

5.1 Prawo stałości składu

Prawo stałości składu - pierwiastki chemiczne łączą się w stałych, określonych stosunkach masowych, niezależnie od sposobu otrzymania, czy uzyskanych ilości = mają **stały skład ilościowy** i **jakościowy**.

Np.

Woda - H_2O zawsze jest zbudowana z atomów wodoru i tlenu w stosunku masowym 2g wodoru do 16g tlenu.

stały skład jakościowy

stały skład ilościowy

Niezależnie od rodzaju wody np. destylowana, w jeziorze zawsze stosunek masowy jest stały.

Prawo stałości składu

Pojęcie “*stosunek wagowy*” to synonim do “*stosunku masowego*” (ta pierwsza nazwa jest starsza, i zaleca się stosowanie drugiej). A “*stosunek*” oznacza formę dzielenia.

#5.1.1

Oblicz *stosunek masowy* (wagowy) pierwiastków chemicznych w cząsteczce wody - H_2O i kwasu chromowego (VI) - H_2CrO_4 .



[dla poprawności zapisu zakładamy że mamy 1 mol każdej cząsteczki]

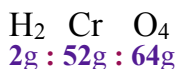
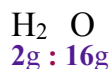
$M_{\text{H}} = 1 \text{ g/mol}$

$M_{\text{O}} = 16 \text{ g/mol}$

$M_{\text{H}} = 1 \text{ g/mol}$

$M_{\text{Cr}} = 52 \text{ g/mol}$

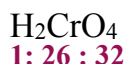
$M_{\text{O}} = 16 \text{ g/mol}$



(2 mole atomów · 1g)

(2 mole atomów · 1g)

(4 mole atomów · 16g)



Woda - H_2O ma *stosunek masowy* **1 : 8** ; a kwas chromowy (VI) - H_2CrO_4 ma *stosunek masowy* **1 : 26 : 32**

~ Dlaczego *stosunków masowych* nie zapisuje się z jednostką ?

Określenie “*stosunek*” ma znaczenie uniwersalne np. *stosunek masowy* pierwiastków chemicznych w cząsteczce wody wynosi **1 : 8** , więc niezależnie czy użyjemy **1mg** H to musi zareagować **8mg** O, analogicznie **1kg** H do **8kg** O.

1. Zapisz *wzory sumaryczne* związków chemicznych.
2. Odszukaj w układzie okresowym *masy molowe* poszczególnych pierwiastków chemicznych.
3. Zapisz pod związkami chemicznymi *masy molowe* pierwiastków chemicznych.
4. Gdy to możliwe uprość liczby - podziel.
 - zapisując *stosunek masowy* nie uwzględniamy jednostki
5. Napisz odpowiedź.

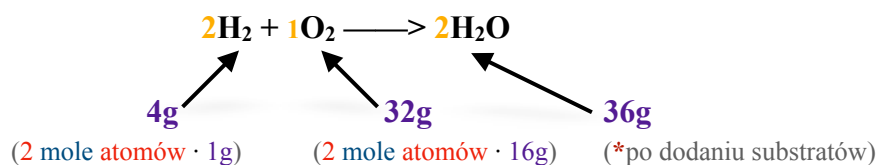
Dodatkowo warto zwrócić uwagę na jeden aspekt zrozumienia **stosunków masowych**:

Zgodnie z reakcją chemiczną: $2\text{H}_2 + 1\text{O}_2 \longrightarrow 2\text{H}_2\text{O}$ można stwierdzić, że (strzałki).



Powyższy zapis **masy** substratów jest poprawny, ponieważ opiera się na **stosunku masowym**, dotyczący pierwiastków chemicznych budujących cząsteczkę wody, a co za tym idzie w jakim **stosunku reaguje**, aby powstała woda.

Jak ktoś nie zauważyłby tego to można zacząć od **mas molowych**:



Teraz jak uprościmy **masy** substratów i produktu (dzielimy przez 4) to otrzymujemy **stosunek masowy reakcji 1 : 8 : 9** (czyli jak w pierwszym zapisie) .

Wartość **współczynnika stechiometrycznego** $\neq$ wartość **masy** substratu / produktu !

(więc nieprawdziwe jest sformułowanie że 4g H reagują z 2g O dając 6g H₂O, bo wtedy **stosunek masowy reakcji** byłby 2 : 1 : 3 co jest niezgodne ze **stosunkiem masowym** wody)

* - tutaj działa *prawo zachowania masy* [więcej informacji w notatce “6.1 Prawo zachowanie masy”]; ale można sobie wytłumaczyć to na **stosunkach masowych**, co zostało przedstawione.

Dla cząsteczki zbudowanej z **2 atomów** można **stosunek masowy** zapisać w formie ułamka zwykłego: np. $\frac{1}{2}$ lub np. 1 : 2

Dla cząsteczki zbudowanej z **3 i więcej atomów** **stosunek masowy** zapisujemy wyłącznie w postaci np. 1 : 3 : 5

#5.1.2

Oblicz, **masę molową** pierwiastka chemicznego E w związku chemicznym - ES₂ wiedząc, że **stosunek masowy** wynosi 3 : 16. Ustal wzór sumaryczny tego związku.

ES₂ - siarczek pierwiastka E

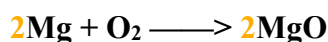
M_S = 32 g/mol

$$\frac{M_E}{2M_S} = \frac{3}{16}$$

$$\frac{M_E}{2 \cdot 32} = \frac{3}{16}$$

1. Odszukaj w układzie okresowym **masy molowe** poszczególnych pierwiastków chemicznych.
2. Ułóż odpowiednią proporcję bazując na **stosunku masowym**.

SPOSÓB II



$$M_{\text{Mg}} = 24 \text{ g/mol}$$

$$M_{\text{O}_2} = 32 \text{ g/mol}$$

$$M_{\text{MgO}} = 40 \text{ g/mol}$$



$$x = 80 \text{ g MgO}$$

$$x = 80 \text{ g MgO}$$

48g magnezu połączy się z 32g tlenu zgodnie ze stosunkiem masowym 3 : 2, otrzymując przy tym 80g tlenku magnezu - MgO

Podsumowanie sposobu I i II:

Oba sposoby opierają się na proporcjach. Niezależnie, czy wybierzesz sposób I, czy sposób II zawsze musisz odwołać się do produktu, a drugi pierwiastek chemiczny możesz sobie *wybrać.

SPOSÓB I - opiera się na stosunkach masowych, czyli na bieżącym temacie

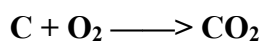
SPOSÓB II - opiera się na masach molowych, nawiązuje do poprzedniego działu: "4.Stechiometria podstawowa".

Po przerobieniu stochiometrii wytłumaczonej przez zespół Giving Chemistry (działy 4-7) zobaczysz, które metody Tobie najbardziej odpowiadają, a my pokazujemy wszelkie możliwe.

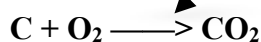
* - pod warunkiem, że substraty zmieszano w stosunku stechiometrycznym - zgodnie z reakcją (notatka "6.5 Przebieg reakcji po zmieszaniu substratów w stosunku niestechiometrycznym" pokazuje zadania, w których ktoś np. dodał nadmiar substratu, czy też jego niedomiar)

#5.1.5

Oblicz, ile powstanie gramów tlenku węgla (IV) - CO₂, jeżeli zmieszano węgiel i tlen w stosunku masowym 3 : 8.



3 : 8

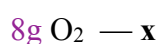
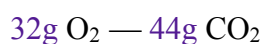


3g 8g

$$M_{\text{Mg}} = 24 \text{ g/mol}$$

$$M_{\text{O}_2} = 32 \text{ g/mol}$$

$$M_{\text{MgO}} = 40 \text{ g/mol}$$



$$x = 11 \text{ g CO}_2$$

$$x = 11 \text{ g CO}_2$$

11g tlenku węgla (IV) - CO₂ powstanie, jeśli zmieszano węgiel i tlen w stosunku masowym 3 : 8.

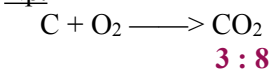
- proporcja / proporcja
3. Zapisz proporcję (korzystając ze mas molowych) pozwalającą obliczyć:
 - masę tlenku magnezu
4. Napisz odpowiedź.

1. Napisz równanie reakcji chemicznej i zapisz stosunek masowy.
2. proporcja / proporcja
2. Zapisz proporcję (korzystając ze stosunków masowych i mas molowych) pozwalającą obliczyć:
 - masę tlenku węgla (IV)
3. Zapisz odpowiedź.

#Wskazówka:

Gdy w zadaniu podany jest tylko stosunek masowy to wystarczy dodać do siebie wartości stosunków masowych, a otrzyma się masę produktu przy założonej jednostce.

Np.



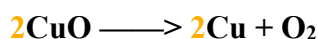
$$3\text{kg} + 8\text{kg} = 11\text{kg}, \text{ więc } 11\,000\text{g}$$

$$3\text{mg} + 8\text{mg} = 11\text{mg}, \text{ więc } 0,011\text{g}$$

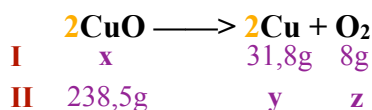
więc wynik końcowy w takim zadaniu może się różnić w zależności od wybranej **jednostki**

#5.1.6

Oblicz, ile **gramów** miedzi i tlenu otrzymano by z rozkładu próbki tlenku miedzi (II) - CuO o **masie** 238,5 g, wiedząc że z rozkładu pewnej próbki CuO otrzymano 31,8 g miedzi i 8 g tlenu. Załóż że te reakcje chemiczne zachodzą stechiometrycznie.



z polecenia wynika, że doszło do dwóch reakcji rozkładu



$$x = 31,8\text{g} + 8\text{g}$$

$$x = 39,8\text{g CuO}$$

$$39,8\text{g CuO} \longrightarrow 31,8\text{g Cu}$$

$$238,5\text{g Cu} \longrightarrow x$$

$$x = 190,56\text{g Cu}$$

$$39,8\text{g CuO} \longrightarrow 8\text{g O}$$

$$238,5\text{g Cu} \longrightarrow x$$

$$x = 47,94\text{g O}$$

$$\text{sprawdzenie: } 238,5 = 190,56 + 47,94$$

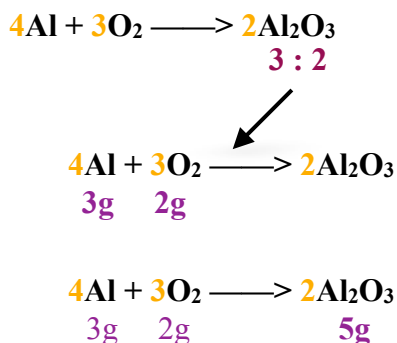
Z rozkładu 238,5g CuO powstało 190,56g miedzi i 47,94g tlenu.

1. Napisz równanie reakcji chemicznej.
2. Pod reakcją chemiczną zapisz dane z dwóch reakcji rozkładu.
3. Korzystając z informacji "zmieszano w sposób stechiometryczny" oblicz "x"
4. Zapisz proporcję (korzystając ze informacji **rozkładu I**) pozwalającą obliczyć:
 - **masę** miedzi
5. Zapisz proporcję (korzystając ze informacji **rozkładu I**) pozwalającą obliczyć:
 - **masę** tlenu
6. Napisz odpowiedź

#Wskazówka:

Można nie wykorzystywać informacji z **rozkładu I** i obliczyć korzystając z **mas molowych**, jednak jak w zadaniu podane są pewne dane to raczej staramy się z nich skorzystać.

#5.1.7 Oblicz, ile **gramów** glinu i tlenu ogrzano wiedząc że reakcja ta zachodzi o **stosunku masowym 3 : 2** i otrzymano **50 g** tlenku glinu - Al_2O_3 .



$$\begin{array}{l} 3\text{g Al} \text{ — } 5\text{g Al}_2\text{O}_3 \\ x \text{ — } 50\text{g Al}_2\text{O}_3 \\ x = \mathbf{30\text{g Al}} \end{array}$$

$$\begin{array}{l} 2\text{g O} \text{ — } 5\text{g Al}_2\text{O}_3 \\ x \text{ — } 50\text{g Al}_2\text{O}_3 \\ x = \mathbf{20\text{g O}} \end{array}$$

50g mieszaniny tlenku glinu - Al_2O_3 zmieszanej w **stosunku masowym 3 : 2** zawiera **30g glinu** i **20g tlenu**.

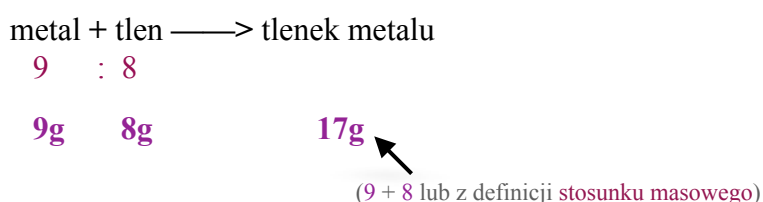
1. Napisz równanie reakcji chemicznej i zapisz **stosunek masowy**.
2. Na podstawie stosunku masowego określ masę **produktu**.
3. Zapisz proporcję (korzystając ze **stosunków masowych**) pozwalającą obliczyć:
 - **masę** glinu
4. Zapisz proporcję (korzystając ze **stosunków masowych**) pozwalającą obliczyć:
 - **masę** tlenu
5. Napisz odpowiedź

#Wskazówka:

Znając **stosunek masowy** np. **3 : 2** oraz **masę produktu** reakcji syntezy np. **50g** możesz podsumować ilość części ($2 + 3 = 5$) i podzielić masę na 5 jednakowych części ($1\text{cz.} = 10\text{g}$), a na końcu zgodnie ze **stosunkiem masowym** przemnożyć.

[pozostałe zadania wymagają wiedzy z notatki “4.1 Masa atomowa, a masa cząsteczkowa” - sekcji **procent masowy**]

#5.1.8 Oblicz **zawartość procentową** tlenu w pewnym tlenku, wiedząc że **stosunek masowy** metalu do tlenu w tym związku chemicznym wynosi **9 : 8**.



1. Napisz schemat słowny reakcji chemicznej i zapisz **stosunek masowy**.
2. Określ **masę** produktu, znając **stosunek masowy**.

17g tlenku metalu — 100%

8g tlen — x

$$x = 47,1\% \text{ O}$$

$$\%O = \frac{m_O}{m_{\text{tlenek}}} \cdot 100\%$$

$$\%O = \frac{8g}{17g} \cdot 100\%$$

$$\%O = 47,1\% \text{ O}$$

Zawartość tlenu w pewnym tlenku metalu o **stosunku masowym 9 : 8** wynosi **47,1%**

#5.1.9

Oblicz **skład procentowy** cząsteczki zawierającej glin, siarkę i tlen w **stosunku masowym 9 : 4 : 16**.

Al : S : O

9 : 4 : 16

Al : S : O

9g : 4g : 16g
29g

29g cząsteczek — 100% 29g cząsteczek — 100% 29g cząsteczek — 100%

9g Al — x

4g S — x

16g O — x

$$x = 31\% \text{ Al}$$

$$x = 13,8\% \text{ S}$$

$$x = 55,2\% \text{ O}$$

$$\%Al = \frac{9g}{29g} \cdot 100\%$$

$$\%S = \frac{4g}{29g} \cdot 100\%$$

$$\%O = \frac{16g}{29g} \cdot 100\%$$

$$\%Al = 31\% \text{ Al}$$

$$\%S = 13,8\% \text{ S}$$

$$\%O = 55,2\% \text{ O}$$

Skład procentowy cząsteczki zbudowanej z glinu, siarki i tlenu zmieszanej w **stosunku masowym 9 : 4 : 16** wynosi odpowiednio **31% glinu, 13,8% siarki, 55,2% tlenu**.

3. Zapisz proporcję (korzystając ze **stosunków masowych**) pozwalającą obliczyć:

- **zawartość procentową** tlenu

3. Użyj wzoru pozwalającego obliczyć:

- **zawartość procentową** tlenu

$$\% \text{ pierwiastek} = \frac{m_{\text{pierwiastka}}}{m_{\text{cząsteczki}}} \cdot 100\%$$

4. Napisz odpowiedź.

1. Zapisz symbole pierwiastków chemicznych oraz podpisz **stosunek masowy**.

2. Określ **masę** całego związku chemicznego, znając **stosunek masowy**.

3. Zapisz proporcję (korzystając ze **stosunków masowych**) pozwalającą obliczyć:

- **zawartość procentową** glinu, siarki i tlenu

3. Użyj wzoru pozwalającego obliczyć:

- **zawartość procentową** glinu, siarki i tlenu

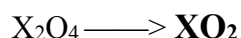
$$\% \text{ pierwiastek} = \frac{m_{\text{pierwiastka}}}{m_{\text{cząsteczki}}} \cdot 100\%$$

4. Napisz odpowiedź



Zidentyfikuj odpowiednimi obliczeniami symbol pierwiastka chemicznego X, który tworzy tlenek czterowartościowy i zawiera on 53,33% tlenu.

X - pierwiastek czterowartościowy
O - pierwiastek dwuwartościowy



tlenek XO_2 zbudowany z 1 atomu X
i dwóch atomów O

$$m_O = 16u$$

$$2 \cdot 16u \text{ tlen} = 53,33\%$$

$$x \text{ cząsteczka} = 100\%$$

$$x = 60u \text{ cząsteczka}$$

[cząsteczka to całość - 100%, która jest zbudowana z atomów, które stanowią jakąś "część" z tych 100%]

$$53,33\% = \frac{2 \cdot 16u}{m_{\text{cząsteczka}}} \cdot 100\%$$

$$53,33\% = \frac{32u}{m_{\text{cząsteczka}}} \cdot 100\% \quad [\text{likwidujemy } \%]$$

$$0,5333 = \frac{32u}{m_{\text{cząsteczka}}} \cdot 1$$

$$0,5333 m_{\text{cząsteczka}} = 32u$$

$$m_{\text{cząsteczka}} = 60u$$

$$60u - 32u = 28u$$

krzem



Pierwiastkiem X jest **krzem**, który tworzy tlenek krzemu (IV) - SiO_2 , w którym 53,33% zajmuje tlen.



Ustal wzór sumaryczny pewnego kwasu tlenowego, wiedząc że masa cząsteczkowa tego kwasu wynosi 98u, a zawartość procentowa wodoru to 3,1%, niemetalu stanowi 31,6%, a tlenu 65,3%.

[cząsteczka to całość - 100%]

$$98u \text{ cząsteczka} = 100\% \quad 98u \text{ cząsteczka} = 100\% \quad 98u \text{ cząsteczka} = 100\%$$

$$x \text{ wódor} = 3,1\%$$

$$x \text{ niemetal} = 31,6\%$$

$$x \text{ tlen} = 65,3\%$$

$$x = 3u \text{ wodoru}$$

$$x = 31u \text{ niemetalu}$$

$$x = 64u \text{ tlenu}$$

$$3,1\% = \frac{m_{\text{wódor}}}{98u} \cdot 100\% \quad 31,6\% = \frac{m_{\text{niemetal}}}{98u} \cdot 100\% \quad 65,3\% = \frac{m_{\text{tlen}}}{98u} \cdot 100\%$$

$$m_{\text{wódor}} = 3u$$

$$m_{\text{niemetal}} = 31u$$

$$m_{\text{tlen}} = 64u$$

1. Zapisz wzór sumaryczny tlenku i określ z jakich pierwiastków chemicznych jest zbudowany

proporcja / wzór

2. Zapisz proporcję (korzystając ze **składu procentowego i masy cząsteczkowej**) pozwalającą obliczyć:

- **masę cząsteczkową** całego związku chemicznego

2. Użyj wzoru pozwalającego obliczyć:

- **masę cząsteczkową** całego związku chemicznego

$$\% \text{ pierwiastek} = \frac{m_{\text{pierwiastka}}}{m_{\text{cząsteczki}}} \cdot 100\%$$

3. Ustal **masę atomową** pierwiastka X i zidentyfikuj symbol pierwiastka X

• od **masy cząsteczkowej** związku chemicznego odejmij **masę atomową** tlenu

4. Napisz odpowiedź

$$M_H = 1 \text{ g/mol}$$

$$M_P = 31 \text{ g/mol}$$

$$M_O = 16 \text{ g/mol}$$

fosfor

¹⁵P
Fosfor
30,97
2,2

$$3u : 1g = 3 \text{ atomy H}$$

$$31u : 31g = 1 \text{ atom P}$$

$$64u : 16g = 4 \text{ atom O}$$



Kwas o masie cząsteczkowej 98u i zawartości procentowej 3,1% wodoru. 31,6% fosforu i 65,3% tlenu to H_3PO_4

- Oblicz masy molowe poszczególnych pierwiastków chemicznych.
- Ustal liczbę atomów poszczególnych pierwiastków chemicznych budujących kwas.
- Ustal wzór sumaryczny kwasu.
- Napisz odpowiedź.

#5.1.12 Oblicz skład procentowy pewnej soli, która została otrzymana w wyniku reakcji syntezy 13g tlenku metalu, który zawiera 25,8% tlenu oraz 10g tlenku niemetalu, zawierającego 56,3% tlenu.

tlenek metalu + tlenek niemetalu $\longrightarrow$ sól

[metoda otrzymywania soli - notatka 3.6 Sole + reakcja syntezy: $A + B \longrightarrow C$]

$$13g \text{ tlenku metalu} \text{ --- } 100\%$$

$$x_1 \text{ tlenu} \text{ --- } 25,8\%$$

$$x_1 = 3,4g \text{ tlenu}$$

$$10g \text{ tlenku niemetalu} \text{ --- } 100\%$$

$$x_2 \text{ tlenu} \text{ --- } 56,3\%$$

$$x_2 = 5,6g \text{ tlenu}$$

$$25,8\% = \frac{m_{\text{tlen1}}}{13g} \cdot 100\%$$

$$m_{\text{tlen1}} = 3,4g$$

$$56,3\% = \frac{m_{\text{tlen2}}}{10g} \cdot 100\%$$

$$m_{\text{tlen2}} = 5,6g$$

$$13g - 3,4g = 9,6g \text{ metalu}$$

$$10g - 5,6g = 4,4g \text{ niemetalu}$$

Aby lepiej zobrazować, wytłumaczmy sobie to na przykładzie.

Np. $CaO + SO_2 \longrightarrow CaSO_3$; więc produkt to masa wapnia, siarki i tlenu z substratów.

$$m_{\text{produkt}} = m_{\text{metal}} + m_{\text{niemetal}} + m_{\text{tlen1}} + m_{\text{tlen2}}$$

$$m_{\text{produkt}} = 9,6g + 4,4g + \underbrace{3,4g + 5,6g}_{9g \text{ O w soli}} = 23g$$

$$23g \text{ cząsteczek} \text{ --- } 100\% \quad 23g \text{ cząsteczek} \text{ --- } 100\% \quad 23g \text{ cząsteczek} \text{ --- } 100\%$$

$$9,6g \text{ metalu} \text{ --- } x \quad 4,4g \text{ niemetalu} \text{ --- } x \quad 9g \text{ tlenu} \text{ --- } x$$

$$x = 42\% \text{ metalu} \quad x = 19\% \text{ niemetalu} \quad x = 39\% \text{ tlenu}$$

- Napisz schemat słowny reakcji chemicznej.

proporcja / wzór

- Zapisz proporcję (korzystając ze składu procentowego) pozwalającą obliczyć:

- masę tlenu w obu substratach

- Użyj wzoru pozwalającego obliczyć:

- masę: wodoru, niemetalu i tlenu

$$\% \text{ pierwiastek} = \frac{m_{\text{pierwiastka}}}{m_{\text{cząsteczki}}} \cdot 100\%$$

- Ustal masę metalu i niemetalu
- od masy cząsteczki odejmij masę tlenu

- Oblicz masę produktu.

proporcja / wzór

- Oblicz skład procentowy soli poprzez proporcję lub wzór:

- metalu, niemetalu i tlenu w soli

$$\% \text{pierwiastek} = \frac{m_{\text{pierwiastek}}}{m_{\text{cząsteczka}}} \cdot 100\%$$

$$\%_{\text{metal}} = \frac{9,6\text{g}}{23\text{g}} \cdot 100\% \quad \%_{\text{niemetal}} = \frac{4,4\text{g}}{23\text{g}} \cdot 100\% \quad \%_{\text{tlen}} = \frac{9\text{g}}{23\text{g}} \cdot 100\%$$

$$\%_{\text{metal}} = 42\% \quad \%_{\text{niemetal}} = 19\% \quad \%_{\text{tlen}} = 39\%$$

Pewna sól w wyniku syntezy 13g tlenku metalu o zawartości tlenu 25,8% i tlenku niemetalu o zawartości tlenu 56,3% ma skład procentowy równy 42% metalu, 19% niemetalu i 39% tlenu.

5. Napisz odpowiedź.

#Wskazówka:

Ucząc się z Giving Chemistry dopiero w notatce 6.1 Prawo zachowania masy poznajesz to prawo, ale z SP {notatka SP 3.7 Prawa rządzące reakcjami chemicznymi} możesz pamiętać definicję tego prawa. Zgodnie z nim masa substratów = masa produktów, więc z samego polecenia możesz stwierdzić, że masa produktu soli to 10g (tlenku metalu) + 13g (tlenku niemetalu) = 23g soli.