

**UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI  
PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA**

**LUDMILA ZAJONCOVÁ A KOLEKTIV**

**ZÁKLADNÍ CHEMICKÉ  
VÝPOČTY  
PRO BIOCHEMIKY A  
BIOTECHNOLOGY**

**OLOMOUC**

**2016**

Recenzenti:

doc. Mgr. Jan Havliš, Dr. – Národní centrum pro výzkum biomolekul, PřF MU Brno

Ing. Kamil Motyka, Ph.D. – Katedra organické chemie, PřF UP Olomouc

1. vydání, Olomouc 2016

© Ludmila Zajoncová, Petr Tarkowski, Rostislav Halouzka 2016

# ÚVOD

Skripta jsou sepsána pro předmět „Základy chemických výpočtů“ určený studentům prvního ročníku oboru biochemie a biotechnologie. Studovat tyto obory přicházejí studenti z různých typů škol a různých úrovní studia chemie. Cílem absolvování povinného předmětu „Základy chemických výpočtů“ je srovnat znalosti studentů jednotlivých škol a připravit je pro práci v laboratoři po teoretické stránce.

Pro řadu studentů budou příklady ve skriptech pouhým opakováním učiva střední školy, ale mnozí budou teprve tyto dovednosti získávat. Většina příkladů uvedených v těchto skriptech je řešena pomocí logických úvah (přímá a nepřímá úměra) bez použití vzorců, aby si student přivykl tomuto způsobu uvažování a mohl si kdykoliv v laboratoři spočítat např. navážku, koncentraci, ředění a další, bez složitého vyhledávání zapomenutých vzorců.

Skripta jsou rozdělena do 8 kapitol, přičemž obsah některých z nich se překrývá s obsahem jiných předmětů. Dle našeho soudu, je důležité tento tematický překryv zachovat, aby studenti danou problematiku zvládli rychle a trvale. Jedná se zejména o názvosloví anorganických sloučenin, přípravu roztoků, jejich ředění a výpočty pH. Vzorové příklady a příklady k procvičení byly vybrány z různých sbírek a příruček, jejichž seznam je uveden v kapitole „Použitá literatura“. Během tříhodinového semináře bude část doby věnována výpočtům a část testování názvosloví. Součástí seminářů bude též prověřování procvičených příkladů pomocí testů.

Závěrem bychom chtěli popřát studentům úspěšný start do studia a také jeho úspěšné ukončení.

# OBSAH

<b>Úvod</b>	3
<b>Obsah</b>	4
1. <b>Základní pojmy, složení a struktura chemických látek</b>	6
1.1.  Základní chemické pojmy, relativní atomová a molekulová hmotnost	6
1.2.  Základní chemické zákony	9
1.3.  Vzorové příklady	11
1.4.  Další příklady k procvičení	14
2. <b>Vzorce</b>	17
2.1.  Typy vzorců, stechiometrický vzorec	17
2.2.  Stechiometrické výpočty – vzorové příklady	19
2.3.  Další příklady k procvičení	20
3. <b>Úpravy rovnic</b>	23
3.1.  Úvod do problematiky úpravy rovnic	23
3.2.  Vzorové příklady	24
3.3.  Další příklady k procvičení	26
4. <b>Výpočty z chemických rovnic</b>	30
4.1.  Úvod do problematiky výpočtů z chemických rovnic	30
4.2.  Vzorové příklady	30
4.3.  Další příklady k procvičení	31
5. <b>Roztoky</b>	34
5.1.  Co je roztok a způsoby vyjadřování obsahu složky v roztoku	34
5.2.  Vzorové příklady	35
5.3.  Další příklady k procvičení	37
6. <b>Směšování roztoků</b>	43
6.1.  Výpočet koncentrace při smísení dvou a více roztoků	43
6.2.  Vzorové příklady	43
6.3.  Další příklady k procvičení	44
7. <b>Výpočet pH</b>	48
7.1.  Jak vypočítat pH roztoku	48
7.2.  Vzorové příklady	49

7.3.	Další příklady k procvičení	50
8.	<b>Chemické názvosloví</b>	53
8.1.	Teorie názvosloví	53
8.2.	Příklady k procvičení	67
	<b>Použitá literatura</b>	75
	<b>Periodická soustava prvků</b>	76

# 1. Základní pojmy, složení a struktura chemických látek

## 1.1. Základní chemické pojmy, relativní atomová a molekulová hmotnost

**Chemie** je věda, která se zabývá studiem procesů, při nichž se mění valenční uspořádání elektronů. Chemii rozdělujeme na obecnou, anorganickou, organickou, analytickou, fyzikální, biochemii, radiochemii a další.

**Obecná chemie** studuje soubor procesů: chování látek a chemické reakce.

**Látka** je hmota, která má jisté charakteristické vlastnosti (bod tání, bod varu, hustotu atd.).

Látky rozdělujeme na **chemická individua** a **směsi**.

**Chemické individuum** (chemicky čistá látka) obsahuje atomy nebo molekuly, které nelze fyzikálními metodami (krystalizace, destilace, sublimace) dále dělit na látky jednodušší.

**Prvek** je chemické individuum, jehož molekuly se skládají ze stejných atomů.

**Sloučenina** je chemické individuum, jehož molekuly se skládají z různých atomů.

**Nuklid** je chemické individuum, jehož strukturní jednotky se skládají z jader o stejném protonovém čísle ( $Z$ ) a stejném nukleonovém čísle ( $A$ ).

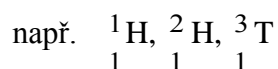


$A$  nukleonové číslo

$Z$  protonové číslo

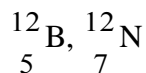
$A - Z = n$  počet neutronů

**Izotop** je chemické individuum, jehož strukturní jednotky se skládají z jader o stejném protonovém čísle, ale liší se číslem nukleonovým,



tj. liší se počtem neutronů, mají stejné chemické vlastnosti, ale liší se vlastnostmi fyzikálními (hmotností), leží na stejném místě v periodické tabulce.

**Izobary** mají stejné nukleonové číslo, ale liší se počtem protonů.



**Soustavy látek (směsi)** jsou složené z několika chemicky čistých látek. Obsahuje-li směs jednu látku, která je spojitá v celém objemu, a v ní jsou rozptýlené (dispergovány) ostatní látky, hovoříme o disperzní soustavě.

### Typy disperzních soustav:

typ	velikost částic	příklady
<b>homogenní</b>	menší jak $10^{-9}$ m	roztoky elektrolytů a nízko-molekulárních neelektrolytů
<b>koloidní</b>	$10^{-7} - 10^{-9}$ m	aerosol, koloidní roztok emulze
<b>heterogenní</b>	větší jak $10^{-7}$ m	pěna, suspenze

**Atomy** označujeme značkami prvků, např. O – kyslík, značí atom kyslíku. Atom je jednojaderná elektroneutrální strukturní jednotka.

**Molekula** je vícejaderná elektroneutrální strukturní jednotka, která se skládá ze dvou a více atomů spojených chemickou vazbou.

O<sub>2</sub> chemický vzorec molekuly kyslíku

**Ion** je částice mající elektrický náboj. Pokud v atomu nebo částici chybí elektrony, má kladný náboj a nazýváme ji **kation**. Pokud v atomu nebo částici přebývají elektrony, má náboj záporný a hovoříme o **anionu**.

**Atomová hmotnost** je poměrná relativní atomová hmotnost. Je to bezrozměrné číslo, které udává kolikrát je atom prvku těžší než 1/12 hmotnosti atomu izotopu uhlíku  $^{12}_6\text{C}$ .

**Molekulová hmotnost** je poměrné číslo udávající kolikrát je molekula dané látky těžší než 1/12 hmotnosti atomu izotopu uhlíku  $^{12}_6\text{C}$ .

Molekulovou hmotnost zjistíme sečtením relativních atomových hmotností:

např. H<sub>2</sub>O :  $2 \cdot 1 + 16 = 18$

Molekulová hmotnost vyjádřená v gramech byla dříve označována pod pojmem „grammolekula“. Dnes se tento termín již nepoužívá.

Grammolekula vody H<sub>2</sub>O je 18 g.

**Molekuly vznikají** chemickými reakcemi, což je proces reorganizace elektronů v atomových orbitalech zúčastněných prvků.

### Atomová hmotnostní konstanta ( $m_u$ )

Klidová hmotnost 1/12 atomu nuklidu  $^{12}_6\text{C}$ .

$$m_u = 1,66057 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

### **Relativní atomová hmotnost ( $A_r$ )**

$$A_r(X) = \frac{m(X)}{m_u}$$

$m(X)$ .....klidová hmotnost atomu X

### **Relativní molekulová hmotnost ( $M_r$ )**

$$M_r = \frac{m(X)}{m_u}$$

$m(X)$ .....klidová hmotnost molekuly X

### Poznámka:

Pojem „ion“, kation a anion lze psát také s „t“, tj. iont, kationt a aniont. V množném čísle se používají pojmy: „ionty, kationty a anionty“.



## 1.2. Základní chemické zákony

### 1. Zákon zachování hmotnosti

1748 Lomonosov

Hmotnost všech látek do reakce vstupujících je rovna hmotnosti všech reakčních produktů.

### 2. Zákon zachování energie

1748 Lomonosov

Celková energie izolované soustavy je v průběhu chemické reakce konstantní.

Hmota se může měnit v energii (energie je také hmota).

Souhrn hmoty a energie je v uzavřeném systému konstantní.

$$\Delta E = \Delta m \cdot c^2$$

$\Delta E$  energie

$\Delta m$  hmota

$c$  rychlost světla

### 3. Zákon stálých poměrů slučovacích

1799 Proust

Hmotnostní poměr prvků či součástí dané sloučeniny je vždy stejný a nezávislý na způsobu přípravy sloučeniny.

Např. ve vodě:

$m(O)$  16

$m(H)$  2

Tvoří-li spolu dva prvky sloučeniny, je váhový poměr, ve kterém se prvky slučují, vždy stejný a nezávislý na podmínkách, při kterých sloučenina vznikla:



56 32 88

### 4. Zákon násobných poměrů slučovacích

1802-1808 Raston

Tvoří-li 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:

$\text{H}_2\text{O}$  x  $\text{H}_2\text{O}_2$  - hmotnosti kyslíku v obou sloučeninách jsou v poměru 1:2

### **5. Zákon stálých poměrů objemových při slučování plynů**

1805-1808 Gay-Lussac

Plyny se slučují v jednoduchých objemových poměrech



1 objem : 1 objem = 2 objemy

### **6. Daltonova atomová teorie**

Prvky jsou látky složené z atomů.

Atomy téhož prvku jsou stejné, atomy různých prvků se liší hmotností, velikostí a dalšími vlastnostmi.

Při chemických reakcích se atomy spojují, oddělují nebo přeskupují. Nemohou však vzniknout nebo zaniknout.

Slučováním atomů dvou či více prvků vznikají molekuly nové látky – sloučeniny.

Molekuly vznikají sloučením celistvých počtů stejných nebo různých atomů.

### **7. Avogadrův zákon**

Stejně objemy různých plynů obsahují za stejných podmínek (teplota a tlak) stejný počet molekul.

Avogadrova konstanta:  $6 \cdot 10^{23}$  molekul, udává počet molekul v jednom molu plynu.

### **8. Periodický zákon**

Vlastnosti prvků jsou periodickou funkcí jejich protonového čísla.

### 1.3. Vzorové příklady

1. Stanovte počet protonů, neutronů a elektronů v  $^{18}_8\text{O}$ .

Řešení:

$^A_Z X$       Z (atomové číslo) = p (pořadové číslo v periodické tabulce), počet protonů

A (hmotnostní číslo) = p + n, počet protonů a neutronů

Z je počet protonů = 8

Počet neutronů n = A - p, n = 18 - 8 = 10 neutronů

e = 8 (atom je elektroneutrální, tj. má stejný počet protonů i elektronů).

2. Napište značku atomu prvku, jehož složení je: 1p, 1n, 1e.

Řešení:

$^2_1\text{H}$ ,  $^2_1\text{D}$

3. Poloměr zeměkoule je přibližně 6378 km, hmotnost Země je přibližně  $6,6 \cdot 10^{24}$  kg. Vypočítejte, jaký poloměr by měla koule o hmotnosti rovné hmotnosti Země, kdyby tato koule byla složená z hmoty o stejné hustotě, jakou mají atomová jádra, tzn. přibližně  $1,0 \cdot 10^{11}$  kg.cm<sup>-3</sup>.

Řešení:

hmotnost země = hmotnost koule  $m = V \cdot \rho$  (hmotnost = objem. hustota)

$m_z = m_k$

$m_z = V_k \cdot \rho_k$

za objem koule  $V_k$  dosadíme  $\frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3$        $m_z = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3 \cdot \rho_k$

$\frac{3,6,6 \cdot 10^{21}}{4 \cdot \pi \cdot \rho_k} = r^3$        $r = 25074 \text{ cm} = 250,74 \text{ m}$

Koule by měla poloměr 250,74 m.

4. Oxid siřičitý byl připraven jednak přímou syntézou z prvků a jednak reakcí  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  s  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . V prvním případě zreagovalo 48,09 g síry s kyslíkem za vzniku 96,09 g  $\text{SO}_2$ , v druhém případě bylo po analýze zjištěno, že připravený  $\text{SO}_2$  obsahuje 50,05 % síry. Ověřte, zda pro  $\text{SO}_2$  platí zákon stálých poměrů slučovacích.

Řešení:

S : O v SO<sub>2</sub>

$$\frac{S}{O} = \frac{48,09}{96,09 - 48,09} = 1,00 \qquad \frac{50,05}{100 - 50,05} = 1,00$$

Zákon stálých poměrů slučovacích platí.

5. Na příkladu CO a CO<sub>2</sub> ověřte platnost zákona násobných poměrů slučovacích.

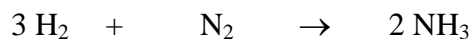
$$A_r^{stř}(\text{O}) = 15,9994, \quad A_r^{stř}(\text{C}) = 12,011.$$

Řešení:

CO			CO <sub>2</sub>		
C	:	O	C	:	O
12,011	:	15,9994	12,011	:	31,9988
1	:	1,332	1	:	2,664
		1			2

Zákon násobných poměrů slučovacích platí.

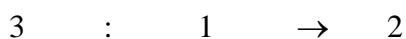
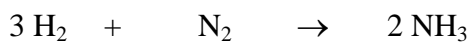
6. Vodík reaguje s dusíkem podle rovnice:



Za předpokladu, že výtěžek této reakce je 100 % a že všechny objemy byly měřeny při téže teplotě a tlaku, vypočítejte:

- objemy plynů ve směsi po reakci, jestliže před reakcí bylo ve směsi 15 l H<sub>2</sub> a 10 l N<sub>2</sub>.
- poměr počtu molekul všech plynů před a po reakci 15 l H<sub>2</sub> s 10 l N<sub>2</sub>.

Řešení:



a) 3 l H<sub>2</sub> reaguje se 1 l N<sub>2</sub> vzniknou 2 l NH<sub>3</sub>

15 l H<sub>2</sub> reaguje s 5 l N<sub>2</sub> (5 l zbude) vznikne 10 l NH<sub>3</sub>

Na konci reakce bude 5 l N<sub>2</sub> a 10 l NH<sub>3</sub>

b) před reakcí: H<sub>2</sub> : N<sub>2</sub> po reakci: N<sub>2</sub> : NH<sub>3</sub>

$$\begin{array}{ccc} 15 & : & 10 \\ 3 & : & 2 \end{array} \qquad \qquad \qquad \begin{array}{ccc} 5 & : & 10 \\ 1 & : & 2 \end{array}$$

7. Vypočítejte relativní atomovou hmotnost nuklidu  ${}^{40}_{20}\text{Ca}$ , víte-li, že hmotnost jednoho atomu tohoto nuklidu je  $6,635 \cdot 10^{-26}$  kg.

Řešení:

$$A_r(\text{X}) = \frac{m(\text{X})}{m_u}$$

kde  $m_u$  je 1/12 hmotnosti izotopu  ${}^{12}_6\text{C} = 1,66053 \cdot 10^{-27}$  kg

$$A_r({}^{40}_{20}\text{Ca}) = \frac{6,635 \cdot 10^{-26}}{1,66053 \cdot 10^{-27}} = 39,96$$

8. Vypočítejte hmotnost a objem (měřený za normálních podmínek)  $3,0 \cdot 10^{24}$  molekul vodíku.  $A_r^{\text{stř}}(\text{H}) = 1,00797$ .

Řešení:

1 mol obsahuje  $6,023 \cdot 10^{23}$  molekul.

1 mol plynu zaujímá za normálních podmínek objem  $22,4 \text{ dm}^3$ .

$$\begin{array}{r} 6,023 \cdot 10^{23} \text{ molekul} \dots\dots\dots 2,1,00797 \text{ g} \\ \underline{3,0 \cdot 10^{24} \text{ molekul} \dots\dots\dots x \text{ (g)}} \\ 3,0 \cdot 10^{24} \quad : \quad 6,023 \cdot 10^{23} \quad = \quad x \quad : \quad 2,1,00797 \\ \quad \quad \quad \quad x \quad = \quad 10,041 \text{ g} \end{array}$$

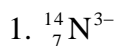
$$\begin{array}{r} 2,1,00797 \text{ g} \dots\dots\dots 22,4 \text{ dm}^3 \\ \underline{10,041 \text{ g} \dots\dots\dots x \text{ dm}^3} \\ 10,041 : \quad 2,01594 \quad = \quad x \quad : \quad 22,4 \\ \quad \quad \quad \quad x \quad = \quad 111,57 \text{ dm}^3 \end{array}$$

## 1.4. Další příklady k procvičení

1. Ion obsahuje 7 protonů, 7 neutronů a 10 elektronů. Určete náboj ionu a jeho značku.
2. Které z uvedených párů nuklidů jsou izotopy a které patří mezi izobary.  
a)  ${}^2_1\text{H}^+$ ,  ${}^3_1\text{H}$                       c)  ${}^3_1\text{T}$ ,  ${}^3_2\text{He}$                       e)  ${}^{12}_6\text{C}$ ,  ${}^{14}_7\text{N}$   
b)  ${}^3_2\text{He}$ ,  ${}^4_2\text{He}$                       d)  ${}^{13}_6\text{C}$ ,  ${}^{13}_7\text{N}$                       f)  ${}^{40}_{20}\text{Ca}^{2+}$ ,  ${}^{40}_{22}\text{Ti}$
3. Stanovte počet protonů, neutronů a elektronů v těchto nuklidech:  
a)  ${}^3\text{H}$                       c)  ${}^{30}\text{Si}$                       e)  ${}^{235}\text{U}$   
b)  ${}^{14}\text{N}^{5+}$                       d)  ${}^{80}\text{Br}^-$
4. Izotop kovového prvku má nukleonové číslo 65 a v jádře má 35 neutronů. Kation tohoto izotopu má 28 elektronů. Napište značku tohoto kationu a určete jeho náboj.
5. Které z následujících tvrzení o nuklidu  ${}^A_Z\text{M}$  je nesprávné?  
a) Z je hmotnostní číslo                      d) Z je rovno počtu protonů  
b) A je hmotnostní číslo                      e) A je rovno součtu počtu protonů a neutronů  
c) Z je rovno počtu neutronů                      f) Z je atomové číslo
6. Stanovte počet protonů, neutronů a elektronů v nuklidech  ${}^3\text{H}$ ,  ${}^{18}\text{O}$ ,  ${}^{30}\text{Si}$ ,  ${}^{198}\text{Au}$ ,  ${}^{206}\text{Pb}$ ,  ${}^{32}\text{S}^{2-}$ ,  ${}^{80}\text{Br}^-$ .
7. 1 litr chloru zreaguje beze zbytku s 1 litrem vodíku. Zreaguje beze zbytku 1 kg chloru s 1 kg vodíku?
8. Přírodní bor obsahuje 19,8 % nuklidu  ${}^{10}\text{B}$  a 80,2 % nuklidu  ${}^{11}\text{B}$ . Relativní atomové hmotnosti těchto nuklidů jsou  $A_r({}^{10}\text{B}) = 10,0129$  a  $A_r({}^{11}\text{B}) = 11,0093$ . Vypočítejte relativní atomovou hmotnost přírodního boru (tzv. střední relativní atomovou hmotnost).
9. Kolik molů a kolik kilomolů představuje 100 g benzenu? Kolik molekul a kolik atomů obsahuje 1 g benzenu?  $M_r^{\text{stř}}(\text{C}_6\text{H}_6) = 78,113$ .
10. Vypočítejte hmotnost:  
a) jednoho atomu H                      c) jednoho atomu U  
b) jednoho atomu O                      d) jedné molekuly  $\text{CH}_3\text{OH}$
11. Relativní atomová hmotnost nuklidu  ${}^{238}_{92}\text{U}$  je 238,051. Kolikrát je hmotnost jednoho atomu  ${}^{238}_{92}\text{U}$  větší než hmotnost jednoho atomu  ${}^{12}_6\text{C}$ ?
12. Hmotnost jednoho atomu nuklidu  ${}^{12}_6\text{C}$  je  $1,99 \cdot 10^{-26}$  kg a atomu nuklidu  ${}^{19}_9\text{F}$  je

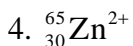
- 3,15.10<sup>-26</sup> kg. Vypočítejte relativní atomovou hmotnost  $^{19}_9\text{F}$ .
13. Hmotnost jednoho atomu prvku X se rovná hmotnosti patnácti atomů nuklidu  $^{12}_6\text{C}$ .  
Vypočítejte relativní atomovou hmotnost prvku X.
14. Hmotnost jednoho atomu nuklidu  $^{35}_{17}\text{Cl}$  je 5,806.10<sup>-26</sup> kg, hmotnost jednoho atomu nuklidu  $^{37}_{17}\text{Cl}$  je 6,138.10<sup>-26</sup> kg. Přírodní chlor obsahuje 75,4 % nuklidu  $^{35}_{17}\text{Cl}$  a 24,6 % nuklidu  $^{37}_{17}\text{Cl}$ . Vypočítejte relativní atomovou hmotnost přírodního chloru.
15. V přírodě se vyskytující argon je směsí tří nuklidů, jejichž procentuální zastoupení a relativní atomové hmotnosti jsou  $^{36}\text{Ar}$ : 0,337 %, 35,968;  $^{38}\text{Ar}$ : 0,063 %, 37,963;  $^{40}\text{Ar}$ : 99,60 %, 39,962. Vypočítejte relativní atomovou hmotnost přírodního argonu.
16. Vypočítejte relativní molekulovou hmotnost chloroformu  $\text{CHCl}_3$ , jestliže atomové hmotnosti jsou  $A_r^{\text{stř.}}(\text{C}) = 12,011$ ,  $A_r^{\text{stř.}}(\text{H}) = 1,00797$  a  $A_r^{\text{stř.}}(\text{Cl}) = 35,453$ .
17. Vypočítejte kolik atomů uhlíku je obsaženo ve 32 gramech acetylidu vápenatého ( $\text{CaC}_2$ ).
18. Kolik molekul kyslíku je za normálních podmínek obsaženo ve 161,4 litrech kyslíku? Předpokládejte, že kyslík se chová jako ideální plyn.
19. Hemoglobin má relativní molekulovou hmotnost 6,8.10<sup>4</sup> a obsahuje asi 0,33 % Fe. Kolik atomů Fe obsahuje jedna molekula hemoglobinu?
20. Při vysoké teplotě a za přítomnosti platinového katalyzátoru reaguje amoniak s kyslíkem za vzniku oxidu dusnatého a vody. Poměr objemů  $\text{NH}_3 : \text{O}_2 : \text{NO} : \text{H}_2\text{O} = 4 : 5 : 4 : 6$ . Kolik litrů kyslíku zreaguje za uvedených podmínek s 1 litrem amoniaku a kolik litrů oxidu dusnatého a vodní páry vznikne? Objemy všech látek byly měřeny za téže teploty a tlaku.
21. Dva plynné prvky A a B spolu mohou reagovat podle rovnic
- $$1 \text{ objem A} + 1 \text{ objem B} = 2 \text{ objemy C}$$
- $$1 \text{ objem A} + 3 \text{ objemy B} = 2 \text{ objemy D}$$
- za vzniku sloučenin C a D, které jsou při reakčních podmínkách rovněž plynné. Jaké jsou molekulové vzorce všech uvedených látek?

#### Výsledky řešení z kapitoly 1.4.



2. izotopy: a), b), izobary c), d), f)

3. a) 1p, 2n, 1e, b) 7p, 7n, 2e, c) 14p, 16n, 14e, d) 35p, 45n, 36e, e) 92p, 143n, 92e



5. a) ne, c) ne

6.  ${}^3\text{H}$ : 1p, 2n, 1e,  ${}^{18}_8\text{O}$ : 8p, 10n, 8e,  ${}^{30}_{14}\text{Si}$ : 14p, 16n, 14e,  ${}^{198}_{79}\text{Au}$ : 79p, 119n, 79e,  ${}^{206}_{82}\text{Pb}$ :

82p, 124n, 82e,  ${}^{32}_{16}\text{S}^{2-}$ : 16p, 16n, 18e,  ${}^{80}_{35}\text{Br}^-$ : 35p, 45n, 36e.

7. ne, zbude 0,97 kg  $\text{H}_2$

8. 10,81

9. 1,28 mol =  $1,28 \cdot 10^{-3}$  kmol,  $7,71 \cdot 10^{21}$  molekul,  $9,25 \cdot 10^{22}$  atomů

10. a)  $1,67 \cdot 10^{-27}$  kg, b)  $2,66 \cdot 10^{-26}$  kg, c)  $3,95 \cdot 10^{-25}$  kg, d)  $5,32 \cdot 10^{-26}$  kg

11. 19,82

12. 18,99

13. 180,15

14. 35,45

15. 39,95

16. 119,38

17.  $6,02 \cdot 10^{23}$  C

18.  $4,34 \cdot 10^{24}$  molekul kyslíku

19. 4 Fe

20. 1,25 l  $\text{O}_2$ , 1,00 l NO, 1,50 l  $\text{H}_2\text{O}$

21.  $\text{A}_2$ ,  $\text{B}_2$ , AB,  $\text{AB}_3$



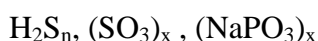
## 2. Vzorce

### 2.1. Typy vzorců, stechiometrický vzorec

Rozlišujeme celou řadu vzorců: stechiometrický vzorec, molekulový, funkční, strukturní, geometrický, krystalochemický.

**Stechiometrický vzorec** vyjadřuje stechiometrické složení sloučeniny, tj. udává, v jakém poměru jsou v dané sloučenině zastoupené jednotlivé prvky. Nazývá se proto také sumární vzorec. Jestliže byl odvozen experimentálně (analyticky) z procentuálního složení sloučeniny, pak se používá označení **empirický vzorec**.

Příklady:



Chceme-li zvláště zdůraznit, že jde o stechiometrický vzorec látky, uvádíme ho ve složených závorkách.

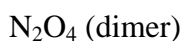
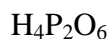
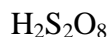
Příklad:



**Molekulový vzorec** vyjadřuje nejen stechiometrické složení látky, ale i její relativní molekulovou hmotnost.

stechiometrický vzorec

molekulový vzorec



**Funkční vzorec** se liší od stechiometrického tím, že vyjadřuje i charakteristická atomová seskupení, tj. tzv. funkční skupiny, jako jsou složené ionty, atomové skupiny. Funkční vzorec se někdy nazývá **racionální vzorec**, je to zjednodušený strukturní vzorec.

## Příklady

Stechiometrický vzorec	funkční vzorec	funkční skupiny
$\{ \text{NaO} \}$	$\text{Na}_2\text{O}_2$	anion $\text{O}_2^{2-}$
$\{ \text{H}_2\text{NO} \}$	$\text{NH}_4\text{NO}_2$	kation $\text{NH}_4^+$ , anion $\text{NO}_2^-$
$\{ \text{NH} \}$	$\text{NH}_4\text{N}_3$	kation $\text{NH}_4^+$ , anion $\text{N}_3^-$
$\{ \text{H}_4\text{N}_2\text{O}_3 \}$	$\text{NH}_4\text{NO}_3$	kation $\text{NH}_4^+$ , anion $\text{NO}_3^-$
$\{ \text{CaH}_2\text{O}_2 \}$	$\text{Ca}(\text{OH})_2$	anion $\text{OH}^-$
$\{ \text{BiHN}_2\text{O}_7 \}$	$\text{Bi}(\text{OH})(\text{NO}_3)_2$	anion $\text{OH}^-$ , anion $\text{NO}_3^-$

Příklad:

$\text{H}_2\text{N}.\text{NH}_2$  nebo  $\text{H}_2\text{N}-\text{NH}_2$  nebo  $(\text{NH}_2)_2$

Vzorec solvatující molekuly v **krystalosolvátu** (např. krystalohydrátu) se od základní sloučeniny oddělí tečkou (v názvu se čte plus) psanou na spodní lince.

Příklady:

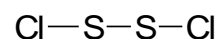
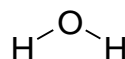
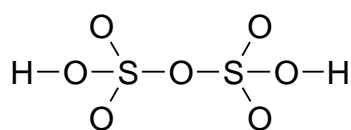
$\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$

$3\text{CdSO}_4 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$

$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot \text{FeSO}_4 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$

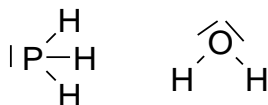
**Strukturní, konstituční elektronový vzorec** udává pořadí navzájem sloučených atomů, zpravidla však nezobrazuje jejich prostorové uspořádání.

Příklady:



Pomocí strukturních elektronových vzorců vyjadřujeme graficky, pokud možno, nejvhodnější způsob uspořádání valenčních elektronů (elektronovou konfiguraci) v atomu, ionu nebo molekule.

Příklady:



## 2.2. Stechiometrické výpočty – vzorové příklady

1. Arsen tvoří dva oxidy. Jeden z nich obsahuje 65,2 % arsenu a druhý 75,8 % arsenu. Napište vzorce obou oxidů.  $A_r(\text{As}) = 74,92$ ,  $A_r(\text{O}) = 15,99$ .

1

Řešení:

As	:	O	As	:	O
65,2	:	34,8	75,8	:	24,2 (zbytek % tvoří kyslík)

Procentový obsah prvku podělíme jeho atomovou hmotností:

$\frac{65,2}{74,92}$	:	$\frac{34,8}{15,99}$	$\frac{75,8}{74,92}$	:	$\frac{24,2}{15,99}$
0,870	:	2,176	1,011	:	1,513

Výsledná čísla podělíme menším z nich

1	:	2,5	1	:	1,5
---	---	-----	---	---	-----

pokud není podíl celé číslo, vynásobíme jej tak, aby vzniklo číslo celé.

2	:	5	2	:	3
$\text{As}_2\text{O}_5$			$\text{As}_2\text{O}_3$		

2. Určete stechiometrický vzorec chalkopyritu, který obsahuje 34,63 % Cu, 30,43 % Fe a 34,94 % S.  $A_r(\text{Cu}) = 63,54$ ,  $A_r(\text{Fe}) = 55,84$ ,  $A_r(\text{S}) = 32,06$ .

Řešení:

Cu	:	Fe	:	S
34,63	:	30,43	:	34,94
$\frac{34,63}{63,54}$	:	$\frac{30,43}{55,84}$	:	$\frac{34,94}{32,06}$
0,545	:	0,545	:	1,09
1	:	1	:	2

Stechiometrický vzorec chalkopyritu je  $\text{CuFeS}_2$ .

3. 12,00 g hydrátu  $\text{NiSO}_4$  obsahuje 5,39 g vody. Určete stechiometrický vzorec tohoto hydrátu.  $M_r(\text{NiSO}_4) = 154,72$ ,  $M_r(\text{H}_2\text{O}) = 18,148$ .

Řešení:

NiSO <sub>4</sub>	:	H <sub>2</sub> O
12 – 5,39	:	5,39
$\frac{6,61}{154,72}$	:	$\frac{5,39}{18,148}$
0,0427	:	0,297
1	:	6,95

zaokrouhlit:

1	:	7
---	---	---

Stechiometrický vzorec hydrátu je NiSO<sub>4</sub> · 7 H<sub>2</sub>O.

### 2.3. Další příklady k procvičení

1. Nikotin obsahuje 74,04 % C, 8,70 % H a 17,26 % N. Vypočítejte stechiometrický vzorec nikotinu.  $A_r(\text{C}) = 12,011$ ,  $A_r(\text{H}) = 1,0079$ ,  $A_r(\text{N}) = 14,0067$ .
2. Určete vzorec minerálu, který obsahuje 16,92 % K<sub>2</sub>O, 64,76 % SiO<sub>2</sub> a 18,32 % Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.  $A_r(\text{K}) = 39,098$ ,  $A_r(\text{Si}) = 28,08$ ,  $A_r(\text{Al}) = 26,98$ ,  $A_r(\text{O}) = 16$ .
3. Kolik hmotnostních % hliníku obsahuje ortoklas KAlSi<sub>3</sub>O<sub>8</sub>?  $A_r(\text{K}) = 39,098$ ,  $A_r(\text{Si}) = 28,08$ ,  $A_r(\text{Al}) = 26,98$ ,  $A_r(\text{O}) = 16$ .
4. Kolik % síranových iontů obsahuje síran barnatý?  $M_r(\text{BaSO}_4) = 233,32$ ,  $M_r(\text{SO}_4) = 96,02$ .
5. Kolik gramů oxidu vápenatého lze získat ze 140 gramů CaCO<sub>3</sub>?  $M_r(\text{CaO}) = 56,07$ ,  $M_r(\text{CaCO}_3) = 100,06$ .
6. Dodekahydrát hydrogenfosforečnanu disodného Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> · 12 H<sub>2</sub>O přechází větráním na vzduchu při laboratorní teplotě na dihydrát Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> · 2 H<sub>2</sub>O. Jaké hmotnostní množství vody ztratí 100 gramů Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> · 12 H<sub>2</sub>O při přeměně na Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> · 2 H<sub>2</sub>O?  $M_r(\text{Na}_2\text{HPO}_4) = 141,959$ ,  $M_r(\text{H}_2\text{O}) = 18,0152$ .
7. 1,314 g síry zreagovalo s nadbytkem chloru za vzniku 4,220 g sloučeniny, která obsahovala pouze síru a chlor. Jaký je empirický vzorec této sloučeniny?  $A_r(\text{S}) = 32,06$ ,  $A_r(\text{Cl}) = 35,453$ .
8. Sloučenina uhlíku s vodíkem obsahuje 85,36 % C. Vypočítejte:  
a) Kolik molů uhlíku a vodíku je obsaženo ve 100 g této látky?

- b) Jaký je molekulový vzorec této sloučeniny, je-li hmotnost 0,25 mol této látky rovna 7,01 g ?
- c) V jakém objemu této sloučeniny (měřeném za normálních podmínek) je obsaženo 10 g C ?
- d) Kolik gramů C je v této sloučenině sloučeno s 1 molem atomů H?  
 $A_r(\text{C}) = 12,011$ ,  $A_r(\text{H}) = 1,0079$ .
9. Dokonalým spálením 2,66 g binární sloučeniny  $\text{C}_x\text{S}_y$  vzniklo 1,54 g  $\text{CO}_2$  a 4,48 g  $\text{SO}_2$ . Určete empirický vzorec spálené látky.  $M_r(\text{CO}_2) = 44,010$ ,  $M_r(\text{SO}_2) = 64,06$ .
10. 0,500 g sloučeniny india s chlorem poskytne reakcí s  $\text{AgNO}_3$  0,9721 g chloridu stříbrného. Kolik procent chloru obsahuje sloučenina india a jaký je její stechiometrický vzorec?  $A_r(\text{In}) = 114,82$ ,  $A_r(\text{Cl}) = 35,453$ ,  $A_r(\text{Ag}) = 107,868$ .
11. Dokonalým spálením 5,00 g sloučeniny obsahující uhlík, vodík a kyslík vzniklo 4,78 g oxidu uhličitého a 1,96 g vody. Vypočítejte empirický vzorec sloučeniny.  $A_r(\text{C}) = 12,011$ ,  $A_r(\text{H}) = 1,0079$ ,  $A_r(\text{O}) = 16$ .
12. Vypočítejte obsah fluoru v teflonu (polytetrafluorethylen) v hmotnostních procentech.  $A_r(\text{F}) = 18,998$ ,  $A_r(\text{C}) = 12,011$ ,  $A_r(\text{H}) = 1,0079$ .
13. Železná ruda obsahuje 50 %  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Kolik kg železa lze získat z jedné tuny této rudy?  $A_r(\text{Fe}) = 55,847$ ,  $M_r(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 159,692$ .
14. Vzorek znečištěného  $\text{Cu}_2\text{O}$  obsahuje 66,62 % Cu. Kolik procent nečistot neobsahujících měď je ve vzorku?  $M_r(\text{Cu}_2\text{O}) = 143,091$ ,  $A_r(\text{Cu}) = 63,546$ .
15. Sloučenina  $\text{X}_2\text{S}_3$  obsahuje 28,31 % síry. Vypočítejte relativní atomovou hmotnost prvku  $A_r^{\text{stř.}}(\text{X})$ .  $A_r(\text{S}) = 32,06$ .
16. Při analýze vzorku skla bylo zjištěno, že sklo vedle  $\text{SiO}_2$  obsahuje 12,9 %  $\text{B}_2\text{O}_3$ , 2,2 %  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , 3,8 %  $\text{Na}_2\text{O}$  a 0,4 %  $\text{K}_2\text{O}$ . Jaký je poměr počtu molů a atomů Si : B v tomto skle?
17. Vzorek měsíční horniny je složen z 58 atom. % O, 18 atom. % Si, 9 atom. % Al a 15 atom. % jiných prvků, jejichž průměrná atomová hmotnost je 30. Vypočítejte obsah O, Si a Al v hmotnostních procentech.  $A_r(\text{O}) = 16$ ,  $A_r(\text{Si}) = 28,086$ ,  $A_r(\text{Al}) = 26,9815$ .
18. 5 cm<sup>3</sup> plynného uhlovodíku bylo smícháno se 30 cm<sup>3</sup> kyslíku a směs byla přivedena k explozi. Po kondenzaci vodní páry činil objem plynné směsi 20 cm<sup>3</sup> a po pohlcení  $\text{CO}_2$  v roztoku KOH 5 cm<sup>3</sup>. Určete stechiometrický vzorec uhlovodíku, jestliže objemy

plynů byly měřeny za stejných podmínek.  $A_r(\text{O}) = 16$ ,  $M_r(\text{CO}_2) = 44,010$ ,  $A_r(\text{C}) = 12,011$ ,  $A_r(\text{H}) = 1,0079$ .

### Výsledky řešení z kapitoly 2.3.

1.  $\text{C}_5\text{H}_7\text{N}$
2.  $\text{K}_2\text{O} \cdot 6 \text{SiO}_2 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$
3. 9,69 %
4. 41,15%  $\text{SO}_4^{2-}$
5. 78,45 g CaO
6. 50,30 g  $\text{H}_2\text{O}$
7.  $\text{SCl}_2$
8. a) 7,13 mol C, 7,13 mol  $\text{H}_2$ , b)  $\text{C}_2\text{H}_4$ , c)  $9,33 \text{ dm}^3$ , d) 6,01 g C
9.  $\text{CS}_2$
10. 48,09% Cl,  $\text{InCl}_3$
11.  $\text{HCOOH}$
12. 75,98% F
13. 349,72 kg Fe
14. 22,20%
15. 121,78
16. 3,62 : 1
17. 43,64% O, 23,78% Si, 11,42% Al
18.  $\text{C}_3\text{H}_8$

### 3. Úpravy rovnic

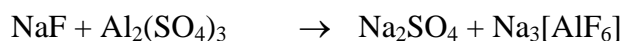
#### 3.1. Úvod do problematiky úpravy rovnic

Při sestavování chemických rovnic je třeba správně doplnit koeficienty pro jednotlivé sloučeniny, které spolu reagují a které následně vznikají. U jednoduchých rovnic doplníme koeficienty tak, aby obě strany obsahovaly stejný počet každého daného atomu, který se reakce účastnil. Pokud je rovnice složitější a reakce se účastní stejné atomy v různých sloučeninách, je vhodné použít postup A. Když navíc dochází k oxidačně-redukčnímu ději, tj. některé atomy si vyměňují mezi sebou elektrony (některé se oxidují, další se redukují) je vhodné použít pro výpočet koeficientů postup B.

##### Postup A

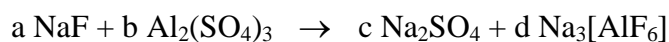
Příklad:

Doplňte koeficienty v následující rovnici:



Řešení:

Rovnice nevyjadřuje reakci oxidačně redukční, a proto příslušné koeficienty vypočítáme z rovnic, které platí pro počty jednotlivých atomů nebo atomových skupin. Před jednotlivé reagující sloučeniny přiřadíme koeficienty a, b, c, d:



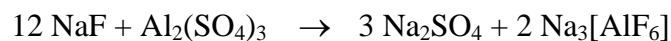
$$\text{Pro počet atomů Na:} \quad a = 2c + 3d$$

$$\text{Pro počet atomů Al:} \quad 2b = d$$

$$\text{Pro počet atomů F:} \quad a = 6d$$

$$\text{Pro počet skupin SO}_4: \quad 3b = c$$

Položíme-li např.  $b = 1$ , potom  $d = 2$ ,  $c = 3$ ,  $a = 12$ . Tyto vypočítané koeficienty dosadíme do původní rovnice:



##### Postup B

Pokud rovnice vyjadřuje oxidačně-redukční děj, zjistíme koeficienty podle následujícího postupu:

- Vyhledáme oxidační a redukční činidlo (vyplývá to ze změny oxidačního stupně základního prvku jednotlivých sloučenin).

- Zapišeme pomocné rovnice, do nichž zahrneme pouze ty atomy nebo ionty, u nichž dochází ke změně oxidačního stupně.
- Po straně pomocných rovnic zapišeme počty elektronů vystihující redukci oxidačního činidla a oxidaci redukčního činidla.
- Počet elektronů vystihující redukci odpovídá počtu částic (atomů, molekul, iontů) redukčního činidla a naopak počet elektronů vystihující oxidaci odpovídá počtu částic oxidačního činidla (proto počty elektronů za pomocnými rovnicemi nutno překřížit).
- Zjištěné koeficienty zapišeme k příslušným vzorcům v levé části rovnice a pak teprve upravujeme pravou stranu rovnice.
- Koeficienty složek, které nejsou ani oxidačními ani redukčními činidly, dopočítáme naposled.

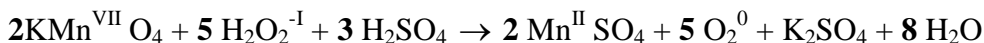
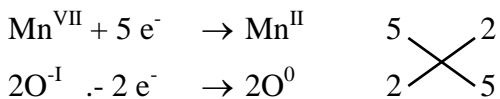
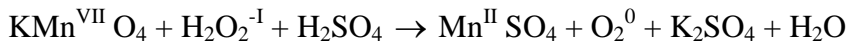
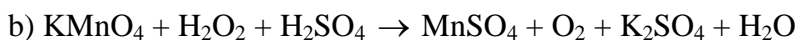
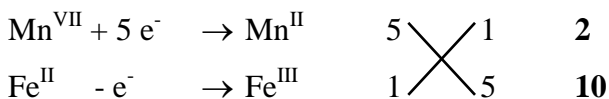
### 3.2. Vzorové příklady

#### Jednoduchá oxidačně redukční rovnice

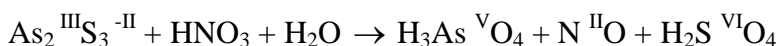
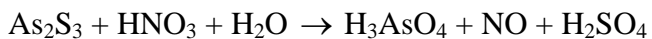
Doplňte koeficienty v následujících rovnicích:



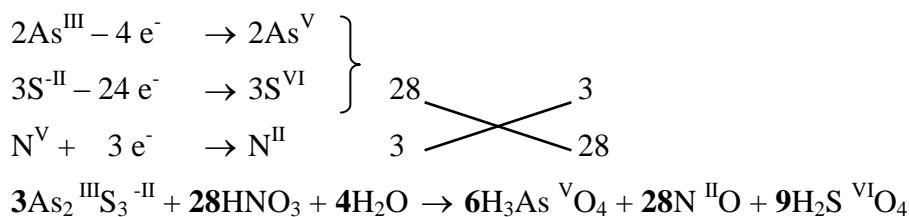
Zjistíme, u kterých atomů dochází ke změně oxidačního stupně:



#### Oxidace a redukce může probíhat současně u několika složek

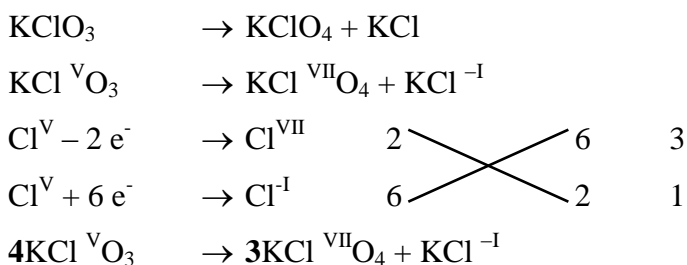






### Disproporcionační reakce

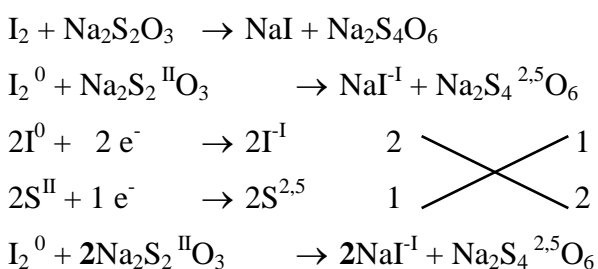
Prvek přítomný ve výchozí sloučenině je ve středním oxidačním stupni a je schopen tvořit sloučeniny ve vyšším i nižším oxidačním stupni (tentýž prvek se částečně oxiduje i redukuje).



Z poloreakcí vyplývá, že oxidovaná a redukováná forma je v poměru 3:1, výchozí počet molekul je dán součtem  $3+1=4$ .

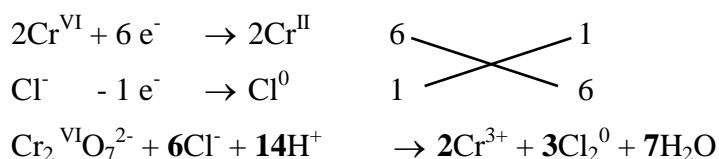
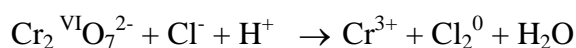
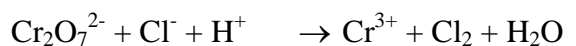
### Oxidační stupeň nemusí být vždy celé číslo

Například dusík má v  $\text{HN}_3$  oxidační stupeň  $-\frac{1}{3}$ , v  $\text{Na}_2\text{S}_4\text{O}_6$  má síra oxidační stupeň 2,5.



### Iontové redoxní rovnice

Při výpočtu koeficientů postupujeme stejným způsobem jako u ostatních oxidačně redukčních rovnic. Nutno dodržet podmínku rovnosti celkového počtu kladných a záporných nábojů iontů na obou stranách rovnice.

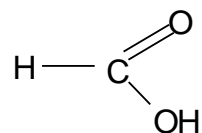


### Oxidačně redukční rovnice, v nichž vystupují organické sloučeniny

Oxidační stupeň C v organických sloučeninách zjistíme podle následujících pravidel:

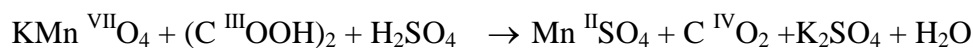
- každá vazba atomu uhlíku s atomem prvku o nižší elektronegativitě se počítá jako -I
- vazby C-C, C=C a C≡C nepočítáme
- vazbu atomu uhlíku s atomem prvku o vyšší elektronegativitě počítáme +I pro jednoduchou vazbu, +II pro dvojnou vazbu a +III pro trojnou vazbu.

Zjištěná čísla sečteme.



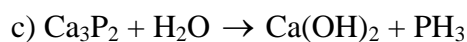
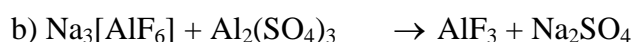
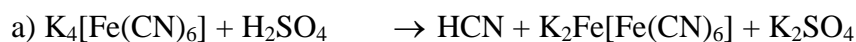
Vazba	C-H	-I
	C=O	+II
	C-O	<u>+I</u>

Celkem: +II



### 3.3. Další příklady k procvičení

1. Doplňte koeficienty u těchto rovnic:



- d)  $\text{HClO}_4 + \text{P}_4\text{O}_{10} \rightarrow \text{H}_3\text{PO}_4 + \text{Cl}_2\text{O}_7$   
 e)  $\text{H}_3\text{BO}_3 + \text{PCl}_5 \rightarrow \text{POCl}_3 + \text{HCl} + \text{B}_2\text{O}_3$   
 f)  $\text{Na}_3\text{SbS}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Sb}_2\text{S}_5 + \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{S}$   
 g)  $\text{KAlSi}_3\text{O}_8 + \text{Na}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{Na}_2\text{SiO}_3 + \text{KAlO}_2 + \text{CO}_2$   
 h)  $\text{Fe}_3\text{I}_8 + \text{K}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{Fe}_3\text{O}_4 + \text{KI} + \text{CO}_2$   
 i)  $\text{KOH} + \text{CS}_2 \rightarrow \text{K}_2\text{CO}_3 + \text{K}_2\text{CS}_3 + \text{H}_2\text{O}$   
 j)  $\text{KHF}_2 + \text{SO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{HSO}_3\text{F} + \text{K}_2\text{SO}_4$   
 k)  $\text{KCN} + \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_4 + (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + \text{CO}$   
 l)  $\text{B}_2\text{O}_3 + \text{CaF}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{BF}_3 + \text{CaSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$

2. Doplňte koeficienty u následujících rovnic:

- a)  $\text{FeCl}_2 + \text{H}_2\text{O}_2 + \text{HCl} \rightarrow \text{FeCl}_3 + \text{H}_2\text{O}$   
 b)  $\text{Cu} + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$   
 c)  $\text{Sb}_2\text{O}_3 + \text{Br}_2 + \text{KOH} \rightarrow \text{K}_3\text{SbO}_4 + \text{KBr} + \text{H}_2\text{O}$   
 d)  $\text{Ca}(\text{OCl})_2 + \text{KI} + \text{HCl} \rightarrow \text{I}_2 + \text{CaCl}_2 + \text{KCl} + \text{H}_2\text{O}$   
 e)  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{KBr} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{Br}_2 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$   
 f)  $\text{Ag}_3\text{AsO}_4 + \text{Zn} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{AsH}_3 + \text{Ag} + \text{ZnSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$   
 g)  $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6] + \text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6] + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{MnSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$   
 h)  $\text{MoS}_2 + \text{PbO}_2 + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{H}_2\text{MoO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{Pb}(\text{NO}_3)_2 + \text{H}_2\text{O}$   
 i)  $\text{KI} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{I}_2 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{S} + \text{H}_2\text{O}$   
 j)  $\text{F}_2 + \text{Cl}_2\text{O} \rightarrow \text{ClF}_3\text{O} + \text{ClF}_3$   
 k)  $\text{NaNO}_2 + \text{KI} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{NO} + \text{I}_2 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$   
 l)  $\text{Au} + \text{KCN} + \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{K}[\text{Au}(\text{CN})_2] + \text{KOH}$   
 m)  $\text{OsO}_4 + \text{HCl} + \text{KCl} \rightarrow \text{K}_2[\text{OsCl}_4\text{O}_2] + \text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O}$   
 n)  $\text{NH}_4[\text{UF}_5] + \text{F}_2 \rightarrow \text{UF}_6 + \text{N}_2 + \text{HF}$   
 o)  $\text{CoCl}_2 + \text{NH}_4\text{Cl} + \text{NH}_3 + \text{O}_2 \rightarrow [\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3 + \text{H}_2\text{O}$   
 p)  $\text{KClO}_3 + \text{BrF}_3 \rightarrow \text{K}[\text{BrF}_4] + \text{Br}_2 + \text{O}_2 + \text{ClO}_2\text{F}$   
 q)  $[\text{Xe}_2\text{F}_3]^+ [\text{AsF}_6]^- + \text{HCl} \rightarrow \text{HF} + \text{Cl}_2 + \text{Xe} + \text{AsF}_5$

3. Doplňte koeficienty u těchto rovnic:

- a)  $\text{Mn}^{2+} + \text{MnO}_4^- + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{MnO}_2 + \text{H}^+$

- b)  $\text{IO}_3^- + \text{I}^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{I}_2 + \text{H}_2\text{O}$   
 c)  $\text{S}_2\text{O}_3^{2-} + \text{I}_2 + \text{OH}^- \rightarrow \text{SO}_4^{2-} + \text{I}^- + \text{H}_2\text{O}$   
 d)  $\text{Cu}^{2+} + \text{I}^- \rightarrow \text{CuI} + \text{I}_2$   
 e)  $\text{P}_4 + \text{OH}^- + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{PH}_3 + \text{H}_2\text{PO}_2^-$   
 f)  $\text{S}_2\text{O}_8^{2-} + \text{Mn}^{2+} + \text{OH}^- \rightarrow \text{MnO}_2 + \text{SO}_4^{2-} + \text{H}_2\text{O}$   
 g)  $\text{FeO}_4^{2-} + \text{H}_3\text{O}^+ \rightarrow \text{Fe}^{3+} + \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O}$   
 h)  $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-} + \text{Re} + \text{OH}^- \rightarrow [\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-} + \text{ReO}_4^- + \text{H}_2\text{O}$   
 i)  $\text{SeO}_3^{2-} + \text{SO}_3^{2-} + \text{H}^+ \rightarrow \text{Se} + \text{SO}_4^{2-} + \text{H}_2\text{O}$   
 j)  $\text{SO}_3^{2-} + \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + \text{H}^+ \rightarrow \text{SO}_4^{2-} + \text{Cr}^{3+} + \text{H}_2\text{O}$   
 k)  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + \text{H}^+ \rightarrow \text{CH}_3\text{COH} + \text{Cr}^{3+} + \text{H}_2\text{O}$   
 l)  $[\text{AuBr}_4]^- + \text{Hg} \rightarrow \text{Au} + \text{Hg}_2\text{Br}_2 + \text{Br}^-$   
 m)  $\text{AsH}_3 + \text{Ag}^+ + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_3\text{AsO}_3 + \text{Ag} + \text{H}^+$   
 n)  $\text{HXeO}_4^- + \text{OH}^- \rightarrow \text{XeO}_6^{4-} + \text{Xe} + \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O}$

### Výsledky řešení z kapitoly 3.3.

1.

- a)  $2+3 \rightarrow 6+1+3$   
 b)  $2+1 \rightarrow 4+3$   
 c)  $1+6 \rightarrow 3+2$   
 d)  $12+1 \rightarrow 4+6$   
 e)  $2+3 \rightarrow 3+6+1$   
 f)  $2+3 \rightarrow 1+3+3$   
 g)  $1+3 \rightarrow 3+1+3$   
 h)  $1+4 \rightarrow 1+8+4$   
 i)  $6+3 \rightarrow 1+2+3$   
 j)  $2+4+1 \rightarrow 4+1$   
 k)  $2+2+2 \rightarrow 1+1+2$   
 l)  $1+3+3 \rightarrow 2+3+3$

2.

- a)  $2+1+2 \rightarrow 2+2$   
 b)  $3+8 \rightarrow 3+2+4$

- c)  $1+2+10 \rightarrow 2+4+5$
  - d)  $1+4+4 \rightarrow 2+1+4+2$
  - e)  $1+6+7 \rightarrow 1+3+4+7$
  - f)  $2+11+11 \rightarrow 2+6+11+8$
  - g)  $5+1+4 \rightarrow 5+3+1+4$
  - h)  $1+9+18 \rightarrow 1+2+9+6$
  - i)  $8+5 \rightarrow 4+4+1+4$
  - j)  $3+1 \rightarrow 1+1$
  - k)  $2+2+2 \rightarrow 2+1+1+1+2$
  - l)  $4+8+1+2 \rightarrow 4+4$
  - m)  $1+4+2 \rightarrow 1+1+2$
  - n)  $2+5 \rightarrow 2+1+8$
  - o)  $4+4+20+1 \rightarrow 4+2$
  - p)  $6+10 \rightarrow 6+2+3+6$
  - q)  $1+4 \rightarrow 4+2+2+1$
- 3.
- a)  $3+2+2 \rightarrow 5+4$
  - b)  $1+5+6 \rightarrow 3+3$
  - c)  $1+4+10 \rightarrow 2+8+5$
  - d)  $2+4 \rightarrow 2+1$
  - e)  $1+3+3 \rightarrow 1+3$
  - f)  $1+1+4 \rightarrow 1+2+2$
  - g)  $4+20 \rightarrow 4+3+30$
  - h)  $7+1+8 \rightarrow 7+1+4$
  - i)  $1+2+2 \rightarrow 1+2+1$
  - j)  $3+1+8 \rightarrow 3+2+4$
  - k)  $3+1+8 \rightarrow 3+2+7$
  - l)  $2+6 \rightarrow 2+3+2$
  - m)  $1+6+3 \rightarrow 1+6+6$
  - n)  $2+2 \rightarrow 1+1+1+2$

## 4. Výpočty z chemických rovnic

### 4.1. Úvod do problematiky výpočtů z chemických rovnic

Průběh chemických reakcí vystihují chemické rovnice. Tyto rovnice udávají, z kterých prvků a sloučenin vznikly reakční produkty, ale také vyjadřují vztahy mezi množstvím reagujících látek. Při jednoduchých výpočtech podle chemické rovnice předpokládáme, že reakce probíhá za normálních podmínek (teplota, tlak), kdy jeden mol zaujímá objem přibližně 22,4 dm<sup>3</sup>.

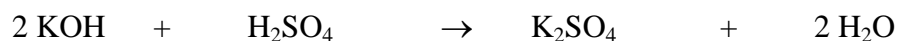
Například z chemické rovnice



je patrné, že amoniak se slučuje s chlorovodíkem za vzniku chloridu amonného. Jedna molekula NH<sub>3</sub> se sloučí s jednou molekulou HCl na jednu molekulu NH<sub>4</sub>Cl. Protože jeden mol NH<sub>3</sub> má hmotnost 17,030 g, jeden mol HCl má hmotnost 36,461 g a jeden mol NH<sub>4</sub>Cl má hmotnost 53,491 g, můžeme z chemické rovnice vyčíst, že 17,030 g NH<sub>3</sub> se sloučí s 36,461 g HCl za vzniku 53,491 g NH<sub>4</sub>Cl.

### 4.2. Vzorové příklady

1. Vypočítejte, kolik gramů 96% (w/w) kyseliny sírové je zapotřebí k neutralizaci 16 g hydroxidu draselného, která probíhá podle rovnice:



$$M_r(\text{KOH}) = 56,1$$

$$M_r(\text{H}_2\text{SO}_4) = 98$$

Řešení:

Ze stechiometrie reakce plyne, že ke zneutralizování 2 molů (2.56,1 g) KOH je zapotřebí 1 mol (98 g) 100% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Spotřebu H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> k neutralizaci 16 g KOH vypočítáme z přímé úměry:

$$2.56,1 \text{ g KOH} \dots\dots\dots 98 \text{ g H}_2\text{SO}_4 \text{ (100\%)}$$

$$16 \text{ g KOH} \dots\dots\dots x \text{ g H}_2\text{SO}_4$$

$$16 : 2.56,1 = x : 98$$

$$x = 13,97 \text{ g H}_2\text{SO}_4 \text{ (100\%)}$$

K neutralizaci byla použita jen 96% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Její spotřebu vypočítáme z nepřímé úměrnosti (čím je kyselina slabší, tím většího množství kyseliny je třeba použít):

100% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.....13,97 g

96 % H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.....x g

$$x : 13,97 = 100 : 96$$

$$x = 14,55 \text{ g H}_2\text{SO}_4 \text{ (96\%)}$$

K neutralizaci 16 g KOH je zapotřebí 14,55 g 96% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

2. Uhličitan vápenatý se rozkládá podle rovnice:



Kolik litrů oxidu uhličitého vznikne rozkladem 500 g CaCO<sub>3</sub>, který obsahuje 10 % nečistot? Objem CO<sub>2</sub> je měřen za normálních podmínek. M<sub>r</sub> (CaCO<sub>3</sub>) = 100.

Řešení:

1 mol CO<sub>2</sub> zaujímá za normálních podmínek objem přibližně 22,4 dm<sup>3</sup>.

Rozkladem 100 g (1 mol) CaCO<sub>3</sub>.....22,4 dm<sup>3</sup> (1 mol) CO<sub>2</sub>

500 g.....x dm<sup>3</sup> CO<sub>2</sub>

$$x = \frac{500 \cdot 22,4}{100} = 112,00 \text{ dm}^3 \text{ CO}_2$$

Uhličitan vápenatý obsahuje 10 % nečistot a tedy je 90% (hmotnostních) CaCO<sub>3</sub>. Proto rozkladem vznikne pouze 112.0,9 = 100,80 dm<sup>3</sup> CO<sub>2</sub>.

### 4.3. Další příklady k procvičení

1. Při termickém rozkladu KClO<sub>3</sub> vzniklo 5,5 dm<sup>3</sup> O<sub>2</sub> (měřeno za normálních podmínek). Kolik gramů KClO<sub>3</sub> bylo rozloženo?
2. Vypočtete kolik dm<sup>3</sup> NO<sub>2</sub> lze připravit ze směsi 30 g O<sub>2</sub> a 25 dm<sup>3</sup> NO (objemy měřeny za normálních podmínek).
3. Kolik molů H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> a kolik g zinku je zapotřebí na přípravu 100 dm<sup>3</sup> vodíku (měřeno za normálních podmínek)? Kolik cm<sup>3</sup> 24% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> odpovídá vypočítanému množství H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (ρ = 1,1704 g.cm<sup>-3</sup>)?
4. Kolik molů a kolik dm<sup>3</sup> vodíku vznikne reakcí 50 gramů zinku s kyselinou sírovou, měří-li se objem vzniklého vodíku za normálních podmínek?

5. Vypočítejte:
- kolik litrů  $\text{N}_2\text{O}$  vznikne rozkladem 100 g  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ,
  - kolik litrů  $\text{N}_2$  vznikne rozkladem 100 g  $\text{NH}_4\text{NO}_2$ ,
  - kolik gramů  $\text{H}_2\text{O}_2$  se rozloží za vzniku  $50 \text{ dm}^3 \text{ O}_2$ .
- Objemy plynů byly měřeny za normálních podmínek.
- Kolik  $\text{dm}^3$  kyslíku (měřeno za normálních podmínek) se spotřebuje při shoření 1,0 g ethanu?
  - Kolik  $\text{dm}^3$  třaskavého plynu (měřeno za normálních podmínek) vznikne rozkladem 1 molu  $\text{H}_2\text{O}$  elektrickým proudem?
  - Společnou krystalizací roztoku 10,0 g  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  a  $\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{ H}_2\text{O}$  připravíme tzv. Mohrovu sůl  $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6 \text{ H}_2\text{O}$ . Vypočítejte kolik  $\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{ H}_2\text{O}$  na přípravu použijeme a jaký je procentuální výtěžek krystalizace, jestliže jsme získali 26,0 g Mohrovy soli.
  - Na přípravu vývojky je zapotřebí 95,0 g  $\text{Na}_2\text{SO}_3$ . K dispozici je však pouze  $\text{Na}_2\text{SO}_3 \cdot 7 \text{ H}_2\text{O}$ . Kolik gramů hydrátu je nutné použít na přípravu vývojky?
  - Zdrojem kyslíku v dýchacím přístroji je peroxid sodíku, který reaguje s  $\text{CO}_2$  podle rovnice:
 
$$\text{Na}_2\text{O}_2 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 + 1/2 \text{ O}_2$$
 Kolikrát lze přístroj použít, obsahuje-li 0,5 kg čistého  $\text{Na}_2\text{O}_2$  a spotřebuje-li se při jednom použití asi  $14,4 \text{ dm}^3$  kyslíku (měřeno za normálních podmínek)?
  - Sulfid železnatý lze připravit tavením železa se sírou. Napište chemickou rovnici této reakce a vypočítejte kolik gramů železa a kolik gramů síry se spolu sloučí na 150 gramů sulfidu.
  - Kolik %  $\text{FeS}$  obsahuje reakční směs vzniklá tavením 100 g práškového železa a 50 g síry?
  - Kolik g  $\text{Hg}$  a kolik  $\text{dm}^3 \text{ O}_2$  vznikne ze 108 g  $\text{HgO}$ ?  $A_r(\text{Hg}) = 200,59$ ;  $A_r(\text{O}) = 15,9994$ .
  - Kolik g  $\text{NaNO}_3$  vznikne neutralizací roztoku, který obsahuje 12 g  $\text{NaOH}$ ? Kolik  $\text{cm}^3$  20 %  $\text{HNO}_3$  ( $\rho = 1,115 \text{ g.cm}^{-3}$ ) je zapotřebí k této neutralizaci?
  - K roztoku, který obsahuje 10 g  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , bylo přidáno 9 g  $\text{NaOH}$ . Jakou reakci bude mít roztok?
  - Kolik  $\text{cm}^3$  20 %  $\text{HCl}$  ( $\rho = 1,098 \text{ g.cm}^{-3}$ ) a kolik gramů  $\text{NaOH}$  je zapotřebí na přípravu 100 g  $\text{NaCl}$ ?



17. Při přípravě  $\text{KHSO}_4$  bylo potřebné množství 20%  $\text{H}_2\text{SO}_4$  zneutralizováno 50,0 g  $\text{K}_2\text{CO}_3$ . Po zahuštění vzniklého roztoku ke krystalizaci vykristaloval  $\text{KHSO}_4$ , jehož hmotnost po odfiltrování a vysušení činila 48,5 g. Vypočítejte procentuální výtěžek  $\text{KHSO}_4$ .
18. Přípravu nitrobenzenu vystihuje rovnice  $\text{C}_6\text{H}_6 + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ . Vypočítejte kolik gramů  $\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2$  může vzniknout z 5,0 g  $\text{C}_6\text{H}_6$  a jaký je procentuální výtěžek reakce, jestliže z 50,0 g  $\text{C}_6\text{H}_6$  bylo připraveno 40,0 g  $\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2$ ?
19. Jisté množství  $\text{Ag}_2\text{O}$  bylo zahřátím rozloženo na stříbro a kyslík. Úbytek hmotnosti vzorku po zahřátí činil 4,00 g. Kolik gramů  $\text{Ag}$  vzniklo?

### Výsledky řešení z kapitoly 4.3.

1. 20,05g  $\text{KClO}_3$
2. 25,00 dm<sup>3</sup>  $\text{NO}_2$
3. 4,46 mol  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , 291,87 g  $\text{Zn}$ , 1557,77 cm<sup>3</sup> 24%  $\text{H}_2\text{SO}_4$
4. 0,76 mol  $\text{H}_2$ , 17,14 dm<sup>3</sup>  $\text{H}_2$
5. a) 28,00 dm<sup>3</sup>  $\text{N}_2$ , b) 15,00 dm<sup>3</sup>  $\text{N}_2$ , c) 151,76 g  $\text{H}_2\text{O}_2$
6. 2,61 dm<sup>3</sup>  $\text{O}_2$
7. 33,62 dm<sup>3</sup> třaskavého plynu
8. 21,04 g  $\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$ , 87,6 %
9. 190,05 g  $\text{Na}_2\text{SO}_3 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$
10. asi 5x
11. 95,30 g  $\text{Fe}$ , 54,70 g  $\text{S}$
12. 91,39%  $\text{FeS}$
13. 100,01 g  $\text{Hg}$ , 5,59 dm<sup>3</sup>  $\text{O}_2$
14. 25,50 g  $\text{NaNO}_3$ , 84,75 cm<sup>3</sup> 20%  $\text{HNO}_3$
15. přebývá 0,02 mol  $\text{NaOH}$  = zásaditá reakce
16. 284,11 cm<sup>3</sup> 20%  $\text{HCl}$ , 68,44 g  $\text{NaOH}$
17. 49,23%
18. 7,88 g  $\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2$ , 50,76%
19. 53,94 g  $\text{Ag}$

## 5. Roztoky

### 5.1. Co je roztok a způsoby vyjádření obsahu složky v roztoku

Roztoky jsou směsi dvou a více čistých látek. Vyznačují se tím, že v celém objemu mají stejné vlastnosti (jsou homogenní). Jednotlivé látky, z nichž se roztok skládá, se nazývají složky. Roztoky pak definujeme jako homogenní soustavy složené ze dvou nebo více složek. Například rozpuštěním chloridu sodného ve vodě vznikne roztok – soustava obsahující dvě složky – NaCl a H<sub>2</sub>O. Složku, která v roztoku převládá, označujeme jako rozpouštědlo, ostatní složky jsou rozpuštěné látky. V některých případech je obtížné určit, zda složka je rozpouštědlo nebo rozpuštěná látka (např. soustava ethanol – voda). V roztocích tuhých nebo plyných látek v kapalině se za rozpouštědlo obvykle považuje kapalina. Roztoky nemusí být vždy kapalné, ale jako roztok můžeme považovat i směs dvou plynů nebo směsné krystaly (tuhé roztoky). V následujících úvahách se budeme věnovat vodním roztokům o dvou složkách, které vznikají rozpuštěním tuhých látek nebo kapalin ve vodě.

Složení roztoku se vyjadřuje relativním obsahem jednotlivých složek. Relativní obsah složky v roztoku se nejčastěji vyjadřuje těmito způsoby:

1. Hmotnostní zlomek  $\omega$  složky, což je bezrozměrná veličina, která udává hmotnost rozpuštěné látky v hmotnostní jednotce roztoku. V praxi se používá **hmotnostních procent**, která vyjadřují hmotnost rozpuštěné látky (v gramech) ve 100 g roztoku. Například 5 g KBr ve 100 g roztoku (5 g KBr + 95 g vody), 5 hmotnostních % KBr.
2. Objemový zlomek  $\phi$  složky, je opět bezrozměrná veličina, která udává objem rozpuštěné látky v objemové jednotce roztoku. Obvykle se složení roztoku vyjadřuje **objemovými procenty**, udávající objem rozpuštěné látky (v ml) ve 100 ml roztoku. Například 30 ml ethanolu ve 100 ml roztoku (30 ml ethanolu + 70 ml vody), 30 objemových % ethanolu.
3. Látková koncentrace složky, což je látkové množství složky dělené objemem roztoku. Například 1 litr vodného roztoku hydroxidu sodného o látkové koncentraci 1 mol.l<sup>-1</sup> (1 M-NaOH) obsahuje 1 mol (39,9972 g) NaOH. Lze jej připravit tak, že do 1 l odměrné baňky kvantitativně převedeme 39,9972 g čistého NaOH a při dané teplotě (obvykle 20 °C) baňku doplníme po značku destilovanou vodou.
4. Molalita (molální koncentrace) je vyjadřována jako látkové množství obsažené v 1 kg rozpouštědla (mol/kg).

## 5.2. Vzorové příklady

1. Vypočítejte hmotnost 15 % roztoku síranu draselného, který připravíme rozpuštěním 20 g  $K_2SO_4$ .

Řešení:

15 % roztok obsahuje 15 g dané sloučeniny ve 100 g roztoku:

15 g  $K_2SO_4$ .....100 g roztoku

20 g  $K_2SO_4$ .....x g roztoku

$$20 : 15 = x : 100$$

$$x = 133,33 \text{ g}$$

Hmotnost 15 % roztoku  $K_2SO_4$ , obsahujícího 20 g  $K_2SO_4$  je 133,33 g.

2. Kolik gramů NaOH musíme navážít pro přípravu 350 g 10% vodného roztoku NaOH?

Řešení:

10 g NaOH.....100 g roztoku

x g NaOH.....350 g roztoku

$$x : 10 = 350 : 100$$

$$x = 35,00 \text{ g}$$

K přípravě 350 g 10 % roztoku je třeba navážít 35,00 g NaOH.

3. Alkoholický nápoj obsahuje 40,0 objemových % ethanolu. Vypočítejte objem čistého ethanolu a vody v 600 cm<sup>3</sup> tohoto nápoje.

Řešení:

Roztok se 40 objemovými % ethanolu obsahuje 40 cm<sup>3</sup> čistého ethanolu ve 100 cm<sup>3</sup> roztoku.

40 cm<sup>3</sup> ethanolu.....100 cm<sup>3</sup> roztoku

x cm<sup>3</sup> ethanolu.....600 cm<sup>3</sup> roztoku

$$x : 40 = 600 : 100$$

$$x = 240,00 \text{ cm}^3$$

Množství vody:  $600 - 240 = 360,00 \text{ cm}^3$

Nápoj obsahuje 240,00 cm<sup>3</sup> ethanolu a 360,00 cm<sup>3</sup> vody.

4. Jaká je molarita roztoku, který obsahuje 4,24 g  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  v  $200 \text{ cm}^3$  roztoku?

$$M_r(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 105,99.$$

Řešení:

1 M roztok obsahuje 1 mol látky (molekulová váha látky vyjádřená v g) v 1000 ml roztoku.

Přepočítáme obsah látky v  $1000 \text{ cm}^3$ :

4,24 g  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ..... $200 \text{ cm}^3$  roztoku

x g  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ..... $1000 \text{ cm}^3$  roztoku

$$x : 4,24 = 1000 : 200$$

$$x = 21,2 \text{ g Na}_2\text{CO}_3$$

105,99 g  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  v  $1000 \text{ cm}^3$  .....1 M

21,2 g  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  v  $1000 \text{ cm}^3$  .....x M

$$21,2 : 105,99 = x : 1$$

$$x = 0,20 \text{ M}$$

Roztok je  $0,20 \text{ mol.l}^{-1}$ .

5. Kolik gramů dihydrátu uhličitanu sodného musíme navážit pro přípravu  $500 \text{ cm}^3$

roztoku o koncentraci  $0,5 \text{ mol.l}^{-1}$ ?  $M_r(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) = 142,02$ .

Řešení:

142,02 g  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ .....1 M roztoku

x g  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ .....0,5 M roztoku

$$x : 142,02 = 0,5 : 1$$

$$x = 71,01 \text{ g Na}_2\text{CO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$$

71,01 g  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ..... $1000 \text{ cm}^3$  roztoku

x g  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ..... $500 \text{ cm}^3$  roztoku

$$x : 71,01 = 500 : 1000$$

$$x = 35,51 \text{ g Na}_2\text{CO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$$

Pro přípravu  $500 \text{ cm}^3$  roztoku o koncentraci  $0,5 \text{ mol.l}^{-1}$  musíme navážit 35,51 g

$\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ .

6. Vypočítejte molaritu a molalitu 30 %  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ( $\rho = 1,2185 \text{ g.cm}^{-3}$ ),  $M_r(\text{H}_2\text{SO}_4) = 98,07$ .

**Látkové množství (dříve: molarita roztoku) je rovna počtu molů rozpuštěné látky v 1 dm<sup>3</sup> roztoku. Molalita roztoku udává počet molů rozpuštěné látky v 1 kg rozpouštědla.**

Řešení:

Hmotnost 1 dm<sup>3</sup> 30 % H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>:  $m = V \cdot \rho = 1000 \cdot 1,2185 = 1218,5 \text{ g}$

30 % roztok H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> obsahuje  $1218,5 \cdot 0,3 = 365,55 \text{ g H}_2\text{SO}_4$

30 % roztok H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> obsahuje  $1218,5 \cdot 0,7 = 852,95 \text{ g H}_2\text{O}$

1M .....98,07 g H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> v 1000 cm<sup>3</sup>

x M.....365,55 g H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> v 1000 cm<sup>3</sup>

$x : 1 = 365,55 : 98,07$

$x = 3,727 \text{ M}$

Molarita 30 % roztoku H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> je 3,73M.

365,55 g H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> je rozpuštěno.....852,95 g H<sub>2</sub>O

x g H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.....1000 g H<sub>2</sub>O

$x : 365,55 = 1000 : 852,95$

$x = 428,57 \text{ g H}_2\text{SO}_4$

1 m roztok.....98,07 g H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

x m roztok.....428,57 g H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

$x : 1 = 428,57 : 98,07$

$x = 4,37 \text{ m-H}_2\text{SO}_4$  (molální) roztok

30 % H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> je 3,73 mol.l<sup>-1</sup> a molalita je 4,37 (m).

### 5.3. Další příklady k procvičení

- Vypočítejte kolik gramů NaNO<sub>3</sub> je zapotřebí na přípravu
  - 2,5 kg 10 % roztoku NaNO<sub>3</sub>
  - 2,5 dm<sup>3</sup> 10 % roztoku NaNO<sub>3</sub> o hustotě  $\rho = 1,0674 \text{ g.cm}^{-3}$ .
- 200 cm<sup>3</sup> vodného roztoku ethylalkoholu obsahuje 120 cm<sup>3</sup> ethylalkoholu. Vypočítejte koncentraci ethylalkoholu v tomto roztoku v objemových procentech.
- Kolik gramů CuSO<sub>4</sub>.5 H<sub>2</sub>O lze získat z 1,5 kg 15% roztoku síranu měďnatého odpařením vody?  $M_r(\text{CuSO}_4) = 159,60$  a  $M_r(\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{ H}_2\text{O}) = 249,68$ .

4. 180 cm<sup>3</sup> roztoku obsahuje 11,476 g KOH. Vypočítejte molaritu tohoto roztoku.  
M<sub>r</sub>(KOH) = 56,105.
5. Vypočítejte procentovou koncentraci 13,57 mol.l<sup>-1</sup> roztoku kyseliny fluorovodíkové, jehož hustota ρ = 1,086 g.cm<sup>-3</sup>. M<sub>r</sub>(HF) = 20,006.
6. Kolik gramů Ba(OH)<sub>2</sub> · 8 H<sub>2</sub>O je potřebí na přípravu 2 dm<sup>3</sup> 0,125 mol.l<sup>-1</sup> roztoku Ba(OH)<sub>2</sub>? M<sub>r</sub>(Ba(OH)<sub>2</sub>) = 171,35, M<sub>r</sub>(Ba(OH)<sub>2</sub> · 8 H<sub>2</sub>O) = 315,48.
7. Kolik cm<sup>3</sup> 36 % roztoku HCl (ρ = 1,1789 g.cm<sup>-3</sup>) je potřebí na přípravu 2 dm<sup>3</sup> 1 mol.l<sup>-1</sup> roztoku HCl? M<sub>r</sub>(HCl) = 36,461.
8. Kolik gramů dusičnanu stříbrného je obsaženo v 0,5 dm<sup>3</sup> jeho 0,625 mol.l<sup>-1</sup> roztoku?  
M<sub>r</sub>(AgNO<sub>3</sub>) = 169,873.
9. Na vysrážení stříbra ve formě AgCl z 15 cm<sup>3</sup> roztoku AgNO<sub>3</sub> bylo spotřebováno 24,0 cm<sup>3</sup> 1 M-NaCl. Vypočítejte:
  - a) molaritu roztoku AgNO<sub>3</sub>
  - b) množství tohoto roztoku AgNO<sub>3</sub>, které je potřebné na přípravu 200 cm<sup>3</sup> 0,25 M-AgNO<sub>3</sub>.
10. Kolik gramů KMnO<sub>4</sub> je nutné navážít na přípravu 1 dm<sup>3</sup> roztoku KMnO<sub>4</sub> pro titraci v kyselém prostředí tak, aby 1 cm<sup>3</sup> tohoto roztoku právě zoxidoval veškeré Fe<sup>2+</sup>, které jsou obsaženy v 1 cm<sup>3</sup> 1 M-FeSO<sub>4</sub>?
11. 19,7658 g roztoku HBr bylo zředěno v odměrné baňce na objem 100 cm<sup>3</sup>. K neutralizaci 20,00 cm<sup>3</sup> vzniklého vodného roztoku HBr bylo spotřebováno 15,50 cm<sup>3</sup> 1 M-NaOH. Vypočítejte procentuální koncentraci HBr v původním roztoku.  
M<sub>r</sub>(HBr) = 80,912.
12. Jaká je procentová koncentrace roztoku, který vznikl rozpuštěním 525 g soli ve 2,5 kg rozpouštědla?
13. Vypočítejte
  - a) v kolika gramech 6% roztoku NaCl je obsaženo 12,0 g NaCl,
  - b) v kolika cm<sup>3</sup> 6% roztoku NaCl je obsaženo 12,0 g NaCl, je-li hustota tohoto roztoku ρ = 1,0413 g.cm<sup>-3</sup>.
14. Vypočítejte koncentraci roztoku (v hmotnostních procentech), který vznikl rozpuštěním 25,0 g fenolu ve 100 cm<sup>3</sup> methanolu, jehož hustota je ρ = 0,7917 g.cm<sup>-3</sup>.
15. Kolik gramů Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> · 10 H<sub>2</sub>O a kolik cm<sup>3</sup> H<sub>2</sub>O použijeme k přípravě 0,5 dm<sup>3</sup> 12% roztoku uhličitanu sodného, jehož hustota je ρ = 1,1244 g.cm<sup>-3</sup>?

16. Kolik gramů cukru je nutno rozpustit ve  $4,5 \text{ dm}^3$  vody, abychom získali 15 % roztok?
17. Kolik gramů  $\text{H}_2\text{SO}_4$  obsahuje  $1 \text{ cm}^3$  44 % roztoku kyseliny sírové o hustotě  $\rho = 1,3384 \text{ g.cm}^{-3}$ ?
18. Kolik gramů  $\text{NaNO}_3$  je potřeba na přípravu  $50 \text{ cm}^3$  roztoku o takové koncentraci, aby  $1 \text{ cm}^3$  roztoku obsahoval 70,0 mg Na?
19. V jakém objemu 50% roztoku  $\text{HNO}_3$  ( $\rho = 1,3100 \text{ g.cm}^{-3}$ ) je obsaženo takové množství  $\text{HNO}_3$ , které zneutralizujeme  $100 \text{ cm}^3$  20 % roztoku NaOH, jehož hustota  $\rho = 1,2191 \text{ g.cm}^{-3}$ ?
20. Reakcí  $20,0 \text{ g}$   $\text{K}_2\text{CO}_3$  s 50% roztokem  $\text{H}_2\text{SO}_4$  byl připraven  $\text{KHSO}_4$ . Vypočítejte kolik  $\text{cm}^3$  96 %  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ( $\rho = 1,8355 \text{ g.cm}^{-3}$ ) použijeme na přípravu potřebného množství 50% roztoku  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .  $M_r(\text{K}_2\text{CO}_3) = 138,21$ ;  $M_r(\text{H}_2\text{SO}_4) = 98,06$ .
21. Vypočítejte
- Kolik  $\text{cm}^3$  ethylalkoholu je obsaženo v  $1 \text{ dm}^3$  vodného roztoku ethylalkoholu, jehož koncentrace je 40 objemových %?
  - Kolik gramů ethylalkoholu je obsaženo v  $1 \text{ dm}^3$  tohoto roztoku. Hustota bezvodého  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  je  $\rho = 0,7893 \text{ g.cm}^{-3}$ ?
22. Hustota 68% vodného roztoku  $\text{CH}_3\text{OH}$  je  $0,880 \text{ g.cm}^{-3}$ , hustota bezvodého methanolu je  $\rho = 0,796 \text{ g.cm}^{-3}$ . Vypočítejte koncentraci uvedeného vodného roztoku  $\text{CH}_3\text{OH}$  v objemových procentech.
23. Ve  $100 \text{ g}$  vody se při  $20^\circ\text{C}$  rozpustí  $62,1 \text{ g}$   $\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{ H}_2\text{O}$ . Vypočtete procentuální koncentraci  $\text{FeSO}_4$  v tomto roztoku.
24. Kolik molů a kolik gramů  $\text{HNO}_3$  obsahuje  $250 \text{ cm}^3$  2,03 M- $\text{HNO}_3$ . Hustota tohoto roztoku je  $\rho = 1,0661 \text{ g.cm}^{-3}$ . Vypočítejte procentovou koncentraci  $\text{HNO}_3$  v roztoku.
25. Kolik gramů  $\text{BaCl}_2 \cdot 2 \text{ H}_2\text{O}$  je potřebí k přípravě
- $1 \text{ dm}^3$  0,25 M- $\text{BaCl}_2$ ,
  - $0,5 \text{ dm}^3$  1 M- $\text{BaCl}_2$ .
26. Vypočítejte molaritu 12 % roztoku  $\text{H}_3\text{PO}_4$  o hustotě  $\rho = 1,0647 \text{ g.cm}^{-3}$ .
27. Vypočítejte procentovou koncentraci 3,0 M- $\text{NaNO}_3$ , jehož hustota je  $\rho = 1,1589 \text{ g.cm}^{-3}$ .
28. V jakém objemu  $0,365 \text{ mol.l}^{-1}$  roztoku  $\text{FeCl}_3$  je obsažen 1 g Fe?
29. Určete látkovou koncentraci roztoku obsahujícího  $16,021 \text{ g}$   $\text{CH}_3\text{OH}$  ve  $200 \text{ cm}^3$  roztoku.

30. Kolik gramů  $\text{CH}_3\text{COOH}$  obsahuje  $100 \text{ cm}^3$   $0,25 \text{ mol.l}^{-1}$  roztoku  $\text{CH}_3\text{COOH}$ ?
31. Vypočítejte látkové množství (molaritu) a molalitu roztoku, jehož  $100 \text{ g}$  obsahuje  $10,0 \text{ g}$   $\text{NaCl}$  a jehož hustota  $\rho = 1,0707 \text{ g.cm}^{-3}$ .
32. Kolik  $\text{cm}^3$   $96 \%$  roztoku  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ( $\rho = 1,8355 \text{ g.cm}^{-3}$ ) potřebujeme k přípravě  $1 \text{ dm}^3$   $0,5 \text{ M-H}_2\text{SO}_4$ ?
33. Kolik  $\text{cm}^3$   $50\%$  roztoku  $\text{NaOH}$  ( $\rho = 1,5253 \text{ g.cm}^{-3}$ ) je nutné použít na přípravu  $0,5 \text{ dm}^3$   $0,5 \text{ M-NaOH}$ ?
34. Vypočítejte procentovou koncentraci  $1,33 \text{ M-K}_2\text{CO}_3$  o hustotě  $\rho = 1,1490 \text{ g.cm}^{-3}$ .
35. Vypočítejte procentovou koncentraci a molalitu  $2,70 \text{ M-KCl}$  o hustotě ( $\rho = 1,1185 \text{ g.cm}^{-3}$ ).
36. Kolik  $\text{dm}^3$  plynného amoniaku (měřeno za normálních podmínek) se uvolní varem z  $0,25 \text{ dm}^3$   $2 \text{ M-NH}_4\text{OH}$ ?
37. Množství amoniaku odpovídající dvanáctinásobku jeho molární hmotnosti bylo rozpuštěno ve vodě za vzniku  $1250 \text{ g}$  roztoku. Vypočítejte koncentraci tohoto roztoku v hmotnostních procentech.
38. Kolik  $\text{cm}^3$   $0,125 \text{ M-KOH}$  lze připravit ze  $3,5 \text{ g}$   $\text{KOH}$ ?
39.  $10,0 \text{ g}$   $34,89 \%$  roztoku  $\text{ZnCl}_2$  bylo zředěno vodou na objem  $200 \text{ cm}^3$ . Vypočítejte látkovou koncentraci ve vzniklém roztoku.
40. Na jaký objem musí být zředěn roztok, který vznikl rozpuštěním  $50,0 \text{ g}$   $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{ H}_2\text{O}$  ve  $100 \text{ g}$  vody, aby vznikl  $0,5 \text{ M-CuSO}_4$ ?
41. Hustota  $50\%$  (hmotn.) roztoku  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  ve vodě je  $\rho = 0,9138 \text{ g.cm}^{-3}$ . Vypočítejte látkové množství (molaritu) a molalitu  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ .
42. Vypočítejte procentový obsah a molaritu  $1,0989$  molálního roztoku  $\text{KNO}_3$  ( $\rho = 1,0627 \text{ g.cm}^{-3}$ ).



Výsledky řešení z kapitoly 5.3.

1. a) 250,00 g, b) 266,85 g
2. 60,00%
3. 351,99 g
4. 1,14 M-KOH
5. 25,02%
6. 78,87 g
7. 171,82 cm<sup>3</sup>
8. 53,09 g
9. a) 1,60 M-AgNO<sub>3</sub>, b) 31,24 cm<sup>3</sup>
10. 31,61 g
11. 31,72%
12. 17,36%
13. a) 200,00 g, 192,07 cm<sup>3</sup>
14. 24,00%
15. 182,04 g NaCO<sub>3</sub>·10 H<sub>2</sub>O, 380,17 g H<sub>2</sub>O
16. 794,12 g
17. 0,59 g H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>
18. 12,94 g NaNO<sub>3</sub>
19. 58,62 cm<sup>3</sup>
20. 16,11 cm<sup>3</sup> H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>
21. a) 400,00 cm<sup>3</sup>, b) 315,72 g C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH
22. 75,18%
23. 20,93%
24. 0,51 molů, 31,97 g, 12%
25. a) 61,07 g, b) 122,14 g
26. 1,30 M-H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>
27. 21,98%
28. 49,06 cm<sup>3</sup>
29. 2,50 M-CH<sub>3</sub>OH
30. 1,50 g
31. 1,83 M, 1,90 m

- 32. 27,82 cm<sup>3</sup>
- 33. 13,11 cm<sup>3</sup>
- 34. 16,00%
- 35. 18,00%, 2,94 m
- 36. 11,207 dm<sup>3</sup>
- 37. 16,35%
- 38. 500,00 cm<sup>3</sup>
- 39. 0,13 M-ZnCl<sub>2</sub>
- 40. 400,50 cm<sup>3</sup>
- 41. 9,92 M-C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH, 21,71 m-C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH
- 42. 10,00%, 1,05 M-KNO<sub>3</sub>

## 6. Směšování roztoků

### 6.1. Výpočet koncentrace při smísení dvou a více roztoků

Při směšování dvou a více roztoků lze výslednou koncentraci vypočítat pomocí směšovacího pravidla:

$$m_1 \cdot c_1 + m_2 \cdot c_2 + \dots + m_n \cdot c_n = (m_1 + m_2 + \dots + m_n) \cdot c$$

kde  $m_1, m_2, \dots, m_n$  je hmotnost příslušného roztoku o procentové koncentraci  $c_1, c_2, \dots, c_n$ .  $c$  je procentová koncentrace roztoku, který vznikne smícháním jednotlivých roztoků.

### 6.2. Vzorové příklady

1. Kolikrát je zapotřebí naředit základní roztok o koncentraci 0,10 mM, tak aby vznikl 5  $\mu$ M roztok?

Řešení:

$$0,10 \text{ mM} = 100 \text{ } \mu\text{M} \rightarrow \frac{100}{5} = 20$$

Roztok je zapotřebí naředit 20 krát.

2. Vypočítejte procentovou koncentraci roztoku, který vznikne smícháním 1,0 dm<sup>3</sup> 14% roztoku NaCl ( $\rho = 1,10 \text{ g.cm}^{-3}$ ) s 2,0 kg 5% roztoku NaCl a 1,0 kg vody.

Řešení:

Koncentraci vzniklého roztoku vypočítáme pomocí směšovacího pravidla

$$m_1 \cdot c_1 + m_2 \cdot c_2 + m_3 \cdot c_3 = (m_1 + m_2 + m_3) \cdot c$$

$$1,0 \cdot 14 + 2,0 \cdot 5 + 1,0 \cdot 0 = (1,10 + 2,0 + 1,0) \cdot c$$

$$c = 6,20\%$$

Koncentrace vzniklého roztoku je cca 6,20%.

3. Kolik cm<sup>3</sup> vody musíme přidat ke 150 cm<sup>3</sup> 26% roztoku HCl ( $\rho = 1,129 \text{ g.cm}^{-3}$ ), aby vznikl 10% roztok HCl?

Řešení:

$$m_1 \cdot 0 + 150 \cdot 1,129 \cdot 26 = (m_1 + 150 \cdot 1,129) \cdot 10$$

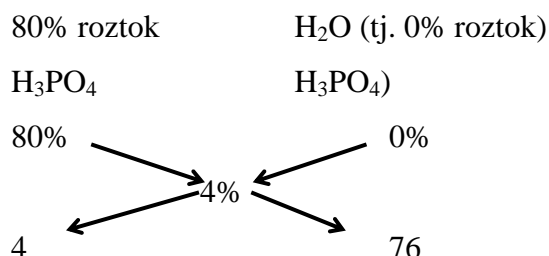
(H<sub>2</sub>O) (26% roztok HCl)

$$m_1 = 270,96 \text{ g H}_2\text{O}$$

Musíme přidat 270,96 g vody.

4. Pomocí křížového pravidla vypočítejte, kolik  $\text{cm}^3$  80% roztoku kyseliny fosforečné ( $\rho = 1,633 \text{ g.cm}^{-3}$ ) a kolik  $\text{cm}^3$  vody je nutné smíchat, aby vzniklo  $500 \text{ cm}^3$  4% roztoku  $\text{H}_3\text{PO}_4$  ( $\rho = 1,020 \text{ g.cm}^{-3}$ ).

Řešení:



Smícháním 80% roztoku  $\text{H}_3\text{PO}_4$  a  $\text{H}_2\text{O}$  v hmotnostním poměru 4:76 připravíme 4% roztok  $\text{H}_3\text{PO}_4$ .

$500 \text{ cm}^3$  4% roztoku  $\text{H}_3\text{PO}_4$ , které máme připravit, má hmotnost:

$$500 \text{ cm}^3 \cdot 1,020 \text{ g.cm}^{-3} = 510 \text{ g.}$$

Na 80 g 4% roztoku  $\text{H}_3\text{PO}_4$  .....4,0 g 80% roztoku  $\text{H}_3\text{PO}_4$

Na 510 g 4% roztoku  $\text{H}_3\text{PO}_4$  ..... x g 80% roztoku  $\text{H}_3\text{PO}_4$

$x = 25,5 \text{ g}$  80% roztoku  $\text{H}_3\text{PO}_4$ , to je:

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{25,5}{1,633} = 15,62 \text{ (cm}^3 \text{ 80% roztoku } \text{H}_3\text{PO}_4\text{)}.$$

Na 80 g 4% roztoku  $\text{H}_3\text{PO}_4$ .....76  $\text{cm}^3$   $\text{H}_2\text{O}$

na 510 g 4% roztoku  $\text{H}_3\text{PO}_4$ .....x  $\text{cm}^3$   $\text{H}_2\text{O}$

$$x = 484,50 \text{ cm}^3 \text{ H}_2\text{O}$$

Na přípravu  $500 \text{ cm}^3$  4 % roztoku  $\text{H}_3\text{PO}_4$  musíme použít  $15,62 \text{ cm}^3$  80% roztoku  $\text{H}_3\text{PO}_4$  a  $484,50 \text{ cm}^3$   $\text{H}_2\text{O}$ .

### 6.3. Další příklady k procvičení

1. Kolikrát je zapotřebí naředit základní roztok o koncentraci 5 mM, tak aby vzniklo 10 ml 50  $\mu\text{M}$  roztoku?
2. Kolikrát je třeba naředit zásobní roztok stříbrných iontů o koncentraci  $1 \text{ g.l}^{-1}$ , aby vzniklo 25 ml roztoku o koncentraci  $10 \text{ mg.l}^{-1}$ ?

3. Kolikrát je potřeba naředit 1M fosfátový pufr, abychom získali 100 ml 25 mM pufru?
4. Kolik  $\mu\text{l}$  roztoku putrescinu o látkové koncentraci 0,10 mol/l je zapotřebí k přípravě 200  $\mu\text{l}$  1 mM roztoku putrescinu?
5. Kolik  $\text{cm}^3$  64% kyseliny dusičné ( $\rho = 1,3866 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ) je potřeba na přípravu 100  $\text{cm}^3$  jejího 2M roztoku?
6. Jaký objem vody je třeba přidat ke 200 ml 37% (w/w) kyseliny chlorovodíkové ( $\rho = 1,185 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ), aby vznikl roztok kyseliny s hmotnostním obsahem 5 % HCl?
7. Kolik gramů NaCl a kolik gramů vody je třeba smíchat, abychom dostali 200ml 2,5% roztoku ( $\rho = 1,016 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ )?
8. Kolik  $\text{cm}^3$  vody musíme přidat ke 180  $\text{cm}^3$  35% roztoku HCOOH o hustotě  $\rho = 1,0847 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ , aby vznikl 20% roztok ( $\rho = 1,0488 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ )? Jaký bude objem vzniklého roztoku?
9. Kolik gramů NaCl je nutno přidat k 1  $\text{dm}^3$  10% roztoku NaCl o hustotě ( $\rho = 1,0707 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ), aby vznikl roztok 20% ( $\rho = 1,1478 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ). Jaký bude objem vzniklého roztoku?
10. Kolik gramů  $\text{BaCl}_2\cdot 2 \text{H}_2\text{O}$  je třeba přidat k 800 g 10% roztoku  $\text{BaCl}_2$ , aby vznikl 30% roztok  $\text{BaCl}_2$ ?
11. 180 g 23,5% roztoku NaBr bylo odpařením vody zahuštěno na 40% roztok. Vypočítejte hmotnost zahuštěného roztoku a objem vody, který byl z původního roztoku odpařen.
12. Na jaký objem musí být zředěno 5,0  $\text{cm}^3$  6% roztoku  $\text{K}_2\text{SO}_4$  (hustota  $\rho=1,0477 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ), aby 1  $\text{cm}^3$  vzniklého roztoku obsahoval 5,0 mg K?
13. Pomocí křížového pravidla vypočítejte
  - a) v jakém hmotnostním poměru,
  - b) v jakém objemovém poměru
 musíme smíchat 10% roztok amoniaku ( $\rho = 0,9575 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ) s 26% roztokem amoniaku ( $\rho = 0,9040 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ), aby vznikl 20% roztok.
14. 160 g 40% roztoku  $\text{HNO}_3$  ( $\rho = 1,2463 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ) bylo přidáním 5% roztoku  $\text{HNO}_3$  ( $\rho = 1,0256 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ) zředěno na 15% roztok  $\text{HNO}_3$ . Pomocí křížového pravidla vypočítejte, kolik  $\text{cm}^3$  5% roztoku  $\text{HNO}_3$  bylo na ředění použito.

15. Vypočítejte molaritu roztoku, který vznikl smícháním  $1 \text{ dm}^3$   $1 \text{ mol.l}^{-1}$  roztoku se  $2 \text{ dm}^3$   $2 \text{ mol.l}^{-1}$  roztoku a se  $4 \text{ dm}^3$   $0,15 \text{ mol.l}^{-1}$  roztoku téže sloučeniny za předpokladu, že objem výsledného roztoku je roven součtu objemů tří smíchaných roztoků.
16. Kolik  $\text{cm}^3$   $1,5 \text{ mol.l}^{-1}$  roztoku je nutné přidat ke  $2 \text{ dm}^3$   $0,1 \text{ mol.l}^{-1}$  roztoku téže látky, abychom získali  $0,2 \text{ mol.l}^{-1}$  roztok? (hustoty roztoků  $\approx 1,0 \text{ g.cm}^{-3}$ ).
17.  $200 \text{ cm}^3$   $2 \text{ mol.l}^{-1}$  roztoku kyseliny bylo zředěno vodou na objem  $0,8 \text{ dm}^3$ . Vypočítejte molární koncentraci zředěného roztoku.
18. Kolik  $\text{cm}^3$   $0,125 \text{ mol.l}^{-1}$  roztoku  $\text{H}_2\text{SO}_4$  je možno připravit ředěním  $25 \text{ cm}^3$   $4 \text{ mol.l}^{-1}$  roztoku  $\text{H}_2\text{SO}_4$  vodou?
19. Potřebujeme připravit  $50 \text{ }\mu\text{M}$  inhibiční roztok brefeldinu A o celkovém objemu  $10 \text{ ml}$ . Na jeho přípravu jsme použili  $50 \text{ }\mu\text{l}$  zásobního roztoku brefeldinu A, který byl připraven rozpuštěním  $5 \text{ mg}$  brefeldinu A (molekulová hmotnost  $280,36 \text{ g.mol}^{-1}$ ) v dimetyl sulfoxidu (DMSO). Vypočítejte objem zásobního roztoku DMSO, v kterém je brefeldin A rozpuštěn. Jaká je koncentrace brefeldinu A v zásobním roztoku?
20. Vypočítejte látkovou koncentraci wortmaninu v zásobním roztoku, který byl připraven rozpuštěním  $5 \text{ mg}$  wortmanninu v  $1,17 \text{ ml}$  dimetyl sulfoxidu (molekulová hmotnost wortmanninu je  $428,43 \text{ g.mol}^{-1}$ ). Jaký objem ze zásobního roztoku wortmanninu je potřebný na přípravu  $33 \text{ }\mu\text{M}$  inhibičního roztoku o celkovém objemu  $10 \text{ ml}$ ?
21. Jaký objem  $30\%$   $\text{H}_2\text{O}_2$  je potřebný na přípravu  $15 \text{ mM}$  roztoku o celkovém objemu  $10 \text{ ml}$ ? (molekulová hmotnost  $\text{H}_2\text{O}_2$  je  $34,0147 \text{ g.mol}^{-1}$  a hustota  $1,111 \text{ g.ml}^{-1}$ ).
22. Na přípravu jednoho akrylamidového gelu je nutné si přichystat  $5 \text{ ml}$   $8\%$  akrylamidu, k čemuž se využívá  $40\%$  zásobní roztok této látky. Jaký objem zásobního roztoku je potřebný na přípravu tří  $8\%$  gelů?

### Výsledky řešení z kapitoly 6.3.

1. 100 krát
2. 100 krát
3. 40 krát
4. 2,00  $\mu\text{l}$  putrescinu
5. 14,20  $\text{cm}^3$  64%  $\text{HNO}_3$
6. 1 516,80 g  $\text{H}_2\text{O}$
7. 5,08 g  $\text{NaCl}$  a 198,12 g  $\text{H}_2\text{O}$
8. 146,43  $\text{cm}^3$   $\text{H}_2\text{O}$ , 325,79  $\text{cm}^3$  roztoku
9. 133,84 g  $\text{NaCl}$ , 1049,43  $\text{cm}^3$  objem roztoku
10. 268,12 g
11. 105,75 g hmotnost roztoku, 74,25  $\text{cm}^3$  objem vody
12. 28,18  $\text{cm}^3$
13. a) 3:5, b) 1:1,7653
14. 390,02  $\text{cm}^3$  5%  $\text{HNO}_3$
15. 0,80  $\text{mol.l}^{-1}$
16. 153,85  $\text{cm}^3$
17. 0,50  $\text{mol.l}^{-1}$
18. 800,00  $\text{cm}^3$
19. 1,78 ml DMSO, 10 mM brefeldin A
20. 9,97 mM wortmannin, 33,10  $\mu\text{l}$
21. 13,23  $\mu\text{l}$
22. 3,00 ml 40% akrylamidu

## 7. Výpočet pH

### 7.1. Jak vypočítat pH roztoku

Koncentrace iontů  $\text{H}_3\text{O}^+$  a  $\text{OH}^-$  ve vodných roztocích je většinou malá (menší než 1). Pro jednoduchost navrhl Sørensen používat místo údaje o koncentraci záporný logaritmus této hodnoty, který nazval vodíkový exponent a označil jej symbolem pH.

$$\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+]$$

značí záporný logaritmus koncentrace vodíkových iontů.

$$\text{pK} = -\log K$$

značí záporný logaritmus disociační konstanty.

Disociační konstanta vody:

$$\text{pK}_{\text{vody}} = \text{pH} + \text{pOH} \approx 14$$

Pro neutrální roztok platí:

$$\text{pH} = \text{pOH} = 1/2 \text{pK}_{\text{vody}}$$

Při výpočtu pH kyselin je třeba zjistit, zda se jedná o silnou nebo slabou kyselinu, zda je kyselina jednosytná, či vícesytná. Při výpočtu pH u zásad se vypočítá koncentrace  $\text{OH}^-$  iontů, která se musí přepočítat pomocí disociační konstanty vody na koncentraci  $\text{H}_3\text{O}^+$  iontů. Pak musíme vzít do úvahy stejné zásady jako při výpočtu pH kyselin (silná nebo slabá zásada, sytnost zásad).

- 1) silná jednosytná kyselina:  $\text{pH} = -\log c_{\text{kyselina}}$
- 2) silná vícesytná kyselina: molární koncentraci vícesytné kyseliny je nutno vynásobit sytností a pak teprve dosadit do vzorce ad 1)
- 3) slabá jednosytná kyselina:  
$$\text{pH} = -\frac{1}{2} \log K_{\text{kyselina}} - \frac{1}{2} \log c_{\text{kyselina}}$$
 nebo jinak 
$$\text{pH} = \frac{1}{2} \text{pK}_{\text{kyselina}} - \frac{1}{2} \log c_{\text{kyselina}}$$
- 4) slabá vícesytná kyselina: molární koncentraci vícesytné slabé kyseliny je třeba vynásobit sytností
- 5) silná jednosytná zásada:  $\text{pOH} = -\log c_{\text{zásada}}$   $\text{pH} = 14 - \text{pOH}$
- 6) silná vícesytná zásada: molární koncentraci zásady je nutné vynásobit sytností a dosadit do vzorce ad 5)



7) slabá jednosytná zásada:

$$\text{pOH} = -\frac{1}{2} \log K_{\text{zásada}} - \frac{1}{2} \log c_{\text{zásada}} \quad \text{nebo jinak } \text{pOH} = \frac{1}{2} \text{p}K_{\text{zásada}} - \frac{1}{2} \log c_{\text{zásada}}$$

$$\text{pH} = 14 + \frac{1}{2} \log K_{\text{zásada}} + \frac{1}{2} \log c_{\text{zásada}} \quad \text{nebo jinak } \text{pH} = 14 - \frac{1}{2} \text{p}K_{\text{zásada}} + \frac{1}{2} \log c_{\text{zásada}}$$

## 7.2. Vzorové příklady

1. Jaké je pH 1% roztoku  $\text{HClO}_4$  ( $\rho = 1,06 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ )?  $M_r(\text{HClO}_4) = 100,458$

Řešení:

Nejprve přepočítáme obsah látky na látkové množství:

$$\begin{array}{l} 1\%: \quad 1 \text{ g} \dots\dots\dots 100 \text{ g roztoku} \\ 1 \text{ g} \dots\dots\dots 100 \cdot 1,06 = 94,34 \text{ cm}^3 \text{ roztoku} \\ x \text{ g} \dots\dots\dots 1000 \text{ cm}^3 \text{ roztoku} \end{array}$$

$$x = 10,6 \text{ g}$$

$$\begin{array}{l} 100,458 \text{ g} \dots\dots\dots 1 \text{ mol}\cdot\text{l}^{-1} \text{ roztok} \\ 10,6 \text{ g} \dots\dots\dots x \text{ mol}\cdot\text{l}^{-1} \text{ roztok} \end{array}$$

$$x = 0,1055 \text{ mol}\cdot\text{l}^{-1}$$

Pak provedeme výpočet pH:

$$\text{pH} = -\log c_{\text{kyseliny}} \Rightarrow \text{pH} = -\log 0,1055 \Rightarrow \text{pH} = 0,98$$

1% roztok  $\text{HClO}_4$  má pH 0,98.

2. Jaké bude pH roztoku, který vznikne rozpuštěním 7,41 g hydroxidu vápenatého na 8  $\text{dm}^3$  roztoku?  $M_r(\text{Ca}(\text{OH})_2) = 74,09$

Řešení:

Nejprve vypočítáme látkové množství roztoku:

$$\begin{array}{l} 74,09 \text{ g } (\text{Ca}(\text{OH})_2) \dots\dots\dots 1000 \text{ cm}^3 \dots\dots\dots 1 \text{ mol}\cdot\text{l}^{-1} \\ 7,41 \text{ g } (\text{Ca}(\text{OH})_2) \dots\dots\dots 1000 \text{ cm}^3 \dots\dots\dots 0,1 \text{ mol}\cdot\text{l}^{-1} \\ 0,1 \text{ mol}\cdot\text{l}^{-1} \dots\dots\dots 1000 \text{ cm}^3 \\ x \text{ mol}\cdot\text{l}^{-1} \dots\dots\dots 8000 \text{ cm}^3 \end{array}$$

$$x : 0,1 = 1000 : 8000 \text{ (nepřímá úměra)}$$

$$x = 0,0125 \text{ mol}\cdot\text{l}^{-1}$$

Nyní provedeme výpočet pH:

Jedná se o dvojsytný hydroxid



Z každé molekuly  $\text{Ca(OH)}_2$  vznikají 2 ionty  $\text{OH}^-$ , proto je koncentrace těchto iontů dvakrát větší, než celková koncentrace rozpuštěného  $\text{Ca(OH)}_2$ .

Koncentrace  $\text{OH}^-$  iontů:  $[\text{OH}^-] = 2 \cdot [\text{Ca(OH)}_2] \quad [\text{OH}^-] = 2 \cdot 0,0125 \text{ mol.l}^{-1} = 0,025 \text{ mol.l}^{-1}$

$$\text{pOH} = -\log c_{\text{OH}^-} \Rightarrow \text{pOH} = -\log 0,025 \Rightarrow \text{pOH} = 1,6$$

$$\text{pH} = 14 - \text{pOH} \Rightarrow \text{pH} = 14 - 1,6 = 12,40$$

pH roztoku bude 12,40.

3. Jaké pH má roztok  $\text{HNO}_2$  o koncentraci  $5 \cdot 10^{-2} \text{ M}$ ? Disociační konstanta  $\text{HNO}_2$  je  $K_a = 4,5 \cdot 10^{-4}$ .

Řešení:

Jedná se o slabou kyselinu, pH počítáme podle vzorce:

$$\text{pH} = -\frac{1}{2} \log K_{\text{kyselina}} - \frac{1}{2} \log c_{\text{kyselina}} \Rightarrow \text{pH} = -\frac{1}{2} \log 4,5 \cdot 10^{-4} - \frac{1}{2} \log 5 \cdot 10^{-2}$$

$$\Rightarrow \text{pH} = 2,32$$

Roztok  $\text{HNO}_2$  má pH = 2,32.

4. Jaké pH má roztok amoniaku o koncentraci  $1 \cdot 10^{-2} \text{ mol.l}^{-1}$ ? Disociační konstanta  $\text{NH}_3$  je  $K_a = 4,5 \cdot 10^{-5}$ .

Řešení:

Jedná se o slabou zásadu, pH počítáme podle vzorce:

$$\text{pH} = 14 + \frac{1}{2} \log K_{\text{zásada}} + \frac{1}{2} \log c_{\text{zásada}} \Rightarrow \text{pH} = 14 + \frac{1}{2} \log 1,75 \cdot 10^{-5} + \frac{1}{2} \log 1 \cdot 10^{-2}$$

$$\Rightarrow \text{pH} = 10,62$$

Roztok amoniaku má pH = 10,62.

### 7.3. Další příklady k procvičení

1. Jaké bude pH roztoku, který vznikne smísením  $5 \text{ dm}^3$  roztoku silné kyseliny s pH = 1,5 a  $10 \text{ dm}^3$  roztoku téže kyseliny s pH = 2,8?
2. Do  $600 \text{ cm}^3$  roztoku NaOH s pH = 13,0 přidáme  $400 \text{ cm}^3$  roztoku HCl s koncentrací  $0,3 \text{ mol.l}^{-1}$ . Vypočítejte pH výsledného roztoku.

3. Jaké bude pH roztoku vzniklého zředěním  $10 \text{ cm}^3$  24% hydroxidu amonného ( $\rho = 0,913 \text{ g.cm}^{-3}$ ) vodou na objem  $2,5 \text{ dm}^3$ ? Disociační konstanta amoniaku je  $K_a = 1,75 \cdot 10^{-5}$ .
4. Smísíme  $3,2 \text{ dm}^3$  roztoku  $\text{CH}_3\text{COOH}$  s  $\text{pH} = 2,7$  se  $6,8 \text{ dm}^3$  roztoku  $\text{CH}_3\text{COOH}$  s  $\text{pH} = 4,3$ . Vypočítejte pH výsledného roztoku. Disociační konstanta  $\text{CH}_3\text{COOH}$  je  $K_a = 1,75 \cdot 10^{-5}$ .
5. Jaké bude výsledné pH, když do  $2 \text{ dm}^3$  roztoku  $\text{HCl}$  s  $\text{pH} = 2,25$  přilijeme  $3 \text{ dm}^3$  vody?
6. Jaké bude pH roztoku, který vznikne doplněním  $50 \text{ cm}^3$  roztoku  $\text{NaOH}$  o koncentraci  $0,2 \text{ M}$  na objem  $800 \text{ cm}^3$ ?
7. Jaké bude pH roztoku, který vznikne zředěním  $1 \text{ cm}^3$  96% roztoku kyseliny sírové ( $\rho = 1,8355 \text{ g.cm}^{-3}$ ) na objem  $2 \text{ dm}^3$ ?
8. Jaké bude pH roztoku vzniklého smísením  $6 \text{ dm}^3$  3% roztoku kyseliny sírové ( $\rho = 1,018 \text{ g.cm}^{-3}$ ) se  $14 \text{ dm}^3$  roztoku kyseliny sírové, jejíž koncentrace je  $0,025 \text{ mol.l}^{-1}$ .
9. Vypočítejte pH roztoku  $\text{NaOH}$ , když  $200 \text{ cm}^3$  tohoto roztoku zneutralizuje  $100 \text{ cm}^3$  roztoku  $\text{HCl}$  s  $\text{pH} = 1,8$ .
10. Vypočítejte pH roztoku, který vznikne smísením  $200 \text{ cm}^3$  roztoku  $\text{NaOH}$  s  $\text{pH} 12,4$  se  $150 \text{ cm}^3$  roztoku  $\text{HCl}$  s  $\text{pH} = 2,7$ .
11. Jaké bude pH výsledného roztoku, když  $400 \text{ cm}^3$  10% roztoku  $\text{HNO}_3$  ( $\rho = 1,056 \text{ g.cm}^{-3}$ ) zreaguje s  $37,0 \text{ g}$  tuhého  $\text{KOH}$ ?
12. Smísíme  $60 \text{ cm}^3$  10% roztoku  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ( $\rho = 1,066 \text{ g.cm}^{-3}$ ) s  $500 \text{ g}$  0,7% roztoku  $\text{NaOH}$  a získaný roztok doplníme na objem  $7,0 \text{ dm}^3$  vodou. Vypočítejte pH výsledného roztoku.
13. Jaké je pH  $0,1 \text{ mol.l}^{-1}$  roztoku kyseliny dusité, jejíž disociační konstanta je  $K_a 5 \cdot 10^{-4}$ .
14. Jaké pH má  $5 \cdot 10^{-4} \text{ mol.l}^{-1}$  roztok  $\text{NaOH}$ ?
15. Vypočítejte pH  $0,0025 \text{ mol.l}^{-1}$  roztoku  $\text{Ba(OH)}_2$ .
16. Jaká je koncentrace hydroxidových iontů v 0,001-HCl?
17. Jaké bude pH roztoku, zředíme-li  $25 \text{ ml}$  0,1 M-HCl destilovanou vodou na objem  $400 \text{ cm}^3$ ?
18. Jaké bude výsledné pH, jestliže k  $200 \text{ cm}^3$  roztoku  $\text{HCl}$ , jehož  $\text{pH} = 1,49$  přidáme  $50 \text{ ml}$  vody?
19. Do  $300 \text{ cm}^3$  roztoku  $\text{NaOH}$  s  $\text{pH} = 13$  přidáme  $200 \text{ cm}^3$  0,3 M-HCl. Vypočítejte pH výsledného roztoku.
20. Vypočítejte pH  $0,01 \text{ mol.l}^{-1}$  roztoku kyseliny octové.  $K_a = 1,75 \cdot 10^{-5}$ .

### Výsledky řešení z kapitoly 7.3.

1. pH = 1,94
2. pH = 1,22
3. pH = 10,82
4. pH = 2,95
5. pH = 2,65
6. pH = 12,10
7. pH = 1,75
8. pH = 0,65
9. pH = 11,90
10. pH 12,13
11. pH 1,56
12. pH = 2,21
13. pH = 2,15
14. pH = 10,70
15. pH = 11,70
16.  $10^{-11}$  M OH<sup>-</sup>
17. pH = 2,20
18. pH 1,59
19. pH = 1,22
20. pH = 3,38

## 8. Chemické názvosloví

### 8.1. Teorie názvosloví

Základními informačními jednotkami v chemii jsou chemické symboly, vzorce, názvy prvků a jejich sloučenin. Různými kombinacemi těchto elementárních jednotek lze vyjádřit složitou stavbu hmotného světa a dějů v něm probíhajících.

Nejjednodušším grafickým vyjádřením struktury molekuly se tak stal **chemický vzorec**. Aby byly sdělované chemické informace použitelné, je nutné zajistit, aby byly přesné, jasné a srozumitelné všem uživatelům.

Základy českého anorganického názvosloví byly položeny v době obrozenecké J. S. Preslem, se kterým spolupracoval po stránce filologické J. Jungmann. Jejich působení spadá do období 1820 až 1860. Značné zdokonalení doznalo české názvosloví zásluhou komise vedené V. Šafaříkem. Předběžně bylo publikováno ve Staňkově „Chemii všeobecné“ v roce 1858 a v následujícím roce v Šafaříkových „Základech chemie“ (první česká učebnice chemie). Zcela zásadní význam pro české názvosloví měly návrhy A. Bařka a E. Votočka, kteří zavedli pro označování oxidačního čísla prvku dobře známá zakončení. Tento návrh byl přijat na V. sjezdu přírodovědců a lékařů v Praze v roce 1914. Poslední závažná úprava byla provedena v roce 1941 názvoslovnou komisí vedenou J. Hanušem a týkala se především názvosloví koordinačních sloučenin, podvojných sloučenin nevalenčních a isopolykyselin a jejich solí. Od té doby došlo k řadě pokusů o modernizaci chemického názvosloví (O. Tomíček 1953, R. Brdička 1960). Nastal další bouřlivý rozvoj anorganické chemie, ale nebyl doprovázen rozvojem českého anorganického názvosloví. Proto byla v roce 1971 sestavena nová názvoslovná komise, jejímž cílem bylo doplnit české názvosloví o další názvosloví mladších vědních oborů anorganické chemie. Komise byla jmenována ve složení: K. Dostál, M. Bert, B. Hájek, J. Hanzlík, V. Chvalovský, J. Klikorka (předseda), A. Okáč, I. Pavlík, J. Plešek a M. Roudný. Výsledkem práce této komise v průběhu let 1971-1973 byl definitivní text názvosloví anorganické chemie. Členové komise jsou si však vědomi, že tato práce není konečná a že mnohé je nutno dále zdokonalovat.

Základ názvu složky se odvozuje podle názvu prvku nebo sloučeniny. Součástí názvu jsou názvoslovné afixy:

**Prefixy:** řadíme před název názvu složky

**Suffixy:** řadíme za základ názvu složky

**Značky (symboly) chemických prvků** jsou základem pro vytvoření **chemických vzorců**. Chemické vzorce jsou souborem značek prvků, názvoslovných jednotek strukturních předpon uspořádaných podle dohodnutých pravidel.

**Oxidační číslo prvku** je základní pojem, na němž je vybudováno názvosloví anorganické chemie. Oxidační číslo prvku v jakémkoliv chemickém stavu je elektrický náboj, který je přítomen na atomu prvku, kdybychom elektrony v každé vazbě vycházející z tohoto atomu přidělili elektronegativnějšímu atomu. **Vodík** je podle konvence považován ve spojení s nekovy za **elektropozitivní** složku. Atom v základním stavu má oxidační číslo „0“ a vazba mezi atomy téhož druhu nepřispívá k oxidačnímu číslu.

Příklady:

$\text{MnO}_4^-$	jeden $\text{Mn}^{7+}$	a čtyři $\text{O}^{2-}$ ionty	$\text{Mn} = \text{VII}$	$\text{O} = -\text{II}$
$\text{ClO}^-$	jeden $\text{Cl}^+$	a jeden $\text{O}^{2-}$ ion	$\text{Cl} = \text{I}$	$\text{O} = -\text{II}$
$\text{CH}_4$	jeden $\text{C}^{4+}$	a čtyři $\text{H}^+$ ionty	$\text{C} = -\text{IV}$	$\text{H} = \text{I}$
$\text{CCl}_4$	jeden $\text{C}^{4+}$	a čtyři $\text{Cl}^-$ ionty	$\text{C} = \text{IV}$	$\text{Cl} = -\text{I}$
$\text{NH}_4^+$	jeden $\text{N}^{3+}$	a čtyři $\text{H}^+$ ionty	$\text{N} = -\text{III}$	$\text{H} = \text{I}$
$\text{NF}_4^+$	jeden $\text{N}^{5+}$	a čtyři $\text{F}^-$ ionty	$\text{N} = \text{V}$	$\text{F} = -\text{I}$
$\text{AlH}_4^-$	jeden $\text{Al}^{3+}$	a čtyři $\text{H}^-$ ionty	$\text{Al} = \text{III}$	$\text{H} = -\text{I}$
$\text{P}_4$	čtyři nenabitě	atomy P	$\text{P} = 0$	
$\text{P}_2\text{H}_4$	dva $\text{P}^{2+}$	a čtyři $\text{H}^+$ ionty	$\text{P} = -\text{II}$	$\text{H} = \text{I}$

Oxidační číslo, tak jak bylo zavedeno, je pojem formální a v mnoha případech neodpovídá skutečné elektronové konfiguraci v molekule. Potíže s určováním oxidačního čísla mohou nastat v případě, jsou-li ve sloučenině vázány prvky se stejnou hodnotou elektronegativity, jako např.  $\text{NCl}_3$  nebo  $\text{S}_4\text{N}_4$ .

K označení oxidačních čísel prvků používáme v českém anorganickém názvosloví těchto zakončení:

Kladné oxidační číslo	Zakončení	
	u kationtů	u aniontů
I	-ný	-nan
II	-natý	-natan
III	-itý	-itan
IV	-ičitý	-ičitan
V	-ečný,-ičný	-ečnan, ičnan
VI	-ový	-an
VII	-istý	-istan
VIII	-ičelý	-ičelan

Pro záporné oxidační číslo prvku používáme zakončení –id bez ohledu na velikost náboje.

**Stockovo oxidační číslo** je vyznačeno římskými číslicemi umístěnými v kulatých závorkách bezprostředně následujícími názvem. Znaménko plus pro označení kladného oxidačního čísla se neuvádí. Pro vyznačení nulového oxidačního čísla se používá nuly.

Příklady:

$\text{Na}_2[\text{Fe}(\text{CO})_4]$  tetrakarbonylferrid (-II) disodný

$\text{K}_4[\text{Ni}(\text{CN})_4]$  tetrakyanonikl(0)tetraderaselný

Při psaní vzorců se Stockovo oxidační číslo přiřazuje k symbolům odpovídajících prvků a píše se u symbolu vpravo nahoře.

Příklady:

$\text{Pb}_2^{\text{II}}\text{Pb}^{\text{IV}}\text{O}_4$  oxid olovnato-olovičitý

**Ewensovo-Bassettovo číslo** je vyznačeno arabskými číslicemi a znaménkem náboje a je umístěno v kulatých závorkách bezprostředně za názvem odpovídajícího ionu. Jde v podstatě o vyznačení elektrického náboje složitějšího ionu.

Příklady:

$\text{UO}_2\text{SO}_4$  síran uranylu (2+)

$(\text{UO}_2)_2\text{SO}_4$  síran uranylu (1+)

$\text{Na}_2[\text{Fe}(\text{CO})_4]$  tetrakarbonylferrid(2-) sodný

České názvy některých dávno známých nebo technicky důležitých **prvků** jsou odlišné od názvů latinských (např. cín, kyslík, olovo, sodík, stříbro, atd.). Názvy některých sloučenin antimonu, dusíku, síry a rtuti nejsou odvozeny od latinských názvů těchto prvků, ale od jiných latinských názvů (např. stibium pro antimon nebo mercurius pro rtuť). Později objevené prvky, pro které se nevytvořil počestěný název, zachovávají v češtině mezinárodní název s koncovkou –ium.

**Izotopy (nuklidy) prvků** s výjimkou vodíku nemají samostatné názvy a symboly. Pojmenování izotopu se utvoří z názvu odpovídajícího prvku a hmotnostního čísla.

Kyslík-18  $^{18}\text{O}$

Síra-32  $^{32}\text{S}$

Pro izotopy vodíku možno užívat názvů a symbolů:

Protium  $^1\text{H}$

Deuterium  $^2\text{H}$  nebo D

Tritium  $^3\text{H}$  nebo T.

Název **oxidu** se skládá z podstatného jména oxid a přídavného jména se zakončením oxidačního čísla. Přehled koncovek názvů oxidů:

Mocenství Prvku	vzorec oxidu	koncovka	oxid
I	$\text{M}_2\text{O}$	-ný	$\text{Li}_2\text{O}$ lithný
II	$\text{MO}$	-natý	$\text{MgO}$ hořečnatý
III	$\text{M}_2\text{O}_3$	-itý	$\text{Al}_2\text{O}_3$ hlinitý
IV	$\text{MO}_2$	-ičitý	$\text{CO}_2$ uhličitý
V	$\text{M}_2\text{O}_5$	-ečný, -ičný	$\text{P}_2\text{O}_5$ fosforečný
VI	$\text{MO}_3$	-ový	$\text{SO}_3$ sírový
VII	$\text{M}_2\text{O}_7$	-istý	$\text{Cl}_2\text{O}_7$ chloristý
VIII	$\text{MO}_4$	-ičelý	$\text{XeO}_4$ xenoničelý

Stejně jako u oxidů se tvoří názvy u **peroxidů** s anionem  $\text{O}_2^{2-}$ , **hyperoxidů** s anionem  $\text{O}_2^-$ , **ozonidů** s anionem  $\text{O}_3^-$  a všech dalších sloučenin s elektronegativní složkou.

Příklady:

$\text{Na}_2\text{O}_2$	peroxid sodný	$\text{ZnS}$	sulfid zinečnatý
$\text{BaO}_2$	peroxid barnatý	$\text{As}_2\text{S}_3$	sulfid arsenitý



KO <sub>2</sub>	hyperoxid draselný	Mg <sub>3</sub> N <sub>2</sub>	nitrid horečnatý
KO <sub>3</sub>	ozonid draselný	XeF <sub>4</sub>	fluorid xenoničitý
NH <sub>4</sub> I	jodid amonný	SF <sub>6</sub>	fluorid sírový

Názvy **hydroxidů** mají stejná zakončení oxidačních čísel jako oxidy.

Příklady:

NaOH	hydroxid sodný
Ca(OH) <sub>2</sub>	hydroxid vápenatý
Al(OH) <sub>3</sub>	hydroxid hlinitý
Th(OH) <sub>4</sub>	hydroxid thoričitý

**Binární sloučeniny vodíku s nekovy:**

U některých vodíkatých sloučenin se připouští jednoslovný název, v němž se na prvním místě uvádí název elektronegativnějšího prvku nebo atomové skupiny se zakončením –o a připojuje se slovo vodík

Příklady:

HCl	chlorovodík
H <sub>2</sub> S	sirovodík nebo sulfan
HCN	kyanovodík
HBr	bromovodík
HI	jodovodík

Názvy nasycených vodíkatých sloučenin prvků III., IV., V. a VI. podskupiny periodického systému se tvoří použitím zakončení –an.

Výjimku tvoří:

NH <sub>3</sub>	amoniak
N <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	hydrazin
H <sub>2</sub> O	voda

Příklady:

AlH <sub>3</sub>	alan		
BH <sub>3</sub>	boran	B <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	diboran
SiH <sub>4</sub>	silan	Si <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	disilan
PH <sub>3</sub>	fosfan	P <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	difosfan
AsH <sub>3</sub>	arsan	As <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	diarsan

$\text{SbH}_3$	stiban			
$\text{BiH}_3$	bismutan			
$\text{GeH}_4$	german	$\text{Ge}_2\text{H}_6$	digerman	
$\text{SnH}_4$	stannan	$\text{Sn}_2\text{H}_6$	distannan	
$\text{H}_2\text{S}$	sulfan	$\text{H}_2\text{S}_2$	disulfan	$\text{H}_2\text{S}_n$ polysulfan
$\text{H}_2\text{Se}$	selan	$\text{H}_2\text{Se}_2$	diselan	
$\text{H}_2\text{Te}$	tellan	$\text{H}_2\text{Te}_2$	ditellan	

### Názvy iontů a atomových skupin

Jednoatomové **kationty** mají názvy tvořené ze základu názvu prvku a koncovky určené oxidačním číslem atomu. Víceatomové ionty odvozené z jednoatomových aniontů adicí protonu a jejich deriváty mají zakončení –onium. Stejně se tvoří názvy kationtů vytvořených připojením protonu k molekule sloučeniny nemající charakter kyseliny. Připojí-li se proton k molekule kyseliny s víceatomovým aniontem, používá se koncovky –acidium.

$\text{Na}^+$	kation sodný
$\text{Ce}^{4+}$	kation ceričitý
$\text{XH}_4^+$ (X=P, As, Sb)	fosfonium, arsonium, stibonium
$\text{XH}_3^+$ (X=O, S, Se, Te)	oxonium, sulfonium, selenonium, telluronium
$\text{XH}_2^+$ (X=F, I)	fluoronium, jodonium
$\text{Sb}(\text{CH}_3)_4^+$	tetramethylstibonium
$\text{Cl}_2\text{F}^+$	dichlorfluoronium
$\text{H}_2\text{NO}_3^+$	nitratacidium
$\text{CH}_3\text{COOH}_2^+$	acetatacidium

Ion  $\text{NH}_4^+$  se nazývá ion amonný. Zakončením –amonný se tvoří názvy všech kationtů odvozených substitucí od amoniaku nebo jiných zásad, jejichž pojmenování končí na amin.

$[(\text{CH}_3)_3\text{NH}]^+$	kation trimethylamonný
$[\text{N}(\text{CH}_3)_4]^+$	kation tetramethylamonný
$\text{HONH}_3^+$	kation hydroxylamonný

Názvy kationtů odvozených adicí protonu na jiné dusíkaté zásady se tvoří použitím koncovky –ium. Lze-li od dusíkaté zásady vytvořit více než jeden kation, je účelné v názvu vyznačit jeho náboj.

$C_6H_5NH_3^+$	anilinium
$C_5H_5NH^+$	pyridinium
$N_2H_5^+$	hydrazinium(1+)
$N_2H_6^{2+}$	hydrazinium(2+)

Je-li kation zakončen na acidium nebo –ium, je v názvu solí uváděn ve 2. pádu.

$(H_3SO_4)ClO_4$	chloristan sulfatacidia
$N_2H_5Cl$	chlorid hydrazinia

Jednoatomové a některé víceatomové **anionty** mají zakončení –id.

Příklady:

jednoatomové anionty:

H <sup>-</sup>	ion hydridový	O <sup>2-</sup>	ion oxidový	N <sup>3-</sup>	ion nitridový
D <sup>-</sup>	ion deuteridový	S <sup>2-</sup>	ion sulfidový	P <sup>3-</sup>	ion fosfidový
F <sup>-</sup>	ion fluoridový	Se <sup>2-</sup>	ion selenidový	Sb <sup>3-</sup>	ion antimonidový
B <sup>3-</sup>	ion boridový	C <sup>4-</sup>	ion karbidový	Si <sup>4-</sup>	ion silicidový

víceatomové anionty:

OH <sup>-</sup>	ion hydroxidový	O <sub>2</sub> <sup>2-</sup>	ion peroxidový	O <sub>2</sub> <sup>-</sup>	ion hyperoxidový
S <sub>2</sub> <sup>2-</sup>	ion disulfidový	N <sub>3</sub> <sup>-</sup>	ion azidový	I <sub>3</sub> <sup>-</sup>	ion trijodidový
NH <sub>2</sub> <sup>-</sup>	ion amidový	NH <sup>2-</sup>	ion imidový	CN <sup>-</sup>	ion kyanidový
C <sub>2</sub> <sup>2-</sup>	ion acetylidový	O <sub>3</sub> <sup>-</sup>	ion ozonidový	N <sub>2</sub> H <sub>3</sub> <sup>-</sup>	ion hydrazidový

Názvy aniontů odvozených od kyslíkatých kyselin mají zakončení podle oxidačního čísla centrálního atomu.

ClO <sup>-</sup>	anion chlornanový	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	anion dusitanový
BrO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	anion bromistanový	XeO <sub>6</sub> <sup>4-</sup>	anion xenoničelanový

**Atomové skupiny:**

Některé neutrální a elektropozitivní atomové skupiny obsahující kyslík či jiné chalkogeny mají nezávisle na svém náboji názvy se zakončením –yl.

OH	hydroxyl	SeO	seleninyl
CO	karbonyl	SeO <sub>2</sub>	selenonyl
NO	nitrosyl	CrO <sub>2</sub>	chromyl
NO <sub>2</sub>	nitryl	UO <sub>2</sub>	uranyl
PO	fosforyl	ClO	chlorosyl

VO	vanadyl	ClO <sub>2</sub>	chloryl
SO	thionyl	ClO <sub>3</sub>	perchloryl
SO <sub>2</sub>	sulfuryl	S <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	disulfuryl

Takové názvy atomových skupin lze používat pouze pro sloučeniny, v nichž jsou tyto skupiny skutečně přítomny jako diskrétní jednotky.

Je-li v atomové skupině kyslík nahrazen **sírou** nebo jiným **chalkogenem**, tvoří se jejich název přidáním předpon **thio-**, **seleno-** apod.

CS	thiokarbonyl	PSe	selenofosforyl
----	--------------	-----	----------------

Mají-li atomové skupiny stejného složení různý náboj, lze při jejich specifikaci použít čísla Ewens-Bassettova nebo Stockova:

UO<sub>2</sub><sup>+</sup> uranyl(1+) nebo uranyl (V)

UO<sub>2</sub><sup>2+</sup> uranyl(2+) nebo uranyl (VI)

Je-li atomová skupina pozitivní součástí sloučeniny, uvádí se její název ve druhém pádu.

COCl <sub>2</sub>	chlorid karbonylu
PSF <sub>3</sub>	trifluorid thiofosforylu
S <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ClF	chlorid-fluorid disulfurylu
IO <sub>2</sub> F	fluorid jodylu

### Názvy kyselin

Názvy **bezokyslíkatých kyselin** se tvoří přidáním koncovky **-ová** k názvu sloučeniny nekovu s vodíkem:

HF kyselina fluorovodíková

H<sub>2</sub>S kyselina sirovodíková

HCN kyselina kyanovodíková

Názvy **oxokyselin** jsou složeny z podstatného jména **kyselina** a přídavného jména charakterizující **elektronegativní část molekuly**, tj. centrální atom a jeho oxidační číslo.

HClO kyselina chlorná

HClO<sub>3</sub> kyselina chlorečná

HClO<sub>4</sub> kyselina chloristá

Tvoří-li prvek v témže oxidačním čísle několik kyselin lišících se počtem vodíkových atomů, je nutno tento počet vyznačit číslovkovou předponou a předponou **hydrogen**:

HIO<sub>4</sub> kyselina hydrogenjodistá

H<sub>3</sub>IO<sub>5</sub> kyselina trihydrogenjodistá

Pro některé oxokyseliny B, Si, P, I a Te je možno použít triviálních názvů tvořených pomocí předpon **ortho-** a **meta-**.

K pojmenování některých kyslíkatých kyselin obsahujících dusík a síru se dosud používají triviální názvy

HOCN	kyselina kyanatá	H <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	kyselina dithioničitá
HNCO	kyselina isokyanatá	H <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>6</sub>	kyselina dithionová
HONC	kyselina fulminová	H <sub>2</sub> S <sub>n</sub> O <sub>6</sub>	kyseliny polythionové
H <sub>2</sub> SO <sub>2</sub>	kyselina sulfoxylová	H <sub>2</sub> NO <sub>2</sub>	kyselina nitroxylová

Pro některé oxidy s nedefinovaným obsahem vody a stupněm polymerace je možno používat názvy jako např. kyselina křemičitá, cíničitá, antimoničná, tantalická, wolframová apod.

Předponou **peroxo-** před názvem kyseliny vyznačujeme záměnu atomu –O- za skupinu –O-O-. Počet peroxoskupin v molekule se vyznačuje číslovkovou předponou.

HNO <sub>4</sub>	kyselina peroxodusičná
H <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>8</sub>	kyselina peroxodisírová
H <sub>2</sub> SO <sub>6</sub>	kyselina diperoxosírová

Názvem **thiokyseliny** označujeme takové kyseliny, v nichž je jeden nebo více kyslíkových atomů **nahrazeno atomy síry**. Více než jeden takový atom síry v molekule se vyznačí číslovkovou předponou:

Atom síry vázaný ve skupině –SH lze předponou **thiol-** odlišit od terminálně vázaného atomu =S, jehož přítomnost se vyznačí předponou **thion-**:

CO(OH)(SH)	kyselina thioluhlíčitá
CS(OH) <sub>2</sub>	kyselina thionuhlíčitá

Podobně jako předpony thio- lze v analogických případech používat předpony **seleno-** a **telluro-**.

Názvy halogeno-substituovaných derivátů kyselin vzniklých náhradou části skupin –OH halogenem se tvoří podle zásad platných pro názvosloví koordinačních sloučenin

HSClO <sub>3</sub>	kyselina chlorosírová (trioxochlorosírová)
HPF <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	kyselina difluorofosforečná

Substituované kyseliny, které v molekule obsahují skupiny –NH<sub>2</sub>, =NH, ≡N, –NH.NH<sub>2</sub> nebo –NH<sub>2</sub>O se pojmenovávají pomocí předpon **amido-**, **imido-**, **nitrido-**, **hydrazido-**, a **hydroxylamido-**.

### Příklady:

$\text{NH}_2.\text{SO}_3\text{H}$	kyselina amidosírová
$\text{NH}(\text{SO}_3\text{H})_2$	kyselina imido-bis(sírová)
$\text{N}(\text{SO}_3\text{H})_3$	kyselina nitrido-tris(sírová)
$\text{NH}(\text{OH})(\text{SO}_3\text{H})$	kyselina hydroxylamido-N-sírová
$\text{NH}_2\text{OSO}_3\text{H}$	kyselina hydroxylamido-O-sírová
$\text{NH}_2\text{NH}.\text{SO}_3\text{H}$	kyselina hydrazidosírová

Předponou **hydrido-** lze vytvořit názvy kyselin, které obsahují vodík vázaný přímo na centrální atom:

$\text{H}[\text{PH}_2\text{O}_2]$	kyselina dihydrido-dioxofosforečná (triviální kyselina fosformá)
$\text{H}_2[\text{PHO}_3]$	kyselina hydridotrioxofosforečná (kyselina fosforitá)

**Estery anorganických kyselin** se pojmenovávají podle vzorů:

$(\text{CH}_3\text{O})\text{SO}_3\text{H}$	methylester kyseliny sírové
$(\text{C}_2\text{H}_5\text{O})_2\text{SO}_2$	diethylester kyseliny sírové
$\text{B}(\text{OCH}_3)_3$	trimethylester kyseliny borité

### **Názvy solí**

Jednoduché soli patří do skupiny binárních sloučenin a jejich názvy se tvoří z názvu iontů, z nichž se skládají.

$\text{Ba}(\text{SCN})_2$	thiokyanatan barnatý
$\text{Ca}(\text{ClO})_2$	chlornan vápenatý

Atomy vodíku, které lze nahradit kationty kovů, se označují jako „kyselé vodíky“. Soli, které je obsahují, je možno označit skupinovým názvem „kyselé soli“. Přítomnost „kyselých vodíků“ se v názvu soli vyjádří předponou **hydrogen** v případě potřeby spojenou s číslovkovou předponou.

$\text{NaHCO}_3$	hydrogenuhličitan sodný
$\text{KH}_2\text{PO}_4$	dihydrogenfosforečnan draselný
$\text{Cs}_2\text{H}_4\text{TeO}_6$	tetrahydrogentelluran cesný

Ve vzorcích podvojných a smíšených solí se jednotlivé **kationty uvádějí v pořadí rostoucích oxidačních čísel** kationtů, při stejném oxidačním čísle **v abecedním** pořadí symbolů prvků. **Víceatomové kationty se uvádějí jako poslední** ve skupině kationtů téhož náboje, atom vodíku jako poslední před anionem. **Anionty se uvádějí v abecedním** pořadí

symbolů prvků nebo centrálních atomů. Názvy jednotlivých kationtů a aniontů se oddělují **pomlčkou**. Pořadí v názvu je určeno pořadím ve vzorci.

$\text{KMgBr}_3$	bromid draselno-hořečnatý
$\text{NH}_4\text{MgPO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	hexahydrát fosforečnanu amonno-hořečnatého
$\text{NaNH}_4\text{HPO}_4$	hydrogenfosforečnan sodno-amonný
$\text{Ca}_5\text{F}(\text{PO}_4)_3$	fluorid-tris(fosforečnan) pentavápenatý
$\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2\text{F}_2$	bis(uhličitan)-difluorid triměďnatý
$\text{Na}_6\text{ClF}(\text{SO}_4)_2$	chlorid-fluorid-bis(síran) hexasodný

Soli obsahující vedle jiných aniontů také anionty hydroxidové nebo oxidové se mohou označovat skupinovým názvem zásadité soli. Jejich vzorce a názvy se tvoří v soulase s pravidly pro podvojně a smíšené soli:

$\text{MgCl}(\text{OH})$	chlorid-hydroxid horečnatý
$\text{BiCl}(\text{O})$	chlorid-oxid bismutitý
$\text{ZrCl}_2\text{O} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	hexahydrát dichlorid-oxid zirkoničitý
$\text{AlO}(\text{OH})$	oxid-hydroxid hlinitý

### **Koordinační sloučeniny (komplexy)**

Koordinační sloučeninou (částicí) se rozumí molekula či ion, v němž jsou k atomu či ionu (M) vázány další atomy či atomové skupiny (L) tak, že jejich počet převyšuje oxidační číslo atomu (M).

Atom či ion (M) se nazývá **centrální či středový** (též jaderný) atom či ion. Atomy vázané k M jsou atomy **donorové** či **koordinující**. Částice (L) obsahující jeden nebo několik donorových atomů nebo vázaná k M bez možnosti specifikace donorového centra, se nazývá **ligand**. Centrální atom je charakterizován **koordinačním číslem**, které je dáno počtem donorových atomů vázaných na centrální atom. Částice s jedním donorovým atomem se nazývá **jednovazný** (jednodonorový ligand). Obsahuje-li ligand více donorových atomů, označuje se jako **více vazný** **víc donorový**.

**Chelátový ligand** je ligand vázaný k jednomu centrálnímu atomu dvěma nebo více donorovými atomy. Koordinační sloučenina obsahující chelátový ligand se nazývá **chelát**. **Můstkový ligand** se váže k více než jednomu centrálnímu atomu. Koordinační sloučenina s větším počtem centrálních atomů se nazývá **vícejaderný** (polycentrický či polynukleární) **komplex**, hovoříme pak o dvojjaderných, trojjaderných komplexech. Celek tvořený jedním

nebo několika centrálními atomy spolu s vázanými ligandy se nazývá **koordinační částice**, jež může být podle výsledného celkového náboje komplexní kation, komplexní anion nebo komplexní molekula.

V sumárním a funkčním vzorci koordinační sloučeniny se na **prvním** místě uvádí symbol **centrálního atomu** a za ním **vzorce ligandů v abecedním pořadí** podle počátečních písmen jejich psaných názvů. Celý vzorec koordinační částice se uzavírá do **hranatých** závorek. V názvu, který se stejně jako v názvosloví jednoduchých sloučenin, skládá z podstatného jména a přídavného jména, se uvádí centrální atom až po názvech ligandů. **Kladný oxidační stupeň centrálního atomu** se v názvu vyznačí příslušným zakončením. **Nulový oxidační stupeň nemá žádné zakončení** a název centrálního atomu se uvádí v 1. nebo 2. pádu. **Při záporném oxidačním stupni centrálního atomu** se použije koncovky **-id** a **Ewens-Bassettova čísla**. Za názvem koordinační částice bez náboje (komplexní molekula) se uvádí slovo **komplex**. Doplňující informace o struktuře koordinační částice se uvádějí v jejím vzorci a názvu pomocí strukturních předpon, **cis-**, **trans-** apod. Strukturní předpony se oddělují od vzorce nebo názvu pomlčkou, píší se malými písmeny a k jejich textu se používá kurzíva.

Příklady:

$K_3[Fe(CN)_6]$	hexakynoželezitan tridraselný (nebo jen draselný)
$K_4[Fe(CN)_6]$	hexakynoželeznatan tetradraselný (nebo draselný)
$K_4[Ni(CN)_4]$	tetrakyanonikl (4-) tetradraselný
$[Ni(CO)_4]$	tetrakarbonylnikl nebo tetrakarbonylniklu
$[Co_2(CO)_8]$	oktakarbonyldikobalt nebo oktakarbonyldikobaltu
$Na[Co(CO)_4]$	tetrakarbonylkobaltid(1-) sodný (čte se...kobaltid jedna minus sodný)
<i>cis</i> - $[Pt(NH_3)_2Cl_2]$	<i>cis</i> -diammin-dichloroplatnatý komplex
<i>trans</i> - $[CrCl_2(en)_2]Cl$	chlorid <i>trans</i> -dichloro-bis(ethylendiamin)chromitý



### Názvy některých ligandů

Vzorec	ion	ligand
$\text{SO}_4^{2-}$	síran	sulfato
$\text{SO}_3^{2-}$	siřičitan	sulfito
$\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$	thiosíran	thiosulfato
$\text{CO}_3^{2-}$	uhličitan	karbonato
$\text{PO}_4^{3-}$	fosforečnan	fosfato-
$\text{H}_2\text{PO}_4^-$	dihydrogenfosforečnan	dihydrogenfosfato
$\text{CH}_3\text{COO}^-$	octan	acetato
$(\text{CH}_3)_2\text{N}^-$	dimethylamid	dimethylamido
$\text{CH}_3\text{CONH}^-$	acetamid	acetamido
$\text{F}^-$	fluorid	fluoro
$\text{Cl}^-$	chlorid	chloro
$\text{Br}^-$	bromid	bromo
$\text{I}^-$	jodid	jodo
$\text{O}^{2-}$	oxid	oxo
$\text{OH}^-$	hydroxid	hydroxo
$\text{O}_2^{2-}$	peroxid	peroxo
$\text{HO}_2^-$	hydrogenperoxid	hydrogenperoxo
$\text{H}^-$	hydrid	hydrido
$\text{S}^{2-}$	sulfid	thio
$\text{S}_2^{2-}$	disulfid	disulfido
$\text{HS}^-$	hydrogensulfid	merkpto
$\text{CN}^-$	kyanid	kyano
$\text{SCN}^-$	thiokyanatan	thiokyanato
$\text{CH}_3\text{O}^-$	methoxid	methoxo
$\text{CH}_3\text{S}^-$	methanthiolat	methanthiolato
$\text{NO}_3^-$	nitro	nitrato
$\text{N}_3^-$	nitrid	nitrido

Pro pojmenování aniontových ligandů se používá názvu „aniono“, tj. mají zakončení –o. Řada aniontových ligandů má názvy vytvořeny ze zkráceného základu pojmenování anionu

(fluorid – **fluoro**), v několika případech se pojmenování ligandu tvoří nepravidelně (sulfid – **thio**). Vystupuje-li jako anionový ligand **uhlovodíková skupina**, použije se její název bez koncovky –o (fenyl, cyklopentadienyl apod.). Názvy ligandů odvozených od organické sloučeniny odštěpením protonu mají zakončení **–ato** a uvádějí se v závorkách, např. (benzoato), (p-chlorfenolato) apod.

Voda (H<sub>2</sub>O) a amoniak (NH<sub>3</sub>) jako elektroneutrální ligandy se nazývají **aqua** a **ammin**. Skupiny **NO** a **CO** se nazývají **nitrosyl** a **karbonyl** a pro výpočet náboje koordinační částice se rovněž považují za elektroneutrální. Názvy ostatních neutrálních a kationtových ligandů se používají beze změny.

### Číslovkové předpony

číslo	předpona	číslo	předpona
1	mono	10	deka
2	di	11	hendeka, undeka
3	tri	12	dodeka
4	tetra	19	nonadeka
5	penta	20	íkosa
6	hexa	22	dokosa
7	hepta	23	trikosa
8	okta	29	nonakosa
9	ennea, nona	30	triakonta

### Číslovkové předpony násobné

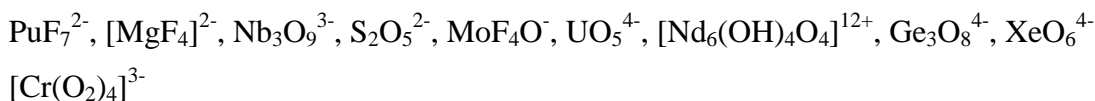
číslo	předpona
2x	bis
3x	tris
4x	tetrakis
5x	pentakis
6x	hexakis
7x	heptakis
8x	oktakis

## 8.2. Příklady k procvičení

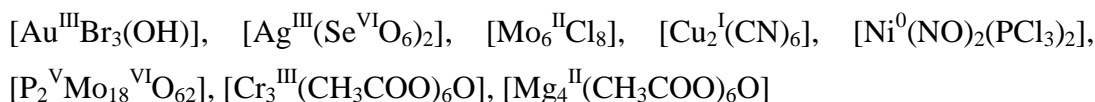
1. Určete oxidační čísla všech atomů v následujících sloučeninách:



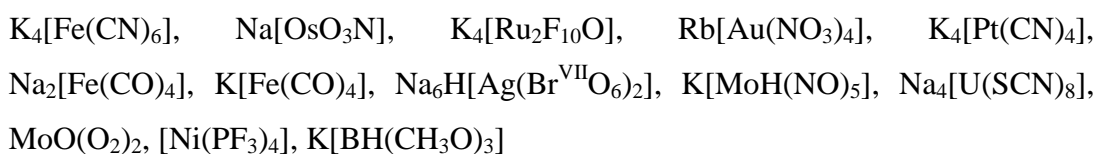
2. Vepište Stockova čísla k symbolům centrálních atomů:



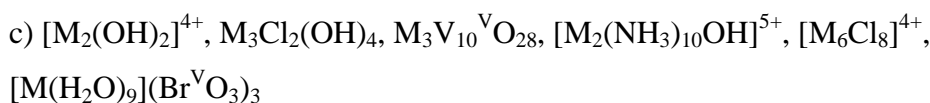
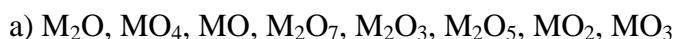
3. Doplňte náboj částice:



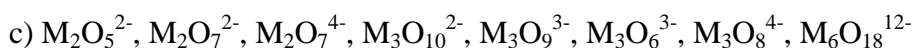
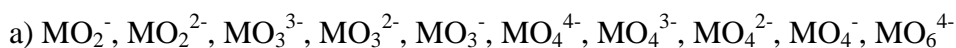
4. Určete oxidační čísla centrálních atomů v následujících sloučeninách:



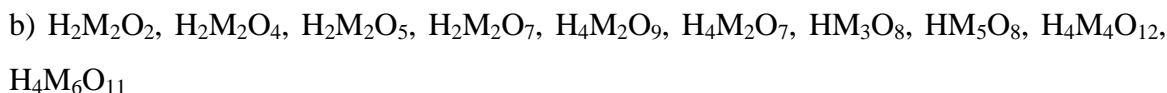
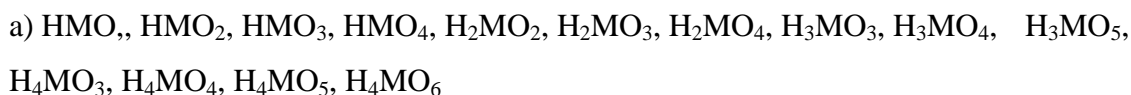
5. Jaká budou zakončení názvů kationtů v těchto sloučeninách:



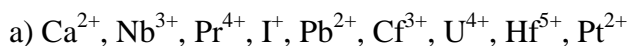
6. Jaká budou zakončení názvů těchto aniontů:

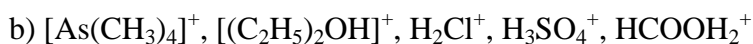


7. Jaká budou zakončení názvů těchto kyselin?



8. Napište názvy následujících kationtů:





9. Napište vzorce následujících sloučenin:

a) peroxid barnatý, sulfid gallitý, fosfid trisodný, hyperoxid cesný, trijodid draselný, amid vápenatý, kyanid zlatitý, acetylid stříbrný, azid měďnatý, selenid thallný, thiokyanatan strontnatý, jodid germaničitý

b) fluorid chlorylu, dichlorid vanadylu, uhličitan plutonylu (2+), trichlorid thiofosforylu, bromid vanadylu (3+), fluorid perchlorylu, dichlorid disulfurylu, diamid karbonylu

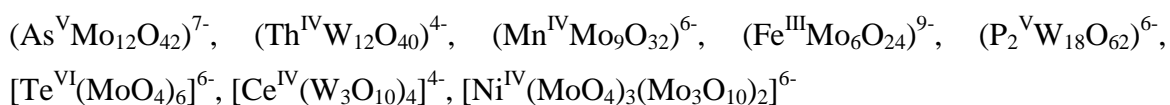
10. Vytvořte názvy následujících aniontů podle pravidel názvosloví koordinačních sloučenin:

anion jodičnanový (3-), anion manganinový (2-), anion telluranový (6-), anion křemičitanový (4-), anion křemičitanový (2-), anion železanový (2-), anion železičitanový (4-).

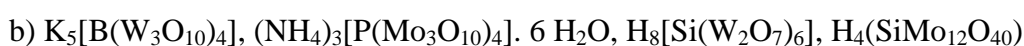
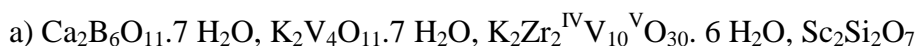
11. Napište názvy následujících izopolyaniontů:



12. Napište názvy následujících heteropolyaniontů:



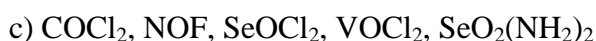
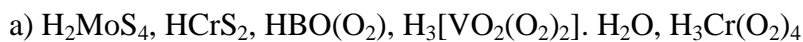
13. Pojmenujte následující sloučeniny:



14. Formulujte názvy následujících kyselin podle zásad názvosloví koordinačních sloučenin:

uhličitá, selenová, trihydrogenarsenitá, dihydrogentrisírová, tetrahydrogengermaničitá, dihydrogendichromová, hexahydrogentellurová, tetrahydrogenxenoničelá, rhenistá

15. Pojmenujte následující sloučeniny:



16. Napište vzorce následujících sloučenin:

dichlorid sulfurylu, kyselina hydroxylamido-O-seleničitá, difluorid-oxid olovičitý,  
kyselina imido-bis(tellurová), kyselina peroxouhličítá, kyselina trithiogermaničitá

17. Přiřaďte názvy odpovídajícím vzorcům:

$\text{HBO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{SiO}_3$ ,  $\text{H}_5\text{IO}_6$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{H}_3\text{BO}_3$ ,  $\text{H}_4\text{SiO}_4$ ,  $\text{HIO}_4$ ,  $\text{H}_3\text{P}_3\text{O}_9$ ,  $\text{H}_3\text{B}_3\text{O}_6$ ,  $\text{H}_6\text{Si}_2\text{O}_7$ ,  $\text{H}_3\text{IO}_5$ ,  
 $\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7$

kyselina difosforečná, kyselina trihydrogentrifosforečná, kyselina metaboritá, kyselina  
metakřemičitá, kyselina jodistá, kyselina hexahydrogendikřemičitá, kyselina  
orthoboritá, kyselina trihydrogentriboritá, kyselina orthokřemičitá, kyselina orthojodistá,  
kyselina orthofosforečná, kyselina trioxoboritá, kyselina tetraoxokřemičitá, kyselina  
hexaoxojodistá, kyselina tetraoxofosforečná, kyselina trihydrogenjodistá.

18. Pojmenujte následující sloučeniny:

a)  $\text{OsO}_4$ ,  $\text{Pb}_3\text{N}_2$ ,  $\text{BrF}_3$ ,  $\text{AgF}_2$ ,  $\text{Na}_2\text{NH}$ ,  $\text{SrO}_2$ ,  $\text{Pb}^{\text{II}}\text{S}_2$

b)  $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{Th}(\text{SO}_4)_2$ ,  $\text{Ca}_2\text{P}_2\text{O}_7$ ,  $\text{Mg}_2\text{SiO}_4$ ,  $\text{BaFeO}_4$ ,  $\text{NaBrO}_2$

c)  $\text{NaHCl}_2$ ,  $\text{KH}_4\text{IO}_6 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{HPO}_4$ ,  $\text{LiHS}$ ,  $\text{RbHSO}_3$ ,  $\text{PbHAsO}_3$

d)  $\text{RbAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ ,  $(\text{NH}_4)_2\text{Pb}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NaTi}_3(\text{WO}_4)_5 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{KNi}^{\text{IV}}\text{IO}_6$ ,  
 $\text{MgFe}(\text{CO}_3)_2$ ,  $\text{Be}_3\text{Al}_2(\text{Si}_6\text{O}_{18})$ ,  $\text{Mg}_3\text{Ga}_2(\text{SiO}_4)_3$

e)  $\text{HgCl}(\text{NH}_2)$ ,  $\text{MgCl}(\text{ClO})$ ,  $\text{Ca}_4\text{Cl}_2(\text{OH})_6$ ,  $\text{Sn}_3(\text{ClO}_4)_2\text{Cl}_4$ ,  $\text{WCl}_4(\text{SO}_3\text{F})_2$ ,  $\text{Fe}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$ ,  
 $\text{Cu}_2(\text{AsO}_2)_3(\text{CH}_3\text{COO})$ ,  $\text{Ni}^{\text{II}}\text{Ni}_2^{\text{III}}\text{O}_2(\text{OH})_4$

19. Napište vzorce následujících látek:

hydroxid-tris(fosforečnan) pentastrontnatý, uhličitan-dichlorid divápenatý, oxid-  
orthokřemičitan vápenato-titaničitý, uhličitan-dikřemičitan tetrazinečnatý, dichlorid-  
pentaoxid tetraarzenitý, hexaoctanoxid tetrahořečnatý, dihydroxid-tetrakřemičitan(4-)  
trihořečnatý, dihydrát orthokřemičitanu disodno-divápenato-strontnatého, trihydrát  
chlorid-síranu sodno-hořečnatého, dioxid-bis(orthokřemičitan) diberyllnato-  
železnatodiyttritý, tetraoxid železnato-dichromitý, tetraoxid dizinečnato-titaničitý,  
trioxid gallito-lanthanitý, trioxid nikelnato-titaničitý, trifluorid sodno-olovnatý, tetraoxid  
beryllnato-dihlinitý

20. Napište vzorce následujících hydrátů:

pentahydrát síranu měďnatého, heptahydrát síranu železnatého, oktahydrát chloridu  
barnatého, dihydrát dusičnanu dírťnatého, heptahydrát hexaboritanu divápenatého,  
dihydrát fluoridu boritého, hemihydrát síranu vápenatého, seskvihydrát uhličitanu  
sodného.

21. Napište názvy následujících adičních sloučenin:

$\text{TiCl}_4$ ,  $2(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{O}$ ,  $\text{NaI}$ ,  $4\text{NH}_3$ ,  $\text{NbCl}_3\text{O}$ ,  $2(\text{CH}_3)_2\text{SO}$ ,  $\text{SiI}_4$ ,  $4\text{C}_5\text{H}_5\text{N}$ ,  $\text{NaBO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ,  
 $\text{La}_2(\text{SO}_4)_3$ ,  $3\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $12\text{H}_2\text{O}$

22. Napište vzorce následujících adičních sloučenin:

dusičnan měďnatý-oxid dusičitý dimerní (1:1)

alan-trimethylamin (1:2)

chlorid chromnatý-amoniak (1:5)

chlorid draselný-chlorid hořečnatý-voda (1:1:6)

fluorid tributylsulfonia-voda (1:20)

oxid nikličitý-oxid barnatý-dusičnan hořečnatý-voda (1:3:9:12)

dusičnan lanthanitý-dusičnan hořečnatý-voda (2:3:24)

23. Napište názvy následujících ligandů:

a)  $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ ,  $\text{SCN}^-$ ,  $\text{S}_2^{2-}$ ,  $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{O}_2^{2-}$ ,  $\text{H}^-$ ,  $\text{OH}^-$ ,  $\text{CH}_3\text{COO}^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$

b)  $\text{CH}_3\text{O}^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{NO}$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{C}_2\text{H}_4$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{HS}^-$ ,  $\text{S}^{2-}$ ,  $\text{O}^{2-}$

24. Napište názvy následujících komplexních iontů:

a)  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ ,  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{3+}$ ,  $[\text{Cr}(\text{NH}_3)_4(\text{H}_2\text{O})_2]^{3+}$ ,  $[\text{Pt}(\text{NH}_3)\text{Clpy}_2]^+$ ,  $[\text{CoCl}_2\text{en}_2]^+$ ,  
 $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_3\text{Cl}_3]^+$ ,  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$ ,  $[\text{AuCl}_2\text{py}_2]^+$

b)  $[\text{BH}_4]^-$ ,  $[\text{Cr}(\text{CN})_6]^{3-}$ ,  $[\text{Mo}(\text{CN})_8]^{4-}$ ,  $[\text{NbF}_6\text{O}]^{3-}$ ,  $[\text{U}(\text{NCS})_8]^{4-}$ ,  $[\text{Fe}(\text{NO})_2\text{S}]^-$ ,  
 $[\text{Cr}(\text{NH}_3)_2(\text{SCN})_4]^-$ ,  $[\text{Pt}(\text{SO}_3)_4]^{6-}$

25. Napište názvy následujících komplexů:

$[\text{PtCl}_4\text{py}_2]$ ,  $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_2]$ ,  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_3(\text{NO}_2)_3]$ ,  $[\text{ZnCl}_2(\text{NH}_2\text{OH})_2]$ ,  $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_2(\text{NO}_2)_2]$ ,  
 $[\text{CuCl}_2(\text{CH}_3\text{NH}_2)_2]$ ,  $[\text{Ni}(\text{PF}_3)_4]$ ,  $[\text{Crbpy}_3]$ ,  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]$   $[\text{Co}(\text{CN})_6]$ ,  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]$   $[\text{PtCl}_4]$ ,  
 $[\text{PtCl}_4]$   $[\text{PCl}_6]$ ,  $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_4]$   $[\text{PtCl}_4]$

26. Napište vzorce následujících komplexů:

tetrahydrát tris(oxalato)iridičitanu draselného

bromid bis(bipyridin)-chlororhodnatý

síran tris(bipyridin) osmnatý

(ethylendiamintetraacetato)měďnatan didraselný

bis(2,3-butandiondi-oximato)nikelnatý komplex

bis(2,4-pentadionato)kobaltnatý komplex


## Výsledky řešení z kapitoly 8.2.

1.  $\text{Sr}^{\text{II}}$ ,  $2 \text{O}^{-\text{I}}$ ;  $\text{Sn}^{\text{IV}}$ ,  $2\text{O}^{-\text{II}}$ ;  $\text{C}^{-\text{II}}$ ,  $4 \text{H}^{\text{I}}$ ,  $\text{O}^{-\text{II}}$ ;  $\text{Na}^{\text{I}}$ ,  $\text{B}^{\text{III}}$ ,  $4\text{H}^{-\text{I}}$ ;  $\text{H}^{\text{I}}$ ,  $\text{Cl}^{\text{VII}}$ ,  $4 \text{O}^{-\text{II}}$ ;  $2\text{H}^{\text{I}}$ ,  $\text{C}^{\text{IV}}$ ,  $2\text{N}^{-\text{III}}$   
( $\text{H}_2\text{NCN} + 2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{NH}_3 + \text{CO}_2$ );  $\text{V}^{\text{V}}$ ,  $\text{O}^{-\text{II}}$ ,  $3 \text{Cl}^{-\text{I}}$ ;  $\text{N}^{\text{II}}$ ,  $\text{O}^{-\text{II}}$
2.  $\text{Pu}^{\text{V}}\text{F}_7^{2-}$ ,  $[\text{Mg}^{\text{II}} \text{F}_4]^{2-}$ ,  $\text{Nb}_3^{\text{V}}\text{O}_9^{3-}$ ,  $\text{S}_2^{\text{IV}}\text{O}_5^{2-}$ ,  $\text{Mo}^{\text{V}}\text{F}_4\text{O}^-$ ,  $\text{U}^{\text{VI}}\text{O}_5^{4-}$ ,  $[\text{Nd}_6^{\text{IV}}(\text{OH})_4\text{O}_4]^{12+}$ ,  
 $\text{Ge}_3^{\text{IV}}\text{O}_8^{4-}$ ,  $\text{Xe}^{\text{VIII}}\text{O}_6^{4-}$ ,  $[\text{Cr}^{\text{V}}(\text{O}_2)_4]^{3-}$
3.  $[\text{Au}^{\text{III}}\text{Br}_3(\text{OH})]^-$ ,  $[\text{Ag}^{\text{III}}(\text{Se}^{\text{VI}}\text{O}_6)_2]^{9-}$ ,  $[\text{Mo}_6^{\text{II}}\text{Cl}_8]^{4+}$ ,  $[\text{Cu}_2^{\text{I}}(\text{CN})_6]^{4+}$ ,  $[\text{Ni}^0(\text{NO})_2(\text{PCl}_3)_2]^0$ ,  
 $[\text{P}_2^{\text{V}}\text{Mo}_{18}^{\text{VI}}\text{O}_{62}]^{6-}$ ,  $[\text{Cr}_3^{\text{III}}(\text{CH}_3\text{COO})_6\text{O}]^+$ ,  $[\text{Mg}_4^{\text{II}}(\text{CH}_3\text{COO})_6\text{O}]^0$
4.  $\text{K}_4[\text{Fe}^{\text{II}}(\text{CN})_6]$ ,  $\text{Na}[\text{Os}^{\text{VIII}}\text{O}_3\text{N}]$ ,  $\text{K}_4[\text{Ru}_2^{\text{IV}}\text{F}_{10}\text{O}]$ ,  $\text{Rb}[\text{Au}^{\text{III}}(\text{NO}_3)_4]$ ,  $\text{K}_4[\text{Pt}^0(\text{CN})_4]$ ,  
 $\text{Na}_2[\text{Fe}^{-\text{II}}(\text{CO})_4]$ ,  $\text{K}[\text{Fe}^{-\text{I}}(\text{CO})_4]$ ,  $\text{Na}_6\text{H}[\text{Ag}^{\text{III}}(\text{Br}^{\text{VII}}\text{O}_6)_2]$ ,  $\text{K}[\text{Mo}^0\text{H}(\text{NO})_5]$ ,  
 $\text{Na}_4[\text{U}^{\text{IV}}(\text{SCN})_8]$ ,  $\text{Mo}^{\text{VI}}\text{O}(\text{O}_2)_2$ ,  $[\text{Ni}^0(\text{PF}_3)_4]$ ,  $\text{K}[\text{B}^{\text{III}}\text{H}(\text{CH}_3\text{O})_3]$
5. a) -ný, -ičelý, -natý, -istý, -itý, -ičný(ečný), -ičitý, -ový  
b) -itý, -ičný(ečný), -ičitý, -itý, -ičitý, -ičitý, -natý  
c) -itý, -natý, -natý, -itý, -natý, -itý
6. a) -itan, -natan, -itan, -ičitan, -ičnan(ečnan), -ičitan, -ičnan(ečnan), -an, -istan, -ičelan  
b) -itan, -itan, -ičnan(ečnan), -ičitan, -ičnan(ečnan)  
c) -ičitan, -an, -ičnan(ečnan), -an, -ičnan(ečnan), -itan, -ičitan, -ičitan
7. a) -ná, - itá, -ičná(ečná), -istá, -natá, -ičitá, -ová, -itá, -ičná(ečná), -istá, -natá, -ičitá,  
-ová, -ičelá  
b) -ná, -itá, -ičitá, -ová, -istá, -ičná(ečná), -ičná(ečná), -itá, -ičná(ečná), -itá
8. a) vápenatý, niobitý, praseodymičitý, jodný, olovnatý, kalifornitý, uraničitý,  
hafničný, platnatý  
b) tetramethylarsonium, diethyloxonium, chloronium, sulfatacidium,  
formiatacidium  
c) methylhydrazinium(1+), anilinium, ethylendiaminium(1+), ethylendiaminium(2+)
9. a)  $\text{BaO}_2$ ,  $\text{Ga}_2\text{S}_3$ ,  $\text{Na}_3\text{P}$ ,  $\text{CsO}_2$ ,  $\text{KI}_3$ ,  $\text{Ca}(\text{NH}_2)_2$ ,  $\text{Au}(\text{CN})_3$ ,  $\text{Ag}_2\text{C}_2$ ,  $\text{Cu}(\text{N}_3)_2$ ,  $\text{Tl}_2\text{Se}$ ,  
 $\text{Sr}(\text{SCN})_2$ ,  $\text{GeI}_4$   
b)  $\text{ClO}_2\text{F}$ ,  $\text{VOCl}_2$ ,  $\text{PuOCO}_3$ ,  $\text{PSCl}_3$ ,  $\text{VOBr}_3$ ,  $\text{ClO}_3\text{F}$ ,  $\text{S}_2\text{O}_5\text{Cl}_2$ ,  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$
10. tetraoxojodičnan, tetraoxomanganan, hexaotelluran, tetraoxokřemičitan,  
trioxokřemičitan, tetraoxoželezan, tetraoxožezezičitan
11. trisíran(2-), trikřemičitan(4-), hexakřemičitan(12-), tetrafosforečnan(4-),  
dijodistan(4-), difosforečnan(4-), heptamolybdenan(6-), hexawolframan(6-),  
hexatantaličnan(6-), oktamolybdenan(4-)

12. arsenično-dodekamolybdenan(7-), thoričitano-dodekawolframán(4-),  
 manganičitano-nonamolybdenan(6-), hexamolybdenano-železitan(9-),  
 difosforečnano-18-wolframán(6-), hexakis(molybdáto)telluran(6-),  
 tetrakis(triwolframáto)ceričitán(4-), tris(molybdáto)-bis(trimolybdáto)nikličítán(6-)
13. a) heptahydrát hexaboritanu divápenatého, heptahydrát tetravanadičnanu  
 didraselného, 16-hydrát dekavanadičnanu didraselnodizirkoničitého, dikřemičitán  
 diskanditý  
 b) tetrakis(triwolframáto)boritan pentadraselný,  
 hexahydrát tetrakis(trimolybdáto)fosforečnanu triamonného,  
 kyselina oktahydrogenhexakis(diwolframáto)křemičitá,  
 kyselina tetrahydrogendodekamolybdenano-křemičitá
23. triouxhličítá, tetraoxoselenová, trixoarsenitá, tetraoxogermaničítá,  
 hexaoxotellurová, hexaoxoxenoničelá, tetraoxorhenistá
24. a) kyselina tetrathiomolybdenová, dithiochromitá, oxo-peroxoboritá, dioxo-  
 diperoxovanadičná (monohydrát), tetraperoxochromičná  
 b) kyselina fluoroselenová, dihydrogenfluorofosforečná, amidofosforečná, imido-  
 bis(uhličítá), hydrazidosiřičítá  
 c) dichlorid karbonylu, fluorid nitrosylu, dichlorid seleninylu, dichlorid  
 vanadylu(IV), diamid selenonylu  
 d) tetrachlorid-oxid molybdenový, chlorid-oxid vizmutitý, diamid-oxid zirkoničítý,  
 tetrafluorid-oxid xenonový, dichlorid-oxid křemičítý tetramerní
16.  $\text{SO}_2\text{Cl}_2$ ,  $\text{H}_2\text{NO} \cdot \text{SeO}_2\text{H}$ ,  $\text{PbF}_2\text{O}$ ,  $\text{NH}(\text{TeO}_3\text{H})_2$ ,  $\text{H}_2\text{CO}_2(\text{O}_2)$ ,  $\text{H}_2\text{GeS}_3$
17.  $\text{HBO}_2$  – kyselina metaboritá,  $\text{H}_2\text{SiO}_3$  – kyselina metakřemičítá,  $\text{H}_5\text{IO}_6$  – kyselina  
 orthojodistá nebo hexaoxojodistá,  $\text{H}_3\text{PO}_4$  – kyselina orthofosforečná nebo  
 tetraoxofosforečná,  $\text{H}_3\text{BO}_3$  – kyselina orthoboritá nebo trioxoboritá,  $\text{H}_4\text{SiO}_4$  –  
 kyselina orthokřemičítá nebo tetraoxokřemičítá,  $\text{HIO}_4$  – kyselina jodistá,  $\text{H}_3\text{P}_3\text{O}_9$  -  
 kyselina trihydrogentrifosforečná,  $\text{H}_3\text{B}_3\text{O}_6$  – kyselina trihydrogentriboritá,  $\text{H}_6\text{Si}_2\text{O}_7$   
 – kyselina hexahydrogendikřemičítá,  $\text{H}_3\text{IO}_5$  – kyselina trihydrogenjodistá,  
 $\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7$  – kyselina difosforečná
18. a) oxid osmičelý, nitrid olovnatý, fluorid bromitý, fluorid stříbrnatý, imid sodný,  
 peroxid strontnatý, disulfid olovnatý



- b) dusičnan rtuťnatý, síran thoričitý, difosforečnan vápenatý, křemičitan hořečnatý, železan barnatý, bromitan sodný
- c) hydrogendichlorid sodný, monohydrát tetrahydrogenjodistanu draselného, hydrogenfosforečnan didraselný, hydrogensulfid litný, hydrogensířičitan rubidný, hydrogenarsenitan olovnatý
- d) dodekahydrát síranu rubidno-hlinitého, hexahydrát síranu diamonoolovnatého, nonahydrát wolframanu sodno-trititanitého, orthojodistan draselno-nikličitý, uhličitan hořečnato-železnatý, hexakřemičitan triberyllnato-dihlinitý, orthokřemičitan trihořečnato-digallitý
- e) chlorid-amid rtuťnatý, chlorid-chlornan hořečnatý, dichlorid-hexahydroxid tetravápenatý, bis(chloristan)-tetrachlorid tricínatý, tetrachlorid-bis(fluorosíran)wolframový, bis(uhličitan)-dihydroxid triželeznatý, tris(arsenitan)-octan diměďnatý, dioxid-tetrahydroxid nikelnato-diniklitý
19.  $\text{Sr}_5(\text{OH})(\text{PO}_4)_3$ ,  $\text{Ca}_2(\text{CO}_3)\text{Cl}_2$ ,  $\text{CaTiO}(\text{SiO}_4)$ ,  $\text{Zn}_4(\text{CO}_3)(\text{Si}_2\text{O}_7)$ ,  $\text{As}_4\text{Cl}_2\text{O}_5$ ,  $\text{Mg}_4(\text{CH}_3\text{COO})_6\text{O}$ ,  $\text{Mg}_3(\text{OH})_2(\text{Si}_4\text{O}_{10})$ ,  $\text{Na}_2\text{Ca}_2\text{Sr}(\text{SiO}_4)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NaMgCl}(\text{SO}_4) \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Be}_2\text{FeY}_2\text{O}_2(\text{SiO}_4)_2$ ,  $\text{FeCr}_2\text{O}_4$ ,  $\text{Zn}_2\text{TiO}_4$ ,  $\text{GaLaO}_3$ ,  $\text{NiTiO}_3$ ,  $\text{NaPbF}_3$ ,  $\text{BeAl}_2\text{O}_4$
20.  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{BaCl}_2 \cdot 8 \text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Hg}_2(\text{NO}_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Ca}_2\text{B}_6\text{O}_{11} \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{BF}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 3/2\text{H}_2\text{O}$
21. chlorid titaničitý-diethylether (1:2), jodid sodný-amoniak (1:4), trichlorid-oxid niobičný-dimethylsulfoxid (1:2), jodid křemičitý-pyridin (1:4), metaboritan sodný-peroxid vodíku-voda (1:1:3), síran lanthanitý-síran sodný-voda (1:3:12), krypton-(p-hydrochinon) (1:4), oxid sířičitý-voda (1:46)
22.  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot \text{N}_2\text{O}_4$ ,  $\text{AlH}_3 \cdot 2\text{N}(\text{CH}_3)_3$ ,  $\text{CrCl}_2 \cdot 5\text{NH}_3$ ,  $\text{KCl} \cdot \text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ,  $[(\text{C}_4\text{H}_9)_3\text{S}]\text{F} \cdot 20\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NiO}_2 \cdot 3\text{BaO} \cdot 9\text{MoO}_3 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ ,  $2\text{La}(\text{NO}_3)_3 \cdot 24\text{H}_2\text{O}$
23. a) oxalato, thiokyanato, disulfido, thiosulfato, sulfato, peroxo, hybridno, hydroxo, acetato, nitrido, nitrato  
b) methoxo, karbonato, nitrosyl, aqua, ethylen, karbonyl, ammin, merkapto, thio, oxo
24. a) kation tetraamminměďnatý, hexaamminkobaltitý, tetraammindiaquachromitý, ammin-chloro-bis(pyridin)platnatý, dichloro-bis(ethylendiamin)kobaltitý, triammin-trichloroplaticitý, diamminstříbrný, dichlorobis(pyridin)zlatitý

- b) anion tetrahydridoboritanový, hexakyanochromitanový,  
oktakyanomolybdeničitanový, hexafluoro-oxoniobičnanový,  
oktaizothiokyanatouraničitanový, dinitrosyl-thioželeznanový,  
diammin-tetrathiokyanatochromitanový, tetrakis(sulfito)platnatanový
25. tetrachloro-bis(pyridin)platičitý komplex, diammin-dichloroplatnatý komplex,  
triammin-trinitrokobaltitý komplex, dichloro-bis(hydroxylamin)zinečnatý komplex,  
diammin-dichloro-dinitroplatičitý komplex, dichloro-bis(methylamin)měďnatý  
komplex, tetrakis(trifluorofosfin)nikl(0), tris-(bipyridin)chrom(0),  
hexakyanokobaltitan hexaamminkobaltitý, tetrachloroplatnatan  
tetraamminměďnatý, hexachlorofosforečnan tetrachlorofosforečný,  
tetrachloroplatnatan tetraamminplatnatý
26.  $K_2[Ir(ox)_3] \cdot 4H_2O$ ,  $[Rh(bpy)_2Cl]Br$ ,  $[Os(bpy)_3]SO_4$ ,  $K_2[Cuedta]$ ,  $[Ni(HdMg)_2]$ ,  
 $[Co(acac)_2]$
- 

## Použitá literatura

Růžička A., Mezník L., Toužín J.: Problémy a příklady z obecné chemie. Názvosloví anorganických sloučenin. Vydavatelství MU Brno, 1994.

Mareček A., Honza J.: Chemie sbírka příkladů. Proton Brno, 2001.

Klikorka J., Hanzlík J.: Názvosloví anorganické chemie. Academia Praha, 1987.

Zajoncová L.: Praktická cvičení z klinické biochemie pro biochemiky, UP Olomouc, 2004.

Kotouček M.: Příklady z analytické chemie. UP Olomouc, 1982.

Kotlík B., Růžičková K.: Chemie I. v kostce pro střední školy, obecná a anorganická chemie, výpočty v oboru chemie. Fragment Havlíčkův Brod, 1999.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
I A	II A	III B	IV B	V B	VI B	VII B	VIII	VIII	VIII	I B	II B	III A	IV A	V A	VI A	VII A	0
Vodík 1 <b>H</b> 1,00794(7)																	Helium 2 <b>He</b> 4,002602(2)
Lithium 3 <b>Li</b> 6,941(2)	Beryllium 4 <b>Be</b> 9,012182(3)											Bor 5 <b>B</b> 10,811(7)	Uhlík 6 <b>C</b> 12,0107(8)	Dusík 7 <b>N</b> 14,00674(7)	Kyslík 8 <b>O</b> 15,9994(3)	Fluor 9 <b>F</b> 18,9984032(5)	Neon 10 <b>Ne</b> 20,1797(6)
Sodík 11 <b>Na</b> 22,989770(2)	Hořčík 12 <b>Mg</b> 24,3050(6)											Hliník 13 <b>Al</b> 26,981538(2)	Křemík 14 <b>Si</b> 28,0855(3)	Fosfor 15 <b>P</b> 30,973761(2)	Síra 16 <b>S</b> 32,066(6)	Chlor 17 <b>Cl</b> 35,4527(9)	Argon 18 <b>Ar</b> 39,948(1)
Draslík 19 <b>K</b> 39,0983(1)	Vápník 20 <b>Ca</b> 40,078(4)	Skandium 21 <b>Sc</b> 44,955910(8)	Titan 22 <b>Ti</b> 47,867(1)	Vanad 23 <b>V</b> 50,9415(1)	Chrom 24 <b>Cr</b> 51,9961(6)	Mangan 25 <b>Mn</b> 54,938045(9)	Železo 26 <b>Fe</b> 55,845(2)	Kobalt 27 <b>Co</b> 58,933200(9)	Nikl 28 <b>Ni</b> 58,6934(2)	Měď 29 <b>Cu</b> 63,546(3)	Zinek 30 <b>Zn</b> 65,39(2)	Gallium 31 <b>Ga</b> 69,723(1)	Germanium 32 <b>Ge</b> 72,61(2)	Arsen 33 <b>As</b> 74,92160(2)	Selen 34 <b>Se</b> 78,96(3)	Brom 35 <b>Br</b> 79,904(1)	Krypton 36 <b>Kr</b> 83,80(1)
Rubidium 37 <b>Rb</b> 85,4678(3)	Stroncium 38 <b>Sr</b> 87,62(1)	Yttrium 39 <b>Y</b> 88,90586(2)	Zirkon 40 <b>Zr</b> 91,224(2)	Niob 41 <b>Nb</b> 92,90638(2)	Molybden 42 <b>Mo</b> 95,94(1)	Technetium 43 <b>Tc</b> (98,9063)	Ruthenium 44 <b>Ru</b> 101,07(2)	Rhodium 45 <b>Rh</b> 102,90550(2)	Palladium 46 <b>Pd</b> 106,42(1)	Stříbro 47 <b>Ag</b> 107,8682(2)	Kadmium 48 <b>Cd</b> 112,411(8)	Indium 49 <b>In</b> 114,818(3)	Cin 50 <b>Sn</b> 118,710(7)	Antimon 51 <b>Sb</b> 121,760(1)	Tellur 52 <b>Te</b> 127,60(3)	Jod 53 <b>I</b> 126,90447(3)	Xenon 54 <b>Xe</b> 131,29(2)
Cerium 55 <b>Cs</b> 132,90545(2)	Baryum 56 <b>Ba</b> 137,327(7)	57-70 Lantha- noidy	Hafnium 72 <b>Hf</b> 178,49(2)	Tantal 73 <b>Ta</b> 180,9479(1)	Wolfram 74 <b>W</b> 183,84(1)	Rhenium 75 <b>Re</b> 186,207(1)	Osmium 76 <b>Os</b> 190,23(3)	Iridium 77 <b>Ir</b> 192,221(3)	Platina 78 <b>Pt</b> 195,078(2)	Zlato 79 <b>Au</b> 196,96656(2)	Rtuť 80 <b>Hg</b> 200,59(2)	Thalium 81 <b>Tl</b> 204,3833(2)	Olovo 82 <b>Pb</b> 207,2(1)	Bismut 83 <b>Bi</b> 208,98038(2)	Polonium 84 <b>Po</b> (208,9824)	Astat 85 <b>At</b> (208,9871)	Radon 86 <b>Rn</b> (222,0176)
Francium 87 <b>Fr</b> (223,0197)	Radium 88 <b>Ra</b> (226,0254)	89-102 Akti- noidy	Rutherfordium 104 <b>Rf</b> (261,110)	Dubnium 105 <b>Db</b> (262,1144)	Seaborgium 106 <b>Sg</b> (263,1166)	Bohrium 107 <b>Bh</b> (264,12)	Hassium 108 <b>Hs</b> (265,1306)	Melitnerium 109 <b>Mt</b> (268)	Ununillium 110 <b>Uun</b> (269)	Ununium 111 <b>Uuu</b> (272)	Ununbium 112 <b>Uub</b> (277)						



- nekovy
- alkalické kovy
- alkalické zemní kovy
- vzácné plyny
- halogeny
- metalloidy
- přechodné kovy
- jiné kovy
- vzácné zemní prvky

Lanthanoidy:

Lanthan 57 <b>La</b> 138,9055(2)	Cer 58 <b>Ce</b> 140,116(1)	Praseodym 59 <b>Pr</b> 140,90786(2)	Neodym 60 <b>Nd</b> 144,24(3)	Promethium 61 <b>Pm</b> (144,9127)	Samarium 62 <b>Sm</b> 150,36(3)	Europium 63 <b>Eu</b> 151,964(1)	Gadolium 64 <b>Gd</b> 157,25(3)	Terbium 65 <b>Tb</b> 158,92534(2)	Dysprosium 66 <b>Dy</b> 162,50(3)	Holmium 67 <b>Ho</b> 164,93032(2)	Erbium 68 <b>Er</b> 167,26(3)	Thulium 69 <b>Tm</b> 168,93421(2)	Ytterbium 70 <b>Yb</b> 173,04(3)	Lutecium 71 <b>Lu</b> 174,967(1)
---	--------------------------------------	--	--	---	--	---	--	--	--	--	--	--	---	---

Aktinoidy:

Aktinium 89 <b>Ac</b> (227,0277)	Thorium 90 <b>Th</b> 232,0381(1)	Protaktinium 91 <b>Pa</b> 231,03588(2)	Uran 92 <b>U</b> 238,02891(1)	Neptunium 93 <b>Np</b> (237,0482)	Plutonium 94 <b>Pu</b> (244,0642)	Amercium 95 <b>Am</b> (243,0614)	Curium 96 <b>Cm</b> (247,0703)	Berkelium 97 <b>Bk</b> (247,0703)	Kalifornium 98 <b>Cf</b> (251,0796)	Einsteinium 99 <b>Es</b> (252,0830)	Fermium 100 <b>Fm</b> (257,0951)	Mendelevium 101 <b>Md</b> (258,0984)	Nobelium 102 <b>No</b> (259,1011)	Lawrencium 103 <b>Lr</b> (262,110)
---	---	---	--	--	--	---	---	--	--	--	---	---	--	---

