



Analizujemy zmiany energii wewnętrznej w przemianach fazowych

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

Analizujemy zmiany energii wewnętrznej w przemianach fazowych

Źródło: dostępny w internecie: <https://www.istockphoto.com/pl/zdjęcie/gaz-gm111891833-15442879> [dostęp 6.06.2022 r.], iStockphoto, tylko do użytku edukacyjnego na zpe.gov.pl.

Czy to nie ciekawe?

Dostarczanie ciepła do wody powoduje wzrost jej energii wewnętrznej, a tym samym temperatury. Ale kiedy woda osiągnie temperaturę 100°C , temperatura przestaje się zwiększać, pomimo dalszego dostarczania ciepła. Temperatura równa 100°C to temperatura wrzenia wody. Woda ulega przemianie fazowej ze stanu ciekłego do gazowego. Jak zmienia się w tym procesie energia wewnętrzna? W tym e-materiale przeanalizujemy zmiany energii wewnętrznej w tej przemianie i w innych przemianach fazowych.

Źródło: dostępny w internecie: <https://pxhere.com/pl/photo/518467> [dostęp 20.07.2022 r.], domena publiczna.

Twoje cele

- poznasz własności trzech stanów skupienia materii,
- dowiesz się, czym są przemiany fazowe,
- zrozumiesz, jak zmienia się energia potencjalna oddziaływań międzycząsteczkowych, gdy zmieniają się odległości między cząsteczkami,
- przeanalizujesz zmiany energii wewnętrznej w przemianach fazowych.

Przeczytaj

Warto przeczytać

Materia występuje w trzech stanach skupienia, zwanych też fazami materii. Są to fazy: stała, ciekła i gazowa. O własnościach substancji decyduje wzajemna odległość jej cząsteczek i oddziaływania między cząsteczkami. Przemiany fazowe polegają na zmianie jednej fazy w inną, na przykład topnienie, czyli zmiana ciała stałego w ciecz, czy skraplanie – zmiana pary, która jest fazą gazową, w ciecz. Podczas przemiany fazowej układ wymienia ciepło z otoczeniem. Zmienia się więc energia wewnętrzna układu.

Energia wewnętrzną ciała nazywamy sumę energii kinetycznych cząsteczek oraz energii potencjalnych oddziaływań międzycząsteczkowych i wewnątrzcząsteczkowych.

Zgodnie z I zasadą termodynamiki zmiana energii wewnętrznej układu zamkniętego jest równa energii, która przepływa przez jego granice jako ciepło oraz pracy siły zewnętrznej. Innymi słowy, jeśli praca równa jest zeru, pobranie ciepła przez układ zwiększa jego energię wewnętrzną, a oddanie ciepła – zmniejsza energię wewnętrzną.

Topnienie i krzepnięcie

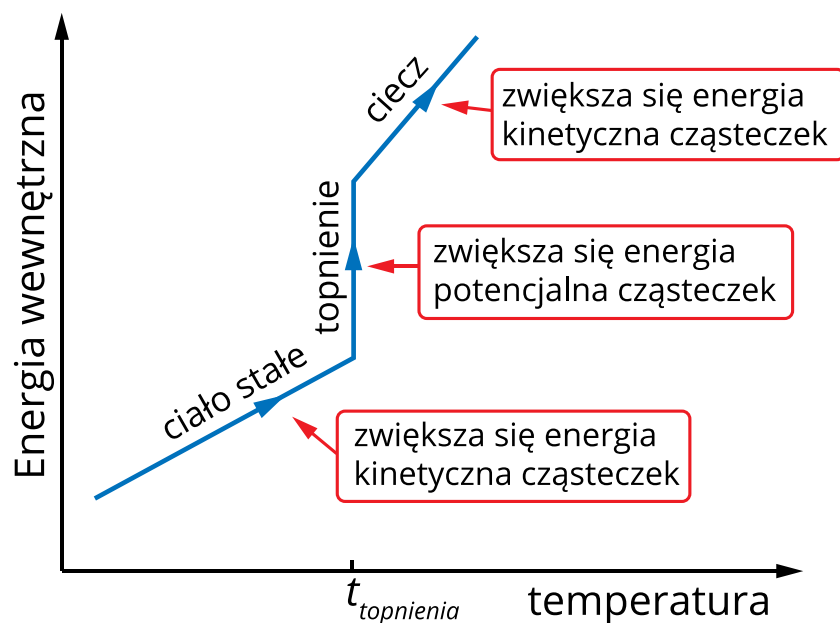
Przyjrzyjmy się, jak zmienia się energia wewnętrzna podczas pobierania ciepła przez lód. Lód jest ciałem stałym o budowie krystalicznej. Jego cząsteczki ułożone są w geometryczne struktury i nie mogą spontanicznie zmieniać swego wzajemnego położenia, a tylko drgają wokół położen równowagi. Energia wewnętrzna lodu składa się z energii kinetycznej drgających cząsteczek i energii potencjalnej sił, z jakimi cząsteczki się przyciągają. Gdy dostarczamy ciepło do lodu, gdy ma on temperaturę niższą niż zero stopni Celsjusza, zwiększa się energia kinetyczna drgań cząsteczek. Zwiększa się więc temperatura, która jest miarą średniej energii kinetycznej cząsteczek. Dzieje się tak do momentu, aż lód osiągnie temperaturę topnienia, która przy **ciśnieniu normalnym** wynosi 0°C . Topnienie rozpoczyna się, gdy pierwsza cząsteczka lodu osiągnie energię kinetyczną wystarczającą do zerwania więzi łączących ją z innymi cząsteczkami. To pociąga za sobą uwolnienie ze struktury krystalicznej kolejnych cząsteczek. W procesie topnienia cząsteczki lodu oddalają się od siebie, a to oznacza zwiększenie ich energii potencjalnej. Podobnie jest w polu grawitacyjnym. Gdy podrzucimy piłkę, zwiększa się jej energia potencjalna grawitacji na skutek zwiększania odległości od Ziemi.



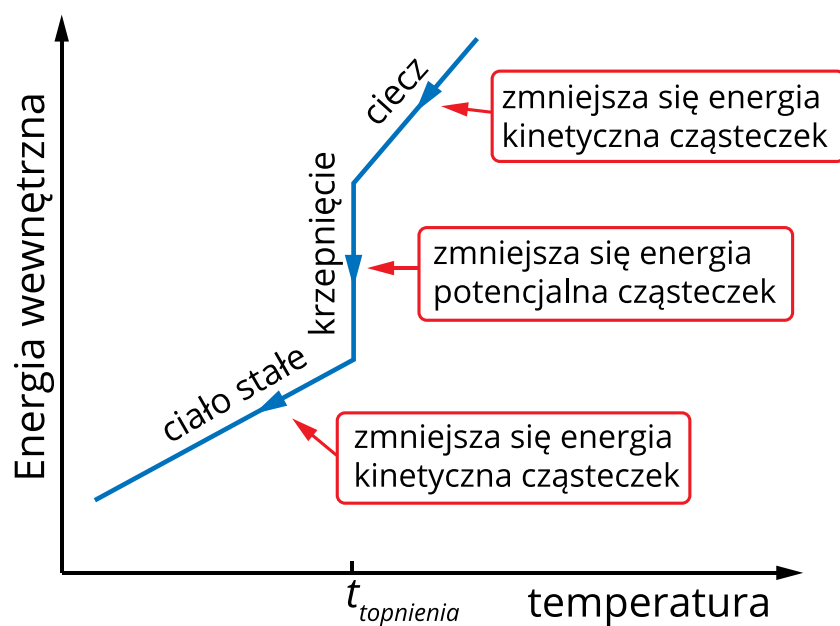
Rys. 1. W polu sił przyciągających zwiększenie odległości między ciałami (tu między piłką i Ziemią) powoduje zwiększenie energii potencjalnej układu piłka - Ziemia

Gdy rozpocznie się proces topnienia, cała pobrana energia powoduje przyrost energii potencjalnej cząsteczek, przy czym energia kinetyczna cząsteczek nie zmienia się. To dlatego topnienie zachodzi w stałej temperaturze. Na Rys. 2a. pokazane są zmiany energii wewnętrznej podczas topnienia, a także przed i po topnieniu.

Odwrotny proces zachodzi, gdy woda oddaje ciepło do otoczenia (Rys. 2b.). Początkowo cząsteczki wody poruszają się coraz wolniej, temperatura maleje, aż w temperaturze 0°C temperatura przestaje się zmieniać, pomimo oddawania ciepła. Średnia energia kinetyczna cząsteczek nie zmienia się, ale maleje energia potencjalna międzycząsteczkowych sił przyciągających. Cząsteczki zbliżają się do siebie na odległość, w której krótkozasięgowe siły przyciągające stają się dostatecznie duże, aby utworzyły się wiązania między cząsteczkami. Powstaje struktura krystaliczna i woda zamienia się w lód. W procesie topnienia i krzepnięcia zachodzi skokowa zmiana energii wewnętrznej. Zmiana ta jest równa ciepłu pobranemu podczas topnienia lub oddanemu podczas krzepnięcia i wynosi co do wartości bezwzględnej $Q = mc_t$, gdzie m to masa ciała, c_t - **ciepło topnienia**.



Rys. 2a. Zmiany energii wewnętrznej podczas topnienia. W temperaturze topnienia następuje skokowa zmiana energii wewnętrznej

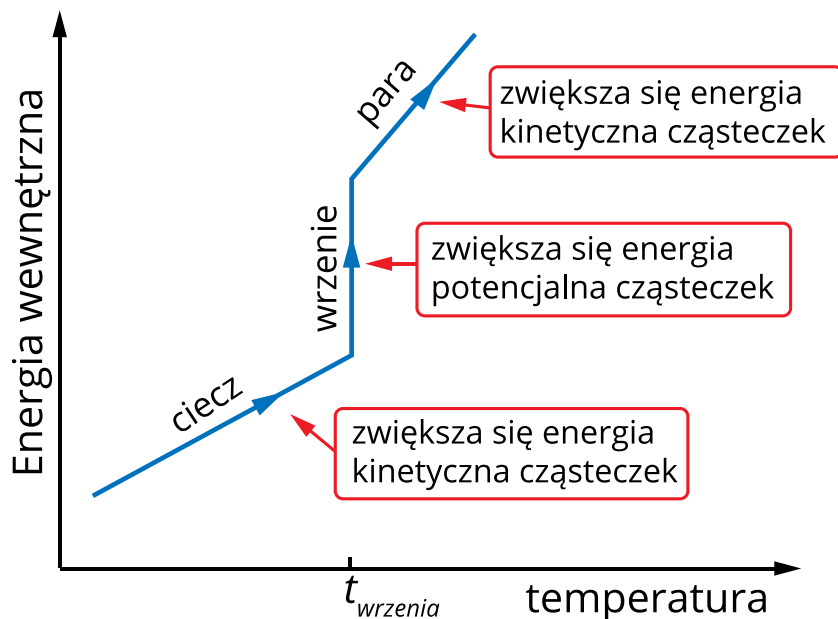


Rys. 2b. Zmiany energii wewnętrznej substancji podczas krzepnięcia

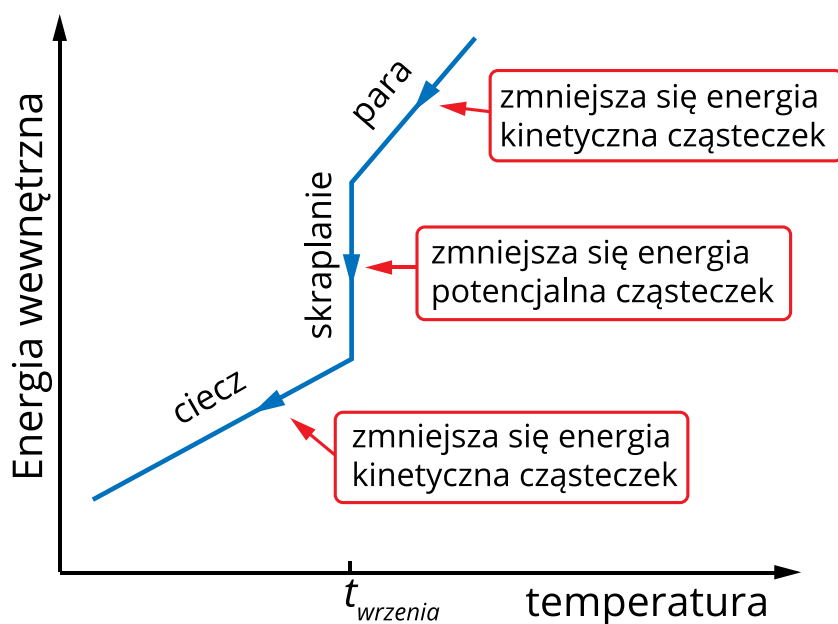
Wrzenie i skraplanie

Cząsteczki cieczy mogą poruszać się wewnątrz cieczy, ale nie jest to ruch swobodny. Przyciągające siły międzycząsteczkowe nie pozwalają cząsteczkom oddalać się od siebie. To dlatego objętość cieczy trudno zmienić. W stanie gazowym cząsteczki są w tak dużych odległościach od siebie, że praktycznie nie oddziałują ze sobą. Cząsteczki gazu poruszają się swobodnie i gaz rozprzestrzenia się w całej dostępnej objętości.

Gdy ciecz pobiera ciepło, zwiększa się energia kinetyczna cząsteczek i tym samym temperatura cieczy. Dzieje się tak do chwili, gdy osiągnięta zostanie temperatura wrzenia. Rozpoczyna się wtedy zamiana cieczy w parę w całej objętości cieczy. Stan wrzenia poznajemy po tym, że w całej objętości cieczy pojawiają się bąble zawierające parę. Wrzenie zachodzi w stałej temperaturze, czyli energia kinetyczna cząsteczek nie zmienia się. Przejście ze stanu ciekłego w gazowy związane jest ze zwiększeniem się odległości między cząsteczkami, a to oznacza zwiększenie energii potencjalnej cząsteczek. Zatem podczas wrzenia zwiększa się energia wewnętrzna pomimo stałej temperatury.



Rys. 3a. Zmiany energii wewnętrznej podczas wrzenia. W temperaturze wrzenia następuje skokowa zmiana energii wewnętrznej



Skraplanie to proces odwrotny do wrzenia. Zachodzi, gdy para oddaje ciepło. Energia kinetyczna cząsteczek pary, a więc i temperatura, zmniejsza się aż do temperatury wrzenia. Od tego momentu temperatura pozostaje stała, a rozpoczyna się proces skraplania, podczas którego zmniejsza się energia potencjalna cząsteczek. Cząsteczki zbliżają się do siebie na odległości pozwalające działać przyciągającym siłom międzycząsteczkowym. Energia wewnętrzna zmniejsza się na skutek zmniejszania energii potencjalnej cząsteczek. Zmiany energii wewnętrznej podczas wrzenia pokazuje Rys. 3a., a podczas skraplania Rys. 3b.

W procesie wrzenia i skraplania zachodzi skokowa zmiana energii wewnętrznej. Zmiana ta jest równa ciepłu pobranemu podczas wrzenia lub oddanemu podczas skraplania i wynosi z dokładnością do znaku $Q = mc_p$, gdzie m to masa ciała, c_p – **ciepło parowania**.

Słowniczek

Ciśnienie normalne

(ang.: *normal pressure*) to 101 325 Pa (średnie ciśnienie atmosferyczne na poziomie morza).

Ciepło topnienia

(ang.: *latent heat of fusion*) energia potrzebna do stopienia 1 kg ciała. Ciepło topnienia wyraża się wzorem $c_t = \frac{Q}{m}$, gdzie Q – energia dostarczona podczas topnienia, m – masa ciała.

Ciepło parowania

(ang.: *latent heat of evaporation*) energia potrzebna do wyparowania 1 **kg** ciała. Ciepło parowania wyraża się wzorem $c_p = \frac{Q}{m}$, gdzie Q – energia dostarczona podczas parowania lub wrzenia, m – masa ciała.

Film samouczek

Analizujemy zmiany energii wewnętrznej w przemianach fazowych

Obejrzyj film samouczek, w którym obliczamy różnicę między energią wewnętrzną 1 kg lodu i 1 kg wody o temperaturze 0°C .




Wystąpił błąd

Polecenie 1

Oblicz samodzielnie różnicę między energią wewnętrzną 1 kg wody i 1 kg pary wodnej o temperaturze 100°C . Ciepło parowania wody wynosi $c_p = 2300 \text{ kJ/kg}$.

Polecenie 2

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



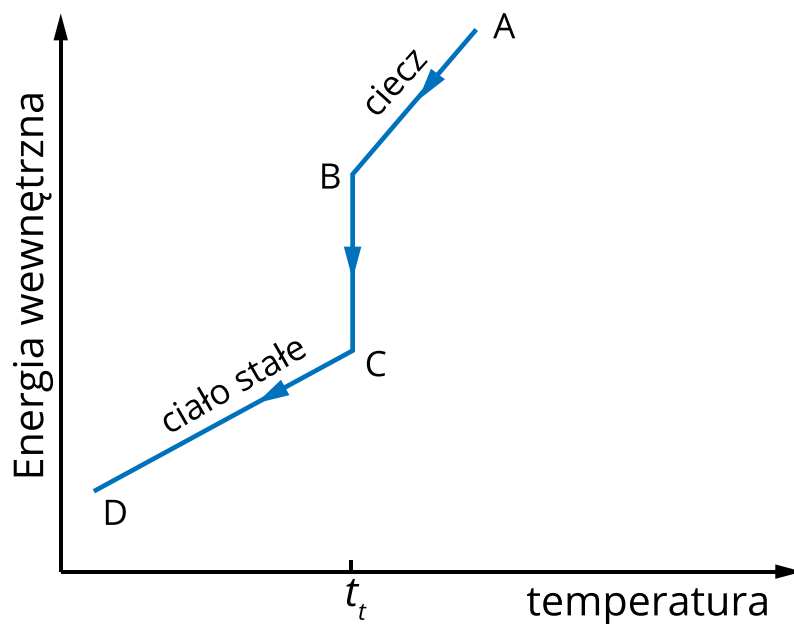
Ćwiczenie 2



Ćwiczenie 3



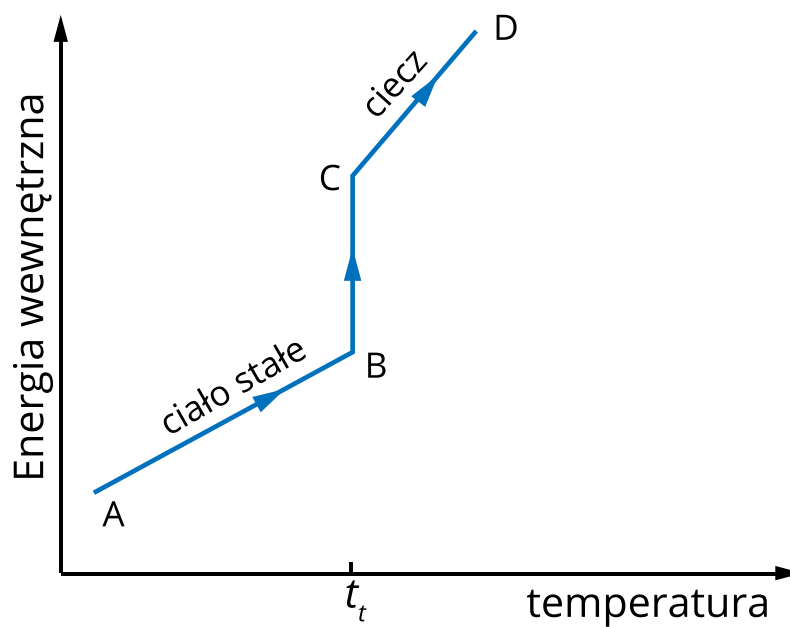
Wykres przedstawia przemianę fazową, t_t to temperatura topnienia. Odpowiedz, na którym z etapów przemiany: AB, BC i CD zmniejsza się suma energii potencjalnych oddziaływań międzycząsteczkowych. Odpowiedź uzasadnij.



Ćwiczenie 4



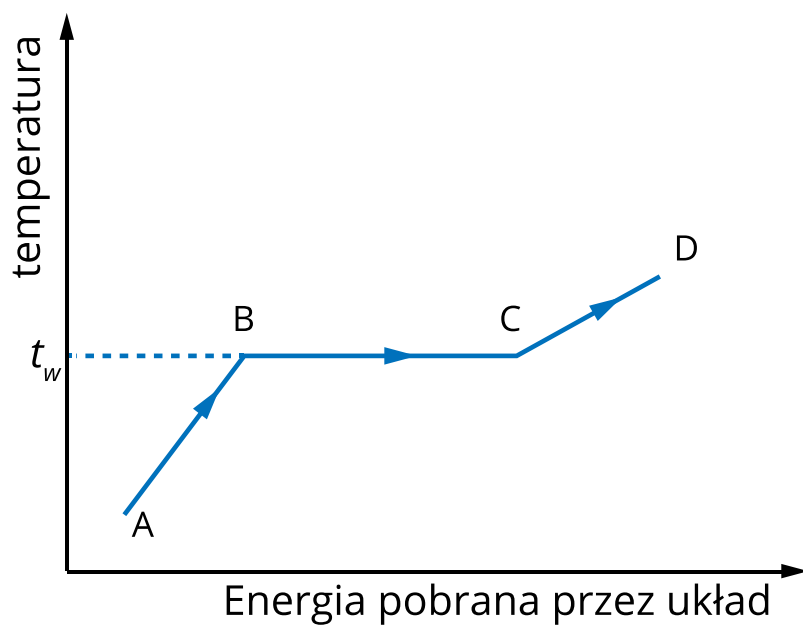
Wykres przedstawia przemianę fazową, t_t to temperatura topnienia. Odpowiedz, na którym z etapów przemiany: AB, BC i CD zwiększa się suma energii kinetycznych cząsteczek. Odpowiedź uzasadnij.



Ćwiczenie 5



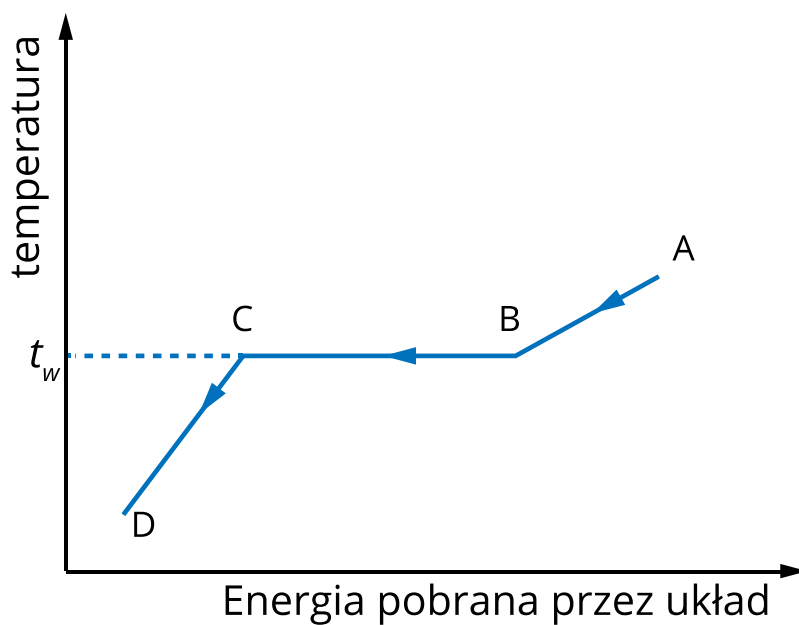
Wykres przedstawia przemianę fazową, t_w to temperatura wrzenia. Odpowiedz, na którym z etapów przemiany: AB, BC i CD zwiększa się suma energii potencjalnych oddziaływań międzycząsteczkowych. Odpowiedź uzasadnij.



Ćwiczenie 6



Wykres przedstawia przemianę fazową, t_w to temperatura wrzenia. Odpowiedz, na którym z etapów przemiany: AB, BC i CD zmniejsza się suma energii kinetycznych cząsteczek. Odpowiedź uzasadnij.



Ćwiczenie 7



Ćwiczenie 8



Dla nauczyciela

Imię i nazwisko autora:	Krystyna Wosińska
Przedmiot:	Fizyka
Temat zajęć:	Analizujemy zmiany energii wewnętrznej w przemianach fazowych
Grupa docelowa:	III etap edukacyjny, liceum, technikum, zakres rozszerzony
Podstawa programowa	<p>Cele kształcenia – wymagania ogólne</p> <p>I. Wykorzystanie pojęć i wielkości fizycznych do opisu zjawisk oraz wskazywanie ich przykładów w otaczającej rzeczywistości.</p> <p>II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych.</p> <p>Zakres rozszerzony</p> <p>Treści nauczania – wymagania szczegółowe</p> <p>I. Wymagania przekrojowe. Uczeń:</p> <p>7) wyodrębnia z tekstów, tabel, diagramów lub wykresów, rysunków schematycznych lub blokowych informacje kluczowe dla opisywanego zjawiska bądź problemu; przedstawia te informacje w różnych postaciach;</p> <p>16) przeprowadza obliczenia i zapisuje wynik zgodnie z zasadami zaokrąglania oraz zachowaniem liczby cyfr znaczących wynikającej z dokładności pomiaru lub z danych.</p> <p>VI. Termodynamika. Uczeń:</p> <p>6) Opisuje skokową zmianę energii wewnętrznej w przemianach fazowych.</p>
Kształtowane kompetencje kluczowe:	<p>Zalecenie Parlamentu Europejskiego i Rady UE z 2018 r,</p> <ul style="list-style-type: none">• 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:	<p>Uczeń</p> <ol style="list-style-type: none"> wymienia własności trzech stanów skupienia materii, objaśnia, czym są przemiany fazowe, wyjaśnia, jak zmienia się energia potencjalna oddziaływań międzycząsteczkowych, gdy zmieniają się odległości między cząsteczkami, analizuje zmiany energii wewnętrznej w przemianach fazowych.
Strategie nauczania	strategia eksperymentalno-obszewacyjna (dostrzeganie i definiowanie problemów)
Metody nauczania	wykład informacyjny, pokaz multimedialny, analiza pomysłów
Formy zajęć:	praca w grupach; praca indywidualna
Środki dydaktyczne:	komputer z rzutnikiem lub tablety do dyspozycji każdego ucznia
Materiały pomocnicze:	e-materiały: „Jak definiujemy przemianę fazową”, „Jak definiujemy ciepło przemiany fazowej”, „Ciepło parowania”, „Definicja energii wewnętrznej”
PRZEBIEG LEKCJI	
Faza wprowadzająca:	
Wprowadzenie zgodnie z treścią w części pierwszej „Czy to nie ciekawe?”. Odwołanie do wiedzy uczniów o przemianach fazowych.	
Faza realizacyjna:	
<p>Nauczyciel wprowadza pojęcie energii wewnętrznej, akcentując, że w jej skład wchodzi energia kinetyczna i potencjalna cząsteczek układu. Uczniowie w grupach ustalają na przykładzie pola grawitacyjnego, jak zmienia się energia potencjalna wraz ze zmianą odległości w polu sił przyciągających.</p> <p>Następnie uczniowie wspólnie z nauczycielem analizują zmiany energii wewnętrznej w kolejnych przemianach fazowych przedstawione na wykresach (Rys. 2a., 2b., 3a. i 3b.) w części „Przeczytaj”. Uczniowie oglądają film-samouczek i wykonują Polecenia 1. i 2., powiązane z treścią filmu.</p>	
Faza podsumowująca:	
Uczniowie wykonują zadania 3 – 6 z zestawu ćwiczeń.	
Praca domowa:	
Zadania z zestawu ćwiczeń 1 i 2 oraz nieobowiązkowo 7.	

Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania danego multimedium	Film samouczek można wykorzystać na lekcji i połączyć z wykonaniem powiązanych z nim poleceń oraz przedyskutowaniem wyników. Może też być wykorzystany przez uczniów po lekcji do powtórzenia i utrwalenia materiału.
---	---