

**MINISTARSTVO PROSVETE I SPORTA REPUBLIKE SRBIJE I
DRUŠTVO FIZIČARA SRBIJE**

Gradsko takmičenje iz fizike učenika srednjih škola
školske 2004/2005 godine
IV razred

1. Dok voz ulazi u glavnu železničku stanicu u Beogradu, putnik iz voza posmatra stanični sat u daljini i primećuje da 10 sekundi tog sata traje 8 sekundi, mereno Wegovim ručnim časovnikom. Našavši se na peronu, putnik konstatuje da su sada satovi u savršenom skladu. Kolikom brzinom je voz ulazio u stanicu ako se zna da specijalna teorija relativnosti važi i u Beogradu, samo što konstanta c u Lorencovim transformacijama (brzina svetlosti) ima vrednost $c = 41 \text{ m/s}$?
(25 b.)
 2. Polovi baterije međusobno su spojeni preko omskog otpora R . Za koju vrednost tog otpora se na wemu oslobađa maksimalna Džulova snaga? Koliki je u tom slučaju napon između polova baterije? Elektromotorna sila baterije je E , a njen unutrašnji otpor r .
(15 b.)
 3. Na rastojanju $b > R$ od centra naparavljene metalne lopte poluprečnika R nalazi se tačkast izotropan izvor svetlosti snage P . Kolika je temperatura lopte u stanju termodinamičke ravnoteže?
Napomena: Površina sferne kalote koju iz sfere radijusa r iseca konus sa vrhom u centru sfere data je izrazom $Skal = 2\pi r^2(1 - \cos\alpha)$, gde je α ugao otvora konusa.
(20 b.)
 4. Monohromatsko elektromagnetno zračenje nepoznate talasne dužine pada na jone helijuma He^+ koji su pre ozračivanja bili u prvom pobuđenom kvantnom stanju, i čije brzine termalnog kretanja su zanemarljive u poređenju sa brzinom svetlosti. U emisionom spektru He^+ koji se dobija nakon ove interakcije javlja se ukupno 15 linija. Kolika je talasna dužina fotona upadnog zračenja? Koliko linija u emisionom spektru pripada fotonima čija je energija veća od 52 eV? Zanemariti energije uzmaca, kao i zavisnost Ridbergove konstante od mase jezgra. Energija jonizacije atoma vodonika iznosi $W_i = 13,6 \text{ eV}$.
(20 b.)
 5. Foton energije E_f kreće se u susret slobodnom elektronu koji miruje. Naći brzinu referentnog sistema u kojem su impulsi ove dve čestice suprotni.
Napomena: Ako je E energija čestice i p_x, p_y, p_z Dekartove komponente impulsa te čestice onda se četvorka $(E/c, p_x, p_y, p_z)$ transformiše pri prelasku iz jednog u drugi referentni sistem na isti način kao i četvorka (ct, x, y, z) , gde je t vremenska a x, y i z Dekartove prostorne koordinate nekog događaja.
(20 b.)
- Konstante: Plankova $h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$; masa elektrona $m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$; elementarno naelektrisanje $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$; brzina svetlosti $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ (osim u prvom zadatku).

Zadatke pripremio: Dragan Redžić
Recenzent: Mr Đorđe Spasojević
Predsednik komisije: Dr Mićo Mitrović

**MINISTARSTVO PROSVETE I SPORTA REPUBLIKE SRBIJE I
DRUŠTVO FIZIČARA SRBIJE**

Rešenja zadataka sa gradskog takmičenja iz fizike učenika srednjih škola
školske 2004/2005 godine,
IV razred

1. Neka je v tražena brzina voza. Slika staničnog sata koji pokazuje recimo 0 sekundi u nekom trenutku t_0 vremena u vozu dospeva do oka putnika u putnikovom trenutku $t_0 + L/c$, **(5 b)** gde je L rastojanje između putnika i staničnog sata u trenutku t_0 vremena u vozu, mereno iz voza. Kad stanični sat pokazuje 1 sekund, vremenski trenutak u vozu je $t_0 + \gamma$, **(5 b)** gde je $\gamma = (1 - v^2/c^2)^{-1/2}$ (dilatacija vremena!), a stanični sat je na rastojanju $L - v\gamma$ od putnika, opet mereno iz voza. Slika "stanični sat pokazuje 1 sekund" dospeva do oka putnika u trenutku $t_0 + \gamma + (L - v\gamma)/c$ **(5 b)** putnikovog časovnika (odnosno vremena u vozu), odakle sledi da pokazivanja staničnog sata koja se razlikuju za jedan sekund dospevaju do oka putnika sa razmakom $\gamma(1 - v/c) = (1 - v/c)^{1/2}/(1 + v/c)^{1/2}$ **(3 b)** njegovih, putnikovih, sekundi. Prema tome, 10 sekundi staničnog sata traju za putnika $10(1 - v/c)^{1/2}/(1 + v/c)^{1/2}$ njegovih sekundi, **(2 b)** pa iz uslova zadatka imamo $(1 - v/c)^{1/2}/(1 + v/c)^{1/2} = 8/10$, odakle nalazimo $v = 9$ m/s. **(5 b)**
2. Jačina struje kroz R je $I = E/(R + r)$, **(3 b)** a Džulova snaga koja se na njemu oslobađa $P_J = RE^2/(R + r)^2$. **(3 b)** U dobijenom izrazu R je nezavisno promenljiva, a E i r su parametri, pa je $dP_J / dR = E^2 (R - r)/(R + r)^3$. **(3 b)** Lako je zaključiti da je nula tog prvog izvoda $R = r$ upravo traženi maksimum funkcije $P_J(R)$. **(3 b)** Traženi napon je očigledno $rE/2r = E/2$. **(3 b)**
3. Pošto nagaravljena metalna lopta ima osobine apsolutno crnog tela, ona apsorbuje celokupnu energiju koja dospeva na njenu površinu. **(2 b)** Tangente na površinu lopte iz tačkastog izvora obrazuju konus; lopta apsorbuje ono zračenje koje tačkasti izvor emituje u deo prostora koji odgovara tom konusu. **(3 b)** Na osnovu pretpostavljene izotropnosti tačkastog izvora zaključujemo da se snaga koju emituje izvor, P , odnosi prema snazi koju apsorbuje lopta, P_{aps} , kao što se površina sfere poluprečnika r ($r < b - R$), sa centrom u izvoru, odnosi prema površini sferne kalote koju iz površine sfere iseca pomenuti konus tangenti. Dakle, $P : P_{aps} = 4\pi r^2 : S_{kal}$, **(5 b)** pa je $P_{aps} = PS_{kal}/4\pi r^2 = \dots = (P/2)[1 - (b^2 - R^2)^{1/2}/b]$. **(3 b)** U poslednjem koraku $\cos \alpha$ je nađen na osnovu Pitagorine teoreme. U stanju termodinamičke ravnoteže apsorbovana snaga jednaka je emitovanoj snazi: $\sigma T^4 4\pi R^2 = (P/2)[1 - (b^2 - R^2)^{1/2}/b]$, **(5 b)** pa je $T = (P/\sigma 8\pi R^2)^{1/4}[1 - (b^2 - R^2)^{1/2}/b]^{1/4}$ **(2b)**
4. Na osnovu Borovog modela za vodoniku sličan atom imamo $hc/\lambda_{nm} = hcRZ^2(1/n^2 - 1/m^2)$. **(6 b)** Kako je energija jonizacije atoma vodonika $hcR = 13,6$ eV i $Z_{He} = 2$ **(2 b)** energija jonizacije jona He^+ iznosi 54,4 eV. **(1 b)** Upadni fotoni ekscituju jone He^+ sa prvog pobuđenog ($n = 2$), na neki m -ti energetski nivo. Ukupan broj spektralnih linija nastalih deekscitacijom je $m!/2!(m - 2)!$ (broj kombinacija druge klase od m elemenata) **(5 b)** pa je $m(m - 1) = 30$, odakle $m = 6$. **(2 b)** Upadni fotoni imaju energiju $54,4 \cdot (1/4 - 1/36)$ eV $\approx 12,1$ eV, odnosno talasnu dužinu $\lambda_{26} = hc/(12,1$ eV) ≈ 103 nm. **(2 b)** U emisionom spektru se javljaju dve linije ($6 \rightarrow 1$ i $5 \rightarrow 1$) koje

odgovaraju fotonima energije veće od 52 eV. **(2 b)**

5. Referentni sistem u kojem je ukupan impuls nula naziva se u specijalnoj relativnosti sistem centra impulsa, CI sistem. Označavajući primom veličine u CI sistemu, na osnovu Napomene imamo $p'_x = \gamma_u(p_x - uE/c^2)$, **(7 b)** gde je u intenzitet brzine CI sistema, a $\gamma_u = (1 - u^2/c^2)^{-1/2}$. ($x-x'$ osa je izabrana tako da impuls fotona ima samo x -komponentu.) Za impuls fotona važi $p'_f = \gamma_u[E_f/c - uE_f/c^2]$, **(5 b)** jer $E_f = p_f c$, a za impuls elektrona $-p'_f = \gamma_u(0 - u m)$. **(5 b)**, pa je $u = E_f c / (E_f + m c^2)$. **(3 b)**

Zadatke pripremio: Dragan Redžić

Recenzent: Mr Đorđe Spasojević

Predsednik komisije: Dr Mićo Mitrović