

TOPLITNA PREVODNOST

Uvod

V sredstvu z neenakomerno temperaturo prehaja toplota z delov na višji v dele na nižji temperaturi. Toplotni tok v vsaki točki je sorazmeren negativnemu gradientu temperature,

$$\vec{j} = -\lambda \text{grad}T.$$

Sorazmernosti faktor λ imenujemo koeficient toplotne prevodnosti in je različen za različne snovi. Kovine so dobri toplotni prevodniki, električni izolatorji pa slabi toplotni prevodniki. Toplotna λ in električna prevodnost σ je v kovinah povezana zelo enostavno preko Wiedemann-Franzovega zakona [3]:

$$\frac{\lambda}{\sigma T} = 3 \left(\frac{k_B}{e} \right)^2 = 2.22 \cdot 10^{-8} \text{ W}\Omega/\text{K}^2.$$

Za tipične predstavnike kovin so toplotne prevodnosti navedene v tabeli 1.

Tabela 1: Toplotna prevodnost λ pri STP za izbrane kovine po viru [1].

Kovina	λ [W/Km]
Aluminij	209.3
Baker	389.6
Jeklo	45.4
Medenina	85.5
Srebro	418.7
Zlato	312.8
Železo	74.4
Železo, surovo	62.8
Živo srebro	28.1

Koeficient toplotne prevodnosti običajno merimo tako, da v merjencu vzpostavimo stacionarno stanje, to se pravi, da temperatura in tok nista odvisna od časa. Prav tako je primerno, da ima merjenec enostavno geometrijsko obliko, na primer obliko palice ali plošče, in pri tem toploto prevaja od ploskve, ali pa valja, tako da prevaja toploto v radialni smeri. Palica je primerna za dobre prevodnike toplote, plošča in valj pa za slabe. Za palico in ploščo se zgornja enačba lahko zapiše kot

$$j = -\lambda \frac{\Delta T}{l},$$

pri čemer je ΔT razlika temperatur na dolžini palice l . Temperatura $T(\vec{r})$ znotraj telesa se spreminja v skladu z difuzijskim zakonom [2]

$$\frac{\partial T}{\partial t} = D \nabla^2 T,$$

kjer je $D = \lambda/(\rho c_p)$ toplotna difuzija, ρ gostota materiala in c_p specifična toplotna kapaciteta pri konstantnem tlaku. Konstante toplotne difuzije za nekaj pogosto uporabljenih kovin so navedene v tabeli:

Kovina	$D [10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}]$ pri 25 °C
Aluminij	8.418
Baker	11.234
Srebro	16.563
Zlato	12.768
Jeklo (1% C)	1.172

Potrebščine

- merjenec - valj iz kovine
- posoda za hlajenje z vodo, dve čaši
- električni kuhalnik za olje, variak, električni grelec vode - bojler
- termočlen baker-konstantan, termonapetost je $43 \mu\text{V}/\text{K}$, konstantan je zlitina 60% Cu in 40% Ni
- mikrovoltmeter
- dva termometra do 50°C na $1/10^\circ\text{C}$ natančno

Naloga

1. Umeri termočlen - izmeri zvezo med temperaturno razliko in napetostjo na termočlenu.
2. Izmeri koeficient toplotne prevodnosti dane kovine.

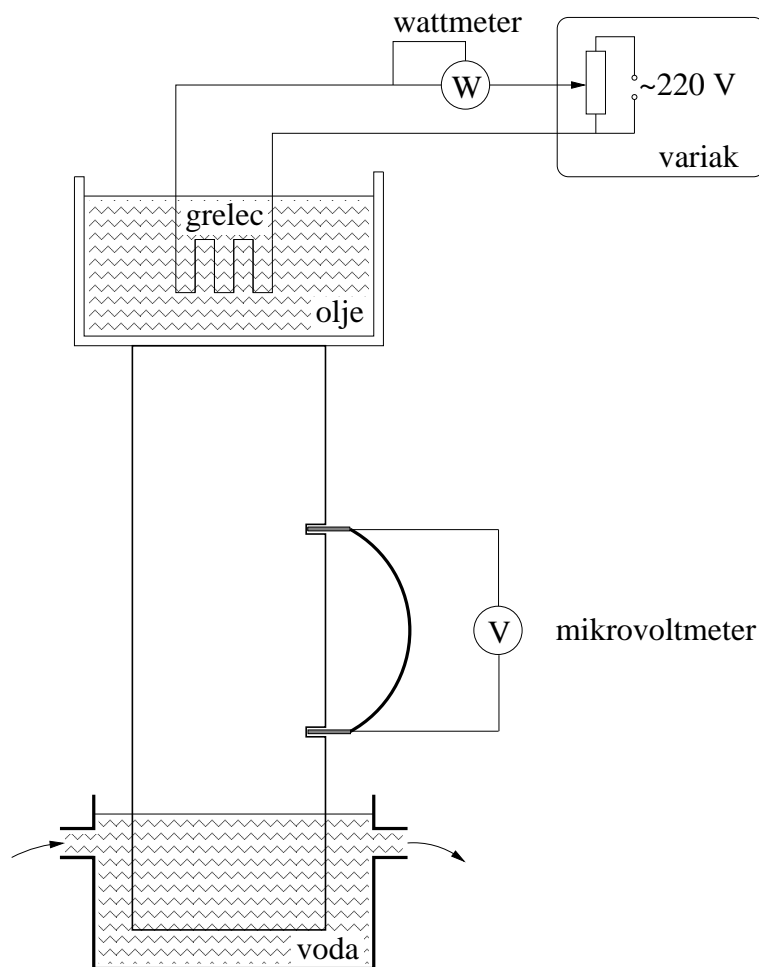
Navodilo

Merjenec ima obliko palice. Stacionarno stanje vzpostavimo tako, da zgoraj segrevamo palico z električnim grelcem s stalno močjo P , spodaj pa vzdržujemo nižjo temperaturo s stalnim tokom vode. Temperaturno razliko med dvema točkama na palici določimo s termočlenom baker-konstantan. Toplotni tok skozi palico določimo z meritvijo moči grelca in preseka palice s pripravo, ki je prikazana na sliki 1.

Najprej umerimo termometer, ki smo ga sestavili iz termočlena in mikrovoltmetra. Ena spojna točka naj bo na stalni temperaturi, bodisi v talečem se ledu ali pa v čaši z vodo pri sobni temperaturi. Temperaturo kontroliraj s termometrom. Drugi spoj daš v čašo s toplo vodo, zraven pa drugi termometer. Mikrovoltmeter veži v bakreno vejo termočlena. Segrej vodo na 50°C z električnim grelcem (bojler). Voda naj se ohlaja. Od časa do časa pomešaj vodo in odčitavaj temperaturo in napetost na termočlenu. Tako napravi za vsaki dve stopinji.

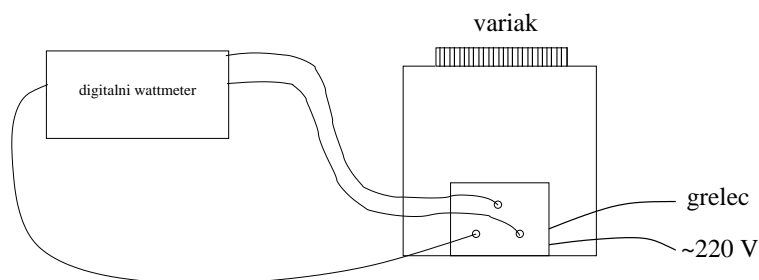
Nariši diagram temperaturne razlike v odvisnosti od napetosti in izrazi termonapetost ter jo primerjaj z zgoraj navedeno. Preveri, če oba termometra kažeta enako.

Ko smo umerili termočlen, sestavimo aparaturo za merjenje toplotne prevodnosti. Merjenec postavi na podstavek. Odpri pipo, da dobiš primeren tok vode. Posodo pokrij.



Slika 1: Shema postavitve poskusa.

Pri ravnanju z grelcem pazi, da bo vedno v pokončni legi, da se olje, v katerem je potopljen, ne razlije. Vstavi v merjenec obe spojni točki termočlena. Zveži grelec preko wattmetra z variakom kot kaže slika 2.



Slika 2: Vezava wattmetra z variakom v postavljenem poskusu.

Izmeri koeficient toplotne prevodnosti pri različnih močeh grelca. Moč naj bo od 30 W do 60 W. Na variaku ne prestopi napetosti 150 V. Pri vsaki meritvi počakaj, da se temperatura ustali. Izmeri še vse geometrijske podatke merjenca, ki jih potrebuješ. Iz konstant toplotne difuzije izračunaj karakteristični čas t_D po katerem temperaturna motnja prepotuje dolžino vzorca L , kjer privzami, da velja difuzijska relacija $L^2 = 2Dt_D$. Vedi, da se temperatura v vzorcu ustali v času nekajkrat večjem od t_D .

Literatura

- [1] Koškin N I in Sirkevic M G *Priročnik elementarne fizike* (Ljubljana, Tehnična Založba Slovenije, 1990)
- [2] Strnad J, *Fizika, 1. del, Mehanika, Toplota* (DZS, Ljubljana, 1977)
- [3] Ashcroft N W in Mermin D N *Solid State Physics* (Harcourt College Pub., 1976)