

## Demolácia mólu – prázdninové zamyslenie sa nad zmyslom základnej chemickej veličiny

Zo siedmich základných veličín medzinárodného systému jednotiek SI (franc. *Système international d'unités*) je len jedna chemická – látkové množstvo. Pravdu povediac, neviem prečo sa pokladá za chemickú, keď nevyjadruje nič chemické – len počet.

Odjakživa bol počet čohokoľvek bezrozmerné (väčšinou kladné a celé) číslo. Snahou človeka bolo vždy vyjadrovať všetko v číslach, ktoré sa “zmestia na ruku”, tzn. v rozmedzí 0 až 10 (aj pracovníci na píle). Počet (vlastných) detí sa dá spočítať na jednej-dvoch rukách, s počtom detí v triede je to už obtiažnejšie. Preto historicky vznikli pomocné „jednotky“, napr. tucet, duo, kvarteto, centúria, rota, triáda, dekáda, deň, rok, päťročnica, storočie atď. Ak pomocou nich vyjadríme hoci aj väčší počet niečoho, dokážeme to vyjadriť opäť na prstoch vlastných rúk. Napr. 24 detí v triede už môžeme nazvať dvoma tuctami. Obrovské čísla sme boli donútení obísť napr. zavedením pojmu milión. Jeden milión znie lepšie ako „desať desiatok desiatok desiatok desiatok desiatok“. Ľubovoľný počet, dokážeme vyjadriť číslami od 0 do 10, ak si účelne zadefinujeme „jednotku“.

Počet vo všeobecnosti označujeme  $N$  alebo  $n$  (lat. *numerus* = počet). Z matematického hľadiska by sme prepočet „kusov“ na „tucty“ vyjadrili exaktne takto:

$$\text{počet tuctov} = \text{počet kusov} / \text{počet kusov v jednom tucte}$$

teda napr. počet hodín v dni môžeme vyjadriť takto:  $N = 24 = 2 \text{ tucty} = 6 \text{ kvartet} = 3 \text{ oktety} = \dots$

kde využívame vopred definované „jednotky“ tucet, kvarteto, oktet, ... pričom vieme, že **tucet = 12**, kvarteto = 4, oktet = 8, ... Toto možno zapísať aj takto:

$$1 = \text{tucet} / 12 = \text{kvarteto} / 4 = \text{kvintet} / 8 = \dots$$

$$N = 24 = 24 \cdot 1 = 24 \cdot \text{tucet} / 12 = 2 \text{ tucty}$$

Úplne analogicky bola do vedy vnesená aj „jednotka“ mól, tá však predstavuje nepredstaviteľne veľké množstvo, tak ako to v oblasti atómov a molekúl býva bežné. Samotný pôvod slova (lat. *moles* = hrba, kopa, masa) hovorí za všetko.

Viete, že svetoznáme slovo molekula je latinská zdobenina slova *moles*? (lat. *molecula* = „množstvičko“)

Napr. v jednej kvapke vody je také množstvo molekúl, že by sa dali poukladať do radu s dĺžkou mnohonásobne prevyšujúcu vzdialenosť Zeme od Slnka. Je v pohode povedať, že akási kvapka vody je jedna, má objem päťdesiat mikrolitrov a hmotnosť päťdesiat miligramov. Ale povedať, že je v nej 1670 miliónov miliónov miliónov molekúl, je prinajmenšom nepraktické. Bolo preto nutné zaviesť „jednotku“ ktorá by problém s veľkým číslom vyriešila – mól. Odhliadnúc od skutočnej definície mólu, uveďme, že **mól = 60221407600000000000000**.

$$\text{mól} = 6,02214076 \cdot 10^{23} \quad \text{resp.} \quad \text{mól} / 6,02214076 \cdot 10^{23} = 1$$

Napriek tomu, na pošteklenie: mól bol donedávna definovaný ako počet atómov v presne 12 gramoch uhlíka-12. Z troch známych typov (izotopov) uhlíka je aj dnes veľmi problematické vyizolovať čistý uhlík-12. Navážiť z neho presne 12 g by sme takisto nedokázali nikde na Zemi a navyše, v tejto čiernej kôpke, veľkej asi ako polievková lyžica, je nad všetko ľudské úsilie spočítať presne počet atómov. Každé meranie poskytlo vždy o maličko odlišnú hodnotu a tak definičná hodnota bola zisťovaná len nepriamo a „uzákonená“ dohodou. Navyše, definícia mólu sa zakladala na definícii inej jednotky – kilogramu.

V roku 2018 IUPAC (konečne) rozhodol, že mól bude definovaný "natvrdo" ako presne daný počet.

Ak teraz vyjadríme počet molekúl v kvapke vody pomocou mólov dostaneme (úplne analogicky s prepočtom na tucty), že

$$\begin{aligned} N &= 1670 \cdot 1000000 \cdot 1000000 \cdot 1000000 \cdot 1 = \\ &= 1670 \cdot 1000000 \cdot 1000000 \cdot 1000000 \text{ mól} / 6,02214076 \cdot 10^{23} = 0,00277 \text{ mólov} \end{aligned}$$

Trocha sme to prešvihli – číslo ktoré sme dostali je tentokrát oveľa menšie ako počet prstov na ruke. Nevadí! Zavedieme ďalšiu, tisíckrát menšiu jednotku – milimól (lat. *mille* = tisíc), pričom

$$1 \text{ mól} = 1000 \text{ milimólov} \quad \text{resp.} \quad 1000 \text{ milimólov} / \text{mól} = 1$$

Potom

$$N = 0,00277 \text{ mólov} = 0,00277 \text{ mólov} \cdot 1 = 0,00277 \text{ ~~mólov~~} \cdot \frac{1000 \text{ milimólov}}{\text{mól}} = 2,77 \text{ milimólov}$$

Kráska! Z obludného čísla nám vznikli „takmer tri milimóly“. Žijeme len raz a tak si život zjednodušujeme – paradoxne novými definíciami.

Až doteraz sa nič zvláštne neudialo. Laikovi teda príde zavedenie mólu (dúfam) ako prirodzené.

Tak ešte raz: to isté množstvo čohokoľvek môžeme vyjadriť pomocou ľubovoľnej jednotky, ak si ju presne zdefinujeme. Vyššie v texte sme znakom  $N$  označovali množstvo nezávislé na tom, v čom sme množstvo vyjadrovali. A tak zavedenie nového znaku pre množstvo vyjadrované napr. v tuctoch, sa zdá byť nezmyselné. No práve to urobili vedci keď definovali látkové množstvo. Počet atómov, molekúl, iónov, reakcií, ... označujeme  $N$ , ale keď to isté množstvo vyjadríme v móloch, označíme ho  $n$ . Ak napr.  $N = 210770000000000000000000$ , tak potom

$$n = 2,1077 \cdot 10^{24} \text{ mól} / 6,02214076 \cdot 10^{23} = 3,5 \text{ mólu}$$

Podobne prepočítame počet v móloch na počet v kusoch. Pretože platí,

$$\text{mól} / 6,02214076 \cdot 10^{23} = 6,02214076 \cdot 10^{23} / \text{mól} = 1$$

musí platiť

$$N = 3,5 \text{ mólu} \cdot 1 = 3,5 \text{ mólu} \cdot 6,02214076 \cdot 10^{23} / \text{mól} = 2,1077 \cdot 10^{24}$$

„Prepočítavacia konštanta“  $6,02214076 \cdot 10^{23} / \text{mól}$  má dokonca vlastný názov – „Avogadrova konštanta“ a symbol  $N_A$ . Slúži len na prepočítavanie počtu  $n$  na počet  $N$ . Namiesto počtu  $N$  sa teda zaviedla nová veličina – látkové množstvo  $n$ . Ináč sa označuje, má iné „jednotky“. Ale načo? Aby bola?

mt\_110804