

Temperatura i toplina

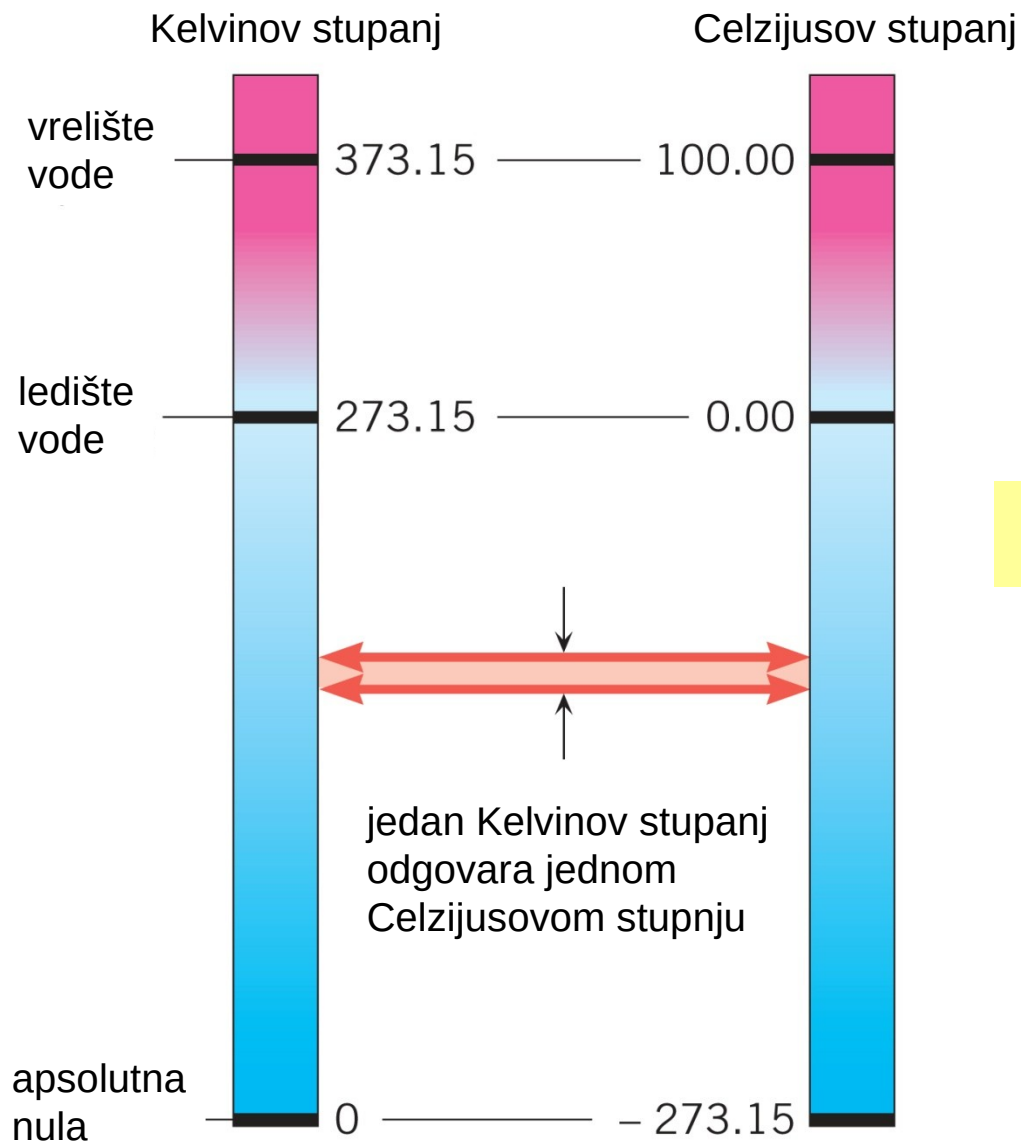
**FIZIKA
PSS-GRAD
25. studenog 2025.**



WILEY

Copyright © 2015 John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.

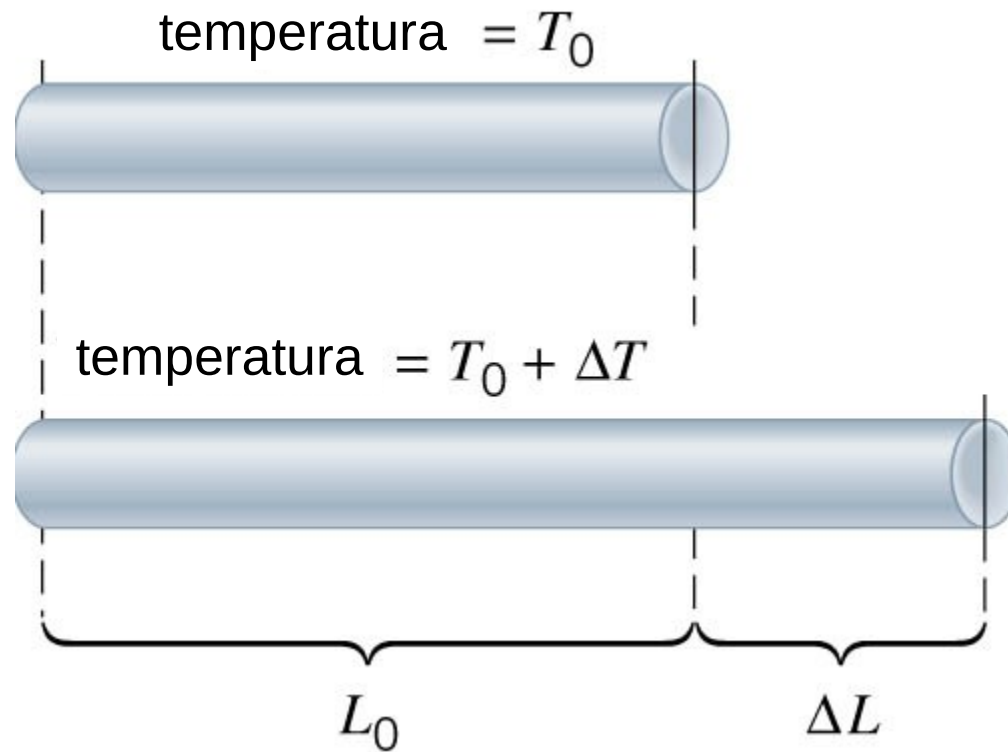
12.2 Ljestvica apsolutne temperature



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

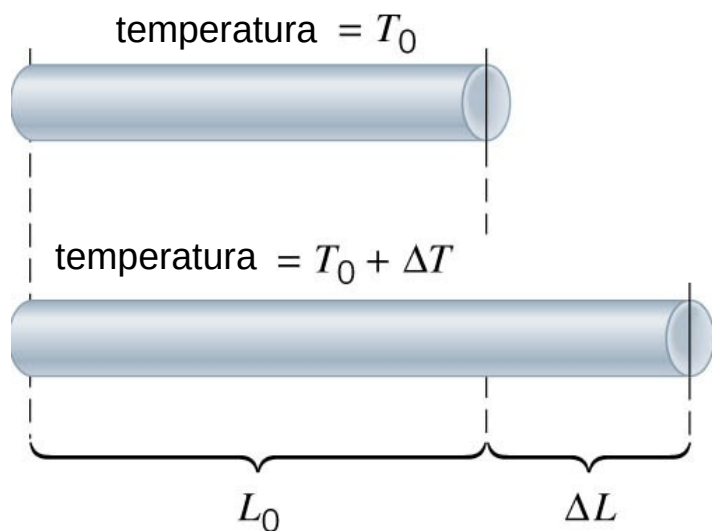
WILEY

NORMALNA ČVRSTA TIJELA



LINEARNO TOPLINSKO RASTEZANJE ČVRSTOG TIJELA

Duljina se mijenja s promjenom temperature:



$$\Delta L = \alpha L_0 \Delta T$$

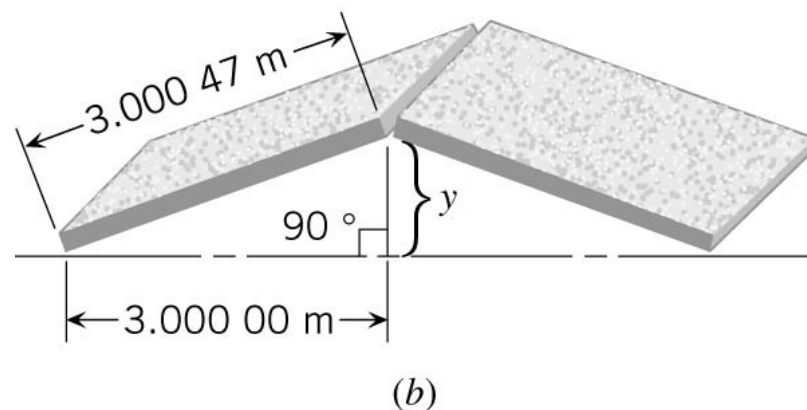
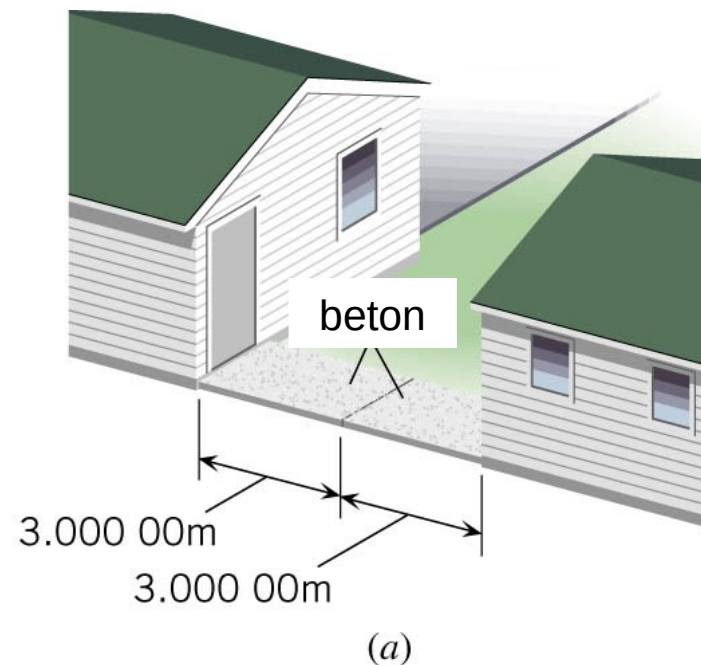
koeficijent
linearnog
rastezanja

12.4 Linearno toplinsko rastezanje

materijal	koeficijent linearnog rastezanja $\alpha / 10^{-6}^{\circ}\text{C}^{-1}$	koeficijent volumnog rastezanja $\gamma / 10^{-6}^{\circ}\text{C}^{-1}$
čvrsta tvar		
aluminij	25	75
mesing	19	56
željezo	12	35
srebro	19	56
bakar	17	51
olovo	29	87
staklo (Pyrex)	3	9
staklo (obično)	9	27
kvarc	0,4	1
beton	12	36
mramor	1,4 – 3,5	4 – 10
tekućine		
benzin		950
živa		180
alkohol		1100
glicerin		500
voda		210

Primjer 3 Deformiranje pločnika

Betonske ploče između dviju zgrada postavljene su jednoga dana kad je temperatura bila $25\text{ }^{\circ}\text{C}$. Između ploča nije ostavljen razmak. Kad je temperatura narasla na $38\text{ }^{\circ}\text{C}$ ploče su se podigle kao na slici. Izračunajte visinu y .



12.4 Linearno toplinsko rastezanje

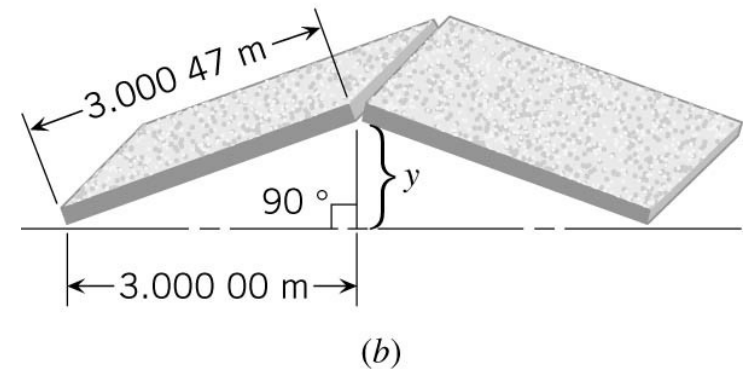
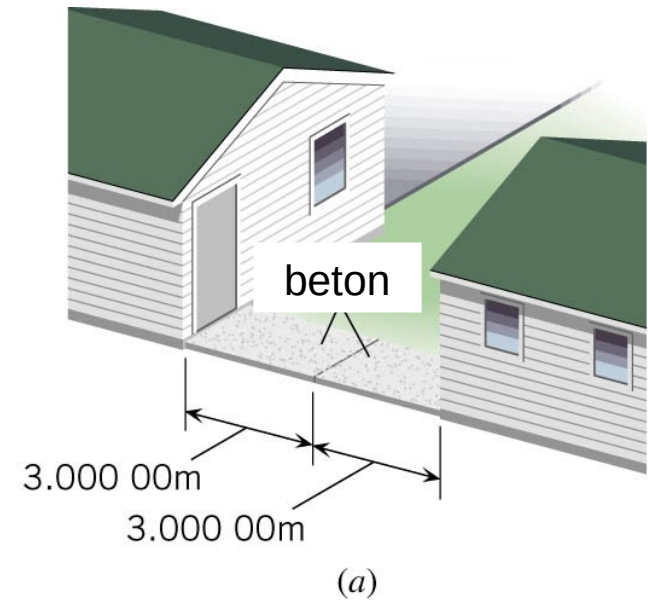
$$\Delta L = \alpha L_0 \Delta T$$

$$\Delta L = 12 \cdot 10^{-6} (\text{°C})^{-1} \cdot 3,0 \text{ m} \cdot 13 \text{ °C}$$

$$\Delta L = 0,00047 \text{ m}$$

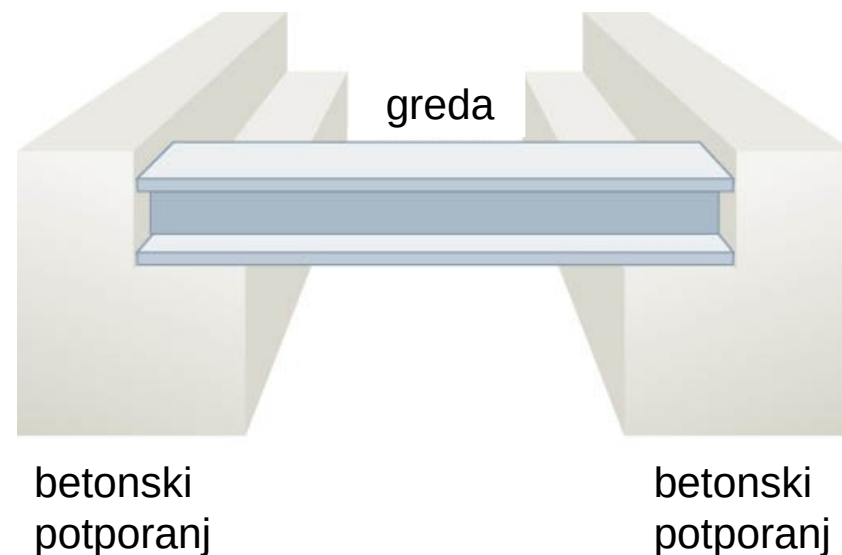
$$y = \sqrt{(3,00047 \text{ m})^2 - (3,00000 \text{ m})^2}$$

$$y = 0,053 \text{ m}$$

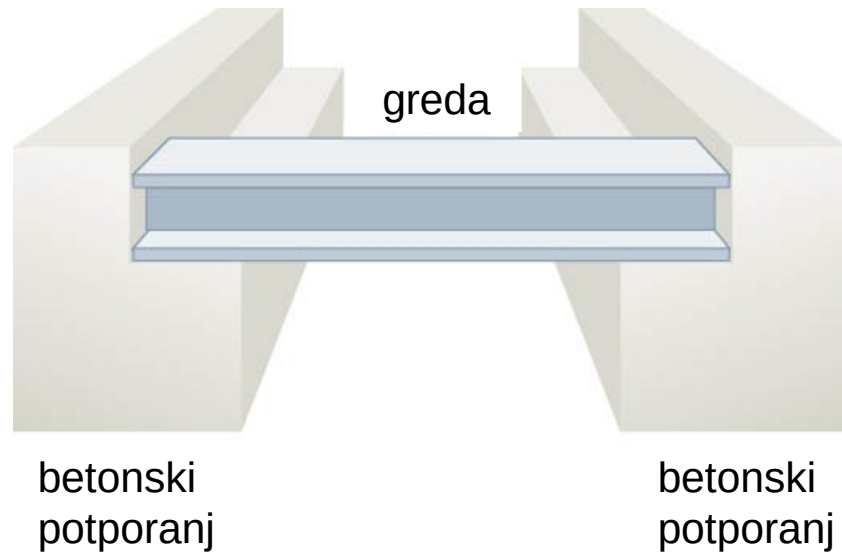


Primjer 4 Napetost čelične grede

Greda je postavljena između dva betonska potpornja kad je temperatura bila 23°C .
Kojom napetošću potpornji moraju djelovati na krajeve grede da spriječe njezino širenje na temperaturi od 42°C ?



12.4 Linearno toplinsko rastezanje



$$\Delta L = \alpha L_0 \Delta T$$

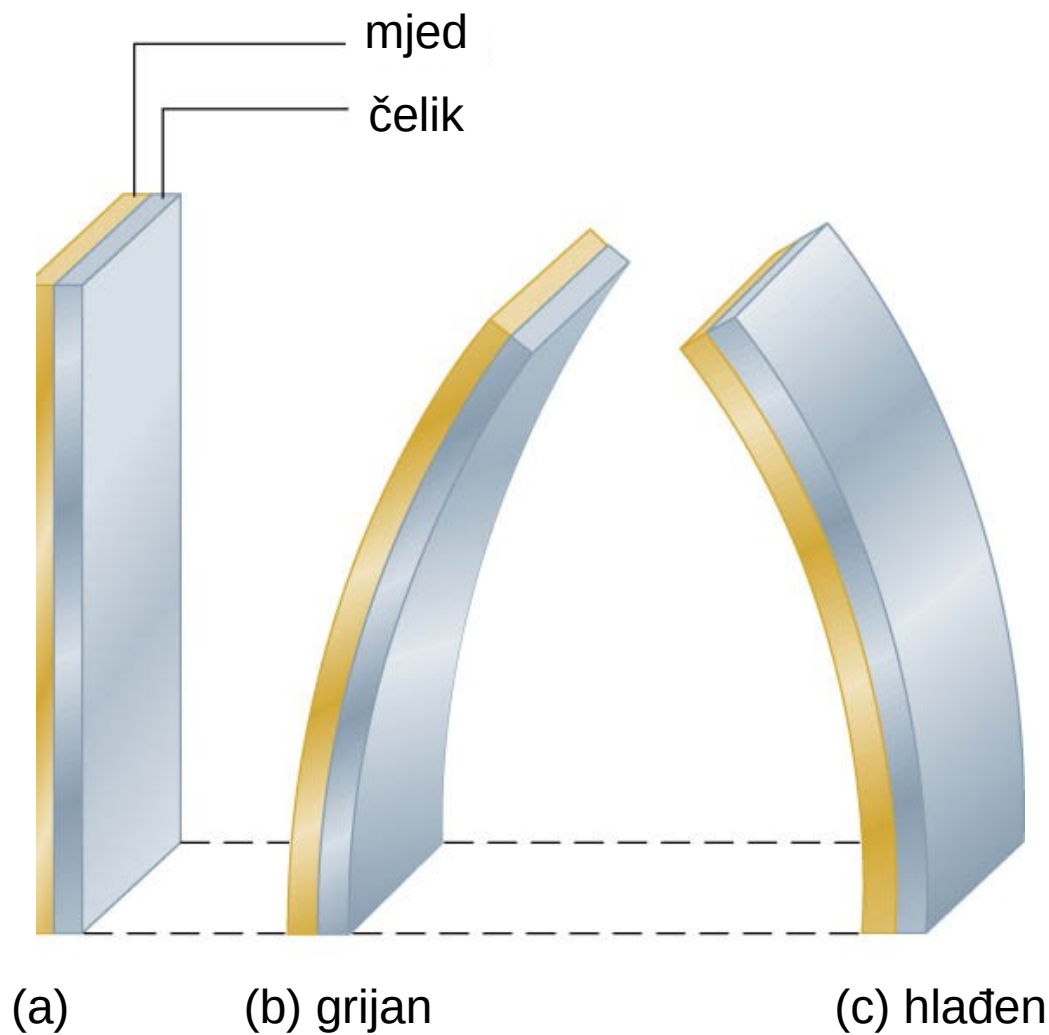
An orange arrow points from the ΔL term in the equation above to the $\frac{\Delta L}{L_0}$ term in the equation below.

$$\sigma = \frac{F}{S} = Y \frac{\Delta L}{L_0} = Y \alpha \Delta T$$

$$\sigma = 2,0 \cdot 10^{11} \text{ N/m}^2 \cdot 12 \cdot 10^{-6} (\text{°C})^{-1} \cdot 19 \text{ °C}$$

$$\sigma = 4,7 \cdot 10^7 \text{ N/m}^2$$

BIMETAL



VOLUMNO TOPLINSKO RASTEZANJE ČVRSTOG TIJELA

Volumen se mijenja s promjenom temperature:

$$\Delta V = \beta V_0 \Delta T$$



koeficijent
volumnog
rastezanja

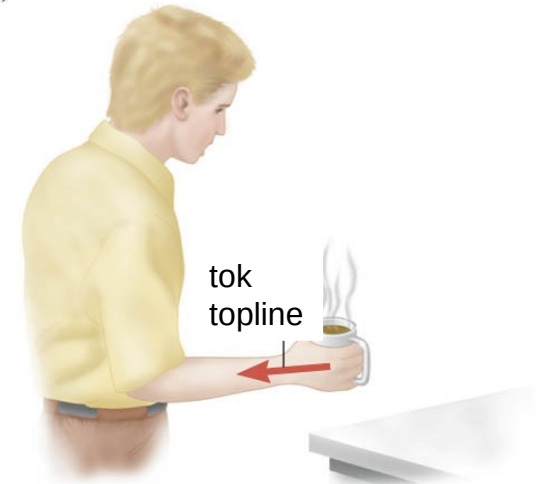
12.6 Toplina i unutrašnja energija

DEFINICIJA TOPLINE

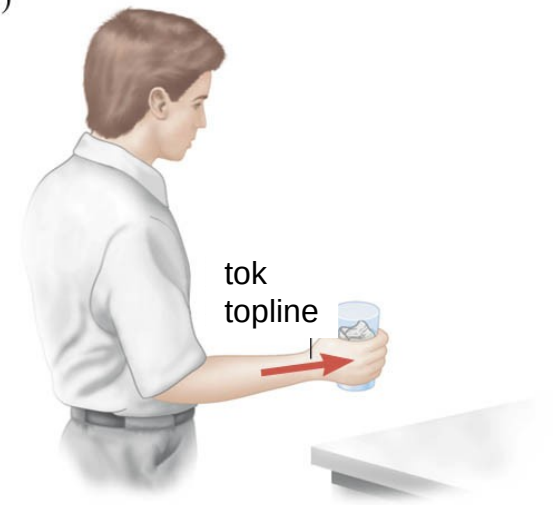
Toplina je energija koja prelazi s tijela više temperature na tijelo niže temperature.

jedinica SI za toplinu: džul (J)

(a)



(b)



WILEY

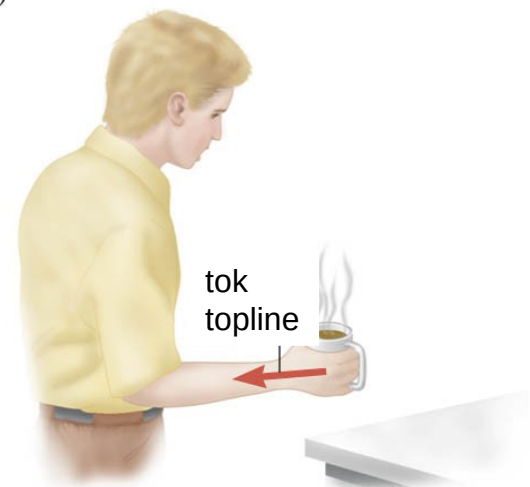
12.6 Toplina i unutrašnja energija

Toplina koja prelazi s toplijeg na hladnije tijelo proizlazi iz *unutrašnje energije* toplijeg tijela.

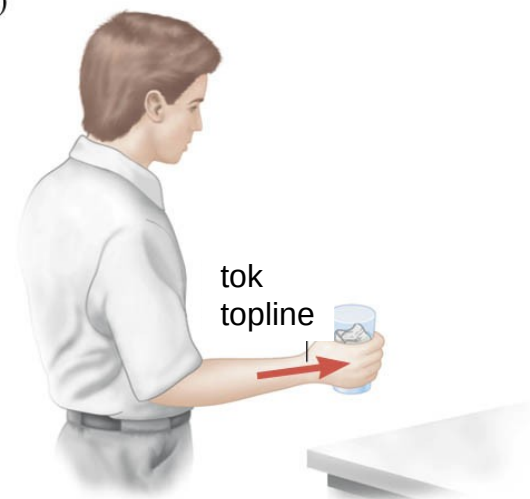
Nije ispravno reći da tijelo ima toplinu.

Tijelo ima unutrašnju energiju. A dio te energije može prijeći na drugo tijelo. Samo **energiju prijelaza** nazivamo toplineom.

(a)



(b)



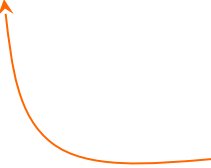
WILEY

12.7 *Toplina i promjena temperature: specifični toplinski kapacitet*

ČVRSTA TIJELA I TEKUĆINE

Toplina koju tijelu treba dati, ili od tijela uzeti, da bi se tijelu promijenila temperatura:

$$Q = m c \Delta T$$



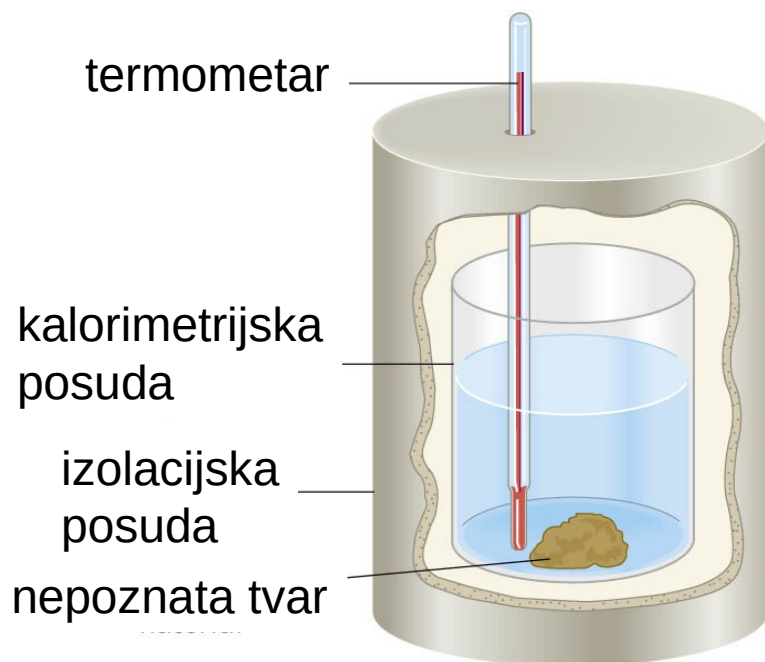
specifični toplinski kapacitet

jedinica SI za specifični toplinski kapacitet: $\text{J kg}^{-1} \text{K}^{-1}$

12.7 Toplina i promjena temperature: specifični toplinski kapacitet

tvar	$c / \text{Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$	tvar	$c / \text{Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$	tvar	$c / \text{Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$
aluminij	886	drvo	2390	olovo	130
azbest	836	granit	653	pluto	2050
bakar	387	guma	1675	staklo	779
bazalt	854	led	2090	srebro	234
beton	920	mast	1880	voda	4180
bizmut	129	mesing	372	zlato	127
cink	380	mramor	880	željezo	482

KALORIMETRIJA



kalorimetrija

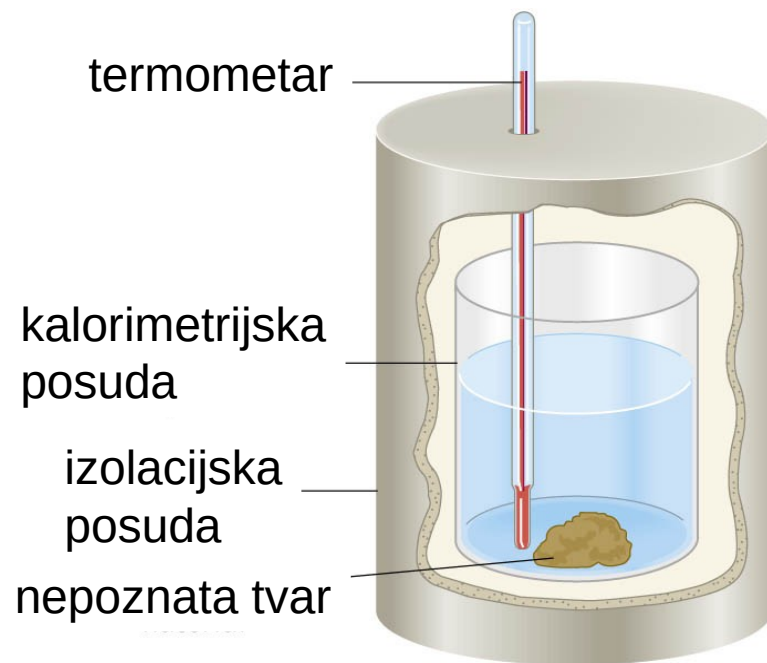
mjerjenje topline; primjenjuje se za određivanje specifičnog toplinskog kapaciteta i latentne topline raznih tvari

Ako nema gubitaka (općenitije, ako nema izmjene energije s okolinom) onda je toplina koju toplije tijelo preda jednaka toplini koju hladnije tijelo primi.

Primjer 12 Mjerenje specifičnog toplinskog kapaciteta

Aluminijski kalorimetar mase 0,15 kg sadrži 0,20 kg vode. I voda i posuda kalorimetra su na temperaturi 18 °C. U vodu se ubaci nepoznati materijal mase 0,040 kg zagrijan na 97 °C.

Nakon postizanja toplinske ravnoteže temperatura je 22 °C. Odredite specifični toplinski kapacitet nepoznatog materijala.



12.7 Toplina i promjena temperature: specifični toplinski kapacitet

$$(m c \Delta T)_{\text{aluminij}} + (m c \Delta T)_{\text{voda}} = (m c \Delta T)_{\text{nepoznato}}$$

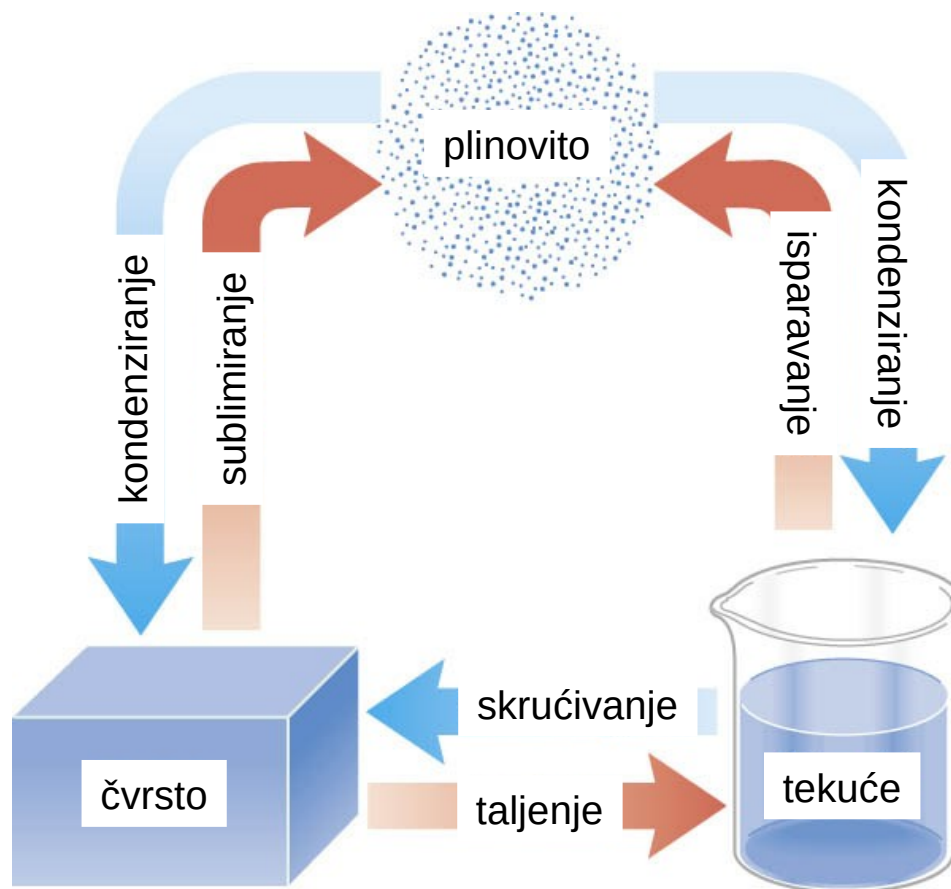


$$0,15 \text{ kg} \cdot 886 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1} \cdot 4 \text{ K} + 0,20 \text{ kg} \cdot 4180 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1} \cdot 4 \text{ K} = 0,040 \text{ kg} \cdot c \cdot 75 \text{ K}$$

$$c = \frac{0,15 \text{ kg} \cdot 886 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1} \cdot 4 \text{ K} + 0,20 \text{ kg} \cdot 4180 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1} \cdot 4 \text{ K}}{0,040 \text{ kg} \cdot 75 \text{ K}}$$

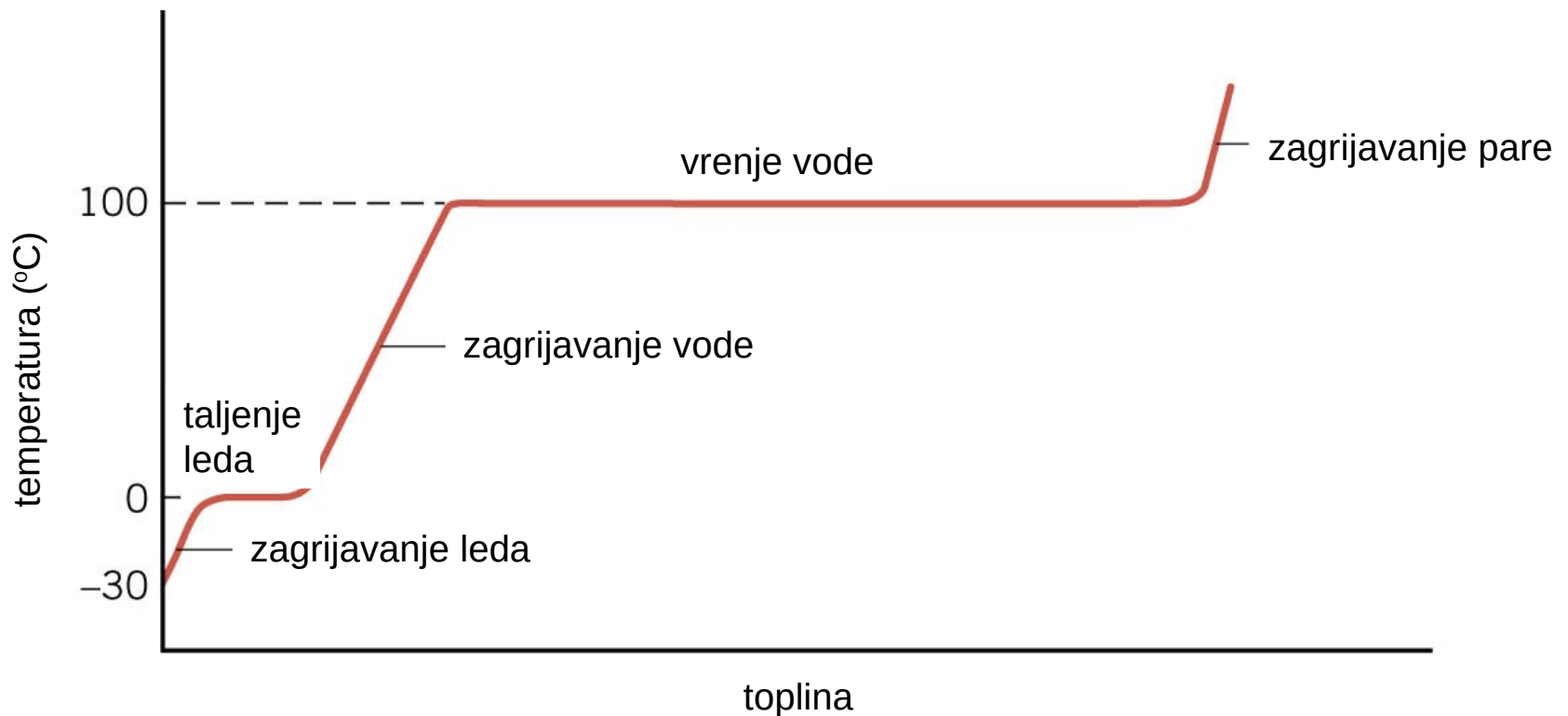
$$c = 1300 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

AGREGACIJSKA STANJA TVARI



12.8 Toplina i promjena agregacijskog stanja: latentna toplina

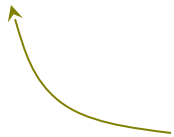
Pri promjeni agregacijskog stanja temperatura smjese se ne mijenja.



12.8 *Toplina i promjena agregacijskog stanja: latentna toplina*

PRI PROMJENI AGREGACIJSKOG STANJA
TOPLINA SE **DOVODI** ILI **ODVODI**

$$Q = m L$$



latentna toplina

jedinica SI za latentnu toplinu: J/kg

12.8 Toplina i promjena agregacijskog stanja: latentna toplina

	<i>talište °C</i>	<i>latentna toplina taljenja J/kg</i>	<i>vrelište °C</i>	<i>latentna toplina isparavanja J/kg</i>
dušik	– 210	25 000	– 196	200 000
kisik	– 218	13 900	– 183	213 000
olovo	328	23 200	1744	858 000
srebro	980	105 000	2050	2 336 000
voda	0	333 000	100	2 256 000
živa	– 39	11 400	357	290 000

Primjer 14 Ledena limunada

U vrč koji sadrži 0,32 kg limunade na temperaturi 27 °C doda se led na temperaturi 0 °C. Toplinski kapacitet limunade približno je jednak toplinskom kapacitetu vode. Nakon što led i limunada uspostave toplinsku ravnotežu, preostane nešto leda. Odredite masu otopljenog leda. Hlađenje vrča zanemarite.

$$m_2 L = m_1 c \Delta T$$

Diagram illustrating the heat balance equation for the lemonade and ice system. The equation is $m_2 L = m_1 c \Delta T$. The term $m_2 L$ is circled in blue, and the term $m_1 c \Delta T$ is circled in red. Lines connect the circles to their respective descriptions:

- toplina koju led primi (heat absorbed by the ice)
- toplina koju limunada preda (heat released by the lemonade)

12.8 *Toplina i promjena agregacijskog stanja: latentna toplina*

$$m_2 L = m_1 c \Delta T$$

$$m_2 = \frac{m_1 c \Delta T}{L}$$

$$m_2 = \frac{0,32 \text{ kg} \cdot 4186 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1} \cdot 27 \text{ K}}{3,35 \cdot 10^5 \text{ J kg}^{-1}} = 0,11 \text{ kg}$$

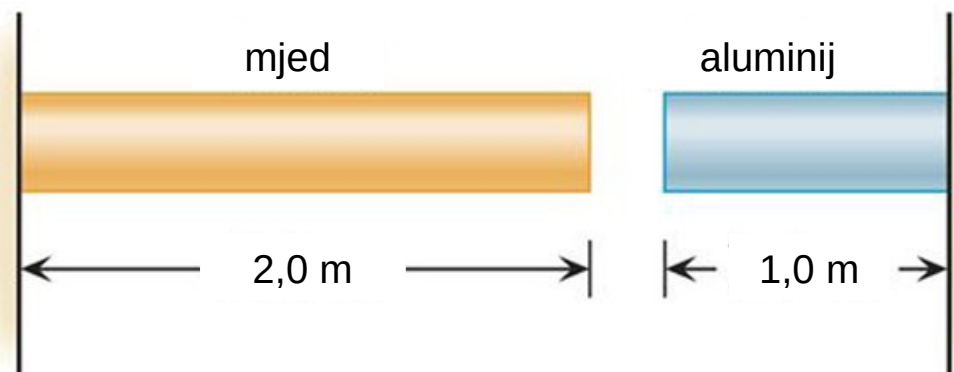
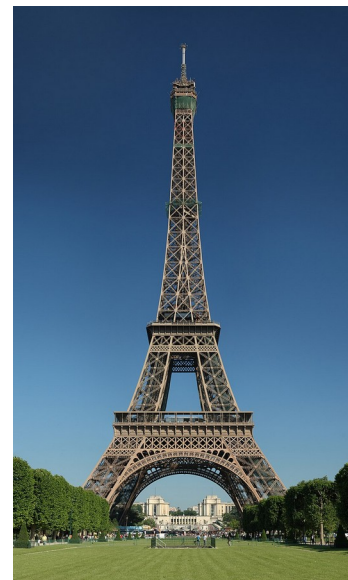
ZADACI ZA VJEŽBU

1. Visina Eiffelovog tornja poveća se za 19,4 cm kad se temperatura promijeni s $-9,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ na $+41\text{ }^{\circ}\text{C}$. Kolika je približna visina Eiffelovog tornja?

RJEŠENJE: 320 m

2. Dvije šipke, mjedena i aluminijska, učvršćene su na nepomični zid, kao na slici. Pri temperaturi od $28\text{ }^{\circ}\text{C}$ razmak između šipki je 1,3 mm. Na kojoj će temperaturi razmak nestati?

RJEŠENJE: $49\text{ }^{\circ}\text{C}$



ZADACI ZA VJEŽBU

3. Boca od 1,500 L do vrha je napunjena tekućinom čija je temperatura 97,1 °C. Kad se ta tekućina ohladi na 15,0 °C njezin se volumen smanji na 1,383 L. Iz tablice s koeficijentima volumnog rastezanja, odredite o kojoj se tekućini radi. Rastezanje boce zanemarite.

RJEŠENJE: benzin

4. Komad stakla, temperature 83,0 °C, uroni se u tekućinu temperature 43,0 °C. Nakon uspostavljanja toplinske ravnoteže, temperatura je 53,0 °C. Masa stakla odgovara masi tekućine. Zanemarite gubitke topline te odredite specifični toplinski kapacitet tekućine, ako je specifični toplinski kapacitet stakla $8,4 \cdot 10^2 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$.

RJEŠENJE: 2500 J kg⁻¹ K⁻¹

5. Metabolizam čovjeka koji miruje oslobađa energiju od $3,0 \cdot 10^5 \text{ J}$ na sat. Osoba je uronjena u 1200 kg vode na temperaturi od 21,00 °C. Kolika će biti temperatura vode biti pola sata kasnije? Pretpostavite da sva toplina s čovjeka prelazi na vodu.

RJEŠENJE: 21,03 °C

ZADACI ZA VJEŽBU

6. Koliko topline treba dodati aluminiju mase 0,45 kg da bi ga se iz čvrstog stanja temperature 130 °C dovelo u tekuće stanje temperature 660 °C (što je njegova temperatura tališta)? Latentna toplota taljenja aluminija je $4,0 \cdot 10^5$ J/kg.

RJEŠENJE: $3,9 \cdot 10^5$ J

7. U termosici je 150 cm³ vruće kave na temperaturi od 85 °C. U kavu se ubace dvije kockice leda, svaka mase 11 g, čija je temperatura 0 °C. Led se potpuno otopi. Koja je konačna temperatura kave? Kavu tretirajte kao vodu.

RJEŠENJE: 64 °C

8. Koliko košta zagrijavanje vode u bazenu (dugačkom 12,0 m, širokom 9,00 m i dubokom 1,5 m) s 15 °C na 27 °C ako je cijena električne energije 0,10 eura za kWh?

RJEŠENJE: 230 eura

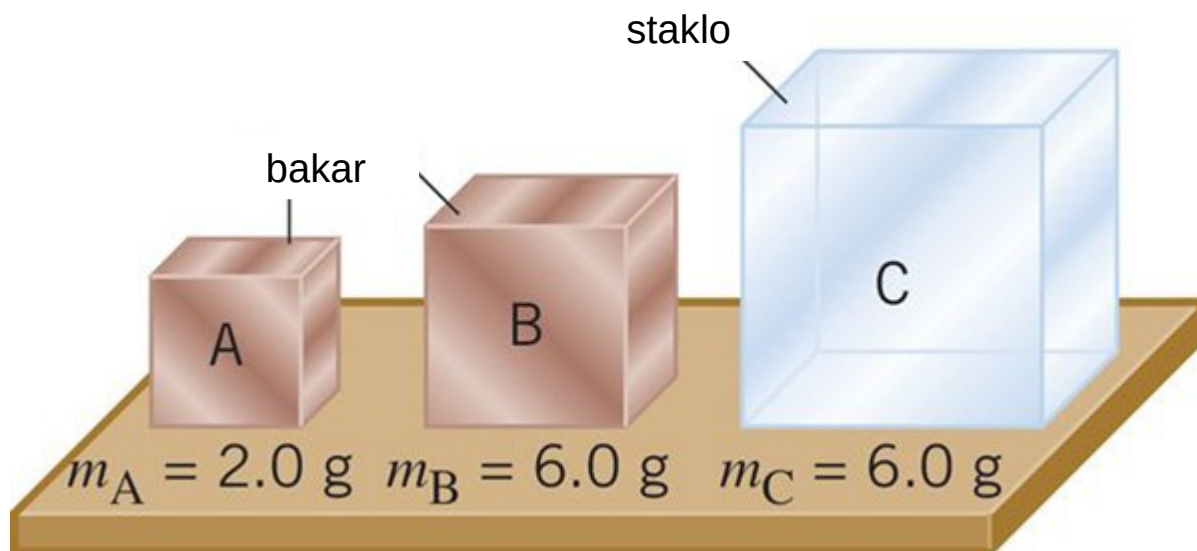
ZADACI ZA VJEŽBU

9. Kad se srebrnoj žici duljine 0,15 m dovede 4200 J topline, njezina se duljina poveća za 4,3 mm. Odredite masu žice.

RJEŠENJE: 12 g

10. Tijela A i B su bakrena, a masa tijela B je tri puta veća od mase tijela A. Tijelo C je stakleno te iste mase kao i tijelo B. Svim se tijelima dovede ista toplina. Kojem se tijelu više podigne temperatura, tijelu A ili tijelu B? Kojem se tijelu više podigne temperatura, tijelu B ili tijelu C?

RJEŠENJE: A; B



PITANJA ZA PONAVLJANJE

1. Temperatura
2. Toplina
3. Temperaturne ljestvice
4. Temperatura apsolutne nule
5. Linearno termičko rastezanje
6. Volumno termičko rastezanje
7. Veza topline i temperature
8. Specifični toplinski kapacitet
9. Agregacijska stanja materije
10. Latentna toplina