5.11. KIETŲJŲ KŪNŲ ŠILUMINIO PLĖTIMOSI TYRIMAS

Darbo tikslas

Ištirti įvairių medžiagų šiluminio plėtimosi savybes

Darbo užduotys

- Ištirti kietųjų kūnų šiluminio plėtimosi priklausomybę nuo temperatūros.
- Nustatyti tirtų kietųjų medžiagų šiluminio plėtimosi koeficientus.

Teorinės temos

- Kūnų vidinės energijos ir šilumos sąvokos.
- Šilumos perdavimo būdai: laidumas, konvekcija, spinduliavimas.
- Šilumos srauto ir kiekio sąvokos.
- Savitoji šiluminė talpa.
- Šilumos laidumo koeficientas. Jo fizikinė prasmė ir matavimo vienetai.
- Dujų, skysčių ir kietųjų kūnų šiluminio plėtimosi mechanizmai.

Darbo priemonės ir prietaisai

Šiluminio plėtimosi koeficientui nustatyti skirtas prietaisas (elektrinis šildytuvas, termostatas, stiklinis indas (vonelė), jungiamieji guminiai vamzdeliai), termometras, distiliuotas vanduo, tiriami (matavimo) vamzdeliai (žalvario, geležies, vario, aliuminio, stiklo), mikrometras,.

Darbo metodika

Kiekvieną kūną ar kūnų sistemą sudaro daugybė dalelių (atomų, molekulių ir kt.), kurios dalyvauja netvarkiame šiluminiame judėjime ir nuolat sąveikauja viena su kita. Todėl visų šių dalelių pilnutinė energija, sąlygota jų netvarkingo judėjimo bei tarpusavio sąveikos, vadinama kūno vidine energija. Sąveikaudami tarpusavyje kūnai gali keistis tiek mechanine, tiek vidine energija. Šiluma vadinama ta vidinės energijos dalis, kuri pereina iš vieno kūno į kitą arba iš vienos kūno vietos į kitą. Todėl sakoma, kad įkaitęs kūnas turi daug vidinės energijos ir šaltesniam kūnui gali perduoti tam tikrą šilumos kiekį.

Kai medžiaga yra šildoma, jos dalelės pradeda smarkiau judėti. Kietieji kūnai, skysčiai ar dujos, reaguodami į temperatūros pokyčius plečiasi. Linijinis matmenų pasikeitimas, būdingas kietiesiems kūnams, ir dujų ir skysčių tūrio pasikeitimai vadinami šiluminiu plėtimusi. Šiluminį plėtimąsi daugiausia lemia temperatūra ir medžiagos tankis.

Kiekybinis šiluminio plėtimosi rodiklis yra šiluminio plėtimosi koeficientas. Šiluminio plėtimosi koeficientas nurodo medžiagos ilgio, ploto ar tūrio pokytį kintant temperatūrai, bet esant pastoviam slėgiui (vykstant izobariniam procesui). Šiluminio plėtimosi koeficientas lygus santykiniam kūno tūrio padidėjimui padidinus temperatūrą vienu kelvinu.

Linijinis šiluminio plėtimosi koeficientas naudojamas aprašant kietųjų kūnų šilumines savybes. Tarkime, jog l ilgio kūnas pakaitinamas Δt temperatūros skirtumu. Jeigu Δt yra nedidelis, tai kūno pailgėjimas Δl yra proporcingas Δt:

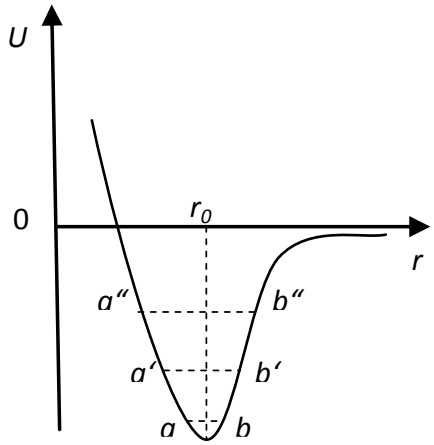
$$\Delta l = \alpha l_0 \Delta t \qquad (5.11.1)$$

čia l_0 – kūno ilgis 0 °C temperatūroje, α – linijinio plėtimosi koeficientas.

Linijinio plėtimosi koeficientas išreiškiamas:

$$\alpha = \frac{\Delta l}{l_0 \cdot \Delta t}. \qquad (5.11.2)$$

Linijinį šiluminį plėtimąsi galima paaiškinti 5.11.1 pav. parodyta kreive, kuri vaizduoja dviejų molekulių (atomų) tarpusavio sąveikos potencinės energijos U(r) priklausomybę nuo atstumo r tarp abiejų molekulių (atomų). Dalelei esant šiluminėje pusiausvyroje, jos būsena aprašoma pilnutine energija, kuri yra lygi kinetinės ir potencinės energijų sumai. Jeigu temperatūra T_1 nedidelė, tai dalelė svyruoja apie pusiausvyros padėtį r_0 tarp taškų a ir b, kur a$r_0 \approx$ br_0. Keliant kūno temperatūrą, keičiasi turima pilnutinė energija E_2, E_3 ir t. t. ir dalelė ima judėti tarp taškų a' ir b', a" ir b" ir t. t., kur a'$r_0 <$ r_0b', a"$r_0 <$ r_0b" ir t. t. Nelygybė stiprėja didėjant temperatūrai. Tai vyksta todėl, kad, kaitinant kūną, dalelių pilnutinės energijos funkcija tampa asimetrinė, t. y. taškas a' (a" ir t. t.) nuo pusiausvyros padėties r_0 tolsta lėčiau nei taškas b' (b" ir t. t.). Dėl to, kaitinant kūną, didėja atstumas tarp dalelių (molekulių) ir kartu kūnas plečiasi.

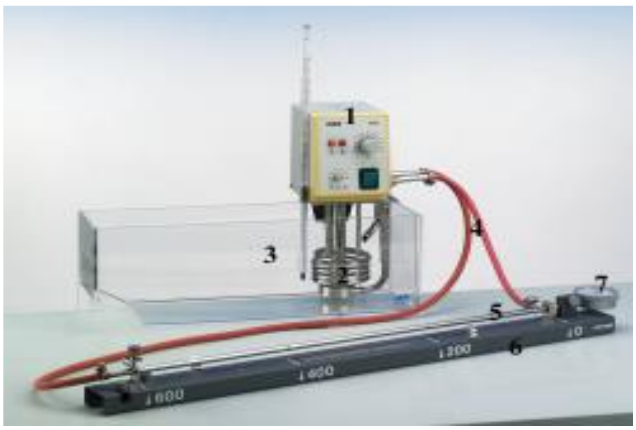


5.11.1 pav. Dviejų molekulių (atomų) tarpusavio sąveikos potencinės energijos $U(r)$ priklausomybė nuo atstumo r

Nevienalytės (anizotropinės) medžiagos plėtimosi koeficientas α yra skirtingas įvairiomis kryptimis. Varis, aliuminis ir bronza yra izotropinės medžiagos, todėl tiesinis plėtimosi koeficientas yra vienodas visomis kryptimis.

Darbo eiga

1. Surenkamas eksperimento stendas (5.11.2 pav.).
2. Į indą 3 (5.11.2 pav.) įpilama distiliuoto vandens tiek, kad jis apsemtų termostato šildymo elementą.



5.11.2 pav. Kietųjų kūnų šiluminio plėtimosi tyrimo stendas: 1 – termostatas; 2 – elektrinis šildytuvas; 3 – indas su vandeniu; 4 – jungiamieji vamzdeliai; 5 – tiriamas vamzdelis; 6 – tiriamo vamzdelio laikiklis; 7 – mikronetras

3. Išmatuojamas tiriamo vamzdelio pradinis ilgis l kambario temperatūroje. Užmaunamas jungiamasis vamzdelis, kuriuo kaitinamas vanduo tekės į tiriamą vamzdelį.
4. Prie tiriamo vamzdelio galo priartinamas rodyklinis mikrometras taip, kad jo rodyklė būtų ties nuline padala.
5. Įjungiamas termostato maitinimas – nuspaudžiamas mygtukas 1 (5.11.3 pav.). Mygtuku 6 (5.11.3 pav.) įeinama į prietaiso kontrolės meniu. Tuomet pasirinkus meniu funkciją „SET“ raudonu ir mėlynu mygtukais nustatoma pasirinkta temperatūra (pvz.20 °C). Reikia paminėti, kad termostato ekrane rodoma reali vonelėje esančio vandens temperatūra, kartu ir tiriamojo vamzdelio temperatūra t, °C.
6. Mikrometru išmatuojamas tiriamo vamzdelio pailgėjimas Δl. Duomenys surašomi į lentelę (1 lentelė).
7. Toliau termostate mygtuko 6 (5.11.3 pav.) nuspaudimu didinama temperatūra (kas 10 °C iki 80 °C). Kiekvieną kartą, nusistovėjus temperatūrai, užsirašomi termometro ir mikrometro rodmenys.
8. Atlikus matavimus, nubraižomas medžiagos pailgėjimo nuo temperatūros ($\Delta l = f(t)$) priklausomybės grafikas.
9. Apskaičiuojamas vidutinis linijinio plėtimosi koeficientas (5.11.2 formulė).
10. 1–9 darbo eigos punktai kartojami su kitais tiriamais vamzdeliais.
11. Visi matavimų ir skaičiavimų duomenys surašomi į lentelę (1 lentelė).

1 lentelė

vamzdelis	l *(mm)*	Δl *(mm)*	t_0 (°C)	t (°C)	Δt (°C)	α (K^{-1})

Literatūra

1. J. Butrimaitė, A. Dementjev, G. Dikčius, R. Gadonas, J. Jasevičiūtė, V. Karenauskaitė, V. Sirutkaitis, V. Smilgevičius. Fizika biomedicinos ir fizinių mokslų studentams, 1 dalis, vadovėlis, Vilnius: Vilniaus universiteto leidykla, 2003, 212 p. ISBN 9986-19-595-9. El. vadovėlis: ISBN 978-9955-33-538-2.
1. Б. М. Яворский, Ю. А. Селезнев, Справочное руководство по физике. Для поступающих в вузы и для самообразования, Главная редакция физико-математической литературы изд-ва «Наука», 1989.
2. FIZ 121 Molekulinė fizika ir termodinamika. Laboratorinis darbas. Šiluminio plėtimosi koeficiento nustatymas. Projekto sutarties numeris ESF/2004/2.4.0-K01-160/SUT-261.

Priedas

LAUDA imersinio termostato priekinis skydelis

1 – įjungimo mygtukas.
2 – temperatūros valdymo keturių segmentų LED ekranas.
3 – šildytuvo indikacinis geltonos spalvos šviesos diodas.
4 – aušintuvo indikacinis mėlynos spalvos šviesos diodas.
5 – klaidos signalo indikacinis raudonos spalvos mirksintis šviesos diodas.
6 – meniu pasirinkimo ir įvesties mygtukai.
7 – šildytuvas.
8 – temperatūros matavimo zondas.
9 – siurblio sukuriamo vakuumo reduktorius.
10 – siurblio korpusas.

5.12.3 pav. LAUDA imersinio termostato priekinis skydelis