

## TOPLINSKA SVOJSTVA MATERIJALA

### Toplina

Toplina,  $Q$  [J] je energija koja zbog razlike temperatura prelazi iz područja više temperature u područje niže temperature, dok se ne uspostavi toplinska ravnoteža. Toplina se može prenositi na tri osnovna načina:

- vođenjem (kondukcijom) - u čvrstim, tekućim i plinovitim materijalima;
- strujanjem (konvekcijom) - u tekućim i plinovitim materijalima;
- zračenjem (radijacijom) - u plinovitim materijalima i u vakuumu.

### Kondukcija

Kada među raznim dijelovima nekog sredstva postoji temperaturna razlika, dolazi do prijenosa topline kondukcijom, gdje energija prelazi iz područja više temperature u područje niže temperature. Energija se prenosi sa molekule na molekulu, tj. toplina prelazi s jednog kraja na drugi kraj, a samo sredstvo miruje.

Kondukcija kroz homogeni materijal se može proračunati prema sljedećoj formuli (Fourierov zakon):

$$Q = \lambda \cdot A \cdot \frac{T_1 - T_2}{d} \cdot t \quad [\text{J}]$$

$\lambda$	-	toplinska provodljivost, W/mK
$d$	-	debljina, m
$A$	-	ploština, m <sup>2</sup>
$Q$	-	količina topline, J
$T_1, T_2$	-	temperatura, K
$t$	-	vrijeme, s

**Toplinska provodljivost** je količina topline u J, koja u jedinici vremena prođe kroz sloj materijala površine presjeka 1 m<sup>2</sup> i debljine 1 m okomito na njegovu ploštinu pri razlici temperature od 1 K.

$$\lambda = \frac{Q}{A \cdot (T_1 - T_2)} \cdot \frac{d}{t} \quad [\text{W/mK}]$$

### Konvekcija

Konvekcija je prijenos topline od nekog fluida (plina ili tekućine) u gibanju na neko čvrsto tijelo ili obrnuto. Prema uzroku gibanja fluida razlikuje se prirodna konvekcija (čestice fluida se gibaju zbog razlike u gustoći nastalih nejednolikom temperaturom dijelova fluida) i prisilna konvekcija (gibanje fluida se podržava nekim mehaničkim uređajem). Prijenos topline konvekcijom se proračuna pomoću Newton-ovog zakona, gdje je gustoća toplinskog toka dana sljedećom formulom:

$$q = h_c \cdot (T_p - T_f) \quad [\text{W/m}^2]$$

$q$	-	gustoća toplinskog toka, $W/m^2$
$h_c$	-	koeficijent konvekcije, $W/m^2K$
$T_p$	-	temperatura čvrste plohe, K
$T_f$	-	temperatura fluida, K

### Radijacija

Prijenos topline pomoću elektromagnetskih zraka naziva se radijacija (zračenje). Toplinska energija tijela pretvara se u elektromagnetsko zračenje, koje tijelo emitira u okolni prostor. I obratno, kada elektromagnetski valovi dopiju do površine nekog tijela, jedan njihov dio tijelo upije i pretvara ga u toplinu. Ukupna energija prenesena zračenjem dobije se kao razlika između energije što je emitira površina nekog tijela i energije koju je ta ista površina pri dozračivanju apsorbirala. Gustoća toplinskog toka, koji se prenosi zračenjem proračuna se prema sljedećem izrazu:

$$q = h_r \cdot (T_1 - T_2) \quad [W/m^2]$$

$q$	-	gustoća toplinskog toka, $W/m^2$
$h_r$	-	koeficijent prijelaza topline zračenjem, $W/m^2K$
$T_1$	-	temperatura tijela 1, K
$T_2$	-	temperatura tijela 2, K

U slučaju dviju ravnih, paralelnih ploha, toplinski tok koji prijeđe s ravnine s višom temperaturom na onu s nižom temperaturom, dan je sljedećim izrazom:

$$q = h_r \cdot (T_1 - T_2) = \frac{\sigma \cdot (T_1^4 - T_2^4)}{\frac{1}{\varepsilon_1} + \frac{1}{\varepsilon_2} - 1} \quad [W/m^2]$$

$\sigma$	-	Stefan-Boltzmannova konstanta, $5,67 \times 10^{-8} W/m^2K^4$
$A$	-	ploština, $m^2$
$\varepsilon$	-	koeficijent emisije – jednak je omjeru odzračene (apsorbirane) energije promatrane ploštine i odzračene (apsorbirane) energije ploštine crnog tijela jednake temperature

### Toplinski koeficijent

Gotova se sva tijela zagrijavanjem rastežu, tj. povećava im se volumen. Kod tijela čije su dvije dimenzije znatno manje od treće (npr. štapovi, šipke, cijevi i sl.) razmatramo samo linerno širenje, a kod tijela čija je debljina zanemariva (npr. ploče) površinsko širenje. Duljina nekog tijela se prilikom zagrijavanja od početne temperature  $T_0$  do konačne temperature  $T$  mijenja po sljedećoj formuli:

$$l = l_0(1 + \alpha\Delta T) \quad [m]$$

$l_0$	-	početna duljina tijela pri temperaturi $T_0$ , m
$l$	-	duljina tijela na temperaturi $T$ , m

- $\Delta T$  - porast temperature od  $T_0$  do  $T$ , K  
 $\alpha$  - toplinski koeficijent, 1/K

Toplinski koeficijent definiran je relacijom:

$$\alpha = \frac{1}{l_0} \cdot \frac{l - l_0}{T - T_0} \quad [1/K]$$

### **Specifični toplinski kapacitet**

Toplinski kapacitet nekog tijela je količina topline  $Q$  koju tijelo treba primiti da bi mu se temperatura podigla za jedan stupanj.

$$C_t = \frac{Q}{\Delta T} \quad [J/K]$$

Da bi se dobila veličina karakteristična za određeni materijal, koja ne ovisi o masi tijela, definira se specifični toplinski kapacitet  $c$ . Specifični toplinski kapacitet  $c$  je količina topline koja je potrebna da se jediničnoj masi nekog tijela povisi temperatura za jedan stupanj.

$$c = \frac{1}{m} \cdot \frac{Q}{\Delta T} \quad [J/K \text{ kg}]$$

- $C_t$  - toplinski kapacitet, J/K  
 $c$  - specifični toplinski kapacitet, J/K kg  
 $Q$  - količina topline, J  
 $\Delta T$  - porast temperature od  $T_0$  do  $T$ , K  
 $m$  - masa tijela, kg

Tijela s malim toplinskim kapacitetom zagrijevaju se brzo, dok se tijela s relativno velikim kapacitetom zagrijevaju sporije.

### **Napomena:**

Kelvin (K) je SI-jedinica za temperaturu. Temperatura 0 K zove se apsolutna nula i odgovara Celsiusovoj temperaturi  $-273,15$  °C. Veza između termodinamičke temperature  $T$  i Celsiusove temperature  $t$  je:

$$T(K) = 273,15 + t(^{\circ}\text{C})$$

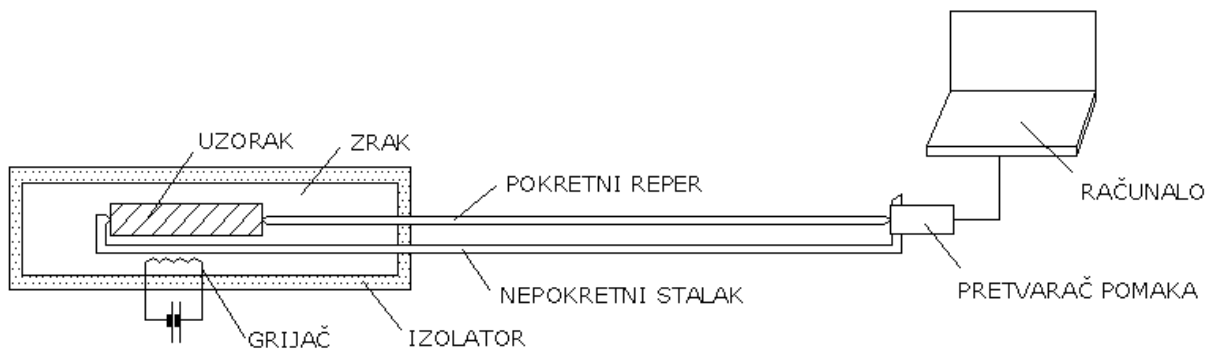
Ime i prezime \_\_\_\_\_

Grupa \_\_\_\_\_

## TOPLINSKA SVOJSTVA MATERIJALA

### Primjer br. 1 Toplinsko istezanje

Aluminijski uzorak se nalazi u termos-boci (izolator) te se pomoću grijača zagrijava od početne temperature  $T_0$  do konačne temperature  $T$ . Uzorak je pridržan nepomičnim stalkom od kvarcnog stakla s jedne strane dok je s druge strane vezan za pomični reper. Pomični reper je vezan na pretvornik pomaka. Pomoću računala prati se promjena temperature uzorka i linerno istezanje uzorka uzrokovano promjenom temperature. Sklop uređaja potrebnih za izvođenje vježbe prikazan je na slici 1.



Slika 1: Uređaji za izvođenje vježbe

U tablicu 1 upisuje se vrijeme, temperatura i promjena duljine uzorka.

**Tablica 1.** Toplinsko istezanje

$t$ (s)	$T$ (K)	$\Delta l$ (mm)
<b>Toplinski koeficijent</b> $\alpha$ (K <sup>-1</sup> )		

**Zadatak:** Iz izmjerenih temperatura i pripadajućih duljina uzorka potrebno je izračunati toplinski koeficijent uzorka te nacrtati graf promjene duljine u ovisnosti o temperaturi.

