

TEMAT: WYZNACZANIE CIEPŁA WŁAŚCIWEGO WODY ZA POMOCĄ CZAJNIKA ELEKTRYCZNEGO LUB GRZAŁKI O ZNANEJ MOCY (PRZY ZAŁOŻENIU BRAKU STRAT)

Autor: Tomasz Kocur

Podstawa programowa, III etap edukacyjny

Cele kształcenia – wymagania ogólne

I. Wykorzystanie wielkości fizycznych do opisu poznanych zjawisk lub rozwiązania prostych zadań obliczeniowych.

II. Przeprowadzanie doświadczeń i wyciąganie wniosków z otrzymanych wyników.

Treści nauczania – wymagania szczegółowe

2. Energia.

4) Uczeń posługuje się pojęciem pracy i mocy.

10) Uczeń posługuje się pojęciem ciepła właściwego.

8. Wymagania przekrojowe.

10) Uczeń posługuje się pojęciem niepewności pomiarowej.

9. Wymagania doświadczalne.

5) Uczeń wyznacza ciepło właściwe wody za pomocą czajnika elektrycznego lub grzałki o znanej mocy (przy założeniu braku strat).

Cele

Cele ogólne

1. Poznanie sposobu pracy z autonomicznym rejestratorem danych (datalogger).
2. Wykorzystanie aplikacji komputerowej współdziałającej z rejestratorem danych.
3. Wyznaczenie ciepła właściwego wody.

Cele operacyjne

Uczeń nabywa umiejętności:

- zaplanowania i przeprowadzenia doświadczenia pozwalającego wyznaczyć ciepło właściwe wody za pomocą czajnika elektrycznego,
- uzyskania wyników pomiaru masy wody, temperatury początkowej i końcowej, czasu podgrzewania wody,
- odczytania i zapisania odpowiednich parametrów czajnika elektrycznego,
- wyznaczenia ciepła właściwego wody za pomocą wzoru $Q=c_w \cdot m \cdot \Delta T$,
- przeprowadzenia dyskusji niepewności pomiarowych.
- porównania otrzymanych wyników z wartościami tabelarycznymi.

Metoda pracy

Praktyczne ćwiczenia laboratoryjne wspomagane komputerowo, demonstracja nauczyciela, metoda obliczeniowa.

Forma pracy

Praca z całą klasą lub w grupach pod kierunkiem nauczyciela.

Środki dydaktyczne i materiały

Autonomiczny rejestrator danych, zestaw doświadczalny (opis w dalszej części opracowania), instrukcja do ćwiczeń.

Przebieg doświadczenia i rejestracja pomiarów

Wprowadzenie teoretyczne

Ciepło właściwe to ilość energii niezbędna do zmiany temperatury ciała o jednostkowej masie o jednostkę temperatury.

W przyrodzie jest tak, że niektóre substancje szybciej, a inne wolniej zmieniają swoją temperaturę. Na przykład metale mają zdolność do szybkiego „ogrzewania się”. Garnki stojące na zapalanej kuchence mogą poparzyć. Dlatego stosuje się uchwyty drewniane lub polimerowe, które mają znacznie wyższe ciepło właściwe niż metale.

Woda jest słabym przewodnikiem ciepła, tzn. potrzeba dużo energii, aby zwiększyć temperaturę tej substancji. Ciepło właściwe wody wynosi $4190 \text{ J/kg}\cdot^{\circ}\text{C}$, w porównaniu z miedzią ($385 \text{ J/kg}\cdot^{\circ}\text{C}$) lub wolframem ($134 \text{ J/kg}\cdot^{\circ}\text{C}$) możemy uznać ją za dobry izolator ciepła.

Naszym zadaniem będzie wyznaczenie ciepła właściwego wody przy pomocy czajnika elektrycznego, zaniehbując straty energii, wykorzystując znaną zależność:

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

gdzie Q – energia potrzebna do ogrzania substancji o temperaturę ΔT , m – masa ogrzewanej substancji, ΔT – zmiana temperatury, c_w – ciepło właściwe substancji.

Część doświadczalna

a) Zaplanowanie i przygotowanie zestawu pomiarowego

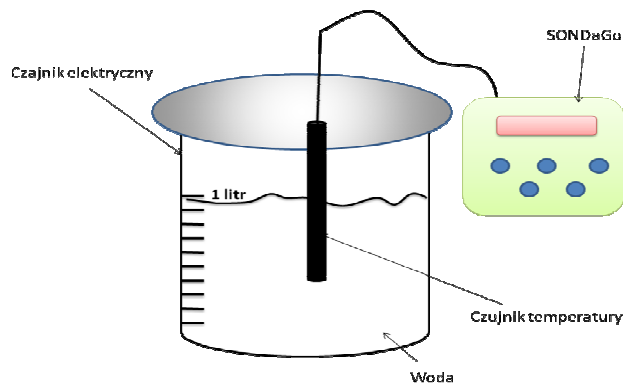
W skład zestawu wchodzi następujące elementy:

- autonomiczny rejestrator danych (datalogger),
- czujnik temperatury (od -30°C do 110°C),

- cylinder miarowy,
- czajnik elektryczny,
- stoper,
- woda o temperaturze pokojowej,
- waga elektroniczna,
- komputer typu PC, oprogramowanie współdziałające z datalogger'em.

b) Wykonanie doświadczenia

- Zestaw układ doświadczalny zgodnie z Rys. 1.



Rys. 1. Układ pomiarowy.

- Zmierz masę czajnika, następnie wlej do niego ok. 1 litr wody i ponownie zmierz masę.
- Wyznacz masę wody.
- Umieść czujnik temperatury w czajniku, zanurzając go w wodzie.
- Włącz rejestrator danych, wybierz przycisk *pomiary*, ustaw odpowiedni kanał z czujnikiem temperatury, wybierz czas próbkowania 1 s, rozpocznij pomiar naciskając *start*.
- Zanotuj początkową temperaturę wody.
- Włącz czajnik elektryczny i jednocześnie rozpocznij pomiar czasu.
- Zakończ pomiar czasu gdy woda osiągnie temperaturę ok. 70 °C, wyłączając jednocześnie czajnik.
- Poczekaj, aż temperatura wody zacznie obniżać się, rejestrując maksymalną temperaturę.
- Zakończ pomiar.

Opracowanie wyników. Wnioski.

W celu wyznaczenia ciepła właściwego wody należy:

1. Z dokumentacji czajnika elektrycznego odczytać moc urządzenia (w naszym przypadku jest to $P = 1500W$).
2. Ze wzoru na pracę $W = P \cdot \Delta t$ obliczyć pracę prądu elektrycznego. Przyjmujemy, że praca ta została w całości zamieniona na energię pobraną przez wodę.

$$Q = W = 1500W \cdot 136,4s = 204600J = 204,6kJ$$

3. Wyznaczamy masę wody $m = m_k - m_p$.

$$m = 1,390kg - 0,460kg = 0,930kg$$

4. Wyznaczamy różnicę temperatur $\Delta T = T_k - T_p$.

$$\Delta T = 71,6^\circ C - 26,0^\circ C = 45,6^\circ C$$

5. Ze wzoru

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

wyznaczamy ciepło właściwe wody.

$$c_w = \frac{204600J}{0,939kg \cdot 45,6^\circ C} \approx 4824,56 \frac{J}{kg \cdot ^\circ C}$$

6. Porównanie otrzymanego wyniku z wartością tabelaryczną.

Ciepło właściwe wody w tabeli wynosi: Ciepło właściwe otrzymane z pomiarów:

$$4190 \frac{J}{kg \cdot ^\circ C} \qquad 4825 \frac{J}{kg \cdot ^\circ C}$$

7. Dyskusja niepewności pomiarowej.

Zawsze należy pamiętać, że każdy pomiar fizyczny obarczony jest pewnym błędem systematycznym, który wynika z dokładności przyrządu pomiarowego.

Na dokładność pomiaru mają wpływ, również warunki zewnętrzne, tj. temperatura otoczenia, wilgotność, itp.

Od wykonującego pomiar też zależy, czy będzie on względnie dokładny, czy też nie. Jeżeli badaczowi w trakcie pomiaru będą się trzęsły ręce, albo będzie niewyspany i jego czas reakcji będzie znacznie dłuższy niż zwykle, lub będzie miał zamazane okulary, to wszystko może negatywnie wpłynąć na dokładność pomiaru.

Założmy jednak, że wykonujący doświadczenie będzie w pełni dyspozycyjny i rozważmy tylko błędy wynikające z niedoskonałości urządzeń pomiarowych.

Na przykład:

- stoper – dokładność pomiaru $\Delta t = \pm 0,1s$
- waga elektroniczna – dokładność pomiaru $\Delta m = \pm 0,01kg$
- czujnik temperatury – dokładność pomiaru $\Delta T = \pm 0,1^\circ C$

Warto jeszcze zwrócić uwagę na sprawność czajnika elektrycznego, która zwykle wynosi 80% - 95%.

Te wszystkie czynniki mogą wpłynąć na dokładność naszego pomiaru. Należy uświadomić sobie, iż wynik mierzonej wielkości jest tylko pewnym przybliżeniem rzeczywistego wyniku.

Możemy pokusić się o wyznaczenie *błędu względnego* naszego wyniku:

$$\delta = \frac{x - x_o}{x_o} \cdot 100\%$$

x – wartość mierzona, x_0 – wartość dokładna.

$$\delta = \frac{x - x_0}{x_0} \cdot 100\% = \frac{4825 - 4190}{4190} \cdot 100\% \approx 15\%$$

Nasz błąd względny wyniósł ok. 15%. Ostateczny wynik możemy zapisać następująco:

$$c_w = (4825 \pm 15\%) \frac{J}{kg \cdot ^\circ C}$$

Wnioski

1. Każdy pomiar fizyczny obarczony jest niepewnością pomiarową.
2. Niepewność pomiarowa zależy od dokładności przyrządu oraz czynników zewnętrznych.
3. W rzeczywistości, energia pobrana przez wodę nie jest równa 204,6kJ. Część tej energii pobiera czajnik (dotykając go w czasie pomiaru możemy odczuć, że jest gorący) oraz otoczenie.
4. Sprawność czajnika elektrycznego nigdy nie wynosi 100%.
5. Uwzględniając straty energii otrzymalibyśmy dokładniejszy wynik ciepła właściwego wody.

Literatura

- [1]. Szydłowski H., *Fizyczne Laboratorium Mikrokomputerowe*, Poznań 1994.
- [2]. Turło J., Karbowski A., Służewski K., Osiński G., Turło Z., *Przykłady wykorzystania technologii informacyjnej w edukacji przyrodniczej*, PME F IF UMK, Toruń 2008.
- [3]. Turło J., Firszt F., Karbowski A., Osiński G., Służewski K., *Laboratorium fizyczne dla nauczyciela przyrody*, Praca zbiorowa pod redakcją Józefiny Turło, PDF IF UMK, Toruń 2003.
- [4]. Roger Frost, *The IT In Science book of Datalogging and control*, IT in Science 1997.
- [5]. Rozporządzenie Ministra Edukacji Narodowej z dnia 23 grudnia 2008 r. w sprawie podstawy programowej wychowania przedszkolnego oraz kształcenia ogólnego w poszczególnych typach szkół.