

12. Merjenje toplote in specifična toplota snovi

Pri tej vaji se bomo seznanili z merjenjem toplote in s kalorimetričnim določanjem specifične toplote.

Snov lahko segrejemo z dovajanjem toplote. Količina dovedene toplote (Q) je sorazmerna z maso snovi (m) in s povečanjem temperature (ΔT). Sorazmernostni koeficient je odvisen od vrste snovi in ga imenujemo *specifična toplota* (c):

$$Q = mc\Delta T. \quad (1.1)$$

Kadar se pri dovajanju toplote tlak ne spreminja, mislimo s specifično toploto pri konstantnem tlaku. Pripomnimo pa lahko, da je pri trdninah in kapljevinah razlika med specifično toploto pri konstantnem tlaku in specifično toploto pri konstantni prostornini dosti manjša kot pri plinih in jo lahko navadno zanemarimo. Enota za specifično toploto je $\text{Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$. Specifična toplota za nekatere snovi je podana v tabeli 5.1. Specifična toplota je v splošnem odvisna od temperature. Kadar pa kalorimetrična meritev poteka v območju, ko se ta ne spreminja veliko (kar je navadno res, kadar je razlika ΔT med začetno in končno temperaturo majhna), jo smemo vzeti za konstantno.

Tabela 1.1: *Specifična toplota nekaterih snovi.*

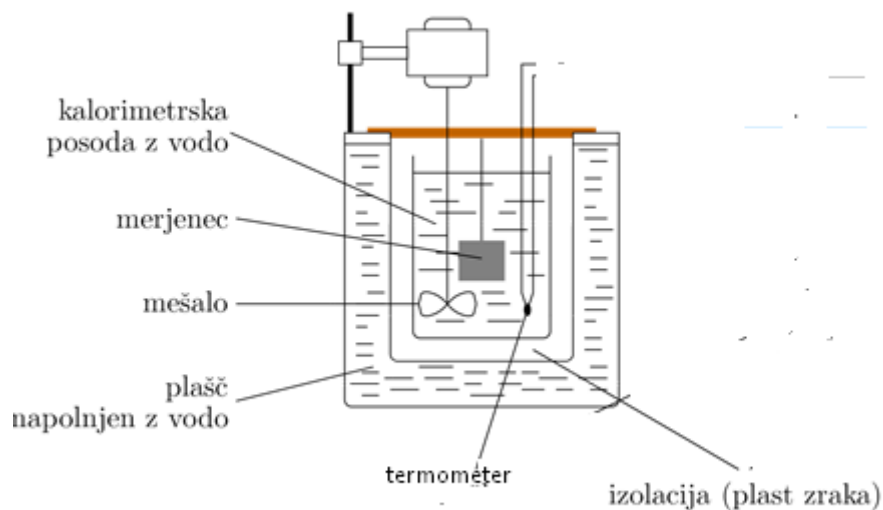
snov	specifična toplota [$\text{kJkg}^{-1}\text{K}^{-1}$]
voda (15°C)	4,18
led (0°C)	2,23
les, 8% vlage (20°C)	1,68
jeklo (20°C)	0,46
živo srebro (20°C)	0,14

Toplotna kapaciteta (C) nekega telesa pa je količina toplote, ki je potrebna, da se to telo segreje za 1°C oz. 1 K . Enota zanjo je JK^{-1} . Če je telo homogeno, velja $C = mc$.

1.1 Kalorimetrično merjenje toplote

Specifično toploto snovi lahko določamo kalorimetrično. Preprost vodni kalorimeter je prikazan na sliki 1.1. Sestavlja ga osrednja kalorimetriška posoda, v kateri je znana masa vode in merjenec. Mešalo skrbi, da je temperatura vode po vsej kalorimetriški posodi enaka. Kalorimetriška posoda je s plastjo zraka izolirana od zunanega plašča, napolnjenega z vodo. Ta ima vlogo okolice s stalno temperaturo in zmanjšuje vpliv sprememb v okolici na potek

meritve. Kalorimeter lahko približno obravnavamo kot toplotno izoliran sistem pri konstantnem tlaku.



Slika 1.1: Vodni kalorimeter.

Specifično toploto merjenca določamo tako, da merimo toploto, ki jo ta v kalorimetru sprejme oziroma odda. To toploto določamo posredno, z merjenjem spremembe temperature vode v kalorimetski posodi. Če je temperatura merjenca (T_m) višja od začetne temperature vode in kalorimetske posode (T_k), merjenec odda pri tem, ko se ohladi na končno (zmesno) temperaturo (T_z), toploto

$$Q_m = m_m c_m (T_m - T_z), \text{ voda in} \quad (1.2)$$

kalorimetska posoda pa sprejmeta toploto

$$Q_k = (mc + C)(T_z - T_k), \quad (1.3)$$

kjer so m_m masa merjenca in c_m njegova specifična toplota, m masa vode, c specifična toplota vode, C pa toplotna kapaciteta kalorimetske posode, termometra in mešala. T_z je zmesna temperatura, potem ko se temperaturi merjenca in vode izenačita. Če predpostavimo, da nič toplote ne preide iz kalorimetske posode v okolico, je oddana toplota enaka prejeti toploti $Q_m = Q_k$, zato velja

$$m_m c_m (T_m - T_z) = (mc + C)(T_z - T_k). \quad (1.4)$$

Iz te enačbe (1.4) lahko izračunamo specifično toploto merjenca, pri čemer je potrebno poznati toplotno kapaciteto vode in kalorimetra ($mc + C$), maso merjenca (m_m), začetni temperaturi merjenca (T_m) in vode (T_k) ter zmesno temperaturo (T_z).

1.2 Toplotna kapaciteta kalorimetra

Toplotne kapacitete kalorimetra (C) običajno ne poznamo, zato jo moramo določiti posebej. To lahko napravimo tako, da znani količini vode v kalorimetru z znano temperaturo (T_1) dodamo znano količino vode z znano, vendar drugačno temperaturo (T_2) ter, enako kot prej, izmerimo spremembo temperature vode v kalorimetru. Če se nič toplote ne izgubi v okolico, lahko zapišemo, da sta sprejeta in oddana toplota med seboj enaki:

$$(m_1 c + C)(T_z - T_1) = m_2 c(T_z - T_2). \quad (1.5)$$

Ko enačbo (1.5) preuredimo, lahko izračunamo toplotno kapaciteto C .

Za merjenje temperature je uporaben le umerjen termočlen. To je takšen termočlen, za katerega poznamo odvisnost termoelektrične napetosti od razlike temperatur. Termočlen lahko umerimo primerjalno, z že umerjenim termometrom. Najenostavneje je, če poskrbimo, da en spoj ostane ves čas na isti temperaturi, temperaturo drugega spoja, ki jo merimo z umerjenim termometrom, pa spreminjamo. Tako poiščemo odvisnost termoelektrične napetosti od razlike temperatur med spojema.

Naloge:

1. Določite toplotno kapaciteto kalorimetra.
2. Določite specifično toploto merjenca.

Potrebščine: kalorimetska posoda z mešalom

digitalni merilnik temperature

merjenci

3 graduirane čaše

2 termometra

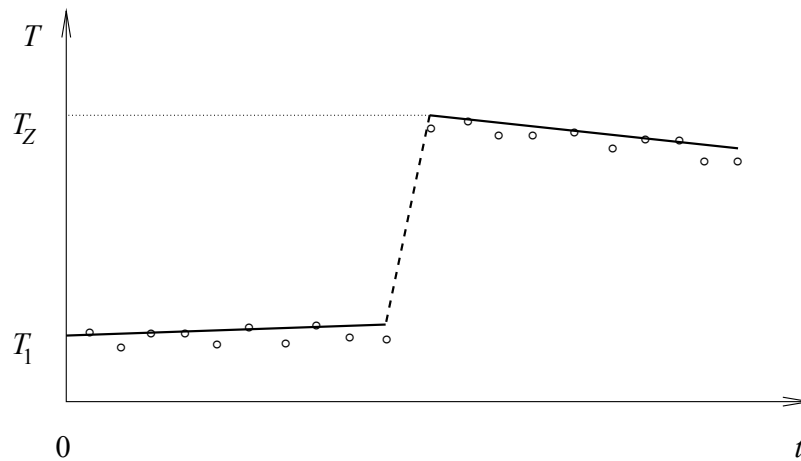
Izvedba

1) Določitev toplotne kapacitete kalorimetra:

V kalorimetsko posodo nalijemo 200 ml vode ($m_1 = 0,20\text{kg}$) s temperaturo hladne vode iz vodovodne pipe. Vključimo mešalo. S digitalnim termometrom merimo temperaturo vode tako, da spremljamo spreminjanje temperature in to vsakih 30 sekund – skupaj desetkrat. Takoj po desetem odčitku dolijemo 80 ml vode ($m_2 = 0,080\text{kg}$) s temperaturo približno 70°C , ki smo jo segreti nad plinskim gorilnikom. Izmerimo točno vrednost temperature tople vode (T_2). Zaradi mešanja se sistem

hitro uravnovesi, zato 30 sekund po tem, ko smo dolili toplo vodo, znova odčitamo temperaturo, tej pa naj sledi še 10 meritev, ki si sledijo na vsakih 30 sekund. Po končani meritvi izpraznimo kalorimeter.

- 2) **Določitev specifične toplote:** Merjenec segrevamo v vreli vodi tako, da se ne dotika sten posode. Izmerimo in zapišemo temperaturo vode. V kalorimeter vlijemo 200 ml hladne vode ($m = 0,20\text{kg}$) iz vodovodne pipe. Vključimo mešalo in s termometrom v 30-sekundnih presledkih desetkrat izmerimo temperaturo vode v kalorimetru, kot pri prvi nalogi. Merjenec takoj po desetem odčitku previdno položimo v kalorimetrsko posodo in še pet minut nadaljujemo z meritvami temperature vode v kalorimetru v presledkih po 30 sekund.



Slika 1.3: Temperatura vode v kalorimetru v odvisnosti od časa, pri določitvi toplotne kapacitete kalorimetra.

Izračun

- 1) **Določitev toplotne kapacitete kalorimetra:** Narišemo diagram odvisnosti temperature vode v kalorimetru od časa. Temperaturo, ki jo odčitamo iz umeritvene krivulje, nanašamo v stopinjah Celzija. Na isti graf nanašamo oba poteka temperature, preden smo dotočili vodo in po tem; vmes na časovni skali pustimo prostor, ustrezen času med zadnjo meritvijo temperature začetne količine vode in prvo meritvijo zmesne temperature (slika 1.3). Temperatura vode v kalorimetrski posodi se s časom spreminja, ker toplotna

izolacija ni popolna. Če je temperatura vode manjša od temperature okolice, raste, če je večja, pa pada. Ko dodamo toplejšo vodo, temperatura ne doseže v hipu zmesne vrednosti, ker nekaj časa traja, da se vodi zmešata (slika 1.3). Končno zmesno in začetno temperaturo bi zato pravilno določili z ekstrapolacijo, ki to upošteva. Pri natančnosti, dosegljivi pri tej vaji, bi bila takšna pedantnost pretiravanje; nadomestimo jo z enostavnim premislekom. Če se temperatura s časom ne spreminja dosti, kot začetno temperaturo vzamemo kar povpreček izmerjenih vrednosti temperature preden dolijemo toplejšo vodo, za končno temperaturo pa povprečje vrednosti potem, ko se hladna in topla voda zmešata. Če pa ugotovimo, da temperatura izrazito pada ali narašča, na oko potegnemo skozi točke premico in vzamemo kot eno ali drugo temperaturo točko na premici pred ali po trenutku, ko smo dolili toplejšo vodo. Toplotno kapaciteto kalorimetra (C) izračunamo iz enačbe (1.5). Specifično toploto vode (c) preberemo iz tabele 1.1.

- 2) **Določitev specifične toplote:** Narišemo diagram odčitkov temperature v odvisnosti od časa. Enako kot prej (slika 5.3) določimo končno temperaturo zmesi (T_z) in začetno temperaturo vode v kalorimetrski posodi (T_k). Ko dodamo merjenec, temperatura ne doseže v hipu zmesne vrednosti, ker nekaj časa traja, da merjenec toploto odda. Specifično toploto merjenca izračunamo iz enačbe (1.4).