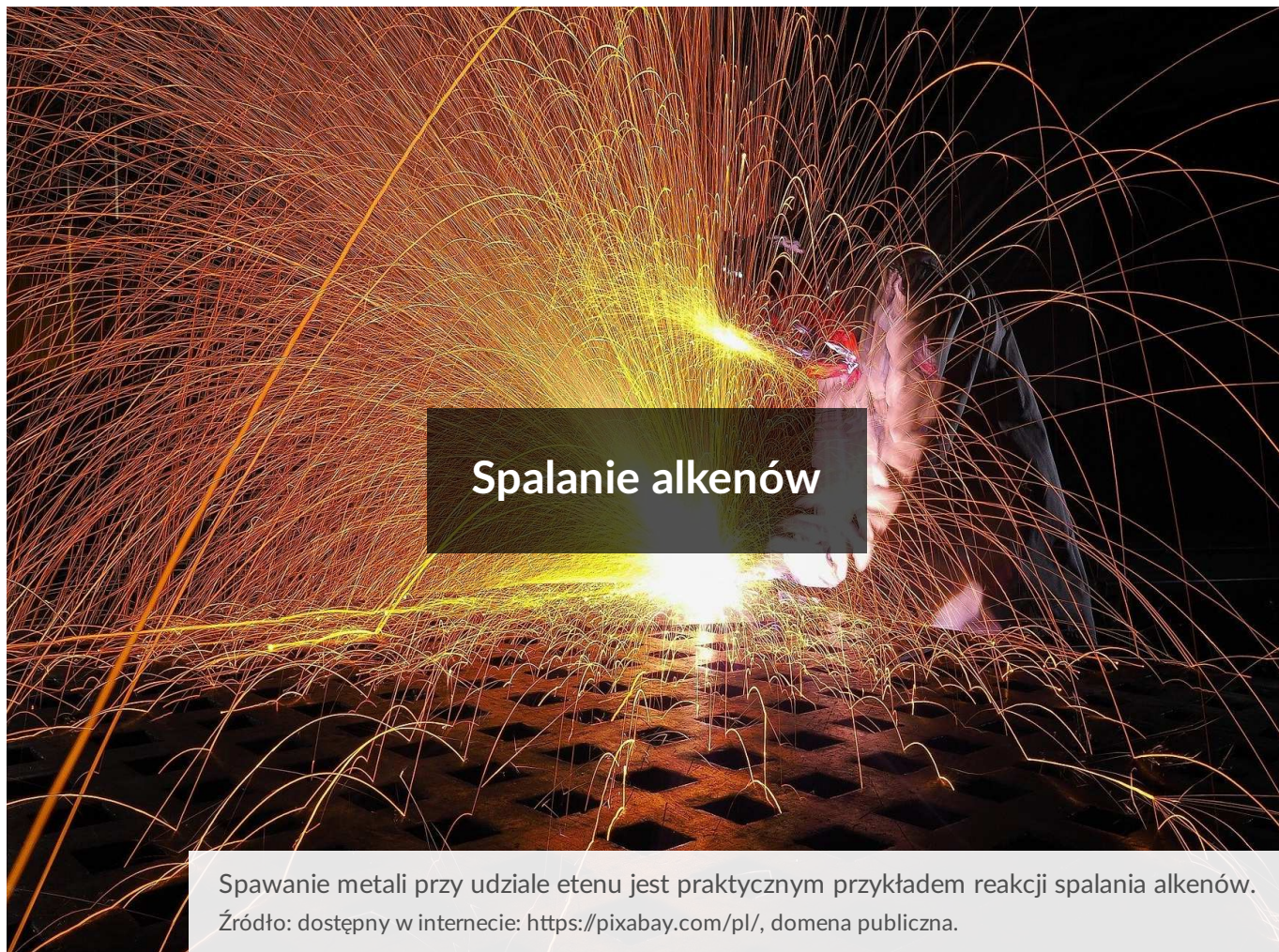


## Spalanie alkenów

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



## Spalanie alkenów

Spawanie metali przy udziale etenu jest praktycznym przykładem reakcji spalania alkenów.  
Źródło: dostępny w internecie: <https://pixabay.com/pl/>, domena publiczna.

Spalanie związków węgla, zwłaszcza węglowodorów, było najważniejszym źródłem energii cieplnej dla cywilizacji ludzkiej w całej historii, dlatego nie da się odmówić wielu praktycznych zastosowań tej reakcji. Czy wiesz, w jaki sposób przebiega spalanie alkenów? Jakie produkty powstają podczas spalania tej grupy węglowodorów?

### Twoje cele

- Zapiszesz równania reakcji spalania alkenów.
- Przeanalizujesz sposób zapisu równań reakcji spalania alkenów przy zmiennym dostępie tlenu.
- Wykonasz doświadczenie, w którym zidentyfikujesz produkty spalania alkenu.

# Przeczytaj

---

## Spalanie alkenów

Spalanie **alkenów** zachodzi przy udziale tlenu, a produktami tego procesu, w zależności od ilości dostarczonego tlenu, mogą być:

- węgiel (w postaci sadzy) – **spalanie niecałkowite**;
- tlenek węgla(II) – spalanie niecałkowite;
- tlenek węgla(IV) – **spalanie całkowite**.

Schematycznie proces spalania alkenów można zapisać w postaci równania:

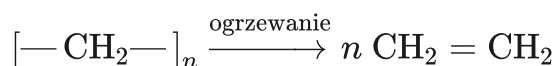


## Doświadczenie

## Polecenie 1

Najprostszym przedstawicielem alkenów jest **eten**. Można go otrzymać na skutek depolimeryzacji polietylenu, co w praktyce sprowadza się do rozkładu folii wykonanej z polietylenu (PE) pod wpływem wysokiej temperatury.

Równanie reakcji tego procesu zostało przedstawione poniżej.



Zebrany w odpowiedni sposób gaz, zazwyczaj poddawany jest dalszej charakterystyce (np. określana jest jego palność lub reaktywność chemiczna).

Wykonaj doświadczenie w laboratorium chemicznym. Zaproponuj problem badawczy/problemy badawcze oraz postaw hipotezę/hipotezy, w oparciu o materiał badawczy i instrukcję wykonania doświadczenia. Rozwiąż dany problem lub problemy i zweryfikuj hipotezę/hipotezy. W formularzu zapisz spodziewane obserwacje. Następnie sformułuj wnioski i zapisz równania reakcji chemicznych, pamiętając o uwzględnieniu współczynników stechiometrycznych.

### Sprzęt i odczynniki laboratoryjne

- łuczywko lub zapałki;
  - cztery probówki;
  - łąpa;
  - statyw;
  - krystalizator;
  - rurka odprowadzająca do probówek;
  - pipeta;
  - papierowa kartka;
  - drewniana łąpa do próbówek;
  - folia z polietylenu;
  - woda wapienna.
-

## Instrukcja wykonania doświadczenia

- Ponumeruj próbówki (1-4).
- Próbówkę nr 1 umocuj w łapie statywu i włóż do niej pociętą folię polietylenową. Zamknij próbówkę korkiem z rurką oprowadzającą.
- W krystalizatorze z wodą umieść do góry dnem próbówkę nr 2, napełnioną wodą. Próbówkę nr 1 ogrzewaj, a wydzielający gaz zbieraj w próbówce nr 2. W ten sam sposób napełnij gazem próbówki (3-4) i zamknij je korkami.
- Do wylotu próbówki nr 1 z zebrany gazem (etenem) zbliż zapalone łuczycwo i obserwuj zachowanie płomienia przy pełnym dostępie tlenu.
- Następnie (po zgaszeniu płomienia) dodaj do próbówki około  $0,5 \text{ cm}^3$  wody wapiennej i całość wstrząśnij.
- Porównaj wygląd wody wapiennej przed i po dodaniu jej do próbówki. Zanotuj obserwacje.
- Zbliż do próbówki nr 3 zapalone łuczycwo i zbadaj zachowanie płomienia przy ograniczonym dostępie tlenu, używając do tego celu kartki papierowej.
- Zgaś płomień i dodaj do próbówki wodę wapienną jak poprzednio. Zanotuj obserwacje.
- Do próbówki nr 4 zbliż zapalone łuczycwo i zbadaj wygląd płomienia, gdy zostanie szybko zgaszony.
- Dodaj wodę wapienną, jak do próbówki nr 2 oraz 3. Zanotuj obserwacje.

---

## Problem badawczy

---

## Hipoteza

---

## Obserwacje

## Wnioski

## Równania reakcji chemicznych

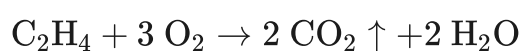
Odpowiedź zapisz w zeszycie do lekcji chemii, zrób zdjęcie, a następnie umieść je w wyznaczonym polu.

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

## Ważne!

Praktycznym przykładem tego procesu jest spawanie metali, do którego, jako gazu paliwowego, używa się czasami etenu.

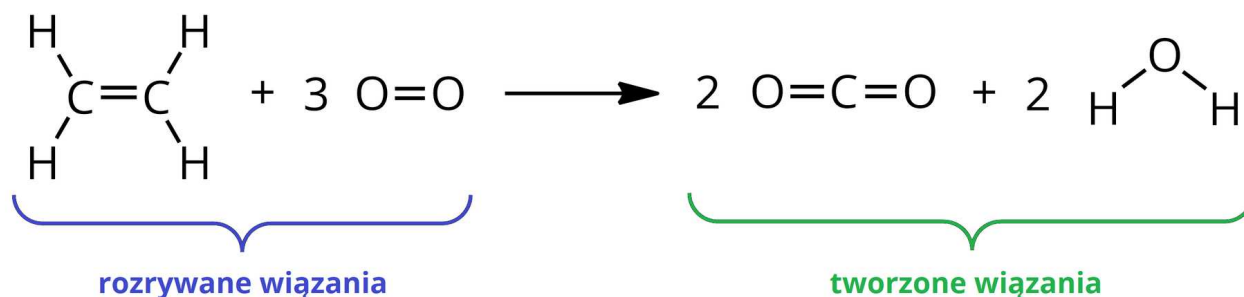
### Jakie efekty energetyczne towarzyszą reakcji spalania całkowitego etenu?



Na podstawie wartości energii wiązań, można przeprowadzić dla powyższej reakcji obliczenia standardowej entalpii reakcji ( $\Delta H^\circ$ ).

Typ wiązania	Energia wiązania [ $\frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$ ]
C = C	612
C—C	338
O = O	499
C = O	742
C—C	415
C—C	465

Ponieważ wszystkie wiązania kowalencyjne w cząsteczkach reagentów są zerwane, ilość ciepła wydzielanego w tej reakcji jest związana z siłą tych wiązań (i, oczywiście, siłą wiązań utworzonych w produktach).



Źródło: GroMar Sp. z o. o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Standardowa entalpia reakcji:

$$\Delta H^\circ = (4 \cdot E_{\text{C-H}} + 2 \cdot E_{\text{C=C}} + 3 \cdot E_{\text{O=O}}) - (4 \cdot E_{\text{C=O}} + 4 \cdot E_{\text{H-O}})$$

rozrywanie wiązania  tworzenie wiązania

$$\Delta H^\circ = \left( 4 \cdot 415 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} + 2 \cdot 612 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} + 3 \cdot 499 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} \right) -$$

$$\left( 4 \cdot 742 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} + 4 \cdot 465 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} \right)$$

$$\Delta H^\circ = -477 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$$

### Wniosek:

Spalanie alkenów jest procesem egzotermicznym, ponieważ zmiana entalpii reakcji przyjmuje wartość ujemną. Oznacza to, że w trakcie reakcji wydzielają się ogromne ilości energii.

## Słownik

### czad

potoczna nazwa tlenku węgla(II), który ma silne właściwości toksyczne

### alkeny

węglowodory nienasycone, które zawierają jedno wiązanie podwójne między atomami węgla; ich wzór ogólny to  $C_nH_{2n}$ , gdzie  $n$  to liczba całkowita

### spalanie całkowite

zachodzi wtedy, gdy cała ilość spalanej substancji ulega utlenieniu; spalaniu całkowitemu towarzyszy wydzielanie się tlenku węgla(IV)

## spalanie niecałkowite

zachodzi wtedy, gdy niecała ilość spalanej substancji ulega utlenieniu; spalaniu niecałkowitemu towarzyszy pojawienie się sadzy lub tlenku węgla(II)

## Bibliografia

Bieniek G., *Chemia. Trening przed maturą. Doświadczenia chemiczne w zadaniach*, Kraków 2007.

Dudek-Różycki K., Płotek M., Wichur T., *Węglowodory. Repetytorium i zadania*, Kraków 2020.

Dudek-Różycki K., Płotek M., Wichur T., *Kompendium terminologii oraz nazewnictwa związków organicznych. Poradnik dla nauczycieli i uczniów*, Kraków 2020.

Morrison R. T., Boyd R. N., *Chemia organiczna*, tłum. W. Antkowiak i in., t. 1-2, Warszawa 2010.

Vollhardt P., Schore N. E., *Organic Chemistry structure and function*, 6th Edition, New York 2007.

# Film samouczek

---

## Polecenie 1

Zapoznaj się z filmem dotyczącym spalania alkenów. Zwróć uwagę na ilość moli tlenu używaną w reakcjach i na rodzaj powstających produktów. Następnie rozwiąż ćwiczenia dołączone do filmu.

## Wystąpił błąd

**Alkeny**

$$C_nH_{2n}$$

Wzór ogólny alkenów

Alkeny w kontakcie z tlenem ulegają reakcjom spalania.

Film dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/DPQUBI4Uw>

Film samouczek pt. „Spalanie alkenów”

Źródło: GroMar Sp. z o.o., Małgorzata Ambroziak, licencja: CC BY-SA 3.0.

Film nawiązujący do treści materiału dotyczącej spalania alkenów.

---

Ćwiczenie 1

Ćwiczenie 2

Ćwiczenie 3

# Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

## Ćwiczenie 1



Uzupełnij lukę w poniższym tekście. Zdecyduj, czy spalanie jest procesem egzoenergetycznym, czy endoenergetycznym.

Spalanie alkenów jest procesem , co oznacza, że w trakcie reakcji wydziela się energia.

## Ćwiczenie 2



Uzupełnij równanie reakcji spalania niecałkowitego heks-1-enu. Wstaw w puste pola odpowiednie współczynniki stechiometryczne lub wzory związków chemicznych.



## Ćwiczenie 3



Dopasuj produkt do rodzaju spalania, w którym jest on otrzymywany.

tlenek węgla(IV)

spalanie niecałkowite do sadzy

węgiel

spalanie niecałkowite do czadu

tlenek węgla(II)

spalanie całkowite

## Ćwiczenie 4



Uzupełnij luki w tekście odpowiednimi wyrazami.

Spalanie alkenów przebiega podobnie jak spalanie alkanów. W zależności od dostępu

, ulegają one spalaniu  lub częściowemu. Spalanie  może prowadzić do otrzymywania tlenku węgla(II), który jest potocznie nazywany .

Związek ten jest toksyczny. Gdy ilość tlenu jest bardzo mała, produktem spalania

jest  pojawiająca się jako czarny nalot.

gazem syntezowym

tlenu

niecałkowitego

sadza

czadem

całkowitemu

niecałkowite

całkowite

## Ćwiczenie 5



Zapisz i uzgodnij równanie reakcji spalania niecałkowitego pent-1-enu (do tlenku węgla(II)).

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

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

## Ćwiczenie 6



Zapisz i uzgodnij równanie reakcji spalania całkowitego etenu.

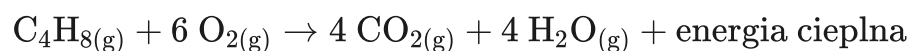
Rozwiązanie oraz odpowiedź zapisz w zeszytcie do lekcji chemii, zrób zdjęcie, a następnie umieść je w wyznaczonym polu.

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

## Ćwiczenie 7



Proces spalania pewnego węglowodoru przebiega zgodnie z równaniem:



Oblicz, ile  $\text{dm}^3$  tlenu odmierzonego w warunkach normalnych należy użyć do spalania węglowodoru  $\text{C}_4\text{H}_8$  (zgodnie z równaniem reakcji podanej w informacji wstępnej), aby otrzymać 10 moli  $\text{CO}_2$ .

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



Procesy chemiczne można zakwalifikować m. in. do poniższych grup reakcji:

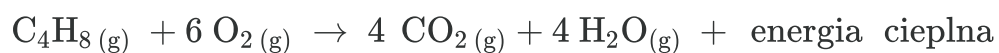
I. egzotermicznych;

II. endotermicznych;

III. spalania całkowitego;

IV. spalania niecałkowitego.

Wskaż grupy reakcji, do których można zaliczyć proces, opisany następującym równaniem reakcji:



reakcja endotermiczna

reakcja spalania całkowitego

reakcja spalania niecałkowitego

reakcja egzotermiczna

## Ćwiczenie 9



Uczniowie przeprowadzili doświadczenie, w którym badali palność pewnego alkenu. W tym celu, do probówki z gazowym alkenem zbliżyli zapalone łuczywko i obserwowali zachowanie płomienia. Następnie (po zgaszeniu płomienia) dodali do próbówki około  $0,5 \text{ cm}^3$  wody wapiennej, a całość wstrząsnęli. Jeden z uczniów zaobserwował zmętnienie wody wapiennej.

Dlaczego woda wapienna ulega zmętnieniu? Z jakim typem spalania mamy do czynienia w tym przypadku? Odpowiedź uzasadnij, pisząc odpowiednie równanie reakcji.

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

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

## Ćwiczenie 10



Ze spalania w warunkach normalnych  $0,56 \text{ g}$  pewnego węglowodoru otrzymano  $1,76 \text{ g CO}_2$  i parę wodną. Wiedząc, że gęstość par tego węglowodoru względem helu wynosi 14, ustal wzór sumaryczny tego węglowodoru.

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



W wyniku spalenia 0,7 g pewnego gazowego węglowodoru uzyskano 1,12 dm<sup>3</sup> CO<sub>2</sub> (w przeliczeniu na warunki normalne) oraz  $3,01 \cdot 10^{22}$  cząsteczek wody. Gęstość tego węglowodoru względem helu wynosi 7.

Ustal wzór sumaryczny tego węglowodoru i podaj jego nazwę systematyczną.

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

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

# Dla nauczyciela

---

## Scenariusz zajęć

**Autor:** Agata Jarszak-Tyl, Krzysztof Błaszczak

**Temat:** Spalanie alkenów

**Grupa docelowa:** III etap edukacyjny, liceum, technikum, zakres podstawowy i rozszerzony; uczniowie III etapu edukacyjnego – kształcenie w zakresie podstawowym i rozszerzonym

### Podstawa programowa:

Zakres podstawowy

XIII. Węglowodory. Uczeń:

3) opisuje właściwości chemiczne alkenów na przykładzie reakcji: spalania, addycji (przyłączenia):  $H_2$ ,  $Cl_2$ ,  $HCl$ ,  $H_2O$ ; polimeryzacji; przewiduje produkty reakcji przyłączenia cząsteczek niesymetrycznych do niesymetrycznych alkenów na podstawie reguły Markownikowa (produkty główne i uboczne); pisze odpowiednie równania reakcji.

Zakres rozszerzony

XIII. Węglowodory. Uczeń:

4) opisuje właściwości chemiczne alkenów na przykładzie reakcji: spalania, addycji:  $H_2$ ,  $Cl_2$  i  $Br_2$ ,  $HCl$  i  $HBr$ ,  $H_2O$ , polimeryzacji; przewiduje produkty reakcji przyłączenia cząsteczek niesymetrycznych do niesymetrycznych alkenów na podstawie reguły Markownikowa (produkty główne i uboczne); opisuje zachowanie alkenów wobec wodnego roztworu manganianu(VII) potasu; pisze odpowiednie równania reakcji.

### Kształtowane kompetencje kluczowe:

- kompetencje w zakresie rozumienia i tworzenia informacji;
- kompetencje matematyczne oraz kompetencje w zakresie nauk przyrodniczych, technologii i inżynierii;
- kompetencje cyfrowe;
- kompetencje osobiste, społeczne, samokontrola podczas nauki.

### Cele operacyjne

**Uczeń:**

- pisze równania reakcji spalania alkenów;

- analizuje sposób zapisu równań reakcji spalania alkenów przy różnym dostępie tlenu;
- wykonuje doświadczenie, w którym identyfikuje produkty spalania alkenu.

### **Strategie nauczania:**

- asocjacyjna;
- problemowa.

### **Metody i techniki nauczania:**

- mapa pojęciowa;
- burza mózgów;
- dyskusja dydaktyczna;
- analiza tekstu źródłowego;
- eksperyment chemiczny;
- ćwiczenia uczniowskie;
- film samouczek;
- technika zdań podsumowujących.

### **Formy pracy:**

- praca zbiorowa;
- praca w parach;
- praca indywidualna.

### **Środki dydaktyczne:**

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

### **Przebieg zajęć**

#### **Faza wstępna:**

1. Zaciekawienie i dyskusja. Nauczyciel zadaje pytania: Na czym polega spalanie? Jakie grupy związków organicznych ulegają spalaniu? Czy alkeny również można spalić?
2. Rozpoznawanie wiedzy wyjściowej uczniów. Sporządzanie mapy pojęciowej wokół tematu spalania węglowodorów. Efektem sporządzonej mapy pojęciowej ma być poznanie definicji: spalanie całkowite, spalanie niecałkowite.
3. Ustalenie celów lekcji. Nauczyciel podaje temat zajęć i wspólnie z uczniami ustala cele lekcji, które uczniowie zapisują w portfolio.

4. Zasady BHP. Nauczyciel zapoznaje uczniów z kartami charakterystyk substancji, jakie zostaną użyte w czasie lekcji.

### **Faza realizacyjna:**

1. Nauczyciel wyświetla na tablicy interaktywnej film samouczek dotyczący spalania alkenów. Uczniowie oglądając samouczka rozwiązują w trakcie zadanie zaproponowane w filmie. Po zakończeniu filmu przechodzą do ćwiczeń zawartych w medium i sprawdzają samodzielnie swoją wiedzę.
2. Nauczyciel odsyła uczniów do e-materiału – analiza tekstu źródłowego związanego ze spalaniem alkenów, celem uzupełnienia informacji o spalaniu tej grupy węglowodorów.
3. Eksperyment – pokaz uczniowski: „Badanie palności etenu”. Nauczyciel dzieli uczniów na grupy czteroosobowe i prosi uczniów o wykonanie polecenia nr 1 z części przeczytaj e-materiału. Uczniowie otrzymują odpowiedni sprzęt i szkło laboratoryjne oraz odczynniki chemiczne i przeprowadzają eksperyment związany z badaniem palności etenu. W trakcie doświadczenia wypełniają dziennik informacji z doświadczenia. Na wykonanie zadania mają 15 minut. Po zakończeniu eksperymentu prezentują na forum klasy wyniki i wspólnie ustalają wnioski. Efektem przeprowadzonego doświadczenia ma być rozróżnienie typów spalania alkenów oraz identyfikacja produktów spalania.
4. Nauczyciel przechodzi do sekcji „Sprawdź się” i zapowiada uczniom, że wszyscy wspólnie będą rozwiązywać ćwiczenia. Uczniowie zapoznają się z poleceniem każdego ćwiczenia i po wyznaczonym czasie chętny uczeń udziela odpowiedzi. Pozostali uczniowie ustosunkowują się do niej, proponując ewentualnie swoje propozycje. Nauczyciel w razie potrzeby koryguje odpowiedzi, dopowiada istotne informacje, udziela uczniom informacji zwrotnej.

### **Faza podsumowująca:**

1. Nauczyciel sprawdza wiedzę uczniów zadając przykładowe pytania: Na czym polega proces spalania? Jakie produkty otrzymujemy podczas spalania całkowitego i niecałkowitego? Co to jest czad i dlaczego jest niebezpieczny dla człowieka?
2. Jako podsumowanie lekcji nauczyciel może wykorzystać zdania do uzupełnienia, które uczniowie również zamieszczają w swoim portfolio:
  - Dziś nauczyłem/łam się...
  - Zrozumiałem/łam, że...
  - Zaskoczyło mnie...
  - Dowiedziałem/łam się...
  - Łatwe było dla mnie...
  - Trudność sprawiało mi...
3. Uczniowie na planszy z narysowaną baterią i zaznaczonymi poziomami jej naładowania, np. co 5-10% zaznaczają cenkami w jakim stopniu opanowali zagadnienia wynikające

z zamierzonych do osiągnięcia celów lekcji. W przypadku, gdy bateria nie jest naładowana w 100%, zastanawiają się, w jaki sposób podnieść swój poziom posiadanej wiedzy.

### **Praca domowa:**

Zadaniem uczniów jest opisanie praktycznego aspektu spalania alkenów.

### **Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania multimediu:**

Film samouczek może być wykorzystany przez uczniów podczas przygotowywania się do kartkówki. Medium to może być wykorzystane również przez uczniów nieobecnych na lekcji do nadrobienia zaległych treści i lepszego zrozumienia materiału.

### **Materiały pomocnicze:**

1. Polecenia podsumowujące (nauczyciel przed lekcją zapisuje je na niewielkich kartkach):

- Na czym polega proces spalania?
- Jakie produkty otrzymujemy podczas spalania całkowitego i niecałkowitego?
- Co to jest czad i dlaczego jest niebezpieczny dla człowieka?

2. Doświadczenie „Badanie palności etenu”.

### **Sprzęt i szkło laboratoryjne:**

- łuczywko lub zapałki;
- probówki – cztery sztuki;
- łąpa;
- statyw;
- krystalizator;
- rurka odprowadzająca do probówek
- pipeta;
- papierowa kartka;
- drewniana łąpa do próbówek.

**Odczynniki chemiczne:** woda wapienna, folia polietylenowa.

3. Karta charakterystyki substancji.