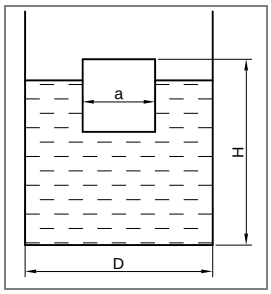
# ŽUPANIJSKO NATJECANJE IZ FIZIKE – 27. veljače 2014.

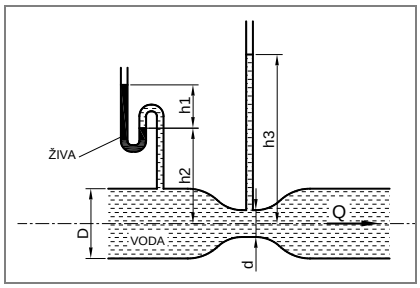
## Srednje škole – 2. skupina

**1. zadatak** (8 bodova)
U nekoj se tvornici za sušenje koristi vrući zrak. Tijekom svakog sata potrebno je 1200 $m^3$ zraka temperature 50°C pri atmosferskom tlaku $10^5$ Pa. Koliko je potrebno topline svaki sat da bi se zrak ugrijao na potrebnu temperaturu, ako je početna temperatura zraka -10°C? Grijanje je izobarno i specifični toplinski kapacitet zraka pri stalnom tlaku je $c_p$ = 1000 J/(kgK). Uzmite da je zrak smjesa idealnih plinova u kojoj je volumni udio dušika 80%, a kisika 20%. Molarne mase molekula dušika i kisika su redom 28 g/mol i 32 g/mol. Opća plinska konstanta iznosi 8.314 J/(mol K).

**2. zadatak** (9 bodova)
Izračunajte udaljenost H gornje površine kockice leda od dna okrugle čaše promjera D = 7 cm (Slika 1). U čaši se nalazi 2.5 dl soka gustoće ρ = 1100 kg/$m^3$. Stranica kockice leda iznosi a = 2 cm, a gustoća leda je $\rho_L$ = 920 kg/$m^3$.



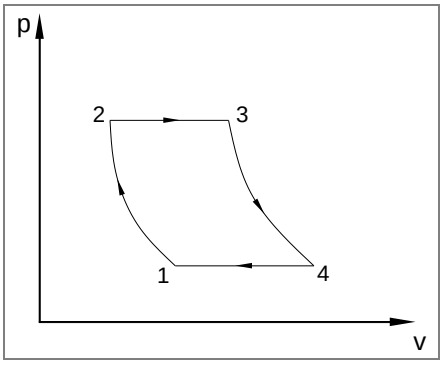
Slika 1



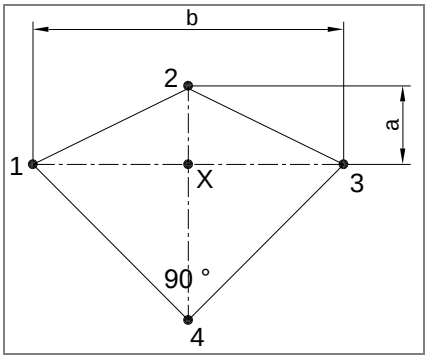
Slika 2

**3. zadatak** (11 bodova)
Izračunajte protok vode Q kroz cijev na slici 2. Zadano je D = 20 cm, d = 15 cm, $h_1$ = 5 cm, $h_2$ = 40 cm, $h_3$ = 60 cm. Gustoća žive i vode su redom $\rho_{Hg}$ = 13600 kg/$m^3$ i ρ = 1000 kg/$m^3$.

**4. zadatak** (11 bodova)
Kružni proces idealnog plina sastoji se od dvije adijabate i dvije izobare (Slika 3). Omjer maksimalnog i minimalnog tlaka tijekom procesa je $a = p_{max} / p_{min}$. Izrazite korisnost $\eta$ idealnog toplinskog stroja, čiji se rad bazira na ovom kružnom procesu, preko $a$ i $\gamma = C_p/C_V = c_p/c_V$.



Slika 3



Slika 4

**5. zadatak** (11 bodova)
Tri jednaka pozitivna naboja q učvršćena su u točkama 1, 2 i 3. U točki 4 učvršćen je pozitivni naboj Q (Slika 4).
a) Koliku električnu silu osjeća naboj Q?
b) Koliki bi rad trebalo obaviti da bi se novi pozitivni naboj q dovelo iz beskonačnosti u točku X?

# ŽUPANIJSKO NATJECANJE IZ FIZIKE – 27. veljače 2014.

## Srednje škole – 2. grupa
## Rješenja i smjernice za bodovanje

Upute za bodovanje: Ovdje je prikazan jedan način rješavanja zadataka. Ako učenici riješe zadatak drugačijim, a fizikalno ispravnim načinom, treba im dati puni broj bodova predviđen za taj zadatak. Ako učenici ne napišu posebno svaki ovdje predviđeni korak, a vidljivo je da su ga napravili, treba im dati bodove kao da su ga napisali.

**1. zadatak** (8 bodova)

$p_{at}$ = p = $10^5$ Pa, $V$ = 1200 $m^3$, $t_1$ = -10°C, $t_2$ = 50°C =323 K, R = 8.314 J/(molK), $c_p$ = 1000 J/(kgK), $M(N_2)$ = 28 g/mol, $M(O_2)$ = 32 g/mol.

Toplina potrebna za grijanje zraka pri stalnom tlaku je:

$$Q = mc_p(t_2 - t_1) \qquad (= m \cdot 60000 \frac{\mathrm{J}}{\mathrm{kg}})$$ **(2 boda)**

Molarna masa zraka je:

$$M = 0.80 M_{N_2} + 0.20 M_{O_2} \qquad (= 28.8 \text{ g/mol})$$ **(2 boda)**

Za ugrijani zrak vrijedi:

$$pV = nRT \;\Rightarrow\; m = \frac{pVM}{RT} \qquad (= 1286.35 \text{ kg})$$ **(2 boda)**

Potrebna toplina je:

$$Q = \frac{pVM}{RT} c_p (t_2 - t_1) = 77216914.1\text{J} \approx 77.2 \text{ MJ}$$ **(2 boda)**

**2. zadatak** (9 bodova)

$a$ = 2 cm, $D$ = 7 cm, $V$ = 0.00025 $m^3$, ρ = 1100 kg/$m^3$, $\rho_L$ = 920 kg/$m^3$

Kockica leda pliva u soku pa je njenu težinu možemo izjednačiti sa silom uzgona:

$$G = F_u$$ **(1 bod)**

Težina kockice:

$$G = mg = V\rho_L g = a^3 \rho_L g$$ **(1 bod)**

Sila uzgona na kockicu ($x$ je visina kockice uronjena u sok)

$$F_u = xa^2 \rho g$$ **(1 bod)**

Na temelju napisanih jednadžbi se dobiva:

$$x = a\frac{\rho_L}{\rho} \qquad (x = 0.0167 \text{ m})$$ **(1 bod)**

Razinu soka u čaši označimo s $h$. Tada za volumen čaše do visine $h$ vrijedi:

$$h\frac{D^2}{4}\pi = V + a^2 x$$ **(2 boda)**

$$h = 4\frac{V + a^2 x}{D^2 \pi} = 0.0667 \text{ m}$$ **(1 bod)**

Traženi *H* je: $H = h + (a - x)$ **(1 bod)**

$H = 0.07$ m **(1 bod)**

**3. zadatak** (11 bodova)

D = 0.2 m, d = 0.15 m, $h_1$ = 0.05 m, $h_2$ = 0.4 m, $h_3$ = 0.6 m, $\rho_{Hg}$ = 13600 kg/m$^3$, ρ = 1000 kg/m$^3$.

Usporedimo protjecanje vode u dijelu cijevi promjera *D* i dijelu cijevi promjera *d*.Prema jednadžbi kontinuiteta:

$$Q = v_1\left(\frac{D^2}{4}\pi\right) = v_2\left(\frac{d^2}{4}\pi\right)$$ **(2 boda)**

Prema Bernoullijevoj jednadžbi:

$$p_1 + \frac{\rho v_1^2}{2} = p_2 + \frac{\rho v_2^2}{2}$$ **(2 boda)**

Statički tlakovi su:

$$p_1 = p_{at} + h_1 g\rho_{Hg} + h_2 g\rho$$ **(2 boda)**

$$p_2 = p_{at} + h_3 g\rho$$ **(2 boda)**

Rješavajući sustav gore napisanih jednadžbi dobiva se:

$$h_1 g\rho_{Hg} + h_2 g\rho + \frac{Q^2 8\rho}{D^4\pi^2} = h_3 g\rho + \frac{Q^2 8\rho}{d^4\pi^2}$$ **(1 bod)**

Konačno:

$$Q = \sqrt{\frac{g\pi^2(h_1\frac{\rho_{Hg}}{\rho} + h_2 - h_3)}{8\left(\frac{1}{d^4} - \frac{1}{D^4}\right)}}$$ **(1 bod)**

$$Q = 0.06556\frac{\mathrm{m}^3}{s}$$ **(1 bod)**

**4. zadatak** (11 bodova)

Tijekom adijabatskih procesa nema izmjene topline tj. $Q = 0$ **(1 bod)**

Tijekom izobarnog širenja plinu se dovodi toplina ($Q_1 > 0$)

$Q_1 = nC_p(T_3 - T_2)$ (ili $Q_1 = mc_p(T_3 - T_2)$) **(1 bod)**

Tijekom izobarne kompresije plin predaje toplinu okolini ($Q_2 < 0$; Napomena: ispravno je i predanu toplinu definirati kao pozitivnu pa u izrazu za korisnost ne treba apsolutna vrijednost)

$Q_2 = nC_p(T_1 - T_4)$ (ili $Q_2 = mc_p(T_1 - T_4)$) **(1 bod)**

Korisnost toplinskog stroja: $\eta = \frac{Q_1 - |Q_2|}{Q_1} = 1 - \frac{|Q_2|}{Q_1}$ **(1 bod)**

$$\eta = 1 - \frac{T_4 - T_1}{T_3 - T_2}$$ **(1 bod)**

Za adijabatske procese vrijedi:

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{p_1}{p_2}\right)^{\frac{1-\gamma}{\gamma}}$$ **(1 bod)**

$$\frac{T_4}{T_3} = \left(\frac{p_3}{p_4}\right)^{\frac{1-\gamma}{\gamma}}$$ **(1 bod)**

Najmanji tlak tijekom procesa je $p_{\min} = p_1 = p_4$, a najveći tlak je $p_{\max} = p_2 = p_3$ **(1 bod)**

$$\frac{T_1}{T_2} = (a)^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} \quad , \quad \frac{T_4}{T_3} = (a)^{\frac{1-\gamma}{\gamma}}$$ **(1 bod)**

$$\eta = 1 - \frac{T_4\frac{T_3}{T_3} - T_1\frac{T_2}{T_2}}{T_3 - T_2} = 1 - \frac{T_3 a^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} - T_2 a^{\frac{1-\gamma}{\gamma}}}{T_3 - T_2} = 1 - \frac{a^{\frac{1-\gamma}{\gamma}}(T_3 - T_2)}{T_3 - T_2} = 1 - a^{\frac{1-\gamma}{\gamma}}$$ **(2 boda)**

**5. zadatak** (11 bodova)

a) Trokuti čiji su vrhovi 1X4 i 4X3 su pravokutni jednakokračni trokuti čije su katete *b*/2. Naboji u točkama 1 i 3 djeluju na *Q* silom jednakog intenziteta:

$$F_1 = F_3 = k\frac{qQ}{(\sqrt{2}\frac{b}{2})^2} = k\frac{2qQ}{b^2}$$ **(1 bod)**

Naboj u točki 2 djeluje na *Q* silom:

$$F_2 = k\frac{qQ}{(a + \frac{b}{2})^2}$$ **(1 bod)**

Ukupna sila na naboj *Q* je (rezultat vektorskog zbrajanja):

$$F = F_{13} + F_2 = F_1\sqrt{2} + F_2$$ **(2 boda)**

$$F = F_{13} + F_2 = k\frac{2qQ}{b^2}\sqrt{2} + k\frac{qQ}{(a + \frac{b}{2})^2} = kqQ\left(\frac{2\sqrt{2}}{b^2} + \frac{1}{(a + \frac{b}{2})^2}\right)$$ **(1 bod)**

b) Rad za dovođenje naboja *q* iz beskonačnosti u točku X je:

$$W = -q(\varphi_x - \varphi_\infty)$$ **(1 bod)**

Potencijal u beskonačnosti je nula, a potencijal u točki X je:

$$\varphi_x = \sum_{i=1}^{4}\varphi_i$$ **(1 bod)**

$$\varphi_1 = \varphi_3 = k\frac{q}{b/2}$$ **(1 bod)**

$$\varphi_2 = k\frac{q}{a}$$ **(1 bod)**

$$\varphi_4 = k\frac{Q}{b/2}$$ **(1 bod)**

$$\varphi_x = kq\left(\frac{4}{b} + \frac{1}{a} + \frac{2Q}{qb}\right)$$

Traženi rad je: $$W = -q^2 k\left(\frac{4}{b} + \frac{1}{a} + \frac{2Q}{qb}\right)$$ **(1 bod)**