

# Vježbe 2. : Termodinamika

## Fizika 2 za matematičare

asistent: Neven Golenić ([ngolenic@phy.hr](mailto:ngolenic@phy.hr))

18. ožujka 2019.

### I Termička ekspanzija

1. Odredite temperaturu na kojoj je voda najgušća ako je termička ekspanzija tekućina definirana relacijom  $V(t) = V_0(1 + at + bt^2 + ct^3)$ , gdje  $t$  [°C] temperatura, a  $\{a, b, c\}$  su realne konstante karakteristične za pojedinu tvar. Za vodu u temperaturnom intervalu od 0 °C do 33 °C konstante iznose  $a = -0.06427 \cdot 10^{-3} \text{ °C}^{-1}$ ,  $b = 8.5053 \cdot 10^{-3} \text{ °C}^{-2}$  i  $c = -6.7900 \cdot 10^{-8} \text{ °C}^{-3}$ .

**DZ** Bimetalna traka sastoji se od trake cinka i trake željeza debljine po  $d = 0.5 \text{ mm}$ . Na početnoj temperaturi  $t_0 = 22 \text{ °C}$  obje su trake jednake dužine  $L_0 = 5 \text{ cm}$ .

Ako se temperatura poveća na 80 °C, odredite

- a) polumjer zakrivljenosti trake (Rj.  $r = 0.48 \text{ m}$ ),
- b) kut  $\theta$  za koji će se traka zakrenuti (Rj.  $\vartheta = 6.01^\circ$ ),
- c) pomak slobodnog kraja trake od prvotnog položaja okomito na dužinu trake. (Rj.  $x = 2.62 \text{ mm}$ )

U navedenom temperaturnom intervalu koeficijenti linearne termičke ekspanzije iznose  $\alpha_{\text{Fe}} = 12.2 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ ,  $\alpha_{\text{Zn}} = 30.3 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ .

### II Jednadžba stanja plina

1. Jedan mol dušika nalazi se na temperaturi  $T = 300 \text{ K}$  zatvoren u volumenu od 10 L. Koliki je tlak dušika ako je plin
  - a) idealan,
  - b) realan, izražen Van der Waalsovom jedn., sa koeficijentima  $a = 1.404 \text{ L}^2 \text{ bar mol}^{-2}$  i  $b = 0.03913 \text{ mol}^{-1}$ ,
  - c) realan, izražen preko virialjnih koeficijanta  $\frac{pV}{RT} = 1 + \frac{B}{V} + \frac{C}{V^2}$ , gdje su  $B = -4.7 \text{ cm}^3 \text{ mol}^{-1}$  i  $C = 1400 \text{ cm}^6 \text{ mol}^{-2}$ .
2. U zatvorenoj posudi volumena  $V = 10 \text{ L}$  nalazi se smjesa od 16 g helija i 10 g vodika na temperaturi  $T = 300 \text{ K}$ . Koliki je tlak plina na stijenke posude? Čiji je parcijalni tlak veći i zašto?
3. Vertikalni cilindar zatvoren s obje strane odjeljen je nepropusnom, ali pomičnom preprekom. Oba dva dijela cilindra ispunjeni su s po 1 mol zraka. U ravnoteži na temperaturi  $T_0 = 300 \text{ K}$  volumen gornjeg dijela je  $\eta_0 = 4$  puta veći od donjeg. Na kojoj temperaturi će omjer volumena biti  $\eta = 3$ ?
4. Izdužena cilindrična posuda ispunjena plinovitim dušikom nalazi se u uniformnom gravitacijskom polju. Temperatura plina varira sa visinom  $y$  na način da je gustoća plina jednaka u cijeloj posudi. Koliko iznosi gradijent temperature ( $\frac{dT}{dh}$ )?

### III Kinetička teorija plinova

1. Za atom vodika u međuzvezdanom prostoru izračunajte
  - a) srednji slobodni put ( $\lambda$ ),
  - b) srednju kvadratnu brzinu ( $v_{\text{rms}}$ ),
  - c) prosječno vrijeme između dva sudara ( $\tau$ ).
2. Za molekulu vodika u čistoj vodikovoj atmosferi pri tlaku  $p = 1$  bar izračunajte srednji slobodni put, srednju kvadratnu brzinu i prosječno vrijeme između sudara pri temperaturi a)  $T = 300$  K i b)  $T = 20.3$  K. Pretpostavite da je molekula vodika kruta kuglica s promjerom  $2r = 2.2$  Å.