

## 5.6.B. KIETŪJŲ KŪNŲ ŠILUMOS IZOLIACIJOS REIŠKINIŲ TYRIMAS

### Darbo tikslas

Ištirti medžiagų termoizoliacines savybes.

### Darbo užduotys

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

### Teorinės temos

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

### 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.

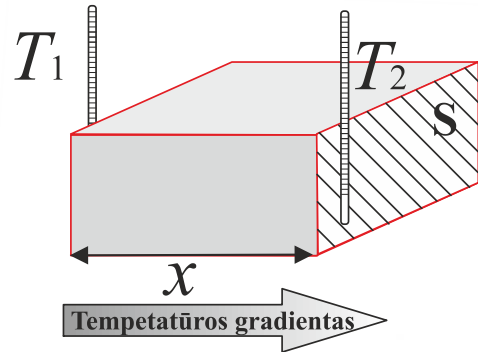
### Darbo metodika

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 iš 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 šiam kristalui (atomų tarpusavio išsidėstymas, atstumas tarp gardelės mazgų, jų tarpusavio orientacija, gardelės mazgų ryšio energija). Ir aišku, kad bet koks vieno gardelės mazgo virpėjimas pusiausvyros padėties atžvilgiu priverčia virpėti ir kitus kristalinės gardelės mazgus, t. y. vieno iš 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. Pastarieji 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 didesnę 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 didelės įtakos turi miško kraikas, susidaręs iš mirusių augalų organinių liekanų, tarp kurių yra oro. Jis reguliuoja šiluminę dirvos režimą miške. Pati dirva yra blogas šilumos laidininkas, tačiau jos šilumos laidumas gali skirtis priklausomai nuo drėgmės kiekio. Dirvos šilumos laidumo savybės turi didelės įtakos garavimui, šaknų susidarymui ir pan.

Bendru atveju nejudantis oras yra geras izoliatorius ir, jei apie objektą galima sukurti nejudantį sluoksnį, tai jo šilumos nuostoliai yra labai maži. Tai panaudojama daugelio žinduolių kailinėje dangoje, kuri padeda išlaikyti storą nejudančio oro sluoksnį. Tą patį naudoja žmogus konstruodamas šiltus drabužius iš kailių ar kitų medžiagų, sugebančių išlaikyti nejudantį orą. Didinant šiluminę varžą, šilumos nuostoliai mažėja.

Šilumos, pernešamos per laiko vienetą vienalyčiu metaliniu „strypu“ (jo skerspjūvio plotas yra  $S$ , ilgis (šilumos perdavimo kryptimi) yra  $x$ , o galų temperatūros yra skirtingos ir atitinkamai lygios  $T_1$  ir  $T_2$  (5.6.B.1 pav.), kiekis yra išreiškiamas *Furje formule*:



5.6.B.1 pav. Brėžinys Furje formulei aiškinti

$$dQ = \lambda \frac{T_1 - T_2}{x} S dt . \quad (5.6.B.1)$$

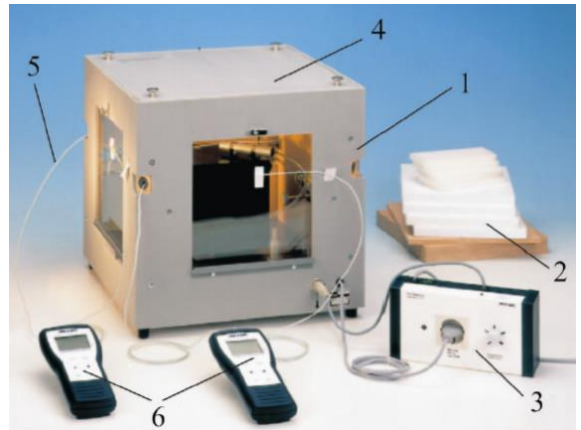
Šioje lygtyje proporcingumo koeficientas  $\lambda$  yra *šilumos laidumo koeficientas*, o santykis  $\frac{T_1 - T_2}{x}$  – parodo temperatūros pokytį ilgio vienetui šilumos perdavimo kryptimi ir vadinamas *temperatūros gradientu*. Šilumos laidumo koeficientas parodo, kiek džaulių šilumos per vieną sekundę pereina per 1 m<sup>3</sup> skerspjūvį, kai jo galų temperatūrų skirtumas yra 1K. 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

$$R_s = \frac{x}{\lambda S} \quad (5.6.B.2)$$

vadinamas *šilumine varža* ir taip pat parodo ar medžiaga yra geras, ar blogas šilumos laidininkas.

Stendas, skirtas nustatyti kietųjų kūnų šilumos laidumą, pavaizduotas 5.6.B.2 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 regulatoriumi, 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 pastoviai. Termodėžė turi termiškai izoliuotą dangtį 4, kuris tvirtinamas keturiais varžtais. Termodėžės dangtis nukeliamas norint pakeisti ar permontuoti

sienu plokštes ir pritvirtinti termoporos 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). Laidų įvedimui į dėžės vidų vertikaliuose 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 užtvirtintos sienelės.



5.6.B.2 pav. Stendas kietųjų kūnų šilumos laidumui tirti

**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.2 pav.) ir priveržiama visais keturiais varžtais. Veržiant nenaudojama pernelyg didelė jėga.
4. Užregistruojama laboratorijos temperatūra  $T_4$  eksperimento pradžioje.
5. Įjungiamas šildytuvas 3, termoreguliatoriaus rankenėlė 7 nustatoma ties ketvirtąją padalą. Įjungiami elektroniniai termometrai 6 (5.6.B.2 pav.).
6. Kas 5 minutes termometrais 6 (5.6.B.2 pav.) registruojama pasirinktos sienelės vidinė ir išorinė ( $T_1, T_2$ ) temperatūra. Temperatūra registruojama tol, kol bus pasiekta šiluminė pusiausvyra, t.y. kai sienelių temperatūra nebesikeis. Šios pastarųjų temperatūrų vertės bus įrašomos (5.6.B.3) formulėje.
7. Užregistruojama laboratorijos temperatūra  $T_4$  eksperimento pabaigoje. Apskaičiuojama vidutinė patalpos temperatūra  $T_{4(vid.)}$ .
8. Atlikus darbą išjungiamas šildytuvas 3 (5.6.B.2 pav.), atidengiamas termodėžės dangtis atsukus visus keturis varžtus, kad šildytuvas ir termodėžė atvėstų. Išjungiami elektriniai termometrai.
9. Matavimų ir skaičiavimų rezultatai surašomi į 1 lentelę.

1 lentelė

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

10. Nubrėžiamas sienelių (vidinės ir išorinės) temperatūros priklausomybės nuo laiko grafikas  $T = T(t)$ .

FBML - 5.6.B. KIETŪJŲ KŪNŲ ŠILUMOS IZOLIACIJOS REIŠKINIŲ TYRIMAS

11. Pagal (5.6.B.1) formulę (joje šio darbo atveju  $x = d$ ), apskaičiuojamas tiriamos medžiagos šilumos laidumo koeficientas

$$\lambda = \alpha d \frac{(T_2 - T_4)}{(T_1 - T_2)} \quad (5.6.B.3)$$

čia  $\alpha$  – oro suminis šilumos perdavimo koeficientas, esant natūraliam oro judėjimui patalpoje. Jis išreiškia šilumos kiekį, pernešamą per 1 m<sup>2</sup> medžiagos paviršiaus per 1 s, kai oro temperatūrų skirtumas tarp vidinio ir išorinio kūno paviršių yra 1°C, atsižvelgus į visus šilumos perdavimo būdus (laidumą, konvekciją ir spinduliavimą). Jis gali kisti 10 - 100· W/m<sup>2</sup>·K ribose. Pavyzdžiui, 6 mm viengubo stiklo  $\alpha = 5,7$  W/m<sup>2</sup>·K, o dvigubo stiklo paketo (6 mm, 16 mm oro ertmė, 6 mm)  $\alpha = 2,7$  W/m<sup>2</sup>·K.

12. Apskaičiuojama tiriamos medžiagos šiluminė varža ((5.6.B.2) formulė).  
 13. Įvertinamas matavimų tikslumas.  
 14. Matavimai ir skaičiavimai pakartojami su kitomis medžiagomis. Jie palyginami su 2 lentelėje pateiktomis  $\lambda$  vertėmis.  
 15. Jei buvo tirtos tos pačios medžiagos skirtingų storių plokštelės, nubraižomas šiluminės varžos priklausomybės nuo sienelės storio grafikas  $R_s = R_s(d)$ .

**2 lentelė.** Šilumos laidumo koeficientai

Medžiaga		$a, \text{W/m} \cdot \text{K}^2$	$\lambda, \text{W/m} \cdot \text{K}$
Maumedžio fanera, esant skirtingiems storiams)	1 cm	3,3	0,12 - 0,14
	2 cm	2,9	
	3 cm	2,1	
Putplastis, kurios tankis 15-30 kg/m <sup>3</sup>		1,3	0,035 – 0,041
Stiklo paketas		2,7	Įvairūs, mažesnis už stiklo
Stiklas		5,7	0,17 - 1,89 (gali būti ir 0,04)

### Literatūra:

1. J. Butrimaitė, A. Dementjev, G. Dikčius, R. Gadonas, J. Jasevičiūtė, V. Karenauskaitė, V. Sirutkaitis, V. Smilgevičius (2003). Vadovėlis Fizika biomedicinos ir fizinių mokslų studentams 1 dalis, Vilnius, Vilniaus universiteto leidykla, 212psl. ISBN 9986-19-595-9. El. vadovėlis: ISBN 978-9955-33-538-2.