

# Základní chemické zákony

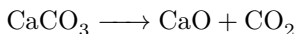
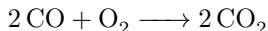
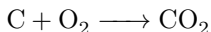
Chemické zákony, látkové množství, atomová a molekulová hmotnost,  
stechiometrický vzorec, platné číslice

# Zákony zachování

- ▶ Zákon zachování hmoty
  - ▶ Lavoisier, 1785
  - ▶ Hmota se netvoří, ani nemůže být zničena
- ▶ Zákon zachování energie
  - ▶ energii nelze ani vyrobit, ani zničit, lze ji pouze přeměnit na jiný druh energie.
- ▶ Zákon zachování hmoty a energie
  - ▶ Ekvivalence hmoty a energie je dána rovnicí  $E = mc^2$
  - ▶  $u = 1.66 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 931.4 \text{ MeV} = 1.49 \cdot 10^{-10} \text{ J}$
  - ▶ Uzávřená soustava - hmotnost a energie v soustavě je konstantní
  - ▶ Otevřená soustava - hmotnost v soustavě je konstantní a energie se vyměňuje s okolím

# Zákon stálých poměrů slučovacích

- ▶ Louis Joseph Proust, 1799<sup>1</sup>
- ▶ Hmotnostní poměr prvků nebo součástí dané sloučeniny je vždy stejný a nezávisí na způsobu přípravy sloučeniny.



- ▶ V  $\text{CO}_2$  je vždy obsah uhlíku 27,29 % a kyslíku 72,71 %.

---

<sup>1</sup>Proust, J.-L. (1799). Researches on copper, Ann. chim., 32:26-54.

# Zákon násobných poměrů slučovacích

- ▶ John Dalton, 1808
- ▶ Tvoří-li spolu dva prvky více sloučenin, pak hmotnosti jednoho prvku, který se slučuje se stejným množstvím prvku druhého, jsou vzájemně v poměrech, které lze vyjádřit malými celými čísly.

Sloučenina	m (N) [g]	m (O) [g]	$\frac{m(O)N_2O}{m(O)N_xO_y}$
$N_2O$	1,00	0,57	1,00
$NO$	1,00	1,14	2,00
$N_2O_3$	1,00	1,72	3,00
$NO_2$	1,00	2,28	4,00
$N_2O_5$	1,00	2,85	5,00

- ▶ **Daltonidy** - sloučeniny, které splňují zákon násobných poměrů slučovacích.
- ▶ **Bertolidy** - nestechiometrické sloučeniny, např. pyrotin, minerál s přibližným vzorcem  $Fe_{1-x}S$ , kde  $x = 0 - 0,2$ .

# Zákon stálých poměrů objemových

- ▶ Gay-Lussac, 1805
- ▶ Při stálém tlaku a teplotě jsou objemy plynů vstupujících spolu do reakce, popřípadě též objemy plynných produktů reakce, vždy ve stejném poměru, který je možno vyjádřit malými celými čísly.
- ▶  $1 \text{ dm}^3$  kyslíku se sloučí s  $2 \text{ dm}^3$  vodíku za vzniku  $2 \text{ dm}^3$  vody.
- ▶  $O_2 + 2 H_2 \rightarrow 2 H_2O$

# Avogadrův zákon

- ▶ Amadeo Avogadro
- ▶ Stejné objemy všech plynů obsahují za stejného tlaku a teploty vždy stejný počet molekul.
- ▶ 
$$\frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{\frac{m_1}{V}}{\frac{m_2}{V}}$$
- ▶ Avogadrova konstanta:  $N_A = 6,022 \cdot 10^{23}$  částic. Její hodnotu stanovil roku 1865 rakouský chemik Johan Josef Loschmidt.
- ▶ Původně byla definována jako počet atomů ve 12 g nuklidu  $^{12}_6\text{C}$ .
- ▶ V roce 2018 byla její hodnota zafixována:<sup>2</sup>
- ▶  $N_A = 6,02214076 \times 10^{23}$
- ▶ Látkové množství:  $n = \frac{\text{počet částic}}{N_A} = \frac{m}{M}$
- ▶ Molární objem:  $V_m = 22,414 \text{ dm}^3$ . Objem 1 molu plynu za standardních podmínek.

---

<sup>2</sup>CODATA recommended values of the fundamental physical constants: 2018 ▶

# Atomová, molekulová a molární hmotnost

- ▶ Hmotnost atomu je dána především počtem protonů a neutronů v jádře, hmotnost elektronů je zanedbatelná.
- ▶ Hmotnost atomu je velmi malé číslo, např. hmotnost  $^{12}_6\text{C}$  je  $1,99 \cdot 10^{-26}$  kg. Proto tuto hmotnost vztahujeme na *atomovou hmotnostní jednotku*, která je rovna  $\frac{1}{12}$  hmotnosti nuklidu  $^{12}_6\text{C}$ .<sup>3</sup>
- ▶  $u = 1,661 \cdot 10^{-27}$  kg;  $A_r = \frac{m}{u}$
- ▶ **Relativní atomová hmotnost ( $A_r$ )** je dána hmotnostním poměrem atomových hmotností jednotlivých izotopů prvku.
- ▶ Chlor:  $^{35}\text{Cl}$  (75,529 %),  $^{37}\text{Cl}$  (24,471 %)<sup>4</sup>
- ▶  $A_r(\text{Cl}) = w(^{35}\text{Cl}) \cdot A_r(^{35}\text{Cl}) + w(^{37}\text{Cl}) \cdot A_r(^{37}\text{Cl}) = 0,75529 \cdot 34,97 + 0,24471 \cdot 36,97 = 35,45$

---

<sup>3</sup>IUPAC Commission on Isotopic Abundances and Atomic Weights

<sup>4</sup>NIST Atomic Weights and Isotopic Compositions for All Elements

- ▶ **Relativní molekulová hmotnost ( $M_r$ )** prvku nebo sloučeniny je rovna součtu  $A_r$  všech atomů v molekule.
- ▶  $H_3PO_4$ :
- ▶  $M_r = 2A_r(H) + A_r(P) + 4A_r(O) = 2 \cdot 1,01 + 30,97 + 4 \cdot 16,00 = 98,02$
- ▶ **Molární hmotnost ( $M$ )** látky je rovna podílu hmotnosti a látkového množství.
- ▶  $M = \frac{m}{n} [g \cdot mol^{-1}]$



# Stechiometrický vzorec

- ▶ **Stechiometrický vzorec** vyjadřuje poměr zastoupení prvků v molekule. Získáme jej např. z elementární analýzy.
- ▶ Uzavíráme jej do složených závorek {}.
- ▶ Elementární analýza poskytuje procentuální zastoupení prvků ve zkoumaném vzorku.
- ▶ Stechiometrický vzorec nemusí odpovídat pouze jedné sloučenině.

Sloučenina	Stechiometrický vzorec	Sumární vzorec
Voda	$\{\text{H}_2\text{O}\}$	$\text{H}_2\text{O}$
Modrá skalice	$\{\text{H}_{10}\text{O}_9\text{SCu}\}$	$\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$
Methan	$\{\text{CH}_4\}$	$\text{CH}_4$
Ethan	$\{\text{CH}_3\}$	$\text{C}_2\text{H}_6$
Propan	$\{\text{C}_3\text{H}_8\}$	$\text{C}_3\text{H}_8$
Ethyn	$\{\text{CH}\}$	$\text{C}_2\text{H}_2$
Cyklobutadien	$\{\text{CH}\}$	$\text{C}_4\text{H}_4$
Benzen	$\{\text{CH}\}$	$\text{C}_6\text{H}_6$

# Stechiometrický vzorec

## Získání stechiometrického vzorce z elementární analýzy

Elementární analýzou fosforečnanu hlinitého bylo zjištěno, že obsahuje 10,22 % Al, 35,21 % P a 54,56 % O. Určete stechiometrický vzorec sloučeniny.



$$\text{Al} : \text{P} : \text{O} = x \cdot A_r(\text{Al}) : y \cdot A_r(\text{P}) : z \cdot A_r(\text{O})$$

$$\text{Al} : \text{P} : \text{O} = 10,22 : 35,21 : 54,56$$

$$x : y : z = \frac{10,22}{A_r(\text{Al})} : \frac{35,21}{A_r(\text{P})} : \frac{54,56}{A_r(\text{O})}$$

$$x : y : z = \frac{10,22}{26,98} : \frac{35,21}{30,97} : \frac{54,56}{16,00}$$

$$x : y : z = 0,38 : 1,14 : 3,41$$

$$x : y : z = 1 : 3 : 9$$

Jedná se o sloučeninu se stechiometrickým vzorcem  **$\text{AlP}_3\text{O}_9$** .

- ▶ **Exaktní čísla** – mají nekonečný počet platných desetinných míst, nemají chybu měření.
- ▶ **Výsledek měření** – počet platných míst je dán přesností měření.
- ▶ Nuly mezi desetinnou čárkou a první nenulovou číslicí nejsou platné číslice. 0,000 **124**; 0,0**105** **002**
- ▶ Nuly, které jsou na konci výsledkou mohou, ale nemusí být platnými číslice, záleží na přesnosti měření. 0,0**10** **400** **0**
- ▶ Čísla je výhodné zapisovat v exponenciálním tvaru:  $1,040 \cdot 10^{-2}$ .
- ▶ Při násobení a dělení má výsledek tolik *platných číslic* jako nejméně přesné číslo.
- ▶ Při sčítání a odčítání má výsledek tolik *desetinných míst* jako nejméně přesné číslo.