebb, mint az Avogadro-állandó.

2. Egy mól forint

Képzeljük el, hogy van egy mól forintunk. Pénzünket egy bankba tesszük be, ahol 5% kamatot adnak évente. Egy másodperc után meggondoljuk magunkat, és kivesszük a pénzt a bankból. Az év végén a bank mégis 950.000 milliárd forint kamatot kell, hogy kifizessen. (Ennek az összegnek a kiszámítása egy hasznos gyakorlat a tanulóknak.) Ez a kamat is túlságosan nagy, így szétosztjuk a Föld összes lakosának ($5{,}25 \cdot 10^9$ fő). Akkor mindenki 180.000 forintot kap, amiből (szerényen) egy évig meg tud élni.

3. Egy mól számítási művelet

Tudjuk, hogy a korszerű számítógépek nagyon gyorsan működnek. Az egyik leggyorsabb ilyen gép a CRAY S-1 szuperszámítógép, amely sebessége 1000 mips (millions of instructions per second - millió művelet másodpercenként). Egy szép napon Magyarország minden lakosának (10,5 millió fő) lesz egy ilyen számítógépe. Ezek a számítógépek egy év alatt $3{,}3 \cdot 10^{23}$ műveletet végeznek el, azaz N_A művelethez kevesebb, mint két év kellene.

Egyetlen egy CRAY S-1-nek pedig 19 millió évre lenne szüksége, hogy N_A műveletet elvégezzen.

4. Egy mól búza

Egy búzaszem súlya 40 mg. Az 1990-es években az egész Földön 550 millió tonna búza terem évente. Ez $55 \cdot 10^{16}$ mg, azaz $1{,}375 \cdot 10^{16}$ búzaszem. Majdnem 44 millió év kellene ahhoz, hogy egy mól búza teremjen.

5. A sakkjáték felfedezése és a mól

Ismeretes, hogy a monda szerint a sakkjáték felfedezőjét egy indiai maharadzsa meg akarta jutalmazni. A felfedező kért a sakktábla első kockájára egy búzaszemet, a másodikra két búzaszemet, a harmadikra négyet, a negyedikre nyolcat, és így tovább. Ez a „szerény" kérés $2^{64} = 1{,}8 \cdot 10^{19}$ búzaszemre tart igényt. Az előbbi példa adatai szerint, ez csekély 740 millió tonna búzát jelent, ami a (mai) India 14 évi búzatermésének felel meg.

A sakkjáték felfedezője pedig csak 0,000003 mól búzát kért. Egy mól búza akkor járt volna neki, ha a sakkjátékot úgy képzelte volna el, hogy az 79-kockás táblán játszódna; vegyük észre, hogy $2^{79} = 6{,}04 \cdot 10^{23}$.

5. Egy mól tejberizs

Egy adag tejberizst kb. 12 deka rizsből készítünk, amelyben 5280 rizsszemet számoltunk meg; ezt 6000-re kerekítjük fel. Így egy mól rizsből 10^{20} adag tejberizs készül. Ezt most valakinek meg kellene ennie.

Ha minden nap háromszor ennénk tejberizst, az 75 év alatt „csak" 82.000 adagot jelentene. Ha a világ teremtésétől minden ember (150×10^9 fő)így táplálkozott volna, akkor is csak $1{,}2 \cdot 10^{16}$ adag tejberizs fogyott volna el, ami a mól egy tízezred része.

Egy adag tejberizs térfogata 6 dl. Így egy mól rizsből készült tejberizs 120 m vastagságú réteggel fedné be a Föld felületét (511 millió km^2). Ha csak a szárazföldre (150 millió km^2) „kennénk" a tejberizst, akkor a réteg 400 m magas lenne.

A Földön található három óceán együttes felszíne 335 millió km^2, átlagos mélységük 3930 m. Így a három óceánban összesen $1{,}3 \cdot 10^{21}$ liter víz van. Ha ennek a helyébe tejberizst öntenénk, akkor csak 22 mól rizsre lenne szükségünk.

JEGYZETEK

1. Az Avogadro állandó értékét kísérletileg állapítják meg. A ma elfogadott érték: $(6{,}0221367 \pm 0{,}0000036) \times 1023$ mol^{-1}.
2. A. M. Last, Science Teacher 50, 45 (1983).
3. P.S.Poskozim, J.W.Wazorick, P. Tiempetpaisal, J.A. Poskozim, J. Chem.Educ. 63, 125 (1986).
4. H. van Lubeck, J.Chem.Educ. 66, 762 (1989).
5. A. M. Last, Chem. 13 News 195, 6 (1990).
6. H. van Lubeck, I.Gutman, Hem.Pregled (Belgrád) 31, 107 (1990).
7. C. Merlo, K. E. Turner, J.Chem.Educ. 70, 453 (1993).

SZIKORÁNÉ KOVÁCS ESZTER
Bessenyei György Tanárképző Főiskola
Nyíregyháza

Az ok-okozatiság gondolattükröző összefüggései József Attila Tiszta szívvel című versében

Nincsen apám, se anyám,
se istenem, se hazám,
se bölcsőm, se szemfedőm
se csókom, se szeretőm. |1.| ||1.||

Harmadnapja nem eszek,
se sokat, se keveset. |2.| ||2.||
Húsz esztendőm hatalom, |3.|
húsz esztendőm eladom. |4.| ||3.||

Hogyha nem kell senkinek,
hát az ördög veszi meg. |5.| ||4.||

- -

Tiszta szívvel betörök, |6.|
ha kell, embert is ölök. |7.| ||5.||

- -

Elfognak és felkötnek, |8.|
áldott földdel elfödnek, |9.|
s halált hozó fű terem
gyönyörű szép szívemen. |10.| ||6.||

16 soros, 4 versszakra tagolódó, páros rímes rímelhelyezésű vers. A verssorok mindegyike kétütemű hetes, ez már önmagában is a feszültség egy elemét rejti. A páros ütemű formák kiegyensúlyozottabbak, a páratlan üteműek feszültsége a „hiány" miatt van. Lehet, hogy a népdal (4/3-as felosztású 7-es) is előképe lehetett a versnek. „Bár ... a vers éles metszetei, kopár szigorúsága inkább beszédfogantatást sejtetnek" (Szabolcsi 1980, 23).

Formai szempontból a másik szembetűnő tény, hogy a verssorok ütemtagolása befolyásolja a rímmélység alakulását. Találunk egy 4 tagú összecsengést: *se szemfedőm – se szeretőm*, 4 há-