Latvijas Universitātes

Eksakto zinātņu un tehnoloģiju fakultātes

Fizikas nodaļas 1. kursa studente

Linda Pujāte (lp24045)

19.02.2025.

Darbs Nr. 2

*Siltuma vadīšana*

**Darba mērķis:**

Darba mērķis ir iepazīties ar vienu no siltuma pārneses veidiem - siltuma vadīšana, sildot metāla stieni un veicot temperatūras mērījumus dažādos laika brīžos līdz iestājas līdzsvara stāvoklis. Saprast, kāda ir temperatūras atkarība no attāluma stienī stacionārā gadījumā, kā arī saprast formulas pielietojamības robežas.

**Teorētiskais apskats:**

**A close-up of a graph paper

AI-generated content may be incorrect.**

**Darba piederumi:** sildelements, statīvs, kas kalpo arī kā plāksnes dzesēšanai, kontaktu savienotājs (jumper), siltuma izolācija stienim, skrūves ar ko nostiprināt stieni pie sildelementa un statīva, termopasta, vara stienis, temperatūras sensori (-35 – 135 °C, ±0,5°C, ±0.01°C) (PASCO, PS-2143) [1], trauks ar ūdeni un ledu, vadi, līdzstrāvas avots (0 – 5 A, ±0,01 A) (0 – 30 V, ±0,1 V), bīdmērs (0-500 mm, ±0,1 mm), PASCO Capstone programma.

**Darba uzdevumi:**

1. Noteikt un grafiski attēlot, kā mainās temperatūra stienī atkarībā no attāluma stienī, tā vienu galu sildot, un atkarībā no laika. Attēlot šīs sakarības dažādiem laika momentiem no sildīšanas sākuma, līdz brīdim, kad vairs nemainās.
2. Noteikt vara siltumvadītspējas koeficientu.

**Tabulas, grafiki un aprēķini:**

1. tabula

**Izmērītie attālumi starp caurumiem stienī**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| 40,0 | 40,0 | 40,0 | 40,0 | 40,0 | 40,0 | 40,0 | 40,0 |

Stieņa diametrs

2. tabula

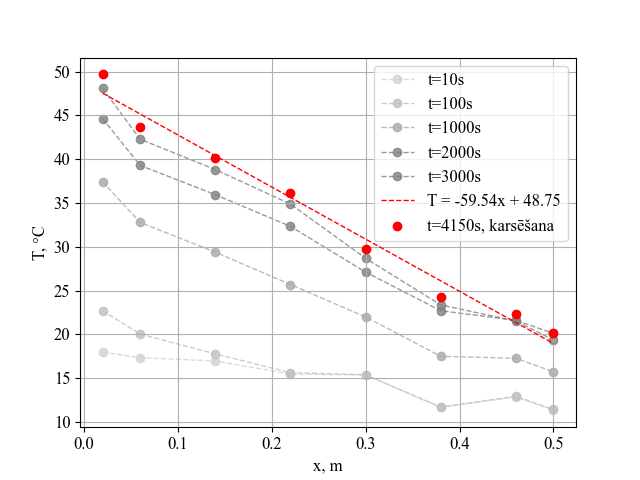
**Stieņa temperatūra 8 dažādos punktos pie dažādiem laikiem *t* (*N* – cauruma numurs (robežās no 1 līdz 13))**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| N.p.k. | *t*, s | (N=1) | (N=2) | (N=4) | (N=6) | (N=8) | (N=10) | (N=12) | (N=13) |
| 1. | 0 | 17,9 | 17,4 | 17,0 | 15,5 | 15,4 | 11,7 | 12,9 | 11,4 |
| 2. | 1 | 17,9 | 17,4 | 17,0 | 15,5 | 15,4 | 11,7 | 12,9 | 11,4 |
| 3. | 2 | 17,9 | 17,4 | 17,0 | 15,5 | 15,4 | 11,7 | 12,9 | 11,4 |
| 4. | 3 | 17,9 | 17,4 | 17,0 | 15,5 | 15,4 | 11,7 | 12,9 | 11,4 |
| 5. | 4 | 17,9 | 17,4 | 17,0 | 15,5 | 15,4 | 11,7 | 12,9 | 11,4 |
| 6. | 5 | 17,9 | 17,4 | 17,0 | 15,5 | 15,4 | 11,7 | 12,9 | 11,4 |
| 7. | 6 | 17,9 | 17,4 | 17,0 | 15,5 | 15,4 | 11,7 | 12,9 | 11,4 |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |

A graph of different colored lines

AI-generated content may be incorrect.

1.att. **Temperatūras izmaiņa laikā 8 dažādos punktos**



2. att. **Temperatūras atkarība no attāluma stienī T(x) dažādiem sildīšanas laikiem t**

A graph of numbers and a line

AI-generated content may be incorrect.

3. att. **Temperatūras atkarība no attāluma stienī T(x) dažādiem dzišanas laikiem t**

A graph with red dots and numbers

AI-generated content may be incorrect.

4.att. **T(x) līknes stieņa dzišanas gadījumā un sildīšanas gadījumā salīdzinājums**

Vara siltumvadītspējas koeficienta aprēķins un precizitātes novērtējums:

Ar ievitošanas metodi tika aprēķināta koeficienta absolūtā kļūda:

**Rezultāti.**

**Atbildes uz jautājumiem 1-7 un secinājumi:**

1. Attēlojiet vienā grafikā sakarību T(x) dažādiem laika sprīžiem t no sildīšanas sākuma līdz 𝑑𝑇/ 𝑑𝑥 =𝑐𝑜𝑛𝑠𝑡.

dT/dx ir konstants tad, kad temperatūra atsevišķam sensoram (noteiktā attālumā no sildelementa) ir nostabilizējusies. Kad dT/dx ir konstants, T(x) sakarība grafikā veido taisni. Temperatūras gradients laika posmos nav taisne, kamēr tas nav nostabilizējies, jo siltuma vadīšana prasa noteiktu laiku.

2. Nosakiet vara siltumvadītspējas koeficientu 𝜅 un novērtējiet tā precizitāti.

Aprēķinātais vara stieņa siltumvadītspējas koeficients ir 659±64 W/m\*K. Rezultāta relatīvā kļūda ir 9,63%.

3. Vai jūs sagaidāt, ka iegūtais siltumvadītspējas koeficients 𝜅 ir lielāks, mazāks vai vienāds ar patieso? Kāpēc? Vai varat to pamatot, izmantojot matemātiskas sakarības? Vai izrēķinātā vērtība apstiprina jūsu hipotēzi?

Iegūtais vara siltumvadītspējas koeficients kļūdu robežās nesakrīt zinātniskajā literatūrā norādīto siltumvadītspējas koeficientu (vara siltumvadītspējas koeficients ir 380 – 401 W/mK) [2] [3]. Lai gan stienis tika termiski izolēts, ne viss pievadītais siltums tika izmantots stieņa sildīšanai – eksperimenta iekārtai ir siltuma zudumi. Siltuma noplūde iespējams ir notikusi no paša siltuma sildelementa, jo nav zināms, cik labi tas ir bijis izolēts. Arī iegūtās vērtības absolūtā kļūda ir novērtēta par maza, jo temperatūras gradienta kļūdā nav iekļauta temperatūras un attāluma kļūda, tā parāda tikai punktu izkliedes kļūdu. Temperatūras gradienta kļūda tika noteika izmantojot Python *linregress* [4] funkciju.

4. Kā 1. punkta grafiki mainītos, ja vara stieņa vietā tiktu izmantots alumīnija stienis?

Alumīnijam ir mazāks siltumvadītspējas koeficients (k = 200 – 235 W/mK) [2] [3] nekā varam, tādēļ tas sliktāk vada siltumu. Ja ar tādu pašu pievadīto siltuma daudzumu sildītu tādu pašu dimensiju stieni, kā tika darīts šajā eksperimentā, tad grafika T(x) taisnes būtu stāvākas (lielāks taisnes slīpuma koeficients). Alumīnija dT/dx gradients būs lielāks, jo siltums tik labi neizkliedēsies, kā vara stienim.

5. Kā izskatīsies temperatūras sadalījums T(x), ja tiks savienoti divi dažādu materiālu stieņi (piemēram, alumīnija un vara)?

Grafiski attēlota temperatūras gradienta taisnē būs lūzuma punkts, kurā mainīsies taisnes slīpuma koeficiens. Neatkarīgi no tā, kurš no stieņiem ir pieslēgts sildelementam, vara stieņa temperatūras gradients būs mazāks, alumīnija stienim tas būs lielāks.

6. Kas notiktu, ja vienu galu atstāj ledū, bet otru – gaisā?

Tas stieņa gals, kas ir saskarsmē ar gaisu, lēnām saņemtu siltumu no gaisa, bet tas notiku lēnām, jo gaiss ir slikts siltuma vadītājs. Slitumapmaiņa notiek ātrāk pie lielākām temperatūras starpībām.

7. \*no papilduzdevuma datiem: Attēlojiet vienā grafikā T(x) līknes stieņa dzišanas gadījumā (kad viens gals vairs netiek sildīts) un sildīšanas gadījumā (grafiks no 1. punkta). Izskaidrojiet atšķirības.

Temperatūras gradients stieņa dzišanas gadījumā ir mazāks, nekā temperatūras gradients brīdī, kad stieņa viens gals tiek sildīts ar sildelementu, jo siltuma daudzums, kas tiek vadīts caur stieni, ir mazāks.

**Secinājumi:**

1. Pirms tika sākta datu ierakstīšana, tiks uzstādīta ierīce un vara stieņa viens gals jau tika iemērkts ledus ūdenī. Kad tika ieslēgts sildelements un uzsākta datu ierakstīšana, stienī jau bija radies temperatūras gradients (stienis vairs nebija vienā temperatūrā), kā dēļ grafikā (1.att.) var novērot, ka sākuma temperatūras dažādos attālumos no sildelementa novietotajiem sensoriem atšķiras.
2. Grafikā (1.att.) laikā pie ap 2500 sekundēm var novērot temperatūras kritumu gandrīz visiem sensoriem, īpaši tiem, kas atradās tuvāk tam stieņa galam ar dzesēšanas plāknēm, kas atradās ledus ūdenī. Tas iespējams ir noticis tāpēc, ka, pakustoties ledu gabalam, ir notikusi ūdens sajaukšanās un pie dzesēšanas plāknēm ir nonākušas aukstākas ūdens masas.
3. Tā kā nav zināms materiāls, no kā ir gatavots sildelements, paaugstinoties temperatūrai, iespējams ir samazinājusies sildelementa pretestība. Savukārt, samazinoties pretestībai, samazinās jauda (samazinās strāva) un siltuma daudzums. Tā kā samazinās siltuma daudzums, kas tiek novadīts uz stieni, sildelementam pašam paaugstinās temperatūra līdz starpība starp sildelementu un stieni ir kļuvusi pietiekami liela, lai siltuma plūsma kompensētu samazināto jaudu. Iestājas termodinamisks balanss.
4. Temperatūras gradients dT/dx tika uzskatīts par konstantu, kad temperatūra pieņemamā laika intervālā nostabilizējās un tās izmaiņas kļuvas minimālas.

**Literatūras saraksts:**

[1] PASCO Scientific, “ PASPORT Quad Temperature Sensor – PS-2143”, *PASCO*. [Tiešsaistē]. Pieejams: https://www.pasco.com/products/sensors/temperature/pasport-quad-temperature-sensor#specs-panel [Skatīts: 3.03.2025].

[2] D. C. Giancoli, *Physics for Scientists & Engineers with Modern Physics*, 3rd ed. Upper Saddle River, NJ, USA: Pearson, 2000.

[3] D. Halliday, R. Resnick, and J. Walker, *Fundamentals of Physics*, 6th ed., International ed. USA: Wiley, 2001.

[4] SciPy Community, *SciPy: Scientific Computing Tools for Python*, 2024. [Tiešsaistē]. Pieejams: https://scipy.org [Skatīts: 1.03.2025].