

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

FAKULTA PEDAGOGICKÁ

KATEDRA CHEMIE

VÝPOČTOVÉ ÚLOHY V CHEMII

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Lenka Trhlíková

Chemie se zaměřením na vzdělávání

Vedoucí práce: PaedDr. Vladimír Sirotek, CSc.

Plzeň, 2015

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury a zdrojů informací.

V Plzni 30. června 2015

.....
vlastnoruční podpis

Ráda bych poděkovala vedoucímu své práce PaedDr. Vladimíru Sirotkovi, CSc. za námět a odborné vedení bakalářské práce.

OBSAH

1	ÚVOD	1
2	TEORETICKÁ ČÁST.....	2
2.1	Měření v minulosti.....	2
2.2	Jednotky soustavy SI.....	2
2.3	Hmotnost atomů	6
2.4	Látkové množství.....	9
2.5	Složení soustavy	11
2.6	Roztoky.....	14
2.7	Směšování a ředění roztoků	17
2.8	Plynné skupenství	20
2.9	Výpočty z chemických rovnic	25
3	PRAKTICKÁ ČÁST.....	28
3.1	Varianta A.....	28
3.2	Varianta B.....	31
4	VYHODNOCENÍ TESTŮ	35
4.1	Výsledky jednotlivých univerzit	36
4.2	Úspěšnost řešení variant.....	37
4.3	Úspěšnost řešení jednotlivých příkladů	40
4.4	Shrnutí výsledků	46
5	ZÁVĚR.....	47
6	LITERATURA	48
	RESUMÉ	49

1 ÚVOD

Nedílnou součástí chemie jsou chemické výpočty. Žáci se s chemií seznamují v osmé třídě základních škol a ve víceletých gymnáziích již o rok dříve (v sekundě). S chemickými výpočty se setkávají v 9. třídě základních škol, na gymnáziích rovněž o rok dříve. Při řešení chemických výpočtů využívají žáci nejen znalosti z chemie, ale i z fyziky a především matematiky.

Bakalářská práce se zabývá problematikou spojenou s chemickými výpočty. Teoretická část obsahuje přehled základních typů chemických výpočtů (hmotnosti atomů, látkové množství, složení soustavy, složení roztoků, výpočty z chemických rovnic, výpočty ze stavové rovnice).

Cílem praktické části bylo vyzorovat nejčastější chyby a nedostatky, kterých se studenti dopouštějí při řešení chemických výpočtů, na základě vyhodnocených testů, které ověřují základní chemické výpočty (hmotnosti atomů, látkové množství, složení soustavy a složení roztoků). Pro kvalitativní analýzu je důležité mít dostatečně velké množství reprezentativních dat. Testy byly zadány ve spolupráci s UP Olomouc a MU Brno u studentů 1. ročníků bakalářských oborů zaměřených na chemii.

2 TEORETICKÁ ČÁST

2.1 MĚŘENÍ V MINULOSTI

S měřením různých veličin se setkáváme již v dávné minulosti. Zejména v době, kdy lidé přecházeli z kočovného způsobu života na zemědělský způsob hospodaření. V této době si lidé museli změřit, kolik zrní bude zapotřebí k osetí určité části zemědělské půdy, aby jim to stačilo na uživení se, kolik plochy je třeba usušit, aby jim krmivo pro dobytek vydrželo na celou zimu.

Nejstarší známé jednotky měření pocházejí ze Sumeru (kolem r. 2050 př. n. l.). Jedná se o vyznačení stopy (v dnešní terminologii) na soše Gudey z Lapaše v hodnotě 0,2645 m, tzv. nippurský loket (asi r. 1950 př. n. l.), který představuje měděná tyč o délce 1,1035 m, rozdělená na čtyři stopy (4 x 0,2759 m).¹

V různých zemích byly používány odlišné soustavy jednotek, lišící se zejména počtem, ale také volbou základních jednotek. To vedlo k nejednotnosti výkladu různých jevů. **Metrická konvence** je internacionální dohoda mezi řadou států, které se zavázaly, že zavedou nové metrické jednotky do svých národních hospodářství. Proto byl vytvořen Mezinárodní úřad pro váhy a míry, sídlící v Sérvés u Paříže, jehož nejvyšším orgánem je mezinárodní organizace Generální konference pro váhy a míry.

Ta roku 1960 přijala šest základních jednotek. Roku 1971 byla přijata sedmá základní jednotka - mol. Rovněž byla přijata mezinárodní zkratka SI (Système International d'unités). Základním technickým předpisem v ČR je norma ČSN 01 1300 „Zákonné měrové jednotky“, kterou byla přijata od 1. 1. 1980 mezinárodní měrová soustava SI jako jediná zákonná soustava jednotek u nás.²

2.2 JEDNOTKY SOUSTAVY SI

Veličina je pojem, kterým lze kvantitativně a kvalitativně popsat jevy, stavy a vlastnosti různých materiálních objektů.

Jednotka je zvolená a definičně stanovená hodnota této veličiny sloužící k porovnávání veličin stejného druhu.²

Soustava SI obsahuje tyto jednotky:²

- **Základní jednotky:** definovány zcela nezávisle na ostatních jednotkách, jsou základem definic všech dalších jednotek
- **Odvozené jednotky:** odvozeny od základních jednotek a slouží k vyjadřování dalších veličin
- **Doplňkové jednotky:** jednotky veličin, které nebyly v soustavě SI zařazeny mezi základní a odvozené (radián, steradián)

Základní veličiny, jejich názvy, jednotky, značky a definice¹

Délka [l]

Základní jednotkou je metr [**m**]. Metr je délka dráhy proběhnuté světlem ve vakuu za 1/299 792 458 sekundy.

Hmotnost [m]

Základní jednotkou je kilogram [**kg**]. Kilogram je hmotnost prototypu tzv. mezinárodního kilogramu uloženého v Mezinárodním úřadu pro váhy a míry v Sérvés u Paříže.

Čas [t]

Základní jednotkou je sekunda [**s**]. Sekunda je doba trvání 9 192 631 770 period záření, které přísluší přechodu mezi dvěma velmi jemnými hladinami základního stavu césia (¹³³Cs).

Elektrický proud [I]

Základní jednotkou je ampér [**A**]. Ampér je stálý elektrický proud, který při průchodu dvěma rovnoběžnými, přímými a nekonečně dlouhými vodiči zanedbatelného kruhového průřezu umístěnými ve vakuu ve vzájemné vzdálenosti 1 metr vyvolá mezi těmito vodiči sílu $2 \cdot 10^{-7}$ N na 1 metr délky.

Teplota [T]

Základní jednotkou je kelvin [**K**]. Kelvin je 1/273,16 termodynamické teploty trojného bodu vody.

Svítivost [I]

Základní jednotkou je kandela [cd]. Kandela je svítivost zdroje, který v daném směru vysílá monochromatické záření s kmitočtem $54 \cdot 10^{12}$ hertzů a má v tomto směru zářivost 1/683 wattu na steradián.

Látkové množství [n]

Základní jednotkou je mol [mol]. Mol je množství látky, která obsahuje právě tolik elementárních jedinců (molekul, atomů atd.), kolik je atomů ve 0,012 kg izotopu uhlíku ^{12}C .

Často se setkáváme s násobnými a dílčími jednotkami, uvedenými v tabulce 1. Násobné a dílčí jednotky vznikají násobením a dělením základních jednotek podle předepsaných norem. Ve výjimečných případech se násobné a dílčí jednotky netvoří ze základních nebo odvozených jednotek, ale z dílčích jednotek. Např. kilogram je základní jednotkou, ale jeho název se tvoří z gramu (dílčí jednotky) předponou kilo.³

Tabulka 1 Násobné a dílčí jednotky

Násobek	Předpona	Značka	Násobek	Předpona	Značka
10^1	deka	da	10^{-1}	deci	d
10^2	hekto	h	10^{-2}	centi	c
10^3	kilo	k	10^{-3}	mili	m
10^6	mega	M	10^{-6}	mikro	μ
10^9	giga	G	10^{-9}	nano	n
10^{12}	tera	T	10^{-12}	piko	p
10^{15}	peta	P	10^{-15}	femto	f
10^{18}	exa	E	10^{-18}	atto	a

Při používání předpon není přípustné vzájemně spojovat více předpon u téže jednotky.³ Kromě jednotek soustavy SI se užívají i vedlejší jednotky, které do soustavy SI nepatří. Jedná se např. o jednotky pro stanovení času – minuta, hodina, nebo pro objem - litr, pro hmotnost – tuna, pro teplotu – stupeň Celsia. Používání ostatních jednotek je po 1. 1. 1980 zakázané.²

Rovněž se používají veličiny relativní, které udávají, kolikrát je daná veličina větší než veličina určená jako standardní. U těchto veličin neuvádíme žádné jednotky, jedná se o veličiny bezrozměrné.²

V chemických výpočtech se setkáváme nejčastěji s následujícími veličinami a jednotkami

Hmotnost [*m*]

Základní veličina soustavy SI, kde základní jednotkou je kilogram [**kg**].

Vedlejší jednotky

$$1 \text{ minuta} = 1 \text{ min} = 60 \text{ s}$$

$$1 \text{ hodina} = 1 \text{ h} = 60 \text{ min} = 3600 \text{ s}$$

Násobné a dílčí jednotky

$$1 \text{ milisekunda} = 1 \text{ ms} = 10^{-3} \text{ s}$$

Teplota [*T*]

Základní veličina soustavy SI. Základní jednotkou je kelvin [**K**]. Pokud je teplota vyjádřena vedlejší jednotkou, kterou je stupeň celsia [**°C**], označujeme ji *t*.

Mezi těmito jednotkami platí vztah: $T = t + 273,15$

Vedlejší jednotky

$$1 \text{ Celsiův stupeň} = 1 \text{ °C}$$

$$0 \text{ °C} = 273,15 \text{ K}$$

Látkové množství [*n*]

Základní veličina soustavy SI. Základní jednotkou je mol [**mol**].

Násobné a dílčí jednotky

$$1 \text{ milimol} = 1 \text{ mmol}$$

Objem [*V*]

Základní jednotkou je metr krychlový [**m³**]. Nejedná se však o základní veličinu SI, ale o veličinu odvozenou.

Vedlejší jednotky

$$1 \text{ litr} = 1 \text{ l} = 1 \text{ dm}^3 = 0,001 \text{ m}^3$$

$$1 \text{ mililitr} = 1 \text{ ml} = 1 \text{ cm}^3 = 1 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$$

Dílčí jednotky

$$1 \text{ krychlový decimetr} = 1 \text{ dm}^3 = 0,001 \text{ m}^3$$

$$1 \text{ krychlový centimetr} = 1 \text{ cm}^3 = 1 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$$

Tlak [p]

Základní jednotkou je pascal [**Pa**]. Jedná se o odvozenou veličinu soustavy SI.

$$1 \text{ [Pa]} = \text{kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$$

Vedlejší jednotky

$$1 \text{ torr} = 133,32 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ bar} = 1 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ fyzikální atmosféra} = 1 \text{ atm} = 101325 \text{ Pa}$$

Násobné a dílčí jednotky

$$1 \text{ megapascal} = 1 \text{ MPa} = 10^6 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ kilopascal} = 1 \text{ kPa} = 10^3 \text{ Pa}$$

Hustota [ρ]

Hustota je odvozenou veličinou soustavy SI. Základní jednotkou je [**kg·m⁻³**].

Násobné a dílčí jednotky

$$1 \text{ gram na 1 krychlový centimetr} = 1 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3} = 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$$

Vedlejší jednotky

$$1 \text{ kilogram na 1 litr} = 1 \text{ kg} \cdot \text{l}^{-1} = 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$$

2.3 HMOTNOST ATOMŮ

Pro velmi malou hmotnost atomů a molekul (např. skutečná hmotnost jednoho atomu vodíku je $1,673 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$) byla zavedena atomová hmotnostní jednotka ***u***.

Definovaná jako $\frac{1}{12}$ hmotnosti atomu uhlíku ${}^{12}_6\text{C}$.

Pro atomovou hmotnostní jednotku platí vztah

$$m_u = \frac{1}{12} m({}^{12}_6\text{C}) = 1,66056 \cdot 10^{-27} \text{ kg}.$$

Porovnáním hmotností jednotlivých nuklidů s hmotností m_u získáme **relativní atomové hmotnosti A_r** .

Pro relativní atomovou hmotnost platí vztah

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

$A_r(X)$ relativní atomová hmotnost prvku X

$m(X)$ hmotnost atomu X

m_u hmotnost atomové hmotností jednotky

Relativní molekulová hmotnost M_r

Relativní molekulová hmotnost je dána součtem A_r prvků obsažených ve sloučenině nebo víceatomové molekule prvků. Jedná se o veličinu bezrozměrnou. Zvolíme-li si molekulu $A_x B_y$, lze relativní molekulovou hmotnost určit následovně

$$M_r(A_x B_y) = x \cdot A_r(A) + y \cdot A_r(B)$$

M_r relativní molekulová hmotnost

x, y stechiometrické koeficienty

A_r relativní atomová hmotnost

Relativní molekulové a relativní atomové hmotnosti lze nalézt v chemických tabulkách.⁴

Př. 1

Vypočítejte relativní atomovou hmotnost zlata, jestliže víte, že hmotnost 1 atomu zlata odpovídá $3,2697 \cdot 10^{-25}$ kg.

Řešení

$$A_r(\text{Au}) = ?$$

$$m(\text{Au}) = 3,2697 \cdot 10^{-25} \text{ kg}$$

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

$$A_r(\text{Au}) = \frac{m(\text{Au})}{m_u} = \frac{3,2697 \cdot 10^{-25}}{1,660 \cdot 10^{-27}} = 196,97$$

Odověď: Relativní atomová hmotnost zlata činí 196,97.

Př. 2

Vypočítejte relativní molekulovou hmotnost kyseliny sírové.

Řešení

Kyselina sírová má vzorec: H_2SO_4

$$A_r(\text{H}) = 1,01$$

$$A_r(\text{S}) = 32,07$$

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

$$M_r(\text{H}_2\text{SO}_4) = 2 \cdot A_r(\text{H}) + A_r(\text{S}) + 4 \cdot A_r(\text{O})$$

$$M_r(\text{H}_2\text{SO}_4) = 2 \cdot 1,01 + 32,07 + 4 \cdot 16,00 = 98,09$$

Odověď: Relativní molekulová hmotnost kyseliny sírové je 98,09.

Hustota [ρ]

Základní jednotkou je [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$]. Je dána podílem hmotnosti a objemu.

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

ρ hustota

m hmotnost

V objem

Př. 3

Vypočítejte hustotu mědi, jejíž objem je $0,005 \text{ dm}^3$ a hmotnost $44,7 \text{ g}$.

Řešení

$$\rho(\text{Cu}) = ? \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$$

$$V(\text{Cu}) = 0,005 \text{ dm}^3 = 5 \text{ cm}^3$$

$$m(\text{Cu}) = 44,7 \text{ g}$$

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{44,7}{5} = 8,94 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$$

Odověď: Hustota mědi je $8,94 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$.

2.4 LÁTKOVÉ MNOŽSTVÍ

Základní veličina soustavy SI, označovaná n . Základní jednotkou je [mol]. Mol je **látkové množství** obsahující tolik elementárních jedinců (entit), kolik je obsaženo atomů ve 0,012 kg uhlíku $^{12}_6\text{C}$. Počet entit (atomy, molekuly, ionty...) v jednotce látkového množství lze vyjádřit Avogadrovou konstantou, která je definovaná vztahem

$$N_A = \frac{N}{n}$$

N počet entit (jedinců)

N_A Avogadrova konstanta, jejíž číselná hodnota je $6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

n látkové množství

Veličiny vztažené na jednotkové látkové množství nazýváme molární.

2.4.1 MOLÁRNÍ HMOTNOST [M]

Základní jednotkou je [$\text{kg} \cdot \text{mol}^{-1}$]. Molární hmotnost je dána podílem hmotnosti dané látky a látkového množství.

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

M molární hmotnost

m hmotnost látky

n látkové množství

Molární hmotnost vyjadřujeme v základních jednotkách soustavy SI jako [$\text{kg} \cdot \text{mol}^{-1}$]. Při běžných výpočtech se často využívá dílčí jednotky [$\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$], jelikož molární hmotnost vyjádřená v dílčí jednotce je číselně rovna relativní molekulové hmotnosti.

2.4.2 MOLÁRNÍ OBJEM [V_M]

Základní jednotkou je [$\text{m}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$]. Je roven podílu objemu a látkového množství při stanovených teplotách a tlakových podmínkách.

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

V objem

n látkové množství

V_m molární objem

Standardní molární objem [V_m^0]

Základní jednotkou je [$\text{m}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$]. Objem jednoho molu ideálního plynu za standardních podmínek, tj. za tlaku $p_o = 101,325 \text{ kPa}$ a teploty $T_o = 273,15 \text{ K}$. Číselná hodnota tohoto objemu je $V_m^0 = 22,41 \text{ dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$. V_m^0 je konstanta plynoucí z Avogadrova zákona, podle něhož platí, že stejné objemy plynů za stejných stavových podmínek obsahují stejný počet molekul.²

Př. 4

Vypočítejte, jaké látkové množství je obsaženo v $3,011 \cdot 10^{24}$ atomu uhlíku.

Řešení

$$N = 3,011 \cdot 10^{24}$$

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

$$n(\text{C}) = ? \text{ mol}$$

$$n(\text{C}) = \frac{N}{N_A} = \frac{3,011 \cdot 10^{24}}{6,022 \cdot 10^{23}} = 5 \text{ mol}$$

Odpověď: 5 molů je obsaženo v $3,011 \cdot 10^{24}$ atomu uhlíku.

Př. 5

Vypočítejte hmotnost 2 mol síranu vápenatého.

Řešení

$$n(\text{CaSO}_4) = 2 \text{ mol}$$

$$M(\text{CaSO}_4) = 136,14 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$n(\text{CaSO}_4) = \frac{m(\text{CaSO}_4)}{M(\text{CaSO}_4)}$$

$$m(\text{CaSO}_4) = n(\text{CaSO}_4) \cdot M(\text{CaSO}_4) = 2 \cdot 136,14 = 272,28 \text{ g}$$

Odpověď: 2 mol síranu vápenatého má hmotnost 272,28 g.

Př. 6

Jaký objem se může uvolnit za s. p. z 5 mol oxidu uhličitého?

Řešení

$$n(\text{CO}_2) = 5 \text{ mol}$$

$$V(\text{CO}_2) = ? \text{ dm}^3$$

$$V_m^0 = 22,41 \text{ dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$n(\text{CO}_2) = \frac{V}{V_m}$$

$$V(\text{CO}_2) = V_m \cdot n = 112,05 \text{ dm}^3$$

Odpověď: Z 5 mol oxidu uhličitého se může uvolnit za s. p. 112,05 dm³.

2.5 SLOŽENÍ SOUSTAVY

Zastoupení látky v soustavě je určeno podílem množství dané látky a celkového množství všech látek v soustavě.

Hmotnostní zlomek [w_A]

Definovaný jako podíl hmotnosti látky A a celkové hmotnosti soustavy.

$$w_A = \frac{m_A}{m_S}$$

w_A hmotnostní zlomek

m_A hmotnost látky A

m_S celková hmotnost soustavy

Objemový zlomek [φ]

Dán podílem objemového zlomku látky A v soustavě a celkového objemu soustavy. Používáme jej zejména pro soustavy kapalin a plynů. Všechny objemy musí být měřeny za stejných podmínek.

Celkový objem soustavy nelze nahrazovat součtem objemů jednotlivých složek, protože může docházet k objemové kontrakci, popř. objemové dilataci (zmenšení či zvětšení výsledného objemu).²

$$\varphi_A = \frac{V_A}{V_S}$$

φ objemový zlomek
 V_A objem látky A
 V_S celkový objem látky A

Molární zlomek [x_A]

Dán podílem látkového množství dané látky A a celkového množství soustavy.

$$x_A = \frac{n_A}{n_S}$$

x_A molární zlomek
 n_A látkové množství látky A v soustavě
 n_S celkové látkové množství v soustavě

Nejčastěji se hmotnostní zlomek, objemový zlomek a molární zlomek udává v procentech (1% = 0,01). Dále v promilích, která odpovídají jedné tisícině (1‰ = 0,001), nebo v jednotkách ppm (parts per milion), které odpovídají jedné miliontině 1 ppm = 10⁻⁶. Hmotnostní zlomek je relativní veličina, která může nabývat hodnot od 0 do 1. Součet hmotnostních, objemových či molárních zlomků všech látek obsažených v soustavě je roven 1.

Př. 8

Vypočítejte hmotnostní zlomek Fe v Fe₂O₃?

Řešení

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

$$M(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 159,7 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$\frac{n(\text{Fe})}{n(\text{Fe}_2\text{O}_3)} = \frac{2}{1}$$

$$w(\text{Fe}) = \frac{M(\text{Fe})}{M(\text{Fe}_2\text{O}_3)} = \frac{2 \cdot 55,85}{159,7} = 0,6994 = 69,94 \%$$

Odpoředř: Hmotnostnř zloemek řeleza v oxidu řelezitřm je 69,94 %.

Př. 9

V 7 litrech směsi dusřku a oxidu dusnatřho za s. p. je obsařeno 7 g dusřku. Urřete objemovř zloemek oxidu dusnatřho ve směsi.

Řeřeniř:

$$V(\text{NO} + \text{N}_2) = 7 \text{ l} = 7 \text{ dm}^3$$

$$m(\text{N}_2) = 7 \text{ g}$$

$$\varphi(\text{NO}) = ?$$

$$M(\text{N}_2) = 28 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$n(\text{N}_2) = \frac{m(\text{N}_2)}{M(\text{N}_2)} = \frac{7}{28} = 0,25 \text{ mol}$$

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

$$V(\text{N}_2) = n \cdot V_m = 0,25 \cdot 22,41 = 5,6 \text{ dm}^3$$

$$\varphi(\text{NO}) = \frac{V(\text{NO})}{V(\text{NO}) + V(\text{N}_2)} = \frac{5,6}{7} = 0,8 = 80 \%$$

Odpoředř: Objemovř zloemek oxidu dusnatřho ve směsi je roven 80 %.

Př. 10

Směs plynř se skládá z 220 g oxidu uhliřitřho a 140 g dusřku. Vypořtejte slořeni směsi v molárnřch zlomech.

Řeřeniř

$$m(\text{CO}_2) = 220 \text{ g}$$

$$m(\text{N}_2) = 140 \text{ g}$$

$$x(\text{N}_2 + \text{CO}_2) = ?$$

$$M(\text{CO}_2) = 44 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$M(\text{N}_2) = 28 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$n(\text{CO}_2) = \frac{m(\text{CO}_2)}{M(\text{CO}_2)} = \frac{220}{44} = 5 \text{ mol}$$

$$n(\text{N}_2) = \frac{m(\text{N}_2)}{M(\text{N}_2)} = \frac{140}{28} = 5 \text{ mol}$$

$$x(\text{N}_2) = \frac{n(\text{N}_2)}{n(\text{N}_2) + n(\text{CO}_2)} = \frac{5}{5 + 5} = 0,5 = 50 \%$$

$$x(\text{CO}_2) = \frac{n(\text{CO}_2)}{n(\text{CO}_2) + n(\text{N}_2)} = \frac{5}{5 + 5} = 0,5 = 50 \%$$

Odpověď: Molární zlomek dusíku je roven 50 %, molární zlomek oxidu uhličitého je roven 50 %.

2.6 ROZTOKY

Roztok je homogenní soustava dvou či více chemicky čistých látek. V závislosti na tlaku a teplotě rozeznáváme roztoky plynné, kapalně a pevné. V chemii jsou nejdůležitější roztoky kapalně. Disperzní prostředí kapalných roztoků se nazývá rozpouštědlo, nejčastějším rozpouštědlem je voda. Kromě vody existuje i řada jiných, zejména organických kapalných rozpouštědel, jako např. methanol, ethanol, aceton, benzen.⁵

2.6.1 VYJADŘOVÁNÍ SLOŽENÍ ROZTOKŮ

Složení roztoků můžeme vyjádřit různými způsoby. Volba způsobu se řídí podle účelu, k němuž má údaj o obsahu sloužit. V této části si uvedeme nejpoužívanější způsoby vyjadřování složení roztoků.

Hmotnostní zlomek [w_A]

$$w_A = \frac{m_A}{m_R}$$

w_A hmotnostní zlomek

m_A hmotnost látky A

m_R celková hmotnost roztoku

Objemový zlomek [φ_A]

$$\varphi_A = \frac{V_A}{V_R}$$

- φ_A objemový zlomek
 V_A objem látky A
 V_R celkový objem v roztoku

Molární zlomek [x_A]

$$x_A = \frac{n_A}{n_R}$$

- x_A molární zlomek
 n_A látkové množství látky A v roztoku
 n_R celkové látkové množství v roztoku

Látková koncentrace [c_A]

Dána podílem látkového množství látky A a celkového objemu roztoku

$$c_A = \frac{n_A}{V_R}$$

- c_A molární koncentrace
 n_A látkové množství látky A
 V_R celkový objem roztoku

Látková koncentrace je vyjádřena v základní jednotce jako [**mol·m⁻³**]. Pro chemické výpočty se však používá dílčí jednotky [**mol·dm⁻³**].

Molalita [μ_A]

Základní jednotkou je [**mol·kg⁻¹**]. Označuje podíl látkového množství látky A a hmotnosti kg rozpouštědla.

$$\mu_A = \frac{n_A}{m_r}$$

- μ_A molalita látky A
 n_A látkové množství látky A
 m_r hmotnost rozpouštědla

Př. 11

Vypočítejte hmotnostní zlomek složení roztoku připraveného rozpuštěním 30 g hydroxidu draselného ve 120 g vody.

Řešení

$$m(\text{KOH}) = 30 \text{ g}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 120 \text{ g}$$

$$w(\text{KOH}) = \frac{m(\text{KOH})}{m(\text{KOH}) + m(\text{H}_2\text{O})} = \frac{30}{30 + 120} = 0,2 = 20 \%$$

Odpoď: Hmotnostní zlomek hydroxidu draselného je 20 %.

Př. 12

76 g síranu železnatého bylo rozpuštěno ve 200 g vody. Zjistěte molalitu.

Řešení

$$m(\text{FeSO}_4) = 76 \text{ g}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 200 \text{ g} = 0,2 \text{ kg}$$

$$n(\text{FeSO}_4) = ? \text{ mol}$$

$$\mu(\text{FeSO}_4) = ? \text{ mol} \cdot \text{kg}^{-1}$$

$$M(\text{FeSO}_4) = 151,9 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$n(\text{FeSO}_4) = \frac{m(\text{FeSO}_4)}{M(\text{FeSO}_4)} = \frac{76}{151,9} = 0,5 \text{ mol}$$

$$\mu(\text{FeSO}_4) = \frac{n(\text{FeSO}_4)}{m(\text{H}_2\text{O})} = \frac{0,5}{0,2} = 2,5 \text{ mol} \cdot \text{kg}^{-1}$$

Odpoď: Molalita roztoku síranu železnatého je 2,5 mol·kg⁻¹.

Př. 13

Vypočítejte, jaká je látková koncentrace roztoku kyseliny chlorovodíkové, který v 500 cm³ obsahuje 0,25 mol HCl?

Řešení:

$$n(\text{HCl}) = 0,25 \text{ mol}$$

$$V(\text{HCl}) = 500 \text{ cm}^3 = 0,5 \text{ dm}^3$$

$$c = \frac{n}{V} = \frac{0,25}{0,5} = 0,5 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$$

Odpoď: Látková koncentrace roztoku odpovídá 0,5 mol·dm⁻³

2.7 SMĚŠOVÁNÍ A ŘEDĚNÍ ROZTOKŮ

V chemii se často setkáváme s přípravou roztoku určitého složení, pokud máme k dispozici roztoky jiného složení. Složení roztoků lze upravovat přidáním rozpuštěné látky, přidáním či odpařením rozpouštědla nebo smísením roztoků různého složení. Přidáním rozpuštěné látky či odpařením části rozpouštědla se zvyšuje v roztoku obsah rozpuštěné látky. Přidáním rozpouštědla její obsah naopak klesá.²

Pro výpočet potřebného množství často využíváme směšovací rovnic, vycházejících z **hmotnostní bilance soustavy**. Při smíšení dvou roztoků o známém složení můžeme určit jednak celkovou hmotnost, jednak složení výsledného roztoku.

Využíváme těchto rovnic:

- $m_1 + m_2 = m_3$
- $m_1 w_1 + m_2 w_2 = m_3 w_3$

m_1, m_2, m_3 hmotnosti jednotlivých roztoků

w_1, w_2, w_3 hmotnostní zlomky jednotlivých roztoků

Ředíme-li roztok čistým rozpouštědlem (vodou), potom je hmotnostní zlomek rozpuštěné látky roven nule a druhý bilanční vztah se zjednoduší na vztah: $m_1 w_1 = m_3 w_3$. Přidáme-li čistou rozpuštěnou látku v bezvodém stavu, je hmotnostní zlomek roven jedné, přidáme-li krystalohydrát, musíme hmotnostní zlomek určit jako podíl molární hmotnosti bezvodé látky a molární hmotnosti hydrátu.

Pro výpočty při směšování roztoků je možné použít rovněž vztah založený na **bilanci látkového množství** rozpuštěné látky.⁶

- $n_1 + n_2 = n_3$
- $c_1 \cdot V_1 + c_2 \cdot V_2 = c_3 \cdot V_3$

n_1, n_2, n_3 látkové množství rozpuštěné látky

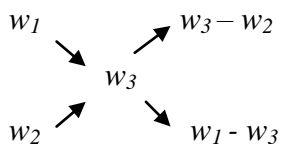
c_1, c_2, c_3 látkové koncentrace roztoků

V_1, V_2, V_3 objemy roztoků

Nikdy nevycházíme při směšování roztoků pouze z objemové bilance a sčítání jednotlivých objemů, jelikož dochází k objemové kontrakci, či dilataci.

2.7.1 KŘÍŽOVÉ (SMĚŠOVACÍ) PRAVIDLO

Křížové pravidlo vychází rovněž z hmotnostní bilance a směšovací rovnice. Vyjadřuje vlastně hmotnostní díly míšených roztoků, které je třeba upravit úměrou na požadované hmotnosti. Pravidlo lze obecně schematicky zapsat takto⁶



w_1 hmotnostní zlomek 1. roztoku

w_2 hmotnostní zlomek 2. roztoku

w_3 hmotnostní zlomek výsledného roztoku

$w_3 - w_2$ hmotnostní díly 1. roztoku po smíšení

$w_1 - w_3$ hmotnostní díly 2. roztoku po smíšení

Př. 14

Vypočítejte, jak lze připravit 50 g NaOH o hmotnostním zlomku 30 %, použijeme-li roztoky o hmotnostních zlomcích 40 % a 20 %.

Řešení

$$m_1 = ? \quad m_2 = ? \quad m_3 = 50 \text{ g}$$

$$w_1 = 0,4 \quad w_2 = 0,2 \quad w_3 = 0,3$$

$$m_1 w_1 + m_2 w_2 = m_3 w_3$$

$$0,4 m_1 + (50 - m_1) \cdot 0,2 = 50 \cdot 0,3$$

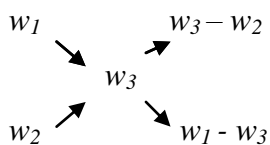
$$0,4 m_1 + 10 - 0,2 m_1 = 15$$

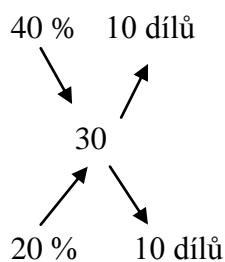
$$0,2 m_1 = 5$$

$$m_1 = 25 \text{ g}$$

$$m_2 = 50 - m_1$$

$$m_2 = 25 \text{ g}$$





Poměr prvního a druhého roztoku při míšení je 10 : 10. Odpovídá poměru 1:1.

Pro přípravu 50 g výsledného roztoku budeme potřebovat

1. Roztok 25 g.
2. Roztok 25 g.

Odpověď: Pro přípravu 50 g roztoku NaOH o hmotnostním zlomku 30 % NaOH je potřeba 25 g roztoku o hmotnostním zlomku 40 % a 25 g roztoku o hmotnostním zlomku 20 %.

Př. 15

Vypočítejte hmotnost heptahydrátu síranu železnatého a hmotnost vody potřebné k přípravě 250 g roztoku síranu železnatého nasyceného při teplotě 0 °C. Rozpustnost FeSO_4 při 0 °C je 32,96 g FeSO_4 / 100 g roztoku.

Řešení

$$m_1(\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}) = ? \quad m_2(\text{voda}) = ? \quad m_3(\text{roztok FeSO}_4) = 250 \text{ g}$$

$$w_1 = ? \quad w_2 = 0 \quad w_3 = ?$$

$$w_1 = \frac{M(\text{FeSO}_4)}{M(\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O})} = \frac{151,85}{277,85} = 0,5465$$

$$w_3 = \frac{32,96}{100} = 0,3296$$

$$m_1 w_1 = m_3 w_3$$

$$m_1 = \frac{m_3 w_3}{w_1} = \frac{250 \cdot 0,3296}{0,5465} = 150,78 \text{ g}$$

$$m_2 = 250 - 150,78 = 99,22 \text{ g}$$

Odpověď: K přípravě uvedeného roztoku je třeba 150,78 g $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ a 99,22 g vody.

Př. 16

Vypočítejte látkovou koncentraci roztoku vzniklého smísením 50 cm³ roztoku kyseliny chlorovodíkové o koncentraci $c(\text{HCl}) = 0,2 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ a 200 cm³ roztoku kyseliny chlorovodíkové o koncentraci $0,1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ a po doplnění na objem 250 cm³ vzniklého roztoku.

Řešení

$$V_1 = 50 \text{ cm}^3 = 0,05 \text{ dm}^3$$

$$c_1 = 0,2 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$$

$$V_2 = 200 \text{ cm}^3 = 0,2 \text{ dm}^3$$

$$c_2 = 0,1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$$

$$V_3 = 250 \text{ cm}^3 = 0,25 \text{ dm}^3$$

$$c_1 \cdot V_1 + c_2 \cdot V_2 = c_3 \cdot V_3$$

$$0,2 \cdot 0,05 + 0,1 \cdot 0,2 = c_3 \cdot 0,25$$

$$c_3 = 0,12 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$$

Odpověď: Koncentrace takto získaného roztoku kyseliny sírové je $0,12 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$.

2.8 PLYNNÉ SKUPENSTVÍ

2.8.1 ZÁKONY PRO IDEÁLNÍ PLYN

Ideální plyn

Ideální plyn je tvořen molekulami, majícími určitou hmotnost, nicméně jejich vlastní objem lze proti celkovému objemu zanedbat. Vzhledem k velkým vzdálenostem mezi molekulami je možné zanedbat mezimolekulové interakční síly. Pohyb molekul je chaotický. Chování ideálního plynu lze charakterizovat stavovými veličinami – tlakem p , objemem V a teplotou T .

Tlak plynu

Tlak plynu je způsoben vlivem nárazů molekul mezi sebou navzájem a na stěnu nádoby, ve které je plyn uzavřen. Tlak plynu je tím větší, čím větší je počet molekul v daném objemu a čím častější jsou nárazy na stěnu nádoby.

Objem plynu

Objem plynu odpovídá velikosti nádoby nebo soustavy, kterou plyn rovnoměrně vyplňuje.

Teplota plynu

Teplota plynu je mírou tepelného pohybu molekul. Čím vyšší je teplota plynu, tím větší je tepelný pohyb molekul. Teplota je označena jako termodynamická, jejíž jednotkou je kelvin [K]. Absolutní nula odpovídá dolní mezi, tedy stavu, při kterém ustal veškerý pohyb molekul.

Standardní podmínky

- Standardní tlak [$p_o = 101,325 \text{ kPa}$]
- Standardní teplota [$T_o = 273,15 \text{ K}$]
- Standardní molární objem [$V_m^o = 22,41 \text{ dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$]

Na základě představy ideálního plynu bylo odvozeno několik zákonů, jež se pro svou jednoduchost používají k přibližnému vystižení vlastností některých plynů reálných. Mezi dílčí zákony ideálního plynu lze zařadit

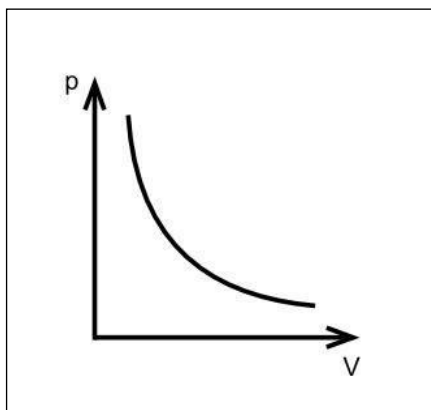
- Zákon Boyleův – Mariottův
- Zákon Gay – Lussacův
- Zákon Charlesův

Zákon Boyleův – Mariottův

Součin tlaku plynu p a jeho objemu V je pro dané množství plynu za konstantní teploty konstantní. Děj při konstantní teplotě nazýváme izotermický. Tlak je při izotermickém ději nepřímo úměrný objemu. Tuto závislost nazýváme izotermou ideálního plynu a jejím grafickým vyjádřením je rovnoosá hyperbola.²

Pro Boyleův – Mariottův zákon platí vztah

$$pV = konst.$$



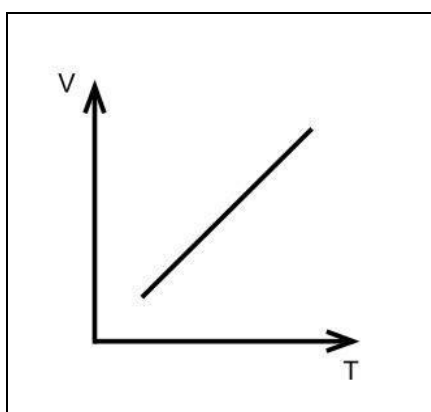
Obr. 1 Izoterma ideálního plynu

Zákon Gay – Lussacův

Podíl **objemu** a **teploty** je konstantní s rostoucí teplotou. Vyjadřuje lineární závislost objemu na teplotě. Děj za konstantního tlaku nazýváme izobarický. Objem je při izobarickém ději přímo úměrný teplotě. Vyjadřuje lineární závislost objemu na teplotě. Grafická závislost objemu na teplotě se nazývá izobara.²

Pro Gay – Lussacův zákon platí vztah

$$\frac{V}{T} = konst.$$



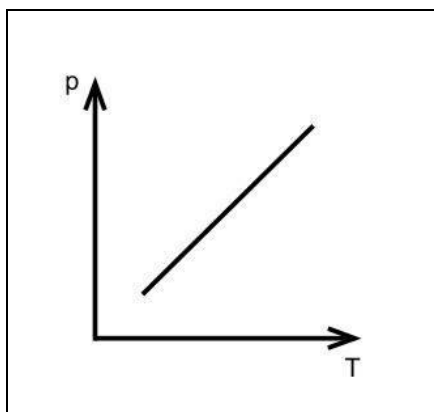
Obr. 2 Izobara ideálního plynu

Zákon Charlesův

Vyjadřuje závislost **tlaku** na **teplotě** za konstantního objemu. S rostoucí teplotou se zvětšuje tlak ideálního plynu. Platí, že tlak ideálního plynu při konstantním objemu je přímo úměrný absolutní teplotě. Děj za konstantního objemu se nazývá izochorický. Grafická závislost tlaku na teplotě se nazývá izochora.²

Pro Charlesův zákon platí vztah

$$\frac{p}{T} = konst.$$



Obr. 3 **Izochora ideálního plynu**

2.8.2 STAVOVÁ ROVNICE IDEÁLNÍHO PLYNU

Uvedené tři zákony vyjadřují dílčí vztahy mezi proměnnými **T**, **p**, **V** (vždy jedna z nich musela být konstantní). Lze získat vztah, který vystihuje obecnou změnu stavu daného množství ideálního plynu. Tento vztah se nazývá stavová rovnice a vyjadřuje funkční závislost stavových veličin.²

$$\frac{pV}{T} = konst.$$

Uvažujeme-li jeden mol ideálního plynu za standardních podmínek, pak po dosazení příslušných hodnot dostaneme číselnou hodnotu konstanty

$$\frac{p_o V_m^o}{T_o} = R$$

kde **R** je univerzální plynová konstanta. Hodnota plynové konstanty je stejná pro všechny ideální plyny.

$$R = 8,314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

Stavovou rovnici jednoho molu ideálního plynu pak vyjadřujeme ve tvaru:

$$pV_m = R \cdot T$$

Vztah pro stavovou rovnici libovolného látkového množství ideálního plynu:

$$pV = n \cdot R \cdot T$$

Př. 17

Dusík o objemu 5 dm³ byl za konstantní teploty rozepnut na objem 15 dm³. Jaký byl původní tlak dusíku, je-li výsledný tlak 8,4 kPa?

Poznámky

Teplota je konstantní, jedná se o izotermický děj $pV = konst.$

Řešení

$$T = konst.$$

$$p_1 = ? \text{ kPa}$$

$$p_2 = 8,4 \text{ kPa}$$

$$V_1 = 5 \text{ dm}^3$$

$$V_2 = 15 \text{ dm}^3$$

$$p_1 V_1 = p_2 V_2$$

$$p_1 \cdot 5 = 8,4 \cdot 15$$

$$p_1 = 25,2 \text{ kPa}$$

Odpověď: Původní tlak dusíku je 25,2 kPa.

Př. 18

Vypočítejte molární hmotnost plynné látky, jestliže 5 dm³ této látky má při teplotě 20 °C a tlaku 100 kPa hmotnost 5,75 g. Identifikujte ji.

Řešení:

$$pV_m = R \cdot T$$

$$pV = n \cdot R \cdot T$$

$$V = 5 \text{ dm}^3 = 5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$T = 20 + 273,15 = 293,15 \text{ K}$$

$$p = 100 \cdot 10^3 \text{ Pa}$$

$$m = 5,75 \text{ g} = 5,75 \cdot 10^{-3} \text{ kg}$$

$$R = 8,314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

$$p \cdot V = \frac{m}{M} \cdot RT$$

$$M = \frac{m \cdot R \cdot T}{p \cdot V}$$

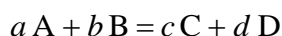
$$M = \frac{5,75 \cdot 10^{-3} \cdot 8,314 \cdot 293,15}{100 \cdot 10^3 \cdot 5 \cdot 10^{-3}} = 0,028 \text{ kg} \cdot \text{mol}^{-1} = 28 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

Odpověď: Molární hmotnost plynné látky odpovídá dusíku.

2.9 VÝPOČTY Z CHEMICKÝCH ROVNIC

Průběh chemických reakcí lze vyjádřit pomocí chemických rovnic. Na levou stranu chemické rovnice píšeme reaktanty (látky do reakce vstupující) a na pravou rovnici píšeme produkty (látky, které při reakci vznikají). Na základě chemické rovnice můžeme vypočítat výchozí látkové množství reagujících látek potřebné k určenému látkovému množství připravovaného produktu tak, že určíme počet molů výchozích látek a produktů.³

Pro obecnou chemickou rovnici platí



$$a : b : c : d = n(A) : n(B) : n(C) : n(D)$$

a, b, c stechiometrické koeficienty

A, B výchozí látky

C, D produkty

Postup při výpočtech z chemických rovnic

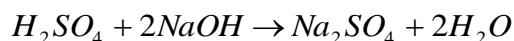
- Zapišeme chemickou rovnici
- Vyčíslíme chemickou rovnici
- Zapišeme známé hodnoty
- Pro zvolenou dvojici si určíme z chemické rovnice vzájemný poměr látkového množství
- Sestavíme vhodné úměry a vztahy pro hledané veličiny
- Provedeme vlastní výpočet

Př. 19

Roztok kyseliny sírové o hmotnostním složení 60 % H_2SO_4 (hustotě $1,4987 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$) se zneutralizoval 150 g roztoku hydroxidu sodného o hmotnostním složení 10 % NaOH. Vypočítejte hmotnost vzniklého síranu sodného a objem použitého roztoku kyseliny sírové.

Řešení

Napišeme rovnici a vyčíslíme



Zapišeme známé a neznámé hodnoty

$$w_R(H_2SO_4) = 60 \%$$

$$\rho(H_2SO_4) = 1,4987 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-1}$$

$$m_R(NaOH) = 200 \text{ g}$$

$$M(\text{NaOH}) = 40 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$M(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 142 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$M(\text{H}_2\text{SO}_4) = 98 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$w_R(\text{NaOH}) = 5 \%$$

$$m(\text{Na}_2\text{SO}_4) = ? \text{ g}$$

$$V_R(\text{H}_2\text{SO}_4) = ? \text{ cm}^3$$

- $m(\text{Na}_2\text{SO}_4) = ? \text{ g}$

$$m(\text{NaOH}) = m \cdot w = 200 \cdot 0,05 = 10 \text{ g}$$

$$n(\text{NaOH}) = \frac{m(\text{NaOH})}{M(\text{NaOH})} = \frac{10}{40} = 0,25 \text{ mol}$$

$$n(\text{Na}_2\text{SO}_4) = \frac{1}{2} \cdot n(\text{NaOH}) = 0,125 \text{ mol}$$

$$m(\text{Na}_2\text{SO}_4) = n \cdot M = 0,125 \cdot 142 = 17,75 \text{ g}$$

- $V_R = ? \text{ cm}^3$

$$n(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{1}{2} n(\text{NaOH}) = \frac{1}{2} \cdot 0,25 = 0,125 \text{ mol}$$

$$m(\text{H}_2\text{SO}_4) = n \cdot M = 0,125 \cdot 98 = 12,25 \text{ g}$$

$$m_R = \frac{12,25}{0,60} = 20,42 \text{ g}$$

$$V_R = \frac{m_R}{\rho} = \frac{20,42}{1,4987} = 13,62 \text{ cm}^3$$

Odpoř: K neutralizaci uvedeného množství hydroxidu sodného je třeba 13,62 cm³ zředené kyseliny sírové o hmotnostním zlomku 60 % a vznikne 17,75 g síranu sodného.

3 PRAKTICKÁ ČÁST

Praktická část se opírá o testy zaměřené na základní chemické výpočty. Testy byly koncipovány ve 2 variantách (A, B) a zahrnují čtyři příklady. První příklad je věnován hmotnosti atomů (vztahy pro relativní atomovou a relativní molekulovou hmotnost, znalost veličin, jednotek a chemických vzorců). Druhý příklad je založen na problematice látkového množství. V tomto příkladu se prověřuje znalost vztahů mezi hmotností, látkovým množstvím a objemem. Příklad tři, který se zabývá složením soustavy, je zaměřen na výpočet hmotnostního, objemového a molárního zlomku. Příklad čtyři je věnován problematice složení roztoků.

Účelem testů bylo prověřit úroveň znalostí chemicky zaměřených studentů vysokých škol v chemických výpočtech, nalézt nejčastější chyby a typy příkladů, které dělají studentům největší potíže.

3.1 VARIANTA A

3.1.1 ZADÁNÍ TESTŮ, MOŽNÝ ZPŮSOB ŘEŠENÍ, VÝSLEDKY, HODNOCENÍ

Poznámky: Zadání příkladů psáno kurzívou, řešení psáno normálním typem písma.

Příklad 1

a) *Relativní atomová hmotnost cesia je 132,9. Vypočítejte hmotnost padesáti atomů cesia v kg.*

b) *Vypočítejte relativní molekulovou hmotnost tetrahydrátu síranu manganatého.*

Řešení

a) $A_r(\text{Cs}) = 132,9$

$N = 50$ atomů

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

$$m(\text{Cs}) = A_r(\text{Cs}) \cdot m_u = 132,9 \cdot 1,66 \cdot 10^{-27} = 2,206 \cdot 10^{-25} \text{ kg.} \quad 1 \text{ bod}$$

$$m(\text{Cs}) = 2,206 \cdot 10^{-25} \cdot 1,66 \cdot 10^{-27} = 1,10307 \cdot 10^{-23} \text{ kg (pro 50 atomů)} \quad 1 \text{ bod}$$

Odpoďd: Hmotnost padesáti atomů cesia je $1,10307 \cdot 10^{-23}$ kg.

b) $\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 1 bod

$$M_r(\text{Mn}) + M_r(\text{S}) + 4 \cdot M_r(\text{O}) + 4 \cdot [2 \cdot M_r(\text{H}) + M_r(\text{O})] = 223 \quad 1 \text{ bod}$$

Odpověď: Relativní atomová hmotnost tetrahydrátu síranu manganatého je 223.

Celkem: 4 body

Příklad 2

Vyjádřete látkové množství jedné tuny uhličitanu vápenatého. Jaký objem oxidu uhličitého za s. p. a jakou hmotnost oxidu vápenatého lze z tohoto množství získat?

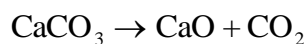
Řešení

$$n(\text{CaCO}_3) = ? \text{ mol}$$

$$m(\text{CaCO}_3) = 1 \text{ tuna} = 10^6 \text{ g}$$

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

$$n = \frac{m}{M} = \frac{10^6}{100} = 10^4 \text{ mol CaCO}_3 \quad 2 \text{ body}$$



$$V(\text{CO}_2) = n \cdot V_m = 10^4 \cdot 22,41 = 224100 \text{ dm}^3 = 224,1 \text{ m}^3 \quad 1 \text{ bod}$$

$$m(\text{CaO}) = ? \text{ g}$$

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

$$m = n \cdot M = 10^4 \cdot 56 = 560000 \text{ g} = 560 \text{ kg} \quad 1 \text{ bod}$$

Odpověď: Látkové množství 1 tuny uhličitanu vápenatého je 10^4 mol. Objem oxidu uhličitého za s. p. je $224,1 \text{ m}^3$. Hmotnost oxidu vápenatého je 560 kg.

Celkem: 5 bodů

Příklad 3

Směs plynů se skládá z 66 g oxidu uhličitého a 28 g dusíku. Vypočítejte složení směsi v hmotnostních a molárních zlomcích.

Řešení

$$m(\text{CO}_2) = 66 \text{ g}$$

$$m(\text{N}_2) = 28 \text{ g}$$

$$M(\text{CO}_2) = 44 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$M(\text{N}_2) = 28 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$n(\text{CO}_2) = \frac{m(\text{CO}_2)}{M(\text{CO}_2)} = 1,5 \text{ mol} \quad 1 \text{ bod}$$

$$n(\text{N}_2) = \frac{m(\text{N}_2)}{M(\text{N}_2)} = 1 \text{ mol} \quad 1 \text{ bod}$$

$$x(\text{CO}_2) = \frac{n(\text{CO}_2)}{n(\text{CO}_2) + n(\text{N}_2)} = 0,6 = 60 \% \quad 1 \text{ bod}$$

$$x(\text{N}_2) = 1 - 0,6 = 0,4 = 40 \% \quad 1 \text{ bod}$$

$$\omega(\text{CO}_2) = \frac{m(\text{CO}_2)}{m(\text{CO}_2) + m(\text{N}_2)} = 0,7 = 70 \% \quad 1 \text{ bod}$$

$$\omega(\text{N}_2) = 1 - 0,7 = 0,3 = 30 \% \quad 1 \text{ bod}$$

Odpověď: Hmotnostní zlomek oxidu uhličitého je 70 %, dusíku 30 %. Molární zlomek oxidu uhličitého je 60 % a dusíku 40 %.

Celkem: 6 bodů

Příklad 4

Koncentrace kyseliny sírové v 500 cm³ roztoku je 2 mol·dm⁻³ a hustota 1,1206 g·cm⁻³. Vyjádřete složení roztoku hmotnostním zlomkem.

Řešení:

$$c(\text{H}_2\text{SO}_4) = 2 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$$

$$V_R(\text{H}_2\text{SO}_4) = 500 \text{ cm}^3 = 0,5 \text{ dm}^3$$

$$\rho_R(\text{H}_2\text{SO}_4) = 1,1206 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$$

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

$$n = 2 \cdot 0,5 = 1 \text{ mol} \quad 2 \text{ body}$$

$$V_R = \frac{m_R}{\rho_R}$$

$$m_R = 500 \cdot 1,1206 = 560 \text{ g} \quad 1 \text{ bod}$$

$$m(\text{H}_2\text{SO}_4) = ? \text{ g}$$

$$m(\text{H}_2\text{SO}_4) = n \cdot M = 1 \cdot 98 = 98 \text{ g} \quad 1 \text{ bod}$$

$$\omega = \frac{m}{m_R} = \frac{98}{560} = 0,175 = 17,5 \% \quad 1 \text{ bod}$$

Odpověď: Hmotnostní zlomek odpovídá 17,5 %.

Celkem: 5 bodů

Maximálně 20 bodů

Hodnocení u varianty A

Za správné vyřešení příkladu bylo možné získat 4 body. Jeden bod za hmotnost jednoho atomu, jeden bod za hmotnost celkového počtu atomů, jeden bod za vzorec chemické látky a jeden bod za výpočet relativní molekulové hmotnosti. Za příklad dva bylo 5 bodů. Jeden bod za chemickou rovnici rozkladu vápence, dva body za látkové množství uhličitanu vápenatého, jeden bod za objem oxidu uhličitého a jeden bod za hmotnost oxidu vápenatého. Příklad tři byl za 6 bodů. Jeden bod za látkové množství oxidu uhličitého, jeden bod za látkové množství dusíku, jeden bod za molární zlomek oxidu uhličitého, jeden bod za molární zlomek dusíku, jeden bod za hmotnostní zlomek dusíku a jeden bod za hmotnostní zlomek oxidu uhličitého. Za příklad čtyři lze získat 5 bodů. Dva body za látkové množství kyseliny sírové, jeden bod za hmotnost roztoku kyseliny sírové, jeden bod za hmotnost kyseliny sírové a jeden bod za hmotnostní zlomek kyseliny sírové. Celkem bylo možné získat 20 bodů.

3.2 VARIANTA B

3.2.1 ZADÁNÍ TESTŮ, MOŽNÝ ZPŮSOB ŘEŠENÍ, VÝSLEDKY

Poznámka: Zadání příkladů psáno kurzívou, řešení psáno normálním typem písma.

Příklad 1

a) *Jistý prvek má klidovou hmotnost 100 atomů $3,158 \cdot 10^{-23}$ kg. Určete neznámý prvek.*

b) *Vypočítejte relativní molekulovou hmotnost hydrogensíranu vápenatého.*

Řešení

$$a) m(100) = 3,158 \cdot 10^{-23} \text{ kg}$$

$$m(1) = 3,158 \cdot 10^{-25} \text{ kg} \quad 1 \text{ bod}$$

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

$$A_r = \frac{3,158 \cdot 10^{-25}}{1,66 \cdot 10^{-27}}$$

$$A_r = 190 = \text{Osmium} \quad 1 \text{ bod}$$

Odpověď: Neznámým prvkem je osmium.

b) $\text{Ca}(\text{HSO}_4)_2$ 1 bod

$$M_r(\text{Ca}) + 2 \cdot [M_r(\text{H}) + M_r(\text{S}) + 4 \cdot M_r(\text{O})] = 234 \quad 1 \text{ bod}$$

Odpověď: Relativní molekulová hmotnost hydrogensíranu vápenatého je 234.

Celkem: 4 body

Příklad 2

Vypočítejte látkové množství, objem za s. p., počet molekul a počet atomů v 56 g plynného dusíku.

Řešení

$$M(\text{N}_2) = 28 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$m(\text{N}_2) = 56 \text{ g}$$

$$V_m = 22,41 \text{ dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$n(\text{N}_2) = \frac{m}{M} = 2 \text{ mol} \quad 2 \text{ body}$$

$$V(\text{N}_2) = V_m \cdot n = 22,41 \cdot 2 = 44,81 \text{ dm}^3 \quad 1 \text{ bod}$$

Počet molekul:

$$N = n \cdot N_A = 2 \cdot 6,022 \cdot 10^{23} = 1,2 \cdot 10^{24} \text{ molekul} \quad 1 \text{ bod}$$

Počet atomů:

$$\text{Dvakrát tolik, tedy } 2,4 \cdot 10^{24} \text{ atomů} \quad 1 \text{ bod}$$

Odpověď: Látkové množství dusíku odpovídá 2 molům. Objem dusíku činí 44,81 dm³. Počet molekul odpovídá 1,2 · 10²⁴, počet atomů dvakrát tolik, tedy 2,4 · 10²⁴.

Celkem: 5 bodů

Příklad 3

V jakém objemu vzduchu je za standardních podmínek obsažen dusík o hmotnosti 20 kg? Objemový zlomek dusíku ve vzduchu je 78 %. Určete hmotnostní zlomek dusíku, je-li hustota vzduchu 1,292 kg · m⁻³.

Řešení

$$V(\text{vzduchu}) = ?$$

$$V_m = 22,41 \text{ dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$m(\text{N}_2) = 20 \text{ kg} = 20000 \text{ g}$$

$$\varphi(\text{N}_2) = 78 \%$$

$$\omega(\text{N}_2) = ?$$

$$\rho(\text{vzduchu}) = 1,292 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$$

$$n = \frac{m}{M} = \frac{20000}{28} = 714 \text{ mol} \quad 2 \text{ body}$$

$$V(\text{N}_2) = V_m \cdot n = 22,41 \cdot 714 = 16000 \text{ mol} \quad 1 \text{ bod}$$

$$\varphi(\text{N}_2) = \frac{V(\text{N}_2)}{V(\text{vzduch})}$$

$$V(\text{vzduch}) = \frac{16000}{0,78} = 20521 \text{ dm}^3 = 20,521 \text{ m}^3 \quad 1 \text{ bod}$$

$$m(\text{vzduchu}) = \rho \cdot V = 1,292 \cdot 20,521 = 26,5 \text{ kg}$$

$$\omega(\text{N}_2) = \frac{m(\text{N}_2)}{m(\text{vzduchu})} = \frac{20}{26,5} = 0,75 = 75 \% \quad 2 \text{ body}$$

Odpořdř: Objem vzduchu řinř 20521 dm³. Hmotnostnř zlomek dusřku je 75 %.

Celkem: 6 bodř

Přřklad 4

Vypořtřte koncentraci a hmotnost kyseliny sřrově obsařeně ve 400 cm³ roztoku o hmotnostnřm slořenř 60 % H₂SO₄. Hustota roztoku kyseliny je 1,4983 g·cm⁻³.

Řeřenř

$$c(\text{H}_2\text{SO}_4) = ? \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$$

$$m(\text{H}_2\text{SO}_4) = ? \text{ g}$$

$$V_R(\text{H}_2\text{SO}_4) = 400 \text{ cm}^3 = 0,4 \text{ dm}^3$$

$$\rho_R(\text{H}_2\text{SO}_4) = 1,4983 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$$

$$\omega(\text{H}_2\text{SO}_4) = 60 \%$$

$$V_R = \frac{m_R}{\rho_R}$$

$$m_R = V_R \cdot \rho_R = 400 \cdot 1,4983 = 599,32 \text{ g} \quad 1 \text{ bod}$$

$$0,6 = \frac{m}{m_R}$$

$$m = 0,6 \cdot 599,32 = 359,6 \text{ g}$$

$$m(\text{H}_2\text{SO}_4) = 359,6 \text{ g} \quad 1 \text{ bod}$$

$$n(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{m(\text{H}_2\text{SO}_4)}{M(\text{H}_2\text{SO}_4)} = \frac{359,6}{98} = 3,669 \text{ mol} \quad 1 \text{ bod}$$

$$c(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{n(\text{H}_2\text{SO}_4)}{V_R} = \frac{3,669}{0,4} = 9,17 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \quad 2 \text{ body}$$

Odpověď: Hmotnost kyseliny odpovídá 359,6 g, koncentrace pak 9,17 mol·dm⁻³

Celkem: 5 bodů

Maximálně 20 bodů.

3.2.2 HODNOCENÍ VARIANTY B

Za správné vyřešení příkladu jedna bylo možné získat 4 body. Jeden bod za hmotnost jednoho atomu, jeden bod za hmotnost celkového počtu atomů, jeden bod za vzorec chemické látky a jeden bod za výpočet relativní molekulové hmotnosti. Příklad dva byl za 5 bodů. Dva body za látkové množství dusíku, jeden bod za objem dusíku, jeden bod za počet molekul a jeden bod za počet atomů plynného dusíku. Za příklad tři lze získat 6 bodů. Dva body za látkové množství dusíku, jeden bod za objem dusíku, jeden bod za objem vzduchu, jeden bod za hmotnost vzduchu a jeden bod za hmotnostní zlomek dusíku. Příklad čtyři byl za 5 bodů. Jeden bod za látkové množství kyseliny sírové, jeden bod za hmotnost kyseliny sírové, jeden bod za hmotnost roztoku kyseliny sírové a dva body za látkovou koncentraci kyseliny sírové. Celkem bylo možné získat 20 bodů.

4 VYHODNOCENÍ TESTŮ

Testy byly zadány studentům z Univerzity Palackého Olomouc a z Masarykovy univerzity Brno. Celkem se zúčastnilo 169 studentů bakalářských studijních programů zaměřených na chemii.

Univerzita Palackého Olomouc [UP Olomouc]

Z UP Olomouc se zúčastnilo 110 studentů. 22 studenti řešili variantu A, 88 studentů variantu B. Variantu A řešili studenti dvouoborového studia s kombinací Chemie – Fyzika, Chemie – Matematika, Chemie – Biologie. Variantu B studenti jednooborového studia (Bioanorganická chemie, Bioorganická chemie a chemická biologie, Biochemie, Ekologie a ochrana životního prostředí, Molekulární biofyzika)

Masarykova univerzita Brno [MU Brno]

Z MU Brno se zúčastnilo 59 studentů. Variantu A řešili 32 studenti, variantu B 27 studentů. Jedná se pouze o studenty dvouoborového studia s kombinací Chemie – Křesťanství, Chemie – Výchova ke zdraví, Chemie – Technologie, Chemie – Fyzika, Chemie – Matematika, Chemie – Zeměpis, Chemie – Český jazyk, Chemie – Biologie, Chemie – Anglický jazyk.

Tabulka 2 Počet studentů ve variantách

	UP Olomouc			MU Brno		
Varianta	A	B	Celkem	A	B	Celkem
Počet studentů	22	88	110	32	27	59

V tabulce 2 je uveden počet studentů v obou variantách i celkový počet studentů.

4.1 VÝSLEDKY JEDNOTLIVÝCH UNIVERZIT

4.1.1 CELKOVÁ BODOVÁ ÚSPĚŠNOST ŘEŠENÍ OBOU VARIANT

Tabulka 3 Celková bodová úspěšnost řešení obou variant

		UP Olomouc		MU Brno	
		Dosažené body	Procentuální úspěšnost	Dosažené body	Procenta
Příklad	Body				
Příklad 1	4	272	62 %	80	34 %
Příklad 2	5	381	69 %	83	28 %
Příklad 3	6	291	44 %	63	18 %
Příklad 4	5	334	61 %	52	18 %
Celková úspěšnost		1278	58 %	278	24 %

V Tabulce 3 je uvedena procentuální bodová úspěšnost řešení obou variant testů v jednotlivých příkladech u studentů obou variant.

Z UP Olomouc řešilo obě varianty 110 studentů. Za příklad jedna získali tito studenti 272 body, což odpovídá 62 %. Za příklad dva získali 381 bod (69 %). Za příklad tři získali 291 bod (44 %). Za příklad čtyři získali 334 bodů (61 %). Celkem studenti získali 1278 bodů, což je úspěšnost 58 %.

Z MU Brno se zúčastnilo 59 studentů. Za příklad jedna získali 80 bodů, což odpovídá 34 %. Za příklad dva získali 83 bodů (28 %). Za příklad tři získali 63 bodů (18 %). Za příklad čtyři získali 52 bodů (18 %). Celkem studenti získali 278 bodů, což je úspěšnost 24 %.

Z tabulky 3 je patrné, že úspěšnější byli studenti z UP Olomouc. Nejlépe si poradili s problematikou látkového množství (příklad 2), který vyřešili s úspěšností 69 %, a nejhůře vyřešili příklad 3 (složení soustavy) s úspěšností 44 %. Studenti z MU Brno dosáhli výrazně horších výsledků.

Tabulka 4 Úspěšnost studentů obou variant

	UP Olomouc			MU Brno		
	Bezchybně	Úspěšně	Neúspěšně	Bezchybně	Úspěšně	Neúspěšně
Příklad 1	21 %	57 %	22 %	12 %	25 %	63 %
Příklad 2	32 %	44 %	24 %	7 %	20 %	73 %
Příklad 3	26 %	21 %	53 %	5 %	7 %	88 %
Příklad 4	45 %	16 %	39 %	5 %	2 %	93 %

V tabulce 3 je uvedena úspěšnost studentů v jednotlivých příkladech. Je zde uveden počet studentů, kteří řešili příklad bezchybně (obdrželi plný počet bodů), dále studenti, kteří vyřešili příklad úspěšně (získali 50 % bodů), a neúspěšní studenti (dostali méně než 50 % bodů).

Studenti UP Olomouc si nejlépe vedli v příkladu 2. Z celkového počtu 110 studentů vyřešilo příklad 2 bezchybně 32 % studentů. Studenti UP Olomouc měli největší potíže s problematikou složení soustavy (příklad 3). Příklad 3 vyřešilo bezchybně 26 % studentů. V příkladu 3 neuspělo 53 % studentů.

Studenti MU Brno porozuměli nejlépe hmotnosti atomů. Bezchybně vyřešilo příklad jedna 12 % studentů. Nejhůře si poradili s problematikou spojenou se složením roztoků (příklad 4). Příklad 4 zvládlo bezchybně 5 % studentů. V příkladu 4 neuspělo 93 % studentů.

4.2 ÚSPĚŠNOST ŘEŠENÍ VARIANT

4.2.1 VARIANTA A

Tabulka 5 Bodová úspěšnost varianty A

		UP Olomouc		MU Brno	
Varianta A	Body	Dosažené body	Procentuální úspěšnost	Dosažené body	Procentuální úspěšnost
Příklad 1	4	31	35 %	41	32 %
Příklad 2	5	42	38 %	34	21 %
Příklad 3	6	62	45 %	51	27 %
Příklad 4	5	56	51 %	31	19 %
Celková úspěšnost		191	43 %	157	25 %

V tabulce 5 je uvedena bodová procentuální úspěšnost řešení příkladů varianty A, která se získá z celkového počtu řešitelů, celkového možného a dosaženého počtu bodů. Z UP Olomouc se zúčastnili 22 studenti. V příkladu 1 dosáhli studenti úspěšnosti řešení 35 %, v příkladu 2 to bylo 38 %, ve 3. příkladu 45% a ve 4. příkladu 51 %. Celková úspěšnost řešení varianty A studentů UP Olomouc byla 43 %.

Z MU Brno se zúčastnili 32 studenti. V příkladu 1 byla jejich úspěšnost 32 %, ve 2. příkladu 21 %, ve 3. příkladu 27 % a ve 4. příkladu 19 %. Celková úspěšnost studentů MU Brno při řešení varianty A byla 25%.

Z Tabulky 5 vyplývá, že řešení příkladů ve variantě A lépe zvládli studenti z UP v Olomouci.

Tabulka 6 Procentuální úspěšnost studentů ve variantě A

	UP Olomouc			MU Brno		
	Bezchybně	Úspěšně	Neúspěšně	Bezchybně	Úspěšně	Neúspěšně
Příklad 1	0 %	50 %	50 %	3 %	31 %	66 %
Příklad 2	18 %	9 %	73 %	3 %	16 %	81 %
Příklad 3	32 %	9 %	59 %	9 %	6 %	84 %
Příklad 4	32 %	23 %	45 %	9 %	0 %	90 %

Studenti UP Olomouc si nejlépe vedli v příkladu 4 (složení roztoků). Z tabulky 6 vyplývá, že příklad 4 bezchybně zvládlo 32 % studentů. Nejhůře ovládají příklad 1 (hmotnosti atomů) a 2 (látkové množství). Nikdo z řešitelů nezvládl příklad 1 bezchybně. V příkladu 1 neuspělo 50 % studentů, v příkladu 2 to bylo 73 % studentů. Naopak studenti MU dokázali problematiku s hmotností atomů (příklad 1) vyřešit nejlépe. Příklad 1 bezchybně vyřešila 3 % studentů. U příkladu 1 neuspělo 66 % studentů. Nejhůře si vedli v příkladu 4 (složení roztoků), kde neuspělo 90 % studentů.

4.2.2 VARIANTA B

Tabulka 7 Bodová úspěšnost varianty B

		UP Olomouc		MU Brno	
Varianta B	Body	Dosažené body	Procentuální úspěšnost	Dosažené body	Procentuální úspěšnost
Příklad 1	4	241	69 %	39	36 %
Příklad 2	5	339	77 %	49	36 %
Příklad 3	6	229	43 %	12	7 %
Příklad 4	5	278	63 %	21	16 %
Celková úspěšnost		1087	62 %	121	22 %

Variantu B řešilo 88 studentů z UP Olomouc. V příkladu 1 dosáhli studenti z UP Olomouc úspěšnosti řešení 69 %, v 2. příkladu to bylo 77 %, v 3. příkladu 43 % a ve 4. příkladu 63 %. Celková úspěšnost studentů UP Olomouc byla 62 %.

Z MU Brno se zúčastnilo 27 studentů. Studenti dosáhli v příkladu 1 a 2 úspěšnosti řešení 36 %, v příkladu 3 to bylo 7 % a ve 4. příkladu 16 %. Celková úspěšnost řešení varianty B studentů MU Brno byla 22 %.

Z tabulky 7 vyplývá, že si lépe vedli studenti UP Olomouc. Nejlépe si vedli u příkladu 2, kde byla jejich úspěšnost 77 %, a nejhůře v příkladu 3 s úspěšností 43 %.

Tabulka 8 Procentuální úspěšnost studentů

	UP Olomouc			MU Brno		
	Bezchybně	Úspěšně	Neúspěšně	Bezchybně	Úspěšně	Neúspěšně
Příklad 1	26 %	59 %	15 %	22 %	19 %	59 %
Příklad 2	35 %	52 %	13 %	11 %	26 %	63 %
Příklad 3	25 %	24 %	51 %	7 %	7 %	93 %
Příklad 4	49 %	14 %	38 %	0 %	4 %	96 %

Studenti UP Olomouc si nejlépe vedli v příkladu 2 (látkové množství), kde získali 339 bodů (77,05 %). Z tabulky 8 vyplývá, že příklad 2 bezchybně vyřešilo 35 % studentů. Nejhůře si vedli v příkladu 3 (složení soustavy), který dokázalo vyřešit pouze 25 % studentů. Stejně jako studenti z UP Olomouc, tak i studenti MU Brno dokázali nejlépe vyřešit příklad 2 (látkové množství), nejhůře vyřešili příklad 3 (složení soustavy), ale i příklad 4 (složení roztoků). Příklad 2 zvládlo bezchybně vyřešit 11 % studentů, u příkladu 2 neuspělo 63 % studentů. V příkladu 3 neuspělo 93 % studentů a ve 4. příkladu pak 96 % studentů.

4.3 ÚSPĚŠNOST ŘEŠENÍ JEDNOTLIVÝCH PŘÍKLADŮ

4.3.1 PŘÍKLAD 1 (HMOTNOST ATOMŮ)

Varianta A

- a) *Relativní atomová hmotnost cesia je 132,9. Vypočítejte hmotnost padesáti atomů cesia v kg.*
- b) *Vypočítejte relativní molekulovou hmotnost tetrahydrátu síranu manganatého.*

Varianta B

- a) *Jistý prvek má klidovou hmotnost 100 atomů $3,158 \cdot 10^{-23}$ kg. Určete neznámý prvek.*
- b) *Vypočítejte relativní molekulovou hmotnost hydrogensíranu vápenatého.*

Tabulka 9 **Bodová úspěšnost příkladu 1**

		UP Olomouc		MU Brno	
		Dosažené body	Procentuální úspěšnost	Dosažené body	Procentuální úspěšnost
Příklad	Body				
Příklad 1A	4	31	35 %	41	32 %
Příklad 1B	4	241	68 %	39	36 %
Celková úspěšnost		272	62 %	80	34 %

Z tabulky 9 vyplývá, že v příkladu 1B dosáhli studenti UP Olomouc úspěšnosti řešení 68 %, což je zhruba dvakrát větší úspěšnost než ve variantě A, ve které získali 35 %. Dvojnásobná úspěšnost ve variantě B je způsobena čtyřikrát větším počtem studentů, než u varianty A. Studenti MU Brno získali v příkladu 1A 32 %, v příkladu 1B pak 36 %.

V příkladu 1 si vedli lépe studenti UP Olomouc. Celková úspěšnost řešení příkladu 1 byla 62 %.

Tabulka 10 **Procentuální úspěšnost studentů v příkladu 1**

	UP Olomouc			MU Brno		
	Bezchybně	Úspěšně	Neúspěšně	Bezchybně	Úspěšně	Neúspěšně
Příklad 1A	0 %	50 %	50 %	3 %	31 %	66 %
Příklad 1B	26 %	59 %	15 %	22 %	19 %	59 %
Příklad 1	21 %	72 %	27 %	12 %	25 %	42 %

V příkladu 1A si lépe vedli studenti MU Brno. Příklad 1A bezchybně vyřešila 3 % studentů. V příkladu 1A neuspělo 66 % studentů. Ve variantě B tomu bylo naopak, lépe si vedli studenti UP Olomouc. Příklad 1B vyřešilo bezchybně 26 % studentů. V příkladu 1B neuspělo 15 % studentů.

Z tabulky 10 plyne, že si lépe vedli studenti UP Olomouc. Bezchybně zvládlo příklad 1 vyřešit 21 % studentů, v příkladu 1 neuspělo 27 % studentů.

Nejčastější chyby

- Studenti nerozlišují relativní molekulovou hmotnost a molární hmotnost
- Studenti se dopouštějí numerických chyb v základních matematických operacích (sčítání, odčítání, násobení a dělení)
- Studenti chybují ve vzorcích zadaných látek

4.3.2 PŘÍKLAD 2 (LÁTKOVÉ MNOŽSTVÍ)

Pro test A

Vyjádřete látkové množství jedné tuny uhličitanu vápenatého. Jaký objem oxidu uhličitého za s. p. a jakou hmotnost oxidu vápenatého lze z tohoto množství získat?

Po test B

Vypočítejte látkové množství, objem za s. p. počet molekul a počet atomů v 56 g plynného dusíku.

Tabulka 11 Bodová úspěšnost příkladu 2

		UP Olomouc		MU Brno	
		Dosažené body	Procentuální úspěšnost	Dosažené body	Procentuální úspěšnost
Příklad	Body				
Příklad 2A	5	42	38 %	34	21 %
Příklad 2B	5	339	77 %	49	36 %
Celková úspěšnost		381	69 %	83	28 %

V příkladu 2A dosáhli studenti UP Olomouc úspěšnosti řešení 38 %, v příkladu 2B to bylo 77 %. Celková úspěšnost řešení příkladu 2 byla 69 %. Studenti MU Brno vyřešili příklad 2A s úspěšností 21 %, v příkladu 2B to bylo 36 %. Celková úspěšnost řešení příkladu 2 byla 28 %.

Z tabulky 11 vyplývá, že se lépe vedli studenti UP Olomouc. Z celkového počtu bodů získali 381 bod, což odpovídá 69 %.

Tabulka 12 Procentuální úspěšnost studentů

	UP Olomouc			MU Brno		
	Bezchybně	Úspěšně	Neúspěšně	Bezchybně	Úspěšně	Neúspěšně
Příklad 2A	18 %	9 %	73 %	3 %	16 %	81 %
Příklad 2B	35 %	52 %	13 %	11 %	26 %	63 %
Příklad 2	32 %	44 %	25 %	7 %	20 %	73 %

Z tabulky 12 vyplývá, že si lépe v příkladu 2 vedli studenti UP Olomouc. Příklad 2 bezchybně vyřešilo 32 % studentů, 25 % studentů u příkladu 2 nespělo. 73 % studentů MU Brno nespělo v příkladu 2.

Nejčastější chyby

- Studenti neovládají převody jednotek
- Studenti si ve většině případů nepřečtou zadání až do konce
- Studenti neznají základní vztahy
- Studenti nevěděli, že se u příkladu dva vychází z chemické rovnice
- Studenti nerozlišují pojem atom a molekula

4.3.3 PŘÍKLAD 3 (SLOŽENÍ SOUSTAVY)

Pro test A

Směs plynů se skládá z 66 g oxidu uhličitého a 28 g dusíku. Vypočítejte složení směsi v hmotnostních a molárních zlomcích.

Pro test B

V jakém objemu vzduchu je za standardních podmínek obsažen dusík o hmotnosti 20 kg? Objemový zlomek dusíku ve vzduchu je 78 %. Určete hmotnostní zlomek dusíku, je-li hustota vzduchu $1,292 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$

Tabulka 13 Bodová úspěšnost příkladu 3

		UP Olomouc		MU Brno	
		Dosažené body	Procentuální úspěšnost	Dosažené body	Procentuální úspěšnost
Příklad	Body				
Příklad 3A	6	62	47 %	51	27 %
Příklad 3B	6	229	43 %	12	7 %
Celková úspěšnost		291	44 %	63	18 %

Z tabulky 13 je patrné, že si lépe vedli studenti z UP Olomouc. V příkladu 3A dosáhli studenti UP Olomouc úspěšnosti řešení 47 %, v příkladu 3B pak 43 %.

Celková úspěšnost řešení byla 44 %. V příkladu 3A byla jejich úspěšnost 27 %, v příkladu 3B to bylo 7 %. Celková úspěšnost při řešení příkladu 3 byla 18 %.

Tabulka 14 Úspěšnost studentů příkladu 3

	UP Olomouc			MU Brno		
	Bezchybně	Úspěšně	Neúspěšně	Bezchybně	Úspěšně	Neúspěšně
Příklad 3A	32 %	9 %	59 %	9 %	6 %	84 %
Příklad 3B	25 %	24 %	51 %	0 %	15 %	93 %
Příklad 3	26 %	21 %	53 %	5 %	7 %	88 %

Z tabulky 14 je vidět, že příklad 3 zvládlo vyřešit bezchybně 26 % studentů UP Olomouc. U příkladu 3 neuspělo 53 % studentů. Pouze 5 % studentů MU Brno zvládlo vyřešit příklad 3 bezchybně. Příklad 3 nezvládlo vyřešit 88 %.

Nejčastější chyby

- Studenti neznají základní vztahy pro výpočet hmotnostního a molárního zlomku.

4.3.4 PŘÍKLAD 4 (SLOŽENÍ ROZTOKŮ)

Pro test A

Koncentrace kyseliny sírové v 500 cm³ roztoku je 2 mol·dm⁻³ a hustota 1,1206 g·cm⁻³. Vyjádřete složení roztoku hmotnostním zlomkem.

Pro test B

Vypočítejte koncentraci a hmotnost kyseliny sírové obsažené ve 400 cm³ roztoku o hmotnostním složení 60 % H₂SO₄. Hustota roztoku kyseliny je 1,4983 g·cm⁻³.

Tabulka 15 **Bodová úspěšnost příkladu 4**

		UP Olomouc		MU Brno	
		Dosažené body	Procentuální úspěšnost	Dosažené body	Procentuální úspěšnost
Příklad	Body				
Příklad 4A	5	56	51 %	31	19 %
Příklad 4B	5	278	63 %	21	16 %
Celková úspěšnost		334	61 %	52	18 %

Z tabulky 15 je patrné, že si lépe vedli studenti UP Olomouc. V příkladu 4A dosáhli tito studenti úspěšnosti 51 %, v příkladu 4B to bylo 63 %. Celková úspěšnost řešení příkladu 4 byla 61 %. Studenti z MU Brno vyřešili příklad 4A s úspěšností 19 %, u příkladu 4B úspěšnost řešení odpovídá 16 %. Celková úspěšnost řešení, které studenti dosáhli v příkladu 4, byla 18 %.

Tabulka 16 **Úspěšnost studentů příkladu 4**

	UP Olomouc			MU Brno		
	Bezchybně	Úspěšně	Neúspěšně	Bezchybně	Úspěšně	Neúspěšně
Příklad 4A	32 %	23 %	45 %	9 %	0 %	91 %
Příklad 4B	49 %	14 %	38 %	0 %	4 %	96 %
Příklad 4	45 %	15 %	39 %	5 %	2 %	93 %

Z tabulky 15 je patrné, že si lépe vedli studenti UP Olomouc. Bezchybně zvládlo příklad 4 vyřešit 45 % studentů, 39 % studentů příklad 4 nezvládlo. Pouze 5 % studentů MU Brno zvládlo vyřešit příklad 4 bezchybně. V příkladu 4 neuspělo 93 % studentů.

Nejčastější chyby

- Studenti neznají základní vztahy (látková koncentrace, hmotnostní složení)
- Studenti nerozlišují mezi roztokem a čistou látkou
- Studenti chybují v převodu jednotek

4.4 SHRnutí VÝSLEDKŮ

Vyhodnocení testů ukázalo, že si lépe vedli studenti UP Olomouc. Velice dobře ovládají problematiku složení roztoků, hmotnosti atomů, a především prokázali znalost základních vztahů pro výpočet látkového množství. Horších výsledků dosáhli v příkladech zaměřených na hmotnostní, molární a objemový zlomek.

Studenti MU Brno dokázali vyřešit příklady věnované hmotnosti atomů a látkovému množství. Největší potíže mají s příklady 3 (složení soustavy) a především s příklady 4 (složení roztoků).

Lepších výsledků dosáhli studenti UP Olomouc, a především studenti, kteří psali variantu B, nejspíše proto, že se jednalo o studenty jednooborového studia chemie. K lepší procentuální úspěšnosti přispěl také počet studentů, jelikož variantu B řešil čtyřikrát větší počet studentů než variantu A.

Procentuální úspěšnost studentů MU Brno v obou variantách je srovnatelná. Blízká podobnost úspěšností u obou variant je nejspíše dána tím, že obě varianty řešili studenti dvouoborového studia.

Nejčastější chyby, kterých se studenti dopouštěli, byly neznalost základních vztahů, nerozlišení mezi relativní molekulovou hmotností a molární hmotností, mezi pojmem atom a molekula, mezi čistou látkou a roztokem.

5 ZÁVĚR

V teoretické části bakalářské práce byl zpracován přehled základních chemických výpočtů, se kterými se studenti mohou setkat při výuce chemie na středních a vysokých školách. Jsou zde uvedeny definiční vztahy pro nejčastěji používané veličiny v chemii, doplněné o jednoduché příklady se vzorovým řešením. Jedná se o příklady zaměřené na výpočet hmotnosti atomů, látkového množství, složení soustavy, složení roztoků, výpočty z chemických rovnic a ze stavové rovnice ideálního plynu.

Cílem praktické části bakalářské práce bylo prozkoumat úroveň znalostí chemicky zaměřených studentů vysokých škol a nalézt nejčastější chyby a typy příkladů, které studentům dělají největší potíže. Na základě vyhodnocení sestavených testových úloh, které byly ověřeny 169 studenty 1. ročníků bakalářských oborů zaměřených na chemii z UP Olomouc a MU Brno, jsem dospěla k závěru, že chemické výpočty patří mezi obtížné učivo a je třeba je hodně procvičovat.

Ze statistického zpracování zadaných testů vyplývá, že studenti nevyužívají ve výpočtech logického myšlení, musejí si tak pamatovat definiční vztahy. Nezamýšlejí se nad výsledkem, ke kterému dospěli. Neovládají převody jednotek; právě při chemických výpočtech je důležité, aby do vztahů dosazovali veličiny se správnými jednotkami. Dalším problémem je neznalost definičních vztahů základních veličin, studenti si ve většině případů pamatují pouze aktuální učivo.

6 LITERATURA

- [1] Kapler I.: Míry, jednotky, veličiny. REPRONIS, Ostrava 2000.
- [2] Sirotek V., Karlíček J.: Chemické výpočty a názvosloví anorganických látek. ZČU, Plzeň 2005.
- [3] Marko M., Horváth S., Kandrác J.: Příklady a úlohy z chemie. SPN, Bratislava 1972.
- [4] Mikulčák J.: Matematické, fyzikální a chemické tabulky pro střední školy. Prometheus, Praha 2007.
- [5] Vacík J., Barthová J., Pacák J., Strauch B., Svobodová M., Zemánek F.: Přehled středoškolské chemie. SPN, Praha 1999.
- [6] Sirotek V., Kraitr M.: Výpočtové úlohy k učivu o roztocích. In: *CHEMIE XXI* sborník katedry chemie. s. 27-46, ZČU, Plzeň 2006 .
- [7] Kosina L., Šrámek V.: Chemické výpočty a reakce. ALBRA, Pardubice 1996.
- [8] Hájek B., Jenšovský L., Klimešová V.: Příklady z obecné a anorganické chemie. SNTL, Praha 1967.
- [9] Flemr V., Holečková E.: Uhrová M.: Anorganická chemie – chemické výpočty. VŠCHT, Praha 1990.
- [10] Sirotek V.: Analýza úspěšnosti studentů FPE ZČU v Plzni při řešení úloh z obecné chemie a chemických výpočtů. *Biologie - Chemie - Zeměpis*. **3x**, s. 137-140, 2011.

RESUMÉ

The bachelor thesis focuses on the topic connected to chemical calculations. The thesis is divided into two main chapters. The first chapter regards an overview of basic chemical calculation types. In the second chapter, there are listed test variants, solution possibilities, outcomes and evaluation. The goal of bachelor thesis was to study the most often mistakes and example types that are very difficult for students.