

## Obliczenia na podstawie równań reakcji chemicznych

- [Wprowadzenie](#)
- [Przeczytaj](#)
- [Film samouczek](#)
- [Sprawdź się](#)
- [Dla nauczyciela](#)



Znajomość ilości substancji potrzebnych do reakcji chemicznej jest niezbędna w pracy chemika. Wynika to z dwóch przyczyn: pierwsza jest prozaiczna, chodzi bowiem o ekonomię. Używając za dużo jednego z odczynników – zanieczyszczamy go, co powoduje straty finansowe. Drugą przyczyną są reakcje uboczne. Masy substancji reagujących powinny być ze sobą w stosunku stechiometrycznym – nadmiar jednej substancji może powodować zajście reakcji z otrzymaniem produktów niepożądanych. Dlatego ważne jest poprawne obliczenie masy substratów, aby otrzymać jak najwięcej produktu.

### Twoje cele

- Przeanalizujesz równania reakcji chemicznej i wyznacysz współczynniki stechiometryczne w równaniach reakcji chemicznych.
- Na podstawie uzgodnionych równań reakcji chemicznych obliczysz liczbę moli, indywidualów chemicznych, masę, objętość reagentów biorących udział w reakcji chemicznej.

- Oszacujesz ilość substancji chemicznych potrzebnych do zajścia reakcji chemicznej.

# Przeczytaj

## Stechiometria

Dokładna analiza [równań reakcji chemicznych](#) umożliwia dobór ilości reagentów, co skutkuje otrzymaniem zamierzonego produktu z możliwie najwyższą wydajnością. Aspekt ten jest szczególnie ważny w reakcjach z udziałem [katalizatora](#), gdzie jego odpowiednia ilość wprowadzona do układu reakcyjnego powoduje znaczne skrócenie czasu i otrzymanie większej ilości syntezowanego związku.

[Stechiometria](#) chemiczna jest dziedziną chemii, która zajmuje się ilościowym opisem reakcji chemicznych. Jej założenia umożliwiają obliczanie liczby cząsteczek (atomów lub jonów) biorących udział w reakcji, ilość produktu, jaki powstaje podczas reakcji, ilość [reagentów](#) potrzebnych do przeprowadzenia reakcji i wiele innych zależności. Do tych obliczeń niezbędne są uzgodnione równania reakcji chemicznych i liczne wzory, ale również znajomość pojęć oraz praw chemicznych i fizycznych.

**Masa cząsteczkowa** określa masę pojedynczej cząsteczki, wyrażana jest w unitach (u). Dla określonego związku wyznacza się ją poprzez zsumowanie mas atomów wchodzących w jego skład.

**Liczba Avogadra** ( $N_A$ ) to stała, która określa liczbę drobin (cząsteczek, jonów, atomów) zawartych w 1 molu.

$$N_A = 6,02214076 \cdot 10^{23}$$

**Mol** to jednostka liczności (ilości) materii (podstawowa w układzie SI). Jeden mol zawiera dokładnie  $6,02214076 \cdot 10^{23}$  indywidualów chemicznych. Z kolei z pojęciem mola wiąże się znajomość dwóch wzorów:

$$n = \frac{N}{N_A}$$

oraz

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

gdzie:

- $n$  – liczba moli;
- $N$  – liczba drobin (cząsteczek, jonów, atomów);
- $m$  – masa substancji wyrażona w gramach;
- $M$  – masa molowa wyrażona w  $\frac{\text{g}}{\text{mol}}$ .

**Masa molowa ( $M$ )** określa  $V_{\text{mol}}$  masę jednego mola indywidualów chemicznych (substancji) wyrażoną w gramach. Przykładowo, masa atomowa potasu wynosi 39 u, a jego masa molowa 39  $\frac{\text{g}}{\text{mol}}$ .

**Objętość molowa ( $V_{\text{mol}}$ )** jest objętością gazu odmierzonego w warunkach normalnych (dla  $T = 273 \text{ K}$  ( $0^\circ \text{C}$ ) oraz  $p = 1013 \text{ hPa}$ ). Dla gazów rzeczywistych w warunkach normalnych wynosi ona 22,4  $\text{dm}^3$ .

$$n = \frac{V}{V_{\text{mol}}}$$

gdzie:

- $n$  – liczba moli;
- $V$  – objętość gazu;
- $V_{\text{mol}}$  – objętość molowa gazu.

Dla gazów, które występują w innych parametrach ciśnienia i temperatury niż warunki normalne, objętość jednego mola tych gazów ulega zmianie. Wówczas

obliczenie objętości tych gazów jest możliwe dzięki zastosowaniu **równania Clapeyrona**:

$$pV = nRT$$

gdzie:

- $p$  – ciśnienie gazu wyrażone w Pa lub hPa;
- $V$  – objętość gazu wyrażona w m<sup>3</sup> lub dm<sup>3</sup>;
- $n$  – liczba moli gazu;
- $T$  – temperatura gazu wyrażona w K;
- $R$  – stała gazowa wynosząca  $8,31 \frac{\text{J}}{\text{mol}\cdot\text{K}}$  lub  $8,31 \frac{\text{hPa}\cdot\text{dm}^3}{\text{mol}\cdot\text{K}}$

## Jaka jest kolejność wykonywania obliczeń na podstawie reakcji chemicznych?

Znając elementarne pojęcia i wzory związane ze stechiometrią, można wykonać obliczenia na podstawie równań reakcji chemicznych, a w dalszym etapie – zaplanować eksperyment do wykonania w laboratorium.

Równania reakcji chemicznych są zbliżone do równań matematycznych, tylko zamiast znaku równości występuje strzałka (od substratów do produktów). Dzięki poprawnie dobranym współczynnikom stechiometrycznym (zgodnej liczbie atomów/jonów danego pierwiastka przed strzałką, równej liczbie atomów/jonów tego samego pierwiastka za strzałką) równanie reakcji podaje stosunki ilościowe między reagentami i produktami, umożliwiając wiele praktycznych obliczeń.

**W celu poprawnego wykonania obliczeń należy zastosować poszczególne kroki:**

**Krok I.** Zapis równania reakcji chemicznej (zapis jakościowy substratów biorących udział w reakcji oraz tworzących się produktów).

**Krok II.** Dobór odpowiednich współczynników stechiometrycznych.

**Krok III.** Oznaczenie danych i szukanych wielkości w równaniu reakcji chemicznej. Ułożenie proporcji, a następnie obliczenie nieznanymi wielkości.

**Krok IV.** Sformułowanie wyniku i odpowiedzi.

## Ćwiczenie

## Ćwiczenie 1

Oblicz, ile gramów, moli, cząsteczek bromu przereaguje z 82 g sodu. Oblicz procent masowy bromu w powstającym bromku sodu. Załóż, że reakcja zachodzi ze 100% wydajnością.

Rozwiązanie oraz odpowiedź zapisz w zeszyte do lekcji chemii, zrób zdjęcie, a następnie umieść je w wyznaczonym polu.

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

### Krok 1

Wypisz dane, szukane oraz zapisz równanie reakcji chemicznej. W układzie okresowym odszukaj masy molowe pierwiastków.

**Dane:**

$$m_{\text{Na}} = 82 \text{ g}$$

$$M_{\text{Na}} = 23 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

$$M_{\text{Br}_2} = 160 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

**Szukane:**

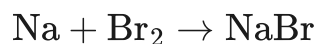
$$m_{\text{Br}} = ?$$

$$N_{\text{Br}_2} = ?$$

$$n_{\text{Br}_2} = ?$$

$$\% \left( \frac{m_{\text{Br}}}{m_{\text{NaBr}}} \right) = ?$$

**Równanie reakcji (przed uzgodnieniem współczynników reakcji):**



**Krok II**

**Krok III**

**Krok IV**

## Słownik

### **równanie chemiczne**

zapis reakcji chemicznej w postaci równania, którego lewą stronę stanowią chemiczne wzory cząsteczek (i/lub symbole atomów) substancji wyjściowych (substratów), a prawą – substancje końcowe (produkty) reakcji

### **katalizator**

(gr. *katalysis* „rozkład”) substancja, która zwiększa szybkość reakcji chemicznej, nie naruszając stanu końcowej równowagi i właściwości termodynamicznych układu; pozostaje w stanie niezmienionym po zakończeniu reakcji; katalizator bierze udział w reakcji chemicznej, ale nie ulega zużyciu w jej trakcie

### **stechiometria**

dział chemii, który zajmuje się ilościowymi stosunkami reagujących ze sobą pierwiastków i związków chemicznych oraz metodami obliczania tych stosunków

### **reagent**

reagentami mogą być cząsteczki, atomy, jony, a w przypadku reakcji fotochemicznych – także fotony; reagentami są zarówno substraty, jak i produkty reakcji chemicznej

## Bibliografia

Krzeczkowska M., Loch J., Mizera A., *Repetitorium chemia. Liceum – poziom podstawowy i rozszerzony*, Warszawa – Bielsko-Biała 2010.



# Film samouczek

---

## Polecenie 1

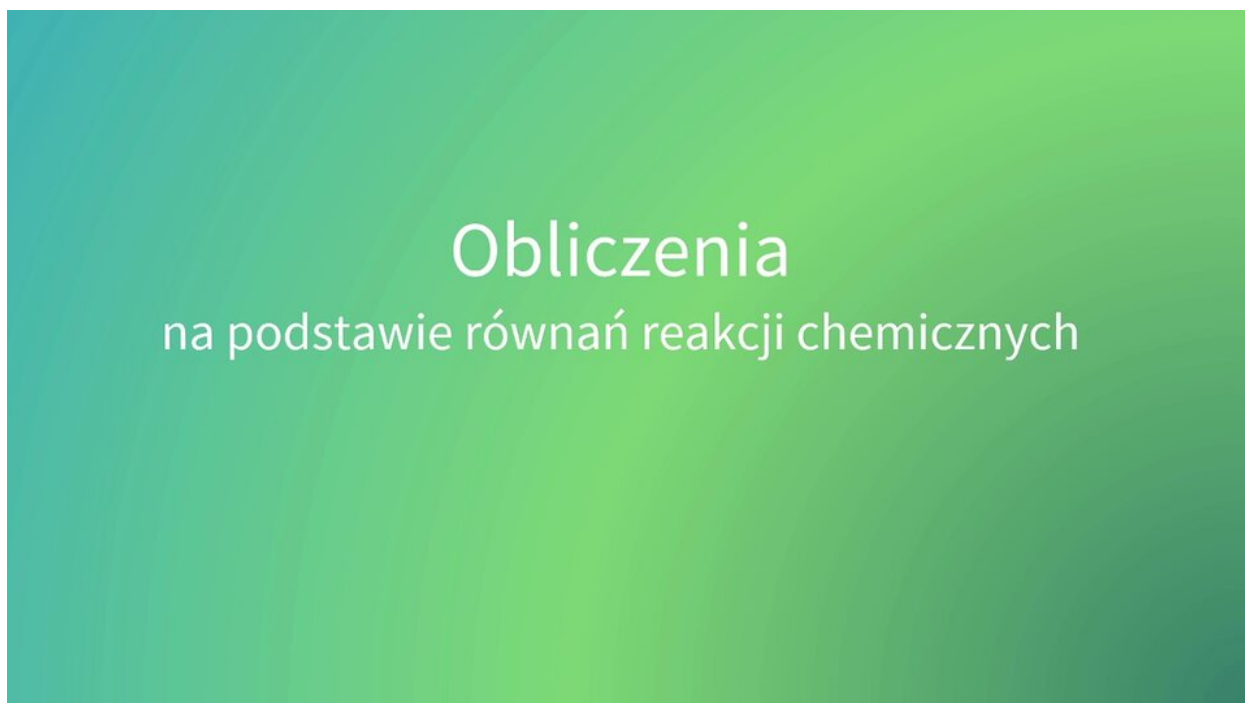
Spróbuj rozwiązać poniższe ćwiczenie, a następnie zapoznaj się z filmem samouczkiem, aby dowiedzieć się, czy Twoje obliczenia są poprawne.

## Ćwiczenie 1

Oblicz liczbę moli, liczbę cząsteczek, masę oraz objętość azotu, który przereaguje z  $20 \text{ dm}^3$  wodoru. Oblicz procent masowy azotu w otrzymanym produkcie, zakładając, że reakcja zachodzi w warunkach normalnych i ze 100% wydajnością.

Rozwiązanie oraz odpowiedź zapisz w zeszyte do lekcji chemii, zrób zdjęcie, a następnie umieść je w wyznaczonym polu.

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.



Film dostępny pod adresem </preview/resource/RpYvOKLqWo09n>

Film samouczek pt. „Obliczenia na podstawie równań reakcji chemicznych – przykład”

Źródło: Michał Mytnik, licencja: CC BY-SA 3.0.

Film dotyczy obliczeń na podstawie równań reakcji. Krok po kroku rozwiązywane jest zadanie.

---

**W celu poprawnego wykonania obliczeń zastosuj poszczególne kroki:**

<b>Krok I. Równanie reakcji</b>
Zapisz równanie reakcji chemicznej (zapis jakościowy substratów, które biorą udział w reakcji, oraz tworzących się produktów).
<b>Krok II. Współczynniki stechiometryczne</b>
W kolejnym kroku dobierz odpowiednie współczynniki stechiometryczne w równaniu reakcji.
<b>Krok III. Dane i szukane</b>
Zastanów się i oznacz, jakie dane zostały podane w treści ćwiczenia, a co należy obliczyć.
<b>Krok IV. Obliczenia</b>
W obliczeniach wykorzystaj wzory oraz ułóż odpowiednie proporcje. Sprawdź, czy któryś ze substratów nie występuje w nadmiarze.
<b>Krok V. Odpowiedź końcowa</b>
Sformułuj wynik i odpowiedź.

# Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

## Ćwiczenie 1








Zaznacz prawidłową odpowiedź.

- Stechiometria chemiczna umożliwia obliczenie liczby cząstek (atomów lub jonów) biorących udział w reakcji, jakość produktu i wiele innych.
- masa cząsteczkowa określa masę pojedynczej cząsteczki. Wyrażona jest w gramach na mol.
- Stechiometria chemiczna jest dziedziną chemii, która zajmuje się ilościowym opisem reakcji chemicznych.

## Ćwiczenie 2



Ułóż w odpowiedniej kolejności etapy przez które należy przejść aby poprawnie wykonać obliczenia.

- Oznaczenie danych i szukanych wielkości w równaniu reakcji chemicznej. 
- Sformułowanie wyniku i odpowiedzi. 
- Ułożenie proporcji, a następnie obliczenie nieznanych wielkości. 
- Dobór odpowiednich współczynników stechiometrycznych. 
- Zapis równania reakcji chemicznej. 

### Ćwiczenie 3



Mol to jednostka liczności (ilości) materii. Dobierz odpowiednie oznaczenia symboli we wzorach chemicznych powiązanych z pojęciem mol:  $n = \frac{N}{N_A}$ ;  $n = \frac{m}{M}$

$M$	liczba drobin (cząsteczek, jonów, atomów)
$N$	masa molowa wyrażona w $\frac{\text{g}}{\text{mol}}$
$m$	liczba Avogadra równa $6,02214076 \cdot 10^{23}$
$N_A$	masa substancji wyrażona w gramach
$n$	liczba moli

### Ćwiczenie 4



Azotek litu reaguje z wodą. Produktami reakcji są wodorotlenek litu oraz amoniak. Napisz odpowiednie równanie reakcji azotku litu z wodą oraz oblicz objętość amoniaku (w przeliczeniu na warunki normalne), jaka powstała w wyniku tej reakcji, jeżeli użyto 70 g azotku litu. Wynik podaj w  $\text{dm}^3$  z dokładnością do dwóch miejsc po przecinku.

Rozwiązanie oraz odpowiedź zapisz w zeszytcie do lekcji chemii, zrób zdjęcie, a następnie umieść je w wyznaczonym polu.

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

## Ćwiczenie 5



Powyżej temperatury 1200 K węgiel może zredukować jony cynku, wchodzące w skład tlenku cynku. Zapisz równanie reakcji, a następnie oblicz, ile metrów sześciennych ( $\text{m}^3$ ) tlenku węgla(IV) (w przeliczeniu na warunki normalne) można otrzymać w reakcji zachodzącej z udziałem 1 kg węgla. Należy założyć, że reakcja przebiega z wydajnością 100%. Wynik podaj z dokładnością do drugiego miejsca po przecinku.

Rozwiązanie oraz odpowiedź zapisz w zeszycie do lekcji chemii, zrób zdjęcie, a następnie umieść je w wyznaczonym polu.

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

## Ćwiczenie 6



Podczas pieczenia ciasta, zawarty w proszku wodorowęglan amonu ulega rozkładowi, tworząc amoniak, tlenek węgla(IV) i parę wodną. Napisz równanie zachodzącej reakcji, a następnie oblicz objętość mieszaniny gazów, otrzymanej z rozkładu 395 g substratu w temperaturze  $120^\circ\text{C}$  pod ciśnieniem 1013,25 hPa. Należy założyć, że reakcja przebiega z wydajnością 100%.

Rozwiązanie oraz odpowiedź zapisz w zeszycie do lekcji chemii, zrób zdjęcie, a następnie umieść je w wyznaczonym polu.

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

## Ćwiczenie 7



W celu oznaczenia zawartości  $\text{CaCO}_3$  w wapnie palonym, podziałano na 6,4 g próbki wapna nadmiarem kwasu solnego. Stwierdzono, że masa wydzielonego gazu wynosi 0,352 g. Oblicz procentową masową zawartość  $\text{CaCO}_3$  w próbce. Wynik podaj z dokładnością do dziesiątej części punktu procentowego.

Rozwiązanie oraz odpowiedź zapisz w zeszycie do lekcji chemii, zrób zdjęcie, a następnie umieść je w wyznaczonym polu.

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

## Ćwiczenie 8



Etanol otrzymuje się w procesie fermentacji cukrów. Jeśli poddaje się fermentacji glukozę, jako drugi produkt powstaje tlenek węgla(IV). Zapisz równanie zachodzącej reakcji, a następnie oblicz, ile cząsteczek tlenku węgla(IV) można otrzymać z 60 g glukozy? Należy założyć, że reakcja przebiega z wydajnością 100%.

Rozwiązanie oraz odpowiedź zapisz w zeszytcie do lekcji chemii, zrób zdjęcie, a następnie umieść je w wyznaczonym polu.

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

## Ćwiczenie 9



Rozkład hydrazyny może przebiegać wg równania:



Oblicz objętość gazów powstałych w wyniku rozkładu 1 kg hydrazyny w temperaturze 1300 K i przy ciśnieniu normalnym. Wynik podaj w  $\text{dm}^3$  z dokładnością do jedności.

Rozwiązanie oraz odpowiedź zapisz w zeszytcie do lekcji chemii, zrób zdjęcie, a następnie umieść je w wyznaczonym polu.

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

$\text{dm}^3$

## Ćwiczenie 10



Często stosowanym nawozem wzbogacającym glebę w związki fosforu jest tzw. superfosfat, którego głównym składnikiem jest diwodorofosforan(V) wapnia. Związek ten można otrzymać w reakcji ortofosforanu(V) wapnia z kwasem siarkowym(VI).

1. Zapisz równanie reakcji otrzymywania tego związku.
2. Oblicz zawartość procentową masową fosforu w diwodorofosforanie(V) wapnia.

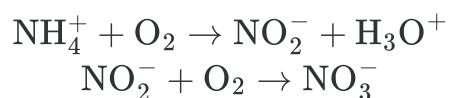
Rozwiązanie oraz odpowiedź zapisz w zeszytcie do lekcji chemii, zrób zdjęcie, a następnie umieść je w wyznaczonym polu.

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

## Ćwiczenie 11



Usuwanie jonów amonu ze ścieków gospodarczych polega na ich utlenieniu, które jest realizowane w dwóch etapach:



1. Uzgodnij jonowe równania reakcji, stosując bilans jonowo-elektronowy.
2. Oblicz, ile  $\text{dm}^3$  tlenu w warunkach normalnych trzeba użyć do utlenienia 9 g jonów amonu do anionów azotanowych(III)? Należy założyć, że reakcja przebiega z wydajnością 100%. Wynik podaj w  $\text{dm}^3$  z dokładnością do drugiego miejsca po przecinku.

Rozwiązanie oraz odpowiedź zapisz w zeszycie do lekcji chemii, zrób zdjęcie, a następnie umieść je w wyznaczonym polu.

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

# Dla nauczyciela

---

**Autor:** Gabriela Iwińska

**Przedmiot:** Chemia

**Temat: Obliczenia na podstawie równań reakcji chemicznych**

**Grupa docelowa:**

Liceum ogólnokształcące i technikum, liceum ogólnokształcące, technikum, zakres podstawowy i rozszerzony

**Podstawa programowa:**

Zakres podstawowy

I. Atomy, cząsteczki i stechiometria chemiczna. Uczeń:

5) wykonuje obliczenia dotyczące: liczby moli oraz mas substratów i produktów (stechiometria wzorów i równań chemicznych), objętości gazów w warunkach normalnych, po zmieszaniu substratów w stosunku stechiometrycznym.

Zakres rozszerzony

I. Atomy, cząsteczki i stechiometria chemiczna. Uczeń:

7) wykonuje obliczenia, z uwzględnieniem wydajności reakcji, dotyczące: liczby moli oraz mas substratów i produktów (stechiometria wzorów i równań chemicznych), objętości gazów w warunkach normalnych, po zmieszaniu substratów w stosunku stechiometrycznym i niestechiometrycznym.

## **Kształtowane kompetencje kluczowe:**

- kompetencje cyfrowe;
- kompetencje osobiste, społeczne i w zakresie umiejętności uczenia się;
- kompetencje matematyczne oraz kompetencje w zakresie nauk przyrodniczych, technologii i inżynierii.

## **Cele operacyjne:**

### **Uczeń:**

- analizuje równania reakcji chemicznej i wyznacza współczynniki stechiometryczne w równaniach reakcji chemicznych;
- na podstawie uzgodnionych równań reakcji chemicznych obliczy liczbę moli, indywidualności chemicznych, masę, objętość reagentów biorących udział w reakcji chemicznej;
- szacuje ilość substancji chemicznych potrzebnych do zajścia reakcji chemicznej.

## **Strategie nauczania:**

- strategia asocjacyjna;
- uczenie przez działanie.

## **Metody i techniki nauczania:**

- analiza materiału źródłowego oraz ćwiczenia uczniowskie;
- dyskusja;
- technika zdań podsumowujących;
- burza mózgów;
- film.

## **Formy pracy:**

- praca indywidualna;
- praca w parach;
- praca całego zespołu klasowego.

### **Środki dydaktyczne:**

- komputery z głośnikami, słuchawkami i dostępem do internetu;
- zasoby multimedialne zawarte w e-materiale;
- tablica interaktywna/tablica, pisak/kreda;
- rzutnik multimedialny.

### **Przebieg lekcji**

#### **Faza wstępna:**

1. Zaciekawienie i dyskusja. Nauczyciel zadaje uczniom pytania, zaciekawiając tematem. Przykładowe pytania: Dlaczego ważne jest, by dodawać do reakcji chemicznych odpowiednią ilość substancji? Czym to grozi? Czy potraficie oszacować, ile potrzeba danego substratu?
2. Ustalenie celu lekcji i kryteriów sukcesu oraz przedstawienie tematu zajęć: „Obliczenia na podstawie równań reakcji chemicznych”.
3. Rozpoznawanie wiedzy wyjściowej uczniów. Uczniowie na forum klasy wymieniają się posiadanymi informacjami na temat, jak dobrać ilości substratów, aby osiągnąć największą wydajność reakcji chemicznej.

#### **Faza realizacyjna:**

1. Uczniowie samodzielnie analizują tekst źródłowy zawarty w e-materiale w sekcji „Przeczytaj”, zwracając uwagę na takie pojęcia, jak katalizator, stechiometria oraz reagent. Chętni uczniowie interpretują te pojęcia na forum klasy.
2. Uczniowie pracują parami z wykorzystaniem filmu samouczek zawartego w e-materiale. Przypominają sobie obliczanie liczby moli, liczby cząsteczek, masy

oraz objętości pierwiastków gazowych, obliczanie procentu masowego pierwiastków oraz jak w praktyce rozwiązywać zadania oparte na równaniach reakcji chemicznych.

3. Te same pary rozwiązują ćwiczenie zawarte w multimedium. Jedna para, wskazana przez prowadzącego zajęcia, rozwiązuje zadanie na tablicy. Następnie nauczyciel wyświetla na tablicy multimedialnej film samouczek przedstawiający poprawność rozwiązania zadania. Uczniowie weryfikują poprawność rozwiązanego zadania na tablicy.
4. Nauczyciel dzieli uczniów na trzy grupy, każda z grup otrzymuje zadania obliczeniowe (zad. 6, 7, 8 – zawarte w e-materiale „sprawdź się”). Uczniowie w grupach rozwiązują zadania w podanym czasie. Następnie chętna lub wskazana osoba z każdej grupy przedstawia rozwiązanie na forum klasy. Pozostali uczniowie sprawdzają poprawność zadań, zadają pytania, jeżeli wystąpią jakieś niejasności. Nauczyciel kontroluje poprawność udzielonych odpowiedzi i ewentualnie wyjaśnia niezrozumiałe kwestie.

### **Faza podsumowująca:**

1. Nauczyciel omawia przebieg zajęć, wskazuje mocne i słabe strony pracy uczniów, udzielając im tym samym informacji zwrotnej.
2. Jako podsumowanie lekcji nauczyciel może wykorzystać zdania do uzupełnienia, które uczniowie również zamieszczają w swoim portfolio:
  - Przypomniałem/łam sobie, że...
  - Co było dla mnie łatwe...
  - Czego się nauczyłem/łam...
  - Co sprawiało mi trudność...

### **Praca domowa:**

1. Uczniowie wykonują pozostałe zadania z e-materiału – zestaw ćwiczeń.

### **Materiały pomocnicze:**

- K. H. Lautenschläger, W. Schröter, A. Wanninger, *Nowoczesne kompendium chemii*, tłum. A. Dworak, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2014.
- L. Jones, P. Atkins, *Chemia ogólna : cząsteczki, materia, reakcje*, tłum. J. Kuryłowicz, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2004.

**Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania multimedium:**

- Medium w sekcji „Film samouczek” można wykorzystać jako materiał służący powtórzeniu materiału w temacie „Obliczenia na podstawie równań reakcji chemicznych”.