

## Karta pracy I/2a

### Stechiometria równań reakcji chemicznych, objętość gazów w warunkach odmiennych od warunków normalnych ( $0^{\circ}\text{C} \rightarrow 273\text{K}$ , $273\text{hPa}$ )

#### I. Stechiometria równań reakcji chemicznych – interpretacja równań reakcji

1. **Równanie reakcji chemicznej** – zapis przebiegu reakcji chemicznej za pomocą symboli, wzorów i znaków.

Dane jest równanie reakcji:

Substraty reakcji			→	Produkty reakcji			Interpretacja
3 MgCO <sub>3</sub>	+	2 Al	→	3 Mg	+	Al <sub>2</sub> (CO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub>	
3 cząsteczki	+	2 cząsteczki (atomy)	→	3 cząsteczki (atomy)	+	1 cząsteczka	atomowo-cząsteczkowa
3 mole	+	2 mole	→	3 mole	+	1 mol	molowa
3 · 84g	+	2 · 27g	→	3 · 24g	+	1 · 234g	masowa reagentów
3 · 6,02·10 <sup>23</sup> cz.	+	2 · 6,02·10 <sup>23</sup> cz.	→	3 · 6,02·10 <sup>23</sup> cz.	+	6,02·10 <sup>23</sup> cz.	liczby molekuł
3 mole	+	2 · 27g	→	3 · 6,02·10 <sup>23</sup> cz.	+	1 · 234g	mieszana
<i>R e a g e n t y</i>				<i>= s u b s t r a t y + p r o d u k t y r e a k c j i</i>			

2. **Objętość molowa gazów** - mol dowolnego gazu w warunkach normalnych **273K i 1013hPa** zajmuje taką samą objętość 22,4dm<sup>3</sup>: **V<sub>mol</sub> = 22,4dm<sup>3</sup>/mol**, co jest jednoznaczne że w tej objętości i w tych warunkach znajduje się tyle samo cząsteczek/atomów dowolnego gazu, jest to liczba **Avogadro – N<sub>A</sub> = 6,02 · 10<sup>23</sup>/mol**

Dane jest równanie reakcji:

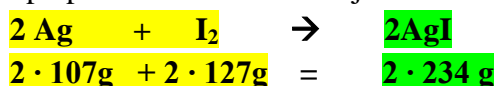
Substraty reakcji			→	Produkty reakcji			Interpretacja
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	+	3 H <sub>2</sub>	→	2 Fe	+	3 H <sub>2</sub> O	
1 cząsteczki	+	3 cząsteczki (atomy)	→	2 cząsteczki (atomy)	+	3 cząsteczka	atomowo-cząsteczkowa
1 mol	+	3 mole	→	2 mole	+	3 mol	molowa
160g	+	3 · 2g	→	2 · 56g	+	3 · 18g	masowa reagentów
1 · 6,02·10 <sup>23</sup> cz.	+	3 · 6,02·10 <sup>23</sup> cz.	→	2 · 6,02·10 <sup>23</sup> cz.	+	3 · 6,02·10 <sup>23</sup> cz.	liczby molekuł
160g	+	3 · 22,4dm <sup>3</sup>	→	2 · 56g	+	3 · 18g	masowo-objętościowa
1 · 6,02·10 <sup>23</sup> cz.	+	3 · 22,4dm <sup>3</sup>	→	2 mole	+	3 · 18g	mieszana
<i>R e a g e n t y</i>				<i>= s u b s t r a t y + p r o d u k t y r e a k c j i</i>			

**Uwaga:** interpretacja mieszania jest przydatna, gdy w treści zadania do równania reakcji

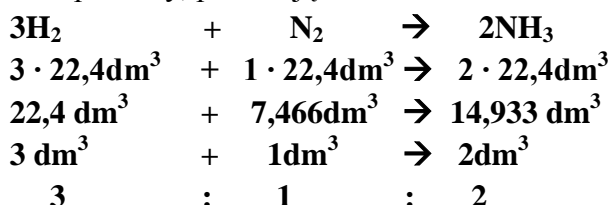
chemicznej dane dotyczące substratów i produktów reakcji są ujęte w różnych

jednostkach miar przez co unika się kilkukrotnych przeliczeń, zaleca się zawsze dokonać interpretacji molowej.

3. **Prawo zachowania masy** – dla każdej reakcji chemicznej masa wszystkich substratów jest równa masie wszystkich produktów, czyli taka sama masa substancji występuje przed i po przemianie chemicznej



4. **Prawo Gay-Lussaca (stałych stosunków objętościowych)** – w reakcjach chemicznych objętości reagentów gazowych, mierzone w tych samych warunkach ciśnienia i temperatury, pozostają do siebie w stosunkach liczb naturalnych

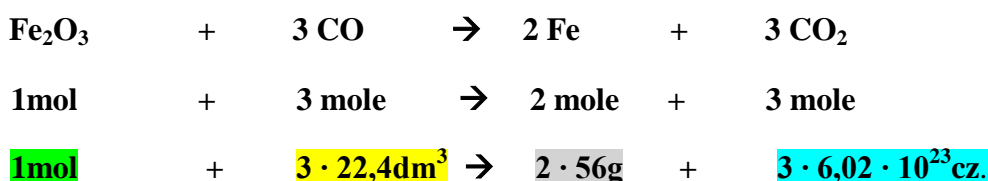


#### Przykład:

Oblicz, jaką **objętość** w warunkach normalnych zajmował tlenek węgla(II) niezbędny do redukcji **0,25 mola** tlenku żelaza(III) oraz oblicz ile **otrzymano cząsteczek** tlenku węgla(IV) i **gramów** żelaza metalicznego jeżeli reakcja zaszła z wydajnością 100% wg równania:  $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 3 \text{ CO} \rightarrow 2 \text{ Fe} + 3 \text{ CO}_2$

Rozwiązanie:

- Interpretacja wynikająca z treści zadania:



- Obliczenie **objętości** CO w warunkach normalnych:

$$1 \text{ mol Fe}_2\text{O}_3 \text{ ----- } 3 \cdot 22,4\text{dm}^3 \text{ CO}$$

$$0,25 \text{ mola Fe}_2\text{O}_3 \text{ ----- } x$$

$$x = \frac{0,25 \text{ mol} \cdot 3 \cdot 22,4\text{dm}^3}{1 \text{ mol}} = 16,8\text{dm}^3$$

- Obliczenie **liczby cząsteczek** CO<sub>2</sub>

$$1 \text{ mol Fe}_2\text{O}_3 \text{ ----- } 3 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \text{ cz. CO}_2$$

$$0,25 \text{ mola Fe}_2\text{O}_3 \text{ ----- } x$$

$$x = \frac{0,25 \text{ mol} \cdot 3 \cdot 6,02 \cdot 10^{23}}{1 \text{ mol}} = 4,515 \cdot 10^{23}$$

- Obliczenie liczby **gramów** metalicznego żelaza

$$1 \text{ mol Fe}_2\text{O}_3 \text{ ----- } 2 \cdot 56\text{g}$$

$$0,25 \text{ mola Fe}_2\text{O}_3 \text{ ----- } x$$

$$x = \frac{0,25 \text{ mol} \cdot 2 \cdot 56\text{g}}{1 \text{ mol}} = 28\text{g}$$

## 5. Objętość gazów w warunkach różnych od warunków normalnych – równanie Clapeyrona

- ❖ Gaz doskonały (hipotetyczny), dla którego przyjmuje się następujące założenia:
  - Cząsteczki gazu nie oddziałują między sobą (oprócz chwili zderzenia)
  - Cząsteczki gazu mają znikomą małą objętość, traktuje się je jako punkty materialne,
  - Cząsteczki poruszają się chaotycznie od zderzenia do zderzenia, zderzenia są sprężyste
- ❖ Ciśnienie, objętość i temperaturę gazu doskonałego wiąże ze sobą równanie Clapeyrona (równanie stanu gazu doskonałego – prawo gazu doskonałego)

**$pV = nRT$  gdzie:**

- ✓ **p** – ciśnienie w [hPa]
- ✓ **V** – objętość w [ $\text{dm}^3$ ],
- ✓ **n** – liczba moli gazu [mol],
- ✓ **R** – stała gazowa
  - **$R = 83,1 \text{ hPa} \cdot \text{dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$**  (jeżeli  $p = [\text{hPa}]$ ;  $\text{hPa} = 100\text{Pa}$ );
  - **$R = 8,31 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$**  (jeżeli  $p = [\text{Pa}]$ );
- ✓ **T** – temperatura w [K],  **$T[\text{K}] = 273 + t(^{\circ}\text{C})$** .

- ❖ Po podstawieniu za  **$n = \frac{m}{M}$**  do wzoru Clapeyrona można wyprowadzić wzór na **masę molową gazu**

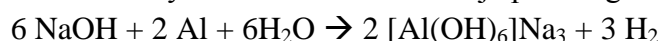
$$M = \frac{m \cdot R \cdot T}{p \cdot V}$$

- ❖ Na podstawie równania Clapeyrona można wyznaczyć również **gęstość gazu**:

$$d = \frac{M \cdot p}{T \cdot R}$$

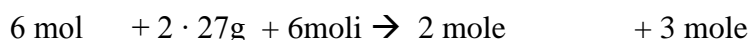
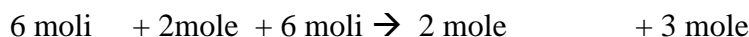
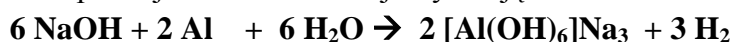
### Przykład 1

W nadmiarze wodnego roztworu NaOH całkowicie roztworzono 4,5g glinu. Powstający gaz zebrano do balonu, oblicz objętość otrzymanego gazu jeżeli temp. gazu wynosiła  $65^{\circ}\text{C}$  a ciśnienie w balonie wynosiło 1300hPa a reakcja przebiegła wg równania:

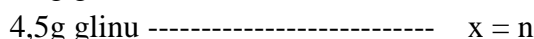
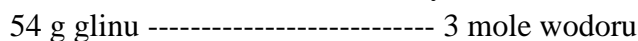


Rozwiązanie:

- Interpretacja równania reakcji wynikająca z treści zadania:



- Obliczenie moli wodoru w warunkach normalnych



$$n = \frac{4,5\text{g} \cdot 3 \text{ mol}}{54\text{g}} = 0,25 \text{ mol wodoru}$$

- Podstawienie danych do wzoru Clapeyrona po przekształceniu:

- ✓  $n = 0,25 \text{ mol}$ ,  $p = 1300\text{hPa}$ ,  $T = 273 + 65^{\circ}\text{C} = 338\text{K}$ ,

$$✓ V = \frac{n \cdot R \cdot T}{p} = \frac{0,25 \text{ mol} \cdot 83,1 \text{ hPa} \cdot \text{dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot 338 \text{ K}}{1300\text{hPa}} = 7,56\text{dm}^3$$

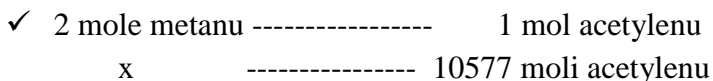
## Przykład 2

Acetylen na potrzeby przemysłowe otrzymuje się przez pirolizę metanu w temp. 1500°C i ciśnieniu normalnym. Oblicz, jaką objętość w m<sup>3</sup> zajmował metan w/w warunkach jeżeli w procesie otrzymany acetylen sprężono w butlach 50 butlach o pojemności 40 dm<sup>3</sup> pod ciśnieniem 1,5MPa, a każda z butli zawierała 5,5kg tego gazu.

Reakcja przebiega wg równania :  $2 \text{CH}_4 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_2 + 3 \text{H}_2$

Rozwiązanie: Uwaga Dane techniczne butli nie mają przełożenia na zadanie z wyjątkiem, że każda z nich zawiera 5,5 kg acetyleny rozpuszczonego w acetonie.

- Obliczenie masy acetyleny
  - ✓  $50 \text{ butli} \cdot 5,5 \text{ kg/butla} = 275 \text{ kg} = 275000 \text{ g}$
- Obliczenie liczby moli acetyleny
  - ✓  $M = 2M_{\text{C}} + 2M_{\text{H}} = 2 \cdot 12 \text{ g/mol} + 2 \cdot 1 \text{ g/mol} = 26 \text{ g/mol}$
  - ✓  $n = \frac{m}{M} = \frac{275000 \text{ g}}{\frac{26 \text{ g}}{\text{mol}}} = 10577 \text{ mol}$
- Obliczenie liczby moli metanu w warunkach normalnych z równania reakcji chemicznej



$$x = n = \frac{2 \text{ mol} \cdot 10577 \text{ mol}}{1 \text{ mol}} = 21154 \text{ moli metanu}$$

- Obliczenie objętości metanu; w temp.  $T = 273 + 1500^\circ\text{C} = 1773 \text{ K}$ ;  $p = 1013 \text{ hPa}$

$$\checkmark V = \frac{n \cdot R \cdot T}{p} = \frac{21154 \text{ mol} \cdot 83,1 \text{ hPa} \cdot \text{dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot 1773 \text{ K}}{1013 \text{ hPa}} = 3077 \text{ m}^3$$

Przykład 3:

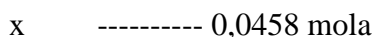
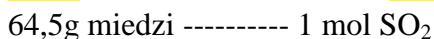
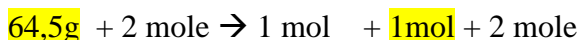
W nadmiarze kwasu siarkowego roztworzono całkowicie próbkę miedzi, zebrany gaz w warunkach standardowych (25°C i 1013hPa) zajął objętość 1,12dm<sup>3</sup>. Oblicz masę próbki miedzi, jeżeli reakcja przebiega wg równania  $\text{Cu} + 2 \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{CuSO}_4 + \text{SO}_2 \uparrow + 2 \text{H}_2\text{O}$ .

Rozwiązanie:

- Obliczenie moli SO<sub>2</sub> w warunkach standardowych:  $V = 1,12 \text{ dm}^3$ ,  $p = 1013 \text{ hPa}$ ,  $T = 298 \text{ K}$

$$\checkmark n = \frac{p \cdot V}{R \cdot T} = \frac{1013 \text{ hPa} \cdot 1,12 \text{ dm}^3}{83,1 \text{ hPa} \cdot \text{dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot 298 \text{ K}} = 0,0458 \text{ mol}$$

- Obliczenie masy próbki miedzi z równania reakcji



$$x = \frac{64,5 \text{ g} \cdot 0,0458 \text{ mol}}{1 \text{ mol}} = 2,954 \text{ g Cu}$$

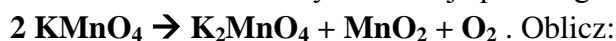
## Karta pracy I/2b: Stechiometria równań reakcji chemicznych, objętość gazów

Nazwisko i imię: ...../ ocena .....

Zad.1 W warunkach standardowych (25°C i 1013hPa) w nadmiarze wody całkowicie roztworzono pewną próbkę wapnia. Reakcja przebiegła wg. równania:  $\text{Ca} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca(OH)}_2 + \text{H}_2$   
Oblicz:

- Liczbę gramów próbki wapnia jeżeli zebrany wodór w w/w warunkach zajmował objętość **2,5dm<sup>3</sup>**
- Liczbę gramów otrzymanego wodorotlenku wapnia – **Ca(OH)<sub>2</sub>**

Zad.2 Tlen na potrzeby laboratoryjne można otrzymać w reakcji termicznego rozkładu manganianu(VII) potasu, związek ten poddano rozkładowi w temp. **200°C** i pod ciśnieniem standardowym. Reakcja przebiega wg równania:



- Liczbę gramów otrzymanego tlenku manganu(IV) jeżeli otrzymano **6,02·10<sup>22</sup>** cząsteczek tlenu w w/w warunkach rozkładu,
- Liczbę gramów KMnO<sub>4</sub> jeżeli otrzymano w w/w warunkach **0,2 mola** tlenu.

Zad. 3 Butla turystyczna zawiera **2,5kg** skroplonego butanu. Oblicz:

- Objętość w warunkach standardowych jaką zajmie powietrze atmosferyczne, w którym tlen stanowi 1/5 objętości (20% części objętościowych) niezbędną do całkowitego spalania butanu w butli turystycznej jeżeli reakcja spalania butanu przebiega wg. równania:  
 $2 \text{C}_4\text{H}_{10} + 13 \text{O}_2 \rightarrow 8 \text{CO}_2 + 10 \text{H}_2\text{O}$ .
- Ilość gramów glukozy, którą mogą wytworzyć rośliny w procesie fotosyntezy z CO<sub>2</sub> powstałego w wyniku spalania w/w ilości butanu jeżeli reakcja przebiega wg równania:  
 $6 \text{CO}_2 + 6 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6 \text{O}_2$
- Objętość w warunkach standardowych wydzielonego do atmosfery tlenu przez rośliny w procesie fotosyntezy z ppkt.b
- Oceń/wyznacz stosunek objętościowy tlenu *zużytego do spalania* w/w butanu i *tlenu powstałego* w procesie fotosyntezy (ppkt. a i c)

Zad. 4\* W warunkach standardowych spalono pewną ilość metanu ( $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ ).  
Produkty spalania przepuszczono przez płuczkę wapienną [wodny roztwór Ca(OH)<sub>2</sub>].  
Otrzymany biały osad odsączono, wysuszono i zważono, masa produktu wyniosła **2,5g**.  
Oblicz objętość spalonego metanu w w/w warunkach.

Zad. 5 Oblicz, ile **gramów chlorku baru** musi zawierać wodny roztwór tej soli aby wytrącić z roztworu **wszystkie jony kwasu ortofosforowego** po rozpuszczeniu w wodzie **4,24g ortofosforanu(V) potasu**, jeżeli reakcji przebiega wg równania;  
 $3 \text{BaCl}_2 + 2 \text{K}_3\text{PO}_4 \rightarrow \text{Ba}_3(\text{PO}_4)_2 \downarrow + 6 \text{Cl}^- + 6 \text{K}^+$

