

**OSTRAVSKÁ UNIVERZITA**

[TADY KLEPNĚTE A NAPIŠTE NÁZEV FAKULTY]  
FAKULTA



**CHEMICKÉ VÝPOČTY S LOGIKOU II**

TOMÁŠ HUDEC

OSTRAVA 2003

Na této stránce mohou být základní tirážní údaje o publikaci.

---

**OBSAH PŘEDMĚTU**

Úvod .....	3
1. Roztoky	
1.1. Hmotnostní procentová koncentrace .....	5
1.2. Objemová procentová koncentrace .....	11
1.3. Molární koncentrace .....	13
1.4. Molalita .....	19
1.5. Ředění roztoků .....	21
1.6. Zahušťování roztoků .....	29
1.7. Mísení roztoků o různých koncentracích .....	35
2. Termochemie .....	43
Literatura .....	49

Obsah může přetéci i na tuto (sudou) stranu.

## Ú V O D

Tento učební text navazuje na distanční text Chemické výpočty s logikou I a v intencích tohoto textu se snaží podat téma, které je pro chemika jedním ze základních. Roztoky a znalosti jejich přípravy jsou tématem, které je často díky složitosti výpočtů neoblíbené a co je horší i nepochopené. Termochemie jako nejméně frekventované téma chemické termodynamiky také umožňuje některá zjednodušení, která se pokouším ve svém textu podhalit. Cílem kurzu je pracovat s účastníky na odhalení univerzálních postupů řešení skupin úloh s co nejmenšími nároky na znalosti vzorců a pouček.

Základním myšlenkovým pochodem je tady logická úvaha. Základním matematickým aparátem je tady „trojčlenka“. Obsah textu mohou účastníci kurzu bezprostředně využít při své práci s žáky základních i středních škol.

Předpokládám, že oba texty a s nimi spojené kurzy poslouží k doplnění metod, které již účastníci, či čtenáři používají.

### **Po prostudování textu budete znát:**

- metodiku řešení početních úloh chemie v oblasti roztoků a termochemie
- analogie mezi metodami řešení těchto úloh
- možnosti zobecnění některých řešení
- praktická řešení vybraných skupin úloh

### **Budete schopni:**

- řešit vybrané početní úlohy chemie za použití minimálních nároků na paměťovou složku.
- přistupovat k problematice početních úloh chemie vybraných oblastí pouze se základním matematickým aparátem.
- logicky navrhnout řešení konkrétních úloh

### **Získáte:**

- širší přehled v oblasti řešení početních úloh chemie
- logické souvislosti
- možnost vzájemného doplnění s „klasickými“ metodami řešení
- možnost praktického využití ve své pracovní činnosti

**Čas potřebný k prostudování učiva předmětu:**  
2 + 18 hodin (teorie + řešení úloh)

Úvod může přetéci na tuto (sudou) stránku.

## 1. ROZTOKY

**V této kapitole se dozvíte:**

- jednoduché postupy řešení úloh výše uvedeného tématu

**Budete schopni:**

- s minimálním aparátem řešit úlohy výše uvedeného tématu

**Klíčová slova této kapitoly:**

*Koncentrace, roztok, ředění, zahušťování, mísení*



**Čas potřebný k prostudování učiva kapitoly:**  
1,5 + 14 hodiny (teorie + řešení úloh)

### 1.1. HMOTNOSTNÍ PROCENTOVÁ KONCENTRACE

**Hmotnostní procentová koncentrace** ...  $p_m(B)$  ... vyjadřuje hmotnost rozpuštěné látky B ve 100 g ( kg apod.) roztoku.

$$p_m(B) = \frac{m(B) \cdot 100}{m_{\text{roztoku}}}$$

**Jaká je procentová koncentrace roztoku získaného rozpuštěním 17 gramů hydroxidu sodného ve 130 gramech (ml) vody ?**



m NaOH (g)	...	m roztoku (g)
17	...	17 + 130 = 147
<u>x</u>	...	<u>100</u>

$$x = \frac{17 \cdot 100}{147} = \underline{11,56 \text{ g}}$$

Roztok má koncentraci 11,56 % .

**Průvodce studiem.**

*Koncentrace ... vyjádření složení vicesložkové soustavy na základě množství jejích jednotlivých složek.*



**Urči procentovou ( procentuální ) koncentraci roztoku, který obsahuje ve 120 gramech 5 gramů soli .**

m soli (g)		m roztoku (g)
5	...	120
x	...	100

$$x = \frac{5 \cdot 100}{120} = \underline{4,2 \text{ g}}$$

Roztok má koncentraci 4,2 % .

**Průvodce studiem.**

*Stačí tedy zjistit hmotnost soli ve 100 gramech roztoku, přičemž mohou pracovat obecně a konkrétní sůl znát nepotřebují.*

**Úkol k textu.**

Vypočti předchozí dvě úlohy pomocí základního vztahu a porovnej rychlost a obtížnost řešení. Připrav si argumenty na obhajobu obou postupů .

**Průvodce studiem.**

*Pracujeme – li s hydráty solí, je nutno provést příslušný přepočet.*

*Logicky vezmu při přípravě roztoku více hydrátu a méně vody.*

*Hydráty ... látky vznikající hydratací, tj. adicí vody na bezvodou složku ( anhydrid ). Původní molekula vody se nerozštěpí.*



**Příprav 200 gramů 10 % roztoku uhličitanu sodného, je – li k dispozici krystalová soda.**



200 g 10 % roztoku jakékoliv soli připravím smísením 20 g soli a 180 g ( ml ) vody .

Hydrát :  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$

$M (\text{Na}_2\text{CO}_3) = 105,989 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$

$M (\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}) = 285,989 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$

m hydrátu (g)		m bezvodé soli (g)
285,989	...	105,989
x	...	20

$$x = \frac{20 \cdot 285,989}{105,989} = \underline{53,97 \text{ g}}$$

Musím rozpustit 53,97 gramů krystalové sody ve 146,03 mililitrech vody.

**V 93,5 ml vody bylo rozpuštěno 6,5 g modré skalice. Jaká je procentová koncentrace vzniklého roztoku ?**



### **Průvodce studiem.**

*Zjistíme, kolik bezvodého síranu je ve 100 gramech roztoku.*



$M (\text{CuSO}_4) = 159,604 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$

$M (\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}) = 249,68 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$

m bezvodé soli (g)		m hydrátu (g)
159,604	...	249,68
x	...	6,5

$$x = \frac{6,5 \cdot 159,604}{249,68} = \underline{4,16 \text{ g bezvodého síranu}}$$

množství roztoku :  $6,5 \text{ g} + 93,5 \text{ g} = 100 \text{ g}$

Vzniklý roztok má procentovou koncentraci 4,16 % .


**Průvodce studiem.**

*Mnoho těchto příkladů lze vyřešit pouhou úvahou tzv. z hlavy !*



**Jak se připraví 20 gramů 2 % roztoku KOH ?**

2 % z 20 = 0,4 g KOH + 19,6 ml H<sub>2</sub>O ( úvaha „ z hlavy “)

Je nutno rozpustit 0,4 gramy KOH v 19,6 mililitrech vody .



**Kolik gramů NaOH a kolik mililitrů vody je třeba použít na přípravu 2 litrů 30 % roztoku o hustotě 1,328 g . cm<sup>-3</sup> ?**

$$m_{\text{roztoku}} = 2000 \cdot 1,328 = \underline{2\,656\text{ g}}$$

m NaOH (g)		m roztoku (g)
30	...	100
x	...	<u>2656</u>

$$x = \frac{30 \cdot 2656}{100} = \underline{796,8\text{ g}}$$

V 1859,2 mililitrech vody je nutné rozpustit 796,8 gramů NaOH .



**Kolik gramů HCl obsahuje 12,13 ml 32% roztoku o hustotě 1,159 g.cm<sup>-3</sup> ?**

$$m_{\text{roztoku}} = 12,13 \cdot 1,159 = \underline{14,1\text{ g}}$$

m HCl (g)		m roztoku (g)
32	...	100
x	...	<u>14,1</u>

$$x = \frac{14,1 \cdot 32}{100} = \underline{4,5\text{ g}}$$

V tomto roztoku je 4,5 g HCl .

**Korespondenční úkol.**

1. Jakou hmotnost má chlorid sodný potřebný k přípravě 15% vodného roztoku o hmotnosti 112 gramů ?
2. Vypočtete hmotnost zelené skalice , která je nutná k přípravě 250 gramů 8 % roztoku síranu železnatého .

**Průvodce studiem.**

*Skalice ... skupinový triviální název některých krystalických síranů.*





## 1.2. OBJEMOVÁ PROCENTOVÁ KONCENTRACE

**Objemová procentová koncentrace** ...  $p_v(B)$  ... vyjadřuje objem rozpuštěné látky B ve 100 ml (1 apod.) roztoku.

$$p_v(B) = \frac{V(B) \cdot 100}{V_{\text{roztoku}}}$$

### Průvodce studiem.

*Princip práce stejný jako v předchozí kapitole*



**Kolik ml absolutního alkoholu minimálně obsahuje 500 ml piva zn. RADEGAST o koncentraci min. 3,8 objemových % ?**



3,8 % z 500 ml ... 19 ml (opět výpočet „z hlavy“)

V 1 lahvi RADEGASTU je minimálně 19 ml čistého alkoholu.

**Vodný roztok etanolu obsahuje ve 400 ml roztoku 60 ml absolutního alkoholu. Jaká je koncentrace roztoku v objemových % ?**



$V_{C_2H_5OH}$ (ml)		$V_{\text{roztoku}}$ (ml)
60	...	400
<u>x</u>	...	100

$$x = \frac{60 \cdot 100}{400} = \underline{15 \text{ ml}}$$

Vodný roztok etanolu obsahuje 15 obj. % alkoholu.

### Průvodce studiem.

*Samozřejmě opět je možná úvaha ... „z hlavy“*



**Korespondenční úkol.**

1. Kolik ml absolutního alkoholu obsahuje 350 ml destilátu o koncentraci 22 obj. % ?

**Průvodce studiem.**

*Tady vidíme, že pojem roztok je možná obecnější, než si myslíme. Roztoky jsou homogenní soustavy dvou nebo více látek, jejichž částičky jsou v molekulárně disperzním stavu homogenně rozptýleny v celém objemu ( neshlukují se v určitých místech ). Roztoky mohou být plynné, kapalně nebo tuhé.*

## 1.3. MOLÁRNÍ KONCENTRACE

**Molární koncentrace** ...  $c(B)$  ... vyjadřuje podíl látkového množství rozpuštěné látky B a objemu vzniklého roztoku.

$$c(B) = \frac{n(B)}{V_{\text{roztoku}}}, \text{ jednotka} = \text{mol} \cdot \text{m}^{-3}, \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$$

### Průvodce studiem.

*Mol  $n$  ... jednotka látkového množství, je to množství látky, v němž je tolik částic dané látky, kolik je atomů  $C^{12}$  v přesně 12 gramech čistého nuklidu  $C^{12}$ .*



**Jaká je molární koncentrace roztoku o objemu 1200 mililitrů, který obsahuje 40 gramů hydroxidu sodného ?**



### Průvodce studiem.

*Zjistíme látkové množství hydroxidu v 1 litru roztoku.*



A) Množství hydroxidu ( v g ) v 1 litru roztoku.

m NaOH (g)	V roztoku (l = dm <sup>3</sup> )
40	1,2
x	1

$$x = \frac{40}{1,2} = \underline{33,33 \text{ g}}$$

B) Přepočítání na  $n$

$$M(\text{NaOH}) = 39,997 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

n (mol)	m (g)
1	39,997
x	33,33

$$x = \frac{33,33}{39,997} = \underline{0,83 \text{ g}}$$

Koncentrace roztoku je  $c = 0,83 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ , je to tedy 0,83 M roztok.

**Průvodce studiem.**

*V chemii se nepoužívá obvykle základní jednotka  $\text{mol} \cdot \text{m}^{-3}$ , ale  $\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$  ( $\text{mol} \cdot \text{l}^{-1}$ ), kterou lze označit zvláštním symbolem  $M$ .*

*Tedy roztok, jehož koncentrace je  $1 M$  se nazývá jednomolární.*



**Jak se připraví 500 ml 0,25 M roztoku síranu draselného ?**

$$M(\text{K}_2\text{SO}_4) = 174,254 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

**Průvodce studiem.**

*Vyřešíme přípravu 1 litru roztoku a poté přepočteme na požadovaný objem*

m (g)		n (mol)
174,254	...	1
<u>x</u>	...	<u>0,25</u>

$$x = 174,254 \cdot 0,25 = 43,5 \text{ g} \quad \dots \quad \text{v 1 litru}$$

$$\quad \quad \quad \underline{x \text{ g}} \quad \dots \quad \underline{\text{v 0,5 litru}}$$

$$x = 43,5 \cdot 0,5 = \underline{21,75 \text{ g}}$$

Navážíme 21,75 gramů síranu draselného, který doplníme v kádince destilovanou vodou na objem 500 ml.

**Průvodce studiem.**

*Pozor na praktickou přípravu v laboratoři !!!*

**Úkol k textu.**

Vypočtete předchozí příklad pomocí základních vzorců.

**Průvodce studiem.**

*Nikdy jsem netvrdil, že všechny výpočty pomocí „trojčlenky“ jsou kratší, ale že vyžadují méně náročný aparát – matematický i paměťový.*



Kolik gramů modré skalice obsahují 2 litry 2 M roztoku síranu měďnatého ?



**Průvodce studiem.**

*Pro zkrácení a zrychlení výpočtu lze velmi dobře v některých případech kombinovat základní vztahy s „trojčlenkou“*

*Např. :  $m = c \cdot M \cdot V$*



A) Bezvodá látka

$$M(\text{CuSO}_4) = 159,604 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$x = 159,604 \cdot 0,1 \cdot 2 = \underline{31,92 \text{ g}}$$

B) Přepočet na hydrát

$$M(\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}) = 249,68 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

m hydrátu (g)		m bezvodé soli (g)
249,68	...	159,604
x	...	<u>31,92</u>

$$x = \frac{31,92 \cdot 249,68}{159,604} = \underline{49,93 \text{ g}}$$

2 litry tohoto roztoku obsahují 49,93 gramů skalice modré .

Jakou procentovou koncentraci má kyselina chlorovodíková  
o  $c = 12 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$  a hustotě  $1,18 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$  ?



**Průvodce studiem.**

*Zjistíme množství HCl ( v g ) ve 100 gramech roztoku .*



$$M(\text{HCl}) = 36,46 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

m HCl (g)		m roztoku (g)
$12 \cdot 36,46 = 437,52$	...	$1,18 \cdot 1000 = 1180$
<u>x</u>	...	<u>100</u>

$$x = \frac{437,52 \cdot 100}{1180} = \underline{37 \text{ g}}$$

Tento roztok má koncentraci 37 % .



**Jaká je molární koncentrace 10 % roztoku hydroxidu draselného o hustotě  $1,08 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$  ?**

A) Množství hydroxidu v 1 litru roztoku

m KOH (g)		V roztoku (ml)
10	...	$1,08 \cdot 100 = 92,6$
<u>x</u>	...	<u>1000</u>

$$x = \frac{1000 \cdot 10}{92,6} = \underline{108 \text{ g}}$$

B) Přepočet na n

$$M(\text{KOH}) = 56,1 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

n (mol)		m (g)
1	...	56,1
<u>x</u>	...	<u>108</u>

$$x = \frac{108}{56,1} = \underline{1,93 \text{ M}}$$

Tento roztok má koncentraci  $c = 1,93 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$  .

**Korespondenční úkol.**

1. Jaká je molární koncentrace roztoku o objemu  $V = 3,8 \text{ dm}^3$ , který obsahuje síran sodný o hmotnosti  $m = 110 \text{ g}$  ?
2. Kolik ml 96 % kyseliny sírové o hustotě  $1,8355 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$  je třeba k přípravě 1 litru 0,5 M roztoku kyseliny sírové .
3. 37 % kyselina chlorovodíková má hustotu  $1,18 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ . Jaká je její molární koncentrace ?

**Část pro zájemce.**

Následující kapitola, která se týká molality není součástí základního učiva chemie na základních a středních školách.





## 1.4. MOLALITA

**Molalita** ...  $\mu(B)$  ... vyjadruje podíl látkového množství rozpuštěné látky B a hmotnosti rozpouštědla.

$$\mu(B) = \frac{n(B)}{m_{\text{rozpuštědla}}}, \text{ jednotka} = \text{mol} \cdot \text{kg}^{-1}$$

**Určete molalitu 38 % kyseliny chlorovodíkové .**



$$M(\text{HCl}) = 36,46 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

m HCl (g)		m rozpouštědla (g)
38	...	62
x	...	1000

$$x = \frac{38 \cdot 1000}{62} = \underline{612,9 \text{ g}}$$

n (mol)		m (g)
1	...	36,46
x	...	612,9

$$x = \frac{612,9}{36,46} = \underline{16,81 \text{ mol} \cdot \text{kg}^{-1}}$$

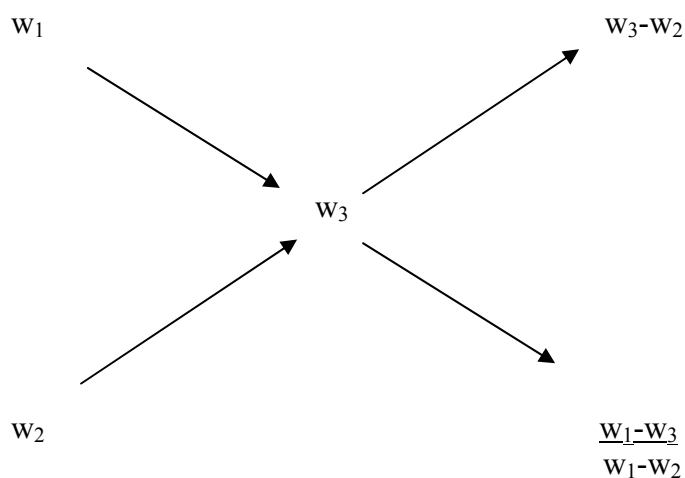
Tento roztok má molalitu  $\mu = 16,81 \text{ mol} \cdot \text{kg}^{-1}$ .



## 1.5. ŘEDĚNÍ ROZTOKŮ

**Ředění roztoku** ... přidáme – li k roztoku čisté rozpouštědlo, zvýší se hmotnost a objem roztoku, množství rozpuštěné látky se nemění. V důsledku toho se sníží koncentrace roztoku.

**Křížové pravidlo** ... schematické vyjádření bilanční rovnice



Platí :

- $m_1/m_2 = w_3 - w_2 / w_1 - w_3$
- $w_1 > w_2$
- $w$  ... hmotnostní zlomek,  $p_m$

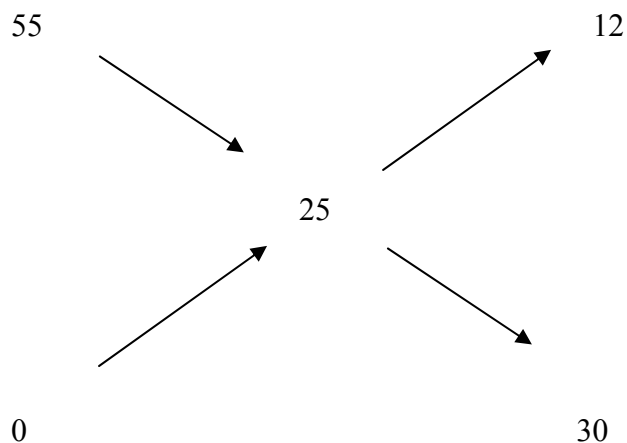
**Průvodce studiem.**

*Voda jako rozpouštědlo má koncentraci všech typů = 0.*





Kolik hmotnostních dílů vody je třeba na zředění 55 % roztoku kyseliny dusičné na roztok 25 % ?



Je třeba smísit 12 dílů HNO<sub>3</sub> a 30 dílů vody .



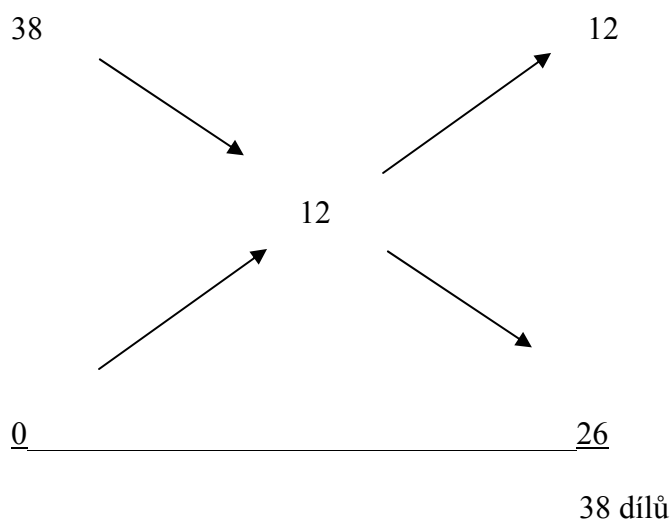
### Průvodce studiem.

*Pracuji s hmotnostními nebo objemovými díly podle typu procentové koncentrace.*

*Pokud není uvedeno jinak, pracujeme s hmotnostními procenty.*



Kolik gramů 38 % kyseliny sírové je nutno zředit vodou na přípravu 150 gramů 12 % kyseliny sírové ?





m (g)	...	Počet dílů
150	...	38
x	...	12

$$x = \frac{12 \cdot 150}{38} = \underline{47,37 \text{ g } 38 \% \text{ H}_2\text{SO}_4}$$

$$\text{H}_2\text{O} \dots 150 - 47,37 = 102,63 \text{ g} = \underline{102,63 \text{ ml}}$$

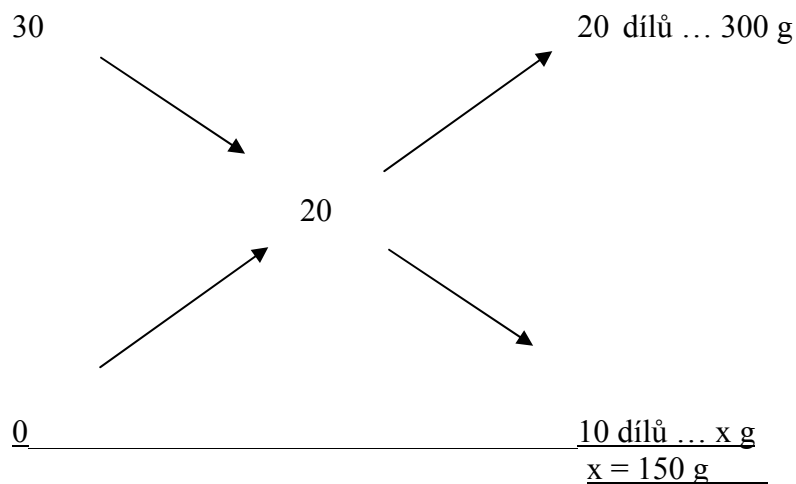
**Průvodce studiem.**

*Lze také nejdříve spočítat hmotnost 1 dílu a tuto pak násobit příslušným počtem dílů kyseliny a vody.*



Musíme smísit 47,37 gramů 38% kyseliny sírové s 102,63 mililitry vody.

**Jak lze připravit ze 300 gramů 30% roztoku 20% roztok ?**



Do původního roztoku přilijeme 150 mililitrů vody.



**Jaká bude výsledná koncentrace roztoku, zředí – li se 100 gramů 15% kyseliny dusičné 120 mililitry vody?**

A) Zjistíme celkové množství  $\text{HNO}_3$  ve 100 g roztoku.

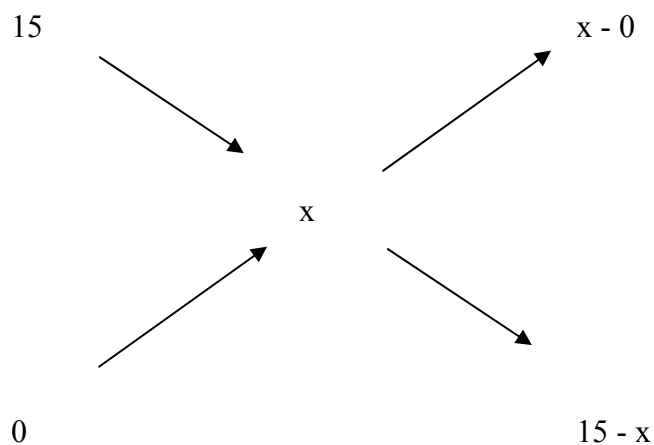
$$m_{\text{roztoku celková}} = 100 \text{ g} + 120 \text{ g} = 220 \text{ g}$$

$$m_{\text{kyseliny}} = 15 \% \text{ ze } 100 \text{ g} = 15 \text{ g}$$

m kyseliny (g)	...	m roztoku (g)
15	...	220
x	...	100

$$x = \frac{15 \cdot 100}{220} = \underline{6,82 \text{ g}}$$

B) Použijeme křížového pravidla



Platí :

$$\frac{x - 0}{15 - x} = \frac{100}{120}$$

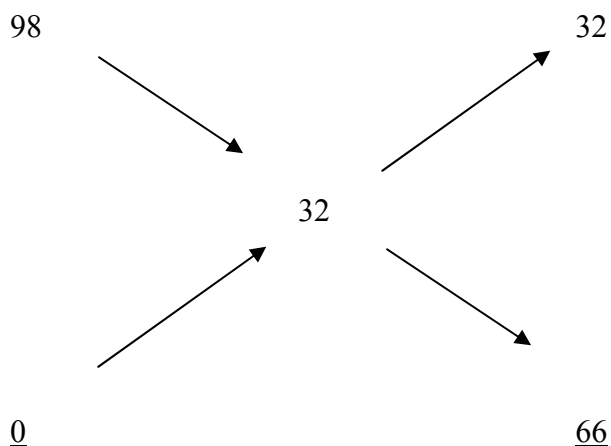
$$120 x = 1500 - 100 x$$

$$220 x = 1500$$

$$\underline{x = 6,82}$$

Výsledný roztok je 6,82 % .

Jaký objem koncentrované 98% kyseliny sírové o hustotě  $1,836 \text{ g.cm}^{-3}$  je třeba k přípravě 2 litrů roztoku této kyseliny o koncentraci 32% a hustotě  $1,235 \text{ g.cm}^{-3}$ ?



98 dílů ...  $2000 \cdot 1,235 = 2\,470 \text{ g}$   
 32 dílů ...  $x \text{ g}$

$$x = \frac{32 \cdot 2470}{98} = 806,5 \text{ g} / 1,836 = \underline{439,3 \text{ ml}}$$

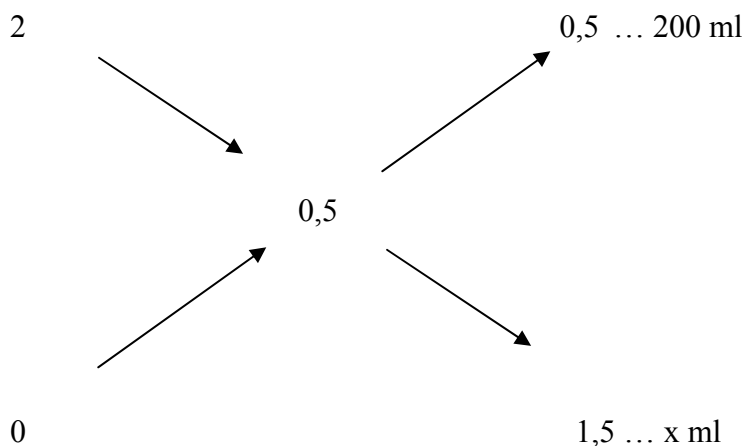
K 1 663,5 mililitrům vody je nutno přilít 439,3 mililitry koncentrované kyseliny sírové.

### Průvodce studiem.

*Při praktickém ředění samozřejmě platí zásada  $K \longrightarrow V$*



Zřed'te 200 mililitrů 2M roztoku na roztok 0,5 M.

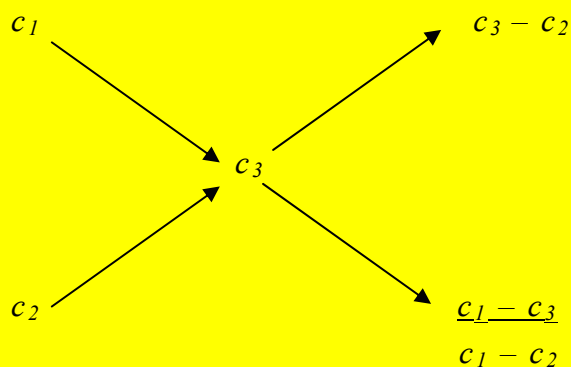


$$x = 3 \cdot 200 = \underline{600 \text{ ml}}$$

K původnímu roztoku přidáme 600 ml vody.

**Průvodce studiem.**

Pro molární koncentraci platí :

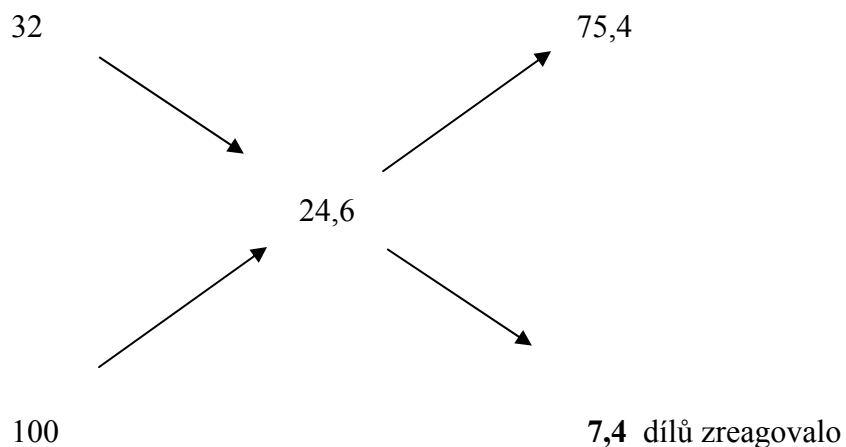


$$V_1/V_2 = c_3 - c_2 / c_1 - c_3$$

$$c_1 > c_2$$



Nový olověný akumulátor byl naplněn 2 litry roztoku 32% kyseliny sírové o hustotě  $1,235 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ . Během několika hodin klesla hustota roztoku kyseliny na  $1,175 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$  a na koncentraci 24,6%. Jaké množství kyseliny zreagovalo s olověnými elektrodami ?

**Průvodce studiem.**

Reagující kyselina je vlastně 100 % , proto dosazujeme do křížového pravidla 100 !

---

m (g)		Počet dílů
$2000 \cdot 1,235 = 2\,470$ g	...	75,4
x	...	7,4

---

$$x = \frac{7,4 \cdot 2470}{75,4} = \underline{242,4 \text{ g}}$$

Zreagovalo 242,4 gramů kyseliny sírové .



## 1.6. ZAHUŠŤOVÁNÍ ROZTOKŮ

**Zahušťování roztoku ...**

- odpařením určitého množství rozpouštědla z roztoku snížíme hmotnost a objem roztoku, množství rozpuštěné látky se nemění.
- Přidáním určitého množství rozpuštěné látky zvýším její koncentraci.

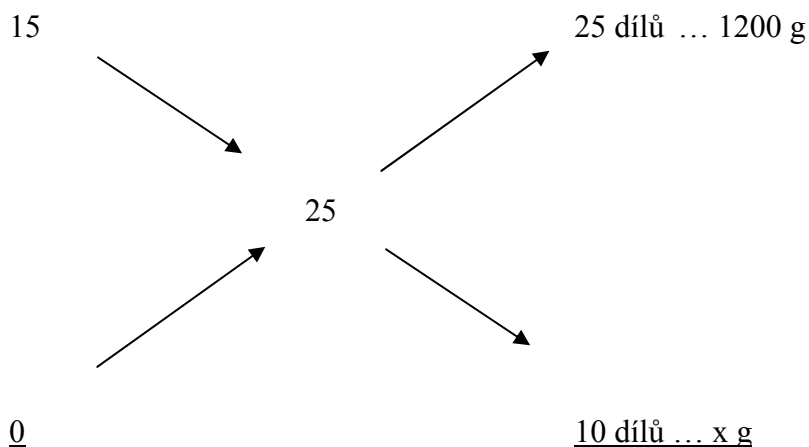
V důsledku toho se zvýší koncentrace roztoku.

**Průvodce studiem.**

*Procentová koncentrace rozpuštěné látky = 100*



**Kolik gramů vody je třeba odpařit z 1200 gramů 15% roztoku kuchyňské soli pro zahuštění na 25% roztok?**



$$x = \frac{10 \cdot 1200}{25} = \underline{480} \text{ g}$$

Je nutné odpařit 480 mililitrů vody.

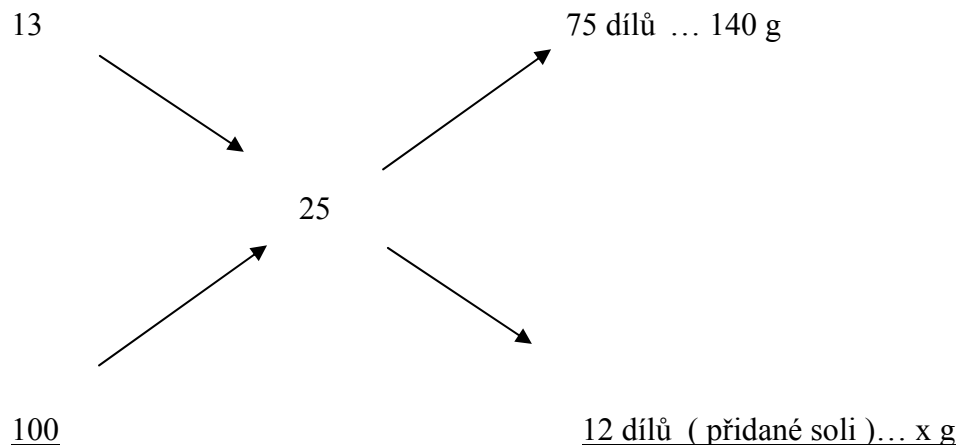
**Průvodce studiem.**

*Z praktického hlediska je vhodnější zahušťovat přidáním rozpuštěné látky.*





Kolik gramů soli je třeba přidat do 140 gramů 13% roztoku pro zahušřění na 25% roztok ?



$$x = \frac{12 \cdot 140}{75} = \underline{22,4 \text{ g}}$$

Do původního roztoku je třeba přidat 22,4 gramy soli.



Odpařením 20 gramů roztoku byly získány 4 gramy soli. Jakou procentovou koncentraci měl původní roztok ?

m soli (g)	m roztoku (g)
4	20
x	100

$$x = \frac{4 \cdot 100}{20} = \underline{20 \text{ g}} \text{ ve } 100 \text{ g roztoku}$$

Původní roztok byl 20% .



### Průvodce studiem.

*Tento příklad bylo nejvhodnější řešit úvahou „z hlavy“*



**Průvodce studiem.**

*Stále se nám v úlohách vyskytuje pojem sůl.*

*Tak jenom pro pořádek :*

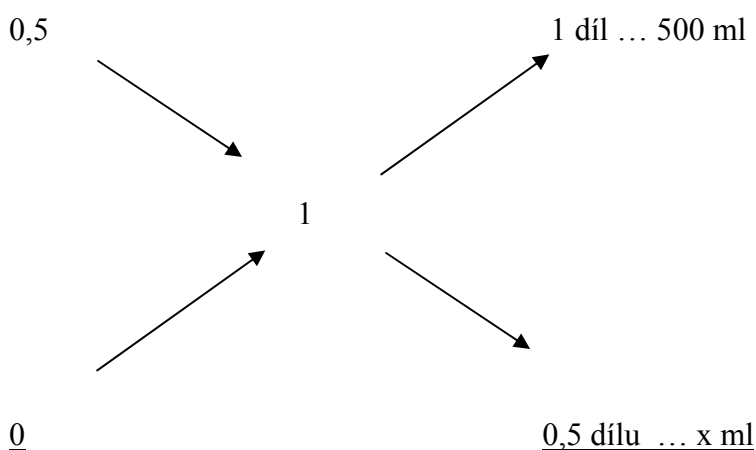
*Soli jsou sloučeniny, které lze získat reakcí kyselin se zásadami. Ve vodných roztocích jsou disociovány na kationty a anionty. Zpravidla jsou dobře rozpustné ve vodě a dobře vedou elektrický proud; všechny typické soli jsou silnými elektrolyty.*



**Jak se připraví z 500 mililitrů 0,5M roztoku jodidu draselného roztok 1M ?**



A) Odpařujeme



x = 250 ml („z hlavy“)

Požadované koncentrace lze dosáhnout odpařením 250 ml vody.

**Průvodce studiem.**

*Početně je to skvělé, ovšem prakticky problém.*



B) Přidáme rozpouštěnou látku

$$M(\text{KI}) = 166 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$



### Průvodce studiem.

*Je nutno vyřešit jeden praktický problém. Kdybych dosypal KI do 500 ml roztoku, požadovanou koncentraci bych nezískal, protože bych změnil objem roztoku. Pracuji tedy s větším objemem. Nejjednodušší v tomto případě z hlediska výpočtu i praktické přípravy je pracovat s 1 l roztoku.*

Úvaha :

- 1M roztok KI ... 166 g v 1 litru
- 0,5M roztok KI ... 83 g v 1 litru
- 0,5M roztok KI ... 41,5 g v 0,5 litru

$$166 - 41,5 = \underline{124,5 \text{ g KI}}, \text{ „chybí“}$$

Nejjednodušší je dosypat do původního roztoku 124,5 gramu jodidu draselného a roztok doplnit na 1 litr.



### Úkol k textu.

Sestav „trojčlenku“ k předchozímu příkladu.



**Mořská voda obsahuje asi 3,5% soli. Kolik soli zbude po odpaření 10 kg mořské vody ?**



### Průvodce studiem.

*Řešme „z hlavy“ bez výpočtu na papíře .*

$$3,5 \% \text{ z } 10 \text{ kg je } 350 \text{ g}$$

Po odpaření 10 kilogramů mořské vody zbude 350 gramů soli.



**Do 700 gramů 12% roztoku chloridu sodného bylo přidáno ještě 30 gramů soli. Určete procentovou koncentraci nového roztoku .**

m soli (g)		m roztoku (g)
$700 \cdot 0,12 + 30 = 114$	...	$700 + 30 = 730$
<u>x</u>	...	<u>100</u>

$$x = \frac{114 \cdot 100}{730} = \underline{15,62 \text{ g}} \text{ ve } 100 \text{ g roztoku}$$

Nový roztok je 15,62 % .

**Část pro zájemce.**

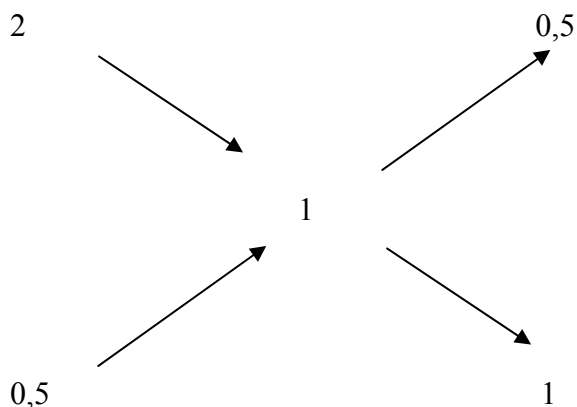
Určete molalitu roztoku .





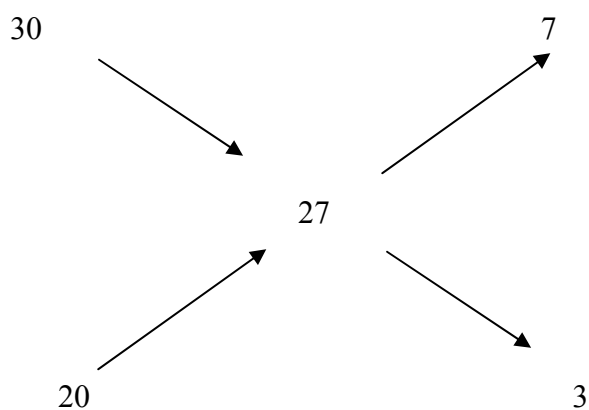
## 1.7. MÍSENÍ ROZTOKŮ O RŮZNÝCH KONCENTRACÍCH

V jakém poměru je třeba smísit roztoky 0,5M a 2M, aby byl výsledný roztok 1M ?



Tyto roztoky musíme smísit v poměru jejich objemů 1 : 2 .

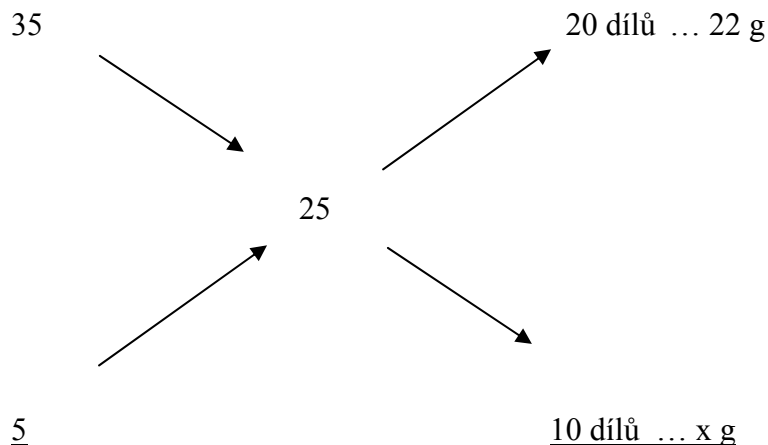
V jakém poměru je třeba smísit roztoky 20% a 30% , aby výsledný roztok byl 27 % ?



Tyto roztoky musíme smísit v poměru jejich hmotností 3 : 7 .



Jaká je hmotnost 5% roztoku chloridu sodného potřebného k přípravě 25% roztoku smísením s 22 gramy 35% roztoku téže látky ?

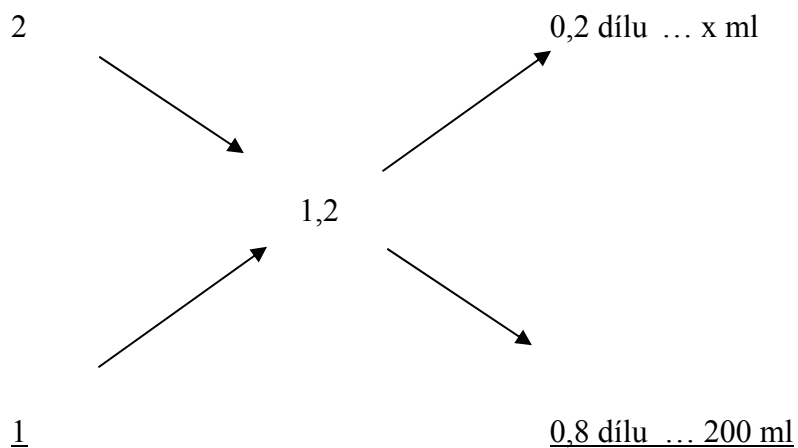


$$x = \frac{10 \cdot 22}{20} = \underline{11 \text{ g}}$$

K 22 gramům 35% roztoku je nutno přidat 11 gramů 5% roztoku .



Kolik ml 2M roztoku je nutno přidat k 200 mililitrům 1M roztoku pro přípravu 1,2M roztoku ?



$$x = \frac{200 \cdot 0,2}{0,8} = \underline{50 \text{ ml}}$$

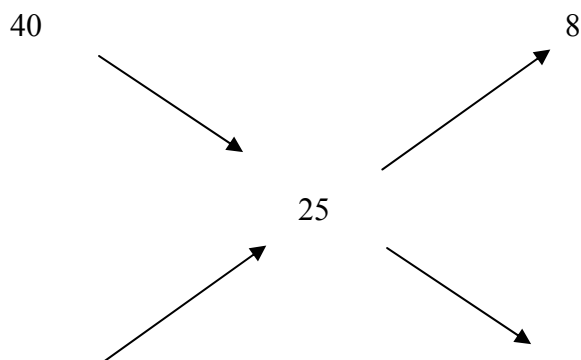
Je nutno přidat 50 mililitrů 2M roztoku .

**Průvodce studiem.**

Závěr předchozí úlohy lze spočítat „z hlavy“



Jak se připraví ze 17% a 40% roztoku 300 gramů 25% roztoku ?

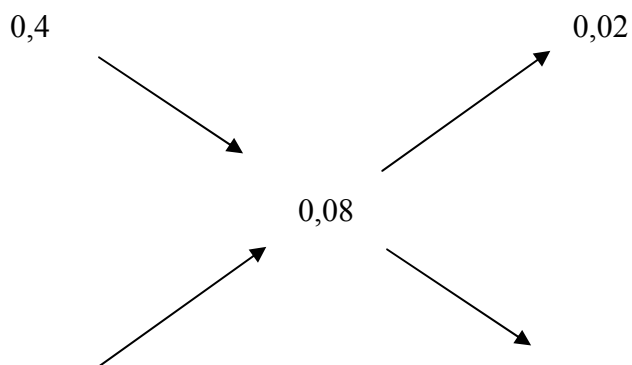


<u>17</u>		<u>15</u>
		23 dílů ... 300 g
		8 dílů ... x g

$$x = \frac{300 \cdot 8}{23} = \underline{104,35 \text{ g}}$$

Je nutno smísit 104,35 gramů 40% roztoku a 195,65 gramů 17% roztoku .

Jak se připraví 2 litry 0,08M roztoku, jestliže jsou k dispozici roztoky 0,4M a 0,06M ?



<u>0,06</u>		<u>0,32</u>
		0,34 obj.dílů ... 2 dm <sup>-3</sup>
		0,32 obj.dílů ... x dm <sup>-3</sup>

$$x = \frac{0,32 \cdot 2}{0,34} = \underline{1,88 \text{ dm}^{-3}}$$

Smísíme 1,88 litru 0,06M roztoku a 0,12 litru 0,4M roztoku.



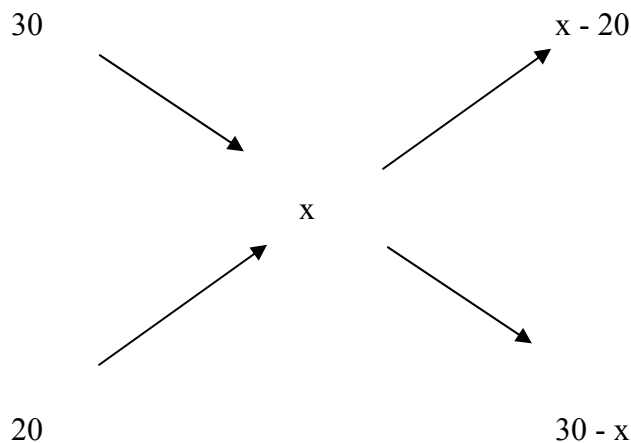
Jaká je procentová koncentrace roztoku, který vznikne smísením 150 gramů 20% roztoku a 200 gramů 30% roztoku ?

A) Křížové pravidlo



### Průvodce studiem.

*Pokud mísím více roztoků, lze křížové pravidlo použít postupně několikrát.*



$$\frac{x - 20}{30 - x} = \frac{200}{150}$$

$$\begin{aligned} 150x - 3000 &= 6000 - 200x \\ 350x &= 9000 \\ x &= 25,7\% \end{aligned}$$

B) Zjistíme množství rozpuštěné látky ve 100 gramech roztoku



### Průvodce studiem.

*Rychlejší a jednodušší způsob řešení .*

$$m_{\text{roztoku celková}} = 150 \text{ g} + 200 \text{ g} = 350 \text{ g}$$

$$m_{\text{rozpuštěné látky}} = m_1 + m_2$$

$m_1$  ... ve 150 g 20% roztoku je 30 g rozpuštěné látky

$m_2$  ... ve 200 g 30% roztoku je 60 g rozpuštěné látky

$$m_{\text{rozpuštěné látky}} = 90 \text{ g}$$

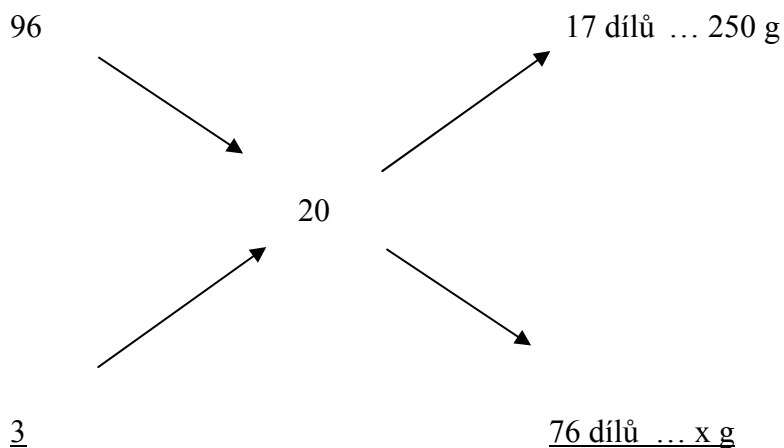


m rozpuštěné látky (g)	...	m roztoku (g)
90	...	350
<u>x</u>	...	<u>100</u>

$$x = \frac{100 \cdot 90}{350} = \underline{25,7 \text{ g}} \text{ ve } 100 \text{ g roztoku}$$

Výsledný roztok je 25,7 % .

**Přidáním 250 gramů 96% kyseliny sírové k jejímu 3% roztoku o hustotě 1,018 g.cm<sup>-3</sup> se zvýšila koncentrace na 20 %. Kolik ml 3% kyseliny bylo použito ?**



$$x = \frac{76 \cdot 250}{17} = \underline{1\,117,65 \text{ g}}$$

$$V = \frac{117,65}{1,018} = \underline{1\,097,9 \text{ ml}}$$

Bylo použito 1 097,9 mililitrů 3% kyseliny sírové .



Určete výslednou molární koncentraci roztoku, jež vznikne smícháním 3 litrů 0,4M roztoku a 0,5 litru 1,6M roztoku.

Zjistíme látkové množství rozpuštěné látky v 1 litru roztoku.

$$n_1 = 3 \cdot 0,4 = 1,2 \text{ mol}$$

$$n_2 = 0,5 \cdot 1,6 = 0,8 \text{ mol}$$

$$n = n_1 + n_2 = 2 \text{ mol}$$

n rozpuštěné látky (mol)	V roztoku (dm <sup>-3</sup> )
2	3,5
x	1

$$x = \frac{2}{3,5} = \underline{0,57 \text{ mol v 1 litru roztoku}}$$

Výsledný roztok je 0,57M.



### Průvodce studiem.

*Při těchto výpočtech zanedbáváme tzv. objemovou kontrakci, ke které dochází při mísení roztoků (výsledný roztok má poněkud menší objem než odpovídá prostému součtu objemů původních roztoků)*



### Korespondenční úkol.

- 8 % ocet o hmotnosti 1000 gramů se zředí vodou o hmotnosti 3500 gramů. Jaký je hmotnostní zlomek a procentová koncentrace octa ve výsledném roztoku ?
- Kolik pevného hydroxidu draselného je nutno přidat do 16% roztoku hydroxidu draselného o hmotnosti 250 gramů pro přípravu 25% roztoku .
- 400 gramů 92% kyseliny se smísí s 1200 gramy 76% kyseliny. Kolikaprocentní je směs ?
- Kolik vody je nutno přidat do 150 mililitrů 37,23% kyseliny chlorovodíkové o hustotě 1,19 g.cm<sup>-3</sup> , abychom získali 23,82% roztok kyseliny chlorovodíkové o hustotě 1,12 g.cm<sup>-3</sup> .

5. V jakém objemovém poměru je nutno smístit 0,5M a 0,1M roztok pro přípravu roztoku o koncentraci  $c = 0,2 \text{ mol.dm}^{-3}$ .
6. Jaká bude výsledná koncentrace roztoku, který vznikne smísením 250 gramů 20% + 450 gramů 30% + 500 gramů 80% roztoku ?
7. Urči výslednou koncentraci roztoku, který vznikne smísením 2 litrů 2M roztoku a 0,5 litru 0,1M roztoku ?

**Shrnutí kapitoly.**

Práce s roztoky je jednou ze základních dovedností každého chemika. Nejen praktické dovednosti, ale také schopnost teoretické přípravy je klíčová pro jakoukoliv další činnost v chemické laboratoři i v chemické teorii. Chemik, který neumí připravit požadovaný roztok nemůže efektivně pracovat. Příprava, ředění, zahušťování a mísění roztoků jsou činnosti, kde se velmi dobře uplatňuje „trojčlenka” spolu s tzv. „křížovým pravidlem“.





## 2. TERMOCHEMIE

**V této kapitole se dozvíte:**

- Přímá úměra lze použít i v některých termochemických úlohách
- „Trojčlenka“ je opravdu univerzálním matematickým nástrojem

**Budete schopni:**

- Řešit některé termochemické úlohy s minimálním matematickým aparátem
- Určit optimální metodu řešení dané úlohy

**Klíčová slova této kapitoly:**

*Entalpie, teplo, teplota, ideální plyn, standardní podmínky*



**Čas potřebný k prostudování učiva kapitoly:**  
0,5 + 4 hodiny (teorie + řešení úloh)

### Průvodce studiem.

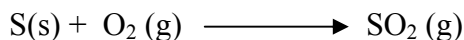
*Předkládám pouze příklady, kde je možné alespoň v části řešení použít „trojčlenku“.*

*Předpokládám zároveň schopnost základní orientace v termochemii.*

*Proto nepředkládám toto téma uceleně tzv. „od začátku“.*



**Určete slučovací entalpii oxidu siřičitého, jestliže se spálením 12,8 gramů síry uvolnila energie 116 kJ.**



Slučovací entalpie  $\text{SO}_2$  se rovná reakční entalpii této reakce.

$$M(\text{S}) = 32 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$$

n (mol)		m Cu (g)
1	...	32
x	...	12,8

$$x = \frac{12,8}{32} = \underline{0,4 \text{ mol}}$$

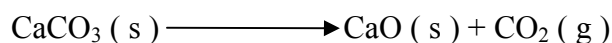
energie (kJ)		n (mol)
116	...	0,4
<u>x</u>	...	<u>1</u>

$$x = \frac{116}{0,4} = \underline{290 \text{ kJ}}$$

Slučovací entalpie oxidu siřičitého se rovná  $\Delta_{\text{sl}}H = -290 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ .



**Vypočti teplo nutné k rozkladu 10 gramů uhličitanu vápenatého na oxid vápenatý a oxid uhličitý .**



$$\Delta_{\text{sl}}H (\text{CaCO}_3) = -1212,1 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$\Delta_{\text{sl}}H (\text{CaO}) = -635,1 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$\underline{\Delta_{\text{sl}}H (\text{CO}_2) = -393,6 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}}$$

$$\Delta H = -1028,7 + 1212,1 = \underline{183,4 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}}$$

$$M (\text{CaCO}_3) = 100,8 \text{ g} \cdot \text{Mol}^{-1}$$

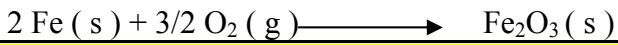
energie (kJ)		m (g)
183,4	...	100,8
<u>x</u>	...	<u>10</u>

$$x = \frac{183,4 \cdot 10}{100,8} = \underline{18,2 \text{ kJ}}$$

Musíme dodat 18,2 kJ energie .

45

Určete množství tepla, které se uvolní při oxidaci 1000 gramů železa na oxid železitý.



**Průvodce studiem.**

Mohu samozřejmě vyčíslit 4 , 3  $\longrightarrow$  2 , pak musím násobit dvěma.



$$\Delta_{\text{sl}}H (\text{Fe}_2\text{O}_3) = \Delta H = - 816,4 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$M (\text{Fe}) = 55,85 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

energie ( kJ )		m ( g )
- 816,4	...	111,7
x	...	1000

$$x = \frac{- 816,4 \cdot 1000}{111,7} = - 7 \, 308,9 \text{ kJ}$$

Při oxidaci se uvolní energie - 7 308,9 kJ .

Kolik tepla se uvolní při spalení 20 litrů vodíku za normálních podmínek ?

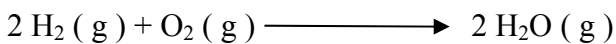


**Průvodce studiem.**

Pracuji s ideálním plynem za standardních podmínek

(  $p = 101325 \text{ Pa}$ ,  $T = 293 \text{ K}$  )

Standardní molární objem  $V_{mn} = 22,4 \text{ dm}^3$



$$\Delta_{\text{sl}}H (\text{H}_2\text{O}) = - 242 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$\underline{\Delta H = - 484 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}}$$

energie ( kJ )		V ( dm <sup>3</sup> )
- 484	...	44,8
x	...	<u>20</u>

$$x = \frac{- 484 \cdot 20}{44,8} = - \underline{216 \text{ kJ}}$$

Uvolní se energie ve formě tepla ve výši -216 kJ .



### Úkol k textu.

Vypočítejte výhřevnost vodíku.

Vypočti předchozí příklad, jestliže je produktem kapalná voda .



### Průvodce studiem.

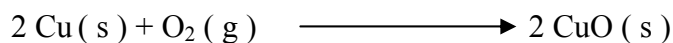
*Jen k provětrání mozkových buněk :*

*Teplota Q je forma přenosu energie při vzájemném styku soustav s různou teplotou.*

*Teplota T je termodynamická stavová veličina.*



**K určení slučovací entalpie oxidu měďnatého bylo spáleno 32 gramů mědi, přičemž se uvolnila energie 78,5 kJ . Určete slučovací entalpii oxidu měďnatého .**



$$M \text{ ( Cu ) } = 63,546 \text{ g} \cdot \text{ mol}^{-1}$$

energie ( kJ )		m ( g )
- 78,5	...	32
x	...	<u>63,546</u>

$$x = \frac{- 78,5 \cdot 63,546}{32} = - \underline{156 \text{ kJ}}$$

Slučovací entalpie oxidu měďnatého je  $\Delta_{\text{sl}}H \text{ ( CuO ) } = - 156 \text{ kJ} \cdot \text{ mol}^{-1}$  .



47

**Korespondenční úkol.**

1. Vypočtete, jaké množství tepla se uvolní, resp. spotřebuje při redukcii 100 gramů oxidu železitého hliníkem aluminotermicky.
2. Vypočtete spalnou entalpii pyritu .
3. Kolik tepla se uvolní, jestliže reakce  
$$\text{N}_2 (\text{g}) + 3 \text{H}_2 (\text{g}) \longrightarrow 2 \text{NH}_3 (\text{g})$$
Probíhá při teplotě 25 °C jen z 80 % ?

**Shrnutí kapitoly.**

Rozsah termochemických výpočtů je samozřejmě podstatně větší, než zde bylo uvedeno. Tento malý exkurz chtěl ukázat možnosti využití „trojčlenky“ i v této oblasti.



## LITERATURA



1. Korbačková, D. *Vybrané příklady z obecné a anorganické chemie.*  
Ostrava: PFO 1987.
2. Nádvorník, M. *Přípravný kurz pro studium obecné a anorganické chemie.*  
Pardubice: VŠCHT 1986.
3. Marko, M. *Příklady a úlohy z chemie.*  
Praha: SPN 1978.
4. Vacík, J. *Přehled středoškolské chemie.*  
Praha: SPN 1990.
5. Vacík, J. *Chemie pro I. Ročník gymnázií.*  
Praha: SPN 1984.
6. Vohlídal, J. *Chemické tabulky.*  
Praha: SNTL 1982.
7. Tržil, J. *Příklady z chemie.*  
Ostrava: VŠB 1994.