

5.3 Ustalanie wzoru sumarycznego na podstawie stosunku objętościowego reagentów

Zgodnie z definicją **gazu doskonałego**, czyli takiego w którym nie ma innych oddziaływań międzycząsteczkowych (notatka "4.3 Prawo Avogadra - objętość molowa gazów"), można stwierdzić że "w reakcji chemicznej **objętość substratów gazowych** biorących w niej udział oraz **objętość powstających gazowych produktów** pozostają do siebie w tym samym stosunku molowym, jeżeli reakcja chemiczna zachodzi w tych samych warunkach temperatury i ciśnienia"

Np.

Zaobserwowano, że **2dm³** wodoru reaguje z **1dm³** tlenu, tworząc **2dm³** pary wodnej.

Zgodnie z powyższą definicją **stosunek objętościowy** reakcji chemicznej jest równy **2 : 1 : 2**

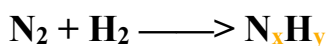
Na tej podstawie możemy ustalić równanie reakcji chemicznej: **2H_{2(g)} + 1O_{2(g)} ———> 2H₂O_(g)**

Podsumowując, na podstawie **objętości** reagentów wyznaczamy ***stosunek objętościowy = stosunek molowy** gazów w reakcjach chemicznych przez co możemy ustalić **wzory sumaryczne** związków chemicznych w *stanie gazowym*.

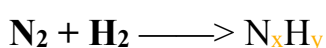
**zakładamy, że reakcja chemiczna cały czas zachodzi w tych samych warunkach temperatury i ciśnienia.*

#5.3.1

Ustal **wzór sumaryczny** pewnego związku chemicznego, wiedząc że w reakcji syntezy **3 dm³** wodoru z **1 dm³** azotu tworzy się produkt gazowy. Warunki **ciśnienia** i **temperatury** były stałe.

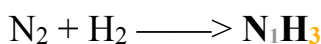


1dm³ : 3dm³

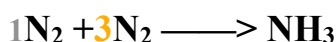


1 : 3

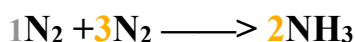
[na **1** cząsteczkę N₂ przypadają **3** cząsteczki H₂]



Produktem będzie **NH₃** (amoniak), ponieważ zachowany jest **stosunek molowy N : H = 1 : 3** (oraz z wiedzy z systematyki związków nieorganicznych również ta reakcja chemiczna ma sens)



2 atomy azotu	≠	1 atom azotu
6 atomów wodoru	≠	3 atomy wodoru



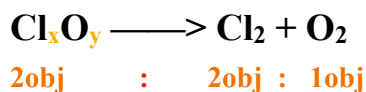
2 atomy azotu	=	2 atomy azotu
6 atomów wodoru	=	6 atomów wodoru

Wzór sumaryczny pewnego związku chemicznego, który powstał w wyniku reakcji syntezy **3 dm³** z **1 dm³** azotu to **NH₃** (amoniak).

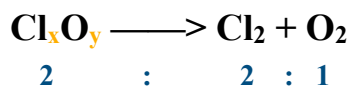
1. Zapisz **ogólny** schemat reakcji chemicznej oraz podpisz **objętości** poszczególnych substancji.
2. Zamień **stosunek objętościowy** na **stosunek molowy**
 - ponieważ jest informacja, że warunki **p** i **T** są stałe i w reakcji występują gazy
3. Ustal **wzór sumaryczny** produktu
4. Uzupełnij **współczynniki stechiometryczne** na podstawie **stosunku molowego**
 - **stosunek molowy** = wartość **współczynników stechiometrycznych**
5. Napisz odpowiedź



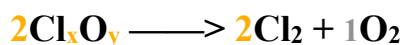
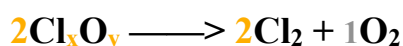
#5.3.2 Ustal **wzór sumaryczny** pewnego tlenku chloru, wiedząc że podczas reakcji analizy **2 objętości** tego gazu tworzą się **2 objętości** chloru oraz **1 objętość** tlenu. Warunki **ciśnienia** i **temperatury** były **stałe**.



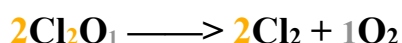
traktuj "obj" jako dowolną jednostkę objętości



[na 2 cząsteczki Cl_xO_y powstają 2 cząsteczki Cl_2 i 1 cząsteczkę O_2]



4 atomy chloru
2 atomy tlenu



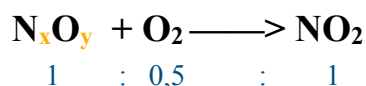
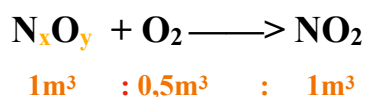
4 atomy chloru = 4 atomy chloru
2 atomy tlenu = 2 atomy tlenu

Wzór sumaryczny pewnego związku chemicznego, który powstał w wyniku swojej reakcji analizy, w której powstały **2 objętości** chloru i **1 objętość** tlenu to **Cl_2O** .

1. Zapisz **ogólny** schemat reakcji chemicznej oraz podpisz **objętości** poszczególnych substancji.
2. Zamień **stosunek objętościowy** na **stosunek molowy**
 - ponieważ jest informacja, że warunki **p** i **T** są **stałe** i w reakcji występują gazy
3. Uzupełnij **współczynniki stechiometryczne** na podstawie **stosunku molowego**
4. Ustal **wzór sumaryczny** produktu
 - na podstawie ilości **atomów** po stronie produktów



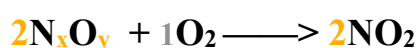
#5.3.3 Ustal **wzór sumaryczny** pewnego tlenku azotu, wiedząc że podczas reakcji syntezy **1 m³** tego gazu z **0,5 m³** tlenu otrzymano **1 m³** tlenku azotu (IV). Warunki **ciśnienia** i **temperatury** były **stałe**.



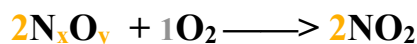
[z poprzednich notatek tego działu, wiemy że stosunki powinny zawierać **liczby całkowite**]



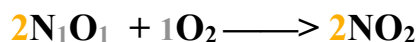
[na 2 cząsteczki N_xO_y przypada 1 cząsteczka O_2 oraz powstają 2 cząsteczki NO_2]



1. Zapisz **ogólny** schemat reakcji chemicznej oraz podpisz **objętości** poszczególnych substancji.
2. Zamień **stosunek objętościowy** na **stosunek molowy**
 - ponieważ jest informacja, że warunki **p** i **T** są **stałe** i w reakcji występują gazy
3. Uzupełnij **współczynniki stechiometryczne** na podstawie **stosunku molowego**



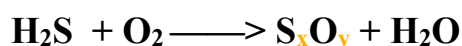
2 atomy azotu
4 atomy tlenu



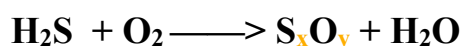
2 atomy azotu = 2 atomy azotu
2 + 2 atomy tlenu = 4 atomy tlenu

Wzór sumaryczny pewnego związku chemicznego **objętości 1 m³**, który był substratem w reakcji syntezy tlenku azotu (IV) - NO₂ to tlenek azotu (II) - **NO**.

#5.3.4 Ustal **wzór sumaryczny** pewnego tlenku siarki, który powstaje w wyniku reakcji spalania siarkowodoru - H₂S_(g) wiedząc że na każdy **1 dm³** siarkowodoru zużywa się **1,5 dm³** tlenu, a powstaje **1 dm³** tego tlenku oraz woda w postaci pary wodnej. Warunki **ciśnienia** i **temperatury** były stałe.



1 dm³ : 1,5 dm³ 1 dm³ : ???

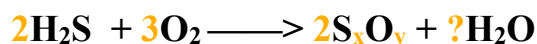


1 : 1,5 1 : ???

[z poprzednich notatek tego działu, wiemy że stosunki powinny zawierać liczby całkowite]

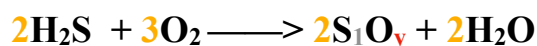
2 : 3 2 : ???

[na 1 cząsteczkę H₂S przypadają 3 cząsteczki O₂, a powstaje 1 cząsteczka S_xO_y oraz woda]

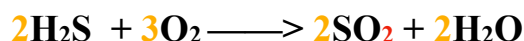


4 atomy wodoru → 2H₂O

2 atomy siarki → x = 1



6 atomów tlenu → 6 (z substratów) - 2 (z wody) = 4 atomy
więc y = 2



4 atomy wodoru = 4 atomy wodoru

2 atomy siarki = 2 atomy siarki

6 atomów tlenu = 6 atomów tlenu

Wzór sumaryczny pewnego związku chemicznego, który powstał w wyniku spalania siarkowodoru - H₂S w tlenie to **SO₂**.

- Ustal **wzór sumaryczny** produktu
 - na podstawie ilości **atomów** po stronie produktów

- Napisz odpowiedź

- Zapisz ogólny schemat reakcji chemicznej oraz podpisz **objętości** poszczególnych substancji.

- Zamień **stosunek objętościowy** na **stosunek molowy**

- ponieważ jest informacja, że warunki **p** i **T** są stałe i w reakcji występują gazy

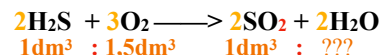
- Uzupełnij **współczynniki stechiometryczne** na podstawie **stosunku molowego**

- Ustal **wzór sumaryczny** produktu
 - na podstawie ilości **atomów** po stronie produktów

- Napisz odpowiedź

#Wskazówka:

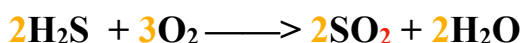
- nie możemy założyć **objętości** wody, twierdząc że skoro po lewej stronie równania reakcji łącznie jest **2,5 dm³** gazów to po prawej stronie równania reakcji też będzie **2,5 dm³**, a wody **1,5 dm³**.



Ponieważ **prawo zachowania masy** nie działa na **objętościach**, a wyłącznie na **masach** substratów i produktów.

#5.3.5

Obliczmy, **objętość** wody z poprzedniego zadania nie zwracając uwagi na poprzednie polecenie.



4 atomy wodoru = 4 atomy wodoru

2 atomy siarki = 2 atomy siarki

6 atomów tlenu = 6 atomów tlenu

Z zadania wiemy że użyto **1 dm³** siarkowodoru lub że powstał **1 dm³** tlenku siarki (IV). Oba reagenty mają **współczynnik stechiometryczny "2"** = **stosunek molowy** H₂S/SO₂ do H₂O jest równy **2 : 2** = **stosunek objętościowy**, ponieważ są stałe warunki T i p.

Po uproszczeniu **stosunku objętościowego 2 : 2** wynika **1 : 1**, więc **1 dm³** H₂S zużyto i powstanie **1 dm³** tlenku siarki (IV) oraz **1 dm³** wody co wynika ze stechiometrii równania reakcji chemicznej.

- [to samo z poprzedniego zadania]
- [to samo z poprzedniego zadania]
- [to samo z poprzedniego zadania]
- [to samo z poprzedniego zadania]
- Ustal **objętość** wody.

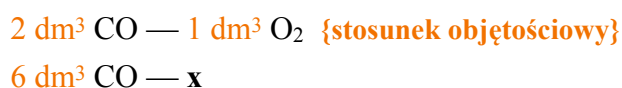
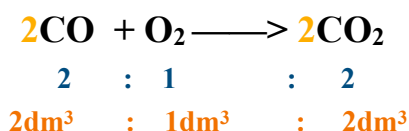
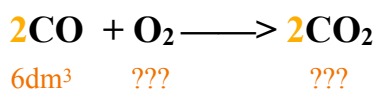
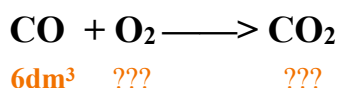
Przypomnijmy, że każda reakcja chemiczna musi być zbilansowana pod względem stechiometrycznym (**współczynniki stechiometryczne**), a co za tym idzie **ilością atomów** i ich **masami**. Sumaryczna ilość **moli** substratów i produktów w równaniu reakcji chemicznej nie musi być taka sama. Podobnie dla reakcji chemicznej biegnącej w fazie gazowej - **objętość substratów** i **objętość produktów** nie musi być równa.

Np. reakcja chemiczna **C + O₂ —> CO₂** [**1 mol** węgla reaguje z **1 molem** tlenu, tworząc **1 mol** tlenku węgla (IV)] jest poprawnie zbilansowana = **liczba atomów** każdego pierwiastka chemicznego się zgadza, jednak można zauważyć że po lewej stronie równania reakcji chemicznej są łącznie **2 mole** substratów, a po prawej stronie równania reakcji chemicznej jest **1 mol** produktu i to jest prawidłowe.

Podsumowując, w każdej reakcji chemicznej muszą się zgadzać **współczynniki stechiometryczne** = **liczba atomów** oraz **masa substratów** przed reakcją i **masa produktów** po reakcji.



#5.3.6 Oblicz, **objętość** tlenu oraz **objętość** produktu gazowego potrzebną do reakcji **6 dm³** tlenku węgla (II) - CO z tlenem odcimierzonych w stałych warunkach ciśnienia i temperatury.



$$x = \mathbf{3 \text{ dm}^3 \text{ O}_2}$$

Z zadania wiemy że użyto **6 dm³** tlenku węgla (II) , a z równania reakcji że oba reagenty mają **współczynnik stechiometryczny "2"** = **stosunek molowy** CO do CO₂ jest równy **2 : 2 = 1 : 1** **stosunek objętościowy**, ponieważ są stałe warunki **T i p**.

Dlatego **objętość** tlenku węgla (II) - CO musi być taka sama jak tlenku węgla (IV) - CO₂ = **6dm³**

(Można zastosować taką samą proporcję jak w **kroku 4** na obliczenie **objętości** dwutlenku węgla)

Do podanej reakcji chemicznej potrzeba **6dm³** tlenku węgla (II) - CO oraz **3dm³** tlenu, a powstanie **6dm³** tlenku węgla (IV) - CO₂

1. Zapisz ogólny schemat reakcji chemicznej oraz podpisz **objętości** poszczególnych substancji.
2. Uzupełnij **współczynniki stechiometryczne**.
3. Zapisz **stosunek molowy**, wynikający z równania reakcji chemicznej oraz **stosunek objętościowy**.
4. Zapisz proporcje wynikające ze **stosunku objętościowego** pozwalającą obliczyć:
 - **objętość** tlenu
5. Ustal **objętość** dwutlenku węgla.
 - [zastosuj poprzednią **wskazówkę**]
6. Napisz odpowiedź

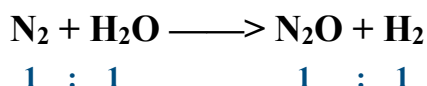
#Wskazówka:

- wraz z uzupełnieniem **współczynników stechiometrycznych** nie zmienia się **objętość** gazów, ponieważ te dane są podane w poleceniu (częsty błąd to przemnożenie również objętości tak samo jak współczynniki stechiometryczne)
- ustalaj zawsze **stosunek molowy/stosunek objętościowy** na zbilansowanym równaniu reakcji chemicznej

Np. przed dobraniem **współczynników stechiometrycznych**: $\text{H}_2(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g}) \longrightarrow \text{HCl}(\text{g})$
stosunek molowy/stosunek objętościowy: 1 : 1 : 1 ✗
 po dobraniu **współczynników stechiometrycznych**: $1\text{H}_2(\text{g}) + 1\text{Cl}_2(\text{g}) \longrightarrow 2\text{HCl}(\text{g})$
stosunek molowy/stosunek objętościowy: 1 : 1 : 2 ✓

#5.3.7

Oblicz, ile m^3 wodoru powstanie, jeśli jednocześnie powstanie 60 moli tlenku azotu (I) - N_2O w warunkach normalnych, zgodnie z podanym równaniem reakcji chemicznej: $N_2 + H_2O \longrightarrow N_2O + H_2$



Ze stosunku molowego równania reakcji chemicznej, wynika że na każdy 1 mol wodoru powstaje 1 mol tlenku azotu (I) - N_2O .

Dlatego, jeśli powstało (z zadania) 60 moli tlenku azotu (I) - N_2O to powstanie 60 moli wodoru.

1 mol wodoru — 22,4 dm³ {prawo Avogadro}
60 moli wodoru — x

$$x = 1344 \text{ dm}^3 = 1,344 \text{ m}^3 \text{ wodoru}$$

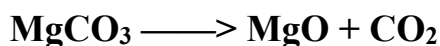
Do otrzymania 60 moli tlenku azotu (I) - N_2O w warunkach normalnych potrzeba 1,344 m³ wodoru zgodnie z podaną reakcją chemiczną.

#Wskazówka:

- pamiętajmy, że stosunek objętościowy można wyznaczyć z równania reakcji chemicznej tylko dla reakcji w fazie gazowej, czyli takiej gdzie wszystkie reagenty (substraty i produkty) występują w stanie skupienia gazowym

#5.3.8

Oblicz, ile dm³ tlenku węgla (IV) - CO_2 otrzymamy z rozkładu 17g węglanu magnezu - $MgCO_3$, wiedząc że pomiar został wykonany w temperaturze 313K pod ciśnieniem 111 000 Pa.



$$M_{MgCO_3} = 84 \text{ g/mol}$$

$$\begin{array}{l} 1 \text{ mol } MgCO_3 \text{ — } 84\text{g} \\ x \text{ — } 17\text{g} \end{array}$$

$$x = 0,2 \text{ mola } MgCO_3$$

Wymagana wiedza:

- notatka 4.3 Prawo Avogadra - objętość molowa gazów

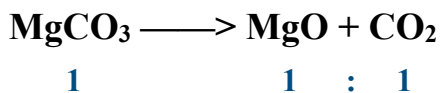
- Ustal stosunek molowy podanej reakcji chemicznej (na podstawie współczynników stechiometrycznych).
- Ustal liczbę moli wodoru.
 - zastosuj definicję stosunku molowego
- Zapisz proporcje wynikającą z prawa Avogadro pozwalającą obliczyć:
 - objętość wodoru
- Napisz odpowiedź

Wymagana wiedza:

- notatka 4.4 Równanie Clapeyrona

- Zapisz ogólny schemat reakcji chemicznej.
- Zapisz proporcję pozwalającą obliczyć:
 - liczbę moli węglanu magnezu

$$n = \frac{17\text{g}}{84\text{g}} = 0,2 \text{ mola } \text{MgCO}_3$$



Skoro **stosunek molowy** z równania reakcji chemicznej to **1 : 1 : 1** to skoro mamy **0,2 mola** węglanu magnezu - MgCO_3 to tyle samo moli powstanie tlenku węgla (IV) - CO_2

SPOSÓB I - $R = 83,14 \frac{\text{hPa} \cdot \text{dm}^3}{\text{mol} \cdot \text{K}}$

$p = 111000 \text{ Pa} = 1110 \text{ hPa}$

$n = 0,2 \text{ mol}$

$T = 313 \text{ K}$

$R = 83,14 \frac{\text{hPa} \cdot \text{dm}^3}{\text{mol} \cdot \text{K}}$

SPOSÓB II - $R = 8,314 \frac{\text{hPa} \cdot \text{dm}^3}{\text{mol} \cdot \text{K}}$

$p = 111000 \text{ Pa}$

$n = 0,2 \text{ mol}$

$T = 313 \text{ K}$

$R = 8,314 \frac{\text{Pa} \cdot \text{m}^3}{\text{mol} \cdot \text{K}}$

$$V = \frac{n \cdot R \cdot T}{p}$$

$$V = \frac{0,2 \cdot 83,14 \cdot 313}{1110} = 4,69 \text{ dm}^3 \quad V = \frac{0,2 \cdot 8,314 \cdot 313}{111000} = 4,69 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$V = 4,69 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 = 4,69 \text{ dm}^3$$

W wyniku reakcji rozkładu **17g** węglanu magnezu - MgCO_3 w temperaturze **313 K** pod ciśnieniem **111 000 Pa** powstało **4,69 dm³** tlenku węgla (IV) - CO_2

2. Użyj wzoru pozwalający obliczyć:

- liczbę **moli** węglanu magnezu

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

3. Ustal **stosunek molowy** podanej reakcji chemicznej (na podstawie **współczynników stechiometrycznych**)

4. Określ, liczbę **moli** tlenku węgla (IV).

5. Przekształć **równanie clapeyrona**, aby obliczyć **objętość** gazu

• dopasuj odpowiednio zestawy jednostek

$$p \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

6. Napisz odpowiedź.

Informacja wstępna do zadania:

Odmiana alotropowa - różna forma występowania tego samego pierwiastka chemicznego, różnicą się między sobą budową struktury i ilością atomów w cząsteczce.

Np.

Tlen - O_2 i Ozon - O_3

#5.3.9

Napisz **wzór summaryczny** pewnej odmiany alotropowej zbudowanej z **atomów** tlenu, jeśli **gęstość** gazu w warunkach normalnych wynosi około **1,43 g/dm³**.

$$d = \frac{M}{22,4}$$

$$M = d \cdot 22,4$$

$$M = 1,43 \cdot 22,4 = 32 \text{ g/mol}$$

[taką ma **masę molową** pewna odmiana alotropowa tlenu]

1. Oblicz **masę molową** pewnej odmiany alotropowej tlenu, korzystając z **gęstości** i informacji o warunkach normalnych.

$M = 32 \text{ g/mol}$

$32 \text{g (odmiana alotropowa)} : 16 \text{g (masa molowa tlenu)} = 2 \text{ (liczba moli atomów)}$



{z układu okresowego}

Podana odmiana alotropowa tlenu to O_2

2. Oblicz wielokrotność masy molowej odmiany alotropowej nad masą molową tlenu.
3. Napisz wzór sumaryczny cząsteczki odmiany alotropowej tlenu.