

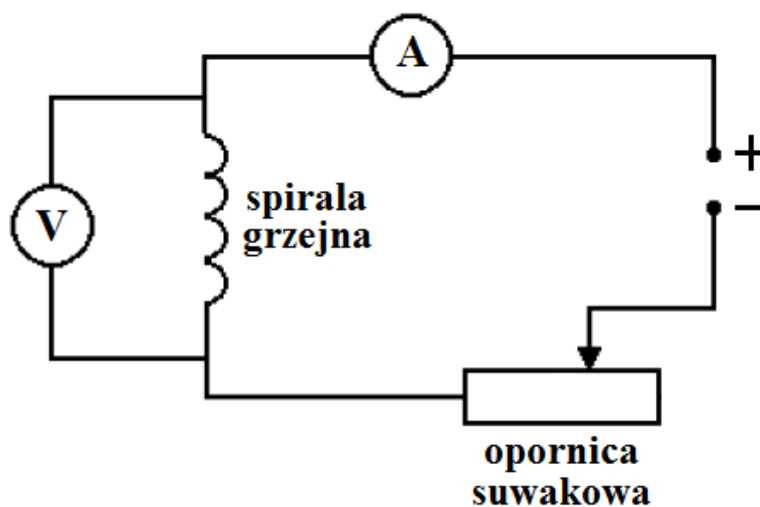
24 WYZNACZANIE ILOŚCI CIEPŁA RÓWNOWAŻNEJ KALORII

I. ZAGADNIENIA TEORETYCZNE

- Zjawisko przepływu ciepła na podstawie molekularno-kinetycznej teorii budowy materii;
- I i II zasada termodynamiki;
- prawo Joule'a, przemiany energii w obwodzie elektrycznym;
- ciepło właściwe wody;
- bilans cieplny i metoda kalorymetryczna;
- kaloria jako jednostka energii nienależąca do układu SI.

II. POMIARY

1. Wyjąć z kalorymetru naczynko kalorymetryczne i zważyć je.
2. Napełnić naczynko wodą w takiej ilości, aby jej poziom sięgał około 1,5 cm poniżej krawędzi naczynia i ponownie zważyć naczynie wraz z wodą.
3. Upewnij się, że układ pomiarowy jest zmontowany według poniższego schematu (rys. 1).



Rys. 1. Schemat układu pomiarowego

4. Pomiar w ćwiczeniu jest wspomagany komputerowo, co oznacza, że woltomierz, amperomierz i termometr wykorzystywane w doświadczeniu są połączone z interfejsem CLAB. Dane rejestrowane podczas ćwiczenia są przetwarzane w programie COACH 7.
5. Poprosić prowadzącego o sprawdzenie poprawności połączenia układu i uruchomić komputer. Do komputera należy zalogować się jako użytkownik w domenie uwr.edu.pl, jeśli logowanie nie powiedzie się proszę użyć uniwersalnego konta studenckiego.
6. Włączyć ćwiczenie wspomagane komputerowo naciskając myszą dwukrotnie plik o nazwie *Ćw.24* znajdujący się na pulpicie. Po uruchomieniu pliku komputer powinien automatycznie połączyć się z interfejsem. W przypadku braku połączenia należy nacisnąć biały przycisk na obudowie CLABa - znajdująca się na nim kontrolka powinna świecić się na zielono lub

zamknąć i ponownie otworzyć plik, aby uzyskać połączenie. Zamykając program nie zapisujemy wyników.

7. Przy odłączonym zasilaczu rozpocząć rejestrowanie mierzonych w ćwiczeniu wielkości fizycznych w programie COACH 7. Szczegóły dotyczące funkcjonalności programu znajdują się w części V. DODATEK.

8. Po upływie 100 sekund połączyć zasilacz z grzałką i dobrać napięcie zasilania tak, aby amperomierz wskazywał przepływ prądu o natężeniu $I = 1,2$ A. Odłączyć zasilacz po czasie potrzebnym na ogrzanie wody w kalorymetrze o ok. 5°C , ale nadal kontynuować pomiary w programie COACH 7.

9. Po upływie 100 sekund od wyłączenia zasilania zakończyć pomiar w programie COACH 7.

10. Mierzone w ćwiczeniu wartości napięcia na elemencie grzejnym, prądu płynącego w obwodzie, temperatury wody oraz czasu pomiaru są zapisywane w postaci tabeli w programie COACH 7 i mogą być przeglądane, analizowane i pobrane w formacie arkusza kalkulacyjnego.

III. OPRACOWANIE WYNIKÓW POMIARÓW

Zadanie 1. Metoda uproszczona

1. Odczytać z tabeli pomiarowej w programie COACH 7 wartość temperatury początkowej (T_p) wody i kalorymetru tuż przed włączeniem zasilania grzałki.

2. Odczytać z tabeli pomiarowej w programie COACH 7 wartość temperatury końcowej (T_k) wody i kalorymetru oraz czas (t) pracy grzałki.

3. Wybrać z tabeli pomiarowej wartości napięcia zasilania grzałki (U) oraz wartości natężenia prądu płynącego przez grzałkę (I) dla 120, 180, 240, 300 oraz 360 sekundy trwania pomiaru. Na tej podstawie wyznaczyć średnią wartość napięcia zasilania grzałki oraz średnią wartość natężenia prądu przez nią płynącego. Niepewność wyników obliczyć metodą A (wzór (2) ONP).

4. Na podstawie zebranych danych obliczyć ilość energii (J) odpowiadającą jednej kalorii (cal). W tym celu:

- wyznaczyć pracę (W) wykonaną przez prąd przepływający przez spiralę grzejącą,
- wyznaczyć ilość energii (Q), jaką dostarczono w ćwiczeniu wodzie, aby ogrzać ją o 1°C , przyjmij $c_w = 1000,0 \text{ cal}/(\text{kg}\cdot^{\circ}\text{C})$, $u(c_w) = \pm 1,0 \text{ cal}/(\text{kg}\cdot^{\circ}\text{C})$,
- w bilansie uwzględnić fakt ogrzewania kalorymetru (materiał, z którego wykonano kalorymetr to mosiądz – $c_m = 89,60 \text{ cal}/(\text{kg}\cdot^{\circ}\text{C})$, $u(c_m) = \pm 0,10 \text{ cal}/(\text{kg}\cdot^{\circ}\text{C})$).

5. Niepewność ilości energii odpowiadającej kalorii $u(Q)$ obliczyć korzystając z prawa przenoszenia niepewności maksymalnej (wzór (18) ONP).

Zadanie 2. Metoda rozszerzona

1. Z danych zawartych w tabeli pomiarowej w programie COACH 7 oraz sporządzonego na ich podstawie wykresu zależności $T=f(t)$ wyznaczyć wartość temperatury początkowej (T_p) oraz końcowej (T_k) wody i kalorymetru metodą interpolacji.

2. Odczytać czas pracy grzałki (t).

3. Dla wszystkich zarejestrowanych podczas zasilania grzałki wartości napięcia oraz wartości natężenia prądu przez nią płynącego wyznaczyć średnią wartość napięcia zasilania grzałki (U_{sr}).

oraz średnią wartość natężenia prądu (I_{sr}) przez nią płynącego. Niepewność wyników obliczyć metodą A (wzór (2) ONP).

4. Na podstawie zebranych danych obliczyć ilość energii odpowiadającą jednej kalorii (cal). W tym celu:

- wyznaczyć pracę (W) wykonaną przez prąd przepływający przez spiralę grzejną,
- wyznaczyć ilość energii (Q), jaką dostarczono w ćwiczeniu wodzie, aby ogrzać ją o $1^\circ C$, przyjmij $c_w = 1000,0 \text{ cal/(kg}\cdot^\circ C)$, $u(c_w) = \pm 1,0 \text{ cal/(kg}\cdot^\circ C)$,
- w bilansie uwzględnić fakt ogrzewania kalorymetru (materiał, z którego wykonano kalorymetr to mosiądz – $c_m = 89,60 \text{ cal/(kg}\cdot^\circ C)$, $u(c_m) = \pm 0,10 \text{ cal/(kg}\cdot^\circ C)$).

5. Niepewność ilości energii odpowiadającej kalorii $u(Q)$ obliczyć korzystając z prawa przenoszenia niepewności maksymalnej (wzór (18) ONP).

IV. LITERATURA

Sz. Szczeniowski - „Fizyka doświadczalna” t. II i III (rozdz. 3)

A. Zawadzki, H. Hofmohl - „Laboratorium fizyczne”

Inne podręczniki kursowe

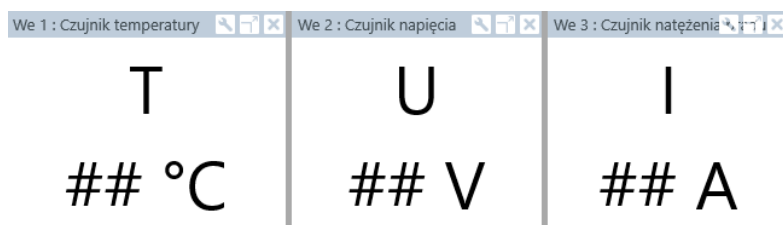
OpenStax - Samuel J. Ling, Jeff Sanny, William Moeb - Fizyka dla szkół wyższych, Tom II

V. DODATEK

A. Coach 7


Oprogramowanie *Coach 7* jest środowiskiem pomiarowym wspomagającym wykonywanie złożonych pomiarów fizycznych i wizualizację ich wyników. Program współpracuje z różnymi interfejsami pomiarowymi oraz podłączonymi z nimi czujnikami. Zarejestrowane dane mogą być w programie w czasie rzeczywistym przedstawiane w postaci wskaźników, tabel oraz na wykresach. Zarejestrowane dane można wyeksportować do dalszej analizy w postaci pliku arkusza kalkulacyjnego.

W ćwiczeniu wykorzystywany jest interfejs CLAB umożliwiający połączenie trzech czujników. Do wejścia nr 1 interfejsu podłączony jest termometr, do wejścia nr 2 woltomierz, a do wejścia nr 3 amperomierz. Rejestrowane przez czujniki wartości wielkości fizycznych są wyświetlane w oknach programu w postaci wskaźników (rys.2).



Rys. 2 Okna wartości mierzonych w ćwiczeniu wielkości fizycznych.

B. Rejestrowanie wyników pomiarów


Rejestrowanie wartości mierzonych wielkości fizycznych rozpoczyna się po naciśnięciu przycisku  znajdującego się w górnym pasku narzędzi programu. Przycisk ten zmienia

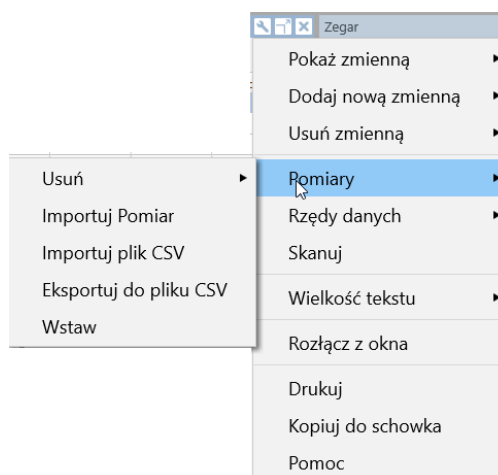
wówczas swój kształt, a jego ponowne naciśnięcie kończy proces rejestrowania danych. Podczas trwania pomiaru wartości czasu pomiaru (t) oraz mierzonych wielkości fizycznych (T , U i I) są na bieżąco wyświetlane na ekranie w postaci wskaźników oraz w tabeli pomiarowej (rys.3).

Nazwa	czas (s)	T (°C)	U (V)	I (A)
1	0	25,9	0,0	0,00
	5	25,8	0,0	0,00
	10	25,9	0,0	0,00
	15	25,9	0,0	0,00
	20	26,1	0,0	0,00
	25	26,1	0,0	0,00
	30	25,9	0,0	0,00
	35	25,8	0,0	0,00
	40	25,8	0,0	0,00

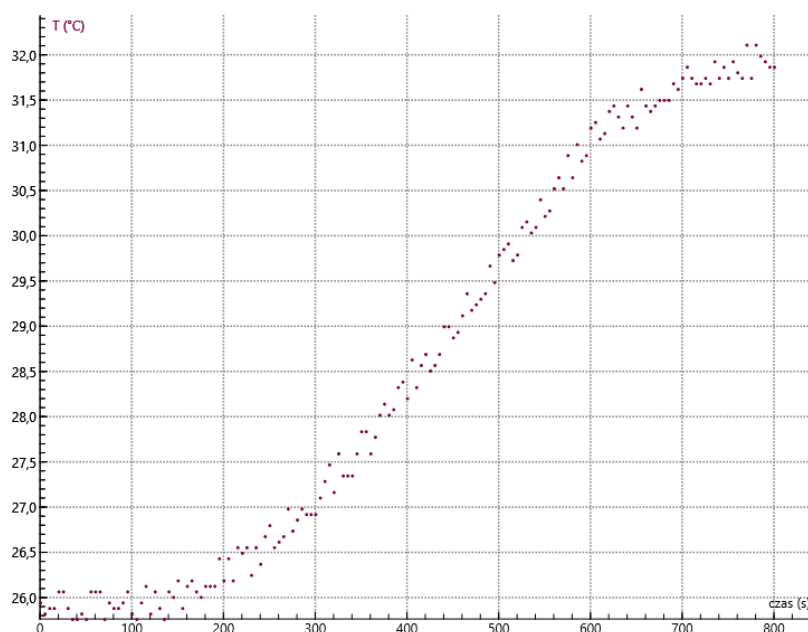
Rys. 3 Fragment tabeli danych rejestrowanych w ćwiczeniu.

C. Przetwarzanie danych

Po zakończeniu rejestrowania danych wyniki pomiarów można przeglądać w tabeli, na wykresie oraz wyeksportować w formacie arkusza kalkulacyjnego. Aby wyeksportować plik należy w prawym górnym rogu okna tabeli nacisnąć ikonę z symbolem klucza . Akcja ta spowoduje pojawienia się okna, w którym należy wybrać polecenie *Pomiary*, a następnie najechać myszą na opcję *Eksportuj do pliku CSV* (rys.4).



Rys. 4 Okna poleceń umożliwiających wyeksportowanie wyników pomiarów do pliku arkusza kalkulacyjnego.



W ćwiczeniu, w czasie rzeczywistym, jest także prezentowany wykres zależności temperatury wody i kalorymetru (T) od czasu pomiaru (t) (rys. 5).

Rys. 5 Wykres zależności $T = f(t)$ prezentowany w ćwiczeniu.