



Jak definiujemy ciepło przemiany fazowej?

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

Jak definiujemy ciepło przemiany fazowej?

Czy to nie ciekawe?

Zmiany stanu skupienia są przemianami fazowymi. Wiąże się z nimi pobieranie albo oddawanie ciepła. Często nie wystarczy wiedzieć, że ciepło zostało w jakiejś przemianie fazowej pobrane czy oddane, ale ważna jest ilość tego ciepła. Do obliczenia ciepła potrzebnego do zajścia przemiany używamy wielkości zwanej *ciepłem przemiany fazowej*. Jak tę wielkość definiujemy, dowiesz się z tego e-materiału.

Piec hutniczy

Twoje cele

- dowiesz się, jak jest zdefiniowane ciepło przemiany fazowej,
- poznasz definicję ciepła topnienia,
- dowiesz się, że ciepło topnienia jest równe ciepłu krzepnięcia,
- poznasz definicję ciepła parowania i skraplania,
- zastosujesz definicję ciepła topnienia do obliczania ciepła pobranego przez ciało podczas procesu topnienia,

- zastosujesz definicję ciepła topnienia do obliczania ciepła oddanego przez ciało podczas procesu krzepnięcia,
- przeanalizujesz procesy towarzyszące przekazywaniu ciepła do lodu.

Przeczytaj

Warto przeczytać

Ogólnie możemy powiedzieć, że ciepło przemiany fazowej, w której następuje zmiana stanu skupienia, to taka ilość energii, która jest niezbędna do tego, aby 1 kg materii zmienił swój stan. Rozróżniamy następujące przemiany fazowe:

1. Topnienie i krzepnięcie, czyli przejście między stanem ciekłym i stałym

Topnienie oznacza przejście ze stanu stałego w ciekły. Potrzebne jest do tego dostarczanie energii, aby cząsteczki ciała stałego mogły uwolnić się ze sztywnej struktury. Podczas procesu topnienia ciała krystalicznego temperatura jest stała, cała pobrana energia w postaci ciepła zostaje zużyta na zerwanie połączeń między cząsteczkami. Temperaturę, w której zachodzi topnienie nazywamy temperaturą topnienia.

Ciepło topnienia to ilość energii potrzebna do stopienia 1 kilograma substancji. Ciepło topnienia wyraża się wzorem

$$c_t = \frac{Q}{m},$$

gdzie Q to ciepło potrzebne do stopienia masy m danej substancji.

Jednostką ciepła topnienia jest $\frac{\text{J}}{\text{kg}}$.

Krzepnięcie jest procesem odwrotnym do topnienia - ciecz przechodzi w ciało stałe. W procesie tym ciepło jest oddawane w takiej samej ilości, w jakiej było pobrane przy topnieniu. Ciepło krzepnięcia, czyli ciepło oddane przez 1 kg cieczy podczas przemiany w ciało stałe równe jest ciepłu topnienia. Krzepnięcie - tak jak topnienie, w przypadku, gdy faza stała ma postać krystaliczną - zachodzi w stałej temperaturze. Substancja w temperaturze topnienia występuje jako mieszanina faz stałej i ciekłej.

2. Parowanie, wrzenie i skraplanie, czyli przejście między stanem ciekłym i gazowym

Ciecz może zamienić się w parę (gaz) na dwa sposoby: przez parowanie, które zachodzi w każdej temperaturze i polega na powolnym uwalnianiu się cząsteczek z powierzchni cieczy oraz przez wrzenie, podczas którego ciecz w całej objętości gwałtownie zamienia się w parę. Wrzenie zachodzi w stałej temperaturze - temperaturze wrzenia - zależnej od ciśnienia zewnętrznego. Oba procesy - parowanie i wrzenie - wymagają dostarczania energii. Ciepło parowania definiujemy jako energię potrzebną do zamiany 1 kilograma cieczy w gaz.

Skraplanie – proces odwrotny do parowania – polega na zamianie pary w ciecz. Ciepło jest wtedy oddawane w takiej samej ilości, w jakiej było pobrane przy parowaniu.

Więcej informacji o ciepłe parowania znajdziesz w e-materiale *Ciepło parowania*.

Przykładowe wartości ciepła topnienia kilku substancji przedstawiono w Tabeli 1.:

Tabela 1. Ciepło topnienia różnych substancji

Substancja	Ciepło topnienia [$\frac{kJ}{kg}$]
Miedź	207
Ołów	23
Srebro	105
Woda (lód)	333

Obliczmy dla przykładu, ile ciepła potrzeba do stopienia 3 kg lodu, a ile do stopienia 3 kg ołowiu w temperaturze topnienia. Bezpośrednio z definicji ciepła topnienia dostajemy ilość ciepła potrzebną do stopienia danej masy substancji (w temperaturze topnienia, tj. nie uwzględniamy ogrzewania),

$$Q = mc_t.$$

Do stopienia 3 kg wody potrzeba więc $Q = 3 \text{ kg} \cdot 333000 \frac{\text{J}}{\text{kg}} = 999000 \text{ J} = 999 \text{ kJ}$.

Do stopienia 3 kg ołowiu potrzeba $Q = 3 \text{ kg} \cdot 23000 \frac{\text{J}}{\text{kg}} = 69000 \text{ J} = 69 \text{ kJ}$.

Widzimy, że ciepło topnienia wody ma szczególnie dużą wartość. To dlatego wiosną, mimo temperatur powyżej 0°C, śnieg jeszcze długo leży.



Rys. 1. Góra lodowa

Źródło: dostępny w internecie: <https://www.istockphoto.com/pl/zdj%C4%99cie/g%C3%B3ra-lodowa-unosz%C4%85ca-si%C4%99-na-morzu-arktycznym-gm693474546-128066809?phrase=iceberg> [dostęp 6.07.2022 r.], iStockphoto, tylko do użytku edukacyjnego na zpe.gov.pl.

A jaka ilość ciepła wydzieli się podczas krzepnięcia 2 kg miedzi? Zastosujemy ten sam wzór $Q = mc_t$, ponieważ miedź odda tyle samo ciepła, ile pobrała podczas topnienia.

Miedź o masie 2 kg podczas krzepnięcia odda do otoczenia ciepło

$$Q = 2 \text{ kg} \cdot 207000 \frac{\text{J}}{\text{kg}} = 414000 \text{ J} = 414 \text{ kJ}.$$

Wyobraźmy sobie, że zimą w ognisku rozgrzano do czerwoności miedziany pręt o masie $m = 1 \text{ kg}$, a następnie wrzucono go w głęboki śnieg o temperaturze 0°C . Obliczmy początkową temperaturę pręta, jeśli stopiło się 0,7 kg śniegu. Pręt oddaje ciepło podczas ochładzania się do temperatury 0°C . Ciepło oddawane przez pręt pobiera śnieg i topi się, ponieważ jest w temperaturze topnienia. Aby zapisać wzór na ciepło oddane przez pręt, potrzebne jest **ciepło właściwe** miedzi. Wynosi ono $385 \frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot\text{K}}$, ciepło topnienia lodu to $333000 \frac{\text{J}}{\text{kg}}$.

Ciepło oddane przez pręt wynosi

$$Q = m_{\text{Cu}} c_{\text{Cu}} \Delta T,$$

zaś ciepło pobrane przez wodę podczas procesu topnienia to

$$Q = m_{\text{H}_2\text{O}} c_{\text{H}_2\text{O}}.$$

Po przyrównaniu ciepła oddanego i pobranego otrzymujemy

$$m_{\text{Cu}} c_{\text{Cu}} \Delta T = m_{\text{H}_2\text{O}} c_{\text{H}_2\text{O}}.$$

Z powyższego równania wyznaczamy zmianę temperatury pręta, ΔT :

$$\Delta T = \frac{m_{\text{H}_2\text{O}} c_{\text{H}_2\text{O}}}{m_{\text{Cu}} c_{\text{Cu}}} = \frac{0,7 \text{ kg} \cdot 333000 \frac{\text{J}}{\text{kg}}}{1 \text{ kg} \cdot 385 \frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot\text{K}}} = 605 \text{ K}.$$

Ale końcowa temperatura pręta to temperatura topnienia śniegu, czyli ok. 273 K, więc temperatura początkowa pręta wynosi

$$T_{\text{początkowa}} = 605 \text{ K} + 273 \text{ K} = 878 \text{ K} \quad \text{lub} \quad 605^\circ \text{C}$$

Słowniczek

ciepło

(ang. heat) - termin ten ma dwa znaczenia:

1. Ciepło to forma **przekazywania** energii pomiędzy ciałami, związana z różnicą ich temperatur. Energia jest samoistnie przekazywana od ciała o wyższej temperaturze do ciała o niższej temperaturze.
2. Ciepło - tradycyjnie - to nazwa dla **formy energii** (czasami zwanej też energią termiczną). Ciepło jest rozumiane wtedy jako składowa energii wewnętrznej układu. Jest to określenie nieprecyzyjne.

Należy każdorazowo wywnioskować z kontekstu, o które z tych dwóch znaczeń chodzi.
ciepło właściwe

(ang. specific heat) - ciepło potrzebne do ogrzania 1 kg substancji o 1 K. Z danych doświadczalnych możemy wyznaczyć je z pomocą wzoru $c_w = \frac{Q}{m \cdot \Delta T}$, gdzie Q ciepło pobrane przez ciało o masie m skutkiem czego temperatura zmienia się o ΔT .

temperatura w skali Kelvina (skali bezwzględnej)

(ang. absolute temperature) - miara średniej energii kinetycznej cząsteczek. Wartość temperatury w skali Kelvina T obliczamy dodając do wartości temperatury w skali Celsjusza temperaturę topnienia wody, tj. ok. 273.15 K.

Film samouczek

Ciepło przemiany fazowej

W filmie rozwiązane jest przykładowe zadanie ilustrujące pojęcie ciepła krzepnięcia substancji.

Trwa wczytywanie danych...

Film dostępny na portalu epodreczniki.pl

Zapoznaj się z treścią samouczka.

Polecenie 1

Oblicz, ile czasu musiałby działać grzejnik o mocy 800 W, aby wytworzyć tyle ciepła, ile oddała opisana w powyższym samouczku woda.

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Ćwiczenie 2



Ćwiczenie 3



Oblicz, ile ciepła potrzeba do stopienia 160 kg stali o ciepłe topnienia $c_t = 270 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$.

Ćwiczenie 4



Kawałek ołowiu o masie $m = 60$ g roztopił się po dostarczeniu w temperaturze topnienia ciepła $Q = 1380$ J. Oblicz ciepło topnienia ołowiu.

Ćwiczenie 5



W szklance znajduje się woda o masie $m = 0,2$ kg i temperaturze 25°C . W celu jej schłodzenia dodano do niej kostki lodu o temperaturze 0°C . Oblicz, jaka powinna być masa lodu, aby temperatura wody obniżyła się do wartości 10°C . Zakładamy, że wymianę ciepła szklanki z otoczeniem można pominąć. Ciepło topnienia wody $c_t = 333 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$, ciepło właściwe wody $c_w = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot\text{K}}$.

Ćwiczenie 6



Do śniegu o temperaturze 0°C wrzucono żelazną sztabę o masie $m = 2,6$ kg rozgrzaną do temperatury $t = 2500^\circ\text{C}$. Oblicz masę wody, która powstała z roztopionego śniegu. Zakładamy, że śniegu było tak dużo, że nie cały się stopił i praktycznie nie odparowywała powstająca woda. Ciepło właściwe żelaza wynosi $c_w = 444 \frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot\text{K}}$, a ciepło topnienia lodu $c_t = 333 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$.

Ćwiczenie 7



Do lodu o masie $m = 1,5$ kg i temperaturze -5°C dostarczono ciepło $Q = 300$ kJ. Oblicz, ile wody powstało na skutek stopienia lodu i jaka była jej temperatura końcowa. Ciepło topnienia lodu $c_t = 333 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$, ciepło właściwe lodu $c_w = 2100 \frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot\text{K}}$.

Ćwiczenie 8



Do wody o temperaturze 0°C o masie $m_1 = 1,2\text{ kg}$ wrzucono kawałek lodu o masie $m_2 = 0,5\text{ kg}$ o temperaturze -26°C . Oblicz, jaka była temperatura końcowa i jaka była końcowa masa lodu. Ciepło topnienia lodu $c_t = 333\frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$, ciepło właściwe lodu $c_w = 2100\frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot\text{K}}$.

Dla nauczyciela

Imię i nazwisko autora:	Krystyna Wosińska
Przedmiot:	Fizyka
Temat zajęć:	Jak definiujemy ciepło przemiany fazowej?
Grupa docelowa:	III etap edukacyjny, liceum, technikum, zakres podstawowy i 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 podstawowy</p> <p>Treści nauczania – wymagania szczegółowe</p> <p>I. Wymagania przekrojowe. Uczeń:</p> <p>2) posługuje się materiałami pomocniczymi, w tym tablicami fizycznymi i chemicznymi oraz kartą wybranych wzorów i stałych fizykochemicznych;</p> <p>4) przeprowadza obliczenia liczbowe posługując się kalkulatorem.</p> <p>V. Termodynamika. Uczeń:</p> <p>4) wykorzystuje pojęcie ciepła właściwego oraz ciepła przemiany fazowej w analizie bilansu cieplnego.</p> <p>Zakres rozszerzony</p> <p>Treści nauczania – wymagania szczegółowe</p> <p>I. Wymagania przekrojowe. Uczeń:</p> <p>2) posługuje się materiałami pomocniczymi, w tym tablicami fizycznymi i chemicznymi oraz kartą wybranych wzorów i stałych fizykochemicznych;</p> <p>4) przeprowadza obliczenia liczbowe posługując się kalkulatorem.</p> <p>VI. Termodynamika. Uczeń:</p> <p>5) wykorzystuje pojęcie ciepła właściwego oraz ciepła przemiany fazowej w analizie bilansu cieplnego.</p>

Kształtowane kompetencje kluczowe:	Zalecenie Parlamentu Europejskiego i Rady UE z 2018 r. <ul style="list-style-type: none"> • kompetencje w zakresie rozumienia i tworzenia informacji, • kompetencje cyfrowe, • kompetencje matematyczne oraz kompetencje w zakresie nauk przyrodniczych, technologii i inżynierii, • kompetencje osobiste, społeczne i w zakresie umiejętności uczenia się.
Cele operacyjne:	<p>Uczeń:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. dowie się, jak jest zdefiniowane ciepło przemiany fazowej; 2. pozna definicję ciepła topnienia; 3. zrozumie, że ciepło topnienia jest równe ciepłu krzepnięcia; 4. pozna definicję ciepła parowania i skraplania; 5. zastosuje definicję ciepła topnienia do obliczania ciepła pobranego przez ciało podczas procesu topnienia; 6. zastosuje definicję ciepła topnienia do obliczania ciepła oddanego przez ciało podczas procesu krzepnięcia; 7. przeanalizuje procesy towarzyszące przekazywaniu ciepła do lodu.
Strategie nauczania	strategia eksperymentalno-obszernyjna (dostrzeganie i definiowanie problemów)
Metody nauczania	wykład informacyjny, pokaz multimedialny, analiza pomysłów
Formy zajęć:	praca w parach, praca indywidualna
Środki dydaktyczne:	komputer z rzutnikiem lub tablety do dyspozycji każdego ucznia
Materiały pomocnicze:	e-materiały „Jak definiujemy przemianę fazową?“, „Ciepło parowania“, „Jak definiujemy ciepło właściwe?“
PRZEBIEG LEKCJI	
Faza wprowadzająca:	

- Wprowadzenie zgodnie z treścią w części pierwszej „Czy to nie ciekawe?”
- Odwołanie do wiedzy uczniów o przemianach fazowych.

Faza realizacyjna:

Nauczyciel wprowadza pojęcie ciepła topnienia i krzepnięcia. Uczniowie zastanawiają się, czy te ciepła są sobie równe, argumentując swoje pomysły. Nauczyciel wprowadza pojęcie ciepła parowania i skraplania. Następnie uczniowie w parach obliczają ciepło pobrane podczas topnienia i krzepnięcia lodu i miedzi, mając dane masy i ciepła topnienia. Nauczyciel omawia przykład gorącego pręta wrzuconego do śniegu i zadaje pytania:

1. Które ciało oddaje ciepło i jaki proces jest z tym związany?
2. Które ciało pobiera ciepło i jaki proces jest z tym związany?
3. Ile wynosi ciepło pobrane przez śnieg?

Po wspólnym ułożeniu równania uczniowie w parach obliczają początkową temperaturę pręta.

Uczniowie oglądają film-samouczek i wykonują umieszczone pod nim ćwiczenie.

Faza podsumowująca:

Uczniowie oceniają stopień przyswojonej wiedzy, rozwiązując indywidualnie zadanie 8 z zestawu ćwiczeń. W razie potrzeby nauczyciel pomaga uczniom.

Praca domowa:

Zadania z zestawu ćwiczeń: obowiązkowo zadania 1- 4, do wyboru jedno z zadań 5 - 7.

Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania danego multimedium

Film samouczek można wykorzystać na lekcji. Może też być wykorzystany przez uczniów po lekcji do powtórzenia i utrwalenia materiału.