

Vaja 28

SPECIFIČNA TOPLOTA TRDNE SNOVI

Temperaturi dveh dotikajočih se in od okolice izoliranih teles s toplotnima kapacitetama C_1 in C_2 ter začetnima temperaturama T_1 in T_2 se po daljšem času izenačita. Telesi imata tedaj zmesno temperaturo T_z . Toplota, ki jo prvo telo odda, je enaka toploti, ki jo drugo telo prejme. Če med tem ne pride do fazne ali kemijske spremembe, lahko pri manjših temperaturnih razlikah računamo s sorazmernostjo, torej

$$C_1(T_1 - T_z) = C_2(T_z - T_2) \quad (28.1)$$

Če poznamo toplotno kapaciteto C_2 enega od teles, lahko z izmerjenimi T_1 , T_2 , T_z izračunamo toplotno kapaciteto C_1 drugega telesa:

$$C_1 = \frac{T_z - T_2}{T_1 - T_z} C_2 \quad (28.2)$$

Pri homogenem telesu je $C_1 = mc_p$, kjer je m masa, c_p pa specifična toplota snovi. Izračunamo jo iz prejšnje enačbe

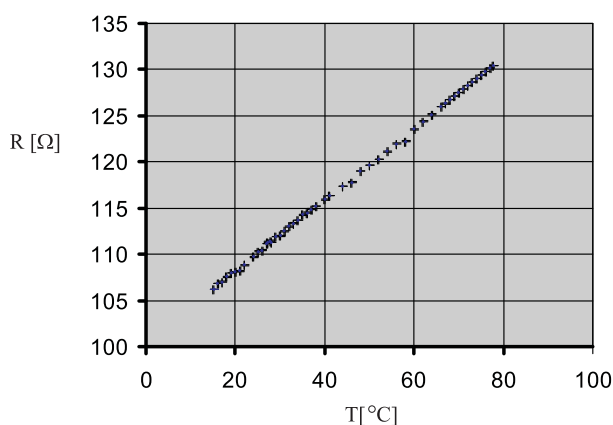
$$c_p = \frac{T_z - T_2}{T_1 - T_z} \frac{C_2}{m} \quad (28.3)$$

Meritve te vrste opravimo po navadi z vodnim kalorimetrom. Ta je sestavljen iz kovinske kalorimetske posode, ki stoji na plutovinastih zamaških (zaradi toplotne izolacije) v večji kovinski posodi, vse skupaj pa obdaja stiroporni plašč. Posodi pokrijemo s pokrovom, ki slabo prevaja toploto, skozenj pa vtaknemo v kalorimetrsko posodo še termometer. Plast zraka med posodama močno zmanjšuje toplotno izmenjavo med deli kalorimetra, stiroporni plašč pa preprečuje vplive okolice na meritev. V kalorimetrsko posodo potopimo še s plastiko prevlečeni trajni magnet, ki ga obrača vrteče se magnetno polje v podstavku pod stiropornim plaščem (magnetno mešalo).

Za meritev napolnimo kalorimetrsko posodo s stehtano količino vode. Posebej je treba določiti skupno toplotno kapaciteto kalorimetske posode s termometrom, mešalom in vodo C_2 .

28.1 Merjenje temperature z računalnikom

Za merjenje temperature uporabimo platinasti uporovni termometer (Pt 100), ki ima pri temperaturi $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ upornost okoli $100\text{ }\Omega$. Platinasti uporovni termometer odlikujeta uporabnost v širokem temperaturnem območju in odpornost na razne kemikalije (platina je žlahtna kovina). Upornost sonde s platinastim uporovnim termometrom merimo z digitalnim multimetrom (DMM), ki je opremljen s serijskim izhodom za povezavo z osebnim računalnikom (RS232 izhod). Merjenje temperature v enakih časovnih presledkih tako prepustimo računalniku. Za naš primer zadostuje osebni računalnik, povezan z digitalnim multimetrom (DMM) preko serijskega priključka. Ker merimo upor temperaturnega senzorja na enostaven način z Ohm-metrom in dvema priključkoma, natančne zveze med temperaturo in uporom ne poznamo v naprej, čeprav je temperaturna odvisnost upora Pt 100 natančno izmerjena. Zato moramo termometer najprej umeriti (kalibrirati), t.j. določiti funkcijo $T(R_{Pt})$. Za to potrebujemo dodatni umerjeni termometer. V našem primeru uporabimo digitalni merilec temperature z enako merilno sondo Pt 100. Digitalni merilec in sondo potopimo v vodno kopel in temperaturo postopoma spreminjamo. Poskrbeti moramo, da sta sonda in merilec na mestu z enako temperaturo. Umeritvena krivulja, ki jo tako dobimo, je prikazana na sliki 28.1.



Slika 28.1: Upornost merilne sonde Pt 100 v odvisnosti od temperature.

Kot vidimo, lahko odvisnost dovolj dobro opišemo z linearno funkcijo. Iz grafa določi koeficienta k in n , ki ti po formuli

$$T = kR + n, \quad (28.4)$$

za dano upornost R omogočata določiti temperaturo, ki jo merimo s sondo.

28.2 Naloga

Določi specifično toploto dveh merjencev!

28.3 Potrebščine

1. Kalorimeter,
2. digitalni merilec temperature (DMT) s sondo,
3. sonda z uporovnim termometrom,
4. digitalni multimeter (DMM) z RS232 priključkom,
5. osebni računalnik in tiskalnik,
6. tehcnica (skupna za več vaj),
7. magnetni mešalec,
8. priprava za segrevanje merjenca,
9. merjenca: dva kovinska valja.

Podatki:

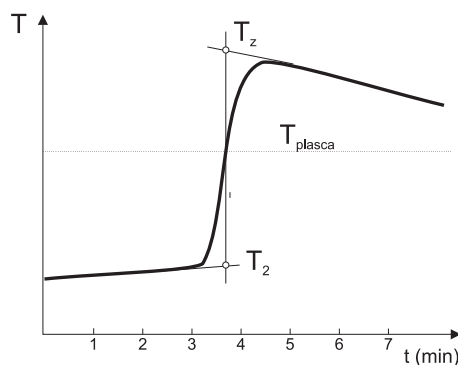
1. Specifična toplota medenine: 360 J/kgK
2. Specifična toplota železa: 494 J/kgK (Železo je v jedru magnetnega mešalca. Prostornino oceni, toplotno kapaciteto plastičnega ovoja zanemari.)

28.4 Vključitev in nastavitve računalnika

1. Preveri, da je računalnik pravilno povezan z monitorjem, tiskalnikom in DMM, ter da so porabniki priključeni na vir napetosti.
2. Vključi printer, računalnik, monitor in DMM. Po zagonu operacijskega sistema se samodejno požene program ScopeView, ki omogoča zajemanje, komunikacijo in obdelavo podatkov z DMM.
3. V oknu ScopeView Main Menu lahko s klikom na gumb **Setup** odpreš okno ScopeView Hardware Configuration, kjer preveriš nastavitve, ki omogočajo povezavo med DMM in računalnikom. Pravilne nastavitve so: **Meter Model M46XXCR**, **Com Port COM2**, **Baud Rate 1200**.
4. Ko preveriš nastavitve, klikni gumb **Power**. Na zaslonu sedaj vidiš trenutno vrednost, ki jo meri DMM.

5. Po kliku gumba (ikone) **Scope** se odpre okno **ScopeView Control Panel**. V okvirju **Vertical** je odkljukano avtomatično merilo. To je potrebno izključiti in nastaviti **Units/div: 1** in **Offset: 106**. S tem izbereš navpično skalo na grafu, ki prikazuje odvisnost temperature od časa. Offset naj bo nastavljen tako, da bo enak navzdol zaokroženi upornosti sonde potopljene v vodo kalorimetra preden vanj vstaviš merjenec. Zajemanje meritev lahko nastaviš tako, da se meritev prepiše v graf vsako sekundo (v okvirju **Time Base** naj bo: **Sample every 1 sec**).
6. S klikom gumba **Record** se odpre okno, kjer določiš datoteko v kateri bo zapisana tabela meritev. To datoteko si po koncu meritve prepiši na disketo. Pazi, da ne izbereš pri drugi meritvi enakega imena in s tem prepišeš prejšnjo meritev.
7. Ko klikneš ikono **Scope** se na zaslonu prikaže graf, ki prikazuje časovno odvisnost upornosti sonde. Meritev sprožiš s klikom na gumb **Run**. Rezultati se nato sproti izrisujejo na zaslonu. S klikom na gumb **Stop** meritev ustaviš in graf lahko stiskaš na tiskalnik tako, da klikneš gumb **Print**.

28.5 Meritev



Slika 28.2: Približni časovni potek spreminjanja temperature pri poskusu.

Merjenec osuši, ga stehtaj in deni v tulec, ki visi v loncu z vrelo vodo. Tulec naj se segreva le v pari, v vodo naj ne sega! Segrevaj dovolj časa, da doseže merjenec temperaturo vrelišča vode. Temperaturo merjenca izmeriš z digitalnim termometrom, tako da sondo Pt 100 vstaviš v luknjo izvrtano v merjenec.

Medtem razstavi kalorimeter in stehtaj kalorimetrsko posodo. Napolni posodo do dveh tretjin z vodo in ponovno stehtaj. Posebej stehtaj mešalo, oceni ali izmeri

specifično toploto mešala in oceni prostornino tistega dela sonde, ki je pri meritvi potopljen v vodo. Iz teh meritev in danih podatkov določiš toplotno kapaciteto C_2 ,

$$C_2 = m'c' + m_v c_v + C_{\text{term}} + C_{\text{mesal}} \quad (28.5)$$

kjer so

m' - masa kalorimetske posode (medenina)

c' - specifična toplota medenine

m_v - masa vode v posodi

c_v - specifična toplota vode

C_{term} - toplotna kapaciteta potopljenega dela termometra.

C_{mesal} - toplotna kapaciteta potopljenega mešala.

Sestavi kalorimeter. Kalorimetro posodo z vodo položi v kalorimeter in jo zasuci tako, da lahko vstaviš sondo Pt 100. Previdno pokrij kalorimeter in vključi mešanje. Poskrbi, da se mešalec nemoteno vrti na sredi posode in pusti mešalec da meša 5 do 10 minut.

Ko je vse pripravljeno in je merjenec segret, poženi meritev s pritiskom na gumb **Run**. Počakaj kakšne pol minute. Nato odpri kalorimeter, previdno spusti vanj merjenec in pokrij. Med meritvijo preveri delovanje mešala (s poslušanjem zvoka pri mešanju).

Na zaslonu se izriše časovni potek temperature! Diagram ima tri dele (glej sliko): segrevanje pred poskusom, izenačevanje temperature (glavni poskus) in ohlajevanje po poskusu. Segrevanje in ohlajanje sta pri dovolj dobri toplotni izolaciji in ne predolgem času meritve linearna in skoraj neopazna. Ko se temperatura ustali ustavi meritev in stiskaj graf!

Podaljšaj ustrezni premici, kot kaže slika in potegni pravokotnico na časovno os tako, da sta črtkani ploščini enaki. Presečišči T_2 in T_z sta ekstrapolirani vrednosti za začetno temperaturo v kalorimetro posodi in zmesno temperaturo. Z izmerjenimi količinami izračunaj iskano specifično toploto merjenca.