ŽUPANIJSKO NATJECANJE IZ FIZIKE 2004. - 2. grupa

1. zadatak (9 bodova)

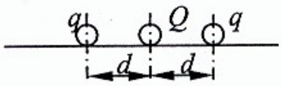
U kalorimetru se nalazi led. Za zagrijavanje kalorimetra s ledom od 270 K do 272 K treba 120 J, a od 272 K do 274 K treba 4000 J. Odredite toplinski kapacitet kalorimetra. Specifični toplinski kapacitet leda iznosi 2100 $J\cdot kg^{-1}\cdot K^{-1}$, vode 4190 $J\cdot kg^{-1}\cdot K^{-1}$, a specifična toplina taljenja leda iznosi $330\cdot kJ\cdot kg^{-1}$.

2. zadatak (12 bodova)

U zatvorenoj posudi volumena 1 l nalazi se 0,5 kg gorive tvari gustoće 1500 kg/m^3. Tvar prilikom gorenja prelazi u potpunosti u plinovito stanje, a nastali plinovi su idealni, molarne mase 30 g/mol. Prilikom gorenja 1 kg tvari razvije se 10 kJ toplinske energije. Ako je u trenutku paljenja tvari tlak u posudi iznosio 10^5 Pa, a temperatura 20 °C, odredite tlak netom nakon izgaranja cjelokupne mase tvari. Specifični toplinski kapaciteti tvari i svih plinova su jednaki i iznose 1000 $J\cdot kg^{-1}\cdot K^{-1}$. Stijenke posude su toplinski izolatori.

3. zadatak (11 bodova)

Tri metalne kuglice jednakih polumjera r nalaze se na pravcu. Udaljenost između susjednih kuglica održava se na iznosu d ($d > 2r$). Na vanjskim kuglicama se nalazi naboj q, a na onoj u sredini naboj Q. Odredite rezultantnu elektrostatsku silu na srednju kuglicu. Srednjom kuglicom prvo dotaknemo jednu, a zatim drugu rubnu kuglicu. Nakon toga svaku kuglicu vratimo u njen položaj prije pomicanja. Odredite rezultantnu elektrostatsku silu na srednju kuglicu.



4. zadatak (7 bodova)

Izvor struje priključimo jednom na otpornik otpora 0,64 Ω, a drugi put na otpornik otpora 2,25 Ω. U oba slučaja je snaga u otpornicima jednaka. Odredite unutarnji otpor izvora.

5. zadatak (11 bodova)

Pravilni tetraedar napravljen je od žice. Otpor komada žice koji odgovara jednom bridu je R. Odredite ekvivalentni otpor tetraedra između dva vrha.

ŽUPANIJSKO NATJECANJE IZ FIZIKE 2004. – 2. grupa
RJEŠENJA ZADATAKA

1. zadatak (9 bodova)

$T_1 = 270$ K,	$Q_{12} = 120$ J,	$c_V = 4\,190$ J·kg^{-1}·K^{-1},
$T_2 = 272$ K,	$Q_{23} = 4\,000$ J,	$\lambda = 330$ kJ·kg^{-1}.
$T_3 = 274$ K,	$c_L = 2\,100$ J·kg^{-1}·K^{-1},	

$C = ?$

Između T_1 i T_2 se zagrijava kalorimetar s ledom mase m. Između T_2 i T_3 dolazi do promjene agregatnog stanja leda na $T = 273{,}15$ K. **[1]**

Vrijedi $Q_{12} = C(T_2 - T_1) + mc_L(T_2 - T_1)$, (1) **[2]**

$Q_{23} = C(T_3 - T_2) + mc_L(T - T_2) + m\lambda + mc_V(T_3 - T)$. (2) **[2]**

Jednadžbe (1) i (2) čine sustav od dvije jednadžbe s dvije nepoznanice, C i m. **[1]**

Od nekoliko načina daljnjeg rješavanja zadatka, navedena su dva:

a) opći izraz za C je

$$C = \frac{Q_{12}[c_L(T - T_2) + c_V(T_3 - T) + \lambda] - Q_{23}c_L(T_2 - T_1)}{(T_2 - T_1)[(c_V - c_L)(T_3 - T) + \lambda]} = \underline{35{,}451\ \text{J/K}}.$$ **[3]**

b) zbog T_2-T_1 = T_3-T_2 = 2 K prikladno je sustav razriješiti tako da se najprije (1) oduzme od (2) i izračuna $m = 11{,}69$ g, **[2]**

a zatim iz (1) dobije $\underline{C = 35{,}451\ \text{J/K}}$. **[1]**

2. zadatak (12 bodova)

$V = 1\ \text{l} = 1 \cdot 10^{-3}$ m^3,	$r = 10$ kJ/kg,
$m = 0{,}5$ kg,	$p_1 = 10^5$ Pa,
$\rho = 1\,500$ kg·m^{-3},	$t_1 = 20$ °C,
$M = 30$ g/mol,	$c_1 = c_1 = 1 \cdot 10^3$ J·kg^{-1}·K^{-1}.

$p_2 = ?$

Netom nakon izgaranja, množina plina je n_2, njegova temperatura T_2, a volumen jednak V. Vrijedi $p_2V = n_2RT_2$. **[1]**

Množina plina jednaka je množini plina u početnom trenutku (n_1) uvećanoj za množinu plinova nastalih gorenjem: $n_2 = n_1 + m/M$. **[2]**

Gorenjem oslobođena toplina utroši se na zagrijavanje plinova i neizgorenog dijela krutine. Zbog jednakih toplinskih kapaciteta vrijedi $(m+m_0)c(T_2$-$T_1)$=mr **[4]**

Pritom je $m_0 = n_1M$ masa plina u posudi prije gorenja. **[1]**

Iz navedenih izraza slijedi $p_2 = \dfrac{R}{V}\left(T_1 + \dfrac{m}{m + n_1M}\dfrac{r}{c}\right)\left(\dfrac{m}{M} + n_1\right) = \underline{40{,}8\ \text{MPa}}$. **[2]**

uz n_1 određen iz stanja plina prije gorenja: $p_1(V$-$m/\rho) = n_1RT_1$, tj. $n_1 = 0{,}027$ mol. **[2]**

Napomena: budući je početna količina plina relativno mala ($n_1 M << m$), priznaje se i izraz $p_2 = \frac{Rm}{VM}\left(T_1 + \frac{r}{c}\right)$ = 40,7 MPa, ali **samo ako** je zanemarivanje n_1 navedeno u rješenju.

3. zadatak (11 bodova)

$F = ?$

Zbog simetrije je rezultantna sila na srednju kuglicu u početku jednaka nuli. **[1]**

Kuglice nakon dodira nose jednaku količinu naboja. **[2]**

Nakon prvog dodira naboji na kuglicama su: $(q+Q)/2$, $(q+Q)/2$ i q. **[2]**

Nakon drugog dodira naboji na kuglicama su $(q+Q)/2$, $(3q+Q)/4$, $(3q+Q)/4$ **[2]**

što vodi na rezultantnu silu iznosa $k(3q+Q)(q-Q)\,/(4d)^2$ **[2]**

Smjer sile je spojnica središta kuglica, a orijentacija: a) za $q > Q$ prema kuglici naboja $(q+Q)/2$, b) a za $q < Q$ prema kuglici naboja $(3q+Q)/4$. **[2]**

4. zadatak (7 bodova)

$R_1 = 0{,}64\ \Omega$, $P_1 = P_2$.
$R_2 = 2{,}25\ \Omega$,

$R_u = ?$

Strujni krug u oba slučaja se sastoji od idealnog naponskog izvora elektromotorne sile U, i dva serijski spojena otpornika. Vrijedi $I = U/(R_i+R_u)$, i = 1,2. **[2]**

Razvijena snaga je $P = RI^2$. **[1]**

Prema uvjetu zadatka je $R_1 U_2^2/(R_1+R_u) = R_2 U_2^2/(R_2+R_u)$, **[2]**

tj., $R_u = \sqrt{R_1 R_2} = \underline{2\ \Omega}$. **[2]**

5. zadatak (11 bodova)

R

$R_t = ?$

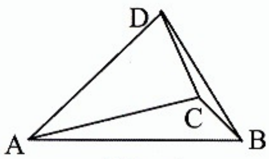
Ekvivalentni otpor ne ovisi o izboru para vrhova spojenih u ostatak strujnog kruga **[2]**

pa neka su to vrhovi A i B, slika 1.

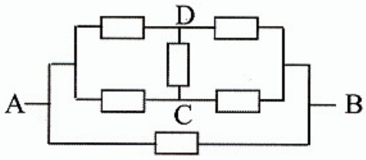
Kombinacija otpora između A i B prikazana je na slici 2. **[3]**

Zbog simetrije je struja između C i D jednaka nuli. **[4]**

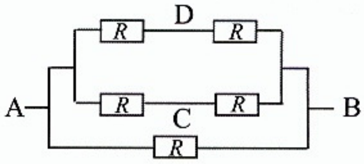
To dovodi do strujnog kruga na slici 3. Ekvivalentni otpor je $R_t = R/2$. **[2]**



Slika 1.



Slika 2.



Slika 3.