

## Hmotnostní zlomek

Látky, které obsahují dvě nebo více složek (látek), se nazývají **směsi**. Zastoupení jednotlivých látek ve směsi, neboli **složení soustavy** vyjadřujeme nejčastěji pomocí hmotnostního zlomku.

**Hmotnostní zlomek**  $w(A)$  rozpuštěné látky A v roztoku je roven podílu hmotnosti  $m(A)$  rozpuštěné látky A a hmotnosti  $m$  roztoku:

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

$w(A)$  – hmotnostní zlomek rozpuštěné látky A

$m(A)$  – hmotnost rozpuštěné látky A

$m$  – hmotnost celého roztoku. Lze ji vypočítat jako součet jednotlivých hmotností rozpuštěných látek obsažených v roztoku.

$m = m(A) + m(B) + m(C) + \text{atd.}$  – záleží na počtu látek v roztoku. **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**]

***Poznámka:** Hmotnostní zlomek se používá také při vyjádření zastoupení jednotlivých složek v dané sloučenině. Protože žáci zatím neznají pojmy jako molární hmotnost a látkové množství, které jsou potřebné k výpočtu tohoto hmotnostního zlomku, nebudou zde tyto příklady uvedeny.*

**Příklad 1.** Hmotnostní zlomek 15 g chloridu sodného (NaCl) ve 100 g vodného roztoku je 0,15.

$$M(\text{NaCl}) = 15 \text{ g}$$

$$m(\text{roztoku}) = 100 \text{ g}$$

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

Hmotnostní zlomek je bezrozměrné číslo, tzn. nemá žádnou jednotku. Nabývá hodnot od 0 do 1 a vždy platí, že součet hmotnostních zlomků jednotlivých látek v roztoku je roven 1.

**Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**]

**Příklad 2.** Vypočti hmotnostní zlomek vody podle údajů z předcházejícího příkladu a ověř, zda součet hmotnostních zlomků je roven 1.

Nejprve si vypočteme hmotnost vody a pak určíme hmotnostní zlomek vody. Součet hmotnostního zlomku chloridu sodného a hmotnostního zlomku vody musí být roven 1.

$$m(\text{H}_2\text{O}) = m - m(\text{A}) = 100 \text{ g} - 15 \text{ g} = 85 \text{ g}.$$

$$w(\text{H}_2\text{O}) = \frac{m(\text{H}_2\text{O})}{m} = \frac{85}{100} = 0,85$$

$$w(\text{NaCl}) + w(\text{H}_2\text{O}) = 0,15 + 0,85 = 1$$

Hmotnostní zlomek vody je 0,85 a součet hmotnostních zlomků je opravdu roven jedné.

Jednoduchými matematickými úpravami (viz. Výpočet neznámé ze vzorce) této rovnice získáme další vzorce pro výpočet hmotnosti dané látky nebo hmotnosti celého roztoku.

$$w(\text{A}) = \frac{m(\text{A})}{m} \quad \cdot m$$

$$w(\text{A}) \cdot m = m(\text{A}) \quad \mathbf{m(\text{A}) = w(\text{A}) \cdot m}$$

$$m(\text{A}) = v(\text{A}) \cdot m \quad / \div v$$

$$\frac{m(\text{A})}{w(\text{A})} = m$$

$$m = \frac{m(\text{A})}{w(\text{A})} \quad \mathbf{m = \frac{m(\text{A})}{w(\text{A})}}$$

Pokud hmotnostní zlomek vynásobíme stem, dostaneme **hmotností procento**  $w(\text{A})\%$ , které se uvádí v procentech. Místo hmotnostního procenta se používá také pojem **procentuální koncentrace**.

$$w(\text{A})\% = w(\text{A}) \cdot 100 \%$$

Jednoduchými matematickými úpravami této rovnice získáme další vzorec pro výpočet hmotnostního zlomku dané látky v roztoku.

$$w(\text{A})\% = v(\text{A}) \cdot 100\% / \div 100\%$$

$$\frac{w(\text{A})\%}{100\%} = v(\text{A})$$

$$w(\text{A}) = \frac{w(\text{A})\%}{100\%} \quad \mathbf{w(\text{A}) = \frac{w(\text{A})\%}{100\%}}$$

**Příklad 3.** Pokud je tedy hmotnostní zlomek chloridu sodného 0,15, pak hmotnostní procento je  $0,15 \cdot 100 \% = 15 \%$ .

Hmotnostní procento také udává počet gramů rozpuštěné látky ve 100 g roztoku.

**Příklad 4.** Hmotnostní procento kyseliny octové v octu, který se používá v domácnosti při přípravě jídel, je 8 %.

8 % udává, že je v něm 8 g kyseliny octové a 92 (100 – 8) g vody.

### Vzorové příklady:

Pro řešení úloh o hmotnostním zlomku a hmotnostním procentu je možné použít tři způsobů výpočtů:

- výpočet dosazením do chemického vzorce,
- výpočet trojčlenkou sestavenou na základě chemické definice (Hmotnostní procento udává počet gramů rozpuštěné látky ve 100 g soustavy.),
- výpočet trojčlenkou sestavenou na základě procentového výpočtu (viz. Procenta).

Uvedené vzorové příklady jsou řešeny všemi způsoby.

**Příklad 1:** Vypočítejte hmotnostní zlomek a hmotnostní procento dusičnanu stříbrného, který obsahuje 35 g dusičnanu stříbrného v 95 g vody.

a) Postup	Příklad
Zápis obecné rovnice.	$w(A) = \frac{n(A)}{m}$ $w(A)\% = n(A) \cdot 100$
Význam symbolů obecné rovnice pro tento příklad.	$w(A) = w(\text{AgNO}_3) = ?$ $w(A)\% = w(\text{AgNO}_3)\% = ? \%$ $m(A) = m(\text{AgNO}_3) = 35 \text{ g}$ $m(\text{H}_2\text{O}) = 95 \text{ g}$ $m(\text{roztoku}) = 35 \text{ g} + 95 \text{ g} = 130 \text{ g}$
Dosazení hodnot do vzorce.	$w(A) = \frac{n(A)}{m}$ $w(A) = \frac{35 \text{ g}}{130 \text{ g}}$ $w(A)\% = n(A) \cdot 100 \%$ $w(A) = 0,27$ $w(A)\% = 0,27 \cdot 100 \% = 27 \%$
Výsledek.	$w(\text{AgNO}_3) = 0,27$ $w(\text{AgNO}_3)\% = 27 \%$





Odpověď.	Na přípravu roztoku hydroxidu sodného potřebujeme 25 g hydroxidu sodného.
----------	---

**Příklad 3.** Ze 45 g dusičnanu sodného připravíme 3 % roztok. Kolik gramů tohoto roztoku získáme a kolik gramů vody na něj spotřebujeme?

a) Postup	Příklad
Zápis obecné rovnice.	$w(A) = \frac{m(A)}{m}$
Význam symbolů obecné rovnice pro tento příklad.	$w(A)\% = w(\text{NaNO}_3)\% = 3\%$ $w(A) = w(\text{NaNO}_3) = ?$ $m(A) = m(\text{NaNO}_3) = 45 \text{ g}$ $m(B) = m(\text{H}_2\text{O}) = ? \text{ g}$ $m(\text{roztoku}) = ? \text{ g}$
Mezivýpočet.	$w(A) = \frac{w(A)\%}{100\%}$ $w(A) = \frac{3\%}{100\%}$ $w(A) = 0,03$
Dosazení hodnot do vzorce.	$m = \frac{m(A)}{w(A)}$ $m = \frac{45 \text{ g}}{0,03}$ $m = 1500 \text{ g}$
Výsledek.	$m(\text{roztoku}) = 1500 \text{ g}$ $m(\text{H}_2\text{O}) = m - m(\text{NaNO}_3) = 1500 \text{ g} - 45 \text{ g} = 1455 \text{ g}$
Odpověď.	Získáme 1500 g roztoku a potřebujeme 1455 g vody.

b) Postup	Příklad
Sestavení trojčlenky na základě chemické definice, určení úměrností.	$35 \text{ g} + 95 \text{ g} = 130 \text{ g}$ (roztoku) $3\% \dots \uparrow 3 \text{ g NaNO}_3 \dots \dots \dots \text{ v } 100 \text{ g roztoku NaNO}_3 \uparrow$ $\quad \quad \quad \uparrow 45 \text{ g NaNO}_3 \dots \dots \dots \text{ v } x \text{ g roztoku NaNO}_3 \uparrow$
Sestavení a vyřešení rovnice.	$\frac{45}{3} = \frac{x}{100}$ $x = \frac{4500}{3}$ $x = 1500$
Mezivýpočet.	$1500 \text{ g roztoku} - 45 \text{ g NaNO}_3 = 1455 \text{ g H}_2\text{O}$

Odpověď.	Získáme 1500 g roztoku a potřebujeme 1455 g vody.
----------	---

c) Postup	Příklad
Sestavení trojčlenky pro procentový výpočet, určení úměrnosti.	$\begin{array}{l} \uparrow 45 \text{ g roztoku NaNO}_3 \dots\dots\dots 3 \% \uparrow \\ \uparrow x \text{ g NaNO}_3 \dots\dots\dots\dots\dots\dots 100 \% \uparrow \end{array}$
Sestavení a vyřešení rovnice.	$\frac{x}{45} = \frac{100}{3}$ $x = \frac{1500}{3}$ $x = 500$
Mezivýpočet.	1500 g roztoku – 45 g NaNO <sub>3</sub> = 1455 g H <sub>2</sub> O
Odpověď.	Získáme 1500 g roztoku a potřebujeme 1455 g vody.

**Příklad 4:** Připravte 400 ml 20 % roztoku chloridu sodného o hustotě 1,5 g/cm<sup>3</sup>.

Zadání by se dalo přeformulovat takto: Kolik gramů chloridu sodného potřebujeme na přípravu 400 ml 20 % roztoku chloridu sodného o hustotě 1,5 g/cm<sup>3</sup>?

a) Postup	Příklad
Zápis obecné rovnice.	$w(A) = \frac{m(A)}{m}$
Význam symbolů obecné rovnice pro tento příklad.	$w(A)\% = w(\text{NaCl})\% = 20 \%$ $w(A) = w(\text{NaCl}) = ?$ $m(A) = m(\text{NaCl}) = ? \text{ g}$ $m(\text{roztoku}) = ? \text{ g}$ $V(\text{roztoku}) = 400 \text{ ml} = 400 \text{ cm}^3$ $\rho = 1,5 \text{ g/cm}^3$
Mezivýpočet.	$w(A) = \frac{w(A)\%}{100\%}$ $m = \rho \cdot V$ $w(A) = \frac{20\%}{100\%}$ $m = 1,5 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \cdot 400 \text{ cm}^3$ $w(A) = 0,2$ $m = 600 \text{ g}$
Dosazení hodnot do vzorce.	$m(A) = w(A) \cdot m$ $m(A) = 0,2 \cdot 600 \text{ g}$ $m(A) = 120 \text{ g}$
Výsledek.	$m(\text{NaCl}) = 120 \text{ g}$

Odpověď.	Na přípravu tohoto roztoku potřebujeme 120 g chloridu sodného.
----------	--

<b>b) Postup</b>	<b>Příklad</b>
Mezivýpočet.	$m = \rho \cdot V$ $m = 1,5 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \cdot 400 \text{ cm}^3$ $m = 600 \text{ g}$
Sestavení trojčlenky na základě chemické definice, určení úměrností.	$20 \% \begin{array}{l} \uparrow 20 \text{ g NaCl} \dots\dots \text{ ve } 100 \text{ g roztoku NaCl} \uparrow \\ \uparrow x \text{ g NaCl} \dots\dots \text{ v } 600 \text{ g roztoku NaCl} \uparrow \end{array}$
Sestavení a vyřešení rovnice.	$\frac{x}{20} = \frac{600}{100}$ $x = \frac{12000}{100}$ $x = 120$
Odpověď.	Na přípravu tohoto roztoku potřebujeme 120 g chloridu sodného.
<b>c) Postup</b>	<b>Příklad</b>
Mezivýpočet.	$m = \rho \cdot V$ $m = 1,5 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \cdot 400 \text{ cm}^3$ $m = 600 \text{ g}$
Sestavení trojčlenky pro procentový výpočet, určení úměrností.	$\begin{array}{l} \uparrow 600 \text{ g roztoku NaCl} \dots\dots 100 \% \uparrow \\ \uparrow x \text{ g NaCl} \dots\dots\dots\dots\dots 20 \% \uparrow \end{array}$
Sestavení a vyřešení rovnice.	$\frac{x}{600} = \frac{20}{100}$ $x = \frac{12000}{100}$ $x = 120$
Odpověď.	Na přípravu tohoto roztoku potřebujeme 120 g chloridu sodného.

**Příklad 5:** Kolik gramů hašeného vápna potřebujeme na přípravu 500 g 5 % roztoku hašeného vápna, když máme k dispozici hašené vápno obsahující 2 % nečistot?



a) Postup	Příklad																									
Zápis obecné rovnice.	$w(A) = \frac{m(A)}{m}$																									
Význam symbolů obecné rovnice pro tento příklad.	$w(A)\% = w(\text{Ca}(\text{OH})_2)\% = 5\%$ $w(A) = w(\text{Ca}(\text{OH})_2) = ?$ $m(A) = m(\text{Ca}(\text{OH})_2) = ? \text{ g}$ obsahuje 2 % nečistot $m(\text{roztoku}) = 500 \text{ g}$																									
Mezivýpočet.	$w(A) = \frac{w(A)\%}{100}$ $w(A) = \frac{5\%}{100\%}$ $w(A) = 0,05$																									
Dosazení hodnot do vzorce.	$m(A) = w(A) \cdot m$ $m(A) = 0,05 \cdot 500 \text{ g}$ $m(A) = 25 \text{ g } 100\% \text{ hašeného vápna}$																									
Mezivýpočet.	<p>Máme k dispozici hašené vápno s 2 % nečistot.  <math>100\% - 2\% = 98\%</math> (tedy 98 % hašené vápno)</p> <table style="margin-left: auto; margin-right: auto; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center; padding: 0 10px;">↑</td> <td style="text-align: center; padding: 0 10px;">25 g</td> <td style="text-align: center; padding: 0 10px;">.....</td> <td style="text-align: center; padding: 0 10px;">100 %</td> <td style="text-align: center; padding: 0 10px;">↓</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; padding: 0 10px;">↑</td> <td style="text-align: center; padding: 0 10px;">x g</td> <td style="text-align: center; padding: 0 10px;">.....</td> <td style="text-align: center; padding: 0 10px;">98 %</td> <td style="text-align: center; padding: 0 10px;">↓</td> </tr> <tr> <td colspan="5" style="text-align: center; border-top: 1px solid black; border-bottom: 1px solid black; padding: 5px 0 5px 0;"> <math>\frac{x}{25} = \frac{100}{98}</math> </td> </tr> <tr> <td colspan="5" style="text-align: center; padding: 5px 0 5px 0;"> <math>x = \frac{100}{98} \cdot 25</math> </td> </tr> <tr> <td colspan="5" style="text-align: center; padding: 5px 0 5px 0;"> <math>x = 25,5</math> </td> </tr> </table> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px; width: fit-content;"> <p>Čistého 100 % hašeného vápna získáme 25 g. K dispozici však máme vápno s 2 % nečistot tj. vápno 98 %. Z toho tedy vyplývá, že znečištěného vápna musíme použít více. Je zde tedy na místě využití nepřímé úměrnosti.</p> </div>	↑	25 g	.....	100 %	↓	↑	x g	.....	98 %	↓	$\frac{x}{25} = \frac{100}{98}$					$x = \frac{100}{98} \cdot 25$					$x = 25,5$				
↑	25 g	.....	100 %	↓																						
↑	x g	.....	98 %	↓																						
$\frac{x}{25} = \frac{100}{98}$																										
$x = \frac{100}{98} \cdot 25$																										
$x = 25,5$																										
Výsledek.	$m(\text{hašeného vápna s } 2\% \text{ nečistot}) = 25,5 \text{ g}$																									
Odpověď.	Na přípravu tohoto roztoku potřebujeme 25,5 g hašeného vápna, které obsahuje 2 % nečistot.																									

b) Postup	Příklad
Sestavení trojčlenky na základě chemické definice, určení úměrnosti.	$5\% \dots \uparrow \dots 5 \text{ g } \text{Ca}(\text{OH})_2 \dots \text{ ve } 100 \text{ g roztoku } \text{Ca}(\text{OH})_2 \uparrow$ $\uparrow \dots x \text{ g } \text{Ca}(\text{OH})_2 \dots \text{ v } 500 \text{ g roztoku } \text{Ca}(\text{OH})_2 \uparrow$
Sestavení a vyřešení rovnice.	$\frac{x}{5} = \frac{500}{100}$ $x = \frac{2500}{100}$ $x = 25$

Mezivýpočet. (Přepočet hmotnosti při použití nečistého vápna.)	$\begin{array}{r} \downarrow 25 \text{ g Ca(OH)}_2 \dots\dots\dots 100 \% \uparrow \\ \downarrow x \text{ g Ca(OH)}_2 \dots\dots\dots 98 \% \uparrow \\ \hline \frac{x}{25} = \frac{100}{98} \\ x = \frac{2500}{98} \\ x = 25,5 \end{array}$
Odpověď.	Na přípravu tohoto roztoku potřebujeme 25,5 g hašeného vápna, které obsahuje 2 % nečistot.

c) Postup	Příklad
Sestavení trojčlenky pro procentový výpočet, určení úměrnosti.	$\begin{array}{r} \uparrow 500 \text{ g roztoku Ca(OH)}_2 \dots\dots\dots 100 \% \uparrow \\ \uparrow x \text{ g Ca(OH)}_2 \dots\dots\dots 5 \% \uparrow \end{array}$
Sestavení a vyřešení rovnice.	$\begin{array}{r} \frac{x}{500} = \frac{5}{100} \\ x = \frac{2500}{100} \\ x = 25 \end{array}$
Mezivýpočet. (Přepočet hmotnosti při použití nečistého vápna.)	$\begin{array}{r} \downarrow 25 \text{ g Ca(OH)}_2 \dots\dots\dots 100 \% \uparrow \\ \downarrow x \text{ g Ca(OH)}_2 \dots\dots\dots 98 \% \uparrow \\ \hline \frac{x}{25} = \frac{100}{98} \\ x = \frac{2500}{98} \\ x = 25,5 \end{array}$
Odpověď.	Na přípravu tohoto roztoku potřebujeme 25,5 g hašeného vápna, které obsahuje 2 % nečistot.

### Příklady k procvičování:

1. Doplňte tabulku.

Příklad	1	2	3	4	5	6	7	8
m(A)/g			28	15	4,5	6,3		12,06
m(roztoku)/g	100	130		25		210	63	
w(A)		0,05					0,17	

<b>w(A)%/%</b>	33		14		25			38
----------------	----	--	----	--	----	--	--	----

2. Doplňte tabulku.

<b>Příklad</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>
<b>m(A)/g</b>	30	1,4	9	537	24		25	20,24
<b>m(B)/g</b>		2,6		333		170	100	
<b>m(roztoku)/g</b>	300		50		300	200		44
<b>w(A)</b>								
<b>w(B)</b>								
<b>w(A) + w(B)</b>								

3. V babiččině kuchařce je uveden tento recept na třeňé makové těsto: 250 g hladké mouky, 200 g mletého máku, 200 g cukru, 1 vejce (asi 10 g), 1 prášek do pečiva (13g). Vypočtete hmotnostní zlomky (zaokrouhľujte je na tři desetinná místa) a hmotnostní procenta jednotlivých surovin uvedených v receptu.

4. Máme pentahydrát síranu měďnatého  $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$ . Jeho molární hmotnost zjištěná z periodické tabulky prvků je 249,75 g. Z toho je 63,55 g mědi, 32,1 g síry, 144 g kyslíku a 10,1 g vodíku. Vypočtete hmotnostní zlomky (zaokrouhľujte na tři desetinná místa.) a hmotnostní procenta jednotlivých prvků ve sloučenině.

*Poznámka: Aplikace předchozího příkladu č. 3 na chemii.*

5. Na etiketě rozpustného nápoje je uvedeno, že ve 100 gramech výrobku je 35 miligramů železa. Vypočtete hmotnostní zlomek a hmotnostní procento železa. Dále vypočtete, kolik miligramů železa je v jednom balíčku tohoto nápoje, který váží 30 gramů?