

DRŽAVNO NATJECANJE IZ FIZIKE 2002. – 2. grupa

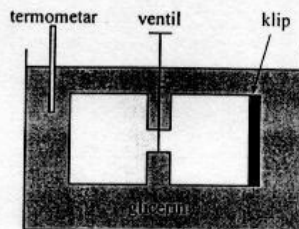
Zadatak 1 (18 bodova)

Cilindar je pregradom s ventilom podijeljen u dva jednaka dijela. U lijevom dijelu cilindra se nalazi $n = 1$ mol idealnog plina, a u desnom dijelu je vakuum, te klip koji se u početnom trenutku nalazi uz desnu stijenku cilindra. Stijenke cilindra su loši vodiči topline.

Cilindar je smješten u toplinski izoliran kalorimetar mase $m_k = 0.4$ kg u kojem se nalazi glicerina mase $m_g = 1$ kg. U

početnom trenutku cijeli je sustav (uključujući i stijenke cilindra i klip) u toplinskoj ravnoteži i termometar pokazuje temperaturu $t_0 = 20^\circ\text{C}$. Ventil se otvori i plin ispuni i desni dio cilindra.

Nakon dugog vremena, klip se u kratkom vremenu (takvom da plin ne stigne izmijeniti toplinu s ostatkom sustava) pomakne do pregrade i potisne plin nazad u lijevi dio cilindra, te nakon dugog vremena termometar pokazuje temperaturu od $t_1 = 20.75^\circ\text{C}$.



a) Da li plin prilikom širenja u vakuum (desni dio cilindra) vrši rad? Obrazložite odgovor!

b) Koliku temperaturu t_2 pokazuje termometar prije početka pomicanja klipa? Obrazložite odgovor!

c) Koliki je rad izvršen pri potiskivanju plina nazad u lijevi dio cilindra?

Molarni toplinski kapacitet plina pri konstantnom volumenu je $c_v = 20.8$ J/(mol K), specifični toplinski kapacitet kalorimetra je $c_k = 390$ J/(kg K), a glicerina $c_g = 2420$ J/(kg K).

Zadatak 2 (18 bodova)

U zatvorenoj posudi se nalazi zrak i mala količina vode koja leži na dnu posude, a cijeli sustav (zrak + voda) nalazi se u ravnoteži na temperaturi T_1 . Volumen posude je V_1 , a tlak $p_1 = 3p_A$, gdje je $p_A = 101325$ Pa. Ako volumen posude poraste na $V_2 = 2V_1$ pri stalnoj temperaturi T_1 , tlak padne na $p_2 = 2p_A$.

a) Koliki je iznos temperature T_1 ?

b) Ako se volumen poveća na $V_3 = 2V_2$ uz stalnu temperaturu T_1 , koliki je tada tlak p_3 u posudi?

c) Ako je $V_2 = 44.8$ l, kolika je ukupna masa vode (tekućine + vodene pare) u posudi?

Molarna masa vode iznosi $M = 18$ g/mol, a univerzalna plinska konstanta $R = 8.314$ J/(mol K). Napomena: u ravnoteži tlak para vode ovisi samo o temperaturi tekućine, a volumen vode se zanemaruje u odnosu na volumen posude.

Zadatak 3 (18 bodova)

Pločasti kondenzator od dvije paralelne ploče A i B i površine ploča S priključen je na izvor napona od U_0 Volti. Kondenzator se zatim odspoji od izvora napona, te u dodir s pločom A dovedemo tanku metalnu pločicu površine S_p tako da ravninu pločice priljubimo na ploču A. Pločicu zatim dovedemo do ploče B i priljubimo je uz nju.

a) Koliki je sada napon U_1 na kondenzatoru?

b) Pločicu sada opet prenesemo nazad do ploče A i priljubimo je uz nju. Koliki je sada napon na kondenzatoru U_2 ?

Utjecaj nejednolikih raspodjela naboja se zanemaruje.

Zadatak 4 (16 bodova)

U zatvorenoj kutiji nalazi se nepoznati broj izvora elektromotornih sila i otpornika, spojenih na nepoznati način. Iz kutije izlaze dva izvoda. Ako se na izvode spoji otpornik od $R_1 = 10\Omega$, kroz njega teče struja od $I_1 = 2$ A. Ako se na izvode spoji otpornik od $R_2 = 25\Omega$, kroz njega teče struja od $I_2 = 1$ A. Koliki mora biti iznos otpora R_x da bi kroz njega tekla struja od $I_x = 0.5$ A?

Zadatak 1 (8 bodova)

Cilinder je popunjen s vakuom i zatvoren u dva jednaka dijela. U lijevom dijelu cilindra se nalazi...



... i u desnom dijelu je vakuum. Na lijevoj strani se nalazi...

DRŽAVNO NATJECANJE IZ FIZIKE 2002. - 2. grupa

Ekperimentalni zadatak

ATMOSFERSKI TLAK

Zadatak

- Odrediti atmosferski tlak

Pribor

- Staklena U-cijev učvršćena na drvenu daščicu sa skalom od milimetarskog papira
- Čaša s vodom

U sklopu zadatka treba:

1. Opisati prirodu atmosferskog tlaka. (3 boda)
2. Precizno opisati (uz skice) kako ćeš danim priborom odrediti atmosferski tlak, koje veličine ćeš mjeriti i teorijski objasniti način mjerenja atmosferskog tlaka. (12 bodova)
3. Napraviti najmanje 10 mjerenja i podatke prikazati tabelarno. (10 bodova)

- Provesti račun pogreške. (5 bodova)

Ukupno 2. ekperimentalni zadatak: 30 bodova

DRŽAVNO NATJECANJE IZ FIZIKE 2002.
REZULTATI ZADATAKA – 2. grupa

Zadatak 1 (18 bodova)

a) Nakon otvaranja ventila plin ne vrši rad jer se širi u vakuum (nema sile protiv koje plin vrši rad). (2)

b) Plin ne vrši rad, ulazi u prostor temperature stijenki t_0 i temperatura $t_2 = t_0 = 20^\circ\text{C}$. Isti zaključak se može izvesti i koristeći činjenicu da je količina plina ista prije i poslije otvaranja ventila, pa je iz jednadžbe stanja idealnog plina

$$p_0 V_0 / T_0 = (p_0 / 2)(2V_0) / T_2 = p_0 V_0 / T_2 \text{ i } T_2 = T_0. \quad (3)$$

c) Neposredno nakon završetka pomicanja klipa, temperatura plina je $T_3 = t_3 + 273.15\text{K}$. (1)

Kako tijekom pomicanja klipa nema izmjene topline s okolinom, $\Delta Q = \Delta U + \Delta W = 0$, (3)

a izvršeni rad ΔW jednak je promjeni unutarnje energije ΔU , $\Delta W = -\Delta U = -nc_V(T_3 - T_0)$. (3)

Konačna toplinska ravnoteža sustava postiže se na temperaturi T_1 , te je stoga

$$nc_V(T_3 - T_1) = (m_k c_k + m_g c_g)(T_1 - T_0), \quad (2)$$

$$\text{odakle je } T_3 = T_1 + \frac{(m_k c_k + m_g c_g)(T_1 - T_0)}{nc_V} = 386.78\text{K} \quad (2)$$

$$\text{i } \Delta W = -1947.5\text{J (negativan predznak jer se na plinu vrši rad).} \quad (2)$$

Zadatak 2 (18 bodova)

a) Na temperaturi $T = T_1$,

$$p_1 = p_2 + p_{para}, \text{ gdje je } p_2 \text{ tlak zraka, } p_{para} \text{ je tlak para vode, a} \quad (2)$$

$$p_2 = \frac{p_1}{2} + p_{para}. \quad (2)$$

Iz ove dvije jednadžbe, $p_{para} = p_A = 101325\text{Pa}$. (2)

Kako je to tlak para vode na temperaturi vrelišta od 100°C , $T_1 = 373.15\text{K}$. (4)

b) Radi se o izotermnoj promjeni, pa je $p_3 = \frac{p_2 V_2}{V_3} = p_A = 101325\text{Pa}$. (4)

c) Iz jednadžbe stanja idealnog plina $m = \frac{p_{para} V_2}{RT_1} M = 26.34\text{g}$. (4)

Zadatak 3 (18 bodova)

a) Pretpostavimo da je na ploči A pozitivan naboj, a na ploči B negativan. Kapacitet pločastog kondenzatora je $C = \epsilon_0 S / d$ (d je udaljenost ploča), pa je početni naboj na ploči $Q_0 = CU_0 = \epsilon_0 S U_0 / d$. (1)

Prije dodira pločice i ploče A, površinska gustoća naboja na ploči A je $\sigma_0 = Q_0 / S$, i ona ostaje ista i nakon dodira.

$$\text{Nakon dodira pločice i ploče A, naboj pločice je } Q_{p1} = \sigma_0 S_p = Q_0 S_p / S, \quad (1)$$

$$\text{a naboj preostao na ploči A nakon odvajanja pločice je } Q_{A1} = Q_0 - Q_{p1} = Q_0(1 - S_p / S) \quad (1)$$

$$\text{Nakon dodira pločice i ploče B, naboj na ploči B je } Q_{B1} = -Q_0 + Q_{p1} = -Q_0(1 - S_p / S). \quad (1)$$

Ukupno električno polje između ploča kondenzatora E_1 jednako je zbroju električnih polja ploče

$$\text{A, } E_{A1} = \frac{Q_{A1}}{2\epsilon_0 S}, \text{ i ploče B, } E_{B1} = -\frac{Q_{B1}}{2\epsilon_0 S}. \quad (2)$$

$$\text{pa je } E_1 = E_{A1} + |E_{B1}| = \frac{Q_0}{\epsilon_0 S}(1 - S_p/S) = E_0(1 - S_p/S), \quad (1)$$

gdje je $E_0 = \frac{Q_0}{\epsilon_0 S}$ električno polje u kondenzatoru prije unošenja pločice. Napon

$$U_1 = E_1 d = E_0 d(1 - S_p/S) = U_0(1 - S_p/S). \quad (3)$$

$$\text{b) Pri povratku pločice na ploču A, naboj na pločici je } Q_{p2} = Q_{B1} S_p/S = -Q_0(1 - S_p/S) S_p/S, \quad (1)$$

$$\text{a preostali naboj na ploči B je } Q_{B2} = Q_{B1} - Q_{p2} = -Q_0(1 - S_p/S)^2. \quad (1)$$

$$\text{Dolaskom pločice na ploču A, naboj na ploči A je } Q_{A2} = Q_{A1} + Q_{p2} = -Q_{B2}, \quad (1)$$

$$\text{ukupno električno polje je } E_2 = \frac{Q_{A2}}{\epsilon_0 S} = \frac{Q_0(1 - S_p/S)^2}{\epsilon_0 S} = E_0(1 - S_p/S)^2 \quad (2)$$

$$\text{i } U_2 = E_2 d = U_0(1 - S_p/S)^2. \quad (3)$$

Zadatak 4 (16 bodova)

Nepoznatu kombinaciju izvora elektromotornih sila i otpora možemo predstaviti kao serijski spoj jednog izvora elektromotorne sile ϵ unutarnjeg otpora R_u .

$$\text{Tada je } I_1 = \frac{\epsilon}{R_u + R_1}, I_2 = \frac{\epsilon}{R_u + R_2}, \text{ i } I_x = \frac{\epsilon}{R_u + R_x}. \quad (3)$$

Iz prve dvije jednadžbe se dobije

$$R_u = \frac{I_2 R_2 - I_1 R_1}{I_1 - I_2} = 5 \Omega, \text{ a} \quad (3)$$

$$\epsilon = \frac{I_1 I_2 (R_2 - R_1)}{I_1 - I_2} = 30 \text{ V}. \quad (3)$$

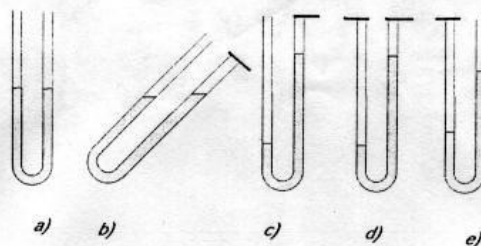
$$\text{Tada je } R_x = \frac{\epsilon}{I_x} - R_u = 55 \Omega. \quad (3)$$

DRŽAVNO NATJECANJE IZ FIZIKE 2002. - 2. grupa
Rješenje eksperimentalnog zadatka

ATMOSFERSKI TLAK

Atmosfera je smjesa plinova, koja obavija Zemlju. Mi živimo na dnu atmosfere. Zbog djelovanja Zemljine gravitacijske sile, zrak ima težinu, te unutar njega zbog toga postoji tlak kojeg zovemo atmosferski tlak. Djeluje na sva tijela koja se nalaze u atmosferi i opada povećanjem nadmorske visine. Pri temperaturi 0 °C i nadmorskoj visini 0 atmosferski tlak iznosi 101325 Pa i nazivamo ga normirani atmosferski tlak. Inače, on ovisi o temperaturi zraka, nadmorskoj visini, vlažnosti i drugim vremenskim prilikama. (3 boda)

Najprije natočimo vodu u U-cijev tako da u oba kraka nivoi budu otprilike do polovice (sl. a). Nakon toga nagnemo U-cijev (sl. b) npr. na desnu stranu tako da više vode bude u desnom kraku U-cijevi i tada prstom začeplimo desni krak (D). Sada U-cijev vratimo u vertikalni položaj, držeći začepljen desni krak, te očitamo duljinu stupca zraka h_1 u lijevom kraku (sl. c). Tlak zraka u lijevom kraku jednak je atmosferskom tlaku $p_1 = p_a$. Zatim, prstom druge ruke, začeplimo i lijevi krak U-cijevi (L) (sl. d), a tek nakon što je i lijevi krak začepljen, otvorimo desni krak (sl. e) te sada opet očitamo duljinu stupca zraka h_2 u lijevom kraku i razliku nivoa vode u krakovima h_v , držeći lijevi krak cijevi zatvoren. Sada je tlak tog stupca zraka duljine h_2 jednak zbroju atmosferskog tlaka i tlaka stupca vode duljine h_v ($p_2 = p_a + \rho_{vode} g h_v$).



Budući da se u opisanom postupku dogodila izotermna promjena stanja stupca zraka u lijevom kraku U-cijevi, možemo pisati:

$$p_1 h_1 = p_2 h_2 \quad \text{tj.} \quad p_a h_1 = (p_a + \rho_{vode} g h_v) h_2.$$

Iz zadnjeg izraza sređivanjem se dobije:

$$p_a = \frac{\rho_{vode} g h_v h_2}{h_1 - h_2} \quad (12 \text{ bodova})$$

Napraviti najmanje 10 mjerenja, izračunati tlak p_a i podatke upisati u tabelu:

Br. mjerenja	h_1 (m)	h_2 (m)	h_v (m)	p_a (Pa)	Δp_a (Pa)
1.					
2.					

(10 bodova)

Račun pogreške.

Rezultat pišemo u obliku:

$$p_a = (\bar{p}_a \pm \Delta p_{a \max}) \quad (5 \text{ bodova})$$