



Pedagogická  
fakulta  
Faculty  
of Education

Jihočeská univerzita  
v Českých Budějovicích  
University of South Bohemia  
in České Budějovice

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích  
Pedagogická fakulta  
Katedra matematiky

Bakalářská práce

# Matematika v chemii

Vypracoval: Adam Čech  
Vedoucí práce: RNDr. Libuše Samková, Ph.D.

České Budějovice 2019

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci na téma Matematika v chemii jsem vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě, elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích .....

.....

## **Poděkování**

Chtěl bych poděkovat paní RNDr. Libuši Samkové, Ph.D. za odborné vedení a věcné připomínky během psaní této bakalářské práce.

## **Anotace**

Tato práce se zabývá matematickými tématy v učivu chemie pro 2. stupeň ZŠ. V práci je uvedeno, kde a jakým způsobem jsou využívány matematické postupy v chemických úlohách. Pro porovnání je zde ukázán zautomatizovaný postup řešení, který používá většina studentů chemie. Postupy řešení jsou doplněny o slovní komentáře a barevně jsou zvýrazněny důležité informace. Práce může posloužit jako studijní materiál.

## **Annotation**

This work deals with mathematical topics in the chemistry curriculum for second grade of primary school. This work describes where and how mathematical procedures are used in chemical tasks. For comparison, there is shown an automated approach to the solution used by most chemistry students. Solution procedures are supplemented with word comments and important information is highlighted in color. This work can serve as a study material.

# Obsah

Úvod.....	8
1 Názvosloví binárních sloučenin anorganické chemie .....	10
1.1 Chemické názvosloví .....	10
1.1.1 Římské číslice .....	10
1.1.2 Oxidační číslo.....	10
1.1.3 Postup.....	11
1.1.4 Anglické názvosloví.....	11
1.2 Lineární rovnice .....	11
1.2.1 Ekvivalentní úpravy .....	12
1.3 Soudělnost čísel.....	13
1.3.1 Společný dělitel, největší společný dělitel .....	13
1.3.2 Soudělná čísla.....	13
1.3.3 Nesoudělná čísla.....	13
1.4 Poměr čísel .....	13
1.5 Ze vzorce název .....	14
1.5.1 Křížové pravidlo.....	14
1.5.2 Úvahou .....	15
1.5.3 Matematicky.....	16
1.6 Z názvu vzorec .....	17
1.6.1 Křížové pravidlo.....	17
1.6.2 Matematicky.....	18
2 Názvosloví nebinárních sloučenin anorganické chemie .....	19
2.1 Sudá a lichá čísla .....	19
2.1.1 Sudá čísla .....	19
2.1.2 Lichá čísla .....	19

2.1.3	Počtení operace .....	19
2.2	Kyslíkaté kyseliny .....	19
2.2.1	Ze vzorce název.....	20
2.2.2	Z názvu vzorec .....	22
2.2.3	Pomocí diofantických rovnic .....	25
2.3	Soli kyslíkatých kyselin.....	29
2.3.1	Ze vzorce název.....	29
2.3.2	Z názvu vzorec .....	31
3	Výpočty ze vzorce.....	33
3.1	Veličiny .....	33
3.1.1	Relativní hmotnost .....	33
3.1.2	Látkové množství.....	33
3.1.3	Molární hmotnost.....	33
3.1.4	Koncentrace.....	33
3.1.5	Hmotnostní zlomek, hmotnostní procenta .....	33
3.1.6	Hustota .....	34
3.2	Zaokrouhlování .....	34
3.3	Empirický vzorec .....	34
3.3.1	Příklady .....	35
3.4	Přímá úměrnost.....	36
3.4.1	Příklady .....	37
4	Vyčíslování rovnic .....	39
4.1	Bez oxidačně-redukční změny .....	39
4.1.1	Úplné.....	39
4.1.2	Iontové.....	42
4.2	Oxidačně-redukční .....	44

4.2.1	Úplné.....	44
4.2.2	Iontové.....	45
5	Výpočty z rovnic.....	48
5.1	Převody jednotek.....	48
5.2	Postup.....	48
5.2.1	Příklady.....	49
6	Atom a jeho čísla.....	53
6.1	Stavba atomu.....	53
6.2	Zápis atomu.....	53
6.2.1	Z atomu počty částic.....	53
6.2.2	Z počtů částic atom.....	54
7	Shrnutí matematických témat v předmětu chemie.....	56
	Literatura.....	57
	Přílohy.....	58

## Úvod

V bakalářské práci se zabývám matematickými tématy v oboru chemie. K tématu *Matematika v chemii* mě přivedla má aprobace – Matematika se zaměřením na vzdělávání a Chemie se zaměřením na vzdělávání. Zbytek mých kolegů z chemie studuje jako druhý obor přírodopis, a proto má většina z nich postupy řešení zautomatizované. Já jsem se na rozdíl od nich díval na většinu problémů jako na slovní úlohu z matematiky. Vyvolalo to ve mně otázku, zdali jsou tedy rozdíly v postupech řešení chemických úloh z pohledu matematiky odlišné.

Čtenář této práce zjistí, kde se využívají matematické postupy. Sám si může udělat pohled na problematiku a vybrat si, jaký postup řešení mu sedí více. Některé příklady jsou lehčí a lze je počítat automaticky. Na druhou stranu i matematický postup má své kladné stránky. Člověk si při něm zopakuje řešení matematických úloh na úrovni 2. stupně základní školy.

V kapitolách jsou uvedené postupy řešení, jak z pohledu matematika, tak z pohledu chemika. Postupy jsou doprovázeny slovním komentářem a pro lepší přehlednost jsou barevně zvýrazněny důležité informace. Před samotným řešením chemických úloh jsou vždy vysvětleny matematické operace týkající se daného tématu.

V prvních kapitolách se zabývám *názvoslovím binárních a nebinárních anorganických sloučenin*. Tyto kapitoly byly zařazeny na začátek, jelikož od názvosloví se vše odráží. Bez jeho znalosti bychom nedokázali sestavit vzorec sloučeniny a obtížně bychom sestavovali rovnice popisující chemický děj. V této kapitole se čtenář dozví o matematických tématech, jakými jsou *lineární rovnice* nebo *soudělnost čísel*.

Další kapitola je o *výpočtech ze vzorce*, díky nimž můžeme zjistit, jaké množství daného prvku obsahuje zadaná sloučenina. Tato kapitola čtenáři přiblíží *zaokrouhlování* a principy *přímé úměrnosti*. Zaměří se především na *trojčlenku*, která je velmi oblíbenou metodou chemiků.

Následuje kapitola, ve které zjistíme informace o *vyčíslování chemických rovnic bez oxidačně-redukční změny* a *s oxidačně-redukční změnou*. Chemické rovnice slouží k popisu chemického děje, z toho vyplývá, že nám slouží v úlohách, ve kterých budeme zjišťovat množství získaného produktu. O *výpočtech z chemických rovnic* se dozvíme v další kapitole. V téže kapitole si také připomeneme *převody jednotek*. Poslední chemická kapitola se týká *atomu a jeho stavby*. Čtenář zde získá informace o zápisu atomu



a charakteristických číslech pro dané atomy. Kapitola obsahuje nástin zajímavých příkladů, které by mohly být námětem slovních úloh v matematice. V poslední kapitole je shrnuto, jaké matematické operace se ve vybraných chemických tématech objevují. Bakalářská práce by mohla pomoci žákům 2. stupně základní školy a jejich rodičům, kteří se s nimi učí. Také může posloužit studentům středních škol pro zopakování pravidel názvosloví a základních výpočtů v chemii. Práce by mohla být inspirací pro plánování učiva vyučujícími chemie, kteří mají druhou aprobaci přírodopis, aby se nejprve učivo s matematickou problematikou probralo na matematice a až poté bylo zařazeno do výuky chemie.

# 1 Názvosloví binárních sloučenin anorganické chemie

Matematických operací využijeme při určování názvů chemických sloučenin nebo při utváření jejich vzorců. V této kapitole se budeme zabývat *binárními sloučeninami*, tj. sloučeninami tvořenými právě dvěma prvky.

## 1.1 Chemické názvosloví

Chemické názvosloví se zabývá stanovením a formulací pravidel k vytvoření názvů a vzorců chemických látek. České názvosloví je vybudováno na *oxidačním čísle* prvku. Oxidační číslo prvku určuje jeho elektrický náboj, značí se římskými číslicemi vpravo nahoře u značky prvku. *Součet oxidačních čísel atomů v elektronegativní sloučenině se rovná nule*. Kladné oxidační číslo mají *kationty*, záporné poté *anionty* (Křížek, 2010).

### 1.1.1 Římské číslice

V chemickém názvosloví se využívají *římské číslice* k zápisu oxidačních čísel. Římské číslice nahrazují arabské číslice. Píší se velkými písmeny latinské abecedy. Ukážeme si zápis čísel od 1 do 8 (Tab. 1), který bude potřeba pro zápis oxidačních čísel.

Arabsky	Římsky
1	I
2	II
3	III
4	IV
5	V
6	VI
7	VII
8	VIII

Tab. 1 – Zápis čísel pomocí římských číslic

### 1.1.2 Oxidační číslo

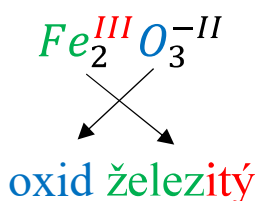
Každé *oxidační číslo* má svou vlastní koncovku (Tab. 2). Charakteristické oxidační číslo některých prvků a skupin lze nalézt v periodické soustavě prvků (Příloha 1), např. *kyslík* má oxidační číslo  $-II$ .

Oxidační číslo	Koncovka
I	-ný
II	-natý
III	-itý
IV	-ičitý
V	-ičný/-ečný
VI	-ový
VII	-istý
VIII	-ičelý

Tab. 2 – Oxidační čísla a jejich koncovky

### 1.1.3 Postup

Při tvoření názvu se nejprve napíše název aniontu jako podstatné jméno a za něj název kationtu jako přídavné jméno s příslušnou koncovkou.



Horní index značí oxidační číslo, dolní index počet atomů ve sloučenině. Pokud není dolní index uveden, je počet atomů roven jedné. Indexy jsou celá čísla, dolní indexy navíc pouze kladná.

### 1.1.4 Anglické názvosloví

V anglickém názvosloví se nepoužívají koncovky pro odlišná oxidační čísla, ale náboj kationtu se vyjádří číslovkou v závorce za názvem prvku, např.  $\text{Fe}^{\text{III}}$  bude mít název *iron(III)*. U aniontu je zakončení *-ide*, např. *oxide*. Další odlišností je pořadí slov v názvu, nejprve se píše kationt, poté aniont. Pro naši sloučeninu oxid železitý je anglický název *iron(III) oxide*. Počet atomů v molekule se vyjádří předponou, např. *di-*, *tri-*, atd., např. sloučenina  $\text{N}_2\text{O}_3$  se bude jmenovat *dinitrogen trioxide*.

## 1.2 Lineární rovnice

*Lineární rovnici* s neznámou  $x$  nazýváme každou rovnicí tvaru

$$ax + b = 0,$$

kde  $a, b$  jsou libovolná reálná nebo komplexní čísla (Polák, 2015, s. 205).

Rovnice má buď právě jedno řešení, nekonečně mnoho řešení, nebo nemá žádné řešení.

### 1.2.1 Ekvivalentní úpravy

Při řešení lineárních rovnic využijeme *ekvivalentních úprav* (Polák, 2015, s. 203).

- a) Vzájemná výměna stran rovnice.
- b) Nahrazení libovolné strany rovnice výrazem, který se jí rovná v celém oboru řešení rovnice.
- c) Přičtení téhož čísla nebo výrazu s neznámou, který je definován v celém oboru řešení rovnice, k oběma stranám rovnice.
- d) Vynásobení obou stran rovnice tímž číslem různým od nuly nebo výrazem s neznámou, který je definován a různý od nuly v celém oboru řešení rovnice.
- e) Umocnění obou stran rovnice tímž přirozeným mocnitelem, jsou-li obě strany rovnice nezáporné v celém oboru řešení rovnice.
- f) Odmocnění obou stran rovnice tímž přirozeným odmocnitelem, jestliže jsou obě strany rovnice nezáporné v celém oboru řešení rovnice.
- g) Zlogaritmování obou stran rovnice při témž základu, jsou-li obě strany rovnice kladné v celém oboru řešení rovnice.

*Příklad: Vypočítejte danou rovnici  $12x - 36 = 2 \cdot (5x + 2)$ .*

$$12x - 36 = 2 \cdot (5x + 2)$$

Roznásobíme závorku.

$$12x - 36 = 10x + 4$$

Provedeme ekvivalentní úpravy. Chceme na jedné straně neznámou a na druhé straně čísla.

$$2x = 40$$

$$\mathbf{x = 20}$$

Zkoušku provedeme dosazením neznámé do zadání.

$$L = 12 \cdot 20 - 36 = 204$$

$$P = 2 \cdot (5 \cdot 20 + 2) = 204$$

$$L = P$$

### 1.3 Soudělnost čísel

Při tvorbě některých vzorců sloučenin bude potřeba znát čísla *soudělná* a *nesoudělná*. S tím jsou spojeny pojmy jako *společný dělitel* a *největší společný dělitel*.

#### 1.3.1 Společný dělitel, největší společný dělitel

*Společný dělitel* přirozených čísel  $n_1, n_2, \dots, n_k$  je každé přirozené číslo, které je dělitelem každého z nich. *Největší společný dělitel* je dělitel, který je větší než ostatní společní dělitelé, značí se  $D(n_1, n_2, \dots, n_k)$  (Polák, 2015).

Největšího společného dělitele čísel najdeme tak, že provedeme *prvočíselný rozklad* těchto čísel, poté z každého rozkladu vybereme nejmenší mocninu společných prvočísel. Z takto vybraných čísel uděláme součin, který se rovná největšímu společnému děliteli.

*Příklad: Najděte největšího společného dělitele čísel 308 a 1960.*

Provedeme prvočíselný rozklad.

$$308 = 2 \cdot 2 \cdot 7 \cdot 11 = 2^2 \cdot 7 \cdot 11$$

$$1960 = 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 5 \cdot 7 \cdot 7 = 2^3 \cdot 5 \cdot 7^2$$

Nyní uděláme součin z nejmenších společných mocnin prvočísel a vypočítáme největšího společného dělitele.

$$D(308,1960) = 2^2 \cdot 7 = 28$$

#### 1.3.2 Soudělná čísla

*Čísla soudělná* mají alespoň jednoho společného dělitele, např. 9 a 6 mají společného dělitele 3 a lze je tedy 3 zkrátit, z 9 bude 3 a z 6 bude 2.

#### 1.3.3 Nesoudělná čísla

*Čísla nesoudělná* nemají žádného společného dělitele kromě 1, např. 13 a 15.

### 1.4 Poměr čísel

*Poměr* slouží k porovnávání číselných údajů. Je to podíl dvou a více kladných čísel.

$$a:b$$

Na pořadí členů záleží. Daným poměrem můžeme číslo změnit tak, že ho poměrem vynásobíme (Binterová, Fuchs a Tlustý, 2008).

a) Změňte číslo 10 v poměru 2:3.

$$10 \cdot \frac{2}{3} = \frac{20}{3} = 6\frac{2}{3}$$

b) Změňte číslo 10 v poměru 3:2.

$$10 \cdot \frac{3}{2} = \frac{30}{2} = 15$$

Vidíme, že pokud je první člen v poměru menší, resp. větší než druhý člen, tak číslo zmenšujeme, resp. zvětšujeme v daném poměru.

## 1.5 Ze vzorce název

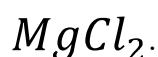
V této části se budeme zabývat tvořením názvu sloučeniny z jejího vzorce. Ukážeme si více postupů.

### 1.5.1 Křížové pravidlo

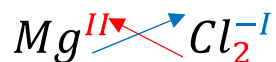
Nejjednodušší způsob určení názvu sloučeniny s minimem použití matematiky. Jak máme napsaný vzorec, tak si *křížem* přepíšeme indexy, tj. levý dolní index napíšeme jako pravý horní index, ale se znaménkem minus a pravý dolní index napíšeme jako levý horní se stejným znaménkem. Takto zjistíme oxidační čísla, tím pádem koncovku přídatného jména a už snadno utvoříme název.

a) Určete název sloučeniny  $MgCl_2$ .

Máme sloučeninu



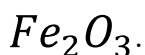
Nyní si křížem přepíšeme indexy podle postupu uvedeného výše. Dolní index *hořčíku* napíšeme jako horní index *chloru* a změníme znaménko a dolní index chloru napíšeme jako horní index hořčíku.



Z tabulky (Tab. 2) zjistíme koncovku pro oxidační číslo *II*, ta je *-natý*. Název utvoříme podle postupu na začátku kapitoly. Název sloučeniny je **chlorid hořečnatý**.

b) Určete název sloučeniny  $Fe_2O_3$ .

Máme sloučeninu



Nyní si křížem přepíšeme indexy podle postupu uvedeného výše. Dolní index *železa* napíšeme jako horní index *kyslíku* a změníme znaménko a dolní index kyslíku napíšeme jako horní index železa.

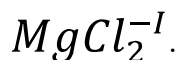


Z tabulky (Tab. 2) zjistíme koncovku pro oxidační číslo *III*, ta je *-itý*. Název utvoříme podle postupu na začátku kapitoly. Název sloučeniny je **oxid železitý**.

### 1.5.2 Úvahou

a) Určete název sloučeniny  $MgCl_2$ .

Měli bychom vědět, že *chlor* se v binárních sloučeninách objevuje jako *chlorid*, ten spadá pod *halogenidy* a ty mají oxidační číslo  $-I$ . Nyní si napíšeme znovu vzorec, ale i s oxidačním číslem chloru

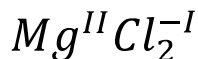


Vidíme, že chlor má 2 záporné postavy

$$2 \cdot 1 = 2,$$

minus bylo z výpočtu vynecháno, máme ho jen pro představu, že se jedná o zápornou postavu. Zatímco hořčík má jen jednoho hrdinu. Kolikrát se musí počet hrdinů zvětšit, aby byl boj spravedlivý? Hned vidíme, že počet hrdinů se musí zdvojnásobit

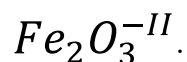
$$2 : 1 = 2.$$



Oxidační číslo hořčíku bude *II*, koncovka bude *-natý*. Název sloučeniny bude **chlorid hořečnatý**.

b) Určete název sloučeniny  $Fe_2O_3$ .

Měli bychom vědět, že nejčastějšími binárními sloučeninami *kyslíku* jsou *oxidy*, pro které je charakteristické oxidační číslo  $-II$ . Nyní si napíšeme znovu vzorec, ale i s oxidačním číslem kyslíku

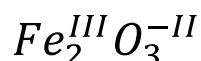


Vidíme, že kyslík má 6 záporných postav

$$3 \cdot 2 = 6,$$

minus bylo z výpočtu vynecháno, máme ho jen pro představu, že se jedná o zápornou postavu. Zatímco železo má jen 2 hrdiny. Kolikrát se musí počet hrdinů zvětšit, aby byl boj spravedlivý? Hned vidíme, že počet hrdinů se musí ztrojnásobit

$$6 : 2 = 3.$$



Oxidační číslo železa bude *III*, koncovka bude *-itý*. Název sloučeniny bude **oxid železitý**.

### 1.5.3 Matematicky

a) Určete název sloučeniny  $MgCl_2$ .

Máme sloučeninu  $MgCl_2$ . *Chlor* má oxidační číslo  $-I$ , odvozeno od *chloridu*. Nyní můžeme napsat



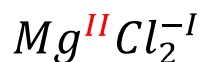
Víme, že součet oxidačních čísel atomů v elektronegativní sloučenině je roven 0, můžeme vytvořit lineární rovnici o jedné neznámé.

$$2 \cdot (-1) + x = 0$$

Tuto rovnici pomocí ekvivalentních úprav vyřešíme.

$$x = 2$$

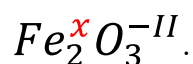
Získali jsme  $x = 2$ , což odpovídá oxidačnímu číslu hořčíku.



Z tabulky (Tab. 2) zjistíme koncovku pro oxidační číslo *II*, což je *-natý*. Název sloučeniny je **chlorid hořečnatý**.

b) Určete název sloučeniny  $Fe_2O_3$ .

Máme sloučeninu  $Fe_2O_3$ . *Kyslík* má zde oxidační číslo  $-II$ . Nyní můžeme napsat



Víme, že součet oxidačních čísel atomů v elektronegativní sloučenině je roven 0, vytvoříme lineární rovnici o jedné neznámé



$$3 \cdot (-2) + 2x = 0.$$

Tuto rovnici pomocí ekvivalentních úprav vyřešíme.

$$x = 3$$

Získali jsme  $x = 3$ , což odpovídá oxidačnímu číslu železa



Z tabulky (Tab. 2) zjistíme koncovku pro oxidační číslo *III*, což je *-itý*. Název sloučeniny je *oxid železitý*.

## 1.6 Z názvu vzorec

Nyní se budeme zabývat tím, jak z názvu sloučeniny vytvořit její vzorec.

### 1.6.1 Křížové pravidlo

a) *Určete vzorec sloučeniny chlorid vápenatý.*

Napišeme si značky prvků podle výše uvedených pravidel, nejprve kationt a pak aniont a dále k prvkům přepíšeme jejich oxidační čísla, *vápenatý (II)*, *chlorid (-I)*



Poté oxidační číslo kationtu napíšeme jako dolní index aniontu a oxidační číslo aniontu jako dolní index kationtu, ale bez znaménka minus. Jednička se neuvádí.

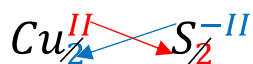


b) *Určete vzorec sloučeniny sulfid měďnatý.*

Nejprve napíšeme značky prvků v daném pořadí, přepíšeme jejich oxidační čísla. U *mědi* bude *II* a u *síry*, jako u kyslíku, *-II*, jelikož se jedná o *sulfid*.



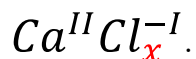
Opět provedeme křížové pravidlo. Jelikož jsou oba indexy čísla soudělná, tak je zkrátíme a vyjde nám vzorec sloučeniny sulfid měďnatý.



### 1.6.2 Matematicky

a) Určete vzorec sloučeniny chlorid vápenatý.

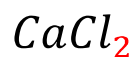
Vidíme, že koncovka u sloučeniny je *-natý*, získáme oxidační číslo *II* u *vápníku*. *Chlorid* patří do skupiny *halogenidů*, které mají oxidační číslo *-I*. Značku aniontu napíšeme doprava a značku kationtu doleva, dostaneme



Opět potřebujeme neutrální náboj sloučeniny. Vytvoříme a spočítáme rovnici.

$$2 + (-1)x = 0$$

$$2 = x$$



b) Určete vzorec sloučeniny sulfid měďnatý.

Koncovka u sloučeniny je *-natý*, získáme oxidační číslo *II* u *mědi*. *Sulfid (síra)* je ve skupině spolu s kyslíkem, oxidační číslo *-II*. Značku aniontu napíšeme doprava a značku kationtu doleva, dostaneme



V tomto případě vidíme, že výsledný náboj je elektronegativní. Výsledný vzorec bude



## 2 Názvosloví nebinárních sloučenin anorganické chemie

*Nebinárními sloučeninami* máme na mysli chemické sloučeniny tvořeny alespoň třemi různými prvky. Pravidla názvosloví budou pro každou skupinu upřesněna v následujících kapitolách.

### 2.1 Sudá a lichá čísla

V následující kapitole se nám bude hodit znát početní operace se *sudými* a *lichými* čísly.

#### 2.1.1 Sudá čísla

*Sudá čísla (S)* jsou celá čísla, která jsou dělitelná 2 beze zbytku. Můžeme je zapsat ve tvaru

$$2k, k \in \mathbb{Z}.$$

#### 2.1.2 Lichá čísla

*Lichá čísla (L)* jsou celá čísla, která nám po dělení 2 dají zbytek 1. Lze je zapsat ve tvaru

$$2k + 1, k \in \mathbb{Z}.$$

#### 2.1.3 Početní operace

$$S + S = S (2 + 4 = 6)$$

$$S \cdot S = S (2 \cdot 4 = 8)$$

$$S + L = L (2 + 3 = 5)$$

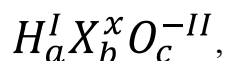
$$S \cdot L = S (2 \cdot 1 = 2)$$

$$L + L = S (1 + 3 = 4)$$

$$L \cdot L = L (1 \cdot 3 = 3)$$

## 2.2 Kyslíkaté kyseliny

*Kyslíkaté kyseliny* jsou kyseliny skládající se z atomů *vodíku*, *kyslíku* a *atomu jiného prvku*. Jsou to tedy terciární sloučeniny. Obecný vzorec kyslíkatých kyselin vypadá takto



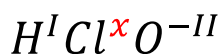
kde má *vodík* oxidační číslo  $I$ , *kyslík*  $-II$ , takže nás bude zajímat oxidační číslo *centrálního atomu* a také dolní indexy znázorňující počet atomů prvků v dané sloučenině. Název kyseliny je tvořen podstatným jménem *kyselina* a přídavným jménem podle *centrálního atomu* s příslušnou koncovkou podle oxidačního čísla, viz následující příklady.

### 2.2.1 Ze vzorce název

Obecně postupujeme tak, že si nejprve pomocí dolních indexů a známých oxidačních čísel dopočítáme oxidační číslo centrálního atomu. Podle tabulky (Tab. 2) zjistíme koncovku pro dané oxidační číslo, poté utvoříme název podle pravidla uvedeného v úvodu. Na následujících třech příkladech bude ukázáno, jak se tvoří název kyseliny ze vzorce. Příklady jsou seřazeny podle obtížnosti.

a) Utvořte název kyslíkaté kyseliny ze vzorce  $HClO$ .

Vidíme, že v dané sloučenině nejsou napsány žádné dolní indexy. Z předchozí kapitoly už víme, že nenapsaný dolní index značí číslo 1. Do vzorce si dopíšeme oxidační čísla vodíku a kyslíku. Jelikož neznáme oxidační číslo *chloru*, tak to pro nás bude neznámá  $x$ .



Už také víme, že součet oxidačních čísel v elektronegativní sloučenině je roven 0. Z tohoto poznatku můžeme snadno vytvořit lineární rovnici o jedné neznámé a zjistit oxidační číslo chloru. Rovnice bude vypadat takto

$$1 + x - 2 = 0.$$

Pomocí ekvivalentních úprav upravíme rovnici a vyřešíme.

$$1 + x - 2 = 0$$

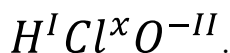
$$x = 1$$

Zjistili jsme, že chlor má oxidační číslo  $I$ , jemuž odpovídá koncovka *-ná*. Teď už jen utvoříme název kyseliny podle pravidla výše uvedeného. Název bude *kyselina chlorná*.

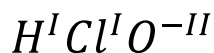


kyselina chlorná

Ti, kteří už podobné úlohy museli řešit, už to takhle nerozepisují. Buď už píšou rovnou z hlavy název, nebo si řeknou, že mají



Jaké bude oxidační číslo *chloru*? Musí vyjít součet oxidačních čísel 0, tj. součet kladných oxidačních čísel se musí rovnat součtu záporných. Jedna a kolik nám chybí do dvou? Jedna. Oxidační číslo chloru bude  $I$ .



Tím je vše vyřešeno bez delších výpočtů.

b) Utvořte název kyslíkaté kyseliny ze vzorce  $HNO_2$ .

V této sloučenině už máme napsán jeden dolní index, a tak se nám výpočet trochu zkomplikuje. Do vzorce si dopíšeme oxidační čísla.



Neznáme oxidační číslo *dusíku*, ale snadno ho zjistíme z rovnice.

$$1 + x - 2 \cdot 2 = 0$$

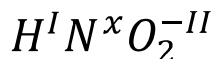
$$x = 3$$

Zjistili jsme, že námi hledané oxidační číslo dusíku je *III*, které má koncovku *-itá*. Název naší kyseliny bude *kyselina dusitá*.



kyselina **dusitá**

Opět vše můžeme vyřešit z paměti. Napíšeme si vzorec s oxidačními čísly.

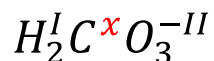


Jaké bude oxidační číslo *dusíku*? Opět máme elektronegativní sloučeninu, součet oxidačních čísel se musí rovnat 0. Dvakrát dva jsou čtyři. Jedna a kolik jsou čtyři? Tři. Oxidační číslo dusíku bude *III*.



c) Utvořte název kyslíkaté kyseliny ze vzorce  $H_2CO_3$ .

Opět si dopíšeme do vzorce oxidační čísla.



Vytvoříme a vypočítáme lineární rovnici, abychom zjistili oxidační číslo *uhlíku*.

$$2 \cdot 1 + x - 2 \cdot 3 = 0$$

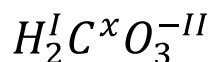
$$x = 4$$

Uhlík v této kyselině má oxidační číslo *IV* s koncovkou *-ičitá*. Hledaná kyselina se jmenuje *kyselina uhličítá*.

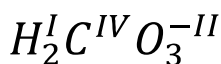


kyselina **uhličítá**

Opět si ukážeme řešení z paměti. Napíšeme vzorec s oxidačními čísly.



U záporného oxidačního čísla máme třikrát dva, což je šest. U kladných máme dvakrát jedna jsou dva. Dva a kolik je šest? Čtyři.



### 2.2.2 Z názvu vzorec

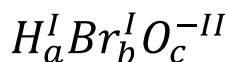
Při řešení příkladů tohoto typu si jako první vypíšeme prvky, které daná sloučenina obsahuje. Prvky zapíšeme v pořadí, jak je uvedeno v obecném vzorci. Poté napíšeme k prvkům jejich oxidační čísla. U centrálního atomu bude oxidační číslo podle koncovky přídatného jména v názvu sloučeniny. Ze známých údajů dopočítáme hodnoty dolních indexů a napíšeme vzorec pro danou sloučeninu. Postup řešení si opět ukážeme na třech příkladech.

#### a) Utvořte vzorec kyseliny bromné

Nejprve si vypíšeme, jaké prvky se v této sloučenině nacházejí. Jelikož se jedná o kyslíkatou kyselinu, tak určitě bude obsahovat *vodík* a *kyslík*. Z názvu poznáme, že centrálním atomem je zde *brom*. Podle obecného vzorce vypíšeme prvky v daném pořadí.



Nyní k prvkům doplníme oxidační čísla a dolní indexy budou neznámé. Máme zde přídatné jméno *bromná*, koncovka tedy je *-ná* a té odpovídá oxidační číslo *I*.



Součet oxidačních čísel v elektronegativní sloučenině je roven 0, sestavíme rovnici.

$$1 \cdot a + 1 \cdot b - 2 \cdot c = 0$$

Z rovnice si vyjádříme  $c$ .

$$c = \frac{a + b}{2}$$

Budeme hledat nejnižší hodnoty koeficientů. Vidíme, že budeme dělit 2, proto součet v čitateli musí být sudý. Jelikož stále hledáme nejnižší nenulové koeficienty, tak nejmenší číslo dělitelné 2 je právě 2. Sčítáme dvě čísla, takže máme jen jedno řešení.

$$a + b = 2$$

$$\mathbf{a = 1, b = 1}$$

Dosadíme a dopočítáme  $c$ .

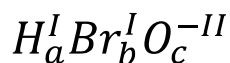
$$\mathbf{c = 1}$$

Z dřívějšíka víme, že 1 se jako dolní index nepíše.



Hledaný vzorec je ***HBrO***.

Ukážeme si řešení z paměti. Z názvu si napíšeme vzorec s danými oxidačními čísly.



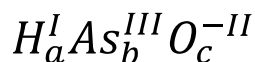
Zkontrolujeme, jestli součet oxidačních čísel není roven 0. V tomto případě roven 0 je, a tak nemusíme upravovat dolní indexy u prvků. Vzorec je hotový.

b) *Utvořte vzorec kyseliny arsenité*

Centrálním atomem je zde *arsen*. Vypíšeme si prvky v pořadí, jak budou ve vzorci.



Přídavné jméno arsenitá má zakončení *-itá*, tedy oxidační číslo *III*. Doplníme opět všechny oxidační čísla a napíšeme neznámé.



Vytvoříme vztah pro daná oxidační čísla.

$$1 \cdot a + 3 \cdot b - 2 \cdot c = 0$$

Z rovnice vyjádříme  $c$ .

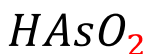
$$c = \frac{a + 3b}{2}$$

Budeme hledat nejnižší hodnoty koeficientů. Budeme zde dělit 2, proto číselník musí být sudý. Chceme nejnižší koeficienty, tak opět zkusíme 1. V číselníku bude

$$L + L \cdot L = L + L = S,$$

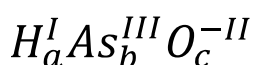
podmínka je splněna. Získali jsme hodnoty dolních indexů

$$a = 1, b = 1, c = 2.$$



Vzorec pro kyselinu arsenitou je  $HAsO_2$ .

Nyní si ukážeme řešení z paměti. Napíšeme si vzorec s oxidačními čísly.



Sečteme kladná oxidační čísla, vyjde nám čtyři. Čtyřku vydělíme 2, získáme 2 a ta odpovídá dolnímu indexu kyslíku. Můžeme provést kontrolu.

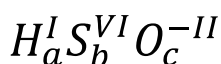
$$1 + 3 + 2 \cdot (-2) = 0$$

c) Utvořte vzorec kyseliny sírové

Centrální atom je *síra*. Zapišeme prvky v daném pořadí.



Kyselina sírová má zakončení *-ová*, kterému odpovídá oxidační číslo *VI*. Opět zapišeme do vzorce oxidační čísla a neznámé.



Kladná oxidační čísla položíme rovna záporným.

$$1 \cdot a + 6 \cdot b = 2 \cdot c$$

Z rovnice si vyjádříme *c*.

$$c = \frac{a + 6b}{2}$$

Budeme hledat nejnižší hodnoty koeficientů. Budeme zde dělit 2, proto číselník musí být sudý. Jelikož jeden ze sčítanců je složený ze součinu se sudým číslem, takový součin bude vždy sudý. Index *b* může být sudé nebo liché číslo, ale index *a* pouze sudé. Opět zkusme první nejnižší hodnoty sudých, resp. lichých čísel. U indexu *b* použijeme 1, jelikož je menší než 2.



$$a = 2, b = 1$$

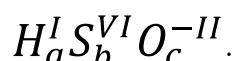
Dosadíme a dopočítáme  $c$ .

$$c = 4$$



Vzorec kyseliny sírové je  $H_2SO_4$ .

Opět si ukážeme řešení z paměti. Napíšeme si vzorec s oxidačními čísly



Pokud sečteme kladná oxidační čísla, tak dostaneme 7, což je liché číslo a my potřebujeme sudé vzhledem k oxidačnímu číslu kyslíku. Proto vezmeme vodík dvakrát, poté budeme mít součet kladných 8. 8 děleno 2 jsou 4. Dolní index kyslíku bude 4. Můžeme provést kontrolu

$$2 \cdot 1 + 6 + 4 \cdot (-2) = 0.$$

### 2.2.3 Pomocí diofantických rovnic

Lineární *diofantickou rovnicí* o dvou neznámých  $x, y$  rozumíme rovnici

$$ax + by = c,$$

$a \neq 0, b \neq 0$ , kde  $a, b, c \in Z$  jsou neznámé (Tlustý, 2006, s. 64).

Diofantická rovnice tvaru  $ax + by = c$  má řešení právě tehdy, když největší společný dělitel čísel  $a, b$  dělí  $c$ , tj.  $D(a, b) | c$ . Pokud má tato rovnice řešení  $x_0, y_0$ , kde  $x_0, y_0 \in Z$ , potom má tato rovnice nekonečně mnoho řešení  $x, y$ , která jsou tvaru

$$x = x_0 + bt, y = y_0 - at,$$

kde  $t \in Z$  (Tlustý, 2006).

Při řešení diofantických rovnic budeme postupovat podle postupu z knihy *Obecná algebra pro učitele*. Vše si ukážeme na jednoduchém příkladu, poté přejdeme na řešení rovnic vedoucích ke vzorci kyslíkatých kyselin.

a) Najděte všechna řešení rovnice  $2x + 3y = 5$ .

Ze zadané rovnice snadno zjistíme koeficienty  $a, b$ .

$$ax + by = c$$

$$2x + 3y = 5$$

$$a = 2, b = 3$$

Nyní nalezneme největšího společného dělitele těchto koeficientů. Práce s hledáním bude lehčí, jelikož čísla 2 a 3 jsou prvočísla, a tak největším společným dělitelem těchto čísel je číslo 1.

$$D(a, b) = D(2, 3) = 1$$

Ověříme podmínku, zda největší společný dělitel koeficientů  $a, b$  dělí  $c$ .

$$D(a, b) | c = 1 | 5$$

Vidíme, že podmínka je splněna.

Rovnici vydělíme  $D(a, b)$ .

$$\begin{aligned} ax + by &= c \quad /: D(a, b) \\ \frac{a}{D(a, b)}x + \frac{b}{D(a, b)}y &= \frac{c}{D(a, b)} \\ 2x + 3y &= 5 \quad /: 1 \\ 2x + 3y &= 5 \end{aligned}$$

V rovnici číslo  $c$  nahradíme 1.

$$2x + 3y = 1$$

Budeme hledat čísla  $x', y'$ , která náležejí celým číslům a jsou řešením této rovnice.

$$\begin{aligned} \frac{a}{D(a, b)}x' + \frac{b}{D(a, b)}y' &= 1 \\ 2x' + 3y' &= 1 \\ x' = -1, y' &= 1 \end{aligned}$$

Dosadíme a ověříme.

$$\begin{aligned} 2 \cdot (-1) + 3 \cdot 1 &= 1 \\ 1 &= 1 \end{aligned}$$

Nyní vynásobíme rovnici číslem  $c$  a dosadíme známé hodnoty, poté ověříme.

$$\begin{aligned} \frac{ax'}{D(a, b)}c + \frac{by'}{D(a, b)}c &= c \\ 2 \cdot (-1) \cdot 5 + 3 \cdot 1 \cdot 5 &= 5 \\ 5 &= 5 \end{aligned}$$

Řešením rovnice jsou čísla  $x_0, y_0$ , která jsou ve tvaru

$$x_0 = x' \frac{c}{D(a, b)}, y_0 = y' \frac{c}{D(a, b)}$$

a po dosazení získáme

$$x_0 = -5, y_0 = 5.$$

Jelikož má tato rovnice řešení  $x_0, y_0$ , tak z definice víme, že má rovnice nekonečně mnoho řešení tvaru

$$x = x_0 + bt, y = y_0 - at.$$

Opět dosadíme a získáme nekonečně mnoho řešení s parametrem  $t, t \in Z$

$$x = -5 + 3t, y = 5 - 2t.$$

Řešení rovnice ověříme zkouškou.

$$2x + 3y = 5$$

$$2 \cdot (-5 + 3t) + 3 \cdot (5 - 2t) = 5$$

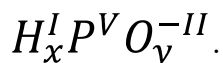
$$L = -10 + 6t + 15 - 6t = 5$$

$$P = 5$$

$$L = P$$

b) Utvořte vzorec kyseliny fosforečné. Při řešení využijte diofantických rovnic.

Opět postupujeme podle daných pravidel. Přídavné jméno má zakončení *-ečná*, jemuž odpovídá oxidační číslo *V*. Máme za sebou pár příkladů, z nichž jsme mohli vydedukovat, že u centrálního atomu není potřeba hledat dolní index (v naprosté většině je to *I*), protože je zde vysoké oxidační číslo. Náš vzorec bude vycházet z



Je nám též známo, že v elektronegativní sloučenině se musí součty kladných a záporných oxidačních čísel sobě rovnat. Provedme to na naší kyselině.

$$1x + 5 = 2y$$

Tuto rovnici si napíšeme ve tvaru diofantické rovnice

$$x - 2y = -5$$

a aplikujeme postup ze vzorového příkladu.

Zjistíme koeficienty  $a, b$ .

$$ax + by = c$$

$$1x - 2y = -5$$

$$a = 1, b = -2$$

Nalezneme největšího společného dělitele koeficientů.

$$D(a, b) = D(1, -2) = 1$$

Ověříme podmínku s největším společným dělitelem.

$$D(a, b) | c = 1 | -5$$

Podmínka splněna.

Rovnici vydělíme  $D(a, b)$

$$\begin{aligned} ax + by &= c \quad /:D(a, b) \\ \frac{a}{D(a, b)}x + \frac{b}{D(a, b)}y &= \frac{c}{D(a, b)} \\ x - 2y &= -5 \end{aligned}$$

V rovnici číslo  $c$  nahradíme 1

$$x - 2y = 1$$

a hledáme čísla  $x'$ ,  $y'$ , která náleží celým číslům a jsou řešením této rovnice.

$$\begin{aligned} \frac{a}{D(a, b)}x' + \frac{b}{D(a, b)}y' &= 1 \\ x' - 2y' &= 1 \\ \mathbf{x' = -1, y' = -1} \end{aligned}$$

Dosadíme a ověříme.

$$\begin{aligned} -1 - 2 \cdot (-1) &= 1 \\ 1 &= 1 \end{aligned}$$

Nyní vynásobíme rovnici číslem  $c$  a dosadíme známé hodnoty, poté ověříme

$$\begin{aligned} \frac{ax'}{D(a, b)}c + \frac{by'}{D(a, b)}c &= c \\ -1 \cdot (-5) - 2 \cdot (-1) \cdot (-5) &= -5 \\ -5 &= -5. \end{aligned}$$

Řešením rovnice jsou čísla  $x_0, y_0$  ve tvaru

$$x_0 = x' \frac{c}{D(a, b)}, y_0 = y' \frac{c}{D(a, b)}$$

a po dosazení získáme

$$\mathbf{x_0 = 5, y_0 = 5.}$$

Našli jsme řešení rovnice  $x_0, y_0$ , takže rovnice bude mít nekonečně mnoho řešení tvaru

$$x = x_0 + bt, y = y_0 - at.$$

Dosadíme a získáme nekonečně mnoho řešení s parametrem  $t$ ,  $t \in Z$

$$x = 5 - 2t, y = 5 - t.$$

Řešení rovnice ověříme zkouškou

$$\begin{aligned}
 x - 2y &= -5 \\
 5 - 2t - 2 \cdot (5 - t) &= -5 \\
 L = 5 - 2t - 10 + 2t &= -5 \\
 P &= -5 \\
 L &= P.
 \end{aligned}$$

Známe obecné řešení, ale hledáme konkrétní řešení. Hledáme takové řešení, při kterém budou dolní indexy co nejmenší, ale zároveň musí být větší nebo rovno 1.

$$x = 5 - 2t, y = 5 - t$$

Číslo  $t$  bude v intervalu  $\langle 0; 2 \rangle$ . Vypočítáme si všechny možnosti a vybereme tu s nejnižšími indexy, pro  $t = 0$  máme

$$x = 5, y = 5,$$

pro  $t = 1$

$$x = 3, y = 4$$

a pro  $t = 2$

$$x = 1, y = 3.$$

Pro  $t = 2$  jsou hodnoty dolních indexů nejmenší, byly by tedy řešením našeho příkladu. Jenže kyselina fosforečná je trojsytná kyselina, tj. obsahuje tři  $-OH$  skupiny, proto musíme vybrat takové řešení, ve kterém budeme mít 3 vodíky. Takovému řešení odpovídá  $t = 1$ .



Vzorec kyseliny fosforečné je  $H_3PO_4$ .

## 2.3 Soli kyslíkatých kyselin

Jedná se o sloučeniny kyslíkatých kyselin, ve kterých byly *nahrazeny všechny atomy vodíku atomy kovu*. Název těchto sloučenin tvoří podstatné jméno, které je odvozeno od názvu příslušné kyseliny s koncovkou *-an*, např. kyselině sírové odpovídá podstatné jméno *síran*. Přídavné jméno v názvu tvoří kovový kationt s příslušnou koncovkou podle oxidačního čísla.

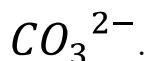
### 2.3.1 Ze vzorce název

Ze zadaného vzorce musíme nejdříve vyčíst, z jaké kyseliny daná sůl vznikla. Poté zjistíme, kolik vodíků bylo odejmuto. Takto zjistíme *náboj aniontové zbytku*, který nám

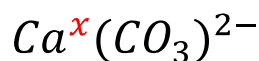
pomůže k dopočítání oxidačního čísla u *kationtu*, což povede k určení názvu sloučeniny. Ukážeme si na třech příkladech seřazených podle obtížnosti.

a) *Určete název sloučeniny  $\text{CaCO}_3$ .*

Vidíme zde skupinu  $\text{CO}_3$ . Mělo by nás napadnout, že vycházíme z kyseliny uhličitě  $\text{H}_2\text{CO}_3$ . V této kyselině jsou 2 vodíky, které byly následně odejmuty, získáme



Nyní si ve vzorci vyznačíme náboj *uhličitanu* a k *vápníku* si napíšeme neznámou jako oxidační číslo.



Jedná se o elektronegativní sloučeninu, sestavíme rovnici a vypočítáme  $x$ .

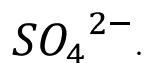
$$x + (-2) = 0$$

$$x = 2$$

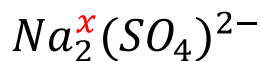
Oxidační číslo vápníku bude *II*, jemuž odpovídá koncovka *-natý*. Název sloučeniny je ***uhličitan vápenatý***.

b) *Určete název sloučeniny  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ .*

Je zde skupina  $\text{SO}_4$ . Vycházíme z kyseliny sírové  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . V této kyselině jsou 2 vodíky, které byly následně odejmuty, získáme



Nyní si ve vzorci vyznačíme náboj *síranu* a k *sodíku* napíšeme neznámou jako oxidační číslo.



Jedná se o elektronegativní sloučeninu, sestavíme rovnici a vypočítáme  $x$ .

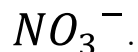
$$2x + (-2) = 0$$

$$x = 1$$

Oxidační číslo sodíku bude *I*, jemuž odpovídá koncovka *-ný*. Název sloučeniny je ***síran sodný***.

c) Určete název sloučeniny  $Cu(NO_3)_2$ .

Je zde skupina  $NO_3$ . Vycházíme z kyseliny dusičné  $HNO_3$ . V této kyselině je jeden vodík, které byl následně odejmut, získáme



Nyní si ve vzorci vyznačíme náboj *dusičnanu* a k *mědi* napíšeme neznámou jako oxidační číslo.



Jedná se o elektronegativní sloučeninu, sestavíme rovnici a vypočítáme  $x$ .

$$x + 2 \cdot (-1) = 0$$

$$x = 2$$

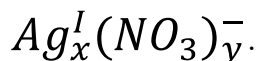
Oxidační číslo mědi bude *II*, jemuž odpovídá koncovka *-natý*. Název sloučeniny je *dusičnan měďnatý*.

### 2.3.2 Z názvu vzorec

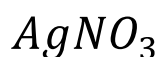
Nejprve se podíváme, od jaké kyseliny je podstatné jméno v názvu odvozeno, tím zjistíme i počet odejmutých vodíků, a tak získáme náboj soli. Z koncovky přídatného jména zjistíme oxidační číslo daného prvku. Pak už postupujeme stejně jako u názvosloví binárních sloučenin. Můžeme použít i křížové pravidlo.

a) Utvořte vzorec sloučeniny *dusičnan stříbrný*.

Název *dusičnan* je odvozen od kyseliny dusičné  $HNO_3$ , tudíž budeme odebrat jeden vodík, tím získáme záporný náboj. Přídatné jméno *stříbrný* má koncovku *-ný*, tj. oxidační číslo *I*. Sestavíme prozatímní vzorec



Jedná se o elektronegativní sloučeninu, takže součet oxidačních čísel musí být roven 0. To je zde splněno.

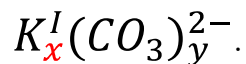


Vzorec *dusičnanu stříbrného* je  $AgNO_3$ .

b) Utvořte vzorec sloučeniny uhličitan draselný.

Název *uhličitan* je odvozen od kyseliny uhličitě  $H_2CO_3$ , budeme odebírat dva vodíky, tím získáme záporný náboj. Přídavné jméno draselný má koncovku *-ný*, tj. oxidační číslo *I*.

Sestavíme prozatímní vzorec



Jedná se o elektronegativní sloučeninu, součet oxidačních čísel musí být roven 0.

$$x + (-2)y = 0$$

Jelikož pořád chceme co nejnižší koeficienty a zároveň celá kladná čísla.

$$x = 2, y = 1$$

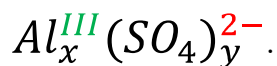


Vzorec uhličitanu draselného je  $K_2CO_3$ .

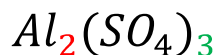
c) Utvořte vzorec sloučeniny síran hlinitý.

Název *síran* je odvozen od kyseliny sírové  $H_2SO_4$ , budeme odebírat dva vodíky, tím získáme záporný náboj. Přídavné jméno hlinitý má koncovku *-itý*, tj. oxidační číslo *III*.

Sestavíme prozatímní vzorec



V tomto případě se vyplatí použít křížové pravidlo.



Vzorec síranu hlinitého je  $Al_2O_3$ .



## 3 Výpočty ze vzorce

### 3.1 Veličiny

Při výpočtech bude potřeba znát následující veličiny. Jejich definice vycházejí ze skript *Cvičení z anorganické a analytické chemie*.

#### 3.1.1 Relativní hmotnost

*Relativní atomová hmotnost* je číslo, které nalezneme v periodické tabulce (Příloha 1).

Udává podíl hmotnosti prvku ku 1/12 hmotnosti atomu uhlíku  $^{12}\text{C}$ . Značí se  $A_r$ .

*Relativní molekulová hmotnost* je součet relativních hmotností všech atomů obsažených ve sloučenině. Značí se  $M_r$ .

#### 3.1.2 Látkové množství

Množství dvou či více látek lze porovnávat na základě *látkového množství*. Látkové množství se značí  $n$ . Základní jednotkou je *mol*, značí se *mol*. Je to podíl hmotnosti látky ( $m$ ) ku její molární hmotnosti ( $M$ ).

$$n = \frac{m}{M}$$

#### 3.1.3 Molární hmotnost

*Molární hmotnost* je podíl látkového množství ku hmotnosti látky. Jednotkou je *kg/mol*, případně *g/mol*.

$$M = \frac{m}{n}$$

#### 3.1.4 Koncentrace

*Koncentrace* je podíl látkového množství ku objemu. Jednotkou je *mol/dm<sup>3</sup>*, někdy označováno  $M$ , např.  $1 \text{ mol/dm}^3 = 1M = \text{jednomolární}$ .

$$c = \frac{n}{V}$$

#### 3.1.5 Hmotnostní zlomek, hmotnostní procenta

*Hmotnostní zlomek* je podíl hmotnosti hledané látky  $A$  ku celkové hmotnosti směsi  $A+B+\dots+Z$ .

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

*Hmotnostní procenta* je hmotnostní zlomek vynásobený 100.

$$\text{hmot. \% } A = \frac{m(A)}{m(A) + m(B) + \dots + m(Z)} \cdot 100$$

### 3.1.6 Hustota

*Hustota* je podíl hmotnosti ku objemu. Jednotkou je  $kg/m^3$ , případně  $g/cm^3$ .

$$\rho = \frac{m}{V}$$

## 3.2 Zaokrouhlování

*Zaokrouhlování* nám slouží k zjednodušení čísel, pokud nám nezáleží na úplné přesnosti. Po zaokrouhlení získáme číslo s kratším zápisem, tj. zaokrouhluje na určitý řád. Využijeme toho při výpočtech objemu, vyšly by nám desetitisíciny ml, ale prakticky nám stačí setiny ml.

Pokud zaokrouhluje na daný řád, tak nás zajímá číslice na pozici, která je o řád níže. Pomezi tvoří číslice 5. Je-li číslo větší nebo rovno 5, tak zaokrouhluje nahoru, tj. zvětšíme číslici před ní o jednu. Pokud je menší než 5, číslici neměníme.

a) Číslo 1435 zaokrouhlete na desítky.

Podíváme se na číslici, která je o řád níže. V našem případě to bude pozice jednotek, na které je 5. 5 jde nahoru, takže číslici, která je o řád před ní, zvětší o jednu. Výsledek bude

$$1435 \doteq 1440.$$

b) Číslo 1435 zaokrouhlete na stovky.

Podíváme se na číslici o řád níže, pozice desítek. Máme zde 3. 3 jde dolů, takže nám řád stovek nezmění. Výsledek bude

$$1435 \doteq 1400.$$

## 3.3 Empirický vzorec

*Empirických vzorců* se využívá při stanovení neznámých vzorků. Nejprve zjistíme, které prvky jsou přítomné (*kvalitativní analýza*) a pak se zjistí jejich množství (*kvantitativní analýza*) (Křížek, 2010).

Empirický vzorec vyjadřuje nejjednodušší celistvý poměr jednotlivých atomů zastoupených ve vzorci látky. Tento vzorec vůbec nepřihlíží ke struktuře sloučenin. V případě *stechiometrických sloučenin* nazýváme empirický vzorec též *vzorcem stechiometrickým*. Sloučenina tvořená z prvků  $A, B, C$  má empirický vzorec vyjádřený obecně  $A_xB_yC_z$ , kde  $x, y, z$  jsou stechiometrické bezrozměrné koeficienty určující počet jednotlivých prvků ve sloučenině. Protože *poměr počtu atomů* a *poměr počtu molů atomů* je shodný, lze vyjádřit poměr koeficientů jako *poměr látkového množství* (molárních zlomků) jednotlivých prvků ve sloučenině (Křížek, 2010, s. 183-184).

$$x : y : z = \frac{m(A)}{M(A)} : \frac{m(B)}{M(B)} : \frac{m(C)}{M(C)} = \frac{w(A)}{M(A)} : \frac{w(B)}{M(B)} : \frac{w(C)}{M(C)} = \frac{\%A}{A_r(A)} : \frac{\%B}{A_r(B)} : \frac{\%C}{A_r(C)}$$

Je lepší používat *relativní atomové*, resp. *molekulové hmotnosti*. Jelikož se jedná o nejjednodušší poměr atomů, tak členy poměrů vydělíme nejmenším z nich a upravíme je do tvaru celých nesoudělných čísel. (Křížek, 2010)

### 3.3.1 Příklady

Následující příklady a postup vycházejí ze skript *Cvičení z anorganické a analytické chemie*.

a) *Určete empirický vzorec a název sloučeniny, která obsahuje 52,94 % Al a 47,08 % O.* Z periodické tabulky (Příloha 1) si zjistíme relativní atomové hmotnosti *hliníku* a *kyslíku*.

$$A_r(\text{Al}) = 26,98, A_r(\text{O}) = 16,00$$

Z kapitoly *Názvosloví binárních sloučenin anorganické chemie* víme, jak bude složen vzorec. Jako dolní indexy si napíšeme neznámé.



Nyní se podíváme do definice empirického vzorce a podle vztahu

$$x : y = \frac{\%A}{A_r(A)} : \frac{\%B}{A_r(B)}$$

zjistíme koeficienty  $x, y$ .

$$x : y = \frac{\%Al}{A_r(\text{Al})} : \frac{\%O}{A_r(\text{O})} = \frac{52,94}{26,98} : \frac{47,08}{16,00} = 1,961 : 2,943$$

Nyní obě čísla vydělíme menším z nich.

$$x : y = 1 : 1,5$$

Víme, že indexy jsou celá čísla, proto musíme rozšířit poměr číslem 2.

$$x : y = 2 : 3$$

Sloučeniny se nazývá *oxid hlinitý* a její vzorec je



b) Kvalitativní analýzou bylo zjištěno, že neznámý vzorek obsahuje sodík, fosfor a kyslík.

Následnou kvantitativní analýzou bylo zjištěno zastoupení daných prvků: 42,1 % Na, 18,9 % P a 39,0 % O. Určete empirický vzorec a název neznámé sloučeniny.

Z periodické tabulky (Příloha 1) si zjistíme relativní atomové hmotnosti *sodíku, fosforu* a *kyslíku*.

$$A_r(Na) = 22,99, A_r(P) = 30,97, A_r(O) = 16,00$$

Podle daných prvků a podle kapitoly *Názvosloví nebinárních sloučenin anorganické chemie* tušíme, že půjde o sůl kyslíkaté kyseliny se vzorcem



Podle definice sestavíme vztah pro známé hodnoty a vypočítáme podle postupu z minulého příkladu.

$$x : y : z = \frac{\%Na}{A_r(Na)} : \frac{\%P}{A_r(P)} : \frac{\%O}{A_r(O)} = \frac{42,1}{22,99} : \frac{18,9}{30,97} : \frac{39,0}{16,00}$$
$$x : y : z = 1,831 : 0,610 : 2,438$$
$$1,831 : 0,610 : 2,438$$

Vydělíme nejmenší číslem z poměru.

$$x : y : z = 3 : 1 : 4$$

Název sloučeniny je *fosforečnan sodný* se vzorcem



### 3.4 Přímá úměrnost

Jedná se o speciální typ lineární funkce, která je obecně zadaná

$$y = kx.$$

*Přímá úměrnost* nám říká, kolikrát se zvětší (zmenší)  $x$ , tolikrát se zvětší (zmenší)  $y$ .

Přímá úměrnost se řeší, pro chemiky velmi oblíbenou technikou, *trojčlenkou*. Pomocí úměrnosti můžeme určit, kolik procent prvku je v dané sloučenině, nebo kolik gramů nějaké molekuly obsahuje daná látka.

*Příklad: Pepa si koupil 5 autíček za 400 Kč. Kolik Kč zaplatí za 15 autíček?*

Vytvoříme vztah pro zadané hodnoty, tj. vytvoříme *trojčlenku*. Na prvním řádku bude počet autíček a známá cena a na druhém hledaný údaj. Víme, že čím více si koupíme kusů, tím více zaplatíme, proto se jedná o přímou úměrnost. Tu vyjádříme šipkami se stejným směrem.

$$\begin{array}{rcc} \uparrow & 5 \text{ autíček} & \dots\dots\dots 400 \text{ Kč} \uparrow \\ & \underline{15 \text{ autíček}} & \dots\dots\dots x \text{ Kč} \end{array}$$

Nyní vytvoříme dva zlomky, které se budou navzájem sobě rovnat. V čitateli budou údaje ze začátku šipky a jmenovatele bude tvořit špička.

$$\frac{15}{5} = \frac{x}{400}$$

Teď už snadno zjistíme  $x$ .

$$x = 1200 \text{ Kč}$$

Pepa za 15 autíček zaplatí 1200 Kč.

### 3.4.1 Příklady

a) *Určete procentické zastoupení hliníku a kyslíku ve sloučenině  $Al_2O_3$ . Relativní molekulová hmotnost sloučeniny je 101,96.*

Z periodické tabulky (Příloha 1) si zjistíme relativní atomové hmotnosti daných prvků a ty pak vynásobíme příslušným počtem atomů ve sloučenině, tím získáme relativní molekulovou hmotnost daných molekul.

$$A_r(Al) = 26,98 \rightarrow M_r(Al_2) = 2 \cdot 26,98 = 53,96$$

$$A_r(O) = 16,00 \rightarrow M_r(O_3) = 3 \cdot 16,00 = 48,00$$

Pomocí trojčlenek zjistíme, kolik procent hliníku a kyslíku je ve sloučenině. Jedná se o přímou úměrnost.

$$\begin{array}{rcc} \uparrow & M_r(Al_2O_3) 101,96 & \dots\dots\dots 100 \% \uparrow \\ & \underline{M_r(Al_2) 53,96} & \dots\dots\dots x \% \end{array}$$

$$\frac{53,96}{101,96} = \frac{x}{100}$$

$$x = 52,9 \% Al$$

$$\begin{array}{rcc} \uparrow & M_r(Al_2O_3) 101,96 & \dots\dots\dots 100 \% \uparrow \\ & \underline{M_r(O_3) 48,00} & \dots\dots\dots x \% \end{array}$$

$$\frac{48,00}{101,96} = \frac{x}{100}$$

$$x = 47,1 \% \mathbf{O}$$

Ve sloučenině  $\text{Al}_2\text{O}_3$  je 52,9 % hliníku a 47,1 % kyslíku.

b) *Kolik gramů draslíku je v 10 g sloučeniny  $\text{K}_2\text{CO}_3$ ?*

Pomocí periodické tabulky (Příloha 1) si spočítáme relativní molekulovou hmotnost sloučeniny a draslíku.

$$M_r(\text{K}_2\text{CO}_3) = 2 \cdot 39,1 + 12,01 + 3 \cdot 16,00 = 138,21$$

$$M_r(\text{K}_2) = 2 \cdot 39,1 = 78,20$$

Vytvoříme trojčlenku, pomocí které vypočítáme, kolik gramů draslíku je ve sloučenině.

$$\begin{array}{rcc} \uparrow & M_r(\text{K}_2\text{CO}_3) & 138,21 & \dots\dots\dots & 10 \text{ g} & \uparrow \\ & \underline{M_r(\text{K}_2)} & 78,20 & \dots\dots\dots & x \% & \end{array}$$

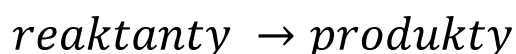
$$\frac{78,20}{138,21} = \frac{x}{10}$$

$$x = 5,66 \text{ g K}$$

V 10 g sloučeniny je 5,66 g draslíku.

## 4 Vyčíslování rovnic

*Chemické rovnice* popisují průběh chemických reakcí. V rovnicích se vyskytují *reaktanty*, tj. látky, které do reakce vstupují a *produkty*, tj. látky vystupující z reakce, viz schéma níže. Chemické rovnice nás také informují o *reakční stechiometrii*, tj. v jakém poměru atomy, molekuly, příp. ionty spolu reagují a také v jakém poměru látkových množství. Aby nám rovnice poskytla tyto informace, musí být *řádně vyčíslena*, tj. počty atomů prvků musí být na obou stranách stejné (Křížek, 2010).

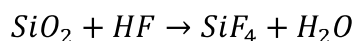


### 4.1 Bez oxidačně-redukční změny

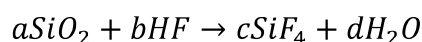
Při řešení rovnic *bez oxidačně-redukční změny* musíme ovládat názvosloví anorganické chemie. Ze zadání úlohy sestavíme rovnici podle schématu výše, na jedné straně reaktanty a na druhé produkty. Poté ke každé sloučenině napíšeme neznámou, která bude vyjadřovat její *koeficient*. Jelikož počet *iontů* daného prvku na jedné straně se musí rovnat počtu iontů na druhé, tak získáme několik rovnic, ze kterých si vyjádříme neznámé tak, aby byly všechny vyjádřené jednou neznámou. Poté danou neznámou položíme takovému celému kladnému číslu, abychom získali co nejnižší koeficienty. *Největší společný dělitel* koeficientů musí být roven 1, pokud není, tak se koeficienty vydělí společným dělitelem. Nakonec už jen koeficienty doplníme do rovnice.

#### 4.1.1 Úplné

a) *Oxid křemičitý reaguje s kyselinou fluorovodíkovou a vzniká fluorid křemičitý a voda.* Nejprve si sestavíme rovnici reakce.



Nyní musíme rovnici vyčíslit, aby byly v rovnováze počty prvků. Ke každé sloučenině napíšeme neznámou



a následně je zjistíme.

Počet  $\text{Si}^{4+}$  na levé straně musí odpovídat počtu  $\text{Si}^{4+}$  na pravé straně. Na levé straně jich máme  $a$  a na pravé  $c$ .

$$a = c$$

Postup aplikujeme na všechny ionty.

Pro  $O^{2-}$

$$2a = d,$$

pro  $H^+$

$$b = 2d$$

a pro  $F^-$

$$b = 4c.$$

Nyní si vyjádříme neznámé tak, aby byly všechny vyjádřené pomocí jedné neznámé

$$a = c,$$

$$d = 2a = 2c,$$

$$b = 2d = 2 \cdot 2c = 4c.$$

Stejně jako u názvosloví, tak i zde chceme co nejnižší koeficienty, proto bude

$$c = 1$$

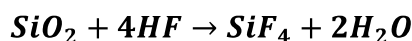
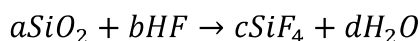
a ostatní koeficienty dopočítáme.

$$a = 1, d = 2, b = 4$$

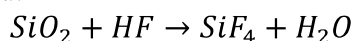
Ještě ověříme největšího společného dělitele koeficientů.

$$D(1, 4, 1, 2) = 1$$

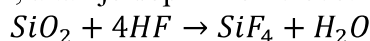
Koeficienty dosadíme a získáme vyčíslenou rovnici, 1 se nedosazuje.



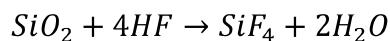
Rovnice se dá vyčíslit i úvahou.



Vidíme, že vpravo máme 4  $F^-$ , a tak je doplníme i vlevo.



Nyní máme vlevo 4  $H^+$  a vpravo jen 2, proto k levému  $H^+$  připišeme 2.



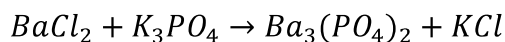
Vpravo nyní máme 2  $O^{2-}$  a vlevo také, vlevo 1  $Si^{4+}$  a vpravo také. Rovnici máme vyčíslenou. Koeficienty zkrátit nejdou, jelikož zde máme i jedničky.

Následující příklady a postupy vycházejí z knihy *Chemické výpočty a reakce*.

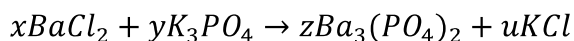
b) Chlorid barnatý reaguje s fosforečnanem tridraselným za vzniku nerozpustného fosforečnanu barnatého a chloridu draselného. Vyjádřete a vyčíslete rovnici reakce.

Nejprve si sestavíme rovnici reakce.





Nyní musíme rovnici vyčíslit, aby byly v rovnováze počty prvků. Ke každé sloučenině napíšeme neznámou



a následně je zjistíme.

Počet  $Ba^{2+}$  na levé straně musí být stejný jako počet  $Ba^{2+}$  na pravé. Na levé straně je  $a$  a na pravé  $3c$ , z toho vyplývá

$$a = 3c.$$

Takhle to provedeme pro všechny ionty.

Pro  $Cl^-$

$$2a = d,$$

pro  $K^+$

$$3b = d$$

a pro  $(PO_4)^{3-}$

$$b = 2c.$$

Nyní si vyjádříme neznámé tak, aby byly všechny vyjádřené pomocí jedné neznámé

$$a = 3c, b = 2c,$$

$$d = 2a = 2 \cdot 3c = 6c.$$

Stejně jako u názvosloví, tak i zde chceme co nejnižší koeficienty, proto bude

$$c = 1$$

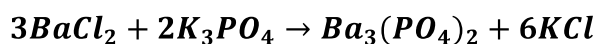
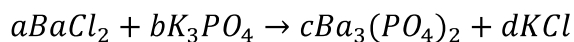
a ostatní koeficienty dopočítáme.

$$a = 3, b = 2, d = 6$$

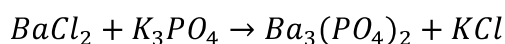
Ještě ověříme největšího společného dělitele koeficientů

$$D(3, 2, 1, 6) = 1.$$

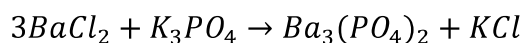
Koeficienty dosadíme a získáme vyčíslenou rovnici.



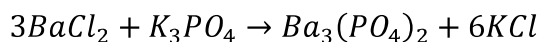
Úloha se dá vyřešit i úvahou.



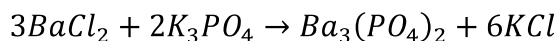
Nejprve vyrovnáme  $Ba^{2+}$ . Vpravo máme 3, proto doleva napíšeme také 3.



Vidíme, že vlevo máme vyčíslen  $Cl^-$ , je jich 6, proto vpravo napíšeme k  $Cl^-$  6.



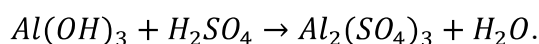
Vpravo už máme vyčíslen  $K^+$ , snadno zjistíme počet vlevo. Vpravo jich je 6 a vlevo jsou zatím 3, kolikrát musíme 3 vynásobit, abychom získali 6? 2krát.



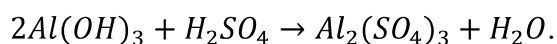
Nakonec zkontrolujeme počet  $(PO_4)^{3-}$ . Na obou stranách jsou 2. Rovnici máme vyčíslenou. Krátit nelze, jelikož jeden z koeficientů je roven 1, proto největší společný dělitel je roven 1.

c) *Hydroxid hlinitý se rozpouští v kyselině sírové za vzniku síranu hlinitého a vody.*

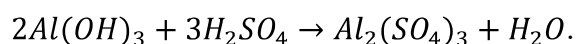
Tuto úlohu budeme řešit úvahou. Nejprve sestavíme rovnici reakce



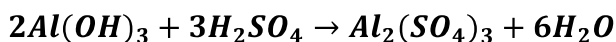
Na pravé straně máme 2  $Al^{3+}$ , k proto vlevo napíšeme před  $Al$  2. Získáme



Vpravo máme 3  $(SO_4)^{2-}$ , proto před  $H_2SO_4$  napíšeme 3 a máme



Nyní už jen vyčíslíme vodu. Vlevo máme 12  $H^+$  a vpravo zatím jen 2. Napravo napíšeme před vodu 6.



Provedeme kontrolu přes  $O^{2-}$ . Vlevo máme 18 a vpravo také 18. Rovnice je správně vyčíslena. Krátit nelze, jelikož jeden z koeficientů je roven 1, proto největší společný dělitel je roven 1.

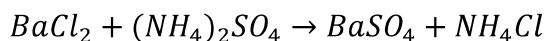
#### 4.1.2 Iontové

U tohoto typu rovnic musí být na obou stranách stejný počet nábojů iontů. Používají se pro zdůraznění vzniku málo rozpustných sloučenin ze dvou iontů (Křížek, 2010). Ze zadání si zapíšeme průběh reakce jako v předchozím případě. Poté rozepíšeme *ionty*. Rovnici můžeme zestručnit tak, že vybereme pouze ionty důležité pro výpočet. Vyrovnáváme náboje tak, aby se náboj na levé straně rovnal náboji na pravé. Nakonec, pokud to jde, koeficienty zkrátíme.

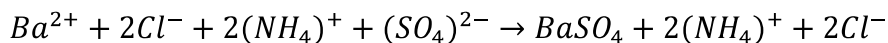
Následující příklad a postup je ze skript *Cvičení z anorganické a analytické chemie*.

a) *Vyjádrete iontovou rovnicí reakci chloridu barnatého se síranem amonným, při které vzniká málo rozpustný síran barnatý. Rovnici vyčíslete.*

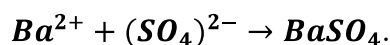
Nejprve si zapíšeme rovnici reakce jako v předchozích příkladech.



Nyní si rozepíšeme ionty.



*Síran barnatý* je zde napsán jako celá molekula, jelikož se jedná o málo rozpustnou sloučeninu. Rovnici můžeme zkrátit na tvar



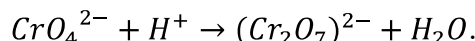
Zkontrolujeme náboje na obou stranách. Vlevo se nám náboje vyruší, jelikož

$$2 + (-2) = 0.$$

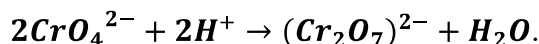
Vpravo máme elektronegativní sloučeninu, tudíž nulový náboj. Na obou stranách se nám náboje rovnají, rovnice je vyčíslena.

b) *Žluté rozpustné chromany reagují s kyselinami za vzniku oranžových dichromanů a vody (Kosina a Šrámek, 1996).*

Ze zadání sestavíme iontovou rovnici



Vidíme, že vpravo máme 2 chromy a 2 vodíky, proto je musíme mít i vlevo, dostaneme

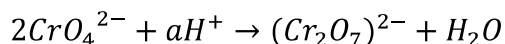


Přepočítáme náboje na obou stranách. Na levé straně máme

$$2 \cdot (-2) + 2 = -2$$

a stejný náboj máme i vpravo. Rovnice je správně vyčíslena, krátit v tomto případě nelze.

K výsledku se dá dostat i tak, že vyrovnáme chromy a poté přes náboj dopočítáme vodíky.

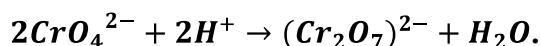


Voda je elektronegativní sloučenina, proto se nám neprojeví do výsledku.

$$2 \cdot (-2) + a = -2$$

$$a = 2$$

Výsledná iontová rovnice



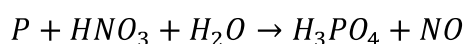
## 4.2 Oxidačně-redukční

Podmínkou tohoto typu rovnice je, že v rovnici počty přijímaných elektronů *redukovaných látek* musí být shodné s počtem předávaných elektronů *oxidovaných látek* (Křížek, 2010). Této vlastnosti budeme využívat při vyčíslování rovnic.

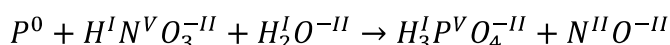
Postup vychází ze skript *Cvičení z anorganické a analytické chemie*. Ze zadání si napíšeme rovnici reakce i s oxidačními čísly. Ze změn oxidačních čísel u daných prvků, zjistíme redukující a oxidující prvky. Látka, u které se zvyšuje oxidační číslo, tj. odevzdává elektrony, se *oxiduje*. Látka, u které se snižuje, tj. přijímá elektrony, se *redukuje*. Počet předávaných elektronů oxidovaného prvku se zapíše jako *koeficient* látky obsahující redukovaný prvek tak, aby počet atomů redukovaného prvku byl stejný jako počet předávaných elektronů oxidovaného prvku. Podle stejného principu zjistíme koeficient látky obsahující oxidovaný prvek. Rozdílem oxidačních čísel daných prvků zjistíme počet předávaných elektronů. Poměry předávaných elektronů se dají krátit, resp. rozšiřovat. Po vyčíslení rovnice, zkontrolujeme, zda se nedají koeficienty zkrátit. Zkouška správnosti koeficientů se nejčastěji provádí přes sčítání kyslíků na obou stranách, na každé straně musí být stejný počet.

### 4.2.1 Úplné

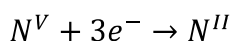
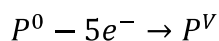
a) *Určete správný poměr reagujících sloučenin reakce (Křížek, 2010).*



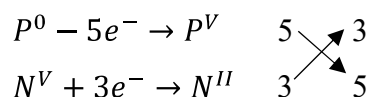
Do rovnice si dopíšeme oxidační čísla, abychom zjistili, které prvky jsou redukující, resp. oxidující.



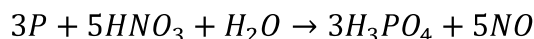
Vidíme, že *fosfor* zde zvyšuje své oxidační číslo, tj. se oxiduje a *dusík* své oxidační číslo snižuje, tj. se redukuje. Děje, při kterých prvek elektrony odevzdává, resp. přijímá, lze zapsat elektronovými rovnicemi.



Nyní se počet předávaných elektronů fosforu napíše jako koeficient u látek s dusíkem a počet předávaných elektronů dusíku jako koeficient u látek s fosforem. Pro přehlednost lze ještě napsat



a nyní už vyčíslíme.

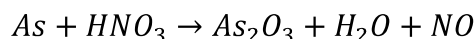


Ted' už zbývá jen vyčíslit vodu. To provedeme přes *vodíky*. Na pravé straně máme vše vyčísleno, a tak nejprve spočítáme vodíky vpravo. Je jich zde 9. Na levé jich v tuto chvíli máme 7, proto u vody napíšeme koeficient 2 a tím dostane na levé straně taky celkem 9 vodíků. Vyčíslená rovnice vypadá takto

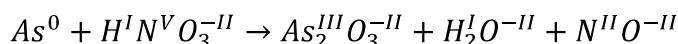


Pro kontrolu sečteme *kyslíky* na každé straně. Na obou stranách jich máme 17.

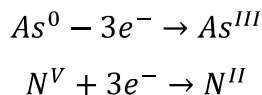
b) *Určete koeficienty dané reakce.*



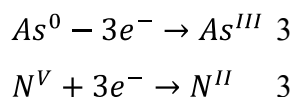
Do rovnice doplníme oxidační čísla a zjistíme redukující a oxidující prvky.



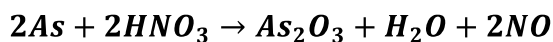
Vidíme, že *arsen* zvyšuje své oxidační číslo, tj. se oxiduje a *dusík* své oxidační číslo snižuje, tj. se redukuje. Děje předávání elektronů zapíšeme elektronovými rovnicemi.



Nejprve si napíšeme naši přehlednou tabulku



a z té zjistíme, že můžeme 3 zkrátit. Ale máme zde u jednoho arsenu dolní index 2, proto 1 hned rozšíříme 2. V rovnici dostaneme

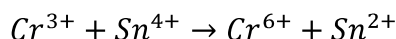


a už jen zkontrolujeme *vodíky* a *kyslíky*. Na levé i pravé straně máme 2 vodíky a kyslíků je na obou stranách 6. Máme vyčísleno.

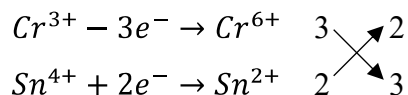
#### 4.2.2 Iontové

Při vyčíslování těchto rovnic postupujeme stejně, ale nakonec ještě musíme zkontrolovat náboj na obou stranách.

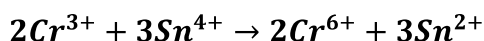
a) Vyčíslete danou iontovou rovnici.



Nemusíme doplňovat oxidační čísla, ze zadání vidíme, co se oxiduje a co redukuje. Opět použijeme elektronové rovnice a provedeme křížové pravidlo.



Napišeme koeficienty do rovnice a zkontrolujeme náboje na obou stranách.



Na levé straně máme

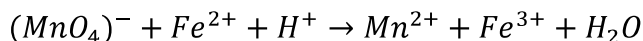
$$2 \cdot 3 + 3 \cdot 4 = 18$$

a na pravé

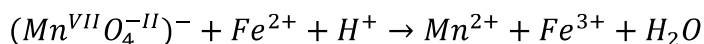
$$2 \cdot 6 + 3 \cdot 2 = 18,$$

tudíž na obou stejný a máme hotovo.

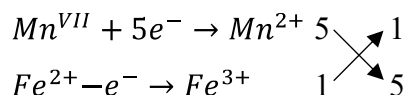
b) Vyčíslete danou iontovou rovnici.



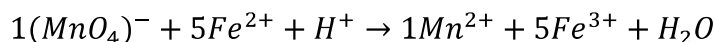
Do této rovnice budeme muset doplatit oxidační číslo *manganu*.



*Mangan* zde přijímá 5 elektronů, oxiduje se. *Železo* zde ztrácí jeden elektron, redukuje se. Sestavíme elektronové rovnice a použijeme křížové pravidlo.



Tam, kde se vyskytuje mangan, napíšeme jako koeficient 1 a kde železo, tam 5.



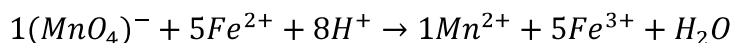
Na pravé straně už máme vyčíslen náboj, voda je elektronegativní, tak nám výpočet náboje neovlivní. Musíme ještě dorovnat náboj v rovnici. Na pravé straně máme náboj

$$2 + 5 \cdot 3 = 17$$

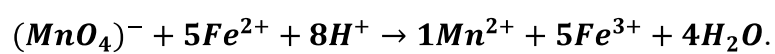
a na levé zatím

$$-1 + 5 \cdot 2 + 1 = 10.$$

Už budeme hýbat pouze s počtem *vodíků* vlevo. Bez započítání náboje vodíku máme nalevo náboj 9, což nám značí, že do 17 nám chybí 8. Takže koeficient u vodíku bude 8.



Náboje jsou na obou stranách rovnice shodné, už jen vyčíslíme počet vodíků vpravo. Před vodu napíšeme 4. Koeficient 1 v rovnici vynecháme. Konečná rovnice vypadá takto



Zkontrolujeme počet *kyslíků* na obou stranách. Hotovo.

## 5 Výpočty z rovnic

Díky chemickým rovnicím můžeme vypočítat *látková množství* reaktantů i produktů, jejich *hmotnost, objem, koncentraci* apod. Abychom mohli provádět stechiometrické výpočty, musíme mít správně vyčíslenou rovnici, viz předchozí kapitola. Poměr stechiometrických koeficientů zúčastněných složek je stejný jako poměr jejich látkového množství. Výtěžek reakce určuje látka, které je stechiometricky nejméně, tj. podle látkové množství v závislosti na stechiometrických koeficientech (Křížek, 2010).

### 5.1 Převody jednotek

*Mezinárodní soustava jednotek SI* definuje pro každou *základní* (např. délka, hmotnost) a *odvozenou veličinu* (např. objem, hustota) *hlavní jednotku, násobnou a dílčí jednotky* a *vedlejší jednotky*. Hlavní jednotkou je např. metr, kilogram, sekunda. Násobné a dílčí jednotky (Tab. 3). Vedlejší jednotky mají speciální název, např. tuna, litr (Flemlr a Holečková, 2008).

Násobek	Předpona	Značka
$10^6$	mega	M
$10^3$	kilo	k
$10^2$	hekto	h
$10^{-1}$	deci	d
$10^{-2}$	centi	c
$10^{-3}$	mili	m
$10^{-6}$	mikro	$\mu$

Tab. 3 – Násobné předpony (Flemlr a Holečková, 2008)

### 5.2 Postup

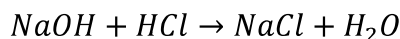
Nejprve musíme zapsat chemickou reakci a řádně ji vyčíslit, jen tak lze dosáhnout správných výsledků. Poté si pod jednotlivé sloučeniny zapíšeme známé hodnoty a zároveň hodnoty, které musíme zjistit. Je potřeba znát poměry látek v reakci, tj. jejich látková množství. Pomocí vztahů pro dané veličiny vypočítáme hledané údaje, dbáme na správné jednotky. Ukážeme si řešení pomocí vztahů mezi veličinami a pomocí trojčlenky.



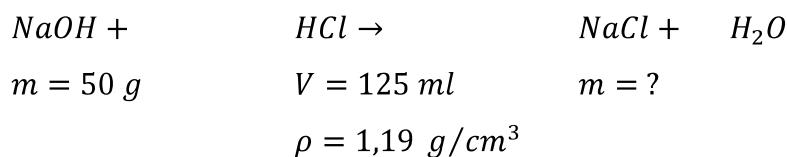
### 5.2.1 Příklady

a) Kolik g chloridu sodného vzniklo smícháním 50 g hydroxidu sodného se 125 ml kyseliny chlorovodíkové? Výsledek zaokrouhlete na dvě desetinná čísla. Hustota kyseliny chlorovodíkové je  $1,19 \text{ g/cm}^3$ .

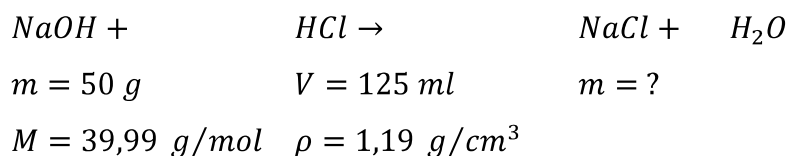
Zapišeme si rovnici reakce a vyčíslíme ji.



Pod dané sloučeniny si napíšeme známé a hledané hodnoty.

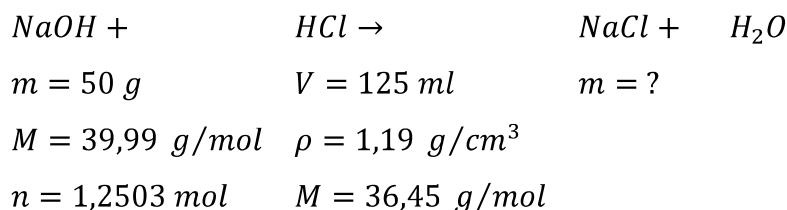


Nejprve musíme zjistit, které vstupující látky je méně. Od jejího počtu molů se budou odvíjet výpočty. Pomocí periodické tabulky (Příloha 1) zjistíme molární hmotnost  $\text{NaOH}$  a poté dopočítáme látkové množství.



$$n(\text{NaOH}) = \frac{m}{M} = \frac{50}{39,99} = 1,2503 \text{ mol}$$

Nyní vypočítáme látkové množství  $\text{HCl}$ . Z objemu a hustoty vypočítáme hmotnost  $\text{HCl}$  a z periodické tabulky (Příloha 1) zjistíme molární hmotnost. Nakonec dopočítáme látkové množství a porovnáme ho s látkovým množstvím  $\text{NaOH}$ .

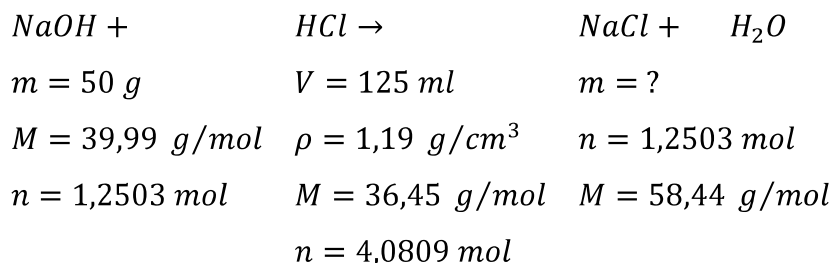


$$m(\text{HCl}) = V \cdot \rho = 125 \cdot 1,19 = 148,75 \text{ g}$$

$$n(\text{HCl}) = \frac{m}{M} = \frac{148,75}{36,45} = 4,0809 \text{ mol}$$

$$1,2503 < 4,0809 \Rightarrow n(\text{NaOH}) < n(\text{HCl})$$

Zjistili jsme, že méně je *hydroxidu*, a tak použijeme jeho moly ke zjištění hmotnosti *NaCl*. Vidíme, že obě sloučeniny jsou v poměru 1:1, počet molů *NaOH* odpovídá počtu molů *NaCl*. Pomocí periodické tabulky (Příloha 1) zjistíme molární hmotnost *NaCl* a vypočítáme hmotnost.

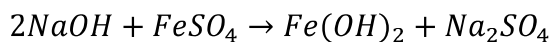


$$m(\text{NaCl}) = n \cdot M = 1,2503 \cdot 58,44 = \mathbf{73,07 \text{ g}}$$

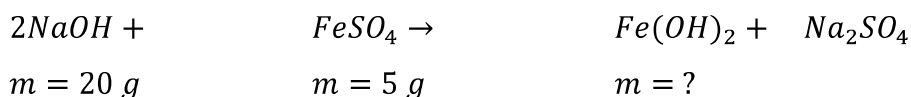
Vzniklo 73,07 g chloridu sodného.

b) Kolik g hydroxidu železnatého vznikne smícháním 20 g hydroxidu sodného s 5 g síranu železnatého? Během reakce vznikne i síran sodný. Řešte pomocí trojčlenky a výsledek zaokrouhlete na setiny g.

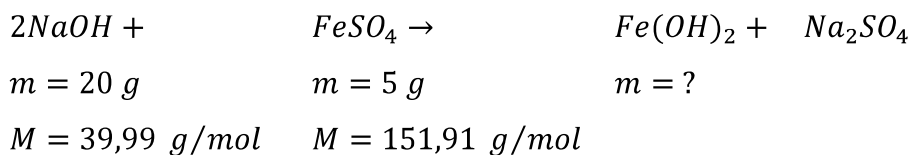
Zapíšeme si rovnici reakce a vyčíslíme ji.



Pod dané sloučeniny si napíšeme známé a hledané hodnoty.



Nejprve musíme zjistit, kterého reaktantu je méně, abychom věděli, z jakého látkového množství budeme vycházet. Pomocí periodické tabulky (Příloha 1) vypočítáme molární hmotnosti obou reaktantů, poté zjistíme jejich moly a následně je porovnáme.



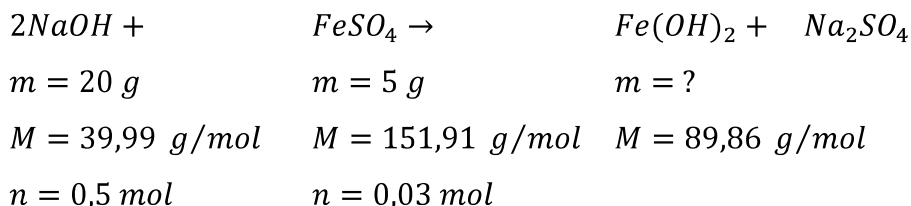
$$n(\text{NaOH}) = \frac{m}{M} = \frac{20}{39,99} = 0,5 \text{ mol}$$

$$n(\text{FeSO}_4) = \frac{m}{M} = \frac{5}{151,91} = 0,03 \text{ mol}$$

U  $NaOH$  máme stechiometrický koeficient, tudíž musíme počet molů vydělit tímto číslem, abychom mohli porovnat s moly *síranu*.

$$0,25 > 0,03 \Rightarrow n(NaOH) > n(FeSO_4)$$

Méně je *síranu*, a tak budeme vycházet z jeho počtu molů. Pomocí periodické tabulky (Příloha 1) vypočítáme molární hmotnost *hydroxidu železnatého* a sestavíme trojčlenku pomocí molárních hmotností a hmotnosti.

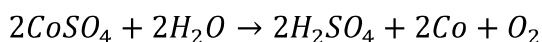


$$\begin{array}{c}
 \uparrow M(FeSO_4) 151,91 \text{ g/mol} \dots\dots\dots 5 \text{ g} \uparrow \\
 \hline
 M(Fe(OH)_2) 89,86 \text{ g/mol} \dots\dots\dots x \text{ g} \\
 \frac{89,86}{151,91} = \frac{x}{5} \\
 x = 2,96 \text{ g}
 \end{array}$$

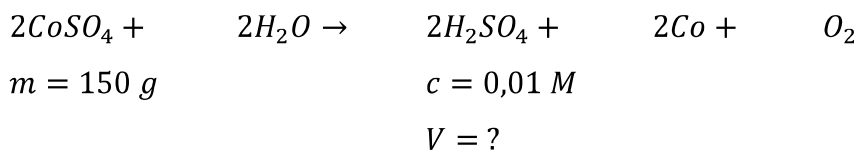
Vznikne 2,96 g hydroxidu železnatého.

c) Do vody bylo vloženo 150 g *síranu kobaltnatého*. Reakcí vznikla 0,01M *kyselina sírová, kobalt a kyslík*. Vejde se vzniklá *kyselina* do půllitrové misky?

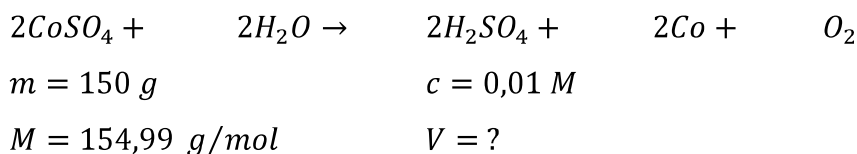
Zapišeme si rovnici reakce a vyčíslíme ji.



Pod dané sloučeniny si napíšeme známé a hledané hodnoty.

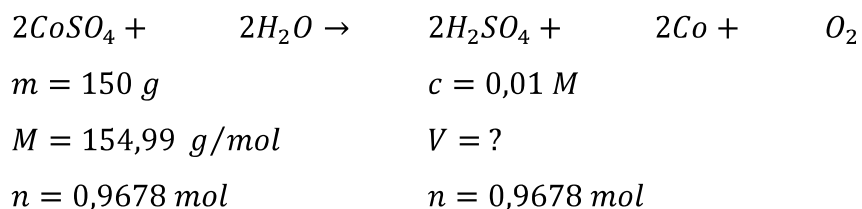


Nejprve spočítáme látkové množství  $CoSO_4$ . Pomocí periodické tabulky (Příloha 1) zjistíme molární hmotnost a dopočítáme moly.



$$n(\text{CoSO}_4) = \frac{m}{M} = \frac{150}{154,99} = 0,9678 \text{ mol}$$

U *síranu* a *kyseliny sírové* máme stejné stechiometrické koeficient, takže počet molů síranu odpovídá počtu molů *kyseliny*. Nyní vypočítáme objem vzniklé *kyseliny*.



$$V(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{n}{c} = \frac{0,9678}{0,01} = \mathbf{96,78 \text{ l}}$$

*Kyseliny sírové* vzniklo mnohonásobně více, než by se vešlo do půllitrové misky.

Kyselina se do misky nevejde.

## 6 Atom a jeho čísla

### 6.1 Stavba atomu

*Atom* je základní stavební částicí všech látek. Skládá se z *atomového jádra* a *elektronového obalu*. Atomové jádro je kladně nabitě, skládá se z *protonů*  $p^+$ , což jsou kladně nabitě částice a *neutronů*  $n^0$ , které nemají náboj. Elektronový obal se skládá z *elektronů*  $e^-$ , to jsou částice se záporným nábojem (Benešová a Satrapová, 2002).

### 6.2 Zápis atomu

K *zápisu atomu* budeme využívat následující vzor



kde  $Z$  značí *protonové (atomové) číslo*, tj. počet *atomů* v jádře a  $A$  značí *nukleonové (hmotnostní) číslo*, tj. počet *nukleonů* v jádře, což je součet protonů a neutronů. *Neutronové číslo* se značí  $N$  (Benešová a Satrapová, 2002).

#### 6.2.1 Z atomu počty částic

Řešení těchto příkladů není nijak složité, postupuje se následujícím způsobem. Levý dolní index udává *protonové číslo*, čímž máme třetinu hotovou. Levý horní index značí počet *nukleonů* v jádře.  $Z$  definice víme, že je to součet protonů a neutronů. Počet neutronů zjistíme tak, že od nukleonového čísla odečteme počet protonů. Nakonec se podíváme na pravý horní index, pokud je uveden, ten nám značí *náboj*. Pokud není uveden, tak se jedná o elektronegativní částici, poté se počet elektronů rovná počtu protonů. Kdyby byl uveden náboj, tak počet elektronů zjistíme tak, že od počtu protonů odečteme náboj.

a) *Určete počet protonů, neutronů a elektronů u  ${}^4_2\text{He}$ .*

Nejprve se podíváme na levý dolní index a zjistíme, že zde máme 2 *protony*.

$$Z = 2$$

Vlevo nahoře máme *nukleonové číslo*, ze kterého podle definice zjistíme počet *neutronů*.

$$N = A - Z = 4 - 2 = 2$$

Už zbývá určit počet elektronů. Vidíme, že není vyznačen náboj, tudíž se jedná o elektronegativní částici, a tak se počet elektronů rovná počtu protonů.

$$e^- = 2$$

b) Určete počet protonů, neutronů a elektronů u  ${}_{35}^{80}\text{Br}^-$ .

Ze zadání opět snadno určíme počet protonů.

$$Z = 35$$

Poté vypočítám počet neutronů.

$$N = 80 - 35 = 45$$

Nyní je uveden záporný náboj. Počet elektronů zjistíme tak, že od počtu protonů odečteme náboj.

$$e^- = 35 - (-1) = 36$$

c) Určete počet protonů, neutronů a elektronů u  ${}_{82}^{206}\text{Pb}^{2+}$ .

Ze zadání určíme počet protonů.

$$Z = 82$$

Počet neutronů bude

$$N = 206 - 82 = 124.$$

Od počtu protonů odečteme náboj a získáme počet elektronů.

$$e^- = 82 - 2 = 80$$

### 6.2.2 Z počtů částic atom

U tohoto typu příkladů se bude z *protonů*, *neutronů* a *elektronů* hledat odpovídající *atom*. Tyto příklady mi přijdou zajímavější v tom, že musíme pracovat i s periodickou soustavou prvků (Příloha 1). Ze zadaného počtu protonů v periodické tabulce (Příloha 1) najdeme odpovídající prvek. Vypočítáme nukleonové číslo. Teď už jen musíme zjistit náboj. Od počtu protonů odečteme počet elektronů. Pokud vyjde 0, máme elektronegativní částici, její název odpovídá názvu prvku. Při kladném výsledku máme kladný náboj a název se utvoří z podstatného jména kation a přídavného jména, ve kterém základ tvoří daný prvek a koncovka je podle oxidačního čísla, jako je tomu např. u binárních sloučenin. Při záporném výsledku dostaneme záporný náboj, název se utvoří z podstatného jména anion a přídavného jména, ve kterém základ tvoří název prvku a koncovka je *-idový*. Ukážeme si na příkladech.

a) Zjistěte, o jaký atom se jedná. Známe  $Z = 26, N = 30, e^- = 23$ .

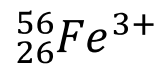
Z *protonového čísla* zjistíme daný prvek. V našem případě se jedná o **železo**. Spočítáme *nukleonové číslo*.

$$A = Z + N = 26 + 30 = \mathbf{56}$$

Nakonec vypočítáme *náboj*.

$$Z - e^- = 26 - 23 = \mathbf{3}$$

Hledaný atom je



a nazývá se **kation železitý**.

b) Zjistěte, o jaký atom se jedná. Známe  $Z = 53, N = 74, e^- = 54$ .

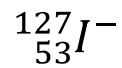
Podle *protonového čísla* se jedná o **jod**. *Nukleonové číslo* bude

$$A = 53 + 74 = \mathbf{127}.$$

*Náboj* bude

$$Z - e^- = 53 - 54 = \mathbf{-1}.$$

Hledaný atom je



a nazývá se **anion jodidový**.

## 7 Shrnutí matematických témat v předmětu chemie

Během čtení této práce jsme si mohli všimnout, že matematika je velmi důležitým článkem chemie. Bez znalosti matematických operací bychom těžko vytvářeli vzorce a názvy sloučenin. Musíme umět provádět základní operace, jakými jsou sčítání, odčítání, násobení a dělení. Na tyto operace se vše nabaluje. Důležitým tématem při určování indexů a koeficientů je soudělnost čísel (největší společný dělitel) a poměr čísel. Také se hodí znát rozdíl a operace se sudými a lichými čísly a umět porovnat čísla na základě velikosti. Při výpočtech jsme prováděli ekvivalentní úpravy lineárních rovnic, sestavovali trojčlenku, jako bonus jsme si přidali diofantické rovnice jako zajímavé řešení v názvosloví nebinárních sloučenin. Abychom jsme se přiblížili praxi, tak jsme se naučili teoretické výsledky zaokrouhlovat na měřitelné hodnoty. Jak řekl Richard Feynman: *„Pro ty, kteří neznají matematiku, je složité dostat se k takovým pocitům jako je krása, nejhlubší krása přírody... Pokud se chcete něco dozvědět o přírodě, oceňovat přírodu, je nutné rozumět jazyku, kterým mluví.“* (Citáty slavných osobností, 2018).



## Literatura

BENEŠOVÁ, Marika a Hana SATRAPOVÁ. *Odmaturuj! z chemie*. Brno: Didaktis, c2002. Odmaturuj!. ISBN 80-86285-56-1.

BINTEROVÁ, Helena, Eduard FUCHS a Pavel TLUSTÝ. *Matematika 7 pro základní školy a víceletá gymnázia*. Plzeň: Fraus, 2008. ISBN 978-80-7238-679-6.

FLEMR, Vratislav a Eva HOLEČKOVÁ. *Úlohy z názvosloví a chemických výpočtů v anorganické chemii*. 4. - přeprac. a opr. vyd. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 2001. ISBN 80-7080-435-1.

ŠRÁMEK, Vratislav a Ludvík KOSINA. *Chemické výpočty a reakce*. Úvaly u Prahy: Albra, 1996.

KŘÍŽEK, Martin a Eva JÍROVCOVÁ. *Cvičení z anorganické a analytické chemie*. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta, 2010. ISBN 978-80-7394-222-9.

POLÁK, Josef. *Přehled středoškolské matematiky*. 10. vydání. Praha: Prometheus, 2015. ISBN 978-80-7196-458-2.

TLUSTÝ, Pavel. *Obecná algebra pro učitele*: Pavel Tlustý. České Budějovice: Jihočeská univerzita, 2006. ISBN 80-7040-828-6.

Citáty slavných osobností. *Citáty slavných osobností: Největší sbírka citátů, myšlenek a aforismů* [online]. [cit. 8.12.2018]. Dostupné z: <https://citaty.net/citaty/221629-richard-feynman-pro-ty-kteri-neznaji-matematiku-je-slozite-dosta/>

# Přílohy

## Příloha 1 – Periodická soustava prvků

**PERIODICKÁ SOUSTAVA PRVKŮ**

		(n-1)d																																																																				
		np																																																																				
valenční elektrony	skup. plynů	I.A	II.A	III.B	IV.B	V.B	VI.B	VII.B	III.B	IV.A	V.A	VI.A	VII.A	VIII.A	IX.A	X.A	XI.A	II.A	III.A	IV.A	V.A	VI.A	VII.A	VIII.A																																														
1	1	1,008 1 H VODÍK Hydrogenium	9,01 4 Li BERYLIUM Lithium	24,31 12 Na SODÍK Natrium	40,08 20 K DRAŠLÍK Kalium	50,94 23 V VANAD Vanadium	52,00 24 Cr CHROM Chromium	54,94 25 Mn MANGAN Manganum	55,85 26 Fe ŽELEZO Ferrum	58,93 27 Co KOBALT Cobaltum	58,93 28 Ni NIKEL Nickelium	63,55 29 Cu MĚď Cuprum	65,38 30 Zn ZINEK Zincum	69,72 31 Ga GERMANIUM Germanium	72,59 32 Ge GALLIUM Gallium	74,92 33 As ARZEN Arsenicum	78,96 34 Se SELEN Selenium	79,90 35 Br BROM Bromum	83,80 36 Kr KRYPTON Kryptonum	85,47 37 Rb RUBIDIUM Rubidium	87,62 38 Sr STRONCIUM Strontium	132,91 55 Cs CESIUM Caesium	137,33 56 Ba BARYUM Barium	178,49 72 Hf HAFNIUM Hafnium	178,49 73 Ta TANTAL Tantalum	180,95 74 W WOLFRAM Wolframum	183,85 75 Re RHENIUM Rhenium	186,21 76 Os OSMIUM Osmium	190,23 77 Ir IRIDIUM Iridium	195,08 78 Pt PLATINA Platinum	200,59 79 Au ZLATO Aurum	204,37 80 Hg RTUŤ hydrargyrum	208,98 81 Tl THALLIUM Thallium	208,98 82 Pb OLOVO Plumbum	223,02 83 Bi BISMUT Bismutum	223,02 84 Po POLONIUM Polonium	223,02 85 At ASTAT Astatum	223,02 86 Rn RADON Radonum	223,02 87 Fr FRANCIUM Francium	223,02 88 Ra RADIUM Radium	223,02 89 Ac AKTINIUM Actinium	223,02 90 Th THORIUM Thorium	223,02 91 Pa PROZACTINIUM Protactinium	223,02 92 U URAN Uranium	223,02 93 Np NEPTUNIUM Neptunium	223,02 94 Pu PLUTONIUM Plutonium	223,02 95 Am AMERICIUM Americium	223,02 96 Cm CURIUM Curium	223,02 97 Bk BERKELIUM Berkeleium	223,02 98 Cf CALIFORNIUM Californium	223,02 99 Es EINSTEINIUM Einsteinium	223,02 100 Fm FERMIUM Fermium	223,02 101 Md MENDELEVIUM Mendeleevium	223,02 102 No NOBELIUM Nobelium	223,02 103 Lr LAWRENCIUM Lawrencium	223,02 104 Uu UNUNQUADRIUM Ununquadium	223,02 105 Uuh UNUNHEXTIUM Ununhexium	223,02 106 Uuq UNUNOCTIUM Ununoctium	223,02 107 Uuo UNUNOVIUM Ununovium	223,02 108 Uuq UNUNOCTIUM Ununoctium	223,02 109 Uuo UNUNOVIUM Ununovium	223,02 110 Uuq UNUNOCTIUM Ununoctium	223,02 111 Uub UNUNBIUM Ununbium	223,02 112 Uuq UNUNOCTIUM Ununoctium	223,02 113 Uuh UNUNHEXTIUM Ununhexium	223,02 114 Uuq UNUNOCTIUM Ununoctium	223,02 115 Uuh UNUNHEXTIUM Ununhexium	223,02 116 Uuh UNUNHEXTIUM Ununhexium	223,02 117 Uuh UNUNHEXTIUM Ununhexium	223,02 118 Uuo UNUNOVIUM Ununovium

hmotnostní číslo — 47,88 — oxidací číslo III IV

protonové číslo — 22 — značka — Ti

český název — TITAN — elektronegativita 1,3

latinský název — Titanium

skupenství prvku (př 20 °C)

pevné — Li

kapalné — Br

plynné — H

lanthanoidy


aktinoidy

Periodická soustava prvků

Vyděl: © MC nakladatelství  
Moldavská 11, 625 00 Brno, 2004  
Tel.: 543 216 083, 547 246 444  
603 864 010, 604 235 281

Autor: RNDr. Antonín Konětopský, CSC.  
Růžena Gošová

Sazba: Ing. Daniel Svoboda  
Brno, 2014



815940421250315

radioaktivní prvky

vodík

alkalické kovy

kovy alkalických zemin

kovy

polokovy

nekovy

vzácné plyny

(Konětopský a Gošová, 2014)