



### 3. Základní chemické výpočty

#### 3.1 Přístup k řešení chemických úloh

Abychom mohli popsat chemický děj rovnicí, je nutné nejprve se zorientovat v zadané fyzikálně-chemické situaci. Důležité je rozpoznat podstatu děje, zda jde o prosté slučování, či rozklad, o směšování roztoků, rozpouštění atd.

V řadě případů napomáhá také orientační odhad výsledku, který umožní vyvarovat se hrubých chyb ve výpočtu (např. směšuji-li 20% a 40% roztok, výsledné složení leží v tomto rozmezí).

Dalším krokem je převedení slovního zadání na matematickou formu. K tomu využíváme specifikaci pomocí veličin a vhodné vztahy mezi veličinami, nezbytný je správný převod jednotek a někdy napomůže i grafické schéma.

Jako jediná soustava veličin a jednotek byla u nás uzákoněna v roce 1962 mezinárodní soustava fyzikálních a technických veličin SI (Système International d'Unités, 1960). V této soustavě rozlišujeme dva druhy veličin, základní a odvozené, Tab. 4 a 5.

Tab. 4 Základní veličiny

Základní veličina	Délka	Hmotnost	Čas	Elektrický proud	Teplota	Svítilivost	Látkové množství
Značka	l	m	t	I	T	I	n
Jednotka	m	kg	s	A	K	cd	mol

Tab. 5 Odvozené veličiny


Odvozená veličina	Definiční vztah	Jednotka
rychlost	$v = \frac{S}{t}$	m.s <sup>-1</sup>
zrychlení	$a = \frac{v}{t}$	m.s <sup>-2</sup>
síla	$F = m * a$	N
práce	$A = F * s$	J
plocha	$S = l_1 * l_2$	m <sup>2</sup>
tlak	$p = \frac{F}{S}$	Pa



Násobné a dílčí jednotky vznikají násobením a dělením základních jednotek, Tab. 6.

Tab. 6 Předpony pro násobné jednotky

Předpona	Značka	Význam	Předpona	Značka	Význam
tera	T	$10^{12}$	centi	c	$10^{-2}$
giga	G	$10^9$	mili	m	$10^{-3}$
mega	M	$10^6$	mikro	$\mu$	$10^{-6}$
kilo	k	$10^3$	nano	n	$10^{-9}$
hekto	h	$10^2$	piko	p	$10^{-12}$
deka	da	$10^1$	emto	f	$10^{-15}$
deci	d	$10^{-1}$	atto	a	$10^{-18}$

 *Ve výjimečných případech se násobné jednotky tvoří z dílčích jednotek. Např. kilogram je základní jednotka, ale název se tvoří z gramu předponou kilo-.*

Většina čísel, se kterými se počítá v chemii (ale i fyzice a dalších vědách), jsou čísla nepřesná (kromě koeficientů), která jsou zatížena určitou chybou (pocházející z měření, nebo z nepřesných výpočtů). Neurčitost čísla se vyjadřuje buď explicitně, např.  $3,14 \pm 0,02$ , nebo implicitně, správným počtem platných číslic, přičemž poslední místo je neurčité. V tomto případě hodnota 3,14 obsahuje tři platné číslice: první číslice (zde dvě) jsou jisté, poslední číslice je s nejistotou, číslo je tedy neurčité na druhém desetinném místě, oproti 3,1400, které je neurčité na čtvrtém desetinném místě. Za absolutně přesné obvykle považujeme jen čísla zadání; např. připravte 2 litry roztoku.

Správný výsledek je proto nezbytné zaokrouhlit na správný počet platných číslic. Při zaokrouhlování platí následující pravidla:

1. vypustit všechny číslice nižších řádů,
2. je-li číslice na dalším řádovém místě 5 a vyšší, přičíst k číslici požadovaného řádu jednotku,
3. je-li číslice na dalším řádovém místě menší než 5, ponechat číslice požadovaného řádu nezměněné.

Pokud do výpočtu vstupují číslice s různým počtem míst, pak platí následující:

1. sčítání a odečítání - rozhodující číslo s nejvyšším řádem své poslední platné číslice,



2. násobení a dělení – rozhodující je číslo s nejmenším počtem platných číslic.

**Př.** Zaokrouhlete číslo 5,214510 na tři desetinná místa:

- vypustíme číslice na nižších řádech (dostaneme 5,214),
- čísllice na prvním vypuštěném místě je 5, proto přičteme k číslici řádu, na nějž zaokrouhlujeme, jednotku.
- Výsledkem je 5,215.

**Př.** Stanovte správnou hmotnost vzorku váženého na vahách s rozdílnou přesností. Hmotnosti vzorku: 12,2; 12,1483; 12,136; 12,15; 12,14827 g.

- vypočítáme aritmetický průměr obvyklým způsobem -  $\bar{m} = \frac{\sum m}{n} = \frac{60,78257}{5} = 12,156514$ ,
- nejméně přesný údaj bude rozhodovat o počtu platných míst –  $m = 12,2$  g,
- odpověď: Správná hmotnost vzorku je 12,2 g.

*👉 Sčítat a odčítat lze pouze hodnoty stejných veličin vyjádřené ve stejných jednotkách. Násobit a dělit lze hodnoty různých veličin vyjádřené v jednotkách v rámci jednoho systému.*

*👉 Při sčítání (odčítání) čísel s různým počtem platných číslic se řád výsledku bude řídit řádem toho sčítance, který má nejvyšší poslední platný řád. Při násobení (dělení) nepřesných čísel je rozhodující to, které má nejmenší počet platných číslic.*

### 3.2 Látkové množství

Při řešení chemických úloh nebereme v úvahu jednotlivé atomy či molekuly, ale látkové množství dané určitým počtem specifikovaných částic, tedy atomů, molekul, iontů apod. Látkové množství látky  $i$ ,  $n_i$  (mol), je takové množství částic, kolik atomů uhlíku obsahuje 0,012 kg čistého nuklidu  $^{12}\text{C}$ , a je definováno jako:

$$n_i = \frac{N_i}{N_A} \text{ [mol]},$$

$N_i$  je počet částic (atomů, molekul atd.) látky (-) a  $N_A$  Avogadrova konstanta ( $\text{mol}^{-1}$ ) a

$$N_A = 6,022\ 140\ 76 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}.$$



Jinými slovy:  $1 \text{ mol} = 6,022 \cdot 10^{23}$  částic. Látkové množství se zavádí proto, abychom se vyhnuli výpočtům, kdy by figurovaly přímo počty atomů a molekul, neboť by to byla obrovská čísla, nepříjemná pro počítání.

**Př.** Výpočet látkového množství  $3,0115 \cdot 10^{23}$  atomů uhlíku:

a)  $N = 3,0115 \cdot 10^{23}$

$$N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

$$n_a = ?$$

b) Napíšeme rovnici, doplníme známé hodnoty a vypočítáme:

$$n_a = \frac{N}{N_A} = \frac{3,0115 \cdot 10^{23}}{6,022 \cdot 10^{23}} = 0,5 \text{ mol.}$$

c) odpověď: Dané množství představuje 0,5 molu atomů uhlíku.

### 3.3 Hmotnost látek

V chemii určujeme hmotnost látek,  $m_i$  (kg), vážením, zpravidla na analytických vahách s různým rozsahem a přesností měření. Atomová hmotnost prvků má však velice malé hodnoty, proto byla k určení hmotnosti atomů zavedena atomová hmotnostní jednotka a atomová hmotnostní konstanta:

$$1u \approx m_u \approx 1,66044 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

☞ Při praktických výpočtech se většinou nepracuje s hmotnostní jednotkou, ale používá se její číselná hodnota. Ta se rovná číselné hodnotě molární hmotnosti atomů příslušného prvku vyjádřené v jednotkách  $\text{g mol}^{-1}$  či  $\text{kg mol}^{-1}$ .

☞ Dále je možné definovat relativní (poměrnou) atomovou hmotnost prvku  $A_r$ :

$$A_r = \frac{\bar{m}_i}{m_u}$$


což je číselná hodnota hmotnosti atomu prvku vyjádřená v jednotkách  $u$ , nebo číselná hodnota molární hmotnosti vyjádřená v  $\text{g mol}^{-1}$ .



Pracovat s látkovým množstvím v molech nebývá vždy výhodné, proto byla zavedena veličina molární hmotnost  $M_i$  ( $\text{kg mol}^{-1}$ ). Pro látkové množství pak platí vztah:

$$n_i = \frac{m_i}{M_i} \text{ mol}$$

Molární hmotnost látky  $i$  určíme pomocí periodické tabulky prvků, jako součet atomových hmotností jednotlivých prvků. V tabulce jsou zpravidla uvedeny v ( $\text{g.mol}^{-1}$ ).

 Molární hmotnost atomu vodíku  $M_H = 1,00797 \text{ kg mol}^{-1} \sim$  hmotnosti atomu vodíku  $m_H = 1,00797 \text{ u} \sim$  relativní atomové hmotnosti vodíku  $A_r(H) = 1,00797$ .

$$\text{Obecně: } M_i = \{A_r\} \cdot \text{g.mol}^{-1}$$

$$M_i = \{A_r\} \cdot \text{u}$$

**Př.** Vypočítejte molární hmotnost chlorovodíku.

a) v PTP vyhledáme relativní atomové hmotnosti jednotlivých prvků –  $A_r(\text{H}) = 1,00797$ ,  
 $A_r(\text{Cl}) = 35,453$ ,


b)  $M_r = 36,461$

c)  $M(\text{HCl}) = \{A_r(\text{Cl})\} \cdot \text{g.mol}^{-1} = 36,461 \text{ g.mol}^{-1}$ .

d) Odpověď: Molární hmotnost chlorovodíku je  $36,461 \text{ g.mol}^{-1}$ .

Molární objem  $V_m$  ( $\text{m}^3 \text{ mol}^{-1}$ ) látek je definovaný jako:

$$V_m = \frac{V}{n} \text{ m}^3.$$

 Podle Avogadrova zákona stejné látkové množství libovolné plynné látky zaujímá za normálních podmínek ( $p_n = 1,01325 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ ,  $t_n = 0 \text{ }^\circ\text{C}$ ) stejný objem. Z toho vyplývá hodnota pro normální molární objem  $V_{mn} = 0,002241 \text{ m}^3 \text{ mol}^{-1}$ .



**Př.** Vypočítejte, kolikrát je acetylen lehčí než vzduch, pokud je hmotnost 1 l vzduchu 1,293 g a molární hmotnost acetyleny je  $26 \text{ g mol}^{-1}$ .

a) známé údaje pro acetylen –  $M_1 = 26 \text{ g mol}^{-1}$

$$V_{mn} = 22,4 \text{ l mol}^{-1}$$

$$V_1 = 1,0 \text{ l}$$

b) známé údaje pro vzduch –  $V_2 = 1,0 \text{ l}$

$$m_2 = 1,293 \text{ g}$$

c) vypočítáme molární množství acetyleny -  $n = \frac{V_1}{V_{mn}} = \frac{1,0}{22,4} = 0,045 \text{ mol}$ ,


d) vypočítáme hmotnost acetyleny -  $m_1 = n * M_1 = 1,161 \text{ g}$ ,

e) hmotnosti dáme do poměru -  $\frac{m_2}{m_1} = \frac{1,293}{1,161} = 1,114$ ,

f) odpověď: Acetylen je 1,114 lehčí než vzduch.

Veličina, která vyjadřuje poměr mezi hmotností a objemem dané látky, je definována jako hustota  $\rho_i \text{ (kg m}^{-3}\text{)}$ :

$$\rho_i = \frac{m_i}{V_i} \text{ kg m}^{-3}.$$

 *Hustotu je možné vypočítat i z molární hmotnosti a normálního molárního objemu.*

**Př.** Vypočítejte molární hmotnost plynu, jehož hustota je  $1,43 \text{ g dm}^{-3}$ .

a)  $\rho = 1,43 \text{ g dm}^{-3}$

$$V_{mn} = 22,4 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1}$$

b)  $M = \rho * V_{mn} = 1,43 * 22,4 = 32 \text{ g mol}^{-1}$ ,

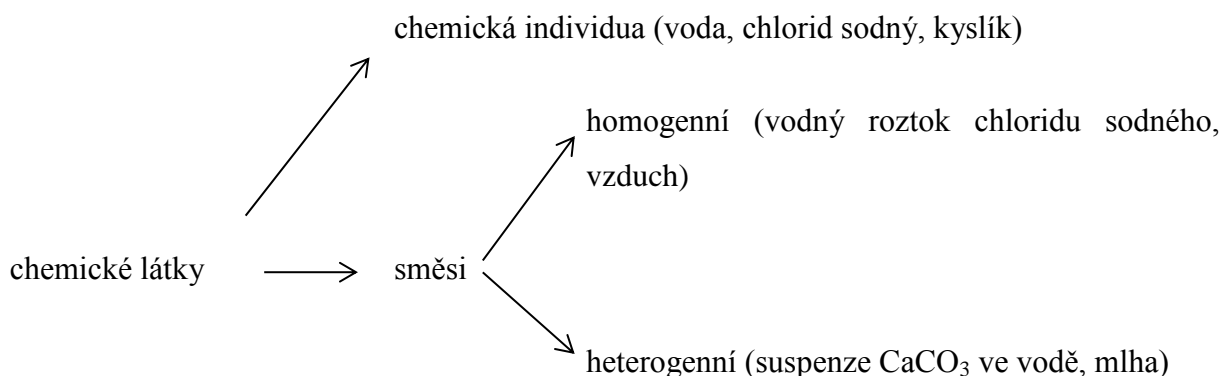
c) odpověď: Molární hmotnost plynu je  $32 \text{ g mol}^{-1}$ .



### 3.4 Složení směsí

V praxi se málokdy setkáváme s čistými látkami; prakticky vše, co nás obklopuje, jsou směsi, systémy obsahující více chemických látek. Množství jednotlivých složek ve směsi vyjadřujeme různými způsoby, podle praktičnosti.

Chemické látky klasifikujeme následovně:



#### 3.4.1 Hmotnostní zlomek

Hmotnostní zlomek složky  $i$  se označuje  $w_i$  (weight) a určuje podíl hmotnosti složky  $i$  na hmotnosti celé směsi  $m$  (kg):

$$w_i = \frac{m_i}{m} [-, \%].$$

**Př.** 0,2 molu NaCl bylo rozpuštěno v 3 l destilované vody. Určete hmotnostní zlomek soli ve vzniklém roztoku.  $M_{\text{NaCl}} = 58,44 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$

a)  $n_{\text{NaCl}} = 0,2 \text{ mol}$

$$m_{\text{H}_2\text{O}} = V_{\text{H}_2\text{O}} = 3 \text{ 000 g}$$

$$M_{\text{NaCl}} = 58,44 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$$

b) hmotnost NaCl -  $m_{\text{NaCl}} = n_{\text{NaCl}} \cdot M_{\text{NaCl}} = 0,2 * 58,98 = 11,80 \text{ g}$ ,

c) hmotnostní zlomek -  $w_{\text{NaCl}} = \frac{m_{\text{NaCl}}}{m_{\text{NaCl}} + m_{\text{H}_2\text{O}}} = \frac{11,80}{3011,80} = 0,00392 = 0,392\%$ ,

d) odpověď: Hmotnostní zlomek soli v roztoku je 0,392%.



### 3.4.2 Molární a objemový zlomek

Analogicky k hmotnostnímu zlomku můžeme definovat i zlomky molární  $x_i$  a objemový  $\varphi_i$ . Jejich využití je však méně časté, než v případě hmotnostního zlomku.

$$wx_i = \frac{n_i}{n} [-, \%],$$

$$\varphi_i = \frac{V_i}{V} [-, \%].$$

### 3.4.3 Molární koncentrace

Pro popis roztoků se velmi často používá molární koncentrace  $c_i$  ( $\text{mol m}^{-3}$ ), která udává látkové množství složky i na jednotku objemu roztoku.

$$c_i = \frac{n_i}{V} [\text{mol} \cdot \text{m}^{-3}, \text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}, \text{mol} \cdot \text{l}^{-1}].$$

👉 Můžeme se také setkat s vyjádřením „0,2 M roztok“ (slovně 0,2 molární roztok), což bude roztok o koncentraci  $0,2 \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$ .

**Př.** Kolik gramů chloridu vápenatého potřebujeme pro přípravu 500 ml roztoku o koncentraci  $0,3 \text{ mol dm}^{-3}$ ?

a)  $V = 500 \text{ ml} = 0,5 \text{ dm}^3$

$$c = 0,3 \text{ mol dm}^{-3}$$

b) z PTP zjistíme atomové hmotnosti prvků a vypočítáme molární hmotnost –

$$M_{\text{CaCl}_2} = A_{\text{Ca}} + 2A_{\text{Cl}} = 110,986 \text{ g mol}^{-1},$$

c) vypočteme látkové množství  $\text{CaCl}_2$  v připravovaném roztoku -

$$n_{\text{CaCl}_2} = c_{\text{CaCl}_2} \cdot V = 0,3 \cdot 0,5 = 0,15 \text{ mol},$$

d) toto látkové množství přepočteme pomocí molární hmotnosti na hmotnost -

$$m_{\text{CaCl}_2} = n_{\text{CaCl}_2} \cdot M_{\text{CaCl}_2} = 0,15 \cdot 110,986 = \underline{16,648 \text{ g}},$$





e) odpověď: Potřebujeme 16,648 g chloridu vápenatého.

### 3.4.4 Hmotnostní koncentrace

Pro vyjádření koncentrace roztoků, zejména v hydrochemii, se často používá hmotnostní koncentrace, značená  $\rho_i$  (pozor na záměnu s hustotou  $\rho$ ). Obvyklou jednotkou je  $mg.l^{-1}$ .

$$\rho_i = \frac{m_i}{V} [kg.m^{-3}, mg.l^{-1}].$$

**Př.** Známa minerální voda z Kyselky u Karlových Varů obsahuje 74,0  $mg.l^{-1}$  vápníku. Převed'te tuto hmotnostní koncentraci na molární koncentraci a hmotnostní zlomek vápníku v této minerálce. Uvažujte hustotu minerálky  $\rho = 1001,4 kg.m^{-3}$ .

a)  $\rho_{Ca} = 74,0 mg.l^{-1}$

$$\rho = 1001,4 kg.m^{-3}$$

b) vypočítáme koncentraci vápníku -  $c_{Ca} = \frac{n_{Ca}}{V} = \frac{\rho_{Ca} \cdot V}{M_{Ca} \cdot V} = \frac{\rho_{Ca}}{M_{Ca}} = \frac{0,074}{40,078} = 1,8 \cdot 10^{-3} mol.l^{-1}$ ,

c) vypočítáme hmotnostní zlomek -  $w_{Ca} = \frac{m_{Ca}}{m} = \frac{0,074}{1001,4} = 0,0074 \%$ ,

d) odpověď: molární koncentrace vápníku v Kyselce je  $1,8 \cdot 10^{-3} mol.l^{-1}$  a hmotnostní zlomek 0,0074%.

### 3.4.5 Vzájemné vztahy veličin pro vyjadřování složení směsí

$$m(směs) = m(A) + m(B) + m(C) + \dots$$

Hmotnostní zlomek složky B v uvedené směsi se rovná:

$$w(B) = \frac{m(B)}{m(směs)} = \frac{m(B)}{m(A)+m(B)+m(C)+\dots}$$

Dále víme, že:



$$m(B) = n(B) \cdot M(B) \qquad n(B) = x(B) \cdot n,$$

Po zkrácení  $n$  dostáváme vztah pro výpočet hmotnostního zlomku ze složení udaného v molárních zlomcích:

$$w(B) = \frac{m(B)}{m(\text{směs})} = \frac{x(B) \cdot M(B)}{x(A) \cdot M(A) + x(B) \cdot M(B) + x(C) \cdot M(C) + \dots}$$

Podobně odvodíme pro výpočet molárního zlomku složky B ze zlomku hmotnostního:

$$x(B) = \frac{n(B)}{n(A) + n(B) + n(C) + \dots},$$

platí:

$$m(B) = w(B) \cdot m(\text{Bsměs}),$$

po zkrácení  $m(\text{směs})$  dostaneme vztah pro výpočet molárního zlomku ze složení udaného v hmotnostních zlomcích:

$$x(B) = \frac{\frac{w(B)}{M(B)}}{\frac{w(A)}{M(A)} + \frac{w(B)}{M(B)} + \frac{w(C)}{M(C)} + \dots}.$$

Podobně lze odvodit vztahy mezi  $w(B)$  a  $c(B)$  v roztoku látky B:

$$c(B) = \frac{n(B)}{V(\text{roztok})} = \frac{m(B)}{M(B) \cdot V(\text{roztok})} = \frac{w(B) \cdot m(\text{roztok})}{M(B) \cdot V(\text{roztok})},$$

$$c(B) = \frac{w(B)}{M(B)} \cdot \rho,$$

$$w(B) = \frac{c(B) \cdot M(B)}{\rho}.$$

👉 Při dosazování do těchto vzorců je nutné dávat pozor na jednotky!

### 3.4.6 Stavová rovnice ideálního plynu

Při výpočtech týkajících se plynů uvažujeme ideální plyn, pro který byla definována stavová rovnice. Spojení ideální plyn v názvu znamená, že chování skutečných plynů je daleko



komplikovanější. Nicméně, pro jednoduchý odhad za běžných podmínek je tato rovnice dostačující:

$$p \cdot V = n \cdot R \cdot T.$$

Význam symbolů:  $p$  tlak ( $Pa$ ),  $V$  objem ( $m^3$ ),  $n$  látkové množství ( $mol$ ),  $T$  termodynamická teplota ( $K$ ) a plynová konstanta  $R = 8,3145 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$ . Vztah mezi teplotou  $t$  ( $^{\circ}\text{C}$ ) a  $T$  je dán rovnicí:

$$T = t + 273,15 \text{ [K]}$$

Při výpočtech s plynými látkami se často setkáme s pojmem standardní (normální) podmínky: teplota  $293,15 \text{ K}$  a tlak  $101\,325 \text{ Pa}$  (atmosférický). Jednotkou tlaku podle SI je Pascal  $Pa$  ( $\text{N} \cdot \text{m}^{-2}$ ), nicméně při měření tlaku se v technické praxi často užívají i další jednotky, Tab. 7.

Tab. 7 Jednotky tlaku

Označení jednotky	Přepočet na Pa
1 b (bar)	100 000 Pa
1 atm (atmosféra)	101 325 Pa
1 Torr (1 mm rtuťového sloupce)	133,3 Pa
1 psi (pound per square inch)	6895 Pa

**Př.** Spočítejte hmotnost  $2 \text{ m}^3$  vzduchu za standardních podmínek. Molární hmotnost vzduchu uvažujte  $28,96 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ .

a)  $V = 2 \text{ m}^3$

$$M_{\text{vzduch}} = 28,96 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$T = 293,15 \text{ K}$$

$$p = 101\,325 \text{ Pa}$$

b) ze stavové rovnice vypočítáme látkové množství –  $n = \frac{p \cdot V}{R \cdot T} = \frac{101325 \cdot 2}{8,3145 \cdot 293,15} = 83,142 \text{ mol}$ ,



c) vypočítáme hmotnost -  $m = n \cdot M = 83,142 \cdot 28,96 = 2,408 \text{ kg}$ .

d) odpověď: Za standardních podmínek váží 2 m<sup>3</sup> vzduchu 2,408 kg.

**Př.** Při reakci 4 g vápence s přebytkem kyseliny chlorovodíkové vzniklo 0,86 dm<sup>3</sup> oxidu uhličitého (21 °C, 101,9 kPa). Vypočítejte hmotnostní zlomek CaCO<sub>3</sub> ve vápenci.

Reakční schéma:  $\text{CaCO}_3 + 2\text{HCl} \rightarrow \text{CaCl}_2 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

a) Zapišeme známé údaje:  $m_{\text{CaCO}_3} = 4 \text{ g}$

$$V_{\text{CO}_2} = 0,00086 \text{ dm}^3$$

$$T = 273,15 + 21 = 294,15 \text{ K}$$

$$p = 101\,900 \text{ Pa}$$

b) Ze zadaných údajů můžeme pomocí stavové rovnice vypočítat látkové množství vzniklého

$$\text{CO}_2: n(\text{CO}_2) = \frac{p \cdot V}{R \cdot T} = \frac{101\,900 \cdot 0,00086}{8,314 \cdot 294,15} = 0,0358.$$

c) Látkové množství oxidu uhličitého dle rovnice odpovídá látkovému množství oxidu uhličitého. Můžeme tedy vypočítat hmotnost oxidu uhličitého:

$$m(\text{CaCO}_3) = n(\text{CaCO}_3) \cdot M(\text{CaCO}_3) = 0,0358 \cdot 100,1 = 3,587.$$

d) Hmotnostní zlomek uhličitanu ve vápenci je:

$$w(\text{CaCO}_3) = \frac{m(\text{CaCO}_3)}{m} = \frac{3,587}{4} = 0,8967 = 89,7\%.$$

d) Vápenec obsahoval 89,7 % uhličitanu vápenatého.

**Úlohy ukázkové III.**

1. Za tzv. normálních podmínek obsahuje 1 cm<sup>3</sup> vzduchu 2,0981.10<sup>19</sup> molekul dusíku, 5,6287.10<sup>18</sup> molekul kyslíku, 8,0602.10<sup>15</sup> molekul CO<sub>2</sub>, 2,4987.10<sup>17</sup> atomů argonu a méně než 1.10<sup>15</sup> atomů a molekul jiných složek. Kolik částic obsahuje celkem 1 cm<sup>3</sup> vzduchu?

a) Zadané hodnoty je třeba vyjádřit ve stejném řádu a sečíst - použijeme nejvyšší řád 10<sup>19</sup>

2,0981.10<sup>19</sup>, 0,56287.10<sup>19</sup>, 0,00080602.10<sup>19</sup>, 0,024987.10<sup>19</sup>,

b) sečteme a uvedeme se správným počtem platných míst - 2,6868.10<sup>19</sup> částic,

c) odpověď: 1 cm<sup>3</sup> vzduchu obsahuje 2,6868.10<sup>19</sup> částic.

2. Vypočítejte, jaké látkové množství představuje 36,138.10<sup>26</sup> atomů vodíku.

a)  $N = 36,138.10^{26}$

$$N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

$$n_H = ?$$

b)  $n_H = \frac{N}{N_A} = \frac{36,138.10^{26}}{6,022.10^{23}} = 6.10^3 \text{ mol} = 6 \text{ kmol}$

c) Dané množství představuje 6 000 molů atomů vodíku.

3. Vypočítejte, jaké látkové množství představuje 3,02391 g atomového vodíku.

a)  $m_H = 3,02391 \text{ g}$

$$M_H = 1,00797 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$n_H = ?$$



$$b) n_H = \frac{m_H}{M_H} = \frac{3,02391}{1,00797} = 3 \text{ mol}$$

c) Dané množství představuje 3 moly atomového vodíku.

4. Kolik atomů zinku je obsaženo v 10 g čistého kovu?

$$a) m_{Zn} = 10 \text{ g}$$

$$M_{Zn} = 65,37 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$b) n_{Zn} = \frac{m_{Zn}}{M_{Zn}} = \frac{10}{65,37} = 0,1530 \text{ mol}$$

$$c) N_{Zn} = n_{Zn} \cdot N_A = 0,1530 \cdot 6,022 \cdot 10^{23} = 9,214 \cdot 10^{22} \text{ atomů}$$

d) 10 g čistého zinku obsahuje  $9,214 \cdot 10^{22}$  atomů.

5. Kolik gramů čistého NaCl musíme navážít, potřebujeme-li pro reakci 0,425 mol této látky?

$$a) M_{Na} = 22,99 \text{ g mol}^{-1}$$

$$M_{Cl} = 35,45 \text{ g mol}^{-1}.$$

$$b) M_{NaCl} = M_{Na} + M_{Cl} = 22,99 + 35,45 = 58,44 \text{ g mol}^{-1}.$$

$$c) m = n \cdot M = 0,425 \cdot 58,44 = 24,84 \text{ g}.$$

d) Musíme navážít 24,84 g čistého NaCl.

6. Vypočítejte objem 0,005 kilomolů ideálního plynu při teplotě 22 °C a tlaku 101,3 kPa.

$$a) T = 22 \text{ °C} = 22 + 273,15 = 295,15 \text{ K}$$

$$p = 101,3 \text{ kPa} = 101\,300 \text{ Pa}$$



$$n = 0,005 \text{ kilomolů} = 5 \text{ molů}$$

$$b) V = \frac{nRT}{p} = \frac{5 \cdot 8,314 \cdot 295,15}{101300} = 0,121 \text{ m}^3,$$

c) Za daných podmínek je objem 0,005 kilomolů ideálního plynu 0,121 m<sup>3</sup>.

### Úlohy k procvičení III.

**Převeďte do požadovaných jednotek:**

1. 52 nm = μm
2. 0,025 mg = μg
3. 255 nm = mm
4. 5 m<sup>3</sup> = mm<sup>3</sup>
5. 895 N.m<sup>-2</sup> = Pa
6. 55 tun = dkg
7. 286 K = °C
8. 1 123 021 Pa = MPa
9. 1250 kg.m<sup>-3</sup> = g.l<sup>-1</sup>
10. 0,348 g.g<sup>-1</sup> = %
11. 1235 mS.m<sup>-1</sup> = μS.cm<sup>-1</sup>
12. 0,1257 g.cm<sup>-3</sup> = kg.m<sup>-3</sup>
13. 215 ng.kg<sup>-1</sup> = ppm
14. 25 mg.kg<sup>-1</sup> = ppb
15. 14,2 μS.cm<sup>-1</sup> = mS.m<sup>-1</sup>
16. 1,75.10<sup>-10</sup> m = Å
17. 45,8 kg.m<sup>-3</sup> = g.dm<sup>-3</sup>
18. 15,6 mol.l<sup>-1</sup> = mol.cm<sup>-3</sup>
19. 33,33 g.cm<sup>-3</sup> = kg.dm<sup>-3</sup>
20. 5,4 g.mol<sup>-1</sup> = kg.mol<sup>-1</sup>

**Vypočítejte příklady:**

1. Vypočítejte, jaký počet molekul představuje 10 molů  $\text{CO}_2$ . [6,022.  $10^{24}$  molekul]
2. Vypočítejte, jaké látkové množství představuje 18,069.  $10^{23}$  molekul kyslíku. [3 moly]
3. Určete, kde je víc atomů – v 1g atomového kyslíku, nebo v 1 g atomového vodíku?  
[1g H obsahuje více atomů než 1g O]
4. Jaké látkové množství odpovídá 32 g mědi? [0,5 mol]
5. Určete látkové množství KCN, jež je obsaženo v navážce 0,0123 g této látky.  
[1,89.  $10^{-4}$  mol]
6. Jakou hmotnost v g má tolik atomů železa, kolik jich je ve 4 g síry? [6,98 g]
7. Vypočítejte hodnotu jednotky hmotnosti atomů z molární hmotnosti nuklidu uhlíku  $^{12}_6\text{C}$ . [1,6604.  $10^{-27}$ ]
8. Vypočítejte molární hmotnost uhličitanu vápenatého v  $\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$ , když víte, že 10 kmol má hmotnost 1000,9 kg. [100,09  $\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$ ]
9. Vypočítejte spotřebu vzduchu za den při výrobě amoniaku, jestliže denní spotřeba vzdušného dusíku je 1250 tun. [1 250 000  $\text{m}^3$ ]
10. Kolik vody odměříme za normální teploty v kalibrovaném válci, aby tento objem představoval 6 molů vody? [108  $\text{cm}^3$ ]
11. Chleba s řízkem je zabalen do alobalu (hliníková folie) o tloušťce 25  $\mu\text{m}$ , plocha alobalu je 600  $\text{cm}^2$ . Určete počet atomů hliníku v tomto kusu alobalu. Hustota hliníku je 2700  $\text{kg}/\text{m}^3$ . [9,0345.  $10^{22}$  atomů Al]
12. Nad Prahou se strhla prudká bouřka a napršel 1 mmol dešťových kapek. Do jaké výšky vystoupá hladina Vltavy za předpokladu, že je na ní postavena dostatečně vysoká hráz, aby žádná voda neodtekla mimo město. Průměr dešťové kapky je 0,5 mm (uvažujte, že kapka je kulová), rozloha Prahy je 496  $\text{km}^2$ . [79 m]
13. Pomocí stavové rovnice ideálního plynu vypočítejte hmotnost vzduchu ( $M_{\text{vzduch}}=28,96 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ ) v místnosti o rozměrech 6\*6\*3 m. [128 kg]
14. Solný roztok pro vyplachování nosu při rýmě se připravuje smícháním 200 ml vody a 3 g chloridu sodného. Určete hmotnostní zlomek NaCl v této směsi. [1,48 %]
15. Při odstraňování námrazy z letadel před startem se používá směs vody a glykolu (1,2-ethandiol, „Fridex“) obsahující 55 hm. % glykolu. Nádrž odmrazovacího automobilu pojme 5 t směsi. Určete množství vody a glykolu, které je třeba načerpat do nádrže.  
[2 250 kg vody a 2 750 kg glykolu]





16. Sklářský písek (křemen) se vyrábí separací kaolinitického pískovce, složeného z 94 hm. % křemene a zbývajících 6 % je kaolinit a řada dalších minerálů, ve sklářském písku nežádoucích. Jaké množství pískovce je třeba zpracovat na 1 tunu sklářského písku? [1,064t]
17. Při analýze vody se využívá roztok manganistanu draselného o koncentraci 0,002 mol/dm<sup>3</sup>. Určete navážku KMnO<sub>4</sub> potřebného pro přípravu 2 litrů tohoto roztoku. [0,63 g]
18. Určete molární koncentraci, hmotnostní koncentraci a hmotnostní zlomek chloridu vápenatého v roztoku, jež byl připraven rozpuštěním 3 gramů chloridu vápenatého ve vodě. Celkový objem získaného roztoku byl 2 dm<sup>3</sup>. Předpokládejte, že hustota tohoto roztoku je rovna hustotě vody. [ρ=1,5 g.l<sup>-1</sup>, c=0,0135 mol. l<sup>-1</sup>, w=0,15 %]
19. Vypočítejte molární koncentraci železitých a síranových iontů v roztoku, vzniklém rozpuštěním 15 g Fe<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>·7H<sub>2</sub>O ve vodném roztoku o celkovém objemu 5 l. Tato sůl se rozpouští následujícím způsobem:
- $$Fe_2(SO_4)_3 \cdot 7H_2O \rightarrow 2 Fe^{3+} + 3 SO_4^{2-} + 7H_2O$$
- [Fe<sup>3+</sup> 0,0114 mol. l<sup>-1</sup> a SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 0,0172 mol. l<sup>-1</sup>]
20. Včely se v zimě přikrmují roztokem cukru a vody (hmotnostně 1:1), který má mít hustotu 1,23 g/cm<sup>3</sup>. Určete kolik cukru a vody potřebuje včelař, má-li připravit 25 l tohoto roztoku. [15,375 kg]
21. Argon je vzácný plyn, používá se jako ochranná atmosféra při svařování nebo pro umělé dozrávání banánů. Získává se izolováním ze vzduchu; v něm je obsah argonu 0,93 mol. %. Určete objem vzduchu, který je třeba zpracovat, abychom získali 1 tunu argonu. Předpokládejte, že vzduch má normální tlak a teplotu. [65 119 m<sup>3</sup>]
22. Při spotřebitelském testu instantní kávy bylo zjištěno, že nápoj (200 ml) připravený z 2 g kávy vykazuje koncentraci kofeinu 328 mg/l. Určete hmotnostní zlomek kofeinu v instantní kávě. [3,28 %]
23. Výrobna metylesteru řepkového oleje (MEŘO, „bionafta“) v Lovosicích ročně vyprodukuje 120000 tun MEŘO. Běžné diesellové automobilové palivo se označuje B6, to znamená, že obsahuje 6 hm. % MEŘO a 94 hm. % ropného podílu. Vypočítejte, kolik tun paliva B6 umožňuje vyrobit výše uvedené množství MEŘO. [2.10<sup>6</sup> t]
24. Doporučená denní dávka hořčiku pro dospělého je 0,4 g. Nejmenovaná minerální voda, vyznačující se vysokým obsahem hořčiku, ho obsahuje 170 mg/dm<sup>3</sup>. Kolik



CHO – cvičení, FSV, ČVUT v Praze

minerálky bychom museli denně vypít, pokud bychom hořčík nezískávali i z jiných potravin? [2,35 l]

25. Vypočítejte, kolik atomů uhlíku je obsaženo ve 32 g acetylidu vápenatého ( $\text{CaC}_2$ ).

[ $6,022 \cdot 10^{23}$  atomů C]