

# Lucrări de Laborator Asistate de Calculator

## Determinarea căldurii specifice a lichidelor și solidelor

Rusu Al., Pîrțac C., Gutium S.

Universitatea Tehnică a Moldovei  
Chișinău, Moldova  
fizica.rusu@gmail.com

**Abstract** — We propose a method to determine the specific heat of liquids and solids, which involves the heating of the substance under investigation in an electrical calorimeter and collecting data points using a digital thermometer interfaced with a computer. The software enables data transfer from the digital thermometer to the computer, processing it using the Least-Squares Method to determine the specific heat of the studied substance and concluding with report of this laboratory workshop.

**Key words** — Digital thermometer interfaced with computer, electrical calorimeter, specific heat.

### I. INTRODUCERE

Studierea prin cercetare a diferitor procese fizice la lucrările de laborator efectuate în mod tradițional este împiedicată de imposibilitatea în timpul rezervat unei lucrări de laborator de a colecta și, mai ales, a prelucra un număr mare de date experimentale ce însoțesc studiul. Această piedică poate fi înlăturată, dacă se folosesc aparate de măsură digitale interfațate calculatorului, precum și softuri speciale ce permit în timp scurt achiziția datelor și procesarea lor. În calitate de exemplu, vom analiza posibilitățile studierii procesului de încălzire a diferitor substanțe în vederea determinării căldurii specifice ale acestora utilizând pentru măsurarea temperaturii

substanțelor un termometru digital interfațat calculatorului.

Acesta este destinat măsurării peste intervale egale de timp a temperaturii unui sistem aflat în echilibru termodinamic și transferului datelor colectate la calculator. În lucrare se utilizează drept sistem termo-

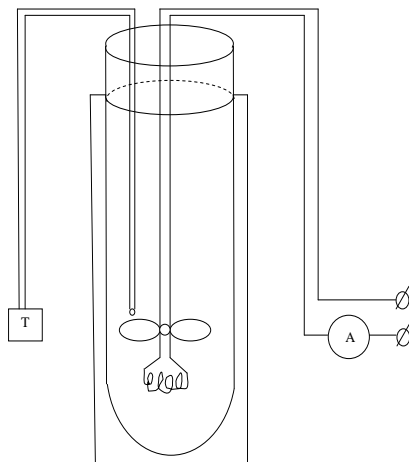


Fig. 1

dinamic un electrocalorimetru constituit dintr-un termos, în care se află un încălzitor electric, un agitator, senzorul termometrului digital și o anumită cantitate de apă  $m_0$  (fig. 1).

### II. CONSIDERAȚII TEORETICE ȘI EXPERIMENTALE

Instalația experimentală permite stabilirea dependenței variației temperaturii sistemului  $\Delta t^\circ$  de timpul încălzirii  $t$ . Această dependență trebuie să fie liniară, întrucât cantitatea de căldură desprinsă de la încălzitorul de rezistența  $R$  prin care circulă un curent electric de intensitatea  $I$ :  $Q = I^2 R t$  este egală cu cantitatea de căldură absorbită de sistem:  $Q = C_s \Delta t^\circ$ , unde  $C_s$  este capacitatea calorică a sistemului menționat:

$$\Delta t^\circ = \frac{I^2 R}{C_s} t \quad (1)$$

Această relație este valabilă pentru cazul când procesul de încălzire este cvasistatic. La început însă se realizează un proces tranzitoriu de o anumită durată în care căldura desprinsă de la încălzitor este distribuită uniform în întreg

sistemul cu ajutorul agitatorului. Numai după aceasta începe procesul cvasistatic la care se referă relația (1). Trebuie, de asemenea, de luat în seamă și faptul că măsurările pot fi însoțite de anumite erori sistematice comise la măsurarea variației tem-

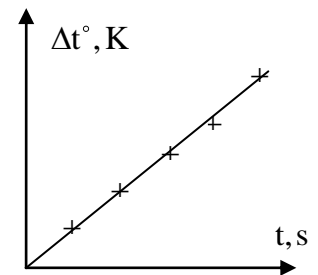


Fig. 2

raturii sistemului  $\Delta t^\circ$  și al timpului încălzirii  $t$ . Toate aceste circumstanțe conduc la apariția în (1) a unui termen liber  $b_0$ :

$$\Delta t^\circ = \frac{I^2 R}{C_s} t + b_0 \quad (2)$$

Relația (2) reprezintă o dependență liniară de tipul  $Y = p_0 X + b_0$ , unde  $Y = \Delta t^\circ$ ,  $p_0 = I^2 R / C_s$  și  $X = t$ . Astfel, construind graficul dependenței (2) (fig. 2) și determinându-i panta, vom putea determina capacitatea calorică a sistemului:

$$C_s = I^2 R / p_0 \quad (3)$$

Valoarea capacității calorice a sistemului determinată astfel nu este afectată de eventualele erori sistematice comise la măsurarea temperaturii sistemului  $\Delta t^\circ$  și al timpului încălzirii  $t$ , întrucât valoarea pantei dreptei nu depinde de  $b_0$ . Măsurarea temperaturii sistemului  $t^\circ$  se va realiza peste intervale consecutive egale de timp  $\Delta t$ , termometrul digital având această posibilitate. Astfel,  $Y = \Delta t^\circ = t_N^\circ - t_0^\circ$ , iar  $X = t = N \Delta t$ , unde  $N$  este numărul de măsurări a

temperaturii. Pentru a putea determina valoarea medie a mărimii  $C_s$  și incertitudinea standard a acesteia este necesar să repetăm experiența de mai multe ( $n_0 \geq 5$ ) ori în aceleași condiții. Softul elaborat permite construirea segmentului de dreaptă (2), calcularea pantei  $p_0$  și a termenului liber  $b_0$ , precum și calcularea incertitudinii standard ale pantei și termenului liber după metoda celor mai mici pătrate [1].

Pentru ca experiența să se realizeze în aceleași condiții înlocuim apa deja caldă de masa  $m_0$  cu altă masă de apă  $m+m_0$  sau cu o masă de apă  $m_0$  și un corp de masa  $m$ , căldura specifică  $c_x$  a căruia se măsoară. Trecând prin încălzitor un curent de aceeași intensitate  $I$  ca și în cazul precedent, avem:

$$I^2 R t = C_s \Delta t^\circ + c_x m \Delta t^\circ. \quad (4)$$

De aici se obține

$$\Delta t^\circ = \frac{I^2 R}{C_s + c_x m} t + b, \quad (5)$$

unde termenul liber  $b$  are aceeași semnificație ca și  $b_0$  în (2). Construind graficul acestei dependențe liniare a variației temperaturii  $\Delta t^\circ$  de timpul  $t$  (fig. 2), se poate determina panta acesteia  $p$ , care conform relației (5) este legată cu mărimile  $C_s$  și  $c_x$  prin relația

$$p = \frac{I^2 R}{C_s + c_x m} \quad (6)$$

Ținând seama de relația  $p_0 = I^2 R / C_s$ , pentru căldura specifică a corpului de masa  $m$  obținem

$$c_x = \frac{I^2 R}{m} \left( \frac{1}{p} - \frac{1}{p_0} \right) \quad (7)$$

Graficul dependenței (5) se va construi de mai multe ori ( $n \geq 5$ ) în aceleași condiții pentru a avea posibilitatea determinării valorii medii a mărimii  $c_x$ , precum și a incertitudinii standard a acesteia. Realizarea în ambele cazuri a unui număr  $n \geq 5$  de serii de măsurări într-un timp scurt este posibilă grație softului elaborat pentru achiziția și prelucrarea datelor experimentale la calculator.

### III. APLICAȚII PRACTICE

Se propune analiza de către studenți sau împreună cu studenții a limitelor de aplicabilitate a metodei de determinare a căldurii specifice utilizată la efectuarea acestei lucrări de laborator ce ține de următoarele aspecte:

1. Metoda aplicată este valabilă pentru cazul când capacitățile calorice ale sistemului, dar și a corpului studiat nu depind de temperatură. Acest aspect nu este cunoscut anticipat. De aceea măsurările trebuie realizate pentru intervale cât mai mici de variație a temperaturii.

2. Formula de calcul a căldurii specifice  $c_x$  (7) este valabilă pentru cazul când pierderile de căldură a sistemului în decursul procesului de încălzire pot fi neglijate. Acest aspect poate fi verificat măsurând temperatura sistemului cu

încălzitorul deconectat în decursul unui interval de timp comparabil cu intervalul de încălzire. Dacă se depășește o micșorare a temperaturii, atunci există pierderi de căldură pe care trebuie să le luăm în seamă. Aceasta se poate face introducând la valorile pantelor dreptelor (2) și (5) corecții egale cu valorile absolute ale pantelor dreptelor construite pentru procesul de răcire. Softul elaborat permite introducerea acestor corecții, dacă este necesar.

3. Formula (7) este valabilă numai pentru cazul când procesul de încălzire este cvasistatic. Instalația de măsurare și softul elaborat permit observarea procesului de stabilire a procesului cvasistatic.

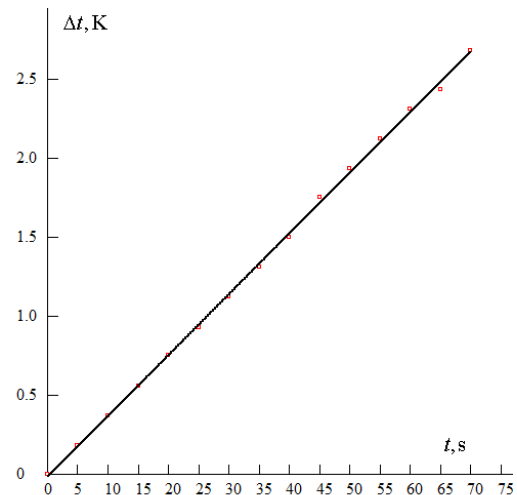


Fig. 3

În fig. 3 este reprezentat unul din graficele dependenței variației temperaturii sistemului de timp în experiența pentru determinarea căldurii specifice a apei. S-au efectuat 6 serii de măsurări pentru determinarea valorii medii a pantei  $p_0$  și 6 serii pentru determinarea valorii medii a pantei  $p$ , obținându-se următoarele valori:  $p_0 = (0,0399 \pm 0,0004) \text{K/s}$  și  $p = (0,0264 \pm 0,0004) \text{K/s}$ . Calculele după formula (7) au condus la următoarea valoare a căldurii specifice a apei:  $c_x = (4188 \pm 37) \text{J}/(\text{kg} \times \text{K})$  pentru nivelul de încredere  $P^* = 0,683$ . Pentru nivelul de încredere  $P^* = 0,999$ :  $c_x = (4188 \pm 254) \text{J}/(\text{kg} \times \text{K})$ .

### IV. CONCLUZII

Utilizarea tehnologiilor informaționale în experimentul fizic didactic facilitează substanțial studiul experimental al proceselor fizice și învățarea prin cercetare ale diferitor legi și relații fizice.

### REFERINȚE

- [1] A. Rusu, S. Rusu, C. Pîrțac. Prelucrarea datelor experimentale. Îndrumar de laborator la fizică. Chișinău, Secția Redactare și Editare a U.T.M., 2012.