



Fizikalni praktikum I

Poročilo

Vaja 28: Spectifična toplota

Simon Bukovšek

Datum vaje: 18. oktober 2021

Datum oddaje poročila: 25. oktober 2021

1 Teoretični uvod

Ko združimo dve telesi z različno temperaturo v toplotno izoliranem sistemu, se temperatura obeh teles začne približevati isti temperaturi, hkrati pa se ne izgubi nič toplote. To pomeni, da vsa toplota, ki jo eno telo izgubi, preide v drugo telo. Naj ima telo 1 toplotno kapaciteto C_1 in začetno temperaturo T_1 ter naj ima telo 2 toplotno kapaciteto C_2 in začetno temperaturo T_2 . Naj velja $T_2 < T_1$ in naj bo ravnovesna temperatura T_z . Če želimo izračunati toplotno kapaciteto enega telesa in so vse ostale količine znane, lahko to storimo na sledeč način:

$$\begin{aligned}Q_1 &= -Q_2, \\C_1(T_1 - T_z) &= -C_2(T_2 - T_z), \\ \therefore C_1 &= C_2 \frac{T_z - T_2}{T_1 - T_z}.\end{aligned}$$

Če je objekt 1 homogen s specifično toploto c_p in maso m , lahko specifično toploto izračunamo po enačbi $C_1 = mc_p$ ali:

$$c_p = \frac{T_z - T_2}{T_1 - T_z} \frac{C_2}{m_1}. \quad (1)$$

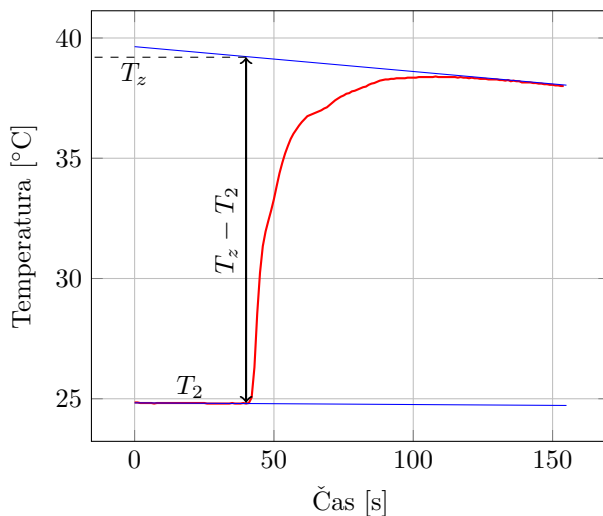
2 Pripomočki

- Kalorimeter: toplotno izolirana medeninasta posoda z magnetnim mešalom
- Vernierov merilec temperature in vmesnik
- Računalnik s programom Logger pro
- Tehnica
- Električni grelnik

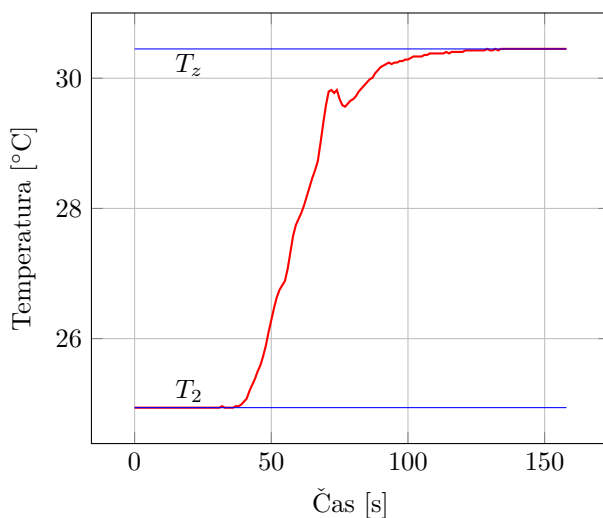
- Lonec z vodo in prostorom v pokrovu za segrevanje merjenca
- Trije merjenci: medeninast, aluminijast in železen valj

3 Meritve

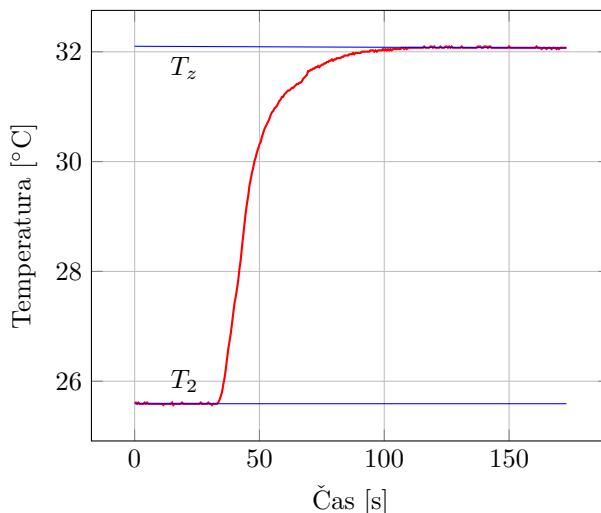
Vsak merjenec je bil najprej stehšan in nato segret nad vodno paro do ravnovesne temperature malo manj kot 100°C . Segret merjenec je bil prenesen v kalorimetersko posodo, v kateri je bila že natočena izmerjena količina vode. Temperatura vode je bila beležena od nekaj sekund preden je bil merjenec dan v kalorimeter dokler ni bila vrednost temperature linearno odvisna s časom (glej Slike 1, 2 in 3). Tako se lahko ekstrapolira temperaturo vode, če bi bila toplota iz merjenca prenesena v trenutku. Tak postopek je bil ponovljen za vsak merjenec posebej, količina vode v kalorimetru je bila vsakič nekoliko drugačna.



Slika 1: Graf spreninjanja temperature vode v kalorimetru pri merjenju specifične toplote železa



Slika 2: Graf spreninjanja temperature vode v kalorimetru pri merjenju specifične toplote aluminija



Slika 3: Graf spreminjanja temperature vode v kalorimetru pri merjenju specifične toplote železa

4 Izmerjeni podatki

Če želimo vedeti toplotno kapaciteto kalorimetra moramo vedeti maso medeninaste posode, maso magnetnega mešala in termometra ter specifični toploti medenine in železa:

- specifična toplota železa: $c_p = 494 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$;
- specifična toplota medenine $c_m = 360 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$;
- masa magnetnega mešala in merilca temperature: $m_z = (8,73 \pm 0,03) \text{ g}$;
- masa medeninaste posode: $m_m = (290,95 \pm 0,03) \text{ g}$.

Da lahko izračunamo specifično toploto za vsak merjenec, moramo za vsakega posebj vedeti maso vode m_v v kalorimetru, maso merjenca m_m , začetno temperaturo vode T_2 , začetno temperaturo merjenca T_1 in zmesno temperaturo odčitano z grafov odvisnosti temperature od časa kot prikazuje Slike 1, 2 in 3. Vsi ti podatki so za vse tri merjence (aluminij, medenina in železo) podani v Tabeli 1. Za izračun mase vode pa je lažje in natančneje stehitati maso vode s kalorimetrom M_v in nato odšteti maso kalorimetra, da dobimo maso same vode m_v .

količina	aluminij	medenina	železo
$M_v [\text{g}]$	$879,30 \pm 0,03$	$938,27 \pm 0,03$	$948,49 \pm 0,03$
$m_m [\text{g}]$	$231,61 \pm 0,03$	$725,33 \pm 0,03$	$679,47 \pm 0,03$
$T_1 [^\circ\text{C}]$	$96,9 \pm 0,2$	$96,5 \pm 0,4$	$97,0 \pm 0,2$
$T_2 [^\circ\text{C}]$	$24,9 \pm 0,1$	$25,6 \pm 0,1$	$24,8 \pm 0,1$
$T_z [^\circ\text{C}]$	$30,4 \pm 0,1$	$32,1 \pm 0,1$	$39,2 \pm 0,3$

Tabela 1: Zgoraj naštete izmerjene količine za tri različne merjence

Podatek, ki ga še potrebujemo, je specifična toplota vode, ki je $c_v = 4184 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}$.

5 Analiza podatkov

Iz zgornjih podatkov lahko izračunamo, da je toplotna kapaciteta kalorimetra enaka:

$$C_k = m_m c_m + m_p c_p = 108,9 \text{ J K}^{-1}.$$

Napaka pri vrednosti toplotne kapacitete je pogojena z natančnostjo danih podatkov o specifičnih toplotah, torej približno 5%.

Specifične toplote so izračunane po naslednjem postopku. Najprej je izračunana toplotna kapaciteta kalorimetra skupaj z vodo, ki se izračuna po obrazcu $C_2 = C_k + m_v c_v$, kjer je $m_v = M_v - m_k$ masa vode in c_v specifična toplota vode. Specifične toplote merjenih kovin se izračuna po enačbi (1). Preračunane vrednosti so podane v tabeli 2.

količina	aluminij	medenina	železo
m_v [g]	$588,35 \pm 0,06$	$647,22 \pm 0,06$	$647,22 \pm 0,06$
$m_v c_v$ [J kg ⁻¹]	$2461,6 \pm 0,2$	$2708,0 \pm 0,2$	$2751,1 \pm 0,2$
C_2 [J K ⁻¹]	2571 ± 5	2817 ± 5	2860 ± 5
$T_z - T_2$ [°C]	$5,5 \pm 0,2$	$6,5 \pm 0,2$	$14,4 \pm 0,2$
$T_1 - T_z$ [°C]	$66,5 \pm 0,3$	$64,4 \pm 0,5$	$57,8 \pm 0,4$
c_p [J kg ⁻¹ K ⁻¹]	918 ± 33	392 ± 12	1048 ± 17

Tabela 2: Zgoraj naštete preračunane količine za tri različne merjence

Zaradi natančnosti tehtnice je bil glavni vir napak pri meritvi temperature in nenatančnih vrednostih za specifične toplote medenine in železa. Napako zaradi nepopolne izolacije kalorimetra lahko skoraj popolnoma zanemarimo, saj ohlajanje upoštevamo z ekstrapolacijo. Rezultati so verjetno nekoliko preveliki, vendar ne za veliko. Za aluminij in medenino sta vrednosti iz literature znotraj napak izmerjenih vrednosti, medtem ko železo odstopa za faktor 3. Morda je bil vzorec iz kakšne posebne vrste železa ...