



Wyznaczanie ciepła właściwego metali z wykorzystaniem bilansu cieplnego

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

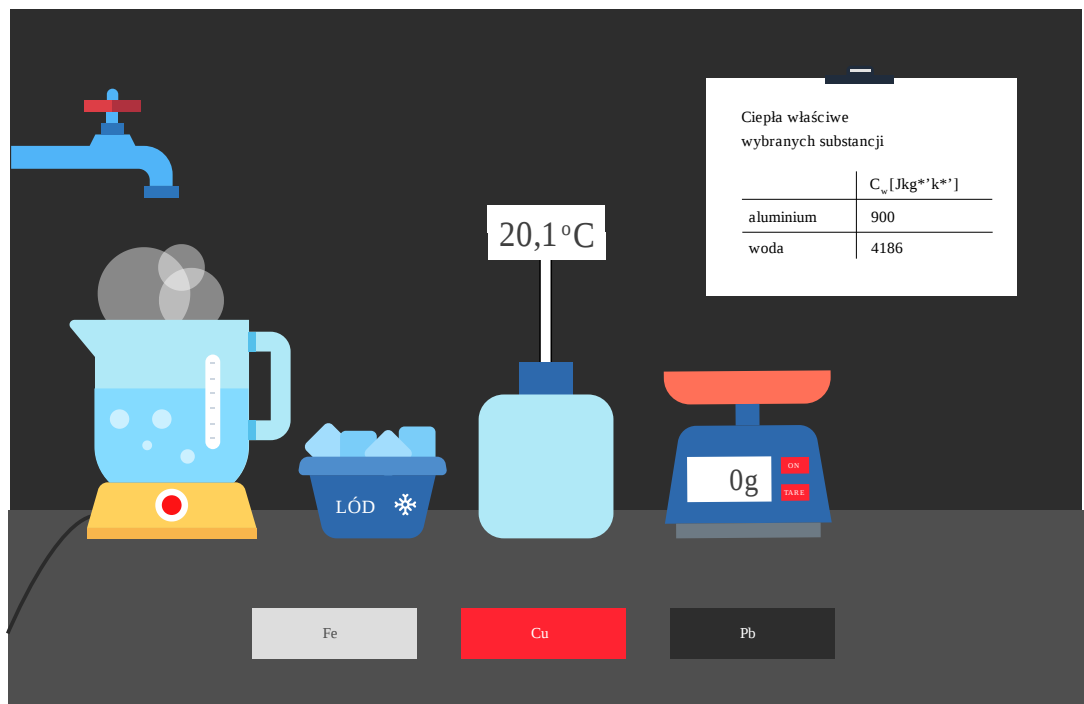


Wyznaczanie ciepła właściwego metali z wykorzystaniem bilansu cieplnego

Źródło: dostępny w internecie: <https://www.istockphoto.com/pl/zdj%C4%99cie/gaz-gm111891833-15442879> [dostęp 6.11.2022].

Czy to nie ciekawe?

W tym e-materiale dostaniesz do dyspozycji wirtualne laboratorium, w którym możesz wyznaczyć doświadczalnie ciepło właściwe kilku metali. Ciepło właściwe to wielkość, która określa, jak dużo ciepła należy dostarczyć, aby zmienić temperaturę danej substancji. Na przykład woda charakteryzuje się wyjątkowo dużym ciepłem właściwym i dlatego trudno zmienić jej temperaturę. To m. in. dlatego okolice nadmorskie mają łagodniejszy klimat niż te leżące z dala od zbiorników wodnych. Ciepło właściwe jest ważną cechą każdej substancji. Zatem do dzieła! Zabaw się w fizyka – eksperymentatora.



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

Twoje cele

- poznasz definicję ciepła właściwego,
- zrozumiesz, czym jest bilans cieplny,
- przeanalizujesz bilans cieplny potrzebny do doświadczalnego wyznaczenia ciepła właściwego substancji,
- wyznaczysz doświadczalnie ciepło właściwe metali z wykorzystaniem bilansu cieplnego.

Przeczytaj

Warto przeczytać

Ile ciepła potrzeba, aby zwiększyć temperaturę ciała? Oczywiście zależy to od tego, jak duży ma być przyrost temperatury, a także od masy ciała. Wiemy z codziennych doświadczeń, że ciała o większej masie trudniej podgrzać niż te o mniejszej masie. Na przykład: czas potrzebny za zagotowanie wody w czajniku jest dłuższy, gdy jest on pełny, niż wtedy, gdy jest prawie pusty. Równie oczywiste jest, że im większy przyrost temperatury, tym więcej potrzeba ciepła.

Jeśli zapytamy, ile ciepła potrzeba, aby 1 kg substancji ogrzać o 1°C , to odpowiedź również nie będzie jednoznaczna. Jeśli ogrzewamy 1 kg wody, zwiększając jego temperaturę o 1°C , zużyjemy 4190 J energii. Aby zwiększyć temperaturę 1 kilograma gliceryny o 1°C , potrzeba tylko 2386 J.

Jak widać, ilość ciepła potrzebna do ogrzania masy 1 kg o 1°C zależy od rodzaju substancji.

Ciepło właściwe c_w definiujemy jako iloraz pobranego bądź oddanego przez ciało ciepła Q przez masę ciała m pomnożoną przez przyrost temperatury ΔT :

$$c_w = \frac{Q}{m\Delta T}.$$

Jednostką ciepła właściwego w układzie SI jest $\frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot\text{K}}$.

W układzie SI jednostką temperatury jest **kelwin (K)**. Jednak 1 K jest równy 1°C , więc zmiana temperatury ΔT w kelwinach jest równa zmianie temperatury Δt w stopniach Celsjusza, $\Delta T = \Delta t$. Wobec tego definicję ciepła właściwego można też zapisać, używając temperatury w skali Celsjusza:

$$c_w = \frac{Q}{m\Delta t}.$$

Ciepło pobrane przez ciało o masie m podczas zwiększania temperatury o Δt wyraża się zatem wzorem

$$Q = mc_w\Delta t = mc_w(t_2 - t_1).$$

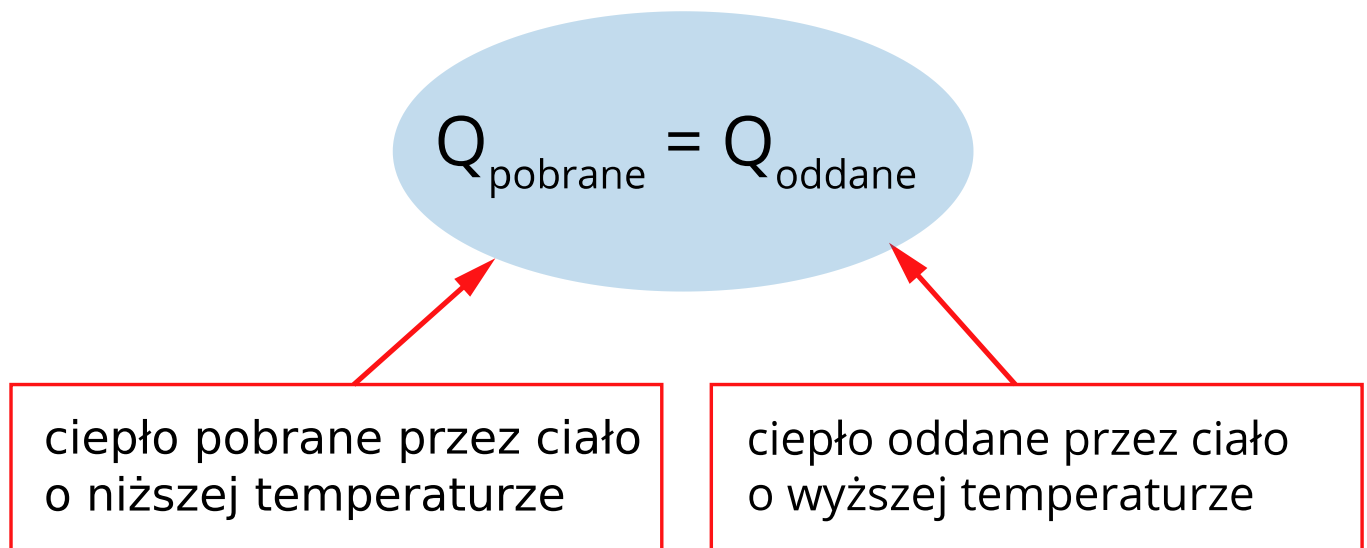
gdzie t_2 to temperatura końcowa, a t_1 - temperatura początkowa.

Wartość ciepła właściwego wskazuje, jak trudno jest ogrzać lub oziębic dane ciało. Substancje o niskim cieple właściwym c_w łatwo zmieniają swoją temperaturę, natomiast te o wysokim c_w wymagają dla osiągnięcia identycznego efektu dostarczenia lub odebrania większej ilości ciepła.

Naszym zadaniem będzie wyznaczenie ciepła właściwego metali przy wykorzystaniu **bilansu cieplnego**. Czym jest bilans cieplny?

Jeśli zetkniemy ze sobą dwa ciała o różnych temperaturach, to po pewnym czasie temperatury obu tych ciał wyrównają się. Zerowa zasada termodynamiki głosi, że ciepło zawsze przekazywane jest (spontanicznie, tj. bez ingerencji z zewnątrz) od ciała o wyższej temperaturze do ciała o niższej temperaturze. Temperatura jest miarą średniej energii kinetycznej cząsteczek. Średnia energia kinetyczna cząsteczek gorącego ciała jest większa niż cząsteczek zimnego ciała. 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 **przepływem ciepła**. Zgodnie z zasadą zachowania energii, energia nigdy nie ginie, ani nie pojawia się. Tak więc **ciepło pobrane przez jedno ciało jest zawsze równe ciepłu oddanemu przez drugie ciało**.

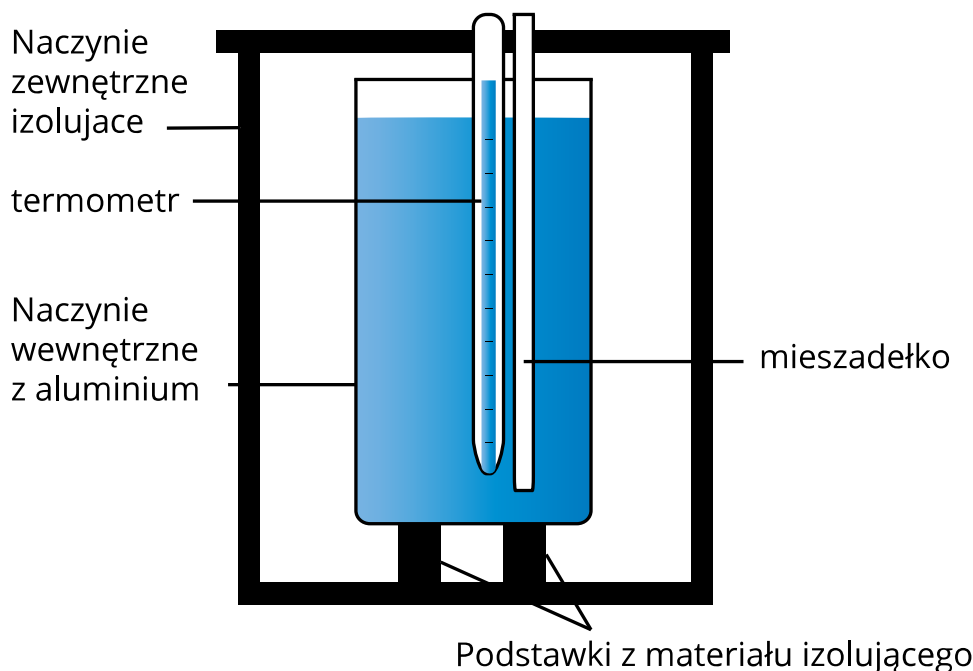
Bilans cieplny polega na porównaniu wartości ciepła oddanego i ciepła pobranego przez ciała znajdujące się w układzie izolowanym, czyli takim, który nie wymienia ciepła z otoczeniem.



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

Aby dokładnie zmierzyć ciepło pobrane przez jedno ciało i oddane przez drugie, musimy mieć pewność, że w trakcie wyrównywania się temperatur część ciepła nie rozproszyła się w otoczeniu. Do takich pomiarów (pomiarów kalorymetrycznych) służy **kalorymetr**. Składa się on z naczynia, w którym znajduje się drugie naczynie, często wykonane z aluminium.

Oba naczynia przedzielone są styropianową izolacją termiczną. Kalorymetr ma także plastikową przykrywkę z mieszadełkiem, otworem wlewowym i otworem przeznaczonym dla termometru (Rys. 1.).



Rys. 1. Budowa kalorymetru

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

Jak wyznaczyć ciepło właściwe metalu? Ogrzany metalowy przedmiot wrzucamy do zimnej wody w kalorymetrze i wyznaczamy temperaturę końcową po wyrównaniu się temperatur wody, kalorymetru i metalu. Należy zwrócić uwagę na to, żeby próbka metalu nie była zbyt gorąca, inaczej część wody może ulec wrzeniu i pomiar będzie obarczony błędem.

Przeanalizujmy bilans cieplny dla takiego pomiaru.

Ciepło oddaje badany metal, którego temperatura zmniejszyła się od temperatury początkowej t_1 do temperatury końcowej t_k . Ciepło to zostało pobrane przez kalorymetr i znajdującą się w nim wodę, których temperatura zwiększyła się od t_2 do t_k .

Bilans cieplny ma zatem następującą postać:

$$\underbrace{m_k c_w^{(\text{Al})} (t_k - t_2)}_{\text{ciepło pobrane przez kalorymetr}} + \underbrace{m_w c_w^{(\text{H}_2\text{O})} (t_k - t_2)}_{\text{ciepło pobrane przez wodę}} = \underbrace{m_m c_w^{(\text{metal})} (t_1 - t_k)}_{\text{ciepło oddane przez próbkę metalu}} .$$

Po prawej stronie tej równości występuje ciepło właściwe badanego metalu. Aby je wyznaczyć, musimy zmierzyć wszystkie pozostałe wielkości: temperatury początkowe wody i metalu, temperaturę końcową wody i kalorymetru, a także masy: kalorymetru m_k , wody m_w , badanego metalu m_m . Potrzebne będą też wartości ciepła właściwego wody i aluminium, z którego zbudowany jest kalorymetr. Zwykle znajduje się je w tablicach fizycznych.

Po wykonaniu pomiarów możemy obliczyć wartość ciepła właściwego badanego metalu:

$$c_w^{(\text{metal})} = \frac{(m_k c_w^{(\text{Al})} + m_w c_w^{(\text{H}_2\text{O})})(t_k - t_2)}{m_m(t_1 - t_k)}.$$

Otrzymaną wartość można porównać z wartością tablicową. Oczywiście nie należy się spodziewać, że otrzymana w doświadczeniu wartość będzie dokładnie równa wartości tablicowej. Każdy pomiar obarczony jest niepewnością pomiarową, wynikającą choćby z dokładności przyrządów. Obliczenie niepewności pomiarowej wykracza poza program szkolny, ale można przyjąć, że wyznaczyliśmy szukaną wielkość z dokładnością do kilku procent. Praktyka pokazuje, że taka metoda daje duże (do 30%) odstępstwa od rzeczywistego wyniku. Jeśli wyznaczona wartość ciepła właściwego metalu różni się od wartości tablicowej mniej niż o 10% procent, to możemy uznać, że doświadczenie wykonane zostało bardzo starannie.

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 płaszcza, zapewniającego izolację cieplną.

Temperatura w skali Kelvina

(ang. *absolute temperature*) lub w skali bezwzględnej – miara średniej energii kinetycznej przypadającej na jedną cząsteczkę. Temperaturę w skali Kelvina T przeliczamy na temperaturę w skali Celsjusza t według wzoru

$$T/1\text{ K} = t/1^\circ\text{C} + 273,15.$$

Wirtualne laboratorium WL-I

Wyznaczanie ciepła właściwego metali z wykorzystaniem bilansu cieplnego

Przeprowadź dwuczęściowy eksperyment w wirtualnym laboratorium. Wykonaj ćwiczenia i polecenia związane z wyposażeniem pracowni, przeprowadzeniem pomiarów i opracowaniem ich wyników. Aby obliczyć niepewność pomiarową wyniku końcowego, przypomnij sobie e-materiał „Niepewność wielkości mierzonej pośrednio”.

Doświadczenie 1

Pomiar ciepła właściwego metalu

Problem badawczy

Zasadniczym celem eksperymentu jest wyznaczenie ciepła właściwego wybranego metalu.

Celem dalej idącym jest zbadanie, która z wielkości mierzonych pośrednio wnosi największy wkład do niepewności pomiarowej wyniku.

Hipoteza

Pomiar temperatury wnosi większy wkład do niepewności pomiarowej wyniku niż pomiar masy.

Co będzie potrzebne

Zapoznaj się z wyposażeniem wirtualnego laboratorium. Zwróć przy tym uwagę na rozdzielczość wagi oraz na rozdzielczość termometrów. Bez wątpienia wpływają one na niepewność pomiaru wyniku.

Ćwiczenie 1

Czy porównanie tych rozdzielczości pozwala rozstrzygnąć hipotezę badawczą? Czy można było lepiej dobrać wyposażenie laboratorium pod kątem rozdzielczości przyrządów?

Wskaż najbardziej trafny wniosek płynący z porównania rozdzielczości przyrządów.



Rozdzielczości przyrządów są jednakowe, więc przyczynki do niepewności pochodzące od pomiaru mas i temperatur muszą być jednakowe albo przynajmniej bardzo do siebie zbliżone.
Przyrządy zostały więc pod tym kątem dobrane prawidłowo.



Zarówno waga jak i termometry mają rozdzielczość do jednej cyfry po przecinku, więc przyczynki do niepewności pochodzące od pomiaru mas i temperatur muszą być jednakowe albo przynajmniej bardzo do siebie zbliżone.
Przyrządy zostały więc pod tym kątem dobrane prawidłowo.



Względna dokładność pomiaru masy jest w tym eksperymencie rzędu 0,1%, zaś temperatury jest rzędu 0,03%. Z tego wynika, że pomiary masy mają nieco większy udział w niepewności wyniku niż pomiary temperatury.
Ta niewielka różnica nie uzasadnia stwierdzenia, że należało wybrać wagę o rozdzielczości o rząd wielkości lepszej.



Względna dokładność pomiaru masy jest w tym eksperymencie rzędu 0,1%, zaś temperatury jest rzędu 0,03%. Z tego jednak nie wynika, które pomiary – mas czy temperatur – mają większy udział w niepewności wyniku.
Ta różnica nie uzasadnia więc stwierdzenia, że należało wybrać wagę o rozdzielczości o rząd wielkości lepszej.

Instrukcja

1. Zapoznaj się z instrukcją wykonania doświadczenia. Przeprowadź kilka próbnych pomiarów. Zaplanuj kolejność postępowania.

Ważne!

Pomiar ciepła właściwego c_k metalowej kulki jest pomiarem pośrednim. Bezpośrednio mierzysz aż sześć wielkości. Dla każdej z nich (oznaczmy ją przykładowo jako x) określisz, na podstawie pojedynczego pomiaru i rozdzielczości użytego przyrządu, jej niepewność standardową $u(x)$ a następnie jej udział w niepewności ciepła właściwego kulki $u_x(c_k)$. Korzystasz także z dwóch danych tablicowych, które nie zawierają informacji o niepewności. Przyjmij więc, że niepewności standardowe ciepł właściwych aluminium $u(c_{Al})$ oraz wody $u(c_w)$ są rzędu $1 \frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot\text{K}}$, czyli że dotyczą ostatniej podanej cyfry znaczącej.

2. Rozpoznaj możliwości związane z ważeniem, w tym z tarowaniem wagi. Naucz się dozowania wody do kalorymetru – czy potrafisz kilkakrotnie nalać porcję wody o masie 100 g, z dokładnością do 5 g?
3. Zwróć też uwagę na możliwość ustalania początkowej temperatury kulki. Nie musi ona koniecznie wynosić 100°C (długie przebywanie we wrzątku) albo 0°C (długie przebywanie w wodnej kąpieli lodu) – naucz się uzyskiwać, z dokładnością do 1°C, dowolną temperaturę początkową kulki z tego przedziału.
4. Przeprowadź właściwy pomiar z dowolnie wybranym metalem. Rozgrzej kulkę lub ozięb ją do dowolnie wybranej temperatury T_1 . Do kalorymetru wlej dowolną ilość wody m_w .



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

Wyznaczanie ciepła właściwego metali metodą kalorymetryczną.

Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0. Licencja:

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pl>.

5. Zanotuj wyniki w przygotowanej tabeli. Oblicz i wpisz do tabeli wartość ciepła właściwego metalowej kulki.

Tabela pomiarów ciepła właściwego

Data: DD-MM-RRRF

Metal:

Masy (kg)

m_{Al}

$u(m_{Al})$

m_w

$u(m_w)$

m_k

$u(m_k)$

Temperatury (°C)

T_1

$u(T_1)$

T

$u(T)$

t_2
 T_k

$u(t_2)$
 $u(T_k)$

Ciepła właściwe ($\frac{J}{kg \cdot ^\circ C}$)

c_{Al}
 c_w
 c_k

$u(c_{Al})$
 $u(c_w)$

Udziały w niepewności $u(c_k)$ ($\frac{J}{kg \cdot ^\circ C}$)

$u_{m_{Al}}(c_k)$
 $u_{m_w}(c_k)$
 $u_{m_k}(c_k)$
 $u_{T_1}(c_k)$
 $u_{T_2}(c_k)$
 $u_{T_k}(c_k)$
 $u_{c_{Al}}(c_k)$
 $u_{c_w}(c_k)$

Niepewność wyniku pomiaru $u(c_k)$

Wynik pomiaru po zaokrągleniu: $c_k =$

Wartość tablicowa ciepła właściwego $c_t =$

Komentarze, spostrzeżenia, wnioski

=====

Podsumowanie

1. Uzupełnij tabelę o niepewności standardowe sześciu wielkości mierzonych bezpośrednio oraz dla wielkości tablicowych. Traktuj je - dla potrzeb określania niepewności pomiarowej wyniku - jak wielkości mierzone bezpośrednio.
2. Oblicz i wpisz do tabeli udziały każdej z ośmiu wielkości w niepewności końcowego wyniku. Rozważ odpowiednie przygotowanie i zaprogramowanie arkusza kalkulacyjnego; możesz skorzystać ze struktury zawartej w tabeli.
3. Porównaj te udziały. Czy są one tego samego rzędu? Czy udział którejś z wielkości mierzonych bezpośrednio w niepewności końcowego wyniku jest dominujący? Czy podane dane tablicowe można uznać za dokładne i pominąć w obliczeniach ich niepewności?

Ćwiczenie 2

Czy porównanie obliczonych udziałów niepewności pozwala rozstrzygnąć hipotezę badawczą? Czy w związku z tym porównaniem należało inaczej dobrać wyposażenie laboratorium pod kątem rozdzielczości przyrządów?

Zapisz swój pogląd na przedstawione tu problemy w sekcji „Komentarze, spostrzeżenia, wnioski” pod tabelą pomiarów a następnie porównaj z analizą przedstawioną w Wyjaśnieniu.

4. Zapisz zaokrąglony wynik wraz z niepewnością pomiarową.
5. Porównaj uzyskany wynik z wartością tablicową i skomentuj efekt tego porównania.

Doświadczenie 2

Minimalizacja niepewności pomiaru ciepła właściwego metalu

Problem badawczy

W pierwszej części eksperymentu zostało wykazane, że dominujący o rząd wielkości wkład do niepewności pomiarowej wyniku pochodzi od pomiaru temperatur. Celem drugiej części eksperymentu jest zbadanie, czy niepewność pomiaru ciepła właściwego metalu zależy od początkowej temperatury metalu umieszczanego w kalorymetrze z wodą.

Hipoteza

Niepewność pomiaru ciepła właściwego jest tym mniejsza im większa jest początkowa różnica temperatur pomiędzy metalem a kalorymetrem z wodą.

Co będzie potrzebne

Wykorzystasz wyposażenie wirtualnego laboratorium jak w pierwszej części eksperymentu.

Instrukcja

Wykonaj serię kilku pomiarów ciepła właściwego metalu badanego w części 1. Zastosuj tę samą procedurę pomiarową.

- Do kalorymetru wlewaj zawsze taką samą ilość wody m_w , z dokładnością do 5 g.

Dobrym pomysłem jest wlewanie takiej ilości wody, jak w doświadczeniu 1.

- Wykorzystaj pełną rozpiętość dostępnych wartości początkowej temperatury T_1 .

Dobrym pomysłem jest ustawienie dwóch-trzech temperatur poniżej 20°C oraz czterech-pięciu temperatur powyżej 20°C.

- Wyniki zapisuj w tabeli; wykorzystaj możliwość powielania jej zasadniczej struktury (przycisk „Dodaj”).



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

Wyznaczanie ciepła właściwego metali metodą kalorymetryczną.

Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0. Licencja:

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pl>.

Tabela pomiarów ciepła właściwego

Data:

Metal:

Pomiar nr

Masy (kg)

m_{Al}

$u(m_{Al})$

m_w

$u(m_w)$

m_k

$u(m_k)$

Temperatury (°C)

T_1

$u(T_1)$

T_2

$u(T_2)$

T_k

$u(T_k)$

Ciepła właściwe ($\frac{J}{kg \cdot ^\circ C}$)

c_{Al}

$u(c_{Al})$

c_w

$u(c_w)$

c_k

Udziały w niepewności $u(c_k)$ ($\frac{J}{kg \cdot ^\circ C}$)

$u_{m_{Al}}(c_k)$

$u_{m_w}(c_k)$

$u_{m_k}(c_k)$

$u_{T_1}(c_k)$

$u_{T_2}(c_k)$

$u_{T_k}(c_k)$

$u_{c_{Al}}(c_k)$

$u_{c_w}(c_k)$

Niepewność wyniku pomiaru $u(c_k)$

Wynik pomiaru po zaokrągleniu: $c_k =$

=====

Komentarze, spostrzeżenia, wnioski

Podsumowanie

Opracuj wyniki każdego pomiaru, jak w doświadczeniu 1. Oblicz udziały każdej z wielkości w niepewności wyniku końcowego. Oblicz niepewność każdego z uzyskanych wyników.

Polecenie 1

W sekcji „Komentarze, spostrzeżenia, wnioski” zapisz swoje rozstrzygnięcia następujących zagadnień.

Rozważ sporządzenie wykresu (wykresów) zależności wybranych wielkości od temperatury T_1 dla poparcia tych rozstrzygnięć.

1. Czy wynik któregoś z pomiarów odstaje od pozostałych w stopniu nie dającym się wytłumaczyć niepewnością pomiarową?
2. Czy we wszystkich pomiarach potwierdza się dominujący udział pomiaru temperatur w niepewności wyniku, przede wszystkim zaś T_2 oraz T_k ?
3. Czy uzyskane wyniki potwierdzają postawioną hipotezę?
4. Czy celowe jest - z punktu widzenia dążenia do minimalizacji niepewności wyniku pomiaru - wyposażenie laboratorium zarówno w czajnik z wrzącą wodą jak i kąpiel wody z lodem?

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

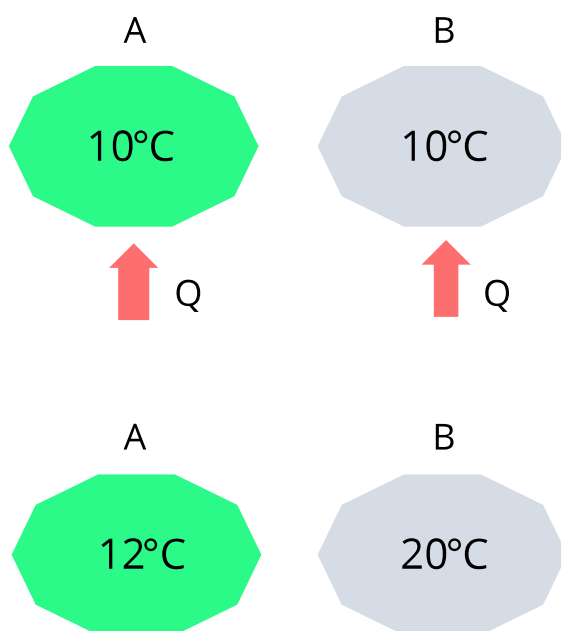
Ćwiczenie 1



Uzupełnij zdanie:

Ciepło potrzebne do ogrzania ciała o 30°C zależy (tylko od ciepła właściwego ☐ /
od temperatury początkowej ☐ / od ciepła właściwego i od masy ciała ☐).

Ćwiczenie 2



Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0. Licencja:

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pl>.

Ciała A i B mają jednakową masę i jednakową temperaturę 10°C . Ciała te pobrały jednakowe ciepło Q , w wyniku czego temperatura ciała A wzrosła do 12°C , a temperatura ciała B do 20°C . Uzupełnij zdanie:

Ciepło właściwe ciała A jest (mniejsze ☐ / większe ☐) od ciepła właściwego ciała B.

Ćwiczenie 3



Do kalorymetru z wodą o temperaturze 20°C wrzucono kawałek miedzi o temperaturze 100°C . Miedź oddała ciepło równe 25 J . Które z poniższych stwierdzeń jest prawdziwe?

☐ Woda w kalorymetrze pobrała ciepło 25 J .

☐ Woda pobrała ciepło mniejsze niż 25 J .

☐ Kalorymetr pobrał ciepło mniejsze niż 25 J .

☐ Kalorymetr pobrał ciepło 25 J .

☐ Woda i kalorymetr pobrały ciepło 25 J .

Ćwiczenie 4



Oblicz, o ile zwiększy się temperatura miedzianej patelni o masie $m = 1,8\text{ kg}$, gdy pobierze ona ciepło $Q = 100\text{ kJ}$. Ciepło właściwe miedzi wynosi $c_w = 386\text{ J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$.

Odpowiedź: $\Delta t =$ $^{\circ}\text{C}$.

Ćwiczenie 5



Grzałka elektryczna podgrzała $m = 0,3\text{ kg}$ wody od temperatury $t_1 = 20^{\circ}\text{C}$ do $t_2 = 60^{\circ}\text{C}$ w czasie $\tau = 24\text{ s}$. Oblicz moc grzałki. Ciepło właściwe wody $c_w = 4190\text{ J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$.

Odpowiedź: $P =$ W

Ćwiczenie 6



Do gorącej herbaty dolano nieco zimnej wody, aby otrzymać herbatę nadającą się do picia. Masa gorącej wody wynosiła m_g , jej temperatura t_g , masa zimnej wody m_z , a temperatura t_z . Ciepło właściwe wody to c_w , temperatura końcowa mieszaniny t_k . Zakładamy, że podczas wyrównywania się temperatur ciepło nie rozproszyło się w otoczeniu. Rozstrzygnij, który zapis bilansu cieplnego jest prawidłowy.

☐ $m_g c_w (t_g - t_k) = m_z c_w (t_k - t_z)$

☐ $m_g c_w (t_k - t_g) = m_z c_w (t_k - t_z)$

☐ $m_g c_w (t_k - t_g) = m_z c_w (t_z - t_k)$

Ćwiczenie 7



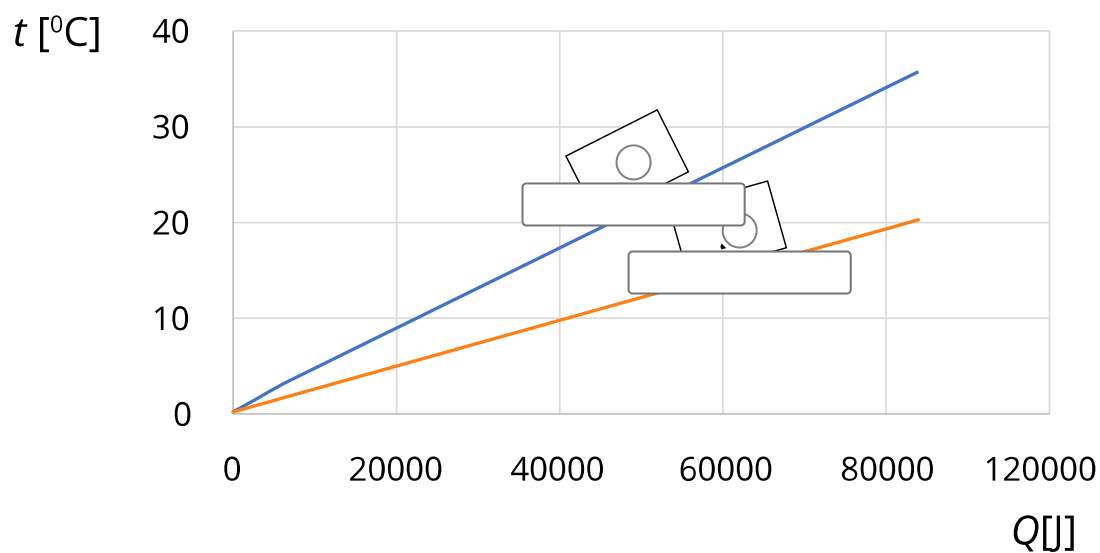
W waniencie niemowlęcej znajduje się woda o masie $m = 20$ kg i temperaturze $t_1 = 20^\circ\text{C}$. Oblicz, ile trzeba dolać wody o temperaturze $t_2 = 60^\circ\text{C}$, aby końcowa temperatura wody wynosiła $t_k = 37^\circ\text{C}$. Pomijamy wymianę ciepła z wanienką i powietrzem.

Odpowiedź: Do wanienki należy dolać kg wody o temperaturze 60°C .

Ćwiczenie 8



Wykres przedstawia zależność temperatury końcowej od pobranego ciepła dla 1 kg wody o cieple właściwym $4190 \text{ J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ oraz dla 1 kg gliceryny o cieple właściwym $2386 \text{ J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$. Przyporządkuj nazwy substancji do podpisów na wykresie.



gliceryna

woda

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

Dla nauczyciela

Imię i nazwisko autora:	Krystyna Wosińska
Przedmiot:	Fizyka
Temat zajęć:	Wyznaczanie ciepła właściwego metali, posługując się bilansem cieplnym
Grupa docelowa:	III etap edukacyjny, liceum, technikum, zakres podstawowy
Podstawa programowa:	Cele kształcenia – wymagania ogólne: II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych. III. Planowanie i przeprowadzanie obserwacji lub doświadczeń oraz wnioskowanie na podstawie ich wyników. Zakres podstawowy Treści nauczania – wymagania szczegółowe I. Wymagania przekrojowe. Uczeń: 4) przeprowadza obliczenia liczbowe posługując się kalkulatorem; 10) przeprowadza wybrane obserwacje, pomiary i doświadczenia korzystając z ich opisów; wyróżnia kluczowe kroki i sposób postępowania oraz wskazuje rolę użytych przyrządów i uwzględnia ich rozdzielczość. V. Termodynamika. Uczeń: 4) wykorzystuje pojęcie ciepła właściwego oraz ciepła przemiany fazowej w analizie bilansu cieplnego.
Kształtowane kompetencje kluczowe:	Zalecenia 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: 1. stosuje definicję ciepła właściwego; 2. wyjaśnia, czym jest bilans cieplny; 3. analizuje bilans cieplny potrzebny do doświadczalnego wyznaczenia ciepła właściwego substancji; 4. wyznacza doświadczalnie ciepło właściwe trzech metali.
Strategie nauczania:	strategia eksperymentalno-obserwacyjna (dostrzeganie i definiowanie problemów oraz odkrywanie rzeczywistości poprzez eksperymenty)
Metody nauczania:	wykład informacyjny, przeprowadzenie doświadczenia w wirtualnym laboratorium, analiza pomysłów
Formy zajęć:	praca w parach, praca indywidualna
Środki dydaktyczne:	tablety do dyspozycji każdego ucznia lub jeden tablet na dwoje uczniów
Materiały pomocnicze:	e-materiały „Na czym polega bilans cieplny”, „Jak definiujemy ciepło właściwe”
PRZEBIEG LEKCJI	
Faza wprowadzająca:	
Wprowadzenie zgodnie z treścią w części pierwszej „Czy to nie ciekawe?”. Odwołanie do codziennej wiedzy uczniów o procesie ogrzewania ciał.	
Faza realizacyjna:	
Nauczyciel definiuje ciepło właściwe, a następnie przypomina pojęcie bilansu cieplnego, podkreślając jego związek z zasadą zachowania energii. Uczniowie w dyskusji proponują, jakie czynności trzeba wykonać, aby wyznaczyć ciepło właściwe metalu, mając do dyspozycji kalorymetr, wodę, czajnik, termometr i wagę. Następnie uczniowie w parach wykonują doświadczenie w wirtualnym laboratorium, przy czym część zespołów używa wrzącej wody w czajniku do ogrzania metalowej kulki, a pozostałe zespoły ochładzają kulkę w lodzie (lub każdy zespół jedno kulki ogrzewa, a inne ochładza). Następnie uczniowie obliczają wyznaczane wielkości, korzystając z wyników pomiarów.	
Faza podsumowująca:	
Uczniowie podają wyniki uzyskane w doświadczeniu i ustalają, czy początkowa temperatura metalowej kulki ma wpływ na wyznaczone ciepło właściwe.	
Praca domowa:	
Zadania z zestawu ćwiczeń, obowiązkowo zadania 1-3, do wyboru jedno z zadań 4-7.	

Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania danego multimedium:	Multimedium bazowm można wykorzystać na trzy sposoby: 1. Zlecić zapoznanie się z nim przed lekcją, aby uczniowie byli przygotowani do wykonania doświadczenia w czasie lekcji; 2. Wykonać doświadczenie w wirtualnym laboratorium podczas lekcji oraz przedyskutować wyniki. 3. Multimedium bazowe może też być wykorzystane przez uczniów po lekcji do powtórzenia i utrwalenia materiału.
---	--