

## WYZNACZANIE CIEPŁA PAROWANIA WODY PRZY POMOCY WAGI

- I. Cel ćwiczenia:** zapoznanie z jedną z metod pomiarów kalorymetrycznych i oceną dokładności tych pomiarów.
- II. Przyrządy:** waga laboratoryjna, naczynie z wodą zamykane korkiem z rurką, amperomierz, woltomierz, autotransformator, transformator separujący.
- III. Literatura:** [1] J. L. Kacperski, K. Niedźwiedziuk – I Pracownia Fizyczna,  
[2] J. L. Kacperski – I Pracownia Fizyczna ,  
[3] H. Hofmokl, A. Zawadzki – Laboratorium Fizyczne.

### IV. Wprowadzenie

Przeniesienie pojedynczej cząsteczki danej substancji z fazy ciekłej do gazowej (parowanie) wymaga dostarczenia energii potrzebnej do przewyciężenia sił przyciągania przez sąsiednie cząsteczki (sił spójności) i pokonania ciśnienia zewnętrznego.

Energię potrzebną do zamiany jednostki masy cieczy na parę bez zmiany temperatury nazywamy ciepłem parowania  $c_p$ .

Ciepło parowania zależy od rodzaju cieczy i temperatury. Wartość jego maleje ze wzrostem temperatury i wynosi zero dla temperatury zwanej krytyczną, w której zanikają różnice własności fizycznych fazy stanu pary nasyconej i cieczy (w przypadku wody temperatura krytyczna wynosi  $374,2^{\circ}\text{C}$ ). Powyżej tej temperatury nawet niewyobrażalnie wielkie ciśnienie nie spowoduje utrzymania stanu cieczy. Przy wyznaczaniu wartości ciepła parowania należy zawsze podać temperaturę, w której odbywa się pomiar. W tym ćwiczeniu mierzymy ciepło parowania w temperaturze wrzenia.

### V. Metoda pomiarowa

Energia dostarczana jest przez spiralę grzejną, umieszczoną w izolowanym termicznie naczyniu z wodą (rys.1).

Straty ciepła  $q$  są stałe dla danej temperatury otoczenia, jeśli zaniedbać promieniowanie grzejnika. Bilans cieplny ma więc postać:

$$P t = m c_p + q \cdot t \quad (1)$$

gdzie  $P = U I$  oznacza moc grzejnika,  $m$ -masę wody, która wyparowała w czasie  $t$ ,  $q$  – straty ciepłne,  $c_p$  – ciepło parowania wody.

Ze związku (1) wyznaczamy  $c_p$ :

$$c_p = \frac{P - q}{m} t = \frac{P}{m} t - \frac{q}{m} t \quad (2)$$

Z ostatniej zależności wynika, że nieznane straty  $q$  mają tym mniejszy wpływ na wyniki, im większa jest moc grzejnika. Oznaczmy we wzorze (2)

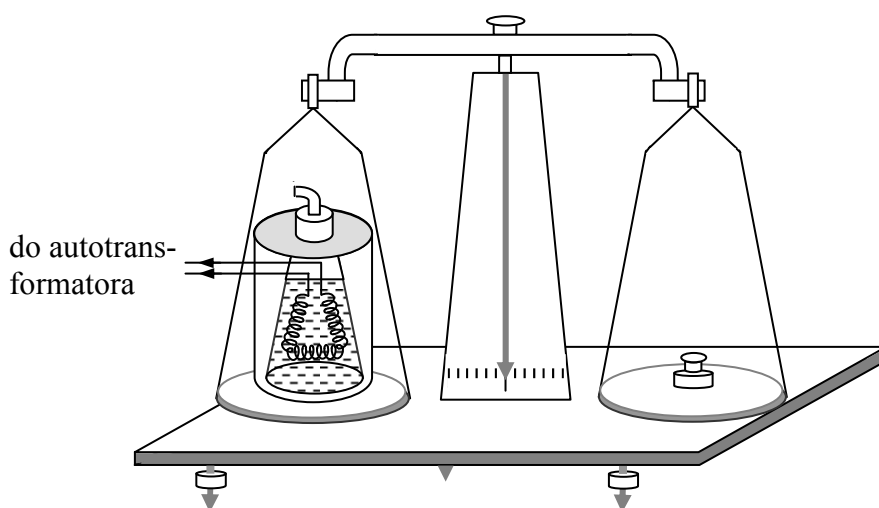
$$c'_p = \frac{P}{m} t$$

Wielkość  $c'_p$  oznacza sumę ciepła parowania i strat, przypadających na jednostkę masy. Jeśli pomiary przeprowadza się dla różnych mocy grzejnika, przy zachowaniu stałej masy  $m = \text{const}$ , to wówczas większej mocy będzie odpowiadał krótszy czas pomiaru. Na tym fakcie oparta jest idea doświadczenia. Należy wyznaczyć  $c'_p$  w serii pomiarów dla różnych mocy. Wykres zależności  $c'_p$  od czasu  $t$ , należy następnie ekstrapolować do  $t = 0$ , tzn. dla przypadku „nieskończenie dużej” mocy grzejnika. Prosta przecięnie oś rzędnych w punkcie bliskim wartości ciepła parowania  $c_p$  (wynik obarczony jest błędem systematycznym związanym m. in. z zaniedbaniem promieniowania grzejnika). Oczekiwana zależność ma charakter liniowy, co wynika ze wzoru (2), który zapiszmy w bardziej dogodnej postaci

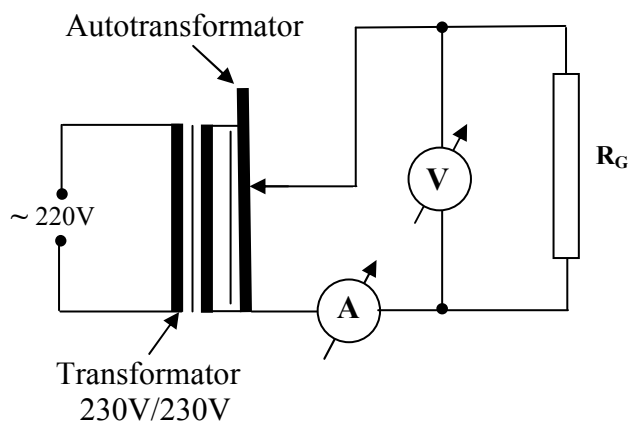
$$c'_p = c_p + \frac{q}{m} t \quad (3)$$

Ze wzoru (3) widać, że wyznaczając współczynnik kierunkowy prostej jesteśmy w stanie ocenić straty ciepłne  $q$ , przypadające na jednostkę masy.

## VI. Układ doświadczalny



Rys.1 Naczynie pomiarowe z wagą.



Rys.2 Schemat elektryczny układu pomiarowego

## VII. Pomiary.

1. Połączyć obwód elektryczny wg schematu z rys.2.
2. Na jednej szalce wagi umieszczone jest naczynie pomiarowe, na drugiej szalce należy położyć odważnik o niezbyt dużej masie np. 10 g. Następnie do naczynia dodać nieco wody, aż do uzyskania niewielkiej nadwagi. Korek od naczynia w trakcie dolewania wody musi znajdować się na szalce!
3. Włączyć prąd i ustawić za pomocą autotransformatora odpowiednie napięcie. Odczyty z woltomierza i amperomierza pozwolą obliczyć moc wydzieloną w grzejniku.
4. W momencie, gdy skutek parowania wody, masy na obu szalkach wagi zrównają się, włączyć stoper, a następnie zdjęć z wagi położony wcześniej odważnik 10 g.
5. Po odparowaniu 10 g wody, czyli po ponownym uzyskaniu równowagi przez wagę zatrzymać stoper.
6. Powtórzyć pomiary dla innych mocy grzejnika (łącznie ok. 10 pomiarów).
7. Wyniki umieścić w tabeli.

Lp.	U (V)	I (A)	P = U I (W)	m (kg)	t (s)	$c'_p = \frac{Pt}{m}$

## VIII. Opracowanie wyników

1. W oparciu o wyniki pomiarów sporządzić wykres zależności  $c'_p = c'_p(t)$ .
2. W układzie współrzędnych  $y = c'_p$ ,  $x = t$ , stosownie do wzoru (3), zależność ta powinna być liniowa. Metodą najmniejszych kwadratów lub graficznie wyznaczyć parametry  $a$  i  $b$  prostej  $y = ax + b$  ( $a = q/m$ ,  $b = c_p$ ) oraz ich niepewności  $\Delta a$  i  $\Delta b$ .
3. Podać obliczoną wartość ciepła parowania  $c_p$  i straty ciepłne przypadające na jednostkę masy.