

27. Kietųjų kūnų savitosios šilumos matavimas kalorimetru

Užduotis

1. Nustatyti vario, švino ir stiklo savitąsias šilumas.

Pagrindiniai teoriniai klausimai

1. Šiluminė energija.
2. Fonono samprata.
3. Savitosios šilumos priklausomybė nuo temperatūros.
4. *Dulong-Petit* dėsnis.

Tyrimo metodika

Šildomas ar šaldomas kūnas sugeria arba skleidžia šilumos kiekį Q , kuris yra tiesiai proporcingas jo masei m ir temperatūros pokyčiui Δt :

$$Q = cm\Delta t. \quad (1)$$

Proporcingumo koeficientas c yra vadinamas medžiagos, iš kurios sudarytas tas kūnas, savitąja šiluma. Sandauga cm kartais vadinama šilumine talpa. Savitoji šiluma parodo, kokį šilumos kiekį reikia suteikti medžiagos masės vienetui, kad jo temperatūra padidėtų vienu laipsniu. Fizikinis dydis, kuris parodo, kokį šilumos kiekį reikia suteikti vienam medžiagos moliui, kad jo temperatūra padidėtų vienu laipsniu, yra vadinamas moline savitąja šiluma. Šie du medžiagos parametrai siejasi:

$$c_M = Mc, \quad (2)$$

kur M yra medžiagos molio masė.

Pagal (1) sąryšį seka, kad tiriamos medžiagos kūną pasvėrus, išmatavus jo pradinę temperatūrą, radus šilumos kiekį, jo gautą šildant ar prarastą jį atšaldant, bei išmatavus po to galutinę temperatūrą galima nustatyti tos medžiagos savitąją šilumą. Tiesiogiai išmatuoti šilumos kiekį yra sudėtinga, todėl dažniausiai yra sudaromas tiriamo kūno šiluminis kontaktas su kitais žinomų parametrų kūnais, siekiant tarpusavio šilumos mainų balanso. Tą pravartu atlikti kalorimetre – inde su gera šilumine izoliacija, apsaugančia nuo šiluminių mainų su aplinka.

Tyrimo metodas remiasi energijos tvermės dėsniu (šilumos balanso lygtimi). Panagrinėkime šiame darbe numatytą atvejį, kai įkaitintas kūnas įdedamas į kalorimetrą su šaltesniu už jį vandeniu. Tegu tiriamo kūno masė yra m_1 , jis įkaitintas iki pradinės temperatūros t_1 , šiluminės talpos C kalorimetre įpildo vandens masė m_2 , o jo temperatūra t_2 yra tokia pati, kaip ir kalorimetro. Tegu įdėjus kūną į kalorimetrą su vandeniu nusistovi galutinė temperatūra t . Tada šilumos kiekis, kurį prarado ataušdamas kūnas, yra:

$$Q_1 = c_1 m_1 (t - t_1), \quad (3)$$

o vandens ir kalorimetro gautos šilumos kiekis:

$$Q_2 = (c_2 m_2 + C)(t - t_2). \quad (4)$$

Laikant, kad tiriamos medžiagos kūnas, vanduo ir kalorimetras yra uždara sistema,

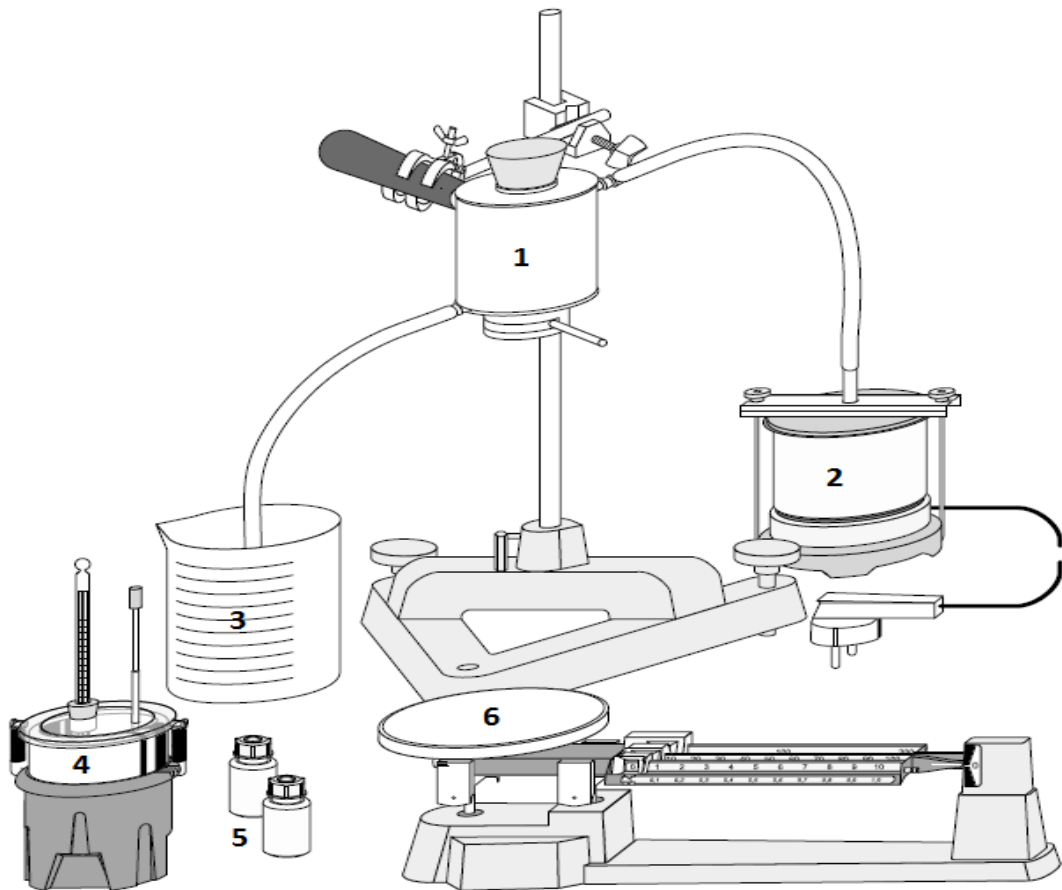
$$Q_1 + Q_2 = 0. \quad (5)$$

Įrašę (3) ir (4) išraiškas, randame tiriamos medžiagos savitąjį šilumą:

$$c_1 = \frac{(c_2 m_2 + C)(t - t_2)}{m_1(t_1 - t)}. \quad (6)$$

Tyrimo eiga

Eksperimento įranga yra parodyta 1 pav. Tiriamos medžiagos rutuliukai yra supilami į sandariai uždaromą kamerą šildytuve (1), pritvirtintame ant stovo. Šildytuvo viršutinė dalis silikonine žarnele yra prijungta prie vandeniu užpildyto ir sandariai uždaryto garų generatoriaus (2), o žemiau prijungta kita silikoninė žarnelė yra skirta garų kondensatui nukreipti į šalia stovinčią stiklinę (3). 1 pav. dar yra parodyti kalorimetras (mažas Diuaro indas) (4), indeliai rutuliukams (5) ir svarstyklės (6).



1 pav. Eksperimento įranga savitajai šilumai matuoti.

1. Pasverkite tuščią stiklinį indą į kurį bersite pasirinktos medžiagos (varinius, švininius ar stiklinius) rutuliukus.
2. Supilkite pasirinktos rūšies (varinius, švininius arba stiklinius) rutuliukus į pasvertą indą ir pasverkite. Nustatykite jų masę m_1 ir suberkite juos į šildymo kamerą.
3. Į garų generatoriaus indą (maždaug 4/5 jo tūrio) pripilkite vandens iš čiaupo ir sandariai jį uždarykite. Į stiklinę (3) pripilkite distiliuoto vandens ir įmerkite į ją prie garų kameros prijungtos žarnelės galą. Įjunkite garų generatorių į elektros tinklą, kaitintuvą nustatykite ties padala 3 ir apie 15 minučių vandens garų srautu šildykite kameroje uždarytus rutuliukus (per tokį laiką jie išils iki temperatūros $t_1 = 100^\circ\text{C}$).

Pastaba: Kaitinimo metu stebėkite iš žarnelės, panardintos į stiklinę (3), kylančius burbuliukus. Jei kaitinimo metu oro burbulai nustoja kilti, vadinasi vanduo esantis garų generatoriuje išgaravo ir reikia NEDELSIANT NUTRAUKTI KAITINIMĄ bei iš naujo papildyti garų generatoriaus indą vandeniu!

4. Kol rutuliukai šyla, pasverkite tuščią Diuaro indą, paskui įpilkite į jį apie 180 ml kambario temperatūros distiliuoto vandens ir pasverkite indą su vandeniu bei tokiu būdu nustatykite tikslią jame esančio vandens masę m_2 .
5. Termometru išmatuokite inde nusistovėjusią vandens temperatūrą t_2 .
6. Rutuliukams išilus, atidarykite šildytuvo dugne esančią angą, suberkite juos į tam skirtą kiaurasamtį ir nedelsdami panardinkite kartu su juo į Diuaro indą ir uždenkite Diuaro indą dangteliu.
7. Temperatūra inde matuojama termometru, įstatytu į tam skirtą angą indo dangtelyje.
8. Kruopščiai pamaišykite vandenį kiaurasamčiu ir užfiksuokite inde nusistovėjusią temperatūrą t (kai ji bus nustojusi didėti).
9. Ištraukite rutuliukus iš indo ir eksperimentą (1-7 punktus) pakartokite su dviejų kitų rūšių rutuliukais.
10. Žinodami Diuaro indo šiluminę talpą C , vandens savitąją šilumą $c_2 = 4,19 \text{ kJ}/(\text{kgK})$ ir pasinaudoję atliktų matavimų rezultatais, pagal (6) formulę apskaičiuokite tirtų medžiagų savitąsias šilumas.
11. Gautas vertes palyginkite su pateiktomis žinyuose ir suformuluokite išvadas.

Laboratorinio stendo fizikiniai parametrai:

Diuaro indo šiluminę talpa C :

27a darbas: $C = 96 \text{ J/K}$; 27b darbas: $C = 103 \text{ J/K}$.

Literatūra:

1. A. Medeišis „Mechanika, molekulinė fizika, elektra ir magnetizmas. Fizikos praktikumas.“, Vilnius, *Vilniaus universiteto leidykla*, 2000, 353 p.
2. J. Kaladė, V. Mickevičius, D. Grabauskas, „Termodinamika ir statistinė fizika“, Vilnius, *Mokslas*, 1982, 380 p.