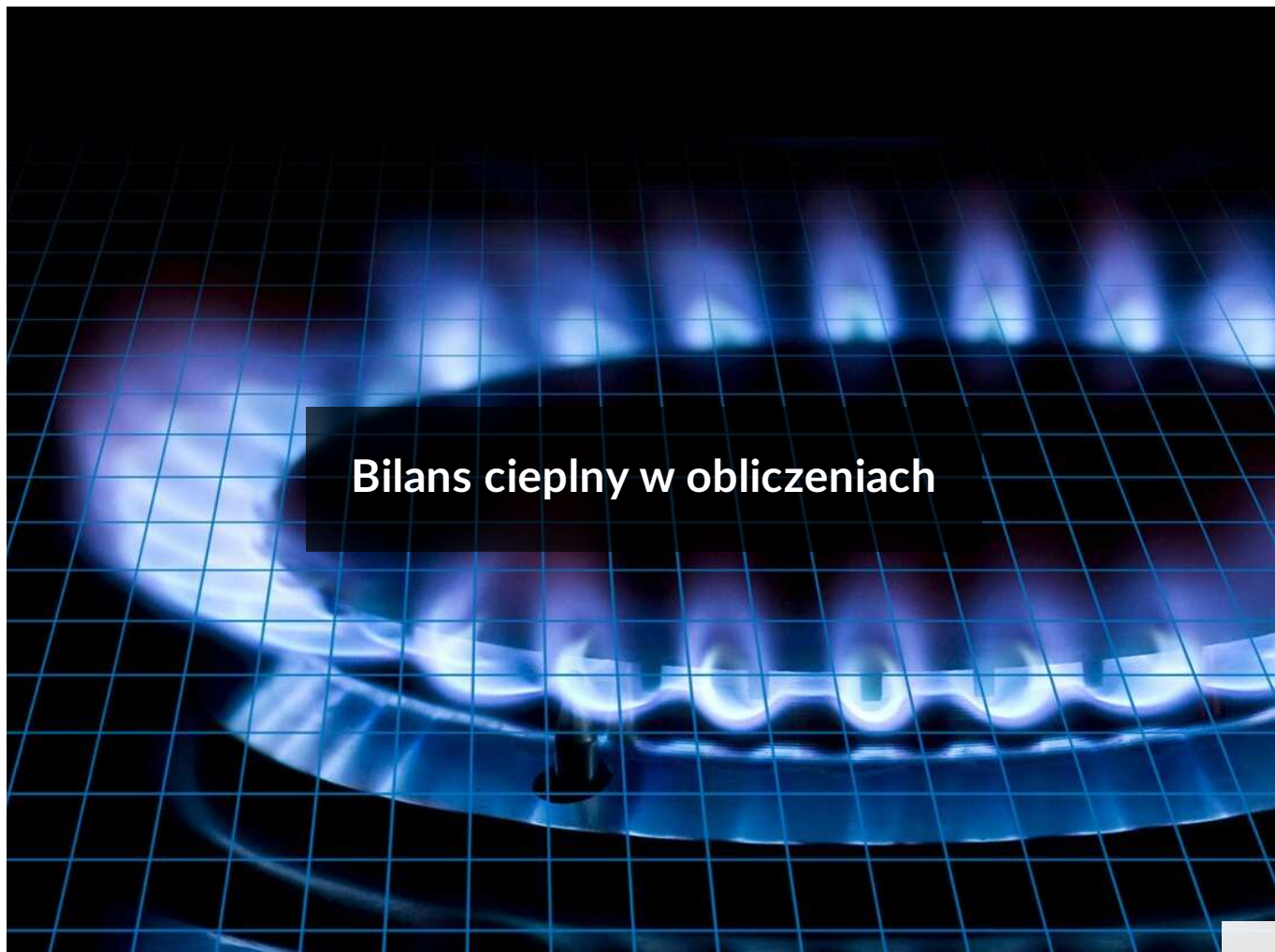




Bilans cieplny w obliczeniach

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



Czy to nie ciekawe?

Bilans cieplny, czyli zestawienie energii przekazywanych w postaci ciepła wewnątrz izolowanego układu, ma zastosowanie praktyczne, choć często sobie tego nie uświadamiamy. W wodzie pokazanej na Fot. 1. znajdują się kostki lodu. Lód pobiera ciepło od wody w procesie topnienia. Ciepło pobrane przez lód równe jest ciepłu oddanemu przez wodę. W rezultacie temperatura wody obniża się i otrzymujemy orzeźwiający napój.



Fot. 1. Woda z lodem

Twoje cele

- dowiesz się, czym jest bilans cieplny,
- zrozumiesz, że bilans cieplny jest zastosowaniem zasady zachowania energii,
- dowiesz się, jaki może być skutek pobrania albo oddania ciepła przez ciało do otoczenia,
- przeanalizujesz zjawiska, w których wymiana ciepła powoduje zmiany temperatury ciał,
- przeanalizujesz zjawiska, w których wymiana ciepła powoduje zmiany stanu skupienia ciał.

Przeczytaj

Warto przeczytać

Jeśli zetkniemy ze sobą dwa ciała o różnych temperaturach, to po pewnym czasie temperatury wyrównają się. Ciepło zawsze przekazywane jest od ciała o wyższej temperaturze do ciała o niższej temperaturze. Temperatura jest miarą średniej energii kinetycznej cząsteczek. Cząsteczki dwóch stykających się ciał zderzają się ze sobą i w zderzeniach energia przekazywana jest od cząsteczki o większej energii do cząsteczki o mniejszej energii kinetycznej. W ten sposób energia przepływa od ciała o wyższej temperaturze do ciała o niższej temperaturze. Taki sposób przekazywania energii nazywamy przekazywaniem energii na sposób ciepła lub krótko przekazywaniem ciepła. Zgodnie z zasadą zachowania energii, energia nigdy nie ginie, ani nie pojawia się. Tak więc ciepło pobrane przez jedno ciało jest równe ciepłu oddanemu przez drugie ciało, oczywiście jeśli oba te ciała izolujemy od otoczenia.

Bilans cieplny polega na porównaniu ciepła oddanego i ciepła pobranego przez ciała znajdujące się w układzie izolowanym, czyli takim, który nie wymienia ciepła z otoczeniem.

$$Q_{pobrane} = Q_{oddane}$$

Ciepło pobrane	Ciepło oddane
Ciepło pobrane na zwiększenie temperatury: $mc_w(t_k - t_p)$ m – masa ciała, c_w – ciepło właściwe, t_p – temperatura początkowa, t_k – temperatura końcowa.	Ciepło oddane na zmniejszenie temperatury: $mc_w(t_p - t_k)$ m – masa ciała, c_w – ciepło właściwe, t_p – temperatura początkowa, t_k – temperatura końcowa.
Ciepło pobrane w procesie topnienia: mc_t m – masa ciała, c_t – ciepło topnienia.	Ciepło oddane w procesie krzepnięcia: mc_t m – masa ciała, c_t – ciepło topnienia.

Ciepło pobrane w procesie wrzenia lub parowania: mc_p m – masa ciała, c_p – ciepło parowania.	Ciepło oddane w procesie skraplania: mc_p m – masa ciała, c_p – ciepło parowania.
--	---

Harcerze na obozie przygotowali kąpiel w balii. Jednak woda okazała się zbyt chłodna, bo miała temperaturę $t_1 = 34^\circ \text{C}$. Ktoś wpadł na pomysł, aby rozgrzać kamień w ognisku i wrzucić do wody. Kamień miał masę $m = 5 \text{ kg}$, temperaturę $t_2 = 300^\circ \text{C}$ i zwiększył temperaturę wody do $t_k = 38^\circ \text{C}$. Jaka była masa wody przygotowanej do kąpieli? Ciepło właściwe wody wynosi $c_{w1} = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot\text{K}}$, a kamienia $c_{w2} = 1000 \frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot\text{K}}$. Przyjmujemy, że energia nie jest wymieniana z otoczeniem, czyli zakładamy, że układ woda – kamień jest układem izolowanym.

Bilans energii pobranej i oddanej:

ciepło pobrane przez wodę	=	ciepło oddane przez kamień
---------------------------	---	----------------------------

$$m_x c_{w1}(t_k - t_1) = m c_{w2}(t_2 - t_k)$$

Wyznaczamy stąd masę wody m_x :

$$m_x = \frac{m c_{w2}(t_2 - t_k)}{c_{w1}(t_k - t_1)}$$

Zauważmy, że w równaniu występują tylko różnice temperatur, więc nie musimy zamieniać temperatur na skalę Kelvina, bo $1^\circ \text{C} = 1 \text{ K}$, a więc $\Delta t = \Delta T$.

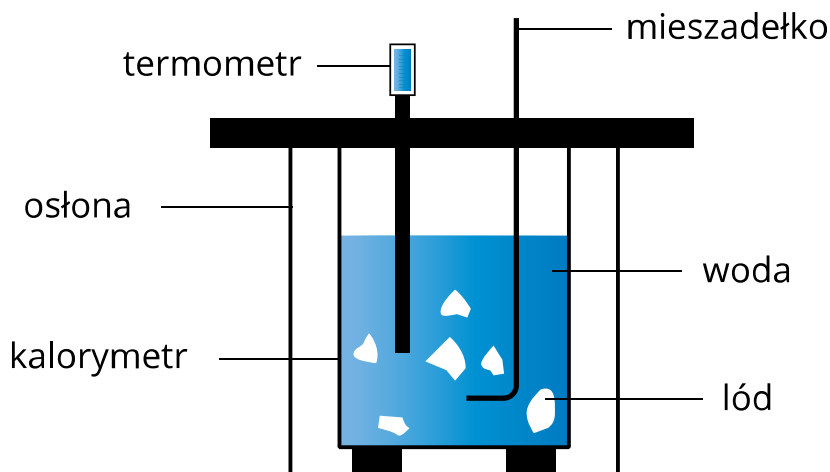
Po podstawieniu danych liczbowych otrzymujemy:

$$m_x = \frac{5 \text{ kg} \cdot 1000 \frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot\text{K}} (300^\circ \text{C} - 38^\circ \text{C})}{4200 \frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot\text{K}} \cdot (38^\circ \text{C} - 34^\circ \text{C})} = 78 \text{ kg},$$

w balii było więc 78 kg wody.

A teraz inny przykład, bardziej złożony:

Do kalorymetru zawierającego $m_1 = 2 \text{ kg}$ wody i $m_2 = 1 \text{ kg}$ lodu w temperaturze $t_1 = 0^\circ \text{ C}$ (Rys. 1.) wpuszczono parę wodną o temperaturze $t_2 = 100^\circ \text{ C}$. Jaka była masa pary, jeśli w kalorymetrze pozostała woda o temperaturze $t_k = 30^\circ \text{ C}$? Ciepło właściwe wody wynosi $c_w = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$, ciepło topnienia lodu $c_t = 333 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$, ciepło parowania wody $c_p = 2300 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$. Pomijamy wymianę ciepła z kalorymetrem.



Rys. 1. Para wpuszczona do kalorymetru zawierającego wodę z lodem, spowoduje stopienie lodu i zwiększenie temperatury wody.

Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0. <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pl>.

Zapisujemy bilans energii pobranej i oddanej:

ciepło pobrane przez lód do stopienia	+	ciepło pobrane przez wodę o masie m_1 i wodę powstałą z lodu podczas zwiększania temperatury	=	ciepło oddane przez parę podczas skraplania	+	ciepło oddane przez wodę powstałą z pary podczas zmniejszania temperatury
---------------------------------------	---	--	---	---	---	---

$$m_2 c_t + (m_1 + m_2) c_w (t_k - t_1) = m_x c_p + m_x c_w (t_2 - t_k).$$

Masa pary wodnej wynosi więc

$$m_x = \frac{m_2 c_t + (m_1 + m_2) c_w (t_k - t_1)}{c_p + c_w (t_2 - t_k)}.$$

Po podstawieniu danych liczbowych dostajemy

$$m_x = \frac{1 \text{ kg} \cdot 333000 \frac{\text{J}}{\text{kg}} + (2 \text{ kg} + 1 \text{ kg}) \cdot 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}} (30^\circ \text{ C} - 0^\circ \text{ C})}{2300000 \frac{\text{J}}{\text{kg}} \cdot 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot (100^\circ \text{ C} - 30^\circ \text{ C})} = 0,27 \text{ kg}.$$

Para wodna wpuszczona do kalorymetru miała masę 0,27 kg. A ile wody jest teraz w kalorymetrze? Trzeba do masy wody, która była tam na początku, dodać masę wody powstałej z lodu oraz masę wody powstałej z pary wodnej:

$$m = m_1 + m_2 + m_x = 2 \text{ kg} + 1 \text{ kg} + 0,27 \text{ kg} = 3,27 \text{ kg}.$$

Słowniczek

kalorymetr

(*ang.: calorimeter*) - przyrząd służący do pomiaru zmian temperatury podczas procesów termodynamicznych w warunkach dobrej izolacji cieplnej od otoczenia. Składa się na ogół z dwóch części: właściwego układu kalorymetrycznego, w którym przebiega badany proces, i z płaszczka, zapewniającego izolację cieplną.

ciepło właściwe

(*ang.: specific heat*) - energia potrzebna do ogrzania 1 kg substancji o 1 K: $c_p = \frac{Q}{m\Delta T}$, gdzie Q ciepło pobrane przez ciało o masie m podczas zmiany temperatury o ΔT .

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 vaporization*) - energia potrzebna do wyparowania 1 kg ciała. Ciepło topnienia wyraża się wzorem $c_p = \frac{Q}{m}$, gdzie Q - energia dostarczona podczas parowania lub wrzenia, m - masa ciała.

Temperatura w skali Kelvina

(*ang.: absolute temperature*) - skala bezwzględna temperatury; miara średniej energii kinetycznej przypadająca na jedną cząsteczkę. Temperaturę w skali Kelvina T obliczamy, dodając do temperatury w skali Celsjusza, t , 273° C : $T = t + 273^\circ \text{ C}$.

Film samouczek

Bilans cieplny w obliczeniach

Obejrzyj film samouczek, z którego dowiesz się, jak w warunkach domowych wyznaczyć doświadczalnie ciepło parowania wody.

Polecenie 1

Spróbuj samodzielnie zaprojektować doświadczenie, w którym wyznacysz ciepło topnienia lodu, mając do dyspozycji kuchenkę elektryczną, garnek i oczywiście lód.

Polecenie 2

W omawianym na filmie doświadczeniu nie wspomniano o stratach ciepła podczas ogrzewania wody na kuchence elektrycznej. Zastanów się, czy uwzględnienie sprawności kuchenki wpływa na wartość wyznaczonego ciepła parowania wody? Odpowiedź uzasadnij.

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Połącz części zdań, aby otrzymać prawdziwe stwierdzenia:

Podczas topnienia

jest oddawane ciepło równe
iloczynowi masy ciała i ciepła
topnienia.

Podczas skraplania

jest oddawane ciepło równe
iloczynowi masy ciała i ciepła
parowania.

Podczas krzepnięcia

jest pobierane ciepło równe
iloczynowi masy ciała i ciepła
parowania.

Podczas wrzenia

jest pobierane ciepło równe
iloczynowi masy ciała i ciepła
topnienia.

Ćwiczenie 2



W kalorymetrze umieszczono kostkę lodu o temperaturze -8°C i żelazną kulkę o temperaturze 160°C . W stanie końcowym w kalorymetrze zamiast lodu była woda o temperaturze 0°C .

Odpowiedz, które stwierdzenie jest prawdziwe:

- ☐ Ciepło oddane przez kulkę jest równe sumie ciepła pobranego przez lód w procesie topnienia i ciepła pobranego przez lód i kalorymetr podczas zwiększania temperatury od -8°C do 0°C .
- ☐ Ciepło pobrane przez kulkę jest równe ciepłu oddanemu przez lód w procesie topnienia.
- ☐ Ciepło oddane przez kulkę jest równe ciepłu pobranemu przez lód w procesie topnienia.
- ☐ Ciepło oddane przez kulkę jest równe ciepłu pobranemu przez lód w procesie topnienia oraz podczas zwiększania temperatury od -8°C do 0°C .

Ćwiczenie 3



Złotnik stopił kawałek złota o masie $m = 12\text{ g}$, zużywając do tego celu ciepło $Q = 768\text{ J}$. Złoto zostało przedtem podgrzane do temperatury topnienia złota 1063°C . Oblicz ciepło topnienia złota.

Odpowiedź: Ciepło topnienia złota: kJ/kg

Ćwiczenie 4



W wanience niemowlęcej znajduje się woda o masie $m = 15\text{ kg}$ i temperaturze $t_1 = 50^{\circ}\text{C}$. Oblicz, ile trzeba dolać wody o temperaturze $t_2 = 20^{\circ}\text{C}$, aby końcowa temperatura wody wynosiła $t_k = 37^{\circ}\text{C}$. Ciepło właściwe wody wynosi $c_w = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot\text{K}}$. Pomijamy wymianę ciepła z wanienką.

Wynik zaokrąglaj do trzech cyfr znaczących.

Odpowiedź: Do wanienki należy dolać kg wody.

Ćwiczenie 5



Uczestnicy wyprawy polarnej chcą uzyskać wrzątek z lodu, którego temperatura wynosi $t = -25^{\circ}\text{C}$. Oblicz, ile energii muszą zużyć, aby otrzymać 3 litry wrzątku. Ciepło właściwe wody wynosi $c_w = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot\text{K}}$, ciepło właściwe lodu $c_{wl} = 2100 \frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot\text{K}}$ ciepło topnienia lodu $c_t = 333 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$, gęstość wody $\rho = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$.

Odpowiedź: Całkowita energia potrzebna do uzyskania 3 litrów wrzątku wynosi:

kJ.

Ćwiczenie 6



Na aluminiową płytkę o masie $m_1 = 0,3\text{ kg}$ i temperaturze $t = 80^{\circ}\text{C}$ wylano alkohol etylowy o masie $m_2 = 5\text{ g}$. Temperatura wrzenia alkoholu wynosi 78°C , więc alkohol szybko wyparował z płytki. Oblicz końcową temperaturę płytki. Ciepło parowania alkoholu etylowego wynosi $c_p = 854 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$, ciepło właściwe aluminium $c_{w(\text{Al})} = 900 \frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot\text{K}}$.

Odpowiedź: Końcowa temperatura płytki wynosiła $^{\circ}\text{C}$.

Ćwiczenie 7



Do aluminiowego kalorymetru o masie $m_1 = 0,1\text{ kg}$ zawierającego masę $m_2 = 0,5\text{ kg}$ wody o temperaturze $t_1 = 10^{\circ}\text{C}$ wpuszczono $m_3 = 0,01\text{ kg}$ pary wodnej o temperaturze $t_2 = 100^{\circ}\text{C}$. Oblicz temperaturę końcową (z dokładnością do dwóch cyfr znaczących) i masę wody w kalorymetrze. Ciepło parowania wody wynosi $c_p = 2300 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$, ciepło właściwe wody $c_w = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot\text{K}}$, ciepło właściwe aluminium $c_{w\text{Al}} = 900 \frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot\text{K}}$.

Odpowiedź: Temperatura końcowa wyniosła $^{\circ}\text{C}$, a końcowa masa wody kg.

Ćwiczenie 8



Stopiony ołów o masie $m = 300 \text{ g}$ i temperaturze $T = 350^\circ\text{C}$ wlewamy do 10-litrowego wiadra wody o temperaturze pokojowej. O ile wzrośnie temperatura wody? Jaki efekt pomijamy, jeśli korzystamy tylko z ciepła właściwego dla ołowiu i wody?

Dla nauczyciela

Imię i nazwisko autora:	Krystyna Wosińska
Przedmiot:	Fizyka
Temat zajęć:	Bilans cieplny w obliczeniach.
Grupa docelowa:	III etap edukacyjny, liceum, technikum, zakres podstawowy i rozszerzony
Podstawa programowa	Cele kształcenia – wymagania ogólne I. Wykorzystanie pojęć i wielkości fizycznych do opisu zjawisk oraz wskazywanie ich przykładów w otaczającej rzeczywistości. II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych. Zakres podstawowy Treści nauczania – wymagania szczegółowe I. Wymagania przekrojowe. Uczeń: 2) posługuje się materiałami pomocniczymi, w tym tablicami fizycznymi i chemicznymi oraz kartą wybranych wzorów i stałych fizykochemicznych; 14) przeprowadza obliczenia i zapisuje wynik zgodnie z zasadami zaokrąglania oraz zachowaniem liczby cyfr znaczących wynikającej z dokładności pomiaru lub z danych; V. Termodynamika. Uczeń: 4) wykorzystuje pojęcie ciepła właściwego oraz ciepła przemiany fazowej w analizie bilansu cieplnego; Zakres rozszerzony Treści nauczania – wymagania szczegółowe I. Wymagania przekrojowe. Uczeń:

	2) posługuje się materiałami pomocniczymi, w tym tablicami fizycznymi i chemicznymi oraz kartą wybranych wzorów i stałych fizykochemicznych; 16) przeprowadza obliczenia i zapisuje wynik zgodnie z zasadami zaokrąglania oraz zachowaniem liczby cyfr znaczących wynikającej z dokładności pomiaru lub z danych; VI. Termodynamika. Uczeń: 5) wykorzystuje pojęcie ciepła właściwego oraz ciepła przemiany fazowej w analizie bilansu cieplnego;
Kształtowane kompetencje kluczowe:	Zalecenie Parlamentu Europejskiego i Rady UE z 2018 r. - 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:	Uczeń • objaśnia, czym jest bilans cieplny, • objaśnia związek bilansu cieplnego z zasadą zachowania energii, • objaśnia, jaki może być skutek pobrania bądź oddania ciepła przez ciało, • analizuje zjawiska, w których wymiana ciepła powoduje zmianę temperatury ciał, • analizuje zjawiska, w których wymiana ciepła powoduje zmiany stanu skupienia ciał.
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?”, „Ciepło parowania”, „Jak definiujemy ciepło właściwe?”, „Jak definiujemy ciepło przemiany fazowej?”, „Na czym polega bilans cieplny?”
PRZEBIEG LEKCJI	
Faza wprowadzająca:	
Odwołanie do wiedzy uczniów o zasadzie zachowania energii.	
Faza realizacyjna:	
Nauczyciel wprowadza pojęcie bilansu cieplnego, podkreślając jego związek z zasadą zachowania energii. Następnie uczniowie w dyskusji ustalają, w jakich procesach ciepło jest pobierane, a w jakich oddawane. Uczniowie, z pomocą nauczyciela, układają bilans cieplny dla przykładu balii z wodą, do której wrzucono gorący kamień. Zapisują ciepła pobrane i oddane na tablicy. Następnie uczniowie, z pomocą nauczyciela, rozwiązują zadanie: „Do kalorymetru zawierającego $m_1 = 2$ kg wody i $m_2 = 1$ kg lodu w temperaturze $t_1 = 0^{\circ}\text{C}$ wpuszczono parę wodną o temperaturze $t_2 = 100^{\circ}\text{C}$. Jaka była masa pary, jeśli w kalorymetrze pozostała woda o temperaturze $t_k = 30^{\circ}\text{C}$. Ciepło właściwe wody wynosi $c_w = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kgK}}$, ciepło topnienia lodu $c_t = 333 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$, ciepło parowania wody $c_p = 2300 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$. Pomijamy wymianę ciepła z kalorymetrem.” Uczniowie oglądają film-samouczek i w grupach 4-osobowych wykonują polecane w nim zadanie (zadanie 8 z zestawu ćwiczeń).	
Faza podsumowująca:	
Uczniowie oceniają stopień przyswojonej wiedzy, rozwiązując indywidualnie zadanie 7 z zestawu ćwiczeń. W razie potrzeby nauczyciel pomaga uczniom.	
Praca domowa:	
Zadania z zestawu ćwiczeń, obowiązkowo zadania 1- 3, do wyboru 1 z zadań 4 - 6.	
Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania danego multimedium	Film samouczek można wykorzystać na lekcji i połączyć z wykonaniem zadania 8 oraz przedyskutowaniem wyników. Może też być wykorzystane przez uczniów po lekcji do powtórzenia i utrwalenia materiału.