ŽUPANIJSKO NATJECANJE IZ FIZIKE – 06.03.2018.

Srednje škole – 2. skupina

VAŽNO: Tijekom ispita **ne smijete koristiti nikakav pisani materijal (knjige, bilježnice, formule…)**. Za pisanje koristite kemijsku olovku ili nalivpero. ***Pri ruci ne smijete imati mobitele ni druge elektroničke uređaje osim kalkulatora***.

1. zadatak (8 bodova)

Poseban toplinski stroj ima snagu od 5,00 kW i učinkovitost 25%. Ako stroj hladnom spremniku preda 8000 J energije u svakom ciklusu, izračunajte:

a. Energiju apsorbiranu u svakom ciklusu.
b. Vrijeme potrebno za obavljanje jednog kompletnog ciklusa.

2. zadatak (14 bodova)

Idealni jednoatomni plin zauzima, u stanju A, volumen V_A = 5,00 L pri atmosferskom tlaku (1atm), na temperaturi T_A = 300 K. Zagrije se izohorno do stanja B pri tlaku p_B = 3.00 atm. Zatim se širi izotermo na stanje C, i na kraju je komprimiran izobarno do početnog stanja A.

a. Nacrtajte navedene procese na *p-V* grafu.
b. Izračunajte broj molova plina *n* i termodinamičke koordinate (*p, V, T*) za stanja A, B i C (u mjernim jedincima Pascal, litra i Kelvin).
c. Izračunajte toplinu *Q*, rad *W* i promjenu unutarnje energije ΔU za procese AB, BC i CD te za cijeli ciklus.

3. zadatak (8 bodova)

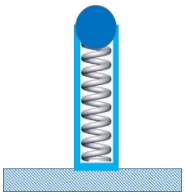
U bazenu ispunjenom nepoznatom tekućinom, lebde dva tijela povezana oprugom konstante 120 N/m. Jedno tijelo je šuplja kutija, zanemarivih dimenzija stjenka, mase 20 g iz koje je u potpunosti isisan zrak, dok je drugo tijelo (ispunjeni) uteg. Volumen oba tijela je jednak i iznosi 0.8 litara. Nađite gustoću tekućine i masu utega ako se zna da izduženije opruge iznosi 6,38 cm.

4. zadatak (12 bodova)

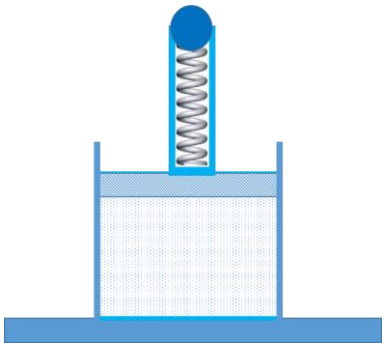
Na klipu, unutar cijevi, nalazi se opruga elastične konstante *k* = 100 N/m (vidi sliku 1). Opruga je komprimirana za *x* = 1 cm i na njen vrh postavljena je kuglica mase m = 40 g, pri čemu kočnica drži oprugu u fiksnom položaju i ne dozvoljava joj gibanje. Sustav klip, loptica i opruga postavljen je na cilindru u kojem se nalazi idealni dvoatomni plin (vidi sliku 2). Cilindar je metalni, ima tanke stjenke, a klip (s cijevi) ima masu *M* = 2 kg i površinu *S* = 200 cm^2 . Ako se kočnica otpusti, kuglica je izbačena u vremenu od *t* = 1 ms. Zanemarite masu opruge te silu kojom ona djeluje na klip nakon otpuštanja aproksimirajte prikladnom (konstantnom) srednjom vrijednošću.

Zanemarujući trenje i znajući da je vanjski tlak p_a = 0,96 atm:

a. Izračunajte promjenu tlaka plina nakon izbačaja kuglice.
b. Pretpostavljajući izotermnu kompresiju, izračunajte za koliki postotak će se klip spustiti.



Slika 1



Slika 2

5. zadatak (8 bodova)

Masa olova m_{Pb} = 2kg početne temperature T_{Pb} = 300°C uronjena je u posudu koji sadrži vodu mase m_{H2O} = 0,5 kg početne temperature T_{H2O} = 95 ° C. Izračunajte masu vode koja ispari, nakon što je olovo uronjeno u vodu.

Uzmite u obzir sljedeće vrijednosti, ako nije drugačije navedeno u zadatku:

c_{Pb} = 128 J/kg°C
c_{H2O} = 4186 J/kg°C

$\lambda_v = 2.26 \times 10^6$ J/kg

R = 8,31 J/K mol

P_{atm}= 1 atm = 101300 Pa

$g = 9{,}81$ m/s^2

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)

a) Uzimajući u obzir energiju otpuštenu prema spremniku niske temperature:

$|Q_c| = 8000J$

Učinkovitost ciklusa je:

$\eta = \frac{w}{|Q_h|} = 1 - \frac{|Q_c|}{|Q_h|} = 0{,}250$ **(2 boda)**

Iz toga slijedi da je energija oslobođena od spremnika više temperaturi:

$|Q_h| = \frac{|Q_c|}{1-\eta} = 10{,}7\ kJ$ **(2 boda)**

b) Rad za svaki ciklus je:

$W = |Q_h| - |Q_c| = 2667J$ **(2 boda)**

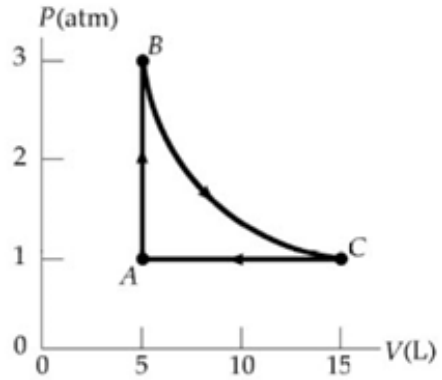
Uzimajući u obzir da $P = W/\Delta t$

Dobije se:

$\Delta t = \frac{W}{P} = 0{,}533$ s **(2 boda)**

2. Zadatak (14 bodova)

a) Graf pocesa prikazan je na sljedećoj slici:



(1 bod)

b) Broj molova se može izračunati iz jednadžbe idealnog plina za stanje A:

$n = \frac{p_A V_A}{R T_A} = 0{,}203\ mol$ **(1 bod)**

<u>Stanje A</u>:

$p_A = 1\ atm = 1.01 \times 10^5\ Pa$

$V_A = 5.00\ L = 5.00 \times 10^{-3}\ m^3$

$T_A = 300\ K$ **(1 bod)**

<u>Stanje B</u>:

$p_B = 3\ atm = 3 \times 1.013 \times 10^5\ Pa = 3.04 \times 10^5\ Pa$

$V_B = 5.00\ L = 5.00 \times 10^{-3}\ m^3$

$T_B = p_B V_B / nR = 900\ K$ **(1 bod)**

<u>Stanje C</u>:

$p_C = P_A = 1\ atm = 1.01 \times 10^5\ Pa$

$V_C = nRT_C/p_C = 15\ L$

$T_C = T_B = 900\ K$ budući da je transformacija B→C izoterma. **(1 bod)**

c) Da bi se izračunao rad *W* koji obavi plin, te toplina *Q* i promjena unutarnje energije ΔU, u svakom koraku može se napisati:

A→B :

$W_{AB} = 0$ za izokorni proces($V_A = V_B$)

$(\Delta U)_{AB} = U_B - U_{,A}$

$= 3/2\ nRT_B - 3/2\ nRT_A$

$= 3/2\ nR(T_B - T_A) = 1.52 \times 10^3\ J$

$Q_{AB} = (\Delta U)_{AB} + W_{AB} = (\Delta U)_{AB} = 1.52 \times 10^3\ J$ iz prvog zakona termodinamike. **(2 boda)**

B→C :

$W_{BC} = nRT_c ln\frac{V_C}{V_B} = 1{,}67 \times 10^3 J$

$(\Delta U)_{BC} = U_C - U_B = 3/2\ nR(T_C - T_B) = 0$ izotermi proces

$Q_{BC} = (\Delta U)_{BC} + W_{BC} = W_{BC} = 1.67 \times 10^3\ J$ **(2 boda)**

C→A :

$W_{CA} = p_A(V_A - V_C) = -1{,}01 \times 10^3\ J$

$(\Delta U)_{CA} = U_A - U_C = 3/2\ nR(T_A - T_C) = -1.52 \times 10^3\ J$

$Q_{CA} = \Delta U + W = -2.53 \times 10^3\ J$ **(2 boda)**

Za ukupni ciklus uzimajući u obzir sve doprinose:

$W_{TOT} = W_{AB} + W_{BC} + W_{CA} = 0.66 \times 10^3\ J$ **(1 bod)**

$(\Delta U) = 0 = (\Delta U)_{AB} + (\Delta U)_{BC} + (\Delta U)_{CA} = 0$ **(1 bod)**

$Q_{TOT} = Q_{AB} + Q_{BC} + Q_{CA} = 1.52 \times 10^3\ J + 1.67 \times 10^3\ J - 2.53 \times 10^3\ J = 0.66 \times 10^3\ J$ **(1 bod)**

3. Zadatak (8 bodova)

Na oba tijela djeluje sila teža, uzgon i sila opruge:

$F_1 = Mg - \rho_v V g$

$F_2 = mg - \rho_v V g$ **(2 boda)**

Budući da sistem lebdi, ukupna sila $F_1 + F_2$ mora biti jednaka nuli.
Izduženije opruge prati jednadžbu:

$k\Delta x = F_1 = -F_2$ **(2 boda)**

Slijedi:
$-k\Delta x = mg - \rho_v V g$

$\rho_v = \frac{mg + k\Delta x}{Vg} = 1{,}00\ g/cm^2$ **(2 boda)**

Slijedi:
$M = 2\rho_v V - m = 1{,}56\ kg$ **(2 boda)**

4. Zadatak (12 bodova)

a) Primjenom zakona očuvanja energije može se izračunati brzina kojom je loptica izbačena:

$\frac{1}{2}kx^2 = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}MV^2$ **(1 bod)**

Zatim primjenom očuvanja količine gibanja dobivamo brzinu kojom se klip spušta:

$m\,v\ +\ M\,V\ =\ 0$

Slijedi:

$kx^2 = MV^2 + \frac{M^2}{m}V^2$ **(2 boda)**

$V\ =\ -\frac{x}{M}\sqrt{\frac{km}{1+\frac{m}{M}}}$ **(2 boda)**

Za daljnje računanje može se aproksimirati $V\ =\ -\frac{x}{M}\sqrt{km}$ budući da M>>m, ali priznaje se i rješenje bez ove aproksimacije.

Dodatni tlak kojim klip djeluje na plin je onda:

$p = \frac{F}{S} = \frac{MV}{S\Delta t} = \frac{x}{S\Delta t}\sqrt{km} = 1{,}00\ kPa$ **(2 boda)**

b) Ako je proces izoterman, možemo pisati (gdje je p_0 tlak uzrokovan težinom klipa a h_p i h_k početna i konačna visina klipa od dno posude):

$(\,p_0\ +\ p_a)S\,h_p\ =\ (\,p_0\ +\ p\ +\ p_a)\,S\,h_k$ **(1 bod)**

$$\frac{h_k}{h_p} = \frac{p_0\ +\ p_a}{p_0\ +\ p\ +\ p_a}$$

Postotak spuštanja klipa je:

$\frac{\Delta h}{h}100 = \frac{p}{p_0 + p + p_a}100$ **(1 bod)**

Ako vrijedi:

$p_0 = \frac{Mg}{S} = 980\ Pa$ **(1 bod)**

$\frac{\Delta h}{h}100 = 1\%$ **(2 boda)**

5. Zadatak (8 bodova)

Toplina koju apsorbira voda jednaka je toplini koju je predalo olovo:

$Q_{H2O} = -Q_{Pb}$ **(2 boda)**

Olovo se hladi od 300 ° C do 100 ° C, iz čega slijedi

$Q_{Pb} = m_{Pb}c_{Pb}(100^{\circ}C - T_{pPb}) = -51200\ J$ **(2 boda)**

Q_{H20} je zbroj topline Q_1 potrebne da se voda zagrije do 100 ° C i topline Q_2 potrebne da masa vode *m* ispari.

$Q_1 = m_{H2O}c_{H2O}(100°C - T_{pH20}) = 10465\ J$,
$Q_2 = m\lambda_v$ **(2 boda)**

Iz toga slijedi:

$m\lambda_v = -Q_{Pb} - Q_1 = 40735\ J$

$m = 0{,}018\ kg$ **(2 boda)**