

Fakulta matematiky, fyziky a informatiky Univerzity
Komenského, Bratislava



VÝPOČTY PRE OLYMPIÁDU MLADÝCH VEDCOV

Chémia
14. mája 2018

Autor: Andrej Vlček

1 Hmotnostný zlomok

Roztoky obsahujú viac alebo menej rozpustenej látky podľa toho, ako ich pripravíme. Na porovnanie toho, koľko rozpustenej látky rôzne roztoky tej istej látky X majú, používame hmotnostný roztok w . Ten udáva pomer hmotnosť rozpustenej látky $m(X)$ a hmotnosť celého roztoku m

$$w = \frac{m(X)}{m}.$$

Je to bezrozmerná veličina. Často sa udáva v percentách:

$$w = \frac{m(X)}{m} \cdot 100\%.$$

2 Látkové množstvo

Viete, koľko molekúl je v jednom grame soli? Zhruba $1.03 \cdot 10^{23}$ molekúl. Je to priveľa nato, aby sa s tým prakticky rátalo. Takže si chemici vymysleli konštantu, ktorá bude reprezentovať veľa molekúl, aby sa im prakticky rátalo s veľkými číslami. Podobne ako tucet je meno pre 12, 1 mól je $6,022 \cdot 10^{23}$ molekúl. Na premenu z počtu molekúl na móly sa používa tzv. *Avogadrova konštanta* označovaná N_A :

$$N_A = 6.022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}.$$

Pre získanie počtu mólov n z počtu častíc N sa používa vzťah

$$n = \frac{N}{N_A}.$$

Tento vzťah nehovorí ale nič viac, než ako premeniť počet častíc na počet mólov. Podobne, ako keď chcem z počtu vajec chceme zistiť počet tuctov vajec – jednoducho predelíme počet vajec dvanástimi.

3 Molárna hmotnosť

Zabudnime nachvíľu na existenciu izotopov. Potom každý atóm prvku váži takú istú hmotnosť. To je veľmi praktické, keď chceme zistiť, koľko atómov máme vo vzorke prvku. Spočítať ich je prakticky nemožné, ale odvážiť vzorku je veľmi jednoduché. Jediné, čo nám chýba, je vedieť, koľko váži jeden mól

nejakého prvku. Molárna hmotnosť M je konštanta, ktorá presne na toto slúži: číselne je jej hodnota hmotnosť jedného mólu atómu daného typu. Je definovaná ako

$$M = \frac{m}{n}$$

kde m je hmotnosť vzorky prvku a n je jej látkové množstvo. Jej hodnoty nájdete v periodickej tabuľke a udáva sa v g/mol.

Čo ale keď máme nielen prvky, ale vzorku nejakej zlúčeniny, povedzme uhličitan sodný Na_2CO_3 ? Potom hmotnosť jednej molekuly Na_2CO_3 je súčtom hmotností dvoch atómov sodíku, jedného atómu uhlíku a troch atómov kyslíku. Preto bude aj hmotnosť jedného mólu Na_2CO_3 bude vážiť toľko, čo dva móly sodíku, jeden mól uhlíku a tri móly kyslíku. Preto je molárna hmotnosť uhličitanu sodného:

$$\begin{aligned} M(\text{Na}_2\text{CO}_3) &= 2 \cdot M(\text{Na}) + M(\text{C}) + 3 \cdot M(\text{O}) \\ &= 2 \cdot 23 \text{ g/mol} + 12 \text{ g/mol} + 3 \cdot 16 \text{ g/mol} = 106 \text{ g/mol} \end{aligned}$$

Už zostáva len vyriešiť, čo urobíme s izotopmi. Keďže ale v prírode sa rôzne izotopy vyskytujú v známych pomeroch, vieme proste urobiť vážený priemer molárnych hmotností jednotlivých izotopov. A to je presne to číslo, čo máte v periodickej tabuľke.

4 Koncentrácia

Hmotnostný zlomok je častý v reálnom živote. Napríklad bežný ocot je osempercentný, technická kyselina dusičná má napr. 68%.

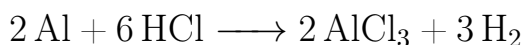
V laboratóriu ale nie je tak praktický. Je jednoduchšie odmerať objem roztoku, ako ho odvážiť. Zároveň, hmotnosť rozpustenej látky nie je to, čo nás najviac zaujíma – látkové množstvo je zaujímavejšie. Preto sme zaviedli koncentráciu roztoku c – je to látkové množstvo rozpustenej látky $n(\text{X})$ v roztoku predelené objemom roztoku V , v ktorej je látka X rozpustená:

$$c = \frac{n(\text{X})}{V}$$

5 Výpočty z chemických rovníc

Všetky výpočty z chemických rovníc fungujú veľmi podobne. Máte zadanú rovnicu a údaje, z ktorých zistíte látkové množstvo nejakej látky. A pýtame sa na nejaké parametre inej látky, ktorá je v reakcii.

Majme napríklad reakciu



a zaujíma nás, koľko mólov H_2 vznikne, ak zreaguje 5 mol Al. Z chemickej reakcie vidíme, že keď reagujú 2 molekuly Al, vznikajú 3 molekuly H_2 . Keď reagujú dva móly Al, vznikajú 3 móly H_2 atď. Pomer reagujúcich látkových množstiev hliníku a vodíku je 2:3:

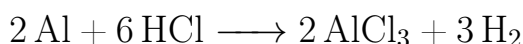
$$\frac{n(\text{Al})}{n(\text{H}_2)} = \frac{2}{3}. \quad (1)$$

Teda pomer látkových množstiev látok reagujúcich v reakcii je pomer ich stechiometrických koeficientov.

Toto je centrálna pointa výpočtov z chemických reakcií. Na začiatku potrebujeme len vypočítať látkové množstvo látky, ktorú máme zadanú. Pomocou stechiometrických koeficientov prepočítame na látkové množstvo žiadanej látky a vypočítame z neho to, na čo sa nás zadanie pýta. Pozrime sa na vzorovú úlohu:

5.1 Úloha

Kyselina chlór vodíková rozpúšťa hliník nasledovnou reakciou:



Koľko dm^3 kyseliny chlór vodíkovej s koncentráciou 1.2 mol/dm^3 treba na rozpustenie 8.1 g hliníka? Molárna hmotnosť hliníku je $M(\text{Al}) = 27 \text{ g/mol}$.

5.2 Riešenie

Pomer látkových množstiev hliníku a kyseliny chlór vodíkovej je

$$\frac{n(\text{Al})}{n(\text{HCl})} = \frac{2}{6} = \frac{1}{3}.$$

Látkové množstvo hliníku vieme z jeho hmotnosti $m(\text{Al})$ a molárnej hmotnosti $M(\text{Al})$:

$$n(\text{Al}) = \frac{m(\text{Al})}{M(\text{Al})}$$

Látkové množstvo HCl vieme určiť z objemu V a koncentrácie kyseliny $c(\text{HCl})$, pričom objem V je neznámy:

$$n(\text{HCl}) = c(\text{HCl})V$$

Keď všetky rovnice skombinujeme, dostávame:

$$\frac{1}{3} = \frac{n(\text{Al})}{n(\text{HCl})} = \frac{\frac{m(\text{Al})}{M(\text{Al})}}{c(\text{HCl})}$$

Z toho vieme vyjadriť neznámy objem V :

$$V = 3 \frac{m(\text{Al})}{M(\text{Al})c(\text{HCl})} = 3 \frac{8.1 \text{ g}}{27 \text{ g/mol} \cdot 1.2 \text{ mol/dm}^3} = 0.75 \text{ dm}^3$$

Potrebný objem HCl je 0.75 dm^3 .

6 Vzorové príklady

1. V koľkých gramoch vody treba rozpustiť 14.5 g NaNO_3 , aby vznikol 20% roztok NaNO_3 ?
2. V koľkých gramoch vody treba rozpustiť 14.5 g $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$, aby vznikol 20% roztok CuSO_4 ?
3. Koľko molekúl vody sa nachádza v kvapke vody s hmotnosťou 0.1 g?
4. Na prípravu zásobného roztoku sme použili 13.2 g KCl. Výsledný objem roztoku je 0.5 l. Aká je jeho koncentrácia?
5. Koľko ml H_3PO_4 s koncentráciou 0.3 mol/dm^3 a g NaOH je potrebných na prípravu 20 g Na_3PO_4 neutralizáciou?