Jak otrzymać tlen z powietrza?

- Wprowadzenie
- Przeczytaj
- Wirtualne laboratorium – S
- Sprawdź się
- Dla nauczyciela

Jak otrzymać tlen z powietrza?

Ciekły tlen wykorzystywany jest jako utleniacz do paliwa rakietowego.
Źródło: dostępny w internecie: www.pixabay.com, domena publiczna.

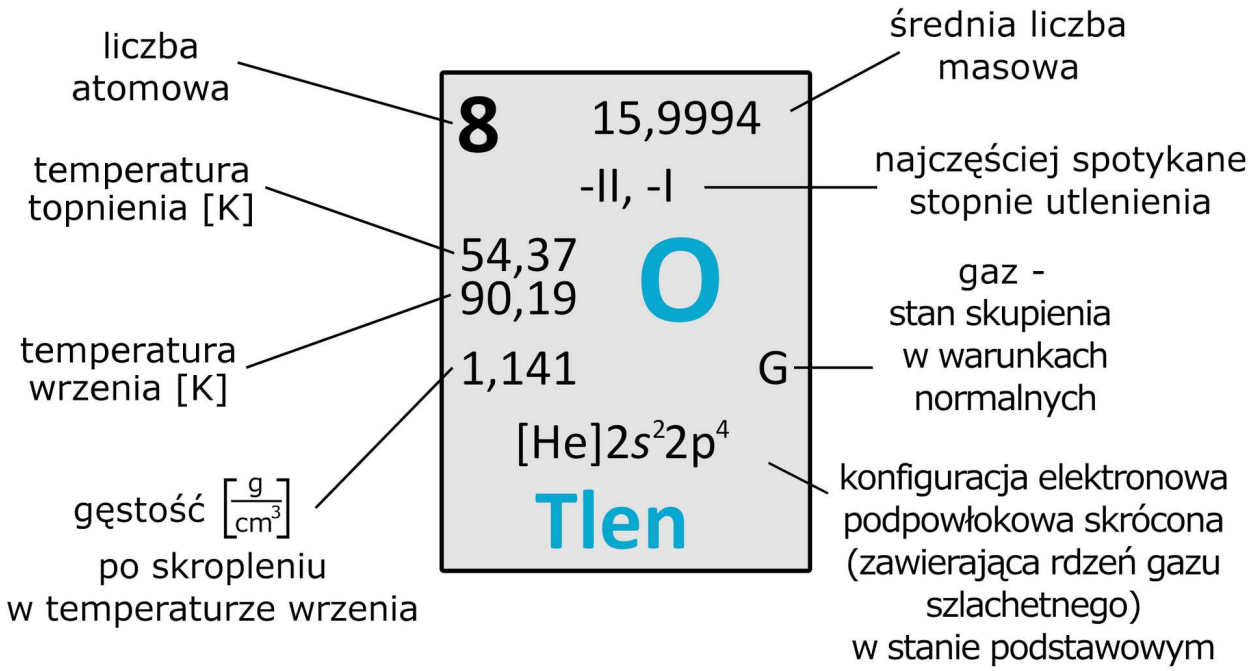
Do 1845 roku naukowcy na całym świecie skroplili wiele gazów, m.in. amoniak, tlenek siarki(IV), chlor, siarkowodór (sulfan) czy tlenek węgla(IV). Po wielu nieudanych próbach skroplenia innych gazów, angielski fizyk i chemik, Michael Faraday, uznał wodór, azot, tlen, tlenek węgla(II), tlenek azotu i metan za „gazy trwałe", których nie można skroplić. 5 kwietnia 1883 roku w Krakowie, dwóch polskich uczonych profesorów Uniwersytetu Jagiellońskiego – Karol Olszewski i Zygmunt Wróblewski – jako pierwsi na świecie skroplili tlen. Kilka dni później – 13 kwietnia tego samego roku, skroplili azot, obalając tym samym teorię Faradaya. Czy zastanawiasz, jak tego dokonali? Na to pytanie znajdziesz odpowiedź w tym materiale.

Twoje cele

- Przeanalizujesz proces skraplania tlenu wykorzystywany przez Wróblewskiego i Olszewskiego.
- Przedstawisz właściwości fizykochemiczne ciekłego tlenu.
- Ocenisz, czy tlen skropli się w określonych warunkach.

Przeczytaj

Charakterystyka tlenu



Tlen. Gęstość podana po skropleniu w temperaturze wrzenia

Źródło: GroMar Sp. z o. o. na podstawie Mizerski W., *Tablice chemiczne*, Warszawa 2008, licencja: CC BY-SA 3.0.

Tlen jest niemetalem, który znajduje się w 16. grupie układu okresowego jako pierwszy przedstawiciel grupy tlenowców. W warunkach standardowych (wg. IUPAC 273,15 K, 1013,25 hPa) jest bezwonnym i bezbarwnym gazem. Stanowi zwykle ok. 21% objętości powietrza i jest niezbędny do prawidłowego funkcjonowania większości organizmów żywych. Ponadto ma bardzo niską temperaturę topnienia i wrzenia – wynoszą one odpowiednio: 54,37 K i 90, 19 K ($-218{,}78^\circ$C i $-182{,}96^\circ$C). To właśnie ze względu na niską temperaturę wrzenia, przez wiele lat tak problematyczne było skroplenie tlenu.

Ciekawostka

> Przyjęto, że tlen został odkryty w 1772 roku przez Carla Scheelego, metodą prażenia tlenku rtęci(II). Jednak odkrycie to nie zostało opublikowane do 1777 roku, dlatego przez dwa lata za odkrywcę uważano Josepha Priestleya, który 23 marca 1775 roku ogłosił swoje odkrycie w towarzystwie naukowym Royal Society.

Alotropia tlenu

Tlen występuje w trzech odmianach alotropowych i jest to **jedyny przykład alotropii w stanie gazowym.**

- Ditlen O_2 – cząsteczka dwuatomowa. Ditlen jest bezbarwnym i bezwonnym gazem, którego gęstość jest większa od gęstości powietrza.
- Ozon O_3 – trójatomowa cząsteczka. W stanie gazowym jest bezbarwny lub ma niebieskawą barwę oraz zapach przypominający woń powietrza po burzy. Jest on bardzo silnym utleniaczem i **bardzo reaktywnym** alotropem tlenu.
- Tetratlen O_4 – czteroatomowa cząsteczka. Tetratlen jest bardzo nietrwałą cząsteczką – rozpada się, tworząc dwie cząsteczki dwuatomowego tlenu (O_2). Dowód na istnienie tetratlenu zdobyto dopiero poprzez zastosowanie wysokiego ciśnienia rzędu $1013{,}25\ \mathrm{hPa}$ na O_2. Wówczas ditlen ma tendencję do występowania w postaci czteroatomowych cząsteczek. Tetratlen ma jasnoczerwoną barwę.

Ciekły tlen

Ciekły tlen jest cieczą o gęstości $1{,}14\ \frac{\mathrm{g}}{\mathrm{cm}^3}$ (ok. $90\ \mathrm{K}$),

o charakterystycznym bladoniebieskim zabarwieniu. Znajduje szereg zastosowań jako utleniacz, np. paliwa rakietowego.

Ciekły tlen
Źródło: dostępny w internecie: www.wikipedia.org, domena publiczna.

Diagram fazowy tlenu

Poniżej przedstawiono diagram fazowy tlenu – wykres przedstawiający warunki (ciśnienie i temperaturę), w których badana substancja występuje w danym stanie skupienia. Obrazuje także, że temperatura wrzenia cieczy zależy od ciśnienia.

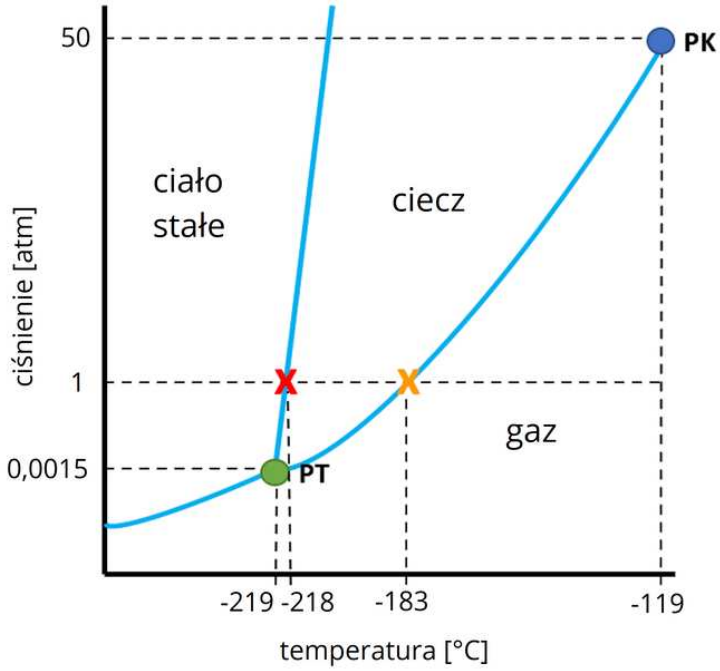


Diagram fazowy tlenu – *skala nie została zachowana*. $1\ \mathrm{atm} = 101325\ \mathrm{hPa}$

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

PK to tzw. punkt krytyczny – punkt końcowy krzywej współistnienia cieczy i pary. PT to punkt potrójny, opisuje warunki, w których substancja współistnieje w trzech stanach skupienia (stałym, ciekłym i gazowym).

Otrzymywanie tlenu z powietrza

5 kwietnia 1883 roku dwójka polskich uczonych – Karol Olszewski i Zygmunt Wróblewski – jako pierwsi na świecie skraplają tlen. Wykorzystali do tego metodę kaskadową. Polega ona na wykorzystaniu wrzących, pod zmniejszonym ciśnieniem, gazów, które obniżają temperaturę układu, pozwalając przy tym na skroplenie kolejnych substancji w niższych temperaturach.

Olszewski i Wróblewski skonstruowali odpowiednią aparaturę, która pozwoliła na skroplenie tlenu.

Schemat aparatury Wróblewskiego i Olszewskiego do skraplania tlenu i azotu (Chemik Polski, 17, 1911)

a – butla z ciekłym etylenem (etenem), b – zbiornik z mieszaniną Thiloriera, c – termometr wodorowy, d – szklany zbiornik z ciekłym etylenem, e – grubościenna ampuła szklana, w której skrapla się gaz, f – stalowa butla z gazowym tlenem (p~60 atm)

Źródło: GroMar Sp. z o.o. w oparciu o fot. Archiwum Ilustracji., licencja: CC BY-SA 3.0.

Gazowy tlen, wypuszczany ze stalowej butli (f) pod wysokim ciśnieniem p_1 trafia do grubościennej rurki (e). Tam kosztem swojej energii wewnętrznej, rozpręża się, obniżając swoją temperaturę. Kolejnym etapem jest tłoczenie tlenu w dół pod dużym ciśnieniem, w efekcie czego rozpręża się on ponownie do ciśnienia p_2 ($p_1 > p_2$). Oziębiony gaz zaczyna się skraplać w rurce.

Taka przemiana nazywana jest rozprężaniem adiabatycznym. Korzystając z niej, Olszewskiemu i Wróblewskiemu jako pierwszym na świecie udało się skroplić tlen. Kilka dni później skroplili kolejny składnik powietrza – azot.

W dzisiejszych czasach ciekły tlen pozyskiwany jest z powietrza, którego jest w nim około 21%. Proces ten odbywa się w specjalnych kolumnach.

Kolumny do kriogenicznego skraplania składników powietrza

Źródło: dostępny w internecie: www.wikipedia.org, licencja: CC BY-SA 3.0.

Opis metody przemysłowego otrzymywania ciekłego tlenu i ciekłego azotu

1. W pierwszym etapie powietrze jest filtrowane z kurzu oraz innych stałych zanieczyszczeń. Ponadto z powietrza usuwane są inne niepożądane składniki występujące w nim w niewielkich ilościach, takie jak węglowodory czy tlenki azotu.
2. Następnie powietrze jest sprężane. W tym etapie woda, obecna w powietrzu jako para wodna, jest skraplana w odpowiednich chłodnicach.
3. Dalej sprężone powietrze jest przepuszczane przez sita molekularne, które wychwytują pozostałości pary wodnej oraz tlenku węgla(IV).
4. Oczyszczone powietrze zaczyna się skraplać na dno kolumny. Powstała mieszanina charakteryzuje się dużą zawartością ciekłego tlenu (około $99{,}8\%$). Innymi składnikami mieszaniny jest argon oraz azot. U szczytu kolumny znajduje się mieszanina gazów – głównie azotu, ale także argonu. Mieszanina ta jest następnie destylowana do czystego azotu.
5. Otrzymane w ten sposób gazy są odpowiednio przechowywane i, w zależności od przeznaczenia, pakowane do butli lub pompowane do cysterny izolowanej termicznie.

Słownik

> **IUPAC (z ang. International Union of Pure and Applied Chemistry)**
>
> Międzynarodowa Unia Chemii Czystej i Stosowanej; organizacja zajmująca się standaryzacją symboliki, nazewnictwa i wzorców stosowanych w chemii

> **suchy lód**
>
> stały tlenek węgla(IV), sublimujący w temperaturze $194{,}65\ \mathrm{K}$ oraz wykorzystywany do chłodzenia

> **przemiana adiabatyczna**

przemiana termodynamiczna, w której w izolowanym układzie nie dochodzi do wymiany ciepła z otoczeniem, a całość energii jest dostarczana lub odbierana z niego jako praca

alotropia

(gr. állos „obcy, inny”, *trópos* „sposób, postać”) występowanie tego samego pierwiastka chemicznego w dwóch lub więcej odmianach, znajdujących się w tym samym stanie skupienia

Bibliografia

Encyklopedia PWN

Pigoń K., Ruziewicz Z., *Chemia fizyczna*, cz. 1, Warszawa 1986.

Wirtualne laboratorium – S

Laboratorium 1

Czy znasz sposoby, dzięki którym możliwe jest otrzymanie tlenu z powietrza? W poniższym wirtualnym laboratorium możesz sprawdzić, jak wykonać taki eksperyment. Do metalowego ostrosłupa dodaj ciekły azot, a następnie, kiedy w szklanym naczyniu, znajdującym się pod ostrosłupem, zbierze się ciecz, włóż do niego zapalone łuczywko.

W formularzu zanotuj własną hipotezę, potrzebny sprzęt, odczynniki oraz swoje obserwacje i wyniki, a następnie zapisz wnioski.

Zasób interaktywny dostępny pod adresem https://zpe.gov.pl/a/DJcOxLAi4

Wirtualne laboratorium pt. *„Jak otrzymać tlen z powietrza?”*

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

Ćwiczenie 1

Wyjaśnij, dlaczego w powyższym eksperymencie możemy wykorzystać ciekły azot?

Ćwiczenie 2

Korzystając z tabeli, zastanów się, czy do skroplenia tlenu można wykorzystać ciekły metan. Odpowiedź uzasadnij.

T_N – normalna temperatura wrzenia przy ciśnieniu $1013{,}25\ \mathrm{hPa}$

ciecz	$T_N\ [\mathrm{K}]$
He	$4{,}2$
$\mathrm{H_2}$	$20{,}3$
Ne	$27{,}1$
$\mathrm{N_2}$	$77{,}3$
Ar	$87{,}3$
$\mathrm{O_2}$	$90{,}2$
$\mathrm{CH_4}$	$111{,}6$

Źródło: www.hvacr.pl, dostęp: 22.10.2021.

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:

Ćwiczenie 1

Jaki kolor przyjmuje ciekły tlen?

- ◯ Bezbarwny.
- ◯ Zielony.
- ◯ Czerwony.
- ◯ Bladoniebieski.

Ćwiczenie 2

Zaznacz, która substancja została wykorzystana przez Olszewskiego i Wróblewskiego do skroplenia tlenu?

- ◯ Etylen.
- ◯ Tlenek azotu(IV).
- ◯ Argon.
- ◯ Azot.

Ćwiczenie 3

Z czego składa się chłodząca mieszanina Thiloriera?

- W skład wchodzi woda z lodem.
- W skład wchodzi suchy lód, czyli stały tlenek siarki(IV).
- W skład wchodzą sól i lód.
- W skład wchodzi suchy lód, czyli stały tlenek węgla(IV).

Ćwiczenie 4

Uporządkuj etapy przemysłowego otrzymywania ciekłego tlenu i ciekłego azotu.

- Powietrze jest sprężane.
- Przepuszczenie sprężonego powietrza przez sita molekularne. Wychwytywane są pozostałości pary wodnej oraz tlenku węgla (IV).
- Oczyszczone powietrze zaczyna się skraplać. Powstała ciecz zawiera głównie ciekły tlen, ale także azot i argon. U szczytu kolumny znajduje się mieszanina gazów - głównie azotu, ale także argonu. Mieszanina ta jest następnie destylowana do czystego azotu.
- Filtracja powietrza z kurzu oraz innych zanieczyszczeń. Para wodna skraplana jest w odpowiednich chłodnicach.

Ćwiczenie 5

Uzupełnij tabelę, analogicznie do pierwszego wiersza.

Symbol	O
	Tlen
Stan skupienia (w warunkach normalnych)	
Liczba elektronów walencyjnych	
Konfiguracja powłoki walencyjnej w stanie podstawowym	
	90,19
	54,36

$2s^2 2p^4$ | Gaz | 6 | Temperatura topnienia [K] | Nazwa | Temperatura wrzenia [K]

Ćwiczenie 6

Pozostawiony w otwartym naczyniu ciekły azot paruje. Po całkowitym jego odparowaniu, na dnie naczynia można znaleźć bladoniebieskie krople. Jaka substancja znajduje się na dnie naczynia? Wyjaśnij to zjawisko.

Odpowiedź:

Ćwiczenie 7

Którego z gazów można użyć do skroplenia wodoru? Odpowiedź uzasadnij.

T_N – normalna temperatura wrzenia przy ciśnieniu $1013{,}25\ \mathrm{hPa}$

Gaz	$T_N\ [\mathrm{K}]$
He	$4{,}2$
$\mathrm{H_2}$	$20{,}3$
Ne	$27{,}1$
$\mathrm{N_2}$	$77{,}3$
Ar	$87{,}3$
$\mathrm{O_2}$	$90{,}2$
$\mathrm{CH_4}$	$111{,}6$

Źródło: www.hvacr.pl, dostęp: 22.10.2021.

Odpowiedź:

Ćwiczenie 8

W wyniku przemysłowego skraplania tlenu z powietrza, skrapla się również azot oraz pewien gaz X. Określ, co to za gaz oraz dlaczego dochodzi do jego skroplenia.

T_N – normalna temperatura wrzenia przy ciśnieniu $1013{,}25\ \mathrm{hPa}$

ciecz	$T_N\ [\mathrm{K}]$
He	$4{,}2$
$\mathrm{H_2}$	$20{,}3$
Ne	$27{,}1$
$\mathrm{N_2}$	$77{,}3$
Ar	$87{,}3$
$\mathrm{O_2}$	$90{,}2$
$\mathrm{CH_4}$	$111{,}6$

Źródło: www.hvacr.pl, dostęp: 22.10.2021.

Odpowiedź:

Ćwiczenie 9

Oblicz, jaką objętość zajmie ciekły tlen otrzymany w wyniku skroplenia $1\ \mathrm{m}^3$ powietrza. Przyjmij, że zawartość tlenu w powietrzu to 21%.

$d_{\mathrm{O_2(gaz)}} = 1{,}429\ \frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^3}$

$d_{\mathrm{O_2(ciekły)}} = 1{,}14\ \frac{\mathrm{g}}{\mathrm{cm}^3}$

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

Scenariusz zajęć

Autor: Marcin Sz. Małecki, Krzysztof Błaszczak

Przedmiot: chemia

Temat: Jak otrzymać tlen z powietrza?

Grupa docelowa: uczniowie III etapu edukacyjnego, liceum, technikum, zakres rozszerzony; uczniowie III etapu edukacyjnego – kształcenie w zakresie rozszerzonym

Podstawa programowa:

Zakres rozszerzony

X. Metale, niemetale i ich związki. Uczeń:

9) projektuje i przeprowadza doświadczenia pozwalające otrzymać w laboratorium: tlen (np. reakcja rozkładu H_2O_2 lub $KMnO_4$), chlor (np. reakcja HCl z MnO_2 lub z $KMnO_4$); 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 i w zakresie umiejętności uczenia się.

Cele operacyjne

Uczeń:

- analizuje proces skraplania tlenu wykorzystywany przez Wróblewskiego i Olszewskiego;
- przedstawia właściwości fizykochemiczne ciekłego tlenu;
- przewiduje, czy tlen skropli się w określonych warunkach.

Strategie nauczania:

- asocjacyjna;
- problemowa.

Metody i techniki nauczania:

- pogadanka;
- dyskusja dydaktyczna;
- analiza materiału źródłowego;
- ćwiczenia uczniowskie;
- okienko informacyjne;
- wirtualne laboratorium;
- technika gadająca ściana;
- technika zdań podsumowujących.

Formy pracy:

- praca zbiorowa;
- praca w grupach;
- 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/pisak.

Przebieg zajęć

Faza wstępna:

1. Zaciekawienie i dyskusja. Nauczyciel wyświetla okładkę e-materiału. Następnie zadaje uczniom pytanie: „Czy zastanawialiście się kiedyś, co wykorzystuje się do produkcji paliwa rakietowego? Czy znacie inne zastosowania ciekłego tlenu”?
2. Rozpoznanie wiedzy wyjściowej uczniów. Uczniowie starają się odpowiedzieć na pytanie: W jaki sposób można otrzymać tlen z powietrza?
3. Ustalenie celów lekcji. Nauczyciel podaje temat zajęć i wspólnie z uczniami ustala cele lekcji, które uczniowie zapisują i zbierają w portfolio.

Faza realizacyjna:

1. Uczniowie zapoznają się z treściami w e-materiale w sekcji „Przeczytaj”, dotyczącymi właściwości tlenu gazowego i ciekłego. Po wyznaczonym czasie, nauczyciel inicjuje pogadankę dotyczącą porównania właściwości tlenu w obu stanach skupienia (podobieństwa i różnice). Zwraca uwagę na niebezpieczeństwa związane z użytkowaniem ciekłego tlenu.
2. Wirtualne laboratorium. Uczniowie w parach przeprowadzają wirtualnie doświadczenie, a następnie wykonują polecenia zawarte w medium.
3. Nauczyciel dzieli uczniów na trzy grupy zadaniowe, rozdaje arkusze A3, mazaki. Każda grupa opracowuje w oparciu o dostępne źródła informacji, w tym e-materiał, inną metodę skraplania tlenu z powietrza:

- grupa I – metodę Wróblewskiego i Olszewskiego;

- grupa II – metodę przemysłową;
- grupa III – skraplanie z zastosowaniem ciekłego azotu.
  Zwracają uwagę również na wady i zalety każdej z metod. Nauczyciel monitoruje przebieg pracy uczniów. Po wyznaczonym czasie, liderzy grup prezentują na forum klasy efekty pracy z wykorzystaniem techniki gadająca ściana. Powrót do fazy wstępnej i dokonanie analizy wcześniejszych wypowiedzi uczniów.

4. Uczniowie samodzielnie sprawdzają swoją wiedzę, wykonując ćwiczenia zawarte w e-materiale w sekcji „Sprawdź się".

Faza podsumowująca:

1. Okienko informacyjne – forma indywidualnej twórczej notatki. Kartkę w zeszycie uczniowie dzielą na cztery części (poziom, pion lub po przekątnej). W pierwsze okienko uczniowie wpisują hasło, które ich interesuje. W drugim okienku podają definicję danego terminu (z różnych źródeł). W trzecie okienko wpisują metaforyczne znaczenie wyrazu, żart językowy, rebus itp. Ostatnie może mieć formę scenki komiksowej, dialogu, karykatury z zastosowaniem interesującego uczniów terminu.
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 nauczyłam/łem...
- Co sprawiało mi trudność...

Praca domowa:

Nauczyciel prosi uczniów o dokończenie ćwiczeń, zawartych w e-materiale w części „Sprawdź się".

Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania multimedium:

WL-S może być wykorzystane w trakcie lekcji oraz jako pomoc przy odrabianiu zadania domowego. Uczniowie nieobecni na lekcji może to narzędzie wykorzystać do samokształcenia.

Materiały pomocnicze:

1. Nauczyciel przygotowuje arkusze A3, mazaki, sklerotki. 2. Polecenia podsumowujące (nauczyciel przed lekcją zapisuje je na niewielkich kartkach):

- Jakie są podobieństwa i różnice we właściwościach tlenu gazowego i skroplonego?
- Na czym polega metoda Z. Wróblewskiego i K. Olszewskiego otrzymywania tlenu skroplonego?
- Jakie są zalety i wady metody przemysłowej służącej do otrzymywania tlenu skroplonego?