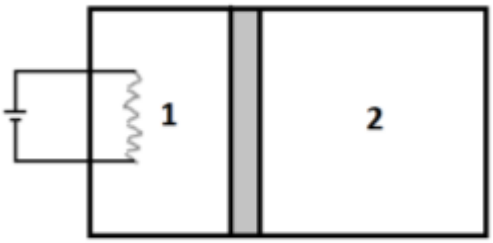
ŽUPANIJSKO NATJECANJE IZ FIZIKE – 8. ožujak 2017.

Srednje škole – 2. skupina

1. zadatak (12 bodova)

Cilindar s idealno izoliranim stijenkama podijeljen je klipom u dvije komore. Klip je idealni izolator, nepropusan i pomiče se bez trenja. Ukupni unutarnji volumen cilindra je 3 litre. Lijeva komora (označena brojem 1 na slici) sadrži 1 mol helija, a desna (broj dva na slici) 2 mola helija. Sustav je u ravnoteži i temperatura obje komore je 300 K. Pomoću električnog otpornika plinu u prvoj komori prenese se toplina Q = 1000 J.

Odredite konačno stacionarno stanje plina (koji se smatra idealnim) u obje komore, odnosno njihovu temperaturu, volumen i tlak.



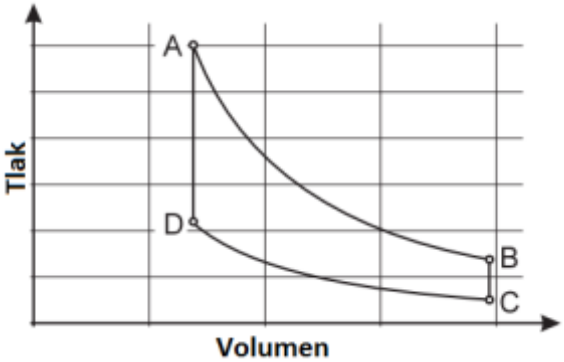
2. zadatak (10 bodova)

Temperature tri tekućina su redom T_1 = 10°C, T_2 = 20°C i T_3 = 30°C. Masa m_1 prve tekućine i masa m_2 druge tekućine se pomiješaju, u omjeru $m_2 = m_1/3$. Ravnotežna temperatura te mješavine je 17°C. Jednake mase druge i treće tekućine pomiješaju se, a ravnotežna temperature te mješavine je 28°C. Pronađite ravnotežnu temperaturu mješavine koja se sastoji od jednakih masa prve i treće tekućine.

3. zadatak (12 bodova)

Sustav koji se sastoji od 0,08 mola idealnog dvoatomnog plina prolazi, u smjeru kazaljki na satu, kroz reverzibilne procese prikazane na slici: dva adijabatska i dva izohorna.

Izračunajte termodinamičke koordinate (volumen, tlak i temperaturu) za stanja A, B, C i D, ukoliko vrijedi T_C = 27,0 °C, p_C = 101 kPa, T_A =977 °C, $V_A = 0{,}35 \times V_C$. Također Izračunajte učinkovitost ciklusa.



4. zadatak (8 bodova)

Motor radi na Carntov ciklus između temperatura 100°C i 20°C. Koliku masu leda motor može otopiti otpuštenom energijom putem ispušnih plinova, nakon što je obavio rad $5{,}0 \times 10^4$ J ?

5. zadatak (8 bodova)

Dva idealna toplinska izvora nalaze se na konstantnim temperaturama od 27°C i 127°C (neovisno o tome jesu li u kontaktu ili ne). Što se desi s entropijom sustava nakon što se izvori stave u kontakt? Kolika je promjena entropije ukoliko je između dva izvora izmijenjena toplina Q = 100 J?

Vrijednosti fizikalnih konstanti (primjenjuju se u svim predloženim zadatcima)**:**

Plinska konstanta R = 8,314 $JK^{-1}mol^{-1}$

Koeficijent adijabatska ekspanzije:

- jednoatomski plin γ=1,67
- dvoatomski plin γ=1,4

Atmosferski tlak, p_{atm}= 1 atm = 101325 Pa.

Ubrzanje sile teže g = 9,81 m/s2.

Latentna toplina leda λ_{led}=3,33x10^5 J/kg

ŽUPANIJSKO NATJECANJE IZ FIZIKE – 8. ožujka 2107.

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 (12 bodova)

Uzimajući u obzir vrijednosti za početno stanje ($T_1 = T_2 = T = 300K$ i $p = p_1 = p_2 = p$):

$$komora\ 1 \qquad n_1 = 1mol \qquad V_1 = 10^{-3}m^3 \quad T = 300K$$
$$komora\ 2 \qquad n_2 = 2mol \qquad V_1 = 2 \times 10^{-3}m^3 \quad T = 300K$$

(1 bod)

Primjenjujući jednadžbu idealnog plina za tlak dobije se:

$$p_1 = p_2 = p = \frac{n_1 RT}{V_1} = 2{,}49 \times 10^6 Pa$$

(1 bod)

Budući da je plinu u prvoj komori predana toplina 1000 J a u drugoj nije, primjenom prvog zakona termodinamike u te dvije komore dolazimo do:

$$komora\ 1 \qquad Q_1 = W_1 + \Delta U_1$$
$$komora\ 2 \qquad 0 = W_2 + \Delta U_2$$

Uzimajući u obzir da su radovi koji plin obavi u te dvije komore W_1 i W_2 jednakog iznosa ali suprotnog predznaka i da je kod idealnog plina promjena unutarnje energije povezana s promjenom temperature dobivamo:

$$Q = \Delta U_1 + \Delta U_2 = n_1 c_v (T_1' - T) + n_2 c_v (T_2' - T)$$

(2 boda)

Uzimajući sad u obzir konačno stanje, tlak p' mora biti jednak u obje komore:

$$komora\ 1 \quad p'V_1' = n_1 RT_1'$$
$$komora\ 2 \quad p'V_2' = n_2 RT_2'$$

uz uvjet:

$$V_1' + V_2' = V_1 + V_2 = V_{tot}$$

i relacije za reverzibilnu adijabatsku promjenu:

$$p'V_2'^{\gamma} = pV_2^{\gamma}$$

Dolazi se do:

$p'V_{tot} = R(n_1T_1' + n_2T_2')$ **(1 bod)**

Iz toga proizlazi:

$Q = c_v(n_1T_1' + n_2T_2') - c_v(n_1 + n_2)T = \frac{c_v p' V_{tot}}{R} - c_v(n_1 + n_2)T$ **(1 bod)**

Budući da za jednoatomni plin vrijedi $c_v = \frac{3}{2}R$:

$p' = \frac{Q + c_v(n_1+n_2)T}{3/2V_{tot}} = 2{,}71 \times 10^6 Pa$ **(2 boda)**

Iz toga proizlazi za konačne volumene:

$V_2' = \left(\frac{p}{p'}\right)^{1/\gamma} V_2 = 1{,}88 \times 10^{-3} m^3; \quad V_1' = V_{tot} - V_2' = 1{,}12 \times 10^{-3} m^3$ **(2 boda)**

Pomoću jednadžbe za idealan plin mogu se izračunati i konačne temperature:

$T_1' = \frac{p'V_1'}{n_1R} = 365\ K; \qquad T_2' = \frac{p'V_2'}{n_2R} = 306\ K$ **(2 boda)**

2. zadatak (10 bodova)

Kad se pomiješaju tekućine 1 i 2, uzimajući u obzir zakon očuvanja energije, vrijedi sljedeće:

$mc_1(17°C - 10°C) = m/3(20°C - 17°C)$ **(1 bod)**

odnosno

$c_2 = 7c_1$ **(1 bod)**

Kad se pomiješaju tekućine 2 i 3, uzimajući u obzir zakon očuvanja energije, vrijedi sljedeće:

$mc_3(30°C - 28°C) = mc_2(28°C - 20°C)$ **(1 bod)**

odnosno

$c_3 = 4c_2$ **(1 bod)**

Iz toga proizlazi:

$c_3 = 28c_1\ ili\ c_3/c_1 = 28$ **(2 bod)**

Kad se pomiješaju tekućine 1 i 3, vrijedi:

$mc_1(T - 10°C) = mc_3(30°C - T)$ **(2 bod)**

Iz čega proizlazi:

$$T = \frac{c_1(\,10°C) + c_3(30°C)}{c_1 + c_3} = 29{,}3°C$$ **(2 bod)**

3. zadatak (12 bodova)

Pomoću jednadžbe idealnog plina, za sustav koji sadrži *n* molova plina može se izračunati volumen za stanje C:

$$V_C = \frac{nRT_C}{p_C} = 1{,}97\ l$$ **(1 bod)**

Pomoću čega dolazimo do volumena u točki A:

$$V_A = 0{,}35V_C = 0{,}689\ l$$ **(1 bod)**

Budući da je T_A= 1250 K dobiva se:

$$p_A = \frac{nRT_A}{V_A} = 1{,}20\ MPa$$ **(1 bod)**

Za stanje B poznat je volumen(V_C=V_B) i budući da je proces adijabatski vrijedi:

$$p_B = p_A\left(\frac{V_A}{V_B}\right)^{\gamma} = 277\ kPa,\ \text{gdje je}\ \gamma = \frac{7}{5}\ \text{budući da je plin dvoatomni.}$$
$$V_B = V_C$$ **(2 boda)**

Temperaturu u ovom stanju može se izračunati pomoću relacije za adijabatski proces::

$$T_B = T_A\left(\frac{V_A}{V_B}\right)^{\gamma-1} = 821\ K$$ **(1 bod)**

Također se mogu izračunati tlak i temperatura u točki D:

$$p_D = p_C\left(\frac{V_C}{V_D}\right)^{\gamma} = 439\ Pa; \quad V_D = V_A$$ **(2 boda)**

$$T_D = T_C\left(\frac{V_C}{V_D}\right)^{\gamma-1} = 457\ K$$ **(1 bod)**

Da bi se izračunala učinkovitost ciklusa mora se uzeti u obzir da je toplina apsorbirana u koraku D-A a rad se obavlja kroz adijabatske procese. Iz toga:

$$W_{ciklus} = W_{AB} + W_{CD} = -\Delta U_{AB} - \Delta U_{CD} = -nc_v(T_B - T_A) - nc_v(T_D - T_C)$$ **(1 bod)**

$$Q_{apsorbiran} = Q_{DA} = nc_v(T_A - T_D)$$ **(1 bod)**

Slijedi da učinkovitost ciklusa je:

$$\eta = \frac{W_{ciklus}}{Q_{apsorbiran}} = \frac{-T_B+T_A-T_D+T_C}{T_A-T_D} = 0{,}343\ ili\ 34{,}3\%$$ **(1 bod)**

4. zadatak (8 bodova)

Toplina koju oslobodi toplinski motor je:

$$Q_{out} = Q_{in} - W$$ **(1 bod)**

Uzimajući u obzir učinkovitost:

$$\eta = W/Q_{in}$$ **(1 bod)**

Slijedi:

$$Q_{out} = W\left(\frac{1}{\eta} - 1\right)$$ **(1 bod)**

Znajući da vrijedi:

$$\eta = (T_H - T_C)/T_H$$ **(1 bod)**

Proizlazi:

$$Q_{out} = W\left(\frac{T_C}{T_H - T_C}\right) = 1{,}83 \times 10^5 J$$ **(2 boda)**

Masa leda (na 0 ° C) koju energija ispušnih plinova može otopitii je:

$$m = \frac{Q_{out}}{\lambda_{led}} = 0{,}550\ kg$$ **(2 boda)**

5. zadatak (8 bodova)

Budući da se radi o dva idealna izvora temperature pretpostavlja se da tu temperaturu održavaju konstantnom. Kako je T_1 = 300 K a T_2 = 400 K, toplinska energija izmijenjena između dva sustava je:

$Q_1 = +100\,J$
$Q_2 = -100\,J$ **(1 bod)**

Entropija u ovom slučaju je:

$\Delta S = \frac{Q}{T}$ **(1 bod)**

Promjena entropije sistema dakle je:

$\Delta S_{sistem} = \Delta S_1 + \Delta S_2 = \frac{Q}{T_1} - \frac{Q}{T_2} = Q\left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}\right)$ **(2 boda)**

Budući da je:

$T_2 > T_1$ vrijedi $\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} > 0$ što znači da se entropija sistema povećava. **(2 boda)**

Točna vrijednost je:

$\Delta S_{sistem} = Q\left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}\right) = 0{,}083\,J/K$ **(2 boda)**