

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
FAKULTA PEDAGOGICKÁ  
KATEDRA CHEMIE

Bakalářská práce

**VÝPOČTOVÉ ÚLOHY VE VÝUCE CHEMIE**

Simona Šátavová

Plzeň, 2022

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

V Plzni 27. června 2022

.....

Mé poděkování patří PaedDr. Vladimíru Sirotkovi, CSc. za odborné vedení, trpělivost a ochotu, kterou mi v průběhu zpracování bakalářské práce věnoval.

# Obsah

1 ÚVOD.....	1
2 TEORETICKÁ ČÁST .....	2
2. 1. Obecný přístup k řešení chemických výpočtových úloh .....	2
2. 2. Soustava jednotek SI .....	2
2. 3. Nejčastěji používané veličiny a jejich jednotky .....	4
2. 4. Hmotnost atomů a molekul .....	6
2. 5. Látkové množství .....	8
2. 6. Složení směsí .....	10
2. 7. Roztoky .....	13
2. 7. 1. Vyjadřování složení roztoků .....	13
2. 7. 2. Směšování a ředění roztoků .....	16
2. 8. Chemické rovnice .....	19
2. 8. 1. Vyčíslování chemických rovnic .....	20
2. 8. 2. Sestavování a vyčíslování rovnic reakcí, při nichž nedochází ke změnám oxidačních čísel prvků .....	20
2. 8. 3. Sestavování a vyčíslování oxidačně-redukčních rovnic .....	21
3 PRAKTICKÁ ČÁST .....	23
3. 1. Dotazník pro učitele .....	24
3. 1. 1. Vyhodnocení dotazníku pro učitele.....	24
3. 1. 2. Celkové zhodnocení dotazníku pro učitele.....	27
3. 2. Dotazník pro žáky .....	27
3. 2. 1. Vyhodnocení dotazníku pro žáky.....	27
3. 2. 2. Celkové zhodnocení dotazníku pro žáky.....	30
3. 3. Test pro žáky .....	30
3. 3. 1. Zadání testu, možná řešení, výsledky a hodnocení .....	31
3. 4. Vyhodnocení testů .....	36
3. 4. 1. Výsledky jednotlivých středních škol .....	36
3. 4. 2. Výsledky tříd u jednotlivých příkladů.....	40
3. 4. 3. Shrnutí.....	45
4 ZÁVĚR.....	47
5 LITERATURA .....	48
6 SEZNAM TABULEK .....	49
7 SEZNAM OBRÁZKŮ .....	50
8 RESUMÉ .....	51
9 PŘÍLOHY .....	52

# 1 ÚVOD

V současné době patří k výuce chemie bezesporu i chemické výpočty. Obecně se chemie řadí mezi méně oblíbené předměty vyučované na základních a středních školách a výpočtové úlohy mezi náročnější učivo chemie. Nejobtížnějším krokem při řešení těchto úloh je pro většinu žáků a studentů převedení zadání do matematické formy. Mezi další časté problémy patří přepočítání zadaných veličin a převod jednotek.

Tato práce se zabývá problematikou výpočtových úloh ve výuce chemie na středních školách. Teoretická část pojednává o základních typech chemických výpočtů, se kterými se žáci setkávají. Jednotlivé kapitoly obsahují stručný teoretický úvod, definiční vztahy a řešený ukázkový příklad.

Cílem bakalářské práce bylo zjistit úroveň znalostí žáků a studentů chemie v oblasti výpočtových úloh, a to na základě sestavení a vyhodnocení jednoduchého testu. Závěrečné vyhodnocení se opírá i o výsledky anonymních dotazníků, které byly připraveny pro studenty a učitele za účelem zjištění jejich úhlu pohledu na problematiku těchto výpočtů. Testy a dotazníky byly zadány ve spolupráci s vybranými středními školami. Dotazování se zúčastnilo 247 studentů a 15 učitelů.

## 2 TEORETICKÁ ČÁST

### 2. 1. OBECNÝ PŘÍSTUP K ŘEŠENÍ CHEMICKÝCH VÝPOČTOVÝCH ÚLOH

Řešení chemických výpočtových úloh má obecně dva základní kroky, a to nehledě na širokou škálu těchto úloh. Jsou jimi:

1. Zvolení nejvhodnější metody řešení, kterou dostaneme vztah mezi zadanými proměnnými a hledanou neznámou.
2. Samotný výpočet, kterým získáme hodnotu hledané neznámé.<sup>1</sup>

Při sestavování a úpravách vztahu mezi hledanou neznámou a zadanými proměnnými je třeba dodržovat několik pravidel:

1. Členy na obou stranách rovnice musí mít stejné jednotky.
2. Jsou-li členy rovnice násobeny určitou veličinou, musí být vynásobeny i jednotky členů jednotkou této veličiny.
3. Je-li k rovnici přičítána veličina, musí mít stejnou jednotku jako členy rovnice.<sup>1</sup>

Jakmile zvolíme nejvhodnější metodu řešení, samotný výpočet by se již nemusel jevit tak problematicky. Mnohdy ale i tento druhý krok řešení chemických výpočtových úloh dělá žákům problémy a dochází při něm k velkému množství chyb, ať už v matematických operacích nebo při nesprávné práci s jednotkami.<sup>1</sup>

### 2. 2. SOUSTAVA JEDNOTEK 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 porovnání veličin stejného druhu.<sup>2</sup>

V roce 1960 byla ustanovena mezinárodní soustava jednotek SI (Système International d' Unités), která je od roku 1980 závazně užívaná i v České republice.<sup>1</sup> Vychází ze sedmi základních veličin a jednotek uvedených v tabulce 1.

Tabulka 1 **Základní veličiny a jednotky soustavy SI**<sup>1</sup>

Veličina		Jednotka	
Název	Značka	Název	Značka
Délka	l	metr	m
Hmotnost	m	kilogram	kg
Čas	t	sekunda	s
Elektrický proud	I	ampér	A
Teplota	T	kelvin	K
Svítilivost	I	kandela	cd
Látkové množství	n	mol	mol

Mezinárodní soustava veličin a jednotek SI obsahuje:<sup>2</sup>

- základní jednotky – jsou definovány nezávisle na ostatních jednotkách a jsou základem definic dalších jednotek;
- odvozené jednotky – jsou odvozeny od základních jednotek a slouží k vyjadřování dalších veličin (např. hustota, tlak, objem);
- doplňkové jednotky – jsou jednotky veličin, které nebyly v soustavě SI zařazeny ani mezi základní, ani odvozené (radián, steradián).

Při řešení výpočtových úloh se užívají i **násobné** a **dílčí jednotky**. Tyto jednotky vyjadřujeme pomocí předpon a značek, které jsou uvedeny v tabulce 2.

Tabulka 2 **Násobné a dílčí jednotky**<sup>2</sup>

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	$\mu$
$10^9$	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

Mimo jednotky soustavy SI je dovoleno používat i **vedlejší jednotky**, které ovšem do soustavy SI nepatří. Např. pro teplotu Celsiův stupeň, pro hmotnost tuna, pro objem litr, pro stanovení času minuta či hodina. Po 1. 1. 1980 je užívání jiných jednotek (např. kalorie, torr, bar, pond, cent aj.) zakázané. Při chemických výpočtech se často využívají i **veličiny relativní**. Tyto veličiny jsou bezrozměrné a udávají, kolikrát je daná veličina větší než veličina určená jako standardní.<sup>2</sup>

## 2. 3. NEJČASTĚJI POUŽÍVANÉ VELIČINY A JEJICH JEDNOTKY

### Hmotnost [ $m$ ]<sup>1,3</sup>

Hmotnost je jednou ze základních veličin soustavy SI, její symbol je  $m$  a hlavní jednotkou je:

$$1 \text{ kilogram} = 1 \text{ kg.}$$

Kilogram je hmotnost prototypu tzv. mezinárodního kilogramu uloženého v Mezinárodním úřadu pro váhy a míry v Sèvres u Paříže. Mezi doporučené dílčí jednotky hmotnosti řadíme:

$$1 \text{ gram} = 1 \text{ g} = 10^{-3} \text{ kg};$$

$$1 \text{ miligram} = 1 \text{ mg} = 10^{-6} \text{ kg.}$$

Vedlejší jednotkou hmotnosti je:

$$1 \text{ tuna} = 1 \text{ t} = 1000 \text{ kg.}$$

### Objem [ $V$ ]<sup>1,2,4</sup>

Objem patří mezi odvozené veličiny SI. Symbolem objemu je  $V$  a hlavní jednotkou je:

$$1 \text{ krychlový metr} = 1 \text{ m}^3.$$

Běžně používanými násobnými a dílčími jednotkami objemu jsou:

$$1 \text{ krychlový kilometr} = 1 \text{ km}^3 = 10^9 \text{ m}^3;$$

$$1 \text{ krychlový decimetr} = 1 \text{ dm}^3 = 10^{-3} \text{ m}^3;$$

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

Vedlejší jednotkou objemu je:

$$1 \text{ litr} = 1 \text{ l} = 1 \text{ dm}^3 = 10^{-3} \text{ m}^3.$$



Mezi násobné a dílčí jednotky objemu řadíme:

$$1 \text{ hektolitr} = 1 \text{ hl} = 10^{-1} \text{ m}^3;$$

$$1 \text{ decilitr} = 1 \text{ dl} = 10^{-4} \text{ m}^3;$$

$$1 \text{ centilitr} = 1 \text{ cl} = 10^{-5} \text{ m}^3;$$

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

### **Hustota $[\rho]$** <sup>1,3,4</sup>

Hustotu řadíme mezi odvozené veličiny soustavy SI. Je definována jako hmotnost vztažená na jednotkový objem dané látky. Její symbol je  $\rho$  a hlavní jednotkou:

$$1 \text{ kilogram na krychlový metr} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}.$$

V chemických výpočtech využíváme především následující dílčí jednotky hustoty:

$$1 \text{ kilogram na krychlový decimetr} = 1 \text{ kg} \cdot \text{dm}^{-3} = 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3};$$

$$1 \text{ gram na krychlový centimetr} = 1 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3} = 1000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}.$$

### **Teplota $[T]$** <sup>1,3</sup>

Teplota je základní veličina soustavy SI. Jejím symbolem je  $T$  a základní jednotkou:

$$1 \text{ kelvin} = 1 \text{ K}.$$

Kelvin je 1/273,16 termodynamické teploty trojného bodu. Vedlejší jednotkou teploty v soustavě SI je stupeň Celsia  $^{\circ}\text{C}$ , jejíž symbolem je  $t$ . Mezi oběma stupnicemi platí vztah:

$$\mathbf{T = t + 273,15.}$$

### **Tlak $[p]$** <sup>1,2,4</sup>

Tlak patří mezi odvozené veličiny SI. Symbolem je  $p$  a hlavní jednotkou je:

$$1 \text{ pascal} = 1 \text{ Pa} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}.$$

Doporučenými násobnými a dílčími jednotkami tlaku jsou:

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

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

$$1 \text{ milipascal} = 1 \text{ mPa} = 10^{-3} \text{ Pa}.$$

## 2. 4. HMOTNOST ATOMŮ A MOLEKUL

Atom je základní stavební částice, ze které jsou složeny všechny látky. Molekula je velmi stálé seskupení atomů spojených chemickými vazbami. Skutečné hmotnosti atomů a molekul jsou velmi malé (např. skutečná hmotnost jednoho atomu vodíku je  $1,673 \cdot 10^{-27}$  kg). Počítání s tak malými hodnotami by bylo nepraktické, a proto byla zavedena **atomová hmotnostní jednotka  $u$** , kterou definujeme jako 1/12 hmotnosti izotopu uhlíku  $^{12}_6C$ . Platí:<sup>4</sup>

$$m_u = \frac{1}{12} m(^{12}_6C) \doteq 1,6605 \cdot 10^{-27} \text{ kg.}$$

Porovnáním hmotností příslušných nuklidů s hmotností  $m_u$  získáme **relativní atomové hmotnosti  $A_r$** . Platí vztah:<sup>4</sup>

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

kde:

$A_r(X)$  je relativní atomová hmotnost prvku X;

$m(X)$  je hmotnost prvku X;

$m_u$  je hmotnost atomové hmotnostní jednotky.

Relativní atomová hmotnost  $A_r$  je veličina bezrozměrná, která udává kolikrát je hmotnost dané částice X větší než atomová hmotnostní jednotka.<sup>5</sup>

### **Příklad 1**

Hmotnost jednoho atomu nuklidu  $^{40}\text{Ca}$  je  $6,635 \cdot 10^{-26}$  kg, vypočítejte jeho relativní atomovou hmotnost.<sup>6</sup>

**Řešení:**

$$A_r(^{40}\text{Ca}) = \frac{m(^{40}\text{Ca})}{m_u}$$

$$A_r(^{40}\text{Ca}) = \frac{6,635 \cdot 10^{-26}}{1,6605 \cdot 10^{-27}}$$

$$A_r(^{40}\text{Ca}) = 39,96$$

**Odpověď:**

Relativní atomová hmotnost nuklidu  $^{40}\text{Ca}$  je 39,96.

**Relativní molekulová hmotnost  $M_r$**  je dána součtem relativních atomových hmotností prvků obsažených ve sloučenině nebo víceatomové molekule prvků vynásobených počtem atomů:<sup>4</sup>

$$M_r(Y) = \sum A_r(X).$$

Relativní molekulová hmotnost  $M_r$  je veličina bezrozměrná.

### **Příklad 2**

Určete relativní molekulovou hmotnost síranu železnatého.

**Řešení:**

Síran železnatý má vzorec  $\text{FeSO}_4$ . V tabulkách nalezneme relativní atomové hmotnosti železa, síry a kyslíku:  $A_r(\text{Fe}) = 55,845$ ;  $A_r(\text{S}) = 32,065$ ;  $A_r(\text{O}) = 15,999$ .

$$M_r(Y) = \sum A_r(X)$$

$$M_r(\text{FeSO}_4) = A_r(\text{Fe}) + A_r(\text{S}) + 4 \cdot A_r(\text{O})$$

$$M_r(\text{FeSO}_4) = 55,845 + 32,065 + 4 \cdot 15,999$$

$$M_r(\text{FeSO}_4) = 151,906$$

**Odpověď:**

Relativní molekulová hmotnost síranu železnatého je 151,906.

## 2. 5. LÁTKOVÉ MNOŽSTVÍ

**Látkové množství** [ $n$ ] je základní veličina soustavy SI, díky které můžeme srovnávat množství více různých látek. Základní jednotkou této veličiny je mol. Mol je látkové množství v systému, který obsahuje právě tolik elementárních jedinců (entit), kolik je atomů v 0,012 kg uhlíku  $^{12}\text{C}$ . Číselně je tento počet vyjádřen **Avogadrovou konstantou** [ $N_A$ ], která je dána počtem atomů obsažených v 0,012 kg izotopu  $^{12}\text{C}$ . Platí:<sup>2,4</sup>

$$N_A = \frac{0,012}{m(^{12}\text{C})} = \frac{1 \cdot 10^{-3}}{m_u} = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}.$$

1 mol jakékoliv látky obsahuje  $6,022 \cdot 10^{23}$  elementárních částic. Veličiny vztahované na jednotkové látkové množství se označují jako **molární**.<sup>2</sup>

### **Molární hmotnost** [ $M$ ]<sup>1,2</sup>

Molární hmotnost patří mezi odvozené veličiny soustavy SI, její symbol je  $M$ . Základní jednotkou této veličiny je:

$$1 \text{ kilogram na mol} = 1 \text{ kg} \cdot \text{mol}^{-1}.$$

Při výpočtových úlohách využíváme i dílčí jednotku molární hmotnosti:

$$1 \text{ gram na mol} = 1 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{mol}^{-1}.$$

Molární hmotnost vyjadřuje hmotnost látkového množství jednoho molu základních entit.

Platí vztah:

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

kde:

$M$  je molární hmotnost;

$m$  je hmotnost látky;

$n$  je látkové množství.

### **Molární objem $[V_m]$ <sup>1,2</sup>**

Molární objem řadíme mezi odvozené veličiny soustavy SI. Jeho symbolem je  $V_m$  a základní jednotkou je:

$$1 \text{ metr krychlový na mol} = 1 \text{ m}^3 \cdot \text{mol}^{-1}.$$

Molární objem vyjadřuje objem, který zaujímá jeden mol dané látky za stanovených teplotních a tlakových podmínek.

Platí vztah:

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

kde:

$V_m$  je molární objem;

$V$  je objem;

$n$  je látkové množství.

### **Standardní molární objem $[V_m^\circ]$ <sup>2</sup>**

Standardní molární objem je veličina udávající objem jednoho molu ideálního plynu za teploty  $T_o = 273,15 \text{ K}$  a tlaku  $p_o = 101\,325 \text{ Pa}$ . Platí:

$$V_m^\circ = 22,41 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \cdot \text{mol}^{-1}.$$

Standardní molární objem  $V_m^\circ$  je konstanta plynoucí z Avogadrova zákona, který lze formulovat následovně: Stejné objemy všech plynů obsahují za stejných stavových podmínek vždy stejný počet molekul.<sup>2</sup>

### **Avogadrova konstanta $[N_A]$ <sup>2,4</sup>**

Avogadrova konstanta je definována jako:

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

kde:

$N_A$  je Avogadrova konstanta;

$N$  je počet částic látky  $N$ ;

$n$  je látkové množství.

Jednotkou Avogadrovy konstanty je  $\text{mol}^{-1}$ .

### **Příklad 3**

Jaký je objem 150 g oxidu siřičitého za standardních podmínek?

**Řešení:**

Nejprve určíme molární hmotnost oxidu siřičitého a následně jeho látkové množství.

$$M(SO_2) = 64,07 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$M(SO_2) = \frac{m(SO_2)}{n(SO_2)}$$

$$n(SO_2) = \frac{m(SO_2)}{M(SO_2)}$$

$$n(SO_2) = \frac{150}{64,07}$$

$$n(SO_2) = 2,34 \text{ mol}$$

Nakonec vypočteme objem oxidu siřičitého ze vztahu pro molární objem.

$$V_m = \frac{V(SO_2)}{n(SO_2)}$$

$$V(SO_2) = V_m \cdot n(SO_2)$$

$$V(SO_2) = 22,41 \cdot 2,34$$

$$V(SO_2) = 52,44 \text{ dm}^3$$

**Odpověď:**

150 g oxidu siřičitého zaujímá za standardních podmínek objem 52,44 dm<sup>3</sup>.

## **2. 6. SLOŽENÍ SMĚSÍ**

V praxi se jen zřídka setkáváme s chemicky čistými látkami. Prakticky vše, co nás obklopuje, jsou směsi. Směs je soustava, která je tvořená alespoň dvěma složkami. Složení směsi vyjadřujeme pomocí množství jednotlivých složek (hmotnost, objem, látkové množství) nebo jejich poměrným zastoupením.<sup>1-4</sup>

### **Poměrný obsah složky<sup>1</sup>**

$$\text{poměrný obsah složky} = \frac{\text{množství složky}}{\text{množství celé soustavy}}$$

Množství složky i soustavy může být zadáno ve stejných nebo různých veličinách a tomu odpovídají také různé jednotky, používané k vyjádření složení směsi.

### **Hmotnostní zlomek $w(A)$ <sup>1,2,4</sup>**

Ve směsi je definován jako podíl hmotnosti dané složky A a hmotnosti směsi.

$$w(A) = \frac{m(A)}{m_s} = \frac{m(A)}{\sum_i m_i},$$

kde:

$w(A)$  je hmotnostní zlomek složky A;

$m(A)$  je hmotnost složky A;

$m_s$  je celková hmotnost směsi;

$m_i$  je hmotnost i-té složky směsi.

Součet hmotnostních zlomků všech složek směsi je roven jedné.

### **Molární zlomek $x(A)$ <sup>1,2,4</sup>**

Molární zlomek složky A je poměr látkového množství dané složky A a celkového látkového množství všech složek směsi, které se rovná součtu všech látkových množství složek.

$$x(A) = \frac{n(A)}{n_s} = \frac{n(A)}{\sum_i n_i},$$

kde:

$x(A)$  je molární zlomek složky A;

$n(A)$  je látkové množství složky A;

$n_s$  je celkové látkové množství směsi;

$n_i$  je látkové množství i-té složky směsi.

Součet molárních zlomků všech složek směsi je roven jedné.

### **Objemový zlomek $\varphi (A)$** <sup>1,2,4</sup>

Objemový zlomek složky A je podíl (parciálního) objemu složky A ve směsi a celkového objemu směsi.

$$\varphi (A) = \frac{V (A)}{V_s},$$

kde:

$\varphi (A)$  je objemový zlomek složky A;

$V (A)$  je objem složky A ve směsi;

$V_s$  je celkový objem směsi.

Celkový objem směsi se obecně nerovná součtu objemů složek před přípravou směsí, jelikož může docházet k objemové kontrakci (zmenšení výsledného objemu) nebo objemové dilataci (zvětšení výsledného objemu).

Součet objemových zlomků všech složek směsi je roven jedné.

Hmotnostní, molární a objemové zlomky se velmi často vyjadřují v procentech (1 % je 0,01 část celku). Lze je rovněž udávat v promilích (1 ‰ = 0,001).

### **Látková koncentrace $c (A)$** <sup>1,2,4</sup>

Látková koncentrace, přesněji koncentrace látkového množství složky A, je definována jako podíl látkového množství složky A a objemu směsi.

$$c (A) = \frac{n (A)}{V_s},$$

kde:

$c (A)$  je látková koncentrace složky A ve směsi;

$n (A)$  je látkové množství složky A ve směsi;

$V_s$  je celkový objem směsi.



## Hmotnostní koncentrace $\rho (A)$ <sup>1,2,4</sup>

Hmotnostní koncentrace je vyjádřena jako podíl hmotnosti složky A a objemu směsi.

$$\rho (A) = \frac{m (A)}{V_s},$$

kde:

$\rho (A)$  je hmotnostní koncentrace složky A ve směsi;

$m (A)$  je hmotnost složky A ve směsi;

$V_s$  je celkový objem směsi.

## 2. 7. ROZTOKY

Roztoky jsou homogenní směsi dvou nebo více chemicky čistých látek. Dle vnějších podmínek (tlak, teplota) dělíme roztoky na roztoky plynné (g) – např. vzduch, kapalně (l) – např. roztok chloridu sodného ve vodě, nebo pevné (s) – např. slitiny kovů. V chemické praxi se nejhojněji setkáváme s roztoky kapalnými, v nichž hlavní složkou je tzv. **rozpuštědlo** (voda, methanol, ethanol, aceton, benzen a jiné) a **rozpuštěnou látkou** může být plyn, kapalina nebo pevná látka. <sup>7</sup>

### 2. 7. 1. VYJADŘOVÁNÍ SLOŽENÍ ROZTOKŮ

Existuje spousta možností, jak popsat složení roztoků. V praxi patří mezi nejběžnější vyjadřování složení roztoků pomocí:<sup>4,7</sup>

- hmotnostního zlomku  $w$ ;
- objemového zlomku  $\varphi$ ;
- molárního zlomku  $x$ ;
- nebo látkové koncentrace  $c$  rozpuštěné látky.

**Hmotnostní zlomek  $w(A)$** <sup>4,7</sup>

Hmotnostní zlomek  $w(A)$  vyjadřuje poměr hmotnosti rozpuštěné látky k hmotnosti celého roztoku.

$$w(A) = \frac{m(A)}{m_{\ominus}},$$

kde:

$m(A)$  je hmotnost rozpuštěné látky;

$m_{\ominus}$  je hmotnost roztoku;

$$m_{\ominus} = m_A + m_{H_2O}.$$

**Objemový zlomek  $\varphi(A)$** <sup>4,7</sup>

Objemový zlomek  $\varphi(A)$  je definován jako podíl objemu rozpuštěné látky a objemu celého roztoku.

$$\varphi(A) = \frac{V(A)}{V_{\ominus}},$$

kde:

$V(A)$  je objem rozpuštěné látky;

$V_{\ominus}$  je celkový objem roztoku.

**Molární zlomek  $x(A)$** <sup>4,7</sup>

Vyjadřuje podíl látkového množství látky A a celkového látkového množství roztoku.

$$x(A) = \frac{n(A)}{n_{\ominus}},$$

kde:

$n(A)$  je látkové množství látky A v roztoku;

$n_{\ominus}$  je celkové látkové množství v roztoku.

### **Látková koncentrace $c(A)$** <sup>4,7</sup>

Látková koncentrace  $c(A)$  je rovna poměru látkového množství rozpuštěné látky a objemu roztoku. Můžeme ji vyjádřit vztahem:

$$c(A) = \frac{n(A)}{V_{\odot}},$$

kde:

$n(A)$  je látkové množství rozpuštěné látky;

$V_{\odot}$  je objem roztoku.

Při vyjadřování složení roztoku se můžeme setkat i s využitím symbolu  $M$ , tzv. molarity (molární roztok).

Např.  $c(\text{NaOH}) = 3 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$  se vyjadřuje jako 3M roztok NaOH.

### **Příklad 4**

Vypočítejte hmotnost chloridu draselného a vody, kterou budeme potřebovat na přípravu 150 g 15% roztoku chloridu draselného.

**Řešení:**

$$w(\text{KCl}) = 15 \% = 0,15$$

$$m_{\odot} = 150 \text{ g}$$

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

$$m(\text{KCl}) = ?$$

$$w(\text{KCl}) = \frac{m(\text{KCl})}{m_{\odot}}$$

$$m(\text{KCl}) = w(\text{KCl}) \cdot m_{\odot}$$

$$m(\text{KCl}) = 0,15 \cdot 150$$

$$\mathbf{m(\text{KCl}) = 22,5 \text{ g}}$$

$$m_{\odot} = m(\text{KCl}) + m(\text{H}_2\text{O})$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = m_{\odot} - m(\text{KCl})$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 150 - 22,5$$

$$\mathbf{m(\text{H}_2\text{O}) = 127,5 \text{ g}}$$

### **Odpověď:**

Na přípravu 150 g 15% roztoku KCl budeme potřebovat 22,5 g chloridu sodného a 127,5 g vody.

## **2. 7. 2. SMĚŠOVÁNÍ A ŘEDĚNÍ ROZTOKŮ**

Jedním ze základních úkolů, se kterým se můžeme při práci v laboratoři setkat, je příprava roztoků určitého složení za podmínky, že máme roztoky složení jiného. Složení roztoků můžeme upravovat hned několika způsoby:<sup>2,4</sup>

- přidáním rozpuštěné látky;
- přidáním nebo odpařením rozpouštědla;
- smísením roztoků různého složení.

Přidáním rozpouštědla se snižuje obsah rozpuštěné látky. Pokud bychom chtěli zvýšit obsah rozpuštěné látky v roztoku, můžeme toho dosáhnout přidáním rozpuštěné látky nebo odpařením části rozpouštědla.

Tento typ úloh můžeme řešit pomocí:<sup>2,8,9</sup>

- směšovací rovnice;
- křížového (směšovacího) pravidla;
- úměry.

### **Směšovací rovnice:**<sup>2,8,9</sup>

Směšovací rovnice vychází z hmotnostní bilance soustavy. Smísíme-li dva roztoky o známém složení, můžeme určit celkovou hmotnost a složení výsledného roztoku:

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

kde:

$m_1, m_2, m_3$  jsou hmotnosti jednotlivých roztoků;

$w_1, w_2, w_3$  jsou hmotnostní zlomky jednotlivých roztoků.

V laboratoři popisujeme množství roztoků zpravidla pomocí objemu. Hmotnost je možné ve směšovacíh rovnicích vyjádřit pomocí součinu objemu a hustoty ( $m = V \cdot \rho$ ). Při výpočtech využíváme i vztahu založeném na látkové bilanci.<sup>2,8,9</sup>

$$n_1 + n_2 = n_3$$

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

kde:

$n_1, n_2, n_3$  jsou látková množství rozpuštěné látky;

$c_1, c_2, c_3$  jsou koncentrace roztoků;

$V_1, V_2, V_3$  jsou objemy roztoků.

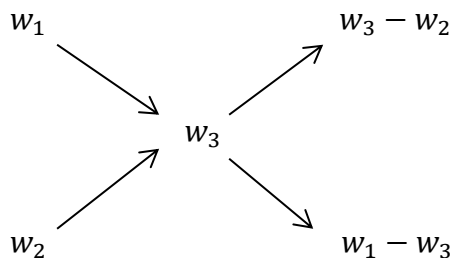
Při směšování roztoků nelze vycházet z objemové bilance a jednotlivé objemy pouze sečíst, protože může dojít k objemové kontrakci (zmenšení) či objemové dilataci (zvětšení) výsledného objemu.<sup>2</sup>

### Křížové (směšovací) pravidlo:<sup>2,8,9</sup>

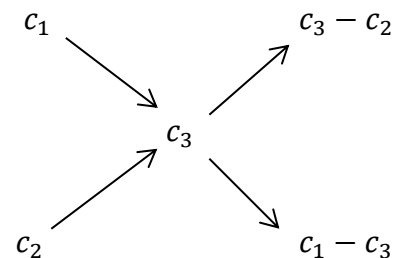
Směšovací rovnice je možné upravit na tvary:

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{w_3 - w_2}{w_1 - w_3} \quad a \quad \frac{V_1}{V_2} = \frac{c_3 - c_2}{c_1 - c_3}$$

ty se často používají v podobě křížového (směšovacího) pravidla:



$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{w_3 - w_2}{w_1 - w_3}$$



$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{c_3 - c_2}{c_1 - c_3}$$

### **Příklad 5**

Vypočítejte výsledné složení roztoku chloridu draselného, který vznikne smísením 15 g 5% roztoku s 20 g 30% roztoku KCl.

**Řešení:**

$$m_1 = 15 \text{ g}$$

$$w_1 = 5 \% = 0,05$$

$$m_2 = 20 \text{ g}$$

$$w_2 = 30 \% = 0,3$$

$$w_3 = ?$$

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

$$m_1 w_1 + m_2 w_2 = (m_1 + m_2) w_3$$

$$15 \cdot 0,05 + 20 \cdot 0,3 = 35 \cdot w_3$$

$$w_3 = \frac{15 \cdot 0,05 + 20 \cdot 0,3}{35}$$

$$w_3 = 0,19 = 19 \%$$

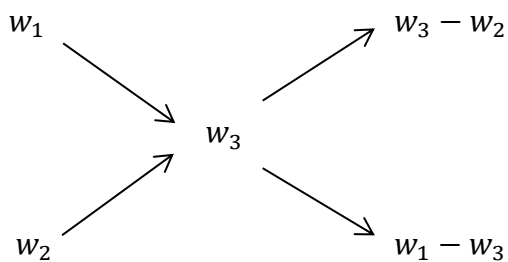
**Odověď:**

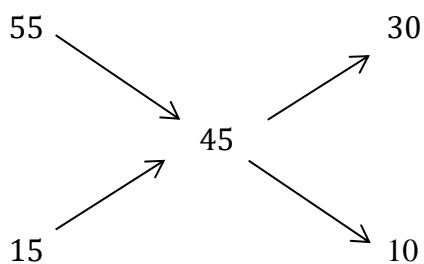
Výsledný roztok chloridu draselného, který vznikne smísením 15 g 5% roztoku a 20 g 30% roztoku má hmotnostní složení 19 %.

### **Příklad 6**

Jakou hmotnost 15% a 55% roztoku hydroxidu draselného budeme potřebovat na přípravu 200 g 45% roztoku KOH?

**Řešení:**





$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{w_3 - w_2}{w_1 - w_3}$$

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{30}{10}$$

Poměr prvního a druhého roztoku při mísení je 30:10, což odpovídá poměru 3:1.

Máme připravit 200 g výsledného roztoku:

1. roztok:

$$\frac{3}{4} \cdot 200 = \mathbf{150 \text{ g}}$$

2. roztok:

$$\frac{1}{4} \cdot 200 = \mathbf{50 \text{ g}}$$

**Odpověď:**

Na přípravu 200 g 45% roztoku hydroxidu draselného je potřeba 150 g 55% a 50 g 15% roztoku KOH.

## 2. 8. CHEMICKÉ ROVNICE

Průběh chemických reakcí vystihují chemické rovnice. Tyto rovnice specifikují **reaktanty** (látky do reakce vstupující) a **produkty** (látky při reakci vznikající). Úplná chemická rovnice se správnými stechiometrickými koeficienty, tedy rovnice vyřešená (vyčíslená) vyjadřuje látkovou bilanci dané rovnice. Reakce probíhající v roztocích mají obvykle iontový charakter a často dochází k jejich vyjádření pomocí tzv. iontových

rovnice. Tyto rovnice obsahující pouze ty ionty a nedisociované molekuly, které se účastní reakce, a proto jsou jednodušší a přehlednější než rovnice úplné. Chemická reakce, při které dochází ke změně oxidačních čísel u některých nebo i všech atomů prvků, se nazývá oxidačně-redukční reakce, zkráceně redoxní reakce.<sup>1,10</sup>

### 2. 8. 1. VYČÍSLOVÁNÍ CHEMICKÝCH ROVNIC

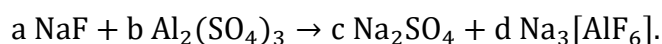
Ve správně vyřešené (vyčíslené) chemické rovnici platí, že se součet atomů každého prvku na levé straně rovnice rovná součtu atomů téhož prvku na straně pravé. U iontových rovnic navíc musí na pravé i levé straně rovnice souhlasit náboj iontů.<sup>1</sup>

### 2. 8. 2. SESTAVOVÁNÍ A VYČÍSLOVÁNÍ ROVNIC REAKCÍ, PŘI NICHŽ NEDOCHÁZÍ KE ZMĚNÁM OXIDAČNÍCH ČÍSEL PRVKŮ

Vyčíslování rovnic chemických reakcí, při kterých nedochází ke změnám oxidačních čísel, provádíme **postupnou bilancí počtu atomů jednotlivých prvků**.<sup>1</sup> Bilance zpravidla začíná prvkem, který se vyskytuje pouze v jedné látce.

#### Příklad 7

Vypočítejte koeficienty a, b, c, d v rovnici:<sup>6</sup>



#### **Řešení:**

Při této reakci nedochází ke změně oxidačních čísel. Vyčíslování budeme provádět postupnou bilancí atomů jednotlivých prvků.

Počet atomů Na:  $a = 2c + 3d$

Počet atomů Al:  $2b = d$

Počet atomů F:  $a = 6d$

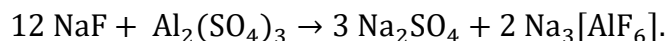
Počet skupin  $\text{SO}_4$ :  $3b = c$



Koeficienty a, b, c, d v chemické rovnici nelze určit jednoznačně. Zpravidla chceme, aby hodnoty koeficientů byly celočíselné a co nejmenší.

Zvolíme např.  $b = 1$  a pro ostatní koeficienty a, b, c dostaneme  $d = 2$ ,  $c = 3$ ,  $a = 12$ .

Dosažením koeficientů a, b, c, d do původní rovnice dostaneme:



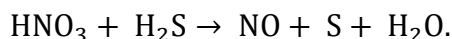
### 2. 8. 3. SESTAVOVÁNÍ A VYČÍSLOVÁNÍ OXIDAČNĚ-REDUKČNÍCH ROVNIC

Oxidačně-redukční (redoxní) reakce jsou chemické reakce, při kterých dochází u vzájemně reagujících látek k přechodu elektronů z atomů jedné látky k atomům látky druhé. Jelikož přenos elektronů je možný i mezi ionty, znamená to, že i mezi nimi může probíhat redoxní reakce. Látka, jejíž atomy přijímají elektrony od jiné látky, oxiduje ji a sama sebe redukuje, se nazývá oxidační činidlo. Redukční činidlo je naopak látka, jejíž atomy elektrony odevzdávají jiné látce, redukuje ji a sama sebe oxiduje. Látka může přijímat elektrony jen tehdy, jestliže se reakce současně zúčastňuje jiná látka, která elektrony odevzdává. Proto je oxidace spjata s redukcí a odtud název oxidačně-redukční reakce. Rovnice, které je vyjadřují, se nazývají oxidačně-redukční rovnice.<sup>11</sup>

Tyto rovnice můžeme řešit stejně jako rovnice reakcí, u kterých nedochází ke změně oxidačních čísel pomocí postupné bilance atomů všech prvků. Rychlejší a jednodušším způsobem je zjištění stechiometrických koeficientů na základě znalosti změn oxidačních čísel prvků. Při oxidaci se oxidační číslo prvku zvyšuje v důsledku ztráty elektronů. Naopak při redukcí dochází ke snižování oxidačního čísla v důsledku zisku elektronů. Počty elektronů uvolněných při oxidaci a spotřebovaných při redukcí se vyrovnají pomocí stechiometrických koeficientů u látek podléhajících oxidaci a redukcí. Zápis řešení může mít různou podobu, avšak podstatou řešení je vždy bilance elektronů uvolněných při oxidaci a přijatých při redukcí.<sup>1</sup>

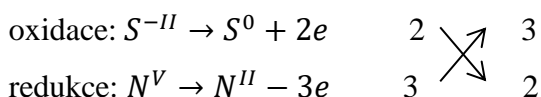
### Příklad

Doplňte koeficienty v následující rovnici:<sup>12</sup>



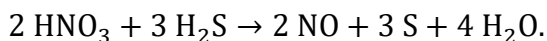
### **Řešení:**

Rovnice popisuje redoxní reakci. Určením oxidačních čísel a jejich vzájemným porovnáním na obou stranách rovnice zjistíme, že proběhla:



Počet elektronů v dílčí rovnici, vystihující redukci oxidačního činidla, odpovídá počtu částic redukčního činidla v rovnici. Počet elektronů v dílčí rovnici, vystihující oxidaci redukčního činidla, odpovídá naopak počtu částic oxidačního činidla.

Zjištěné koeficienty napíšeme k příslušným vzorcům reagujících látek v levé části rovnice. Pravou stranu rovnice upravíme tak, aby počet jednotlivých atomů na obou stranách rovnice byl stejný:



### 3 PRAKTICKÁ ČÁST

Praktická část využívá poznatků získaných z dotazníkového šetření a výsledků výpočtových úloh, které řešili studenti na následujících středních školách:

- Gymnázium Písek;
- Gymnázium Beroun;
- Masarykovo gymnázium Plzeň;
- Střední zdravotnická škola Písek;
- Střední lesnická škola Písek.

Tabulka 3 Počet dotazovaných studentů na vybraných středních školách

Název školy	Zkratka školy	Třída	Počet studentů	Celkový počet studentů
Gymnázium Písek	GP	2.A + 2.B	51	95
		Sexta	25	
		Chemický seminář	19	
Gymnázium Beroun	GB	1.A	29	48
		Kvinta	19	
Masarykovo gymnázium Plzeň	MGP	1.A	17	28
		Chemický seminář	11	
Střední zdravotnická škola Písek	SZŠP	1.A	23	23
Střední lesnická škola Písek	SLŠP	1.A	53	53

V tabulce 3 je uveden počet respondentů na vybraných středních školách a v jednotlivých třídách. Dotazování se zúčastnilo celkem **247 studentů**. Testy společně s dotazníkem byly žákům zadány v těch ročnících, ve kterých se na dané střední škole chemické výpočty probírají.

Na Střední lesnické a Střední zdravotnické škole v Písku jsou s problematikou výpočtových úloh studenti seznámeni v 1. ročníku. Výuka je věnovaná základním chemickým výpočtům jako např. hmotnost atomů, látkové množství nebo složení směsí.

Na gymnáziu v Berouně a Masarykově gymnáziu v Plzni byli dotazováni studenti 1. ročníku čtyřletého gymnázia a kvinty (5. ročník osmiletého gymnázia).

Na píseckém gymnáziu došlo v důsledku pandemie covidu-19 ke změně v harmonogramu výuky a problematikou výpočtových úloh se studenti nyní zabývají ve 2. ročnících čtyřletého gymnázia a v kvartě (6. ročník osmiletého gymnázia). Na všech dotazovaných gymnáziích je výuka zaměřená především na základní chemické výpočty (hmotnost atomů a molekul, látkové množství, roztoky, vyčíslování chemických rovnic, výpočty z chemických rovnic).

Na MGP a GP byli dotazováni i studenti maturitních ročníků čtyřletého a osmiletého gymnázia, kteří si vybrali předmět chemický seminář, jehož náplní je opakování probrané látky a příprava k maturitě.

### **3. 1. DOTAZNÍK PRO UČITELE**

Dotazník pro učitele (viz Příloha 1) byl anonymní, skládal se z 8 otázek a vyplnilo ho celkem 15 učitelů z výše uvedených středních škol. Cílem dotazníkového šetření bylo zjistit úhel pohledu učitelů na výuku chemických výpočtů – zda podle nich tyto úlohy patří mezi náročnější učivo probírané v hodinách chemie, co podle nich dělá žákům při řešení těchto úloh největší potíže, kolik hodin věnují chemickým výpočtům, z jaké literatury vybírají příklady na procvičování a jakým způsobem ověřující získané znalosti studentů.

#### **3. 1. 1. VYHODNOCENÍ DOTAZNÍKU PRO UČITELE**

##### ***1. Kolik hodin je věnováno chemickým výpočtům v ročnících, které vyučujete?***

Na SZŠP, SLŠP a GB je v 1. ročníku věnováno chemickým výpočtům 5–8 hodin. Učitelé MGP uvedli, že počet hodin, při kterých se zabývají problematikou výpočtových úloh, odpovídá potřebě studentů. Na GP se toto učivo probírá více jak 10 hodin.

**2. Myslíte si, že věnujete úlohám z chemických výpočtů dostatek času?**

- *Ano*
- *Ne*
- *Nevím*

U této otázky byla odpověď dotazovaných učitelů jednotná. Všichni si myslí, že věnují výpočtovým úlohám dostatek času.

**3. Jakým způsobem ověřujete získané znalosti studentů z chemických výpočtů?**

Všichni učitelé ověřují získané znalosti svých žáků pomocí písemných testů. 47 % dotazovaných využívá i domácích úkolů.

**4. Patří podle Vás úlohy z chemických výpočtů mezi obtížnější učivo z chemie?**

- *Ano*
- *Ne*
- *Nevím*

80 % respondentů je toho názoru, že výpočtové úlohy patří mezi obtížnější učivo probírané v hodinách chemie. Zbýlých 20 % učitelů by chemické výpočty mezi náročnější učivo nezařadilo.

**5. Co podle Vás dělá žákům při řešení výpočtových úloh největší problémy?**

- *Pochopit úlohu (zadání příkladu)*
- *Dosadit do správného vzorce*
- *Zapsat a vyčíslit chemickou reakci*
- *Použít správné jednotky*
- *Samotný výpočet*
- *Jiný problém a jaký?*

Dle dotazovaných učitelů dělá studentům při řešení výpočtových úloh největší problémy:

- Pochopit úlohu (zadání příkladu) – 73 % učitelů
- Zapsat a vyčíslit chemickou reakci – 27 % učitelů
- Samotný výpočet – 20 % učitelů

Pozn. Součet procent není roven číslu sto, jelikož někteří učitelé vybrali více možností.

**6. Z jaké literatury vybíráte úlohy k procvičování chemických výpočtů?**

- Mareček, Honza: Příklady a úlohy z chemie (40 %)
- Kosina, Šrámek: Chemické výpočty a reakce (20 %)
- Šípek: Sbíрка příkladů z chemie (20 %)
- Banýr a kol.: Chemie pro střední školy (20 %)
- Mareček, Honza: Chemie pro čtyřletá gymnázia (13 %)
- Odstrčil: Chemie pro střední zdravotnické školy I. (13 %)
- Čtrnáctová: Úlohy ze středoškolské chemie (7 %)
- Kotlík, Růžičková: Chemie v kostce pro střední školy (7 %)

Pozn. Někteří učitelé uvedli hned několik učebnic a sbírek, ze kterých vybírají úlohy k procvičování chemických výpočtů, a proto součet procent není roven číslu sto.

**7. Jsou podle Vás v učebnicích, které mají žáci k dispozici výpočtové úlohy dostatečně dobře vysvětleny?**

- *Ano*
- *Ne*
- *Nevím*

V odpovědi na tuto otázku nebyli dotazovaní učitelé jednotní. Polovina si myslí, že jsou v učebnicích, které mají studenti k dispozici, výpočtové úlohy dostatečně dobře vysvětleny, polovina je opačného názoru.

**8. Napadá Vás způsob, jak výuku tohoto učiva zlepšit, aby bylo pro studenty srozumitelnější? Pokud ano, tak jaký?**

67 % respondentů nenapadá způsob, jak výuku chemických výpočtů zlepšit, aby byla pro studenty srozumitelnější. 20 % dotazovaných je přesvědčeno o tom, že by k pozitivní změně mohlo dojít v případě, že by se v hodinách využívalo více praktických ukázek. Dle jejich názoru je pro žáky učivo obtížné i kvůli tomu, že si nedokáží představit využití v praxi. 13 % si myslí, že ke zlepšení výuky tohoto učiva je potřeba zkvalitnit výuku matematiky.

### 3. 1. 2. CELKOVÉ ZHODNOCENÍ DOTAZNÍKU PRO UČITELE

Výpočtovým úlohám je na středních školách a gymnáziích věnováno většinou 5–10 hodin. 80 % dotazovaných učitelů by zařadilo chemické výpočty mezi obtížnější učivo chemie. Řešení těchto úloh může působit studentům značné potíže, a proto se učitelé snaží této problematice věnovat dostatečně, jak uvedli všichni dotazovaní.

### 3. 2. DOTAZNÍK PRO ŽÁKY

Dotazník pro žáky (viz Příloha 2) byl anonymní, obsahoval 7 otázek a vyplnilo ho celkem 247 respondentů z výše uvedených středních škol. Cílem dotazníkového šetření bylo zjistit úhel pohledu studentů na výuku chemických výpočtů – zda je jim problematika výpočtových úloh srozumitelně vysvětlena, co jim při řešení příkladů dělá největší potíže a zda je napadá způsob, jak výuku tohoto učiva zlepšit.

#### 3. 2. 1. VYHODNOCENÍ DOTAZNÍKU PRO ŽÁKY

*1. Jaké známky většinou dostáváš z písemných prací, které se týkají výpočtových úloh?*

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

42 % dotazovaných žáků dostává z písemných prací většinou dvojky, 37 % trojky, 26 % jedničky, 9 % čtyřky a 2 % pětky.

Pozn. U této otázky mohli žáci označit více možností, proto celkový součet procent není roven stu.

## **2. Přijde ti toto učivo zajímavé?**

- *Ano*
- *Ne*
- *Nevím*

46 % respondentů nepovažuje chemické výpočty za zajímavé učivo, 31 % je opačného názoru. 23 % žáků si svou odpověď není jisto.

## **3. Myslíš si, že je toto učivo při hodině dostatečně srozumitelně vysvětleno?**

- *Ano*
- *Ne*
- *Nevím*

65 % dotazovaných je přesvědčeno o tom, že jsou jim chemické výpočty při hodině srozumitelně vysvětleny. 18 % si svou odpověď není jisto a 17 % studentů by potřebovalo učivo lépe vysvětlit.

## **4. Je podle tebe výpočtovým úlohám věnován při hodinách dostatečný čas na procvičení a porozumění?**

- *Ano*
- *Ne*
- *Nevím*

Téměř polovina (49 %) respondentů si myslí, že je chemickým výpočtům při hodinách věnován dostatečný čas na procvičení a porozumění. 27 % studentů je opačného názoru.

## **5. Co ti při řešení úloh z chemických výpočtů dělá největší potíže?**

- *Pochopit úlohu (zadání příkladu)*
- *Dosadit do správného vzorce*
- *Zapsat a vyčíslit chemickou reakci*
- *Použít správné jednotky*
- *Samotný výpočet*
- *Jiný problém a jaký?*



Žáci mají při řešení chemických výpočtových úloh nejčastěji tyto potíže:

- Pochopit úlohu (zadání příkladu) (47 %)
- Dosadit do správného vzorce (34 %)
- Zapsat a vyčíslit chemickou reakci (28 %)
- Samotný výpočet (11 %)
- Použít správné jednotky (9 %)
- Jiný problém a jaký? (6 %) (5 respondentů uvedlo, že jim největší problém dělá určení oxidačního čísla, 10 dotazovaných považuje za velmi náročné přijít na postup řešení)

Pozn. U této otázky mohli studenti označit více možností, proto celkový součet procent není roven stu.

**6. Seřad' následující typy výpočtů podle toho, jak moc problematické pro tebe jsou (1 – nejméně problematické, 6 – nejvíce problematické).**

- *Výpočet hmotnosti atomů a molekul*
- *Hmotnostní, molární a objemový zlomek, látková koncentrace*
- *Příprava, úprava složení a směšování roztoků*
- *Stechiometrické výpočty*
- *Plynné zákony*
- *Vyčíslování chemických rovnic*

Respondenti seřadili následující typy výpočtů podle toho, jak moc problematické pro ně jsou, následovně:

- Hmotnostní, molární a objemový zlomek, látková koncentrace (1)
- Výpočet hmotnosti atomů a molekul (2)
- Vyčíslování chemických rovnic (3)
- Příprava, úprava složení a směšování roztoků (4)
- Plynné zákony (5)
- Stechiometrické výpočty (6 – nejvíce problematické)

### ***7. Napadá tě způsob, jak výuku tohoto učiva zlepšit, aby pro tebe bylo srozumitelnější?***

#### ***Pokud ano, tak jaký?***

72 % dotazovaných nenapadá žádný způsob, jak výuku výpočtových úloh zlepšit, aby pro ně byla srozumitelnější. 21 % by potřebovalo učivo při hodinách více procvičovat. 5 % studentů by chtělo přizpůsobit výuku danému oboru a zaměření, 2 % respondentů by potřebovala učivo lépe vysvětlit.

### **3. 2. 2. CELKOVÉ ZHODNOCENÍ DOTAZNÍKU PRO ŽÁKY**

Téměř polovina respondentů (49 %) je toho názoru, že je chemickým výpočtům při hodinách věnován dostatečný čas na procvičení a porozumění. 65 % studentů je přesvědčeno o tom, že je jim daná problematika srozumitelně vysvětlena, ale i přesto 46 % dotazovaných nepovažuje výpočtové úlohy za zajímavé učivo probírané ve výuce chemie.

Při řešení dělá žákům největší potíže pochopit úlohu (zadání příkladu) a dosadit do správného vzorce. Mezi nejméně problematické typy výpočtů by studenti zařadili úlohy na hmotnostní, molární, objemový zlomek a látkovou koncentraci, za nejvíce komplikované považují výpočty stechiometrické.

### **3. 3. TEST PRO ŽÁKY**

Anonymní test (viz Příloha 3) byl žákům zadán společně s dotazníkem a na jejich společné vyplnění měli respondenti 45 minut. Test se skládal z 5 příkladů a bylo v něm možné dosáhnout **15 bodů**. Cílem testu bylo zjistit úroveň znalostí studentů chemie v oblasti výpočtových úloh, najít nejčastější chyby, kterých se při řešení dopouštějí a porovnat výsledky mezi jednotlivými třídami a školami.

První příklad byl věnovaný výpočtu hmotnosti atomu, druhý problematice hmotnostního zlomku a třetí vyjádření složení roztoku. Příklad 4 byl zaměřen na výpočet objemu plynu za standardních podmínek a příklad 5 se týkal problematiky směšování roztoků.

### 3. 3. 1. ZADÁNÍ TESTU, MOŽNÁ ŘEŠENÍ, VÝSLEDKY A HODNOCENÍ

#### Příklad 1

Relativní atomová hmotnost zlata je  $A_r(\text{Au}) = 196,9665$ , atomová hmotnostní konstanta  $m_u = 1,66056 \cdot 10^{-27}$  kg. Vypočítejte hmotnost jednoho atomu zlata.<sup>2</sup>

#### **Řešení:**

$$A_r(\text{Au}) = 196,9665$$

$$m_u = 1,66056 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

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

Při výpočtu využijeme vztah pro relativní atomovou hmotnost.

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

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

1 bod

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

$$m(\text{Au}) = 196,9665 \cdot 1,66056 \cdot 10^{-27}$$

$$\mathbf{m(\text{Au}) = 3,27 \cdot 10^{-27} \text{ kg}}$$

1 bod

#### **Odpověď:**

Hmotnost jednoho atomu zlata je  $3,27 \cdot 10^{-27}$  kg.

#### **Hodnocení:**

Za správné vyřešení příkladu 1 bylo možné získat **dva body**. Jeden bod za použití vztahu pro výpočet relativní atomové hmotnosti, druhý bod za správný výsledek a uvedení jednotky.

### **Příklad 2**

Vypočítejte hmotnostní zlomek chloridu sodného v roztoku, víte-li, že  $m(\text{NaCl}) = 98 \text{ g}$ ,  
 $m(\text{H}_2\text{O}) = 600 \text{ g}$ .

#### **Řešení:**

$$m(\text{NaCl}) = 98 \text{ g}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 600 \text{ g}$$

$$w(\text{NaCl}) = ?$$

Při výpočtu využijeme vztahu:

$$w(A) = \frac{m(A)}{m_{\odot}}$$

Dále platí, že součet hmotností všech látek obsažených v roztoku je roven celkové hmotnosti roztoku.

$$m_{\odot} = m(\text{NaCl}) + m(\text{H}_2\text{O})$$

$$m_{\odot} = 98 + 600$$

$$m_{\odot} = 698 \text{ g} \quad 1 \text{ bod}$$

$$w(\text{NaCl}) = \frac{m(\text{NaCl})}{m_{\odot}} \quad 1 \text{ bod}$$

$$w(\text{NaCl}) = \frac{98}{698}$$

$$w(\text{NaCl}) = 0,14 = 14 \% \quad 1 \text{ bod}$$

#### **Odpověď:**

Hmotnostní zlomek chloridu sodného v roztoku obsahujícím 98 g NaCl a 600 g H<sub>2</sub>O je 0,14 neboli 14 %.

#### **Hodnocení:**

Příklad 2 byl ohodnocen **třemi body**. První bod bylo možné získat za výpočet celkové hmotnosti roztoku, druhý bod za použití vztahu pro hmotnostní zlomek a třetí bod za správný výsledek.

### **Příklad 3**

Vypočítejte hmotnost chloridu vápenatého v roztoku, pokud víte, že:  $V_{\text{O}} = 30 \text{ dm}^3$ ,  
 $c(\text{CaCl}_2) = 0,1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ ,  $M(\text{CaCl}_2) = 110,98 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ .

#### **Řešení:**

$$V_{\text{O}} = 30 \text{ dm}^3$$

$$c(\text{CaCl}_2) = 0,1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$$

$$M(\text{CaCl}_2) = 110,98 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$m(\text{CaCl}_2) = ?$$

$$c(\text{CaCl}_2) = \frac{n(\text{CaCl}_2)}{V_{\text{O}}} \quad 1 \text{ bod}$$

$$n(\text{CaCl}_2) = c(\text{CaCl}_2) \cdot V_{\text{O}}$$

$$n(\text{CaCl}_2) = 30 \cdot 0,1$$

$$n(\text{CaCl}_2) = 3 \text{ mol} \quad 1 \text{ bod}$$

$$m(\text{CaCl}_2) = n(\text{CaCl}_2) \cdot M(\text{CaCl}_2) \quad 1 \text{ bod}$$

$$m(\text{CaCl}_2) = 3 \cdot 110,98$$

$$m(\text{CaCl}_2) = \mathbf{332,94 \text{ g}} \quad 1 \text{ bod}$$

#### **Odpověď:**

Hmotnost chloridu vápenatého v daném roztoku je 332,94 g.

#### **Hodnocení:**

Za správné vyřešení příkladu 3 bylo možné získat **čtyři body**. První dva body za použití vztahu pro výpočet látkového množství, správný výsledek a uvedení jednotky. Další dva body za vztah pro výpočet hmotnosti, výsledek a jednotku.

#### **Příklad 4**

Jaký objem za standardních podmínek zaujímá 5 g vodíku?<sup>13</sup> ( $V_m = 22,41 \text{ dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$ )

**Řešení:**

$$m (H_2) = 5 \text{ g}$$

$$M (H_2) = 2 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

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

$$V (H_2) = ?$$

$$n (H_2) = \frac{m (H_2)}{M (H_2)}$$

$$n (H_2) = \frac{5}{2}$$

$$n (H_2) = 2,5 \text{ mol} \quad 1 \text{ bod}$$

$$n (H_2) = \frac{V (H_2)}{V_m} \quad 1 \text{ bod}$$

$$V (H_2) = n (H_2) \cdot V_m$$

$$V (H_2) = 2,5 \cdot 22,41$$

$$V (H_2) = \mathbf{56,025 \text{ dm}^3} \quad 1 \text{ bod}$$

**Odpověď:**

Za standardních podmínek zaujímá 5 g vodíku objem  $56,025 \text{ dm}^3$ .

**Hodnocení:**

Příklad 4 byl ohodnocen **třemi body**. První bod bylo možné získat za výpočet látkového množství vodíku, druhý bod za použití vztahu pro objem plynu za standardních podmínek a třetí bod za správný výsledek a uvedení jednotky.

### **Příklad 5**

Vypočítejte složení výsledného roztoku, který vznikne smísením 50 g 30% roztoku a 70 g 40% roztoku NaCl.

**Řešení:**

$$m_1 = 50 \text{ g}$$

$$w_1 = 30 \% = 0,3$$

$$m_2 = 70 \text{ g}$$

$$w_2 = 40 \% = 0,4$$

$$m_1 w_1 + m_2 w_2 = m_3 w_3 \quad 1 \text{ bod}$$

$$m_1 w_1 + m_2 w_2 = (m_1 + m_2) w_3 \quad 1 \text{ bod}$$

$$50 \cdot 0,3 + 70 \cdot 0,4 = (50 + 70) w_3$$

$$43 = 120 \cdot w_3$$

$$w_3 = \frac{43}{120}$$

$$w_3 = 0,3583 = 35,83 \% \quad 1 \text{ bod}$$

**Odpověď:**

Složení výsledného roztoku, který vznikne smísením 50 g 30% roztoku a 70 g 40% roztoku NaCl bude přibližně 36 %.

**Hodnocení:**

Za správné vyřešení příkladu 5 bylo možné obdržet **tři body**. Dva body za výpočet hmotnosti výsledného roztoku a použití směšovací rovnice, třetí bod za správný výsledek.

### 3. 4. VYHODNOCENÍ TESTŮ

#### 3. 4. 1. VÝSLEDKY JEDNOTLIVÝCH STŘEDNÍCH ŠKOL

Gymnázium Písek

Tabulka 4 Gymnázium Písek - vyhodnocení testu

	Gymnázium Písek					
	2.A + 2.B		Sexta		Chemický seminář	
Příklad	Dosažené body	Úspěšnost	Dosažené body	Úspěšnost	Dosažené body	Úspěšnost
Příklad 1	33	32 %	28	56 %	19	50 %
Příklad 2	113	74 %	63	84 %	54	95 %
Příklad 3	147	72 %	88	88 %	64	84 %
Příklad 4	27	18 %	25	33 %	25	44 %
Příklad 5	96	63 %	54	72 %	41	72 %
<b>Celková úspěšnost</b>	<b>416</b>	<b>54 %</b>	<b>258</b>	<b>69 %</b>	<b>203</b>	<b>71 %</b>

V tabulce 4 je uveden počet dosažených bodů a celková úspěšnost respondentů z píseckého gymnázia. Je patrné, že nejlépe si s problematikou výpočtových úloh poradili studenti chemického semináře, kteří v testu dosáhli úspěšnosti 71 %. S vysokou úspěšností (95 %) vyřešili příklad 2 (hmotnostní zlomek), největší potíže jim naopak dělal příklad 4, který byl věnován výpočtu objemu plynu za standardních podmínek.

Celková úspěšnost žáků sexty činila 69 %. Nejméně problematický byl pro tyto studenty příklad 3 (složení roztoku) a nejvíce chybovali při řešení příkladu 4.

Respondenti z 2. ročníku čtyřletého gymnázia (2.A + 2.B) získali v testu 416 bodů, což odpovídá 54 %. Nejvíce komplikovaný byl pro tyto studenty příklad 4.

Z tabulky je patrné, že největší potíže dělal žákům píseckého gymnázia příklad 4, ve kterém dosáhli studenti z 2.A + 2.B úspěšnosti 18 %, ze sexty 33 % a z chemického semináře 44 %.



## Gymnázium Beroun

Tabulka 5 Gymnázium Beroun - vyhodnocení testu

	Gymnázium Beroun			
	1.A		Kvinta	
Příklad	Dosažené body	Úspěšnost	Dosažené body	Úspěšnost
Příklad 1	40	69 %	8	21 %
Příklad 2	63	72 %	57	100 %
Příklad 3	44	38 %	56	74 %
Příklad 4	12	14 %	9	16 %
Příklad 5	20	23 %	23	40 %
<b>Celková úspěšnost</b>	<b>179</b>	<b>41 %</b>	<b>153</b>	<b>54 %</b>

Na gymnáziu v Berouně si se zadaným testem lépe poradili studenti kvinty, jak je uvedeno v tabulce 5. Tito respondenti získali v testu celkově 153 bodů, což odpovídá úspěšnosti 54 %. Příklad 2 (hmotnostní zlomek) byl bezproblémový, správně ho vyřešili všichni dotazovaní. Nejvíce komplikovaný se pro studenty ukázal být příklad 4, který byl věnovaný výpočtu objemu plynu za standardních podmínek (16 %).

Žáci 1.A v testu obdrželi 179 bodů a jejich celková úspěšnost byla 41 %. Příklad 4 byl pro tyto respondenty nejvíce problematický (14 %), nejméně potíží jim činil příklad 2.

## Masarykovo gymnázium Plzeň

Tabulka 6 Masarykovo gymnázium Plzeň - vyhodnocení testu

	Masarykovo gymnázium Plzeň			
	1.A		Chemický seminář	
Příklad	Dosažené body	Úspěšnost	Dosažené body	Úspěšnost
Příklad 1	15	44 %	12	55 %
Příklad 2	37	73 %	25	76 %
Příklad 3	44	65 %	39	89 %
Příklad 4	25	49 %	9	27 %
Příklad 5	34	67 %	21	64 %
<b>Celková úspěšnost</b>	<b>155</b>	<b>61 %</b>	<b>106</b>	<b>64 %</b>

V tabulce 6 je uveden počet dosažených bodů a celková úspěšnost respondentů z Masarykova gymnázia v Plzni. S příklady si lépe poradili studenti chemického semináře, kteří v testu získali celkem 106 bodů, což odpovídá úspěšnosti 64 %. Nejméně chybovali při řešení příkladu 3 (složení roztoku), ve kterém dosáhli 89 % a největší potíže jim působil příklad 4 (výpočet objemu plynu za standardních podmínek), který zvládli vyřešit s úspěšností 27 %.

Studenti 1. ročníku čtyřletého gymnázia (1.A) získali v testu celkem 155 bodů a jejich úspěšnost byla 61 %. Z tabulky 6 je patrné, že nejméně problematický byl pro tyto studenty příklad 2 (hmotnostní zlomek), ve kterém dosáhli 73 %. Pro respondenty z 1.A byl nejvíce komplikovaný příklad 1, zaměřený na výpočet hmotnosti atomu. V tomto příkladu studenti dosáhli úspěšnosti 44 %.

#### Střední zdravotnická škola Písek

Tabulka 7 **Střední zdravotnická škola Písek - vyhodnocení testu**

	Střední zdravotnická škola Písek	
	1.A	
Příklad	Dosažené body	Úspěšnost
Příklad 1	3	7 %
Příklad 2	1	1 %
Příklad 3	0	0 %
Příklad 4	0	0 %
Příklad 5	3	4 %
<b>Celková úspěšnost</b>	<b>7</b>	<b>2 %</b>

Z tabulky 7 je očividné, že celková úspěšnost respondentů ze Střední zdravotnické školy v Písku byla velmi malá, pouze 2 %. Za příklad 3 (složení roztoku) a příklad 4 (výpočet objemu plynu za standardních podmínek) nezískali studenti ani jeden bod.

Nejvíce překvapující pro mě bylo, že většina žáků odevzdala naprosto prázdný a nevyplněný test, kde nebyl naznačený ani postup výpočtu. Většina studentů se tedy ani nepokoušela příklady vyřešit. Nemohu tedy usoudit, zda byl test pro studenty této střední školy tak obtížný, nebo se jen na testování odmítali podílet.

## Střední lesnická škola Písek

Tabulka 8 Střední lesnická škola Písek - vyhodnocení testu

	Střední lesnická škola Písek	
	1.A	
Příklad	Dosažené body	Úspěšnost
Příklad 1	48	45 %
Příklad 2	80	50 %
Příklad 3	8	4 %
Příklad 4	4	3 %
Příklad 5	0	0 %
<b>Celková úspěšnost</b>	<b>140</b>	<b>18 %</b>

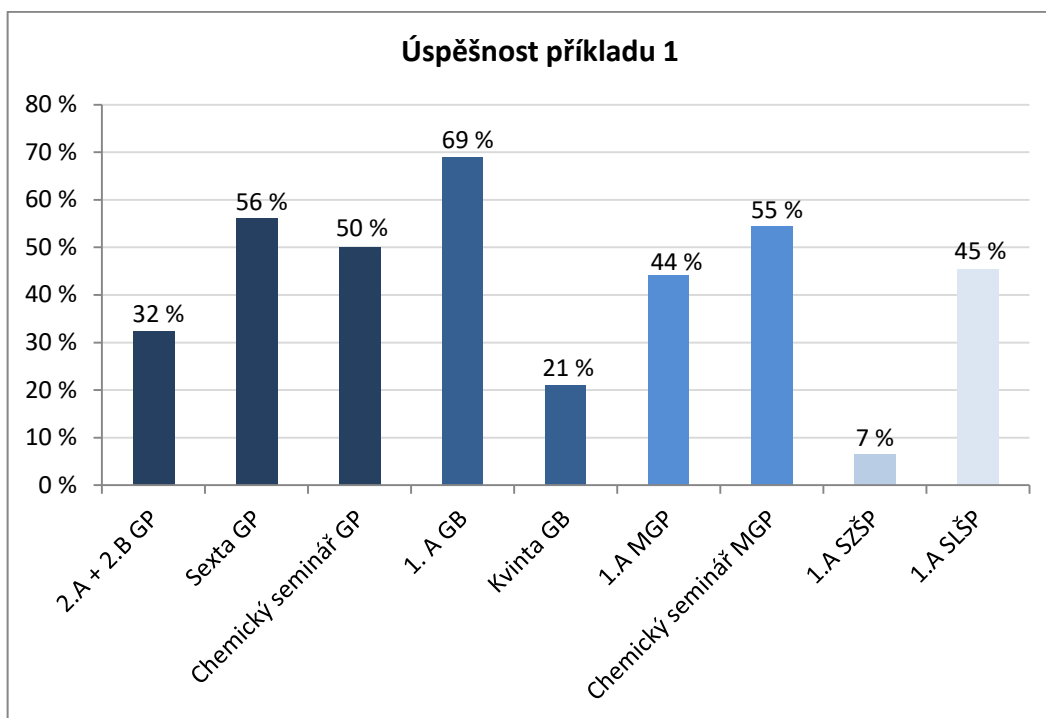
V tabulce 8 je uveden počet dosažených bodů a úspěšnost respondentů ze Střední lesnické školy v Písku. Tito studenti získali v testu 140 bodů, což odpovídá celkové úspěšnosti 18 %. Nejlépe si poradili s příkladem 2 (hmotnostní zlomek), za který získali 80 bodů (úspěšnost 50 %). Naopak za příklad 5 (směšování roztoků) nezískali ani jeden bod.

U většiny studentů nebyl u příkladu 3 (složení roztoku), 4 (výpočet objemu plynu) a 5 naznačen ani postup řešení. Problematika těchto výpočtů nemusela být žákům dostatečně objasněna. Jiným odůvodněním by mohlo být to, že vyplnění dotazníku a testu bylo pro respondenty časově náročné a na řešení těchto příkladů jim nezbyl potřebný čas.

### 3. 4. 2. VÝSLEDKY TŘÍD U JEDNOTLIVÝCH PŘÍKLADŮ

#### Příklad 1

Relativní atomová hmotnost zlata je  $A_r(\text{Au}) = 196,9665$ , atomová hmotnostní konstanta  $m_u = 1,66056 \cdot 10^{-27}$  kg. Vypočítejte hmotnost jednoho atomu zlata.



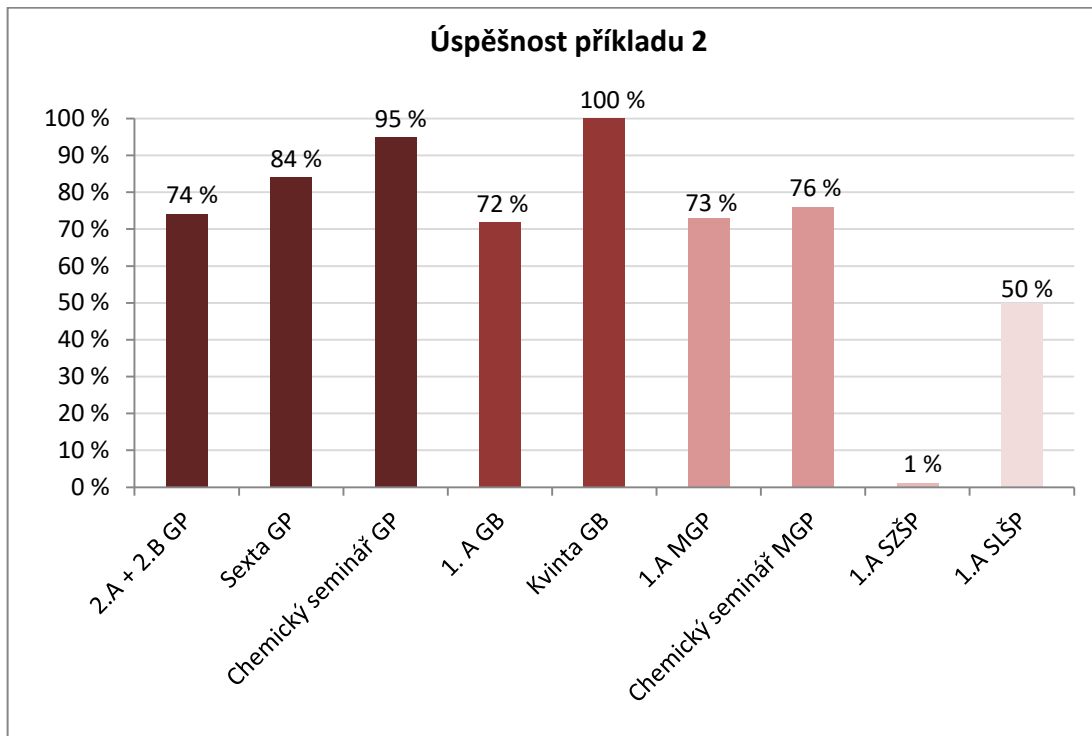
Obr. 1 Úspěšnost jednotlivých tříd při řešení příkladu 1

Z obrázku 1 je patrné, že nejlépe si s prvním příkladem, který byl zaměřený na výpočet hmotnosti atomů, poradili studenti 1. ročníku čtyřletého gymnázia v Berouně (úspěšnost 69 %). Naopak největší potíže s vyřešením úlohy měli respondenti ze SZŠP.

Při řešení se žáci dopouštěli chyb, které byly způsobené neznalostí vztahu pro výpočet relativní atomové hmotnosti.

## Příklad 2

Vypočítejte hmotnostní zlomek chloridu sodného v roztoku, víte-li, že  $m(\text{NaCl}) = 98 \text{ g}$ ,  
 $m(\text{H}_2\text{O}) = 600 \text{ g}$ .



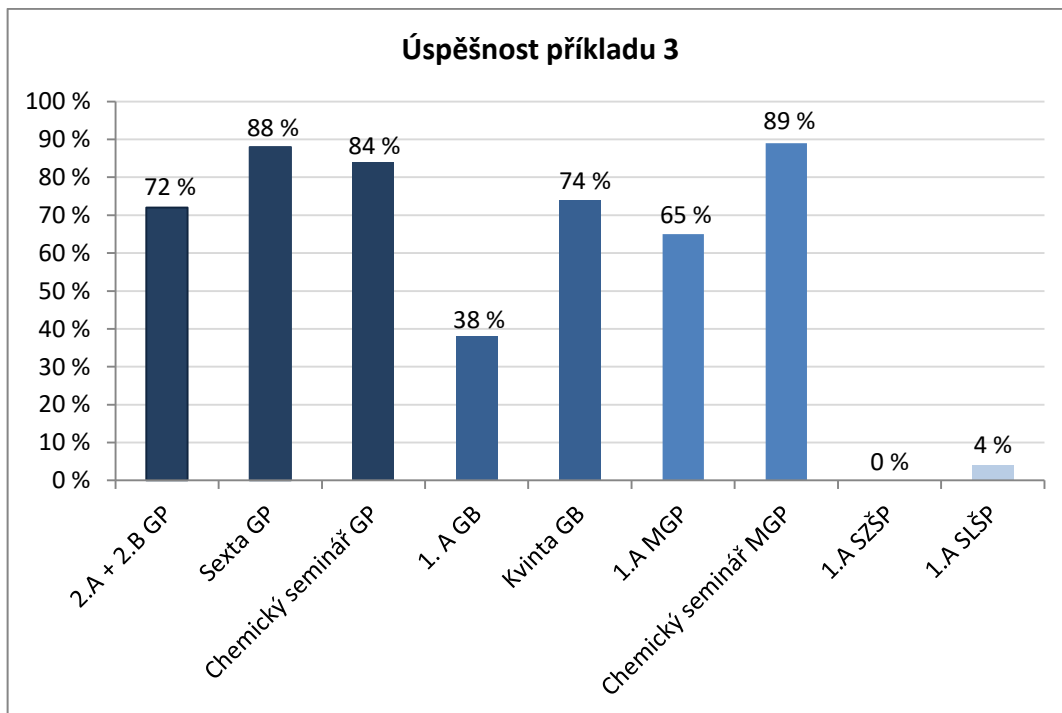
Obr. 2 Úspěšnost jednotlivých tříd při řešení příkladu 2

Z obr. 2 je zjevné, že při řešení příkladu 2 byli neúspěšnější studenti kvinty GB. Všichni tito respondenti vyřešili úlohu správně. Velmi dobře si s příkladem poradili i žáci chemického semináře GP, kteří dosáhli úspěšnosti 95 %. Tato úloha dělala největší potíže žákům SZŠP (1%).

Nejčastější chyba, které se respondenti dopouštěli, bylo nerozlišování mezi hmotností vody a hmotností celého roztoku. Další chyby byly způsobeny neznalostí vztahu pro výpočet hmotnostního zlomku.

### Příklad 3

Vypočítejte hmotnost chloridu vápenatého v roztoku, pokud víte, že:  $V_0 = 30 \text{ dm}^3$ ,  $c(\text{CaCl}_2) = 0,1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ ,  $M(\text{CaCl}_2) = 110,98 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ .



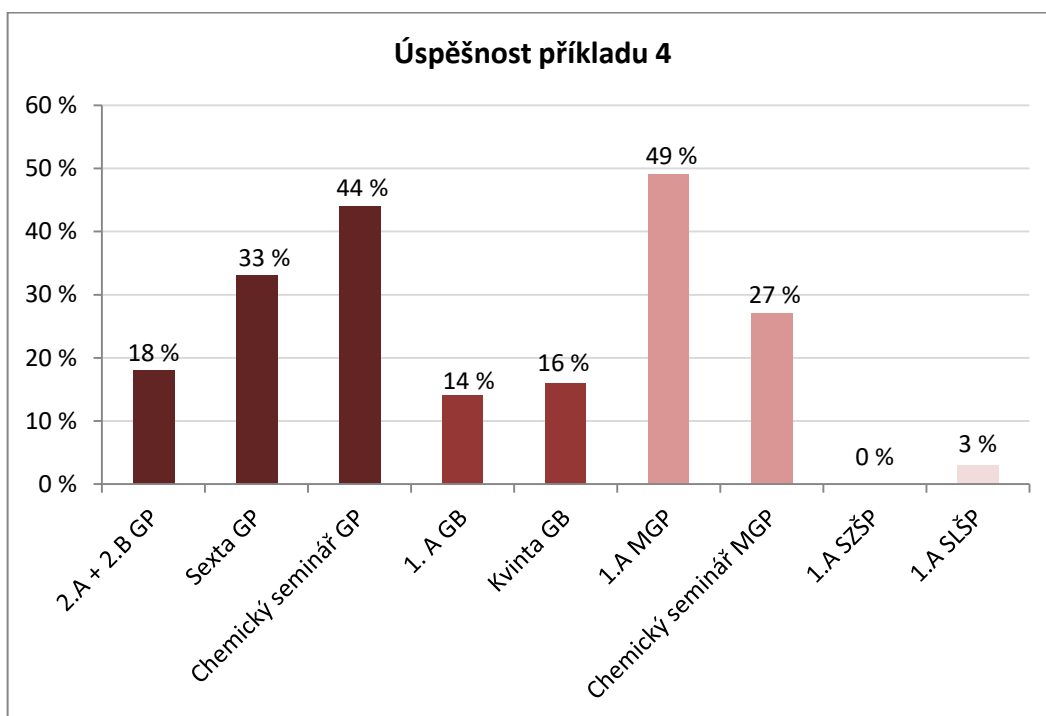
Obr. 3 Úspěšnost jednotlivých tříd při řešení příkladu 3

Z obrázku 3 je patrné, že s příkladem 3 si nejlépe poradili studenti chemického semináře MGP, a to s úspěšností 89 %. V patách jim byli žáci sexty píseckého gymnázia (88 %). Naopak studenti SZŠP v tomto příkladu nezískali ani jeden bod.

Chyby spojené s řešením tohoto příkladu byly způsobeny neznalostí základních definičních vztahů (látková koncentrace, látkové množství).

#### Příklad 4

Jaký objem za standardních podmínek zaujímá 5 g vodíku? ( $V_m = 22,41 \text{ dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$ )



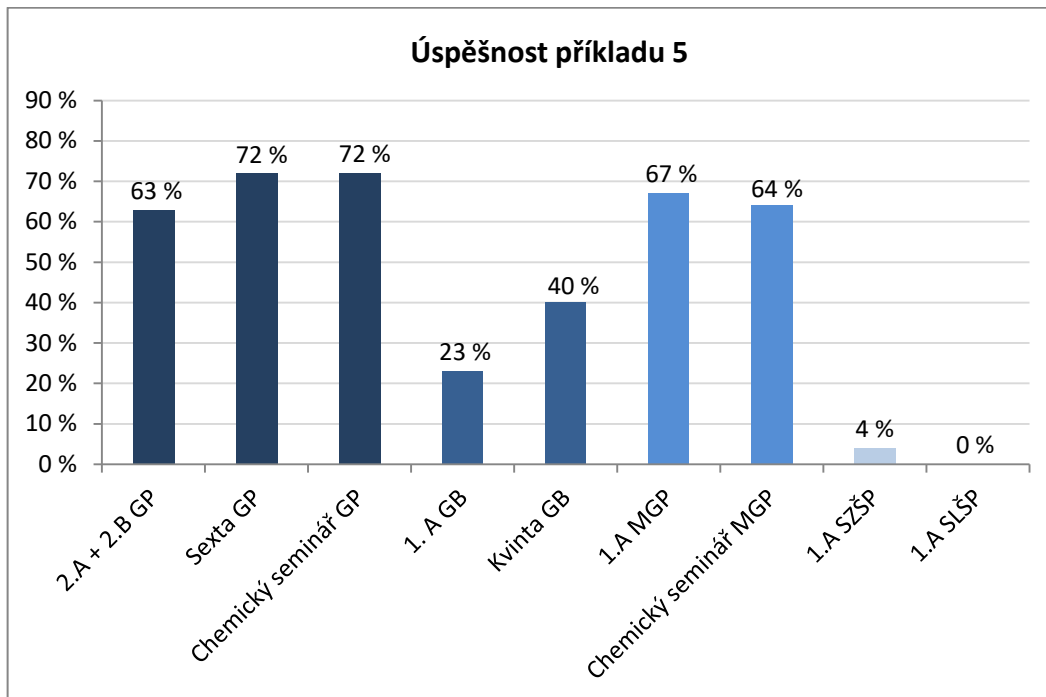
Obr. 4 Úspěšnost jednotlivých tříd při řešení příkladu 4

Příklad 4 se ukázal být pro žáky velmi obtížný, jak je patrné z obr. 4. V tomto příkladě ani jedna třída nepřekonalala 50% hranici úspěšnosti. Nejlépe si s příkladem poradili studenti 1.A MGP (49 %). Studenti SZŠP nezískali za tuto úlohu ani jeden bod.

Nejčastější chyby byly způsobeny neznalostí základních definičních vztahů pro molární objem a nesprávným výpočtem molární hmotnosti vodíku. Vodík se vyskytuje jako dvouatomová molekula, a proto  $M(\text{H}_2) = 2 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ .

### **Příklad 5**

*Vypočítejte složení výsledného roztoku, který vznikne smísením 50 g 30% roztoku a 70 g 40% roztoku NaCl.*



**Obr. 5 Úspěšnost jednotlivých tříd při řešení příkladu 5**

Z obr. 5 je zjevné, že nejlépe si s příkladem 5 poradili studenti sexty (72 %) a chemického semináře (72 %) GP. Velmi dobrých výsledků dosáhli i respondenti z 1.A MGP. Naopak žáci SLŠP za úlohu nezískali ani jeden bod.

Chyby při řešení tohoto příkladu byly spojené s neznalostí směšovací rovnice. Respondenti také chybovali při matematických operacích souvisejících s úpravou a řešením rovnice.

Dalo by se konstatovat, že při výpočtech studenti nevyužívají logického myšlení a nad výsledky se ani nezamýšlejí. V tomto cvičení se žáci mohli vyvarovat hrubých chyb odhadnutím hodnoty výsledku. Směšujeme-li 30% a 40% roztok, složení výsledného roztoku by mělo ležet v rozmezí těchto dvou hodnot.



### 3. 4. 3. SHRnutí

Tabulka 9 Porovnání úspěšnosti respondentů z vybraných středních škol

	Gymnázium Písek		Gymnázium Beroun		MGP		SZŠP		SLŠP	
	Dosažené body	Úspěšnost	Dosažené body	Úspěšnost	Dosažené body	Úspěšnost	Dosažené body	Úspěšnost	Dosažené body	Úspěšnost
Příklad										
Příklad 1	80	42 %	48	50 %	27	48 %	3	7 %	48	45 %
Příklad 2	230	81 %	120	83 %	62	74 %	1	1 %	80	50 %
Příklad 3	299	79 %	100	52 %	83	74 %	0	0 %	8	4 %
Příklad 4	77	27 %	21	15 %	34	40 %	0	0 %	4	3 %
Příklad 5	191	67 %	43	30 %	55	65 %	3	4 %	0	0 %
<b>Celková úspěšnost</b>	<b>877</b>	<b>62 %</b>	<b>332</b>	<b>46 %</b>	<b>261</b>	<b>62 %</b>	<b>7</b>	<b>2 %</b>	<b>140</b>	<b>18 %</b>

Z tabulky 9 je patrné, že nejlépe si se zadaným testem poradili studenti píseckého gymnázia a Masarykova gymnázia v Plzni, kteří shodně dosáhli úspěšnosti 62 %. Největší potíže při řešení příkladů měli žáci Střední zdravotnické školy v Písku.

Z vyhodnocení výsledků vyplývá, že respondenti ani z jedné vybrané dotazované školy nepřekročili v testu 65% hranici úspěšnosti. Tento výsledek se shoduje s údaji získaných z dotazníkového šetření, kde 80 % učitelů uvedlo, že považující chemické výpočty za obtížnější učivo chemie.

Celková úspěšnost jednotlivých tříd se dala předpokládat. V testu si nejlépe vedli studenti chemického semináře GP (71 %), sexty GP (69 %) a chemického semináře MGP (64 %), jak můžeme vyčíst z tabulek 4–8. Tyto výsledky nejsou nijak překvapující, chemický seminář si volí studenti maturitních ročníků čtyřletého a osmiletého gymnázia, kteří by měli mít učivo nejvíce procvičené. Naopak nejhorších výsledků dosáhli studenti třídy 1.A SLŠP (18 %) a 1.A SZŠP (2 %). Svoji roli určitě hraje zaměření školy a skutečnost, že pro správné vyřešení výpočtových úloh je zapotřebí znalostí nejen z chemie, ale i matematiky či fyziky. Dalo by se očekávat, že na SZŠP a SLŠP nebude na výuku těchto předmětů kladen takový důraz jako na gymnáziích.

Z vyhodnocení výsledků je zřejmé, že žáci víceletých gymnázií dosáhli v testu obecně vyšší úspěšnosti než respondenti z gymnázií čtyřletých. Důvodem by mohla být určitá rozdílnost ve vzdělávání na druhém stupni základní školy a na nižším stupni gymnázia.

Nejvíce problematický byl pro studenty příklad 4, který byl věnovaný výpočtu objemu plynu za standardních podmínek. Tento typ úlohy by měl být probírán na všech dotazovaných školách, je tedy pravděpodobné, že studentům nebyla tato problematika dostatečně srozumitelně vysvětlena a potřebovali by více času na procvičení. Nejlepších výsledků dosáhli respondenti při řešení příkladu 2 (výpočet hmotnostního zlomku). S tímto typem úlohy se žáci seznamují již na základní škole nebo na nižším stupni gymnázia, měli by mít tedy toto učivo nejvíce zažité a nejlépe procvičené. Vyhodnocení výsledků se shoduje s údaji z dotazníkového šetření, kde studenti úlohy na hmotnostní, molární a objemový zlomek označili za nejméně problematické typy výpočtů.

Mezi chyby, kterých se respondenti při řešení příkladů nejvíce dopouštěli, patří neznalost základních definičních vztahů a nerozlišování mezi hmotností vody a hmotností celého roztoku. Studenti také chybovali při matematických operacích souvisejících s úpravou a řešením rovnice.

## 4 ZÁVĚR

S problematikou výpočtových úloh se studenti na středních školách setkávají ve výuce chemie nejčastěji v 1. ročníku a žáci víceletých gymnázií v kvintě. Teoretická část bakalářské práce obsahuje přehled základních chemických výpočtů jako např. hmotnost atomů, složení směsí, vyčíslování chemických rovnic aj. Cílem praktické části bylo zjistit úroveň znalostí studentů vybraných středních škol a gymnázií v oblasti výpočtových úloh, a to na základě sestavení a vyhodnocení jednoduchého testu.

Ze statistického zpracování zadaných příkladů vyplývá, že nejlépe si při řešení testu vedli respondenti z chemického semináře. Tento výsledek byl očekávaný, chemický seminář si volí studenti maturitních ročníků čtyřletého a osmiletého gymnázia, kteří by měli mít učivo nejvíce zažité a nejlépe procvičené. Žáci víceletých gymnázií dosáhli v testu vyšší úspěšnosti než dotazovaní z gymnázií čtyřletých a nejméně bodů získali respondenti ze středních škol. Pro správné vyřešení výpočtových úloh je zapotřebí znalostí nejen z chemie, ale i matematiky či fyziky. Na tyto předměty není ve výuce na dotazovaných středních školách kladen takový důraz jako na gymnáziích.

Na základě vyhodnocení výsledků jsem dospěla k názoru, že výpočtové úlohy patří mezi náročnější učivo chemie. S tímto tvrzením se shoduje i dotazníkové šetření, které ukázalo, že většina učitelů řadí chemické výpočty mezi obtížnější látku probíranou ve výuce chemie. Polovina z nich je dokonce toho názoru, že v učebnicích, které mají žáci k dispozici, není problematika výpočtových úloh dostatečně srozumitelně vysvětlena.

## 5 LITERATURA

- 1 Flemr V., Holečková E.: Úlohy z názvosloví a chemických výpočtů v anorganické chemii. VŠCHT, Praha 2017.
- 2 Sirotek V., Karlíček J.: Chemické výpočty a názvosloví anorganických látek. ZČU, Plzeň 2005.
- 3 Kapler I.: Míry, jednotky, veličiny. Repronis, Ostrava 2000.
- 4 Kosina L., Šrámek V.: Chemické výpočty a reakce. Albra, Úvaly u Prahy 1996.
- 5 Vacík J.: Obecná chemie. SPN, Praha 2017.
- 6 Růžička A., Toužín J.: Problémy a příklady z obecné chemie, názvosloví anorganických sloučenin. Masarykova univerzita, Brno 2000.
- 7 Vacík J. a kol.: Přehled středoškolské chemie. SPN, Praha 1993.
- 8 Mareček A., Honza J.: Chemie pro čtyřletá gymnázia, 1. díl. Nakladatelství Olomouc, Olomouc 2000.
- 9 Peč P., Pečová D.: Učebnice středoškolské chemie a biochemie. Nakladatelství Olomouc, Olomouc 2001.
- 10 Šípek M.: Sbíрка příkladů z chemie. Nakladatelství technické literatury, Praha 1974.
- 11 Marko M., Horváth S., Kandrác J.: Příklady a úlohy z chemie. SPN, Praha 1978.
- 12 Růžička A., Mezník L.: Příklady a problémy z obecné chemie. Univerzita J. E. Purkyně, Brno 1987.
- 13 Nádvorník M.: Přípravný kurz pro studium obecné a anorganické chemie. Univerzita Pardubice, Pardubice 2003.

## 6 SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Základní veličiny a jednotky soustavy SI <sup>1</sup> .....	3
Tabulka 2 Násobné a dílčí jednotky <sup>2</sup> .....	3
Tabulka 3 Počet dotazovaných studentů na vybraných středních školách .....	23
Tabulka 4 Gymnázium Písek - vyhodnocení testu .....	36
Tabulka 5 Gymnázium Beroun - vyhodnocení testu .....	37
Tabulka 6 Masarykovo gymnázium Plzeň - vyhodnocení testu .....	37
Tabulka 7 Střední zdravotnická škola Písek - vyhodnocení testu .....	38
Tabulka 8 Střední lesnická škola Písek - vyhodnocení testu .....	39
Tabulka 9 Porovnání úspěšnosti respondentů z vybraných středních škol.....	45

## 7 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Úspěšnost jednotlivých tříd při řešení příkladu 1 .....	40
Obr. 2 Úspěšnost jednotlivých tříd při řešení příkladu 2 .....	41
Obr. 3 Úspěšnost jednotlivých tříd při řešení příkladu 3 .....	42
Obr. 4 Úspěšnost jednotlivých tříd při řešení příkladu 4 .....	43
Obr. 5 Úspěšnost jednotlivých tříd při řešení příkladu 5 .....	44

## **8 RESUMÉ**

The present bachelor thesis is concerned with the issue of chemical calculations in secondary school teaching of chemistry. The theoretical part deals with the fundamental types of chemical calculations that students may encounter. The individual chapters contain a brief theoretical introduction, definitional relations and a pre-solved example exercise. The aim of the thesis constitutes the ascertainment of the chemistry students' knowledge and skills in the field of chemical calculations based on a compilation and a subsequent assessment of a simple test design. Relying on the results of anonymous questionnaires that have been compiled for both students and teachers, the final assessment to ascertain and determine the respondents' opinions on the problematics of chemical calculations was carried out. Based on the assessment of the results of the calculations, it was concluded that chemical calculations belong among the more challenging areas of chemistry teaching. The questionnaire analysis was in accordance with the results obtained, demonstrating that the majority of teachers classify chemical calculations among challenging topics dealt with in teaching of chemistry. Moreover, half of the respondents claim that the problematics in question are poorly presented and insufficiently explained in the textbooks at the students' disposal.

## **KEYWORDS**

chemical calculations, molecular and atomic mass, amount of substance, composition of mixtures, chemical equations

## **9 PŘÍLOHY**

Příloha 1: DOTAZNÍK PRO UČITELE

Příloha 2: DOTAZNÍK PRO ŽÁKY

Příloha 3: TEST PRO ŽÁKY



## **Příloha 1: DOTAZNÍK PRO UČITELE**

Vážené paní učitelky, vážení páni učitelé,

obracím se na Vás s prosbou o vyplnění následujícího krátkého dotazníku. Odpovědi z dotazníku budou sloužit ke zjištění úrovně znalostí žáků a studentů středních škol v oblasti výpočtových úloh z chemie.

Předem Vám děkuji za spolupráci, Vaše odpovědi budou použity zcela **anonymně** jako podklad pro moji bakalářskou práci na téma výpočtové úlohy ve výuce chemie.

Simona Šátavová (Fakulta pedagogická Západočeské univerzity v Plzni)

- 1. Kolik hodin je věnováno chemickým výpočtům v ročnících, které vyučujete?**
- 2. Myslíte si, že věnujete úlohám z chemických výpočtů dostatek času?**
  - Ano
  - Ne
  - Nevím
- 3. Jakým způsobem ověřujete získané znalosti studentů z chemických výpočtů?**
- 4. Patří podle Vás úlohy z chemických výpočtů mezi obtížnější učivo z chemie?**
  - Ano
  - Ne
  - Nevím
- 5. Co podle Vás dělá žákům při řešení výpočtových úloh největší problémy?**
  - Pochopit úlohu (zadaní příkladu)
  - Dosadit do správného vzorce
  - Zapsat a vyčíslit chemickou reakci
  - Použít správné jednotky
  - Samotný výpočet
  - Jiný problém a jaký?

- 6. Z jaké literatury vybíráte úlohy k procvičování chemických výpočtů?**
- 7. Jsou podle Vás v učebnicích, které mají žáci k dispozici výpočtové úlohy dostatečně dobře vysvětleny?**
- Ano
  - Ne
  - Nevím
- 8. Napadá Vás způsob, jak výuku tohoto učiva zlepšit, aby bylo pro studenty srozumitelnější? Pokud ano, tak jaký?**

## **Příloha 2: DOTAZNÍK PRO ŽÁKY**

Vážení studenti,

obracím se na Vás s prosbou o vyplnění krátkého dotazníku a vypočítání následujících příkladů. Výsledky budou sloužit ke zjištění úrovně znalostí žáků a studentů středních škol v oblasti výpočtových úloh z chemie.

Předem Vám děkuji za spolupráci, Vaše odpovědi budou použity zcela **anonymně** jako podklad pro moji bakalářskou práci na téma výpočtové úlohy ve výuce chemie.

Simona Šátavová (Fakulta pedagogická Západočeské univerzity v Plzni)

### **1. Jaké známky většinou dostáváš z písemných prací, které se týkají výpočtových úloh?**

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

### **2. Půjde ti toto učivo zajímavé?**

- Ano
- Ne
- Nevím

### **3. Myslíš si, že je toto učivo při hodině dostatečně srozumitelně vysvětleno?**

- Ano
- Ne
- Nevím

**4. Je podle tebe výpočtovým úlohám věnován při hodinách dostatečný čas na procvičení a porozumění?**

- Ano
- Ne
- Nevím

**5. Co ti při řešení úloh z chemických výpočtů dělá největší potíže?**

- Pochopit úlohu (zadání příkladu)
- Dosadit do správného vzorce
- Zapsat a vyčíslit chemickou reakci
- Použít správné jednotky
- Samotný výpočet
- Jiný problém a jaký?

**6. Seřad' následující typy výpočtů podle toho, jak moc problematické pro tebe jsou. (1 – nejméně problematické, 6- nejvíce problematické)**

- Výpočet hmotnosti atomů a molekul
- Hmotnostní, molární a objemový zlomek, látková koncentrace
- Příprava, úprava složení a směšování roztoků
- Stechiometrické výpočty
- Plynné zákony
- Vyčíslování chemických rovnic

**7. Napadá tě způsob, jak výuku tohoto učiva zlepšit, aby pro tebe bylo srozumitelnější? Pokud ano, tak jaký?**

### **Příloha 3: TEST PRO ŽÁKY**

#### **Příklad 1**

Relativní atomová hmotnost zlata je  $A_r(Au) = 196,9665$ , atomová hmotnostní konstanta  $m_u = 1,66056 \cdot 10^{-27}$  kg. Vypočítejte hmotnost jednoho atomu zlata.

#### **Příklad 2**

Vypočítejte hmotnostní zlomek chloridu sodného v roztoku, víte-li, že  $m(NaCl) = 98$  g,  $m(H_2O) = 600$  g.

#### **Příklad 3**

Vypočítejte hmotnost chloridu vápenatého v roztoku, pokud víte, že:  $V_{\text{O}} = 30$  dm<sup>3</sup>,  $c(CaCl_2) = 0,1$  mol · dm<sup>-3</sup>,  $M(CaCl_2) = 110,98$  g · mol<sup>-1</sup>.

#### **Příklad 4**

Jaký objem za standardních podmínek zaujímá 5 g vodíku? ( $V_m = 22,41$  dm<sup>3</sup> · mol<sup>-1</sup>)

#### **Příklad 5**

Vypočítejte složení výsledného roztoku, který vznikne smísením 50 g 30% roztoku a 70 g 40% roztoku NaCl.