



Czy entropia ulega zmianie podczas przemian fazowych?

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

A photograph showing several ice cubes melting on a dark, reflective surface. The ice is partially submerged in a pool of water, with smaller droplets scattered around. The background is a soft, out-of-focus grey.

Czy entropia ulega zmianie podczas przemian fazowych?

Przemiana fazowa wody z ciała stałego (lodu) w ciecz
Źródło: dostępny w internecie: www.pixabay.com, domena publiczna.

Czy wiesz, że R. Clausius wprowadził specjalną funkcję, która pomaga określić kierunek procesu zachodzącego samorzutnie? Ta funkcja to entropia. W pewnym sensie jest ona miarą „nieporządku”. Im większy nieporządek, tym większa entropia. Czy wiesz, że lód charakteryzuje się małym nieporządkiem? Cząsteczki H_2O są w nim uporządkowane i ściśle przylegają do siebie, zatem jego entropia jest niska. Z kolei podczas jego przemiany fazowej w ciecz, a następnie w parę, zaczyna wdzierać się coraz większy nieporządek cząsteczek i entropia rośnie. Czy wiesz, że gdy mol dowolnej cieczy paruje, powstaje w przybliżeniu taka sama „ilość nieporządku”? Tak zwana standardowa molowa entropia parowania w przybliżeniu wynosi $85 \frac{\text{J}}{\text{mol}\cdot\text{K}}$.

Twoje cele

- Nazwiesz procesy związane ze zmianą stanu skupienia.
- Opiszysz stany skupienia – gaz, ciecz, ciało stałe.
- Ocenisz zależność entropii od stanu skupienia.

Przeczytaj

Stany skupienia a parametry stanu

Z doświadczeń i obserwacji wiemy, że ta sama substancja może znajdować się w różnych stanach, zwanych fazami, o całkowicie odmiennych właściwościach fizycznych. Liczba faz w układzie termodynamicznym zależy od parametrów stanu, takich jak ciśnienie (p), temperatura (T), stężenie (c), objętość (V) oraz gęstość (ρ).

Poniższy wykres zależności ciśnienia (p) od temperatury (T) przedstawia diagram fazowy dla wody. Określa on warunki temperatury i ciśnienia, w których istnieją różne stałe, ciekłe i gazowe fazy czystej substancji. Na jego podstawie, dla układu jednoskładnikowego – np. dla wody (diagram widoczny poniżej), można dowiedzieć się, w jakiej fazie występuje substancja (woda) dla danej wartości ciśnienia i temperatury. Widoczne na rysunku linie czerwone określają granicę występowania danej fazy (lod, cieczy oraz gazu), czyli zakres temperatury i ciśnienia, w którym występuje dana faza.

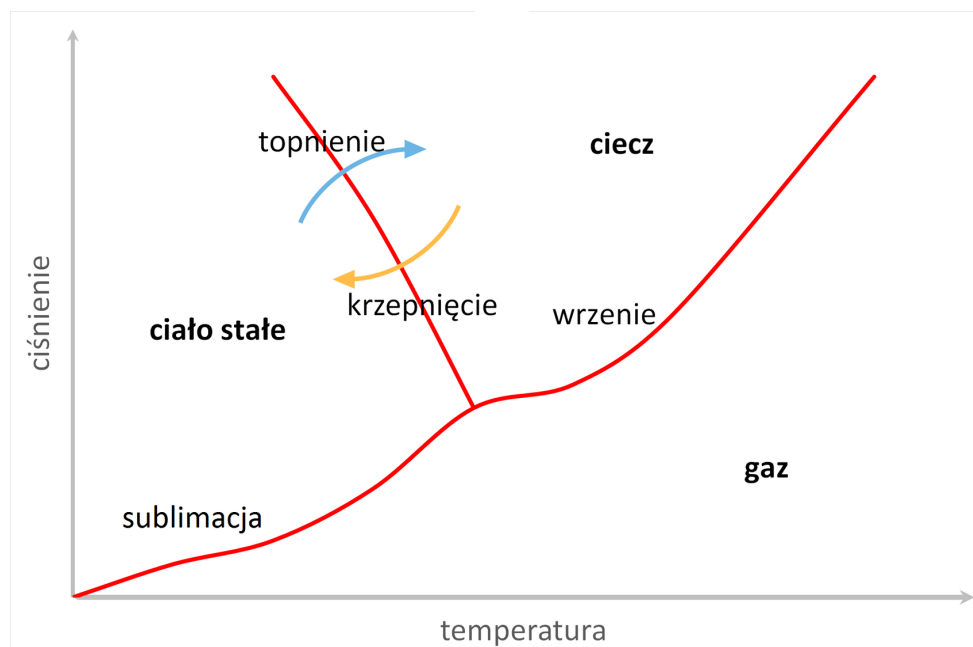
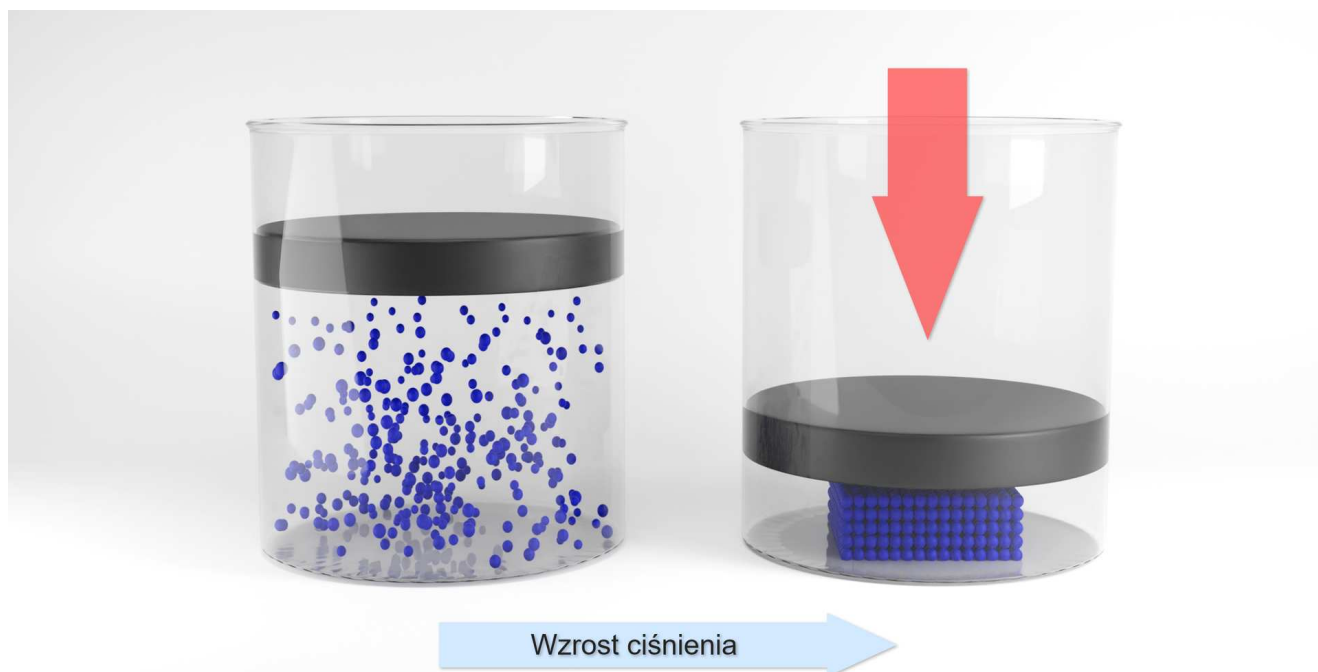


Diagram fazowy dla wody

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

Zmieniając dany parametr dla konkretnej fazy, np. zwiększając ciśnienie dla pary wodnej w odpowiednim zakresie temperatur, możemy zaobserwować przemianę fazową pary

wodnej (gazu) w lód (ciało stałe) – jest to proces resublimacji, co przedstawiono na poniższym rysunku.

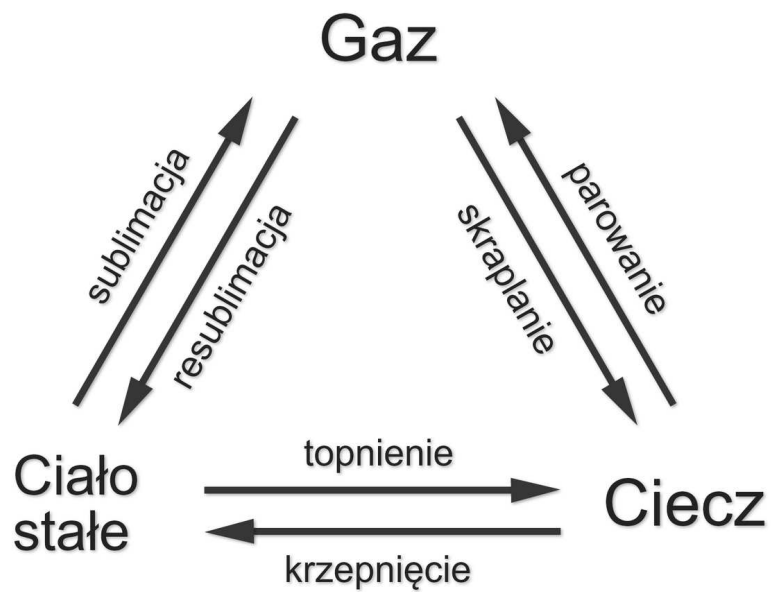


Podczas zwiększania ciśnienia, cząsteczki gazu (po lewej) ulegają w odpowiednim zakresie temperatur przemianie fazowej, w wyniku czego powstaje lód (po prawej).

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

Wyróżniamy następujące przejścia między fazą stałą, ciekłą i gazową:

- ciecz → gaz: parowanie;
- gaz → ciecz: skraplanie;
- ciało stałe → gaz: sublimacja;
- gaz → ciało stałe: resublimacja;
- ciecz → ciało stałe: krzepnięcie;
- ciało stałe → ciecz: topnienie.

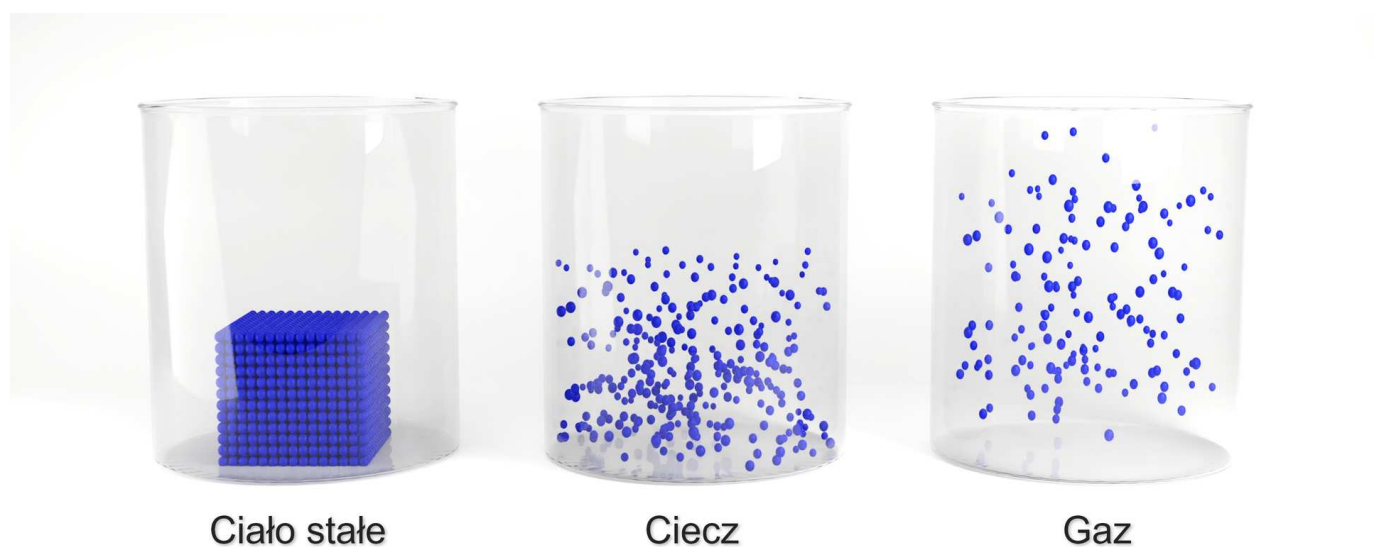


Schemat przedstawiający przemiany fazowe

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

Uporządkowanie cząsteczek

Zależnie od fazy, mamy różne uporządkowanie cząsteczek. Jak widać na poniższym rysunku, w stanie gazowym cząsteczki są najbardziej nieuporządkowane.



Uporządkowanie cząsteczek w zależności od fazy

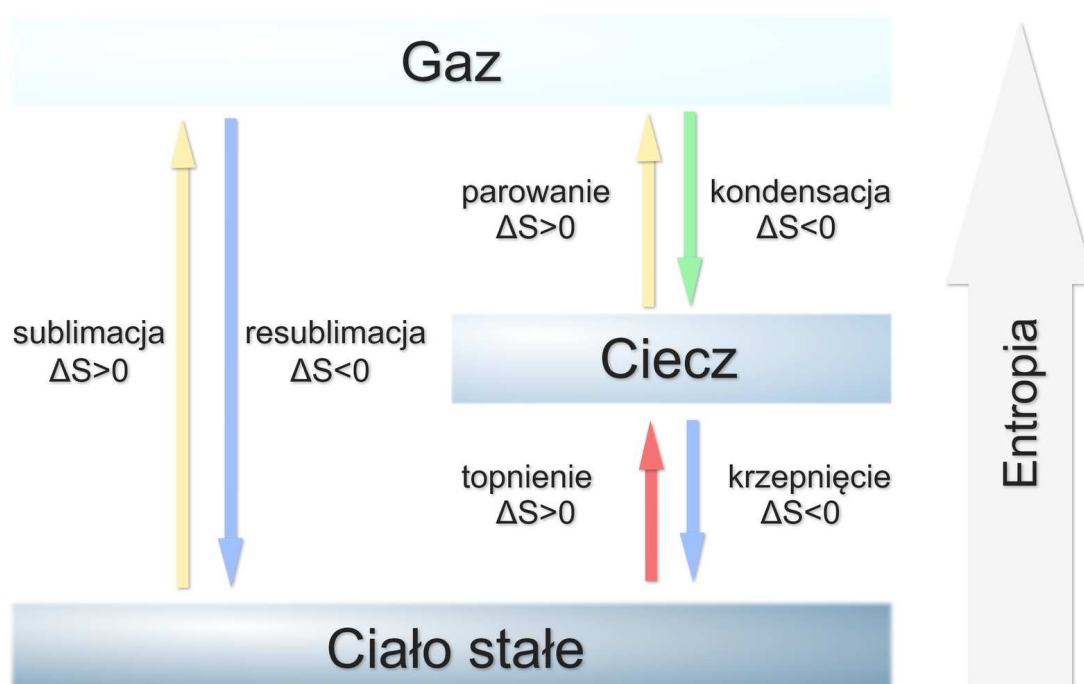
Źródło: GroMar Sp.z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

W stanie gazowym ruch termiczny cząstek jest najszybszy i jest on chaotyczny (przypadkowy), czyli nie ma żadnego uporządkowania. W cieczach obserwujemy znacznie wolniejsze ruchy termiczne cząstek, o wiele większą gęstość, a także pewien stopień uporządkowania; oddziaływania międzycząsteczkowe pomiędzy cząsteczkami (np. wiązania wodorowe), które występują w stanie ciekłym, są znacznie większe niż pomiędzy cząsteczkami w stanie gazowym. Natomiast w ciałach stałych/kryształach, cząstki są nieruchome i znajdują się w węzłach sieci. Jedyne, co można zaobserwować, to drgania cząstek (tzw. drgania, oscylacje) lub ruch elektronów (zwłaszcza w metalach) przy niskich energiach (temperaturach). Najbardziej uporządkowaną formą materii jest ciało doskonale krystaliczne.

Dla substancji czystej można stwierdzić, że:

- ciało stałe – posiada wysoki stopień uporządkowania atomów, jonów lub cząsteczek → niska entropia;
- ciecz – wartość entropii jest wyższa od wartości entropii ciała stałego, ale niższa od wartości odpowiadającej gazowi;
- gaz – nie ma żadnego uporządkowania → wysoka entropia.

Entropia (oznaczana symbolem S) jest miarą „nieuporządkowania”. Przy wzroście stopnia nieuporządkowania oraz ze wzrostem temperatury, entropia układu rośnie. W miarę obniżania temperatury, stopień nieuporządkowania maleje do zera. Wszelkie przemiany, prowadzące do wzrostu nieuporządkowania, wykazują dodatnią zmianę entropii (układu). Na poniższym rysunku można zauważyć, że dla takich procesów, jak sublimacja, topnienie oraz parowanie, którym towarzyszy zwiększenie nieuporządkowania cząstek, następuje wzrost entropii.

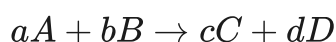


Schemat przedstawiający zmianę entropii w zależności od przemian fazowych

Obliczanie zmiany entropii

Chcąc obliczyć zmianę entropii podczas przebiegu danej reakcji czy [przemiany fazowej](#), można zastosować wzór z wykorzystaniem stabelaryzowanych wartości standardowych molowych entropii poszczególnych substratów i produktów.

Dla danej reakcji chemicznej:



$$\Delta S^\circ_x = (c \cdot \Delta S^\circ_C + d \cdot \Delta S^\circ_D) - (a \cdot \Delta S^\circ_A + b \cdot \Delta S^\circ_B)$$

Gdzie a , b , c i d oznaczają współczynniki stechiometryczne reagentów.

Słownik

entropia

termodynamiczna funkcja stanu, określająca kierunek przebiegu procesów spontanicznych (samorzutnych) w odosobnionym układzie termodynamicznym; jest miarą stopnia nieuporządkowania układu i rozproszenia energii

układ termodynamiczny

część przestrzeni materialnej, będącej przedmiotem rozważań; pozostała część przestrzeni jest otoczeniem

faza

część lub całość układu, która wykazuje w całej swej masie jednakowe własności fizyczne i chemiczne (w szczególności jednakowe równanie stanu) i jest oddzielona wyraźnie od reszty układu (otoczenia)

przemiana fazowa

samorzutna przemiana jednej fazy w drugą

układ jednofazowy

układ złożony tylko z jednej fazy (stałej, ciekłej lub gazowej) substancji; lód jest przykładem układu jednofazowego i jednoskładnikowego

układ wielofazowy

układ złożony z więcej niż jednej fazy, np. układ złożony z wody i lodu, zawierający tylko jeden składnik, ale dwie fazy; przykładem układu wielofazowego i wieloskładnikowego może być naczynie z wodą, do której dodano rtęć

Bibliografia

Atkins P. W., *Chemia fizyczna*, Warszawa 2006.

Gumiński K., *Termodynamika*, wyd. 3, Warszawa 1974.

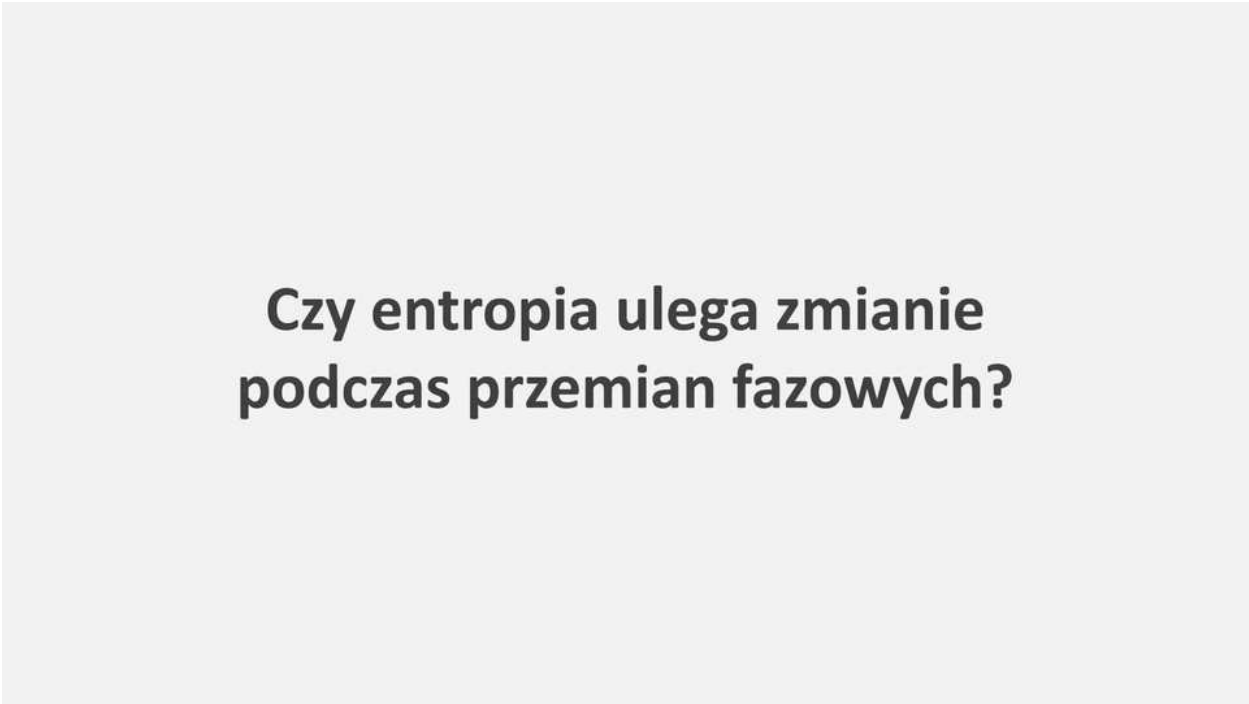
Orear J., *Fizyka*, Warszawa 1993.

Stauffer D., Stanley H. E., *Od Newtona do Mandelbrota*, Warszawa 1996.

Film samouczek

Polecenie 1

Zapoznaj się z poniższym filmem pt. „Czy entropia ulega zmianie podczas przemian fazowych?”, a następnie rozwiąż ćwiczenia sprawdzające.



Czy entropia ulega zmianie podczas przemian fazowych?

Film dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/D1FgkPMeo>

Film samouczek pt. „Czy entropia ulega zmianie podczas przemian fazowych?”

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

Film nawiązujący do treści materiału – dotyczy odpowiedzi na pytanie, czy entropia ulega zmianie podczas przemian fazowych.

Ćwiczenie 1

Rozwiąż zadanie.

Entalpia topnienia lodu wynosi $6,01 \left[\frac{\text{kJ}}{\text{mol}} \right]$. Oblicz zmianę entropii 1 mola wody podczas topnienia. Ile wynosi zmiana entropii otoczenia towarzysząca temu procesowi?

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

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

Ćwiczenie 2

Rozwiąż zadanie.

Aby odparować (w temperaturze wrzenia i pod normalnym ciśnieniem) 1 gram 1,1,2-trichloroetanu $\text{C}_2\text{H}_3\text{Cl}_3$, należy dostarczyć do układu 0,244 kJ energii na sposób ciepła. Oszacuj temperaturę wrzenia trichloroetanu pod ciśnieniem normalnym. Wynik podaj w stopniach Celsjusza. Skorzystaj z reguły Troutona.

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

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Zaznacz poprawną odpowiedź.

☐ Sublimacja jest procesem odwrotnym do krzepnięcia.

☐ Sublimacja jest przejściem gazu w ciało stałe.

☐ Sublimacja nie jest przemianą fazową.

☐ Sublimacja jest przejściem ciała stałego w gaz.

Ćwiczenie 2



Pogrupuj elementy:

Które z poniższych przemian fazowych powodują wzrost, a które zmniejszenie entropii?

wzrost entropii

zmniejszenie entropii

skraplanie

krystalizacja

resublimacja

topnienie

sublimacja

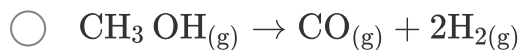
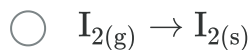
parowanie

Ćwiczenie 3

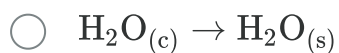


Zaznacz poprawną odpowiedź.

W którym z procesów nastąpi wzrost entropii?



☐ W żadnym z wymienionych.



Ćwiczenie 4



Zaznacz prawidłową odpowiedź.

☐ Entropia rośnie wraz ze wzrostem stopnia uporządkowania atomów.

☐ Przy przejściu gazu w ciało stałe, entropia rośnie.

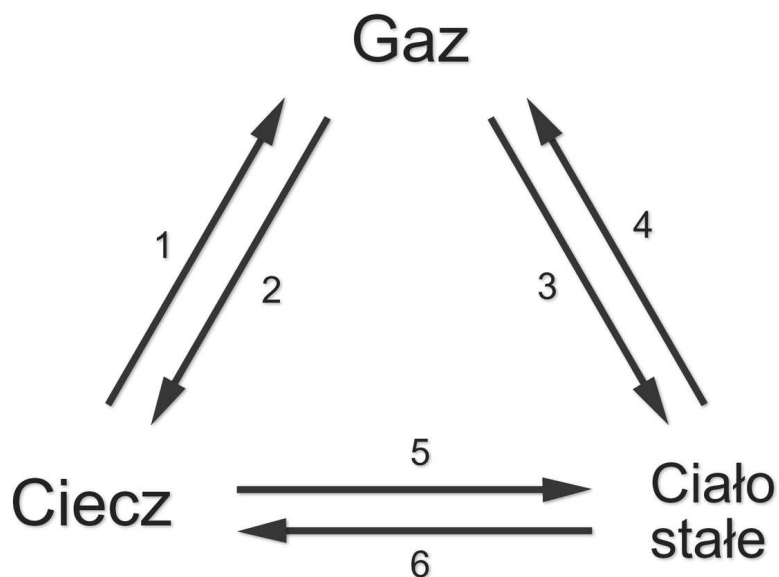
☐ Gazy mają większą gęstość niż ciecze.

☐ Ze wzrostem temperatury entropia rośnie.

Ćwiczenie 5



Nazwij poszczególne przemiany fazowe, przyporządkowując cyfrom daną nazwę przemiany:



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

1 –	
2 –	
3 –	
4 –	
5 –	
6 –	

krzepnięcie

topnienie

skraplanie

resublimacja

sublimacja

parowanie

Ćwiczenie 6



Który z poniższych rysunków przedstawia uporządkowanie cząsteczek typowe dla ciał stałych, który dla cieczy, a który dla gazów? Wstaw odpowiedzi w odpowiednie miejsca.

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

Ćwiczenie 7



Zapoznaj się z poniższym tekstem, a następnie odpowiedz na pytanie.

Jakie wnioski wysuniesz z podanych w tabeli molowych entropii standardowych różnych substancji podczas analizy ich stanów skupienia?

Substancja	$S_m^\circ \left[\frac{\text{J}}{\text{K} \cdot \text{mol}} \right]$
amoniak, NH_3	192,5
azot, N_2	191,6
dwutlenek węgla, CO_2	213,7
hel, He	126,2
tlen, O_2	205,1
woda (para), H_2O	188,8
chlorek sodu, NaCl	72,1

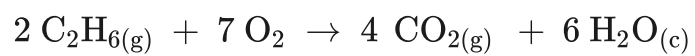
Substancja	$S^\circ_m \left[\frac{\text{J}}{\text{K} \cdot \text{mol}} \right]$
diament, C	2,4
grafit, C	5,7
miedź, Cu	33,2
węglan wapnia, CaCO_3	92,9
woda (s)	45,0

Odpowiedź:

Ćwiczenie 8



Zapisz za pomocą wzorów, jak obliczysz zmianę entropii poniższej reakcji.



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 Maćkiewicz, Krzysztof Błaszczak

Przedmiot: chemia

Temat: Czy entropia ulega zmianie podczas przemian fazowych?

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

Podstawa programowa:

Poziom podstawowy i rozszerzony

Wymagania ogólne

II. Rozumowanie i zastosowanie nabytej wiedzy do rozwiązywania problemów. Uczeń:

- 5) wykorzystuje wiedzę i dostępne informacje do rozwiązywania problemów chemicznych z zastosowaniem metody naukowej;
- 6) stosuje poprawną terminologię.

Kształtowane kompetencje kluczowe:

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

Cele operacyjne:

Uczeń:

- wymienia przejścia fazowe;
- definiuje ciało stałe, ciecz i gaz;
- wyjaśnia zależność entropii od stanu skupienia.

Strategie nauczania:

- asocjacyjna.

Metody i techniki nauczania:

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

Formy pracy:

- praca indywidualna;
- praca w grupach;
- praca zbiorowa.

Środki dydaktyczne:

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

Przebieg zajęć

Faza wstępna:

1. Zaciekawienie i dyskusja. Nauczyciel wykorzystuje treści zawarte we wprowadzeniu do e-materiału, po czym zadaje uczniom pytanie: jakie występują stany skupienia oraz jakie procesy są związane ze zmianami stanu skupienia?
2. Rozpoznawanie wiedzy wyjściowej uczniów. Nauczyciel z użyciem aplikacji Mentimetera zachęca uczniów do podania skojarzeń do pojęcia „entropia”.
3. Ustalenie celów lekcji. Nauczyciel podaje temat zajęć i wspólnie z uczniami ustala cele lekcji, które uczniowie zapisują w portfolio.

Faza realizacyjna:

1. Nauczyciel wyświetla na tablicy interaktywnej film na temat zmian entropii w przejściach fazowych.
2. Celem utrwalenia wiadomości z obejrzanego filmu, nauczyciel inicjuje dyskusję zadając przykładowe pytania – Jakie znają stany skupienia? Jakie procesy towarzyszą zmianom stanów skupienia? Jak zmienia się w nich entropia?
3. Nauczyciel dzieli uczniów na grupy i rozdaje uczniom schemat przedstawiający zmianę entropii w zależności od przemian fazowych (poniżej). Uczniowie uzupełniają na schemacie stany skupienia, wpisują w odpowiednie miejsce nazwę przemiany fazowej

oraz wyjaśniają wzrost entropii. Po minionym czasie wskazani lub chętni uczniowie prezentują wyniki pracy, a nauczyciel weryfikuje poprawność merytoryczną.

Plik o rozmiarze 93.50 KB w języku polskim

4. Uczniowie analizują treści w e-materiale dotyczące obliczania zmiany entropii, Po czym wykonują ćwiczenie nr 8 w sekcji „sprawdź się”. Chętny uczeń prezentuje na forum klasy sposób rozwiązywania zadania. Nauczyciel weryfikuje poprawność merytoryczną wypowiedzi ucznia.
5. Uczniowie samodzielnie sprawdzają swoją wiedzę, wykonując ćwiczenia zawarte w e-materiale – „Sprawdź się”.

Faza podsumowująca:

1. Nauczyciel sprawdza wiedzę uczniów zadając przykładowe pytania: co to jest entropia? Jakie wyróżniamy procesy towarzyszące zmianom stanów skupienia? Jak zmienia się entropia podczas przejść fazowych? Od czego zależy liczba faz w układzie termodynamicznym?
2. Jako podsumowanie lekcji nauczyciel może wykorzystać zdania do uzupełnienia, które uczniowie zamieszczają w swoim portfolio:
 - Przypomniałem/łam sobie, że...
 - Co było dla mnie łatwe...
 - Czego się nauczyłam/nauczyłem...
 - Co sprawiało mi trudność...

Praca domowa:

Uczniowie wykonują pozostałe ćwiczenia w e-materiale – „Sprawdź się”.

Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania multimedium:

Film samouczek może być wykorzystany przez uczniów podczas przygotowania się do lekcji, czy do sprawdzianu. Również uczniowie nieobecni na lekcji dla lepszego rozumienia treści mogą obejrzeć film.

Materiały pomocnicze:

1. Polecenia podsumowujące (nauczyciel przed lekcją zapisuje je na niewielkich kartkach):
 - Co to jest entropia?
 - Jakie wyróżniamy procesy towarzyszące zmianom stanów skupienia?
 - Jak zmienia się entropia podczas przejść fazowych?
 - Od czego zależy liczba faz w układzie termodynamicznym?