

Projekt eFizyka

Multimedialne środowisko nauczania fizyki dla szkół
ponadgimnazjalnych.

Kalorymetr – wyznaczenie ciepła właściwego i ciepła topnienia

Ćwiczenie wirtualne

Marcin Zaremba

2015-03-31

Spis treści

1. Wprowadzenie	2
2. Teoria w zarysie	2
3. Wykonanie eksperymentu symulowanego	4

1. Wprowadzenie

Ćwiczenia wirtualne stanowią uzupełnienie teorii dostępnej w podręczniku do nauki fizyki. Są serią doświadczeń symulowanych, opartych często o prawdziwe dane pomiarowe, odzwierciedlające prawdziwe doświadczenia związane z danym zagadnieniem fizycznym, możliwe do realizacji w laboratorium. Mogą być traktowane, jako wstęp do wykonania samodzielnie przez uczniów takich ćwiczeń w rzeczywistości; być pomocnym narzędziem do samodzielnej nauki danego zagadnienia w domu po skończonej lekcji; być traktowane, jako załączek budowy samodzielnych rzeczywistych urządzeń; bądź w przypadku niemożności przeprowadzenia i wykonania rzeczywistych doświadczeń w czasie lekcji z powodów technicznych (czy to przez nauczyciela czy przez uczniów), stanowić zastępstwo dla takich eksperymentów.

Program został napisany w środowisku LabVIEW 2013 SP1 firmy National Instruments. Do prawidłowego jego działania potrzebny jest komputer z zainstalowanym systemem MS Windows w wersji 7 lub nowszej oraz LabVIEW Run-Time Engine 2013 (RTE) firmy National Instruments, który można pobrać za darmo ze strony internetowej NI lub strony projektu. RTE musi być zainstalowany tylko jednokrotnie i jest wspólny dla wszystkich aplikacji. (W przypadku starszych systemów niż Windows 7, mogą występować problemy z uruchomieniem aplikacji lub błędami wyświetlania. W takim przypadku prosimy o kontakt z projektantami. Dane kontaktowe można znaleźć na stronie projektu).

Instalacja oprogramowania pobranego ze strony projektu nie następuje z trudności. Po uruchomieniu instalatora można wybrać miejsce instalacji (zaleca się zachowanie domyślnej lokalizacji). Po pomyślnym ukończeniu procesu instalacji, aplikacja powinna uruchomić się automatycznie lub można uruchomić ją za pomocą skrótu.

2. Teoria w zarysie

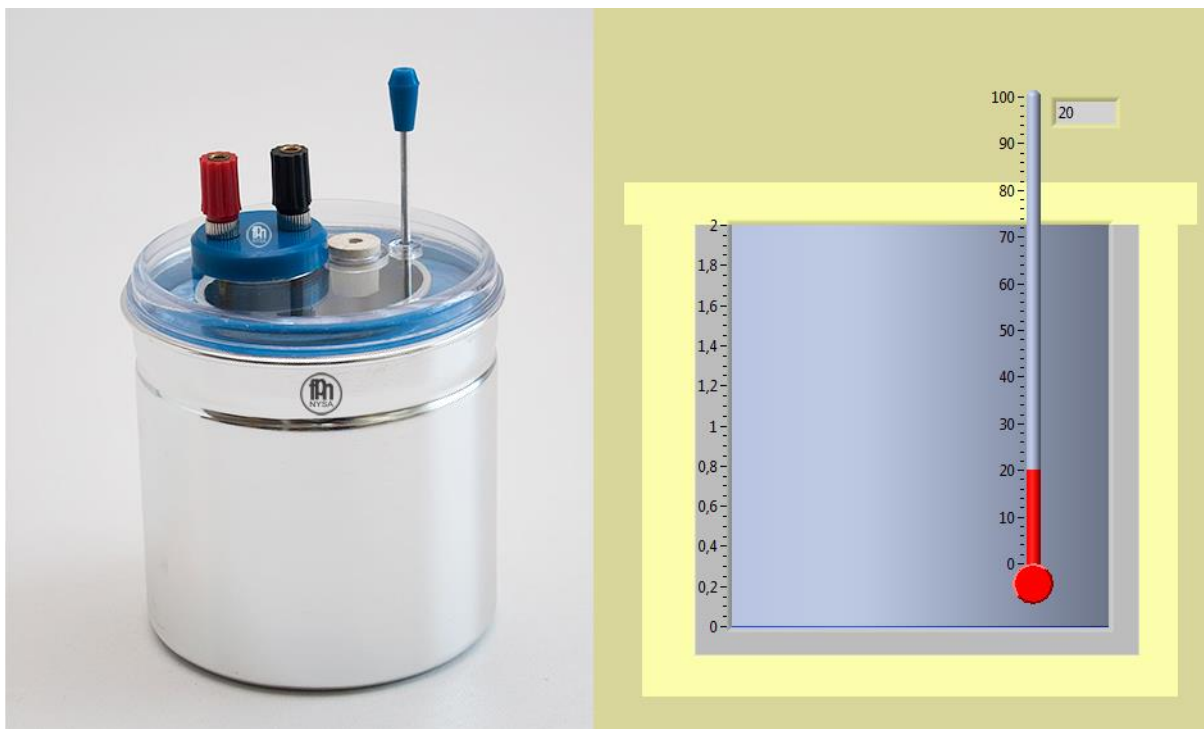
Ciepło właściwe substancji określa ile energii potrzeba do ogrzania 1kg masy substancji o 1°C.

Dwa ciała o różnych temperaturach zetknięte ze sobą, mogą przekazywać pomiędzy sobą ciepło, przy czym transport energii będzie w kierunku od ciała cieplejszego do zimniejszego. Transport ciepła jest najczęściej związany ze zmianą temperatury (temperatura jest miarą średniej energii kinetycznej cząsteczek w ośrodku), z wyjątkiem np. topnienia (przejście fazowe I rodzaju), gdzie do momentu całkowitego stopienia się substancji, temperatura ciała topniejącego będzie stała, a przekazywana energia od ciała cieplejszego zostanie zużyta na rozerwanie wiązań pomiędzy cząsteczkami lodu.

W ogólnym przypadku ilość ciepła potrzebna do zmiany temperatury substancji o ciepłe właściwym c o ΔT wynosi:

$$Q = mc\Delta T$$

Do wyznaczania ciepła właściwego substancji lub ciepła topnienia lodu może posłużyć kalorymetr. Kalorymetr to pojemnik odizolowany termicznie i mechanicznie od otoczenia w którym się znajduje, więc możemy uznać, że nie ma wymiany ciepła pomiędzy wnętrzem kalorymetru, a otoczeniem. Na rys. 1 przedstawiono rzeczywisty kalorymetr (na podstawie zdjęcia ze sklepu: <http://www.sklep.fpnnysa.com.pl>) oraz jego model w doświadczeniu wirtualnym.



Rysunek 1. Rzeczywisty kalorymetr (zdjęcie z strony: <http://www.sklep.fpnnysa.com.pl>) oraz jego model w ćwiczeniu wirtualnym.

Zanim wyznaczmy ciepło topnienia lodu, musi my znać ciepło właściwe kalorymetru, czyli tej jego części, która styka się wewnątrz z cieczą (wodą) i podobnie jak woda umieszczona w nim, będzie pobierać lub oddawać ciepło do badanego ciała lub topniejącego lodu.

Założmy że na początku w kalorymetrze znajduje się woda o masie m_1 i temperatura wody w stanie początkowym wynosi T_1 (jeśli ustalona jest równowaga to temperatura kalorymetru wynosi także T_1). Masa kalorymetru wynosi m_k , a ciepło właściwe wody – c_w jest znane i wynosi ok 4190 J/(kg*°C). Dolewamy wodę (np. cieplejszą od tej w kalorymetrze) o masie m_2 i temperaturze T_2 . Po wymieszaniu, ustala się równowaga i temperatura w kalorymetrze wynosi T . Zapisując bilans energetyczny mamy:

$$m_2 c_w (T_2 - T) = m_1 c_w (T - T_1) + m_k c_k (T - T_1)$$

Co po przekształceniu pozwala wyliczyć ciepło właściwe kalorymetru (ta część kalorymetru, która odebrała część ciepła dolanej wody):

$$c_k = \frac{c_w}{m_k} \left(m_2 \frac{T_2 - T}{T - T_1} - m_1 \right)$$

Znając ciepło właściwe kalorymetru, możemy wyznaczyć ciepło topnienia lodu - q_t . Podobnie jak poprzednio umieszczamy w kalorymetrze wodę o znanej masie - m_w i po ustaleniu równowagi mamy temperaturę początkową układu – T_1 . Do tak przygotowanego kalorymetru wrzucamy topniejący lód o masie m_l (czyli zakładamy, że ciepło zostanie oddane tylko na stopienie lodu oraz ogrzanie powstałej wody od 0°C do temperatury równowagi). Po stopieniu lodu w kalorymetrze ustala się równowaga i temperatura końcowa wynosi T_2 . Znając masę kalorymetru – m_k zapisujemy bilans energetyczny:

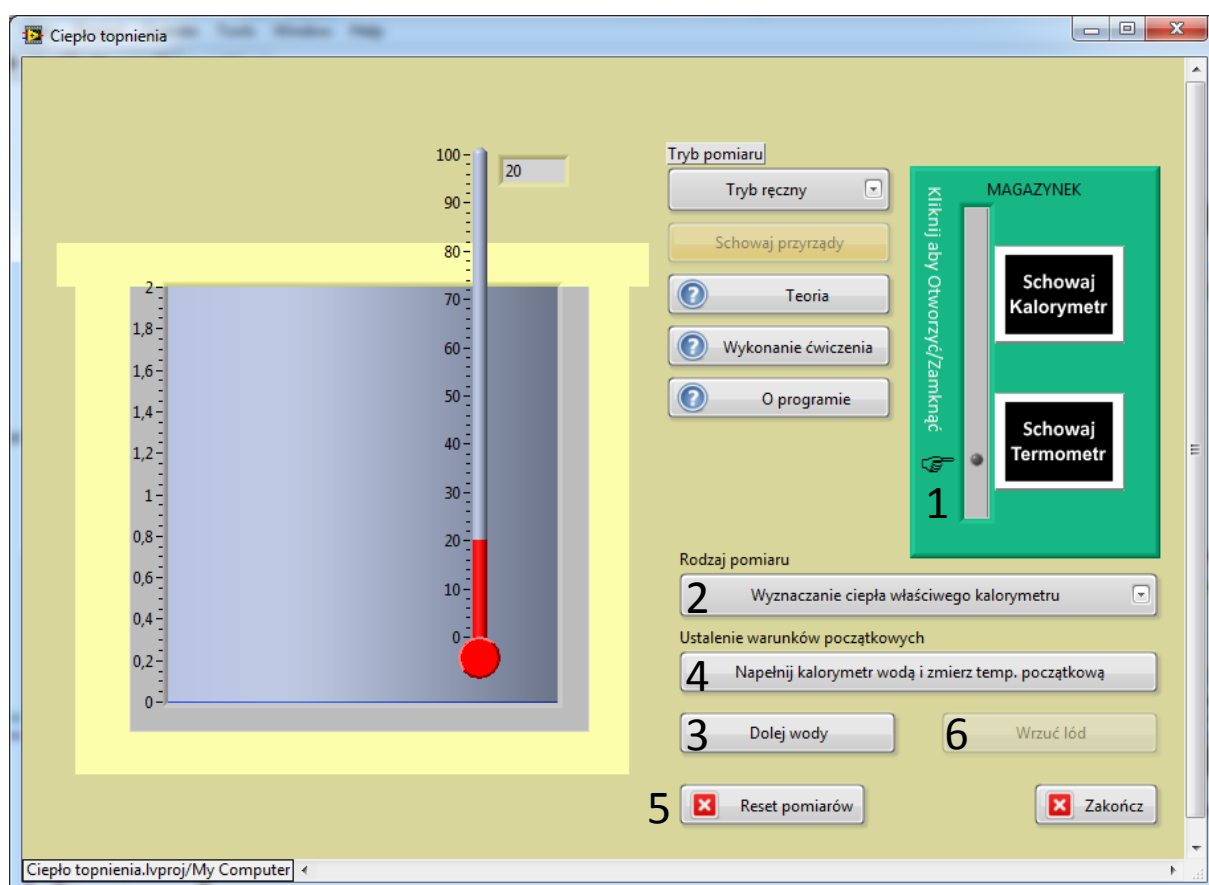
$$q_t m_L + m_L c_w T_2 = c_w m_w (T_1 - T_2) + c_k m_k (T_1 - T_2)$$

Co po przekształceniu i uwzględnieniu ciepła właściwego kalorymetru wyznaczonego w pierwszej części zadania, umożliwi wyliczenie ciepła topnienia lodu:

$$q_t = \frac{(c_w m_w + c_k m_k)(T_1 - T_2)}{m_L} - c_w T_2$$

3. Wykonanie eksperymentu symulowanego

Panel wirtualnego doświadczenia przedstawiony jest na rysunku poniżej:



Rysunek 2. Panel wirtualnego ćwiczenia do wyznaczenia ciepła topnienia lodu.

W skład zestawu jak w przypadku rzeczywistego ćwiczenia wchodzi kalorymetr i termometr. Jedyną różnicą polega na sposobie wyznaczenia masy kalorymetru, lodu i wody potrzebnych do obliczeń. W rzeczywistości używa się do tego wagi z funkcją tarowania, a w przypadku tego ćwiczenia masy podane zostaną przez użytkownika bezpośrednio z panelu sterowania ćwiczeniem.

Wykonanie doświadczenia podzielone jest na dwa etapy:

1. Wyznaczanie ciepła właściwego kalorymetru.
2. Wyznaczanie ciepła topnienia lodu, z uwzględnieniem wyznaczonego w punkcie 1, ciepła właściwego kalorymetru.

WYZNACZANIE CIEPŁA WŁAŚCIWEGO KALORYMETRU

- I. Wyciągamy kalorymetr i termometr z magazynku. (1)
- II. Napełniamy kalorymetr wodą ustalając warunki początkowe eksperymentu przez podanie masy wody w kalorymetrze oraz temperatury (zakładamy, że podana temperatura jest temperaturą w stanie równowagi, czyli temperaturą wody i ścianek kalorymetru). Np.: masa wody 0,9kg i temperatura początkowa 20°C. Należy w tym przypadku zanotować masę wody i temperaturę początkową. (2)
- III. Dolewamy cieplejszej wody o znanej masie i temperaturze (np. 0,6kg o temperaturze 40°C). Należy zanotować masę dolanej wody oraz jej temperaturę. Czekamy na ustalenie się równowagi w kalorymetrze. (3)
- IV. Odczytujemy temperaturę końcową po ustaleniu się równowagi w kalorymetrze.
- V. Znając temperaturę końcową oraz przyjmując masę kalorymetru na ok. 765g (ta część kalorymetru, która odebrała część ciepła dolanej wody), obliczamy ciepło właściwe kalorymetru.

WYZNACZANIE CIEPŁA TOPNIENIA LODU

- VI. Przystawiamy rodzaj pomiaru na „wyznaczenie ciepła topnienia lodu”. (4)
- VII. Resetujemy wyniki pomiarów. (5)
- VIII. Napełniamy kalorymetr wodą i ustalamy warunki początkowe, podobnie jak w punkcie II. (2)
- IX. Dodajemy do kalorymetru kostki topniejącego lodu. Zapisujemy masę dodanego lodu. Czekamy na stopienie się lodu oraz ustalenie równowagi w kalorymetrze. (6)
- X. Odczytujemy temperaturę końcową po ustaleniu się równowagi w kalorymetrze.
- XI. Znając temperaturę końcową, przyjmując masę kalorymetru jak w pkt. V oraz pamiętając, że wrzucane topniejące kostki lodu mają temperaturę 0°C, obliczamy ciepło topnienia lodu.