




Badanie zmian temperatury podczas ogrzewania ciecży oraz ich wrzenia

- [Wprowadzenie](#)
- [Przeczytaj](#)
- [Wirtualne laboratorium WL-S](#)
- [Sprawdź się](#)
- [Dla nauczyciela](#)



Badanie zmian temperatury podczas ogrzewania cieczy oraz ich wrzenia

Źródło: dostępny w internecie: <https://www.istockphoto.com/pl/zdj%C4%99cie/gaz-gm111891833-15442879> [dostęp 5.04.2023].

Czy to nie ciekawe?

Jak zmienia się temperatura wody podgrzewanej w czajniku elektrycznym? Czy przez cały czas rośnie? Ten problem zbadamy doświadczalnie w tym e-materiale.



Fot. a. Czajnik z wrzącą wodą.

Źródło: dostępny w internecie: <https://pixabay.com/photos/water-heater-glass-water-blow-357173/> [dostęp 5.04.2023].

Twoje cele

- dowiesz się, czym jest ciepło właściwe,
- zastosujesz definicję ciepła właściwego do obliczania zmiany temperatury podczas pobierania lub oddawania przez ciało ciepła,
- dowiesz się, jak zdefiniowane jest ciepło parowania.
- przeanalizujesz zmiany energii wewnętrznej podczas zwiększania temperatury i podczas procesu wrzenia,
- zrozumiesz, dlaczego wrzenie cieczy przebiega w stałej temperaturze,
- przeprowadzisz doświadczenie w wirtualnym laboratorium, w którym wyznaczysz ciepło właściwe wody i ciepło parowania wody.

Przeczytaj

Warto przeczytać

Materia występuje w **trzech stanach skupienia**, zwanych też fazami materii. Są to: faza stała, ciekła i gazowa. O stanie skupienia substancji decyduje wzajemna odległość jej cząsteczek i oddziaływanie między nimi. **Przemiany fazowe** polegają na zmianie jednej fazy w inną. Na przykład podczas wrzenia woda zamienia się w parę, a zjawisko to odpowiada przemianie fazowej cieczy w gaz. Podczas przemian fazowych układ wymienia ciepło z otoczeniem. Zmienia się więc energia wewnętrzna układu.

Energia wewnętrzną ciała nazywamy sumę energii kinetycznych jego cząsteczek oraz energii potencjalnych oddziaływań międzycząsteczkowych i wewnątrzcząsteczkowych. Pobranie ciepła przez układ zwiększa jego energię wewnętrzną, a oddanie ciepła – zmniejsza energię wewnętrzną. Zmiana energii wewnętrznej może oznaczać zmianę energii kinetycznej lub energii potencjalnej cząsteczek.

Zwiększanie temperatury na skutek ogrzewania

Podczas ogrzewania cieczy zwiększa się jej temperatura, która jest miarą średniej energii kinetycznej cząsteczek.

Przyrost temperatury ΔT zależy od pobranego ciepła Q , masy substancji m i od wielkości zwanej ciepłem właściwym c_w , która charakteryzuje substancję, z jakiej zbudowane jest ciało:

$$\Delta T = \frac{Q}{mc_w}.$$

(1)

Ciepło właściwe c_w definiuje się jako ciepło potrzebne do ogrzania jednostkowej masy substancji o 1 K (lub 1°C). Jednostką ciepła właściwego w układzie SI jest $\frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot\text{K}}$.

Z wyrażenia (1) wynika, że ciepło pobrane przez ciało o masie m podczas zwiększania temperatury o ΔT wyraża się wzorem:

$$Q = mc_w \Delta T = mc_w (T_2 - T_1),$$

(2)

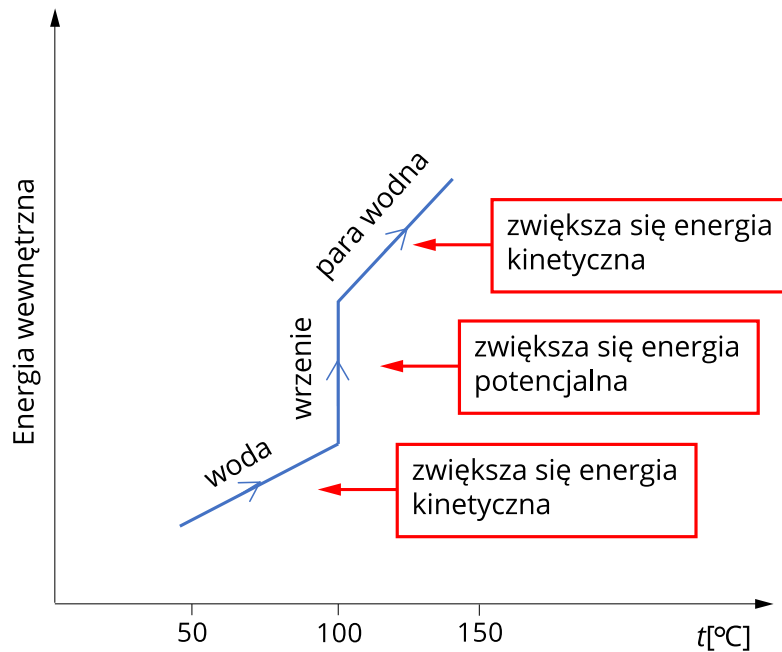
gdzie T_2 to końcowa, a T_1 to początkowa temperatura ciała.

Pobieranie ciepła przez podgrzewaną ciecz oznacza zwiększanie energii kinetycznej cząsteczek, podczas gdy energia potencjalna oddziaływań międzycząsteczkowych nie zmienia się. Dzieje się tak do chwili, gdy osiągnięta zostanie **temperatura wrzenia**.

Wrzenie

Cząsteczki cieczy mogą poruszać się wewnątrz cieczy, ale nie jest to ruch swobodny. Przyciągające siły międzycząsteczkowe nie pozwalają cząsteczkom oddalać się od siebie. Zupełnie inaczej zachowują się cząsteczki substancji w stanie gazowym. W gazach cząsteczki są w tak dużych odległościach od siebie, że praktycznie nie oddziałują ze sobą.

Gdy ciecz osiąga temperaturę wrzenia, rozpoczyna się zamiana cieczy w parę. 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, co oznacza zwiększenie energii potencjalnej oddziaływań międzycząsteczkowych. Innymi słowy: podczas wrzenia zwiększa się energia wewnętrzna cieczy pomimo, że jej temperatura pozostaje stała (Rys. 1.).



Rys. 1. Zmiany energii wewnętrznej podczas ogrzewania i wrzenia wody. W temperaturze wrzenia następuje skokowa zmiana energii wewnętrznej. Pod ciśnieniem 1 atm = 1013,25 hPa temperatura wrzenia wody wynosi 99,97°C.

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

W temperaturze wrzenia zachodzi skokowa zmiana energii wewnętrznej. Zmiana ta jest równa ciepłu pobranemu podczas wrzenia, które wynosi

$$Q = mc_p,$$

(3)

gdzie m to masa cieczy, a c_p oznacza ciepło tej przemiany zwane ciepłem parowania, które definiujemy jako energię potrzebną do zamiany 1 kg cieczy w parę. Jednostką ciepła parowania jest $\frac{J}{kg}$.

Przykład

W dalszej części tego e-materiału, na podstawie posiadanych wiadomości, opiszemy, jak będzie się zmieniać temperatura podczas ogrzewania i wrzenia wody. Wykonując doświadczenie w wirtualnym laboratorium dołączonym do tego e-materiału, będziecie mogli samodzielnie zweryfikować wykonane poniżej obliczenia.

Rozpoczynamy podgrzewanie wody o masie $m = 1 \text{ kg}$ i początkowej temperaturze $t_1 = 15^\circ\text{C}$. Ze wzoru (2) wyznaczymy przyrost temperatury ΔT ciała po pobraniu ciepła Q . Ponieważ zmiana temperatury wyrażonej w [kelwinach](#) $\Delta T = 1 \text{ K}$ jest równa zmianie temperatury w stopniach Celsjusza $\Delta t = 1^\circ\text{C}$, czyli $\Delta T = \Delta t$, dlatego w dalszych obliczeniach będziemy stosować temperaturę wyrażoną w stopniach Celsjusza. Dzięki temu temperaturę wody w fazie ciekłej, po dostarczeniu jej ciepła Q , można wyznaczyć ze wzoru:

$$t_2 = t_1 + \frac{Q}{mc_w}.$$

(4)

Jeśli pobrane ciepło wyrazimy jako iloczyn mocy P grzałki, użytej do ogrzewania wody, oraz czasu ogrzewania τ dostaniemy:

$$Q = P\tau.$$

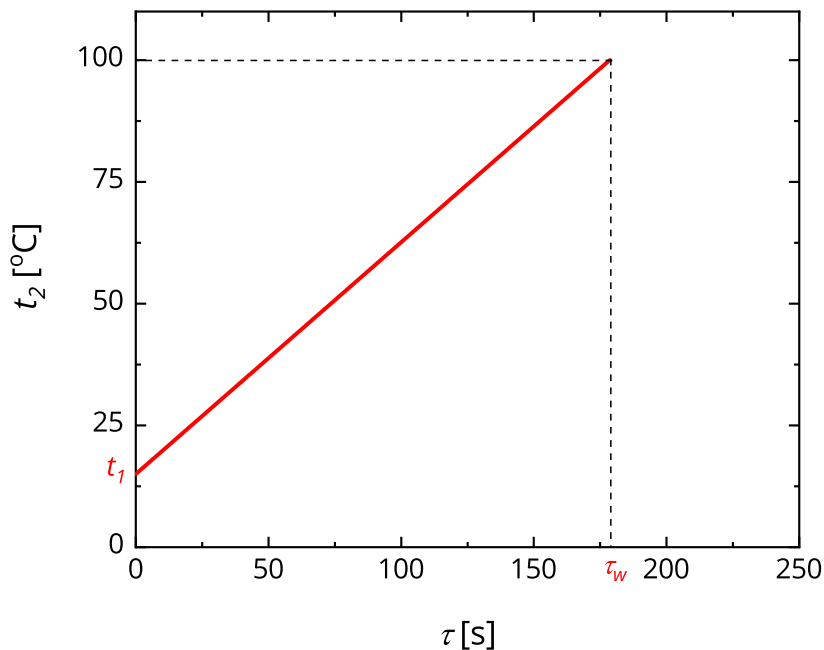
(5)

Podstawiając wyrażenie (5) do (4) otrzymamy zależność temperatury ogrzewanej wody od czasu:

$$t_2 = t_1 + \frac{P}{mc_w}\tau.$$

(6)

Z powyższej zależności wynika, że podczas ogrzewania wody jej temperatura rośnie liniowo z czasem. Wykresem zależności $t_2(\tau)$ jest zatem linia prosta (Rys. 2.), która w chwili początkowej, dla $\tau = 0 \text{ s}$, styka się w punkcie $t_2 = t_1 = 15^\circ\text{C}$ z pionową osią wykresu.



Rys. 2. Podczas ogrzewania wody, zanim osiągnie ona temperaturę wrzenia, równą $t_2=100^\circ\text{C}$, jej temperatura zmienia się w sposób liniowy z czasem ogrzewania τ . Po zagotowaniu się wody, dla $\tau>\tau_w$ woda zaczyna się gwałtownie zamieniać w parę wodną. Rysunek sporządzono przy założeniu, że moc grzałki wynosi $P = 2 \text{ kW}$.

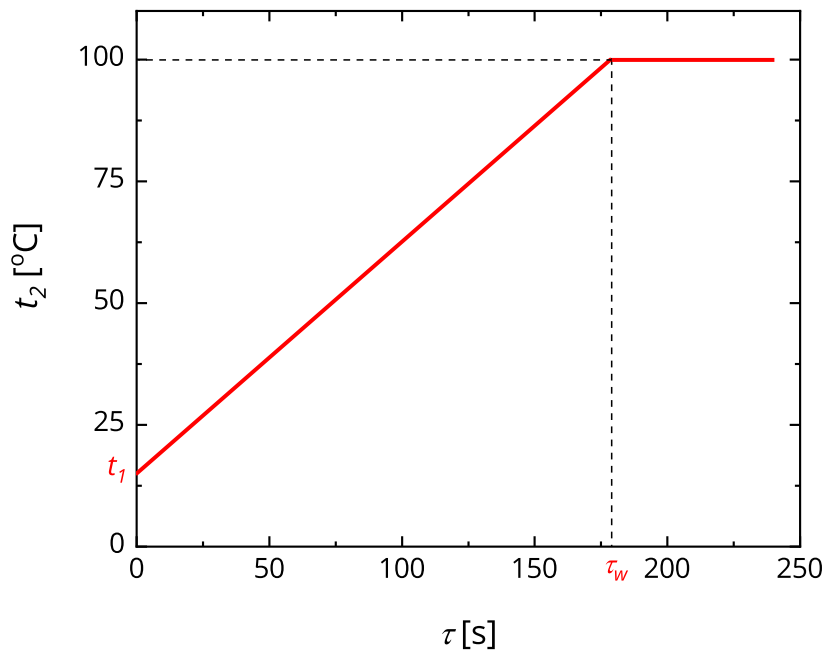
Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0. Licencja: <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pl>.

W momencie osiągnięcia przez wodę temperatury wrzenia, która jest równa 100°C , jej temperatura przestaje rosnać. Oczywiście, czas τ_w , po jakim woda osiągnie temperaturę wrzenia, zależy od mocy P grzałki. Aby go wyznaczyć, w wyrażeniu (6) należy podstawić $t_2 = 100^\circ\text{C}$. Na przykład, dla $P = 2 \text{ kW}$ czas ten jest równy:

$$\tau_w = \frac{mc_w(t_2 - t_1)}{P} = \frac{1 \text{ kg} \cdot 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot\text{K}} \cdot 85 \text{ K}}{2 \text{ kW}} = 178,5 \text{ s},$$

(7)

gdzie skorzystaliśmy z informacji o tym, że ciepło właściwe wody wynosi $c_w = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot\text{K}}$. Po upływie tego czasu cała energia cieplna pobierana przez wodę zamienia się w przyrost energii potencjalnej cząsteczek, które uwalniają się z cieczy. Woda zamienia się w parę wodną. Na wykresie temperatury t_2 od czasu ogrzewania τ , proces ten zostanie zaznaczony w postaci linii prostej, równoległej do osi czasu (Rys. 3.).



Rys. 3. W czasie przemiany fazowej wody ciekłej w parę temperatura wody nie zmienia się. Z tego powodu, pomimo ciągłego ogrzewania wody, wykres zależności t_2 od τ jest wykresem funkcji stałej dla $\tau > \tau_w$.

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

Słowniczek

ciepło parowania

(ang.: *heat of vaporization*) – energia potrzebna do wyparowania 1 kg cieczy.

ciepło właściwe

(ang.: *specific heat*) – ciepło potrzebne do zmiany temperatury 1 kg substancji o jeden kelwin (lub stopień Celsjusza).

moc

(ang.: *power*) – praca wykonana lub energia wydzielona w jednostce czasu.

temperatura w skali Kelvina

(ang. *temperature in Kelvin scale*) lub w skali bezwzględnej – miara średniej energii kinetycznej cząsteczek. Temperaturę w skali Kelvina T obliczamy, dodając 273°C

do temperatury w skali Celsjusza t , tj. $T=t+273^{\circ}\text{C}$.

tau

(*ang. Greek letter 'tau'*) grecka litera 'tau' (wymowa grecka: 'taf'). W fizyce najczęściej oznacza czas w zagadnieniach, w których typowo do tego stosowana litera łacińska 't' jest zarezerwowana do oznaczania innej wielkości, na przykład temperatury w skali Celsjusza.

Wirtualne laboratorium WL-S

Jak zmienia się temperatura wody podczas jej ogrzewania?

W dołączonym do tego e-materiału wirtualnym laboratorium możesz przeprowadzić doświadczenie, dzięki któremu samodzielnie sprawdzisz, w jaki sposób temperatura wody i jej stan skupienia zależą od ilości dostarczonego ciepła.

Doświadczenie 1

Podgrzewanie wody

Problem badawczy

Celem doświadczenia jest zbadanie zależności temperatury wody od czasu w trakcie jednostajnego dostarczania ciepła oraz wyznaczenie, na tej podstawie, ciepła właściwego wody.

Hipoteza

Temperatura wody t rośnie liniowo wraz z czasem τ , jeśli ciepło jest dostarczane ze stałą mocą P .

Co będzie potrzebne

Zapoznaj się z wyposażeniem laboratorium. Zwróć uwagę na takie trzy cechy dostępnych przyrządów:

- Pomiar temperatury jest dokonywany z rozdzielczością $\Delta t = 0,1^\circ\text{C}$.
- Pomiar czasu jest dokonywany z rozdzielczością $\Delta \tau = 0,01\text{ s}$.
- Synchroniczny start ogrzewania i pomiaru czasu jest zapewniony jedynie przy pierwszym włączeniu czajnika.

Instrukcja

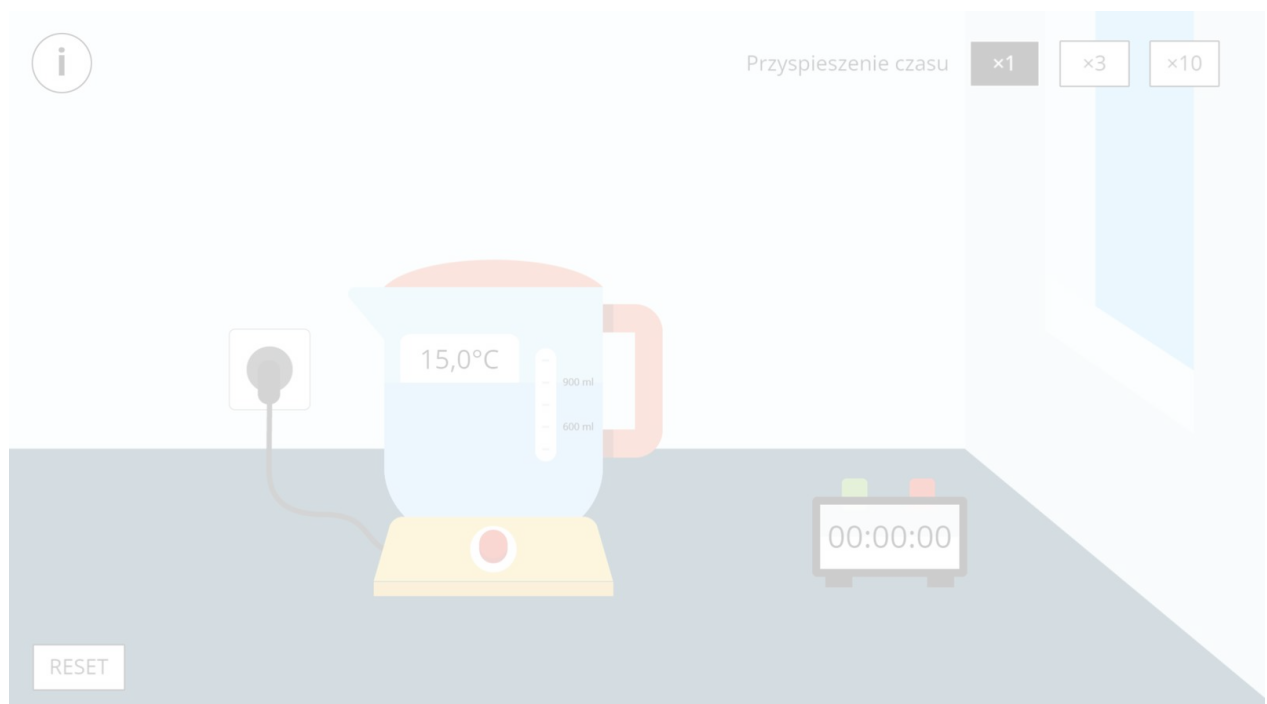
Polecenie 1

Zaplanuj przebieg pomiarów, dzięki którym przygotujesz dane i sporządzisz wykres zależności $t(\tau)$ w zakresie temperatur od 15°C do 100°C . Uwzględnij w planie stworzenie możliwości:

- ujawnienia na wykresie odcinków niepewności pomiarowych dla obu mierzonych zmiennych,
- wyznaczenia ciepła właściwego wody c_w .

Weź także pod uwagę wzmiankowane w poprzedniej sekcji trzy cechy zestawu pomiarowego. Sporządzony plan wpisz do Dziennika pomiarów.

Przeprowadź pomiary zgodnie ze swoim planem. Wyniki dla co najmniej ośmiu punktów pomiarowych wpisz do Tabeli.



Zasób interaktywny dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/Dfs7L7pYs>

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

Podsumowanie

Opracowanie wyników pomiarów.

W opracowaniu przyjmij, że stałe wartości w Wirtualnym Laboratorium, objętość wody w czajniku $V = 900 \text{ ml} = 0,9 \text{ l}$ oraz moc grzałki $P = 2 \text{ kW}$ znane są dokładnie.

Przyjmij także gęstość wody $d = 1 \frac{\text{g}}{\text{ml}} = 1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ jako wielkość stałą i znaną dokładnie.

Polecenie 2

1. Określ niepewności $u(\tau)$ oraz $u(t)$ wielkości mierzonych bezpośrednio. Przyjmij, że niepewności wartości początkowych czasu i temperatury są pomijalnie małe. Wyniki wpisz do Tabeli pomiarów; opisz także sposób ich uzyskania.
2. Sporządź wykres zależności $t(\tau)$. Umieść na wykresie odcinki niepewności pomiarowej, jeśli pozwala na to skala wykresu. Na podstawie wykresu oszacuj wartość ciepła właściwego wody c_w . Oblicz względne odchylenie uzyskanego wyniku od wartości tablicowej $c_t = 4190 \frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot\text{K}}$. Opisz sposób uzyskania wartości c_w , a wyniki wpisz do Dziennika pomiarów.
3. Uzupełnij dwie ostatnie kolumny Tabeli pomiarów. Wykorzystaj je do obliczenia ciepła właściwego wody. Skorzystaj przy tym z wyrażenia $c_w = \frac{Q}{m\cdot\Delta t}$. Podaj wynik i opisz sposób postępowania przy szacowaniu jego niepewności standardowej. Porównaj ten wynik z wartością tablicową.

Adekwatność doboru przyrządów pomiarowych w Laboratorium

W zaproponowanym doświadczeniu sposób oraz wynik szacowania niepewności $u(\tau)$ oraz $u(t)$ zależy od przyjętej organizacji pracy.

Ćwiczenie 1

Rozstrzygnij, czy z punktu widzenia Twojej organizacji pracy termometr o rozdzielczości $0,1^\circ\text{C}$ jest właściwie dobrany, czy też powinien zostać zastąpiony termometrem o rozdzielczości większej albo mniejszej. Zapisz swoje rozstrzygnięcie, wraz z uzasadnieniem, w przygotowanym polu.

Ćwiczenie 2

Rozstrzygnij, czy z punktu widzenia Twojej organizacji pracy stoper o rozdzielczości $0,01 \text{ s}$ jest właściwie dobrany, czy też powinien zostać zastąpiony stoperem o rozdzielczości większej albo mniejszej. Zapisz swoje rozstrzygnięcie, wraz z uzasadnieniem, w przygotowanym polu.

Doświadczenie 2

Wrzenie wody

Problem badawczy

Celem doświadczenia jest:

1. Zbadanie zachowania się wrzącej wody, do której dostarczane jest ciepło.
2. Wyznaczenie ciepła parowania wody (opcjonalnie).

Hipoteza

W miarę dostarczania ciepła, wrzącej wody w naczyniu ubywa, ale jej temperatura pozostaje stała.

Co będzie potrzebne

Wykorzystaj dostępne wyposażenie laboratorium.

Instrukcja

1. Obserwacja zachowania wrzącej wody

Polecenie 3

Opracuj we własnym zakresie kolejność wykonywania czynności w laboratorium, prowadzących do osiągnięcia celu nr 1 oraz rozstrzygnięcia postawionej hipotezy. Sporządzony plan pracy wpisz do Dziennika badań.

Przeprowadź zaplanowane obserwacje. Opisz ich przebieg oraz rozstrzygnięcie hipotezy w przeznaczony na to sekcji Dziennika.

2. Ciepło parowania wody (dla zainteresowanych)

Przeprowadź kompleksowe doświadczenie, którego zasadniczym celem jest wyznaczenie ciepła parowania wody c_p (cel nr 2 doświadczenia). Dodatkowym celem pomiaru może być ocena, czy znaczniki objętości wody na czajniku w Wirtualnym laboratorium są umieszczone precyzyjnie.

Doświadczenie polega na pomiarze czasu τ_p , po którym objętość wrzącej wody w czajniku zmniejszy się o określoną wartość V_p . Przyjmij, że ustalone są wartości mocy

grzałki $P = 2 \text{ kW}$ oraz gęstości wody $d = 0,958 \frac{\text{g}}{\text{ml}} = 0,958 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ (w temperaturze $t = 100^\circ \text{C}$). Wtedy możesz wyrazić masę m_p wody odparowanej w wyniku dostarczenia ciepła Q i skorzystać ze związku

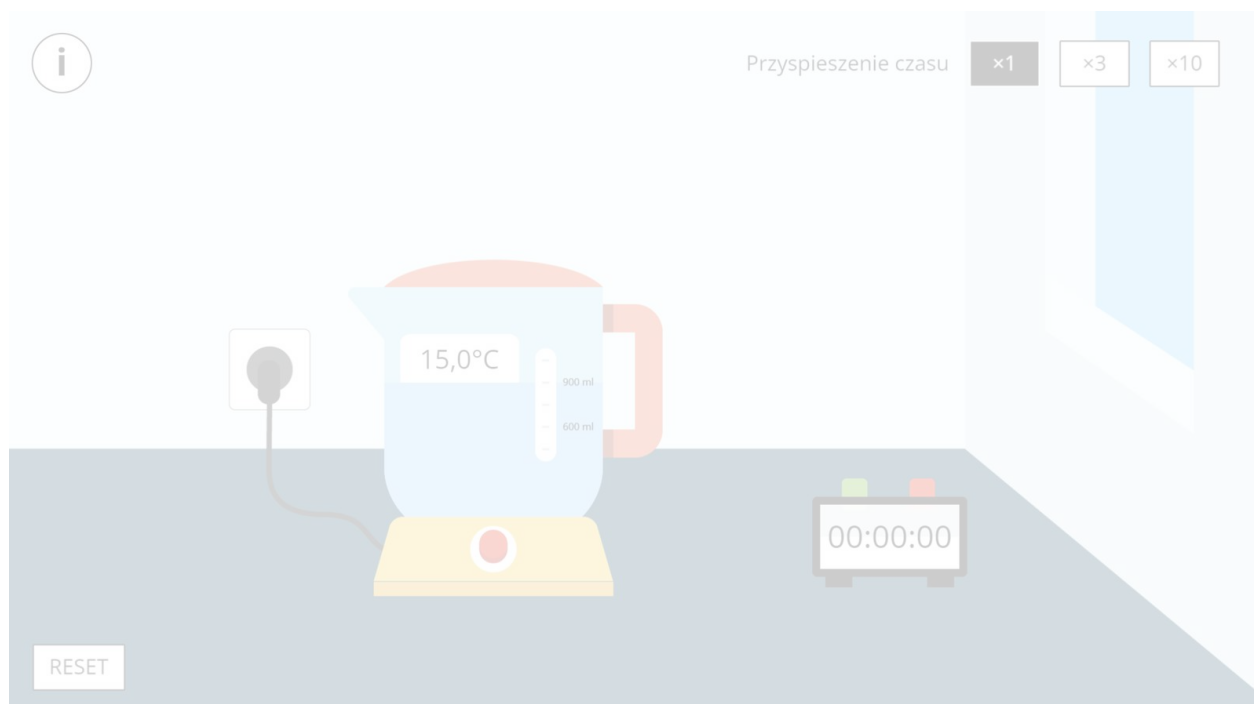
$$c_p = \frac{Q}{m_p} = \frac{P \cdot \tau_p}{V_p \cdot d}$$

Polecenie 4

Opracuj plan postępowania dostosowany do opisanej metody i do możliwości Wirtualnego laboratorium. Uwzględnij w nim opcję „magicznego przyspieszania” biegu czasu. Zapisz swój plan w odpowiedniej sekcji Dziennika badań.

Wybierz jedną wartość V_p , dla której będziesz prowadzić pomiary. Zgodnie ze znacznikami na skali dostępne są wartości 150 ml, 300 ml oraz 450 ml. Jeśli zmierzysz czas odparowania całej wody z wirtualnego czajnika, uzyskasz wartość V_p równą 900 ml. Naucz się rozpoznawać stan pełnego wyparowania wody, jeśli zamierzasz wybrać tę wartość i pamiętaj, że rzeczywisty czajnik mógłby w takiej sytuacji ulec uszkodzeniu a nawet spowodować pożar.

Dla wybranej wartości V_p przeprowadź kilkanaście pomiarów τ_p . Zapisz wyniki w Tabeli.



Zasób interaktywny dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/Dfs7L7pYs>

Podsumowanie

Opracowanie i interpretacja wyników

Przyjmij, jak w doświadczeniu 1, że stałe wartości w Wirtualnym Laboratorium, masa wody w czajniku $m = 900$ g oraz moc grzałki $P = 2$ kW znane są dokładnie. Przyjmij także, jako **roboczą hipotezę**, że znaczniki objętości na czajniku są naniesione precyzyjnie.

Polecenie 5

Oblicz średnią wartość ciepła parowania c_p , odchylenie standardowe uzyskanej serii wyników $s(c_p)$ oraz odchylenie standardowe średniej. Tę ostatnią wielkość możesz utożsamić z niepewnością pomiarową $u(c_p)$.

Sporządź histogram uzyskanych wartości c_p . Zaznacz na histogramie uzyskaną wartość średnią oraz wartość tablicową ciepła parowania wody $c_t = 2257 \frac{J}{kg}$. Na osi odciętych histogramu zaznacz i opisz dwa przedziały ze środkiem w wartości średniej: jeden o szerokości $2u(c_p)$ i drugi o szerokości $2s(c_p)$.

Oceń, czy wartość tablicowa jest na tyle bliska uzyskanej, by można było uznać wynik za dokładny. Porównaj przy tym odstępstwo wyniku od wartości tablicowej z $u(c_p)$ oraz $s(c_p)$. Zapisz swój pogląd, wraz z jakościowym uzasadnieniem, do końcowej sekcji Dziennika.

Ocena precyzji naniesienia znaczników skali

By ocenić precyzję wybranego znacznika, trzeba dla odpowiadającej mu wartości V_p wykonać kilkakrotnie całą procedurę wyznaczania ciepła właściwego. Jest to przedsięwzięcie dość pracochłonne, dlatego warto namówić do udziału w nim kilkoro koleżanek i kolegów. Tryb postępowania oraz warunki pracy każdej osoby powinny być możliwie zbliżone - te trzeba na początku ustalić i uzgodnić. Pomiar natomiast każda osoba powinna prowadzić niezależnie od pozostałych. Efektem jej pracy będzie wypełniony punkt 2. Dziennika badań.

Po zakończeniu pomiarów wyniki powinny zostać wspólnie omówione. Warto zacząć od przypomnienia pojęć dokładność i precyzja, w odniesieniu do pomiarów - pomocny może być e-materiał „Dokładność i precyzja podczas dokonywania pomiarów”.




Jeśli uzyskane przez każdą osobę wartości ciepła parowania c_p rozkładają się równomiernie wokół wartości tablicowej c_t , to przyjąć można, że usytuowanie znacznika jest precyzyjne. Podajcie, podczas omawiania wyników, argumenty przemawiające za tą tezą.

Inną możliwością, skrajną, jest ułożenie się wszystkich wyników poniżej lub powyżej wartości tablicowej. Taka sytuacja przemawiałaby za zakwestionowaniem precyzji ustawienia znacznika. Podajcie argumenty przemawiające za tą tezą.

Pamiętajcie jednak, że przy opisanym wyniku równie dobrze można zakwestionować precyzję ustawienia mocy grzałki. To można próbować rozstrzygnąć przeprowadzając całe postępowania dla wszystkich dostępnych wartości ' V_p '. Podajcie argumenty przemawiające za tym pomysłem oraz naszkicujcie odpowiedni tok rozumowania.

Sporządźcie raport ze swoich badań, w wygodnej dla Was i czytelnej formie. Zilustrujcie wyniki i rozumowanie odpowiednimi histogramami lub innymi formami graficznymi. Zainteresujcie raportem nauczycielkę czy nauczyciela fizyki i wspólnie się zastanówcie nad możliwością dalszego jego wykorzystania.

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Ćwiczenie 2

Ćwiczenie 3



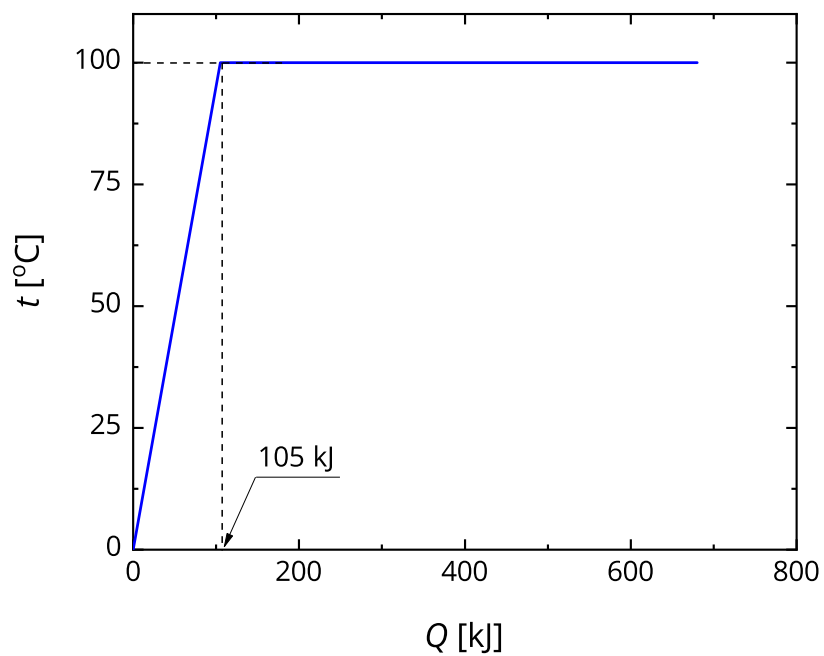
Ćwiczenie 4



Ćwiczenie 5

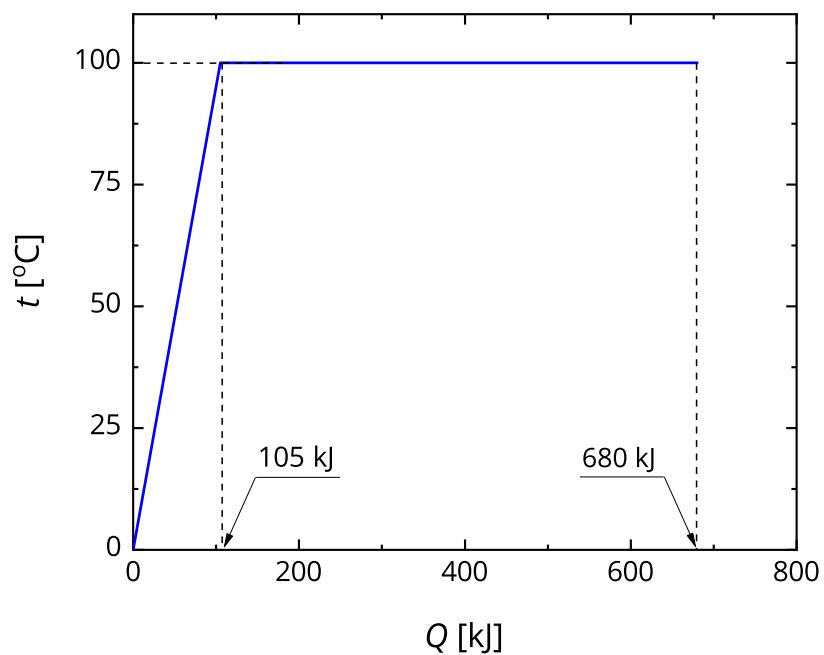


Ćwiczenie 6



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

Ćwiczenie 7



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

Ćwiczenie 8



Rozstrzygnij, czy możliwe jest, aby czas podgrzewania wody do temperatury wrzenia był równy czasowi całkowitej zamiany wody w parę w procesie wrzenia. Ciepło parowania wody wynosi $c_p = 2300$ kJ/kg, a jej ciepło właściwe jest równe $c_p = 4,2$ kJ/(kg·K). Odpowiedź uzasadnij.

Dla nauczyciela

Scenariusz lekcji

Imię i nazwisko autora:	Krystyna Wosińska, Krzysztof Lorek
Przedmiot:	Fizyka
Temat zajęć:	Badanie zmian temperatury podczas ogrzewania cieczy oraz ich wrzenia
Grupa docelowa:	III etap edukacyjny, liceum, technikum, zakres rozszerzony
Podstawa programowa:	<p>Cele kształcenia – wymagania ogólne</p> <p>II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych.</p> <p>III. Planowanie i przeprowadzanie obserwacji lub doświadczeń oraz wnioskowanie na podstawie ich wyników.</p> <p>Zakres rozszerzony</p> <p>Treści nauczania – wymagania szczegółowe</p> <p>I. Wymagania przekrojowe. Uczeń:</p> <p>4) przeprowadza obliczenia liczbowe posługując się kalkulatorem;</p> <p>11) opisuje przebieg doświadczenia lub pokazu; wyróżnia kluczowe kroki i sposób postępowania oraz wskazuje rolę użytych przyrządów i uwzględnia ich rozdzielczość.</p> <p>VI. Termodynamika. Uczeń:</p> <p>19c) demonstruje stałość temperatury podczas przemiany fazowej.</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"> 1. podaje definicję ciepła właściwego, 2. opisuje różnicę między ciepłem właściwym i ciepłem przemiany fazowej (np. ciepłem parowania), 3. stosuje definicję ciepła właściwego do obliczania zmiany temperatury podczas pobierania lub oddawania przez ciało ciepła, 4. analizuje zmiany energii wewnętrznej podczas zwiększania temperatury i wrzenia ciecży, 5. wyjaśnia, dlaczego wrzenie ciecży przebiega w stałej temperaturze, 6. przeprowadza doświadczenie w wirtualnym laboratorium, w którym wyznacza ciepło właściwe i ciepło parowania wody.
Strategie nauczania:	strategia eksperymentalno-obszrywacyjna (dostrzeganie i definiowanie problemów)
Metody nauczania	wykład informacyjny, przeprowadzenie doświadczenia w wirtualnym laboratorium, 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?”, „Jak definiujemy ciepło przemiany fazowej?”, „Jak definiujemy ciepło właściwe?”, „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:	

Nauczyciel wprowadza pojęcie energii wewnętrznej i podkreśla, że w jej skład wchodzi energia kinetyczna i potencjalna cząsteczek układu. Następnie, na podstawie definicji ciepła właściwego substancji i ciepła przemiany fazowej objaśnia, na czym polega zmiana energii wewnętrznej podczas zwiększania temperatury i podczas wrzenia. Uczniowie w parach analizują, jak będzie zmieniać się temperatura podczas ogrzewania i wrzenia wody i rysują wykresy zależności temperatury wody od czasu w obu tych procesach. Następnie w parach przeprowadzają doświadczenie w wirtualnym laboratorium, w którym przeprowadzają badanie zmian temperatury podczas ogrzewania wody oraz jej wrzenia.

Faza podsumowująca:

Uczniowie w parach na podstawie wyników przeprowadzonego doświadczenia obliczają ciepło właściwe i ciepło parowania wody. Na forum klasy omawiają wnioski z doświadczenia.

Praca domowa:

Zadania z zestawu ćwiczeń obowiązkowo zadania 1 - 4 oraz do wyboru jedno z pozostałych zadań.

**Wskazówki
metodyczne
opisujące
różne
zastosowania
danego
multimedium:**

Multimedium bazowe może też być wykorzystane przez uczniów poza lekcjami do samodzielnego eksperymentowania. Można je również wykorzystać podczas lekcji poświęconych ciepłu właściwemu i ciepłu parowania wody, a także podczas lekcji związanych z zastosowaniem równania bilansu cieplnego w termodynamice.