

Výpočty podle chemických rovnic

Chemické rovnice vyjadřují průběh reakce. Rovnice jednak udávají, z kterých prvků a sloučenin vznikly reakční produkty, jednak vyjadřují vztahy mezi množstvími jednotlivých reagujících látek.

příklad: $\text{NH}_3 + \text{HCl} \rightarrow \text{NH}_4\text{Cl}$

- na levou stranu rovnice píšeme látky, které vstupují do reakce (reaktanty)
- na pravou stranu píšeme látky, které vznikají reakcí (produkty)

Co reakce vyjadřuje?

1. Do reakce vstupuje 1 mol NH_3 a 1 mol HCl a vzniká 1 mol NH_4Cl . Hmotnost 1 molu látky = molární hmotnost M .

- $M(\text{NH}_3) = 17 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$
- $M(\text{HCl}) = 36,5 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$
- $M(\text{NH}_4\text{Cl}) = 53,5 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$

Hodnoty molárních veličin jsou zaokrouhleny na jedno desetinné místo.

2. Do reakce vstupuje 17 g NH_3 , 36,5 g HCl a vzniká 53,5 g NH_4Cl .

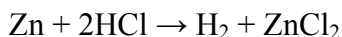
Postup při výpočtu:

- 1) Napíšeme chemickou rovnici reakce a správně vyčíslíme (musí platit zákon zachování hmotnosti - počty atomů jednotlivých prvků musí být na obou stranách rovnice stejné).
- 2) Vyjádříme molární hmotnosti látek.
- 3) Na základě těchto údajů příklad numericky vypočítáme.

Příklad:

Kolik gramů Zn musí reagovat s kyselinou chlorovodíkovou (HCl), aby vzniklo 8 g vodíku?

rovnice reakce:



$$M(\text{Zn}) = 65,4 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$$

$$M(\text{HCl}) = 36,5 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$$

$$M(\text{H}_2) = 2 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$$

Z 1 molu Zn (65,4 g) vznikne 1 mol (2 g) vodíku, množství Zn vypočítáme z přímé úměry:

$$\begin{array}{l} 65,4 \text{ g Zn} \dots\dots\dots 2 \text{ g H} \\ x \text{ g Zn} \dots\dots\dots 8 \text{ g H} \end{array}$$

$$\frac{x \text{ g}}{65,4 \text{ g}} = \frac{8 \text{ g}}{2 \text{ g}}$$

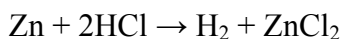
$$x = 65,4 \text{ g} \times \frac{8 \text{ g}}{2 \text{ g}}$$

$$x = 261,6 \text{ g}$$

Musí reagovat 261,6 g Zn, aby vzniklo 8 g vodíku.

jiné řešení:

rovnice reakce:



1 mol H₂ odpovídá 2 g H₂

8 g H₂ odpovídá 4 molům H₂

$$\begin{array}{l} \text{z 1 molu Zn} \dots\dots\dots 1 \text{ mol H}_2 \\ \text{z n molů Zn} \dots\dots\dots 4 \text{ moly H}_2 \end{array}$$

$$n(\text{Zn}) = 4 \text{ moly}$$

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

$$m(\text{Zn}) = n(\text{Zn}) \cdot M(\text{Zn})$$

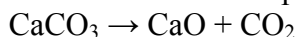
$$m(\text{Zn}) = 4 \text{ moly} \cdot 65,4 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$m(\text{Zn}) = 261,6 \text{ g}$$

Příklad

Kolik litrů oxidu uhličitého vznikne rozkladem 500 gramů uhličitanu vápenatého (CaCO₃), který obsahuje 10 % nečistot. Objem CO₂ je měřen za normálních podmínek. 1 mol plynné látky zaujímá za normálních podmínek 22,41 l.

uhličitan se rozkládá podle rovnice:



$$M(\text{CaCO}_3) = 100,8 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

1. řešení:

Uhličitan obsahuje 10 % nečistot, tzn. 50 g; čistého uhličitanu je tedy 450 g.
Z 1 molu CaCO_3 (100,8 g) vzniká 1 mol CO_2 (22,41 l).

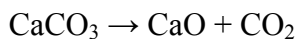
$$\begin{array}{l} 100,8 \text{ g CaCO}_3 \dots\dots\dots 22,41 \text{ l CO}_2 \\ 450 \text{ g CaCO}_3 \dots\dots\dots x \text{ l CO}_2 \end{array}$$

$$\frac{450 \text{ g}}{100,8 \text{ g}} = \frac{x \text{ l}}{22,41 \text{ l}}$$

$$x = 450 \cdot \frac{22,41}{100,8} \text{ l}$$

$$x = 100,04 \text{ l}$$

2. řešení:



$$1 \text{ mol CaCO}_3 \dots\dots\dots 1 \text{ mol CO}_2$$

$$n(\text{CaCO}_3) = \frac{m(\text{CaCO}_3)}{M(\text{CaCO}_3)}$$

$$n(\text{CaCO}_3) = \frac{450 \text{ g}}{100,8 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}$$

$$n(\text{CaCO}_3) = 4,46 \text{ mol}$$

$$n(\text{CaCO}_3) = n(\text{CO}_2)$$

$$n(\text{CO}_2) = 4,46 \text{ mol}$$

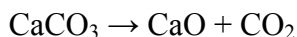
$$n(\text{CO}_2) = \frac{V(\text{CO}_2)}{V_{\text{Mn}}(\text{CO}_2)}$$

$$V(\text{CO}_2) = n(\text{CO}_2) \cdot V_{\text{Mn}}(\text{CO}_2)$$

$$V(\text{CO}_2) = 4,46 \text{ mol} \cdot 22,41 \text{ l} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$V(\text{CO}_2) = 100,04 \text{ l}$$

3. řešení



$$100,8 \text{ g CaCO}_3 \dots\dots\dots 22,41 \text{ l}$$

$$500 \text{ g CaCO}_3 \dots\dots\dots x \text{ l}$$

$$\frac{500 \text{ g}}{100,8 \text{ g}} = \frac{x \text{ l}}{22,41 \text{ l}}$$

$$x = 500 \cdot \frac{22,41}{100,8} \text{ l}$$

$$x = 111,16 \text{ l}$$

Reakce probíhá pouze z 90 % (10 % nečistot):

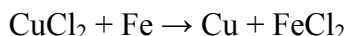
$$111,16 \text{ l} \cdot 0,9 = 100,04 \text{ l}$$

Rozkladem 500 g CaCO_3 , který obsahuje 10 % nečistot, vznikne 100,04 l CO_2 .

Příklad

Do roztoku obsahujícího 27 g CuCl_2 se přidalo 12 g železných pilin. Kolik gramů mědi vzniklo?

rovnice reakce:



$$M(\text{CuCl}_2) = 134,5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$M(\text{Fe}) = 55,9 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$M(\text{Cu}) = 63,5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

1 mol (134,5 g) CuCl_2 reaguje s 1 molem (55,9 g) Fe

$$134,5 \text{ g CuCl}_2 \dots\dots\dots 55,9 \text{ g Fe}$$

$$27 \text{ g CuCl}_2 \dots\dots\dots 12 \text{ g Fe}$$

Určíme jakému látkovému množství odpovídá 27 g CuCl_2 a 12 g Fe.

$$n(\text{CuCl}_2) = \frac{m(\text{CuCl}_2)}{M(\text{CuCl}_2)}$$

$$n(\text{CuCl}_2) = \frac{27 \text{ g}}{134 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}$$

$$n(\text{CuCl}_2) = 0,2 \text{ molu}$$

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

$$n(\text{Fe}) = \frac{12 \text{ g}}{55,9 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}$$

$$n(\text{Fe}) = 0,22 \text{ molu}$$

Fe je v nadbytku, proto výpočet sestavíme podle CuCl_2 .

$$\begin{array}{l} 134,5 \text{ g CuCl}_2 \dots\dots\dots 63,5 \text{ g Cu} \\ 27 \text{ g CuCl}_2 \dots\dots\dots x \text{ g Cu} \end{array}$$

$$\frac{27 \text{ g}}{134,5 \text{ g}} = \frac{x \text{ g}}{63,5 \text{ g}}$$

$$x = 27 \cdot \frac{63,5}{134,5} \text{ g}$$

$$x = 12,75 \text{ g}$$

Při reakci CuCl_2 s Fe vzniklo 12,75 g Cu.

**Spalováním 2 g směsi síry a uhlíku vzniklo 6 g směsi SO_2 a CO_2 .
Kolik gramů uhlíku bylo v původní směsi?**

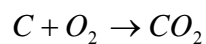
Uhlí ve směsi je x g

Síry ve směsi je (2-x) g

$$M(\text{C}) = 12 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$M(\text{O}_2) = 32 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

Nejprve vypočítáme kolik g CO_2 bylo ve směsi.



$$\begin{array}{l} 12 \text{ g C} \dots\dots\dots 44 \text{ g CO}_2 \\ x \text{ g C} \dots\dots\dots y \text{ g CO}_2 \end{array}$$

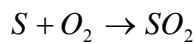
$$\frac{x \text{ g C}}{12 \text{ g C}} = \frac{y \text{ g CO}_2}{44 \text{ g CO}_2} \cdot$$

$$y = \frac{x \cdot 44}{12} \text{ g}$$

Stejně vypočítáme množství SO₂ ve směsi.

$$M(\text{S}) = 32 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$M(\text{O}_2) = 32 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$



$$\begin{array}{l} 32 \text{ g S} \dots\dots\dots 64 \text{ g SO}_2 \\ (2-x) \text{ g S} \dots\dots\dots y_1 \text{ g SO}_2 \\ \hline \end{array}$$

$$\frac{(2-x) \text{ g S}}{32 \text{ g S}} = \frac{y_1 \text{ g SO}_2}{64 \text{ g SO}_2}$$

$$y_1 = \frac{64 \cdot (2-x)}{32} \text{ g}$$

$$y_1 = 2 \cdot (2-x) \text{ g}$$

$$y_1 = (4 - 2x) \text{ g}$$

Uhlík ve směsi

$$\text{směs SO}_2 \text{ a CO}_2 \dots\dots\dots 6 \text{ g}$$

$$y_1 + y = 6 \text{ g}$$

$$\frac{44x}{12} + (4 - 2x) = 6 \text{ g}$$

$$44x + 12 \cdot (4 - 2x) = 12 \cdot 6$$

$$44x + 48 - 24x = 72$$

$$20x = 24$$

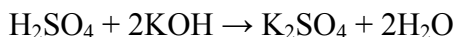
$$x = 12$$

$$x = 1,2 \text{ g C}$$

Ve směsi je 1,2 g uhlíku a 0,8 g síry.

Vypočítejte, kolik gramů 96% kyseliny sírové je zapotřebí k neutralizaci 16 g hydroxidu draselného.

rovnice reakce:



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

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

Z rovnice plyne, že k zneutralizování 2 molů ($2 \cdot 56,1 \text{ g}$) KOH je zapotřebí 1 mol (98 g) 100% H_2SO_4 .

Spotřebu H_2SO_4 k neutralizaci 16 g KOH vypočítáme z přímé úměry:

$$2 \cdot 56,1 \text{ g KOH} \dots\dots\dots 98 \text{ g H}_2\text{SO}_4 \text{ (100\%)}$$

$$16 \text{ g KOH} \dots\dots\dots x \text{ g H}_2\text{SO}_4 \text{ (100\%)}$$

$$\frac{16 \text{ g KOH}}{2 \cdot 56,1 \text{ g KOH}} = \frac{x \text{ g}}{98 \text{ g}}$$

$$x = \frac{98 \cdot 16}{2 \cdot 56,1} \text{ g}$$

$$x = 13,97 \text{ g}$$

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

K neutralizaci byla použita pouze 96% H_2SO_4 . Její spotřebu vypočítáme z nepřímé úměry (čím je kyselina slabší, tím větší množství je třeba použít).

$$13,97 \text{ g} \dots\dots\dots 100\% \text{ kyselina}$$

$$x \text{ g} \dots\dots\dots 96\% \text{ kyselina}$$

$$\frac{x \text{ g}}{13,97 \text{ g}} = \frac{100 \%}{96 \%}$$

$$x = \frac{13,97 \cdot 100}{96} \text{ g}$$

$$x = 14,55 \text{ g}$$

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

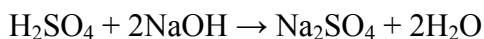
K neutralizaci 16 g KOH je zapotřebí 14,55 g 96% H_2SO_4 .

Do roztoku, který obsahuje 196 g H_2SO_4 se přidal roztok NaOH s obsahem 60 g NaOH. Vypočítejte, kolik gramů KOH je třeba ještě dodat k úplné neutralizaci roztoku uvedené kyseliny.

Z textu vyplývá, že přidaný NaOH nezneutralizuje 196 g kys. sírové.

Nejprve vypočítáme, kolik molů H_2SO_4 zneutralizuje 60 g NaOH.

rovnice neutralizace:



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

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

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

$$n(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{m(\text{H}_2\text{SO}_4)}{M(\text{H}_2\text{SO}_4)}$$

$$n(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{196 \text{ g H}_2\text{SO}_4}{98 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}$$

$$n(\text{H}_2\text{SO}_4) = 2 \text{ moly}$$

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

$$n(\text{NaOH}) = \frac{60 \text{ g NaOH}}{40 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}$$

$$n(\text{NaOH}) = 1,5 \text{ molu}$$

Podle rovnice 2 moly NaOH zneutralizují 1 mol H_2SO_4 .

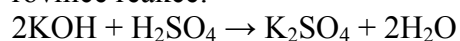
$$\begin{array}{l} 2 \text{ moly NaOH} \dots\dots\dots 1 \text{ mol H}_2\text{SO}_4 \\ 1,5 \text{ molu NaOH} \dots\dots\dots x \text{ molu H}_2\text{SO}_4 \end{array}$$

$$x = \frac{1,5}{2}$$

$$x = 0,75 \text{ molu}$$

NaOH zneutralizuje 0,75 molu H_2SO_4 . Zbytek nezreagované H_2SO_4 (2 moly – 0,75 molu = 1,25 molu) je třeba neutralizovat hydroxidem draselným.

rovnice reakce:



2 moly KOH zneutralizují 1 mol H₂SO₄

2 moly KOH 1 mol H₂SO₄
x molů KOH 1,25 molu H₂SO₄

$$\frac{x \text{ molu KOH}}{2 \text{ moly KOH}} = \frac{1,25 \text{ molu H}_2\text{SO}_4}{1 \text{ mol H}_2\text{SO}_4}$$

$$x = 2 \cdot 1,25 \text{ molu}$$

$$x = 2,5 \text{ molu KOH}$$

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

$$m(\text{KOH}) = n(\text{KOH}) \cdot M(\text{KOH})$$

$$m(\text{KOH}) = 2,5 \text{ molu} \cdot 56,1 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$m(\text{KOH}) = 140,25 \text{ g}$$

K neutralizaci 196 g H₂SO₄ je potřeba dodat ještě 140,25 g KOH.

Vypočítejte objem roztoku H₂SO₄ (w = 0,1; ρ = 1,066 g·cm⁻³), který zneutralizuje 50 cm³ roztoku KOH (w = 0,1; ρ = 1,09 g·cm⁻³).

1. Vypočteme hmotnost roztoku KOH.

$$m_r(\text{KOH}) = \rho(\text{KOH}) \cdot V$$

$$m_r(\text{KOH}) = 1,09 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3} \cdot 50 \text{ cm}^3$$

$$m_r(\text{KOH}) = 54,5 \text{ g}$$

Hmotnost roztoku KOH je 54,5 g.

2. Vypočítáme hmotnost KOH v roztoku.

$$w(\text{KOH}) = \frac{m(\text{KOH})}{m_r}$$

$$m(\text{KOH}) = w(\text{KOH}) \cdot m_r$$

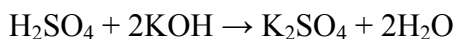
$$m(\text{KOH}) = 0,1 \cdot 54,5 \text{ g}$$

$$m(\text{KOH}) = 5,45 \text{ g}$$

V roztoku je 5,45 g KOH.

3. Vypočítáme hmotnosť H₂SO₄.

rovnice reakce:



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

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

1 mol (98 g) H₂SO₄ zneutralizuje 2 moly (112,2 g) KOH.

$$98 \text{ g H}_2\text{SO}_4 \dots\dots\dots 112,2 \text{ g KOH}$$

$$x \text{ g H}_2\text{SO}_4 \dots\dots\dots 5,45 \text{ g KOH}$$

$$x = \frac{98 \text{ g H}_2\text{SO}_4 \cdot 5,45 \text{ g KOH}}{112,2 \text{ g KOH}}$$

$$x = 4,77 \text{ g}$$

$$x = 4,77 \text{ g H}_2\text{SO}_4 (100\%)$$

4. Vypočítáme hmotnosť roztoku H₂SO₄.

$$w(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,1$$

$$m(\text{H}_2\text{SO}_4) = 4,77 \text{ g}$$

$$m_r = ? \text{ (hmotnosť roztoku)}$$

$$\rho(\text{H}_2\text{SO}_4) = 1,066 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$$

$$w(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{m(\text{H}_2\text{SO}_4)}{m_r}$$

$$m_r = \frac{m(\text{H}_2\text{SO}_4)}{w(\text{H}_2\text{SO}_4)}$$

$$m_r = \frac{4,77 \text{ g}}{0,1}$$

$$m_r = 47,7 \text{ g}$$

Hmotnosť roztoku H₂SO₄ je 47,7 g.

5. Vypočítame objem roztoku H₂SO₄.

$$V(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{m_r(\text{H}_2\text{SO}_4)}{\rho(\text{H}_2\text{SO}_4)}$$

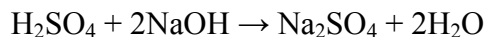
$$V(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{47,7 \text{ g}}{1,066 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}}$$

$$V(\text{H}_2\text{SO}_4) = 44,75 \text{ cm}^3$$

Objem kyseliny nutný k neutralizácii je 44,75 cm³.

Vypočítejte objem roztoku kyseliny sírové o koncentraci $c = 0,5 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ potřebného k neutralizaci 50 cm^3 roztoku hydroxidu sodného o koncentraci $c = 0,2 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$.

rovnice reakce:



$$c(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,5 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$$

$$c(\text{NaOH}) = 0,2 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$$

$$V(\text{NaOH}) = 50 \text{ cm}^3$$

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

1 mol H_2SO_4 zneutralizuje 2 moly NaOH.

n_1 molu H_2SO_4 n_2 molu NaOH

$$\frac{1}{2} = \frac{n_1(\text{H}_2\text{SO}_4)}{n_2(\text{NaOH})}$$

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

$$n_1 = c(\text{H}_2\text{SO}_4) \cdot V(\text{H}_2\text{SO}_4)$$

$$n_2 = c(\text{NaOH}) \cdot V(\text{NaOH})$$

$$\frac{1}{2} = \frac{c(\text{H}_2\text{SO}_4) \cdot V(\text{H}_2\text{SO}_4)}{c(\text{NaOH}) \cdot V(\text{NaOH})}$$

$$V(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{c(\text{NaOH}) \cdot V(\text{NaOH})}{2 \cdot c(\text{H}_2\text{SO}_4)}$$

$$V(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{0,2 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3} \cdot 50\text{cm}^3}{2 \cdot 0,5 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}}$$

$$V(\text{H}_2\text{SO}_4) = 10 \text{ cm}^3$$

K neutralizaci je potřeba 10 cm^3 kyseliny sírové.