5.6.B. KIETŲJŲ KŪNŲ ŠILUMOS IZOLIACIJOS REIŠKINIŲ TYRIMAS

Darbo tikslas

Nustatyti tiriamų medžiagų termoizoliacines savybes.

Darbo užduotys

- Nustatyti pasirinktų tiriamų medžiagų (stiklo, medžio, putplasčio ir kt.) šilumos laidumo koeficientus.
- Ištirti šiluminės varžos priklausomybę nuo medžiagos sluoksnio storio.

Teorinės temos

- Kūnų vidinės energijos ir šilumos sąvokos. Dinaminė pusiausvyra.
- Šilumos perdavimo būdai: laidumas, konvekcija, spinduliavimas.
- Šilumos srauto ir kiekio sąvokos.
- Savitoji šiluminė talpa.
- Šilumos laidumo lygtis (Furjė dėsnis).
- Šilumos laidumo koeficientas. Jo fizikinė prasmė ir matavimo vienetai.

Darbo priemonės ir prietaisai

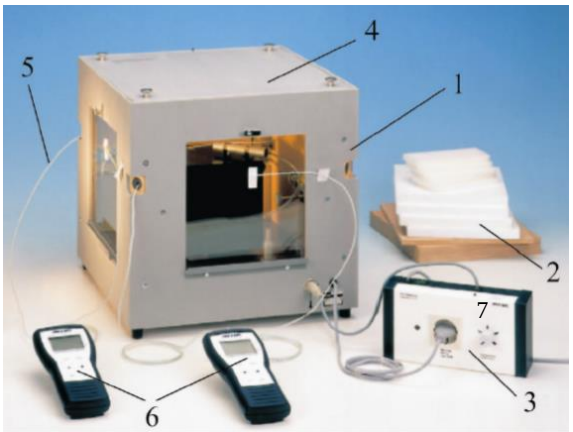
Geros šiluminės varžos termodėžė, skirta šiluminiam laidumui tirti, stiklo, medžio ir putplasčio plokštelės, šildytuvas su elektroniniu temperatūros reguliatoriumi, keturios termoporos, du skaitmeniniai termometrai, sekundmatis.

Darbo metodika

Šiluma gali sklisti iš vieno kūno į kitą arba iš vienos kūno dalies į kitą tiesiogiai jiems liečiantis. Toks šilumos perdavimo būdas vadinamas *šilumos laidumu*. Įvairių kietųjų kūnų šilumos laidumas yra nevienodas. Vieni jų, pavyzdžiui, metalai ir įvairūs kristalai, yra geri *šilumos laidininkai*, o kiti, pavyzdžiui, oras, medis, stiklas, įvairios plastmasės, yra blogi šilumos laidininkai (jie vadinami *šilumos izoliatoriais*). Vadinasi, šilumos laidumas priklauso nuo medžiagos sandaros. Kristalų gardelėse atomai yra glaudžiai surišti tarpusavyje ir šiluma čia pasireiškia kaip gardelės mazgų virpėjimas apie pusiausvyros padėtį: kuo didesnė kristalo temperatūra, tuo didesnė gardelės mazgų virpesių amplitudė, t. y. jų kinetinė energija. Kiekvieno kristalo gardelės sandara yra savita, t. y. būdinga tik tam kristalui (atomų tarpusavio išsidėstymas, atstumas tarp gardelės mazgų ir jų tarpusavio orientacija, gardelės mazgų ryšio energija). Aišku, kad bet koks vieno gardelės mazgo virpėjimas pusiausvyros padėties atžvilgiu priverčia virpėti ir kitus kristalinės gardelės mazgus, t. y. vieno atomų virpėjimo kinetinė energija (taigi ir šiluma) perduodama kitiems kristalinės gardelės mazgams. Metalų šilumos laidumo priežastis yra kita. Kaip žinoma, metaluose yra daug laisvųjų krūvininkų – elektronų, ir kuo didesnė kūno temperatūra, tuo didesnė laisvųjų elektronų kinetinė energija. Jie savo kinetinę energiją susidūrimo metu perduoda metalo atomams ir kitiems elektronams.

Įvairių medžiagų šilumos laidumas yra skirtingas. Dujos yra blogi šilumos laidininkai, todėl visos medžiagos, turinčios didesnį oro kiekį (vilna, šiaudai, sniegas), yra vadinamos *termoizoliacinėmis medžiagomis*. Blogai praleidžia šilumą purus sniegas; sniego danga sumažina dirvos šiluminius nuostolius, o tai teigiamai veikia augalus. Dirvos temperatūrai miške didelę įtaką turi miško paklotė, susidariusi iš žuvusių augalų organinių liekanų, tarp kurių yra oro. Jis reguliuoja šiluminį dirvos režimą miške. Pati dirva yra blogas šilumos laidininkas, tačiau jos šilumos laidumas gali skirtis, nes priklauso nuo drėgmės kiekio. Dirvos šilumos laidumo savybės turi didelę įtaką garavimui, šaknų susidarymui ir pan.

Bendru atveju nejudantis oras yra geras izoliatorius ir, jei apie objektą galima sukurti nejudantį oro sluoksnį, tai to objekto šilumos nuostoliai yra labai maži. Tai pasireiškia daugelio žinduolių kailinėje dangoje, kuri padeda išlaikyti storą nejudančio oro sluoksnį. Tą patį naudoja žmogus, siūdamasis šiltus drabužius iš kailių ar kitų medžiagų, sugebančių išlaikyti nejudantį orą. Didinant šiluminę varžą, šilumos nuostoliai mažėja. Taigi turintys ilgesnio plauko kailį žvėrys yra atsparesni šalčiams.



5.6.B.1 pav. Stendas kietųjų kūnų šilumos laidumui tirti

Šilumos, pernešamos per laiko vienetą vienalyčiu metaliniu strypu (jo skerspjūvio plotas yra S, ilgis – x, o galų temperatūros – skirtingos ir atitinkamai lygios T_1 ir T_2), kiekis yra išreiškiamas *Furjė formule*:

$$\mathrm{d}Q = \lambda \frac{T_1 - T_2}{x} S\mathrm{d}t\,. \qquad (5.6.B.1)$$

Šioje lygtyje proporcingumo koeficientas λ yra *šilumos laidumo koeficientas*, o santykis $\frac{T_1 - T_2}{x}$ rodo temperatūros pokytį ilgio vienetui šilumos perdavimo kryptimi ir vadinamas *temperatūros gradientu.* Šilumos laidumo koeficientas parodo, kiek džaulių šilumos per vieną sekundę pereina per 1 m^3 skerspiūvį, kai jo galų temperatūrų skirtumas yra 1°K. Žinant tam tikros medžiagos šilumos laidumo koeficientą, galima pasakyti, ar ši medžiaga yra geras, ar blogas šilumos laidininkas. Šilumos laidumo koeficientas priklauso ir nuo medžiagos temperatūros, ir nuo savitosios šiluminės talpos. Esant skirtingoms kūno temperatūroms, šis koeficientas yra skirtingas. Dydis $R_š = \frac{x}{\lambda S}$ yra vadinamas *šilumine varža* ir taip pat rodo, ar medžiaga yra geras, ar blogas šilumos laidininkas.

Stendas, skirtas kietųjų kūnų šilumos laidumui nustatyti, pavaizduotas 5.6.B.1 paveiksle. Pagrindinė prietaiso dalis – termodėžė (1) su nuimamomis sienų dalimis (2). Keičiamos sienų dalys yra pagamintos iš medienos (maumedžio faneros), skirtingo storio stiklo ir putplasčio. Termodėžės viduje yra įrengtas šildytuvas su elektroniniu temperatūros reguliatoriumi, kuris valdomas prietaisu 3. Prietaiso 3 skydelyje pasukus rankenėlę (7) į tam tikrą padėtį, šildytuvas, esantis termodėžėje, įkaitins oro temperatūrą iki tam tikros vertės ir išlaikys ją pastovią. Termodėžė turi termiškai izoliuotą dangtį 4, kuris tvirtinamas keturiais varžtais. Termodėžės dangtis nukeliamas norint pakeisti ar permontuoti sienų plokštes ir pritvirtinti termoporas ant sienų plokščių vidinių

sienelių. Sistemos temperatūrai matuoti įvairiose vietose naudojamos keturios termoporos 5, kurios poromis prijungtos prie dviejų elektroninių termometrų 6. Termoporos pritvirtinamos prie pasirinktų sienų paviršiaus (iš vidaus ir išorės). Laidams įkišti į dėžės vidų vertikaliose dėžės sienelėse padarytos šilumai nelaidžios skylės. Ant termodėžės dangčio yra užrašyta, kokių medžiagų šilumos laidumą galima išmatuoti naudojantis tokia darbo metodika, iš kokios medžiagos pagamintos šiuo metu pritvirtintos sienelės.

Pastaba. Visos įrenginio dalys turėtų būti pakankamai toli nuo stalo krašto, nes stiklo plokštės gali nuslysti nuo stalo ir sudužti. **Termoporų laidus lenkti draudžiama**, nes galima lengvai sulaužyti laidą. Atidarius termodėžę, metalinis korpusas (šildytuvas), esantis prietaiso viduje, neliečiamas, nes galima nusideginti rankas. Jokiu būdu negalima reguliuoti elektroninių termometrų.

Darbo eiga

1. Užsirašomi pasirinktų medžiagų pavadinimai ir sienelių storiai (d).
2. Ant pasirinktos tiriamos medžiagos sienelės išorinės ir vidinės pusės lipnia juostele pritvirtinami termoporų aktyvieji paviršiai, termoporos įjungiamos į elektrinį termometrą.
3. Termodėžė uždaroma dangčiu 4 (5.6.B.1 pav.) ir priveržiama visais keturiais varžtais. Veržiant nenaudojama pernelyg didelė jėga.
4. Užregistruojama laboratorijos temperatūra T_4 eksperimento pradžioje.
5. Įjungiamas šildytuvas 3 (5.6.B.1 pav.). Termoreguliatoriaus rankenėlė 7 (5.6.B.1 pav.) nustatoma ties ketvirtąja padala. Įjungiami elektroniniai termometrai 6 (5.6.B.1 pav.).
6. Kas 5 min termometrais 6 (5.6.B.1 pav.) registruojama pasirinktos sienelės vidinė ir išorinė (T_1, T_2) temperatūra. Temperatūra registruojama tol, kol bus pasiekta šiluminė pusiausvyra, tai yra kai sienelių temperatūra nebesikeis.
7. Užregistruojama laboratorijos temperatūra T_4 eksperimento pabaigoje. Apskaičiuojama vidutinė patalpos temperatūra $T_{4(\text{vid.})}$.
8. Atlikus darbą išjungiamas šildytuvas 3 (5.6.B.1 pav.), atsukus visus keturis varžtus, atidengiamas termodėžės dangtis, kad šildytuvas ir termodėžė atvėstų. Išjungiami elektriniai termometrai.
9. Gauti rezultatai surašomi į lentelę (1 lentelė).

1 lentelė

T_4 – eksp. pradžioje	T_4– eksp. pabaigoje	$T_{4(\text{vid.})}$	Sienelės Nr.1 medžiaga: d =			Sienelės Nr.2 medžiaga: d =		
			t (min)	T_1 (K)	T_2 (K)	t (min)	T_1 (K)	T_2 (K)
			...	...	...	...	...	...

10. Nubraižomas sienelių (vidinės ir išorinės) temperatūros priklausomybės nuo laiko grafikas $T = T(t)$.
11. Atsižvelgus į (5.6.B.1) formulę, apskaičiuojamas tiriamos medžiagos šilumos laidumo koeficientas

$$\lambda = \alpha d \frac{(T_2 - T_4)}{(T_1 - T_2)}, \qquad (5.6.B.2)$$

čia α – šilumos perdavimo koeficientas, esant natūraliam oro judėjimui patalpoje. Jis yra lygus $8{,}1 \cdot 10^2$ W/m^2·K.

12. Apskaičiuojama tiriamos medžiagos šiluminė varža.
13. Įvertinamas matavimo tikslumas.
14. Matavimai ir skaičiavimai pakartojami su kitomis medžiagomis.
15. Jei buvo tirtos tos pačios medžiagos skirtingų storių plokštelės, nubraižomas šiluminės varžos priklausomybės nuo sienelės storio grafikas $R_{š} = R_{š}(d)$.

2 lentelė. Šilumos laidumo koeficientai

Medžiaga	λ, W/m·K
Maumedžio fanera	0,14
Putplastis, kurios tankis 15–30 kg/m^3	0,037
Stiklo paketas	0,53–1,8
Stiklas	1,4–1,8

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.