

KIETOJO KŪNO TEMPERATŪRINIO ILGĖJIMO KOEFICIENTO NUSTATYMAS

Tadas Laurinaitis, IFF-6/8 gr.

Data: 2017-05-02

Dėstyjojas: lekt. Marius Kaminskas

Darbo užduotis

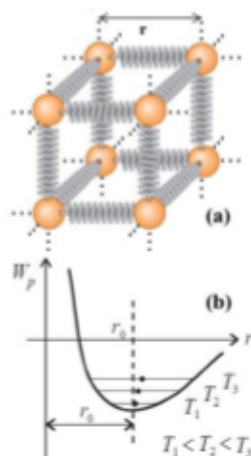
Susipažinti su kūnų šiluminio plėtimosi dėsningumais, nustatyti metalinio vamzdelio vidutinį ilgėjimo koeficientą.

Teorinio pasirengimo klausimai

Molekulinės jėgos, molekulių sąveikos potencinė energija, gardelės struktūrinių dalelių judėjimo pobūdis kietajame kūne, temperatūrinis kietojo kūno plėtimasis.

Teorinė dalis

Šiluminio plėtimosi mechanizmą aiškinimas remiasi prielaida, kad kūną sudarančios dalelės yra sujungtos sąveikos jėgomis, priklausančiomis nuo atstumo tarp dalelių. Todėl vienu dalelių šiluminiai virpesiai perduodami kitoms. Pavyzdžiui, tamprūs dalelių virpesiai kristalinėje gardelėje, kurią galima schemiškai atvaizduoti spyruoklėmis surištomis dalelėmis (1 (a) pav.), bus perduodami gretimoms dalelėms. Kietąjį kūną sudarančios dalelės (molekulės ar atomai) veikia viena kitą potencialinėmis traukos ir stūmos jėgomis. Taigi sąveikaujančios dalelės turi potencinės energijos W_p . Jos priklausomybė nuo atstumo r tarp gretimų dalelių centrų pavaizduota 1 (b) paveiksle. Kai šis atstumas lygus r_0 , energija W_p yra mažiausia. Klasikinės fizikos požiūriu kietojo kūno dalelės tokiu atstumu būtų nutolę 0 K temperatūroje.



1 pav.

Kvantinė fizika įrodė, kad net labai žemose temperatūrose kietojo kūno dalelės virpa apie pusiausvyros padėtį. Vidutinė virpamojo judėjimo energija $\langle W_k \rangle$ tiesiogiai proporcinga absoliutinei temperatūrai T . Virpančios dalelės pilnutinė energija W yra momentinės kinetinės energijos W_k ir momentinės potencinės energijos W_p suma $W = W_k + W_p$. Kadangi dalelių sąveikos jėgos yra konservatyvios, tai, dalelei virpant, jos pilnutinė mechaninė energija nekinta ir 1 (b) paveiksle ji pavaizduota skirtingas temperatūras atitinkančiomis horizontaliomis atkarpomis. Kambario temperatūroje virpesių amplitudė sudaro apie 10% tarpatominio atstumo, t.y. $0,1 \div 0,2 \text{ \AA}$ ($1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ m}$). Kaip matome 1 paveiksle, dalelių sąveikos potencialo duobė yra nesimetriška, todėl dalelės maksimalus poslinkis nuo pusiausvyros padėties yra didesnis joms tolstant negu artėjant, t.y. virpesiai neharmoniniai. Dėl to galima teigti, kad keliant temperatūrą vidutiniai nuotoliai tarp dalelių padidėja. Tai ypač pastebima, kai yra didesnė virpėjimo kinetinė energija, t.y. aukštesnėse

KIETOJO KŪNO TEMPERATŪRINIO ILGĖJIMO KOEFICIENTO NUSTATYMAS

Tadas Laurinaitis, IFF-6/8 gr.

Data: 2017-05-02

Dėstyjojas: lekt. Marius Kaminskas

temperatūrose. Tokie kietieji kūnai šildomi plečiasi, tačiau kietajame kūne vykstant faziniams virsmams, jie gali ir trauktis. Pavyzdžiui, taip elgiasi kai kurių rūšių ketus – vėsinant skystą ketų ir jam pradėjus kristalizuotis, jis plečiasi.

Laboratorinio darbo metu bus tiriamas plonas vienalytis izotropinis kūnas, kurio visų taškų temperatūra yra vienoda. Dažnai tokiems kūnams praktinės reikšmės turi tik jo ilgio L priklausomybė nuo temperatūros t , t.y. jo linijinis ilgėjimas. Bendroju atveju priklausomybė $L = f(t)$ yra netiesiška ir apytiksliai aproksimuojama laipsnine eilute:

$$L = L_0 \left[1 + a_1(t - t_0) + a_2(t - t_0)^2 + a_3(t - t_0)^3 + \dots \right]; \quad (1)$$

čia L_0 – bandinio ilgis pradinėje temperatūroje t_0 , o koeficientams galioja nelygybė $a_1 \gg a_2 \gg a_3$ ir t.t. Kūno ilgio priklausomybę nuo temperatūros kiekybiškai apibūdina temperatūrinis ilgėjimo koeficientas α , kurį nusakome pagal temperatūrą išdiferencijavę (1) lygybę:

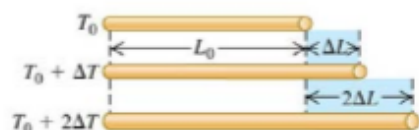
$$\alpha = \frac{1}{L_0} \left(\frac{dL}{dt} \right) = a_1 + 2a_2(t - t_0) + 3a_3(t - t_0)^2 + \dots \quad (2)$$

Bendroju atveju temperatūrinis ilgėjimo koeficientas $\alpha = f(t)$. Tačiau kai temperatūros pokytis $t - t_0$ yra nedidelis, tuomet dėl koeficientų a_2, a_3 ir t.t. mažumo (1) lygybėje atitinkami eilutės nariai atmetami, ir kūno ilgio priklausomybė nuo temperatūros apytiksliai aprašoma tiesės lygtimi:

$$L \approx L_0 \left[1 + \alpha(t - t_0) \right]; \quad (3)$$

čia $\alpha \approx a_1$.

(a) Esant vidutiniams temperatūros pokyčiams $\Delta L \sim \Delta T$



Šiame darbe bus skaičiuojamas baigtinį temperatūros intervalą $t - t_0$ atitinkantis baigtinis pailgėjimas $\Delta L \approx L_1 - L_0$, todėl iš (3)

lygties išreiškiamas vidutinis ilgėjimo koeficientas:

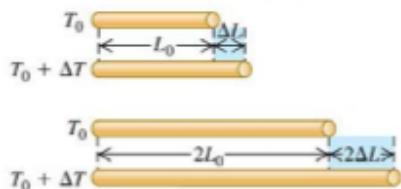
KIETOJO KŪNO TEMPERATŪRINIO ILGĖJIMO KOEFICIENTO NUSTATYMAS

Tadas Laurinaitis, IFF-6/8 gr.

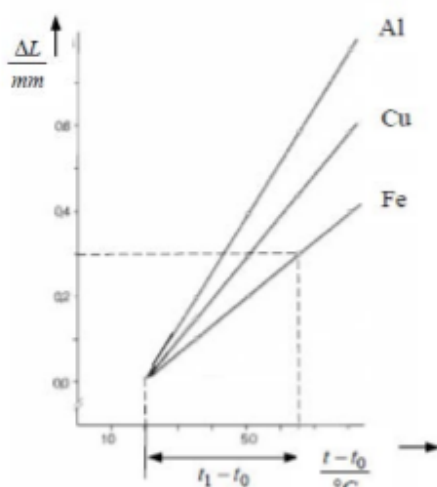
Data: 2017-05-02

Dėstytojas: lekt. Marius Kaminskas

(b) Esant vidutiniams temperatūros pokyčiams $\Delta L \sim L_0$



2 pav.



$$\alpha_v \cong \alpha = \frac{L_1 - L_0}{L_0(t_1 - t_0)} = \frac{\Delta L}{L_0(t_1 - t_0)} \quad (4)$$

Jis skaitinė vertė lygus santykiniam pailgėjimui ($\Delta L/L_0$) temperatūrą pakėlus vienu laipsniu (2 pav.).

Dėl matavimų paklaidos tik iš dviejų matavimų apskaičiuota dydžio vertė yra mažai patikima. Todėl α_v vertė nustatoma

panaudojant eksperimentinę pailgėjimo $\Delta L = f(t - t_0)$ priklausomybę (3 pav.) Grafike pasirinkę galimai ilgesnę tiesinę atkarpą, nustatome ją atitinkančius dydžius ΔL_1 bei $(t_1 - t_0)$ ir apskaičiuojame α_v .

Iš formulės

$$\frac{\Delta \alpha}{\alpha_v} = \left| \frac{\Delta L_0}{L_0} \right| + \left| \frac{\Delta L_1}{L_1} \right| + \left| \frac{\Delta(t_1 - t_0)}{t_1 - t_0} \right| \quad (5)$$

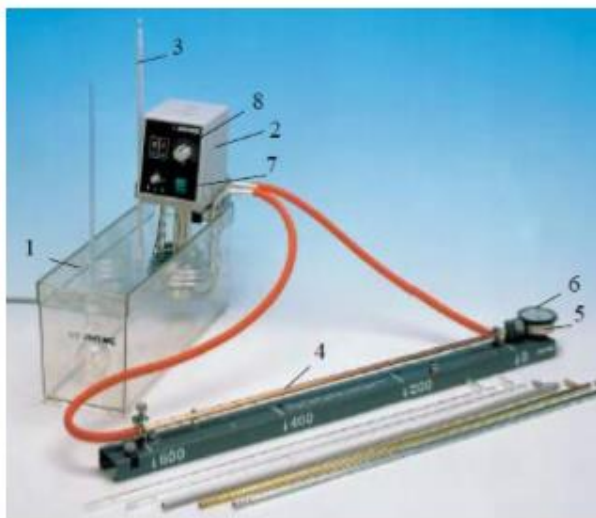
įvertiname ribinę ilgėjimo koeficiento santykinę paklaidą.

Darbo aprašymas

Matavimo aparatūrą (4 pav.) sudaro: 1 – vonelė su vandeniu; 2 – termostatas su vandens siurbliu; 3 – termometras, kuriuo matuojame pratekančio vandens temperatūrą; 4 – žinomo ilgio tiriamos medžiagos vamzdelis, kuris šildomas juo pratekančiu skysčiu; 5 – mikrometras.

Darbo eiga:

1. Užsirašome pradinį vamzdelio ilgį $L_0 = (600 \pm 1) \text{ mm}$. Atžymime pradinę vandens temperatūrą t_0 .
2. Išsiaiškiname mikrometrinio indikatoriaus 5 veikimą. Pasukame mikrometro kompensatorių 6 taip, kad ilgoji rodyklė sutaptų su apvalios skalės nuliu.



4 pav.

KIETOJO KŪNO TEMPERATŪRINIO ILGĖJIMO KOEFICIENTO NUSTATYMAS

Tadas Laurinaitis, IFF-6/8 gr.

Data: 2017-05-02

Dėstyjojas: lekt. Marius Kaminskas

3. Įjungiamo termostato maitinimą, paspausdami jungiklį 7. Temperatūros reguliavimo rankenėlę 8 pastatome ties 30 °C padala ir laukiame kol termometro 3 rodmenys nebekinta (apytikriai po 10 min).
4. Kai temperatūra nusistovi, atžymime mikrometrinio indikatoriaus rodmenį n ($n = \Delta L$). Duomenys surašomi į rezultatų lentelę.
5. Toliau didinam termostato temperatūrą (kas 5 °C iki 70 °C, t.y. kai termostato temperatūros reguliavimo rankenėlė bus padėtyse 35 °C, 40 °C, 45 °C, 50 °C, 55 °C, 60 °C, 65 °C ir 70 °C). Kiekvieną kartą, nusistovėjus temperatūrai, užsirašome termometro ir mikrometro parodymus.
6. Baigę matavimus, termostato temperatūros reguliavimo rankenėlę grąžiname į nulinę padėtį, išjungiamo termostatą.
7. Nubraižome medžiagos pailgėjimo nuo temperatūros $\Delta L = f(t - t_0)$ priklausomybės grafiką.
8. Iš grafiko pasirinktam temperatūros pokyčiui randame ΔL ir pagal (4) formulę apskaičiuojame vidutinį ilgėjimo koeficientą α_v . Pagal (5) formulę įvertiname ribinę ilgėjimo koeficiento santykinę paklaidą $\Delta\alpha/\alpha_v$.
9. Visi matavimų ir skaičiavimų duomenys surašomi į laboratorinio darbo rezultatų lentelę.

Kontroliniai klausimai

1. Ką parodo vidutinis ilgėjimo koeficientas?
2. Kodėl dauguma kietųjų kūnų šildomi plečiasi?
3. Kodėl vidutinį ilgėjimo koeficientą tikslinga nustatyti iš $\Delta L = f(t - t_0)$ grafiko tiesinės dalies?

Literatūra

1. Tamašauskas A., Joneliūnas S. Fizikos laboratoriniai darbai. Kaunas: Technologija, 2005. 1 dalis P 59.
2. Javorskis B., Detlafas A. Fizikos kursas. Vilnius: Mintis, 1970. T1. P 327.
3. Tamašauskas A., Joneliūnas S. Fizikos laboratoriniai darbai. Kaunas: Technologija, 2005. 1 dalis P 59.

KIETOJO KŪNO TEMPERATŪRINIO ILGĖJIMO KOEFICIENTO NUSTATYMAS

Tadas Laurinaitis, IFF-6/8 gr.

Data: 2017-05-02

Dėstyjojas: lekt. Marius Kaminskas

Darbo rezultatai ir skaičiavimai:

[illegible]

Grafikas:

$$\Delta L = f(t - t_0)$$

