

МИНИСТАРСТВО ПРОСВЕТЕ И СПОРТА РЕПУБЛИКЕ СРБИЈЕ И  
ДРУШТВО ФИЗИЧАРА СРБИЈЕ

Градско такмичење из физике ученика средњих школа  
школске 2004/2005 године

IV разред

1. Док воз улази у главну железничку станицу у Београду, путник из воза посматра станични сат у даљини и примећује да 10 секунди тог сата траје 8 секунди, мерено његовим ручним часовником. Нашавши се на перону, путник констатује да су сада сатови у савршеном складу. Коликом брзином је воз улазио у станицу ако се зна да специјална теорија релативности важи и у Београду, само што константа  $c$  у Лоренцовим трансформацијама (брзина светлости) има вредност  $c = 41 \text{ m/s}$ ?  
(25 б.)
2. Полови батерије међусобно су спојени преко омског отпора  $R$ . За коју вредност тог отпора се на њему ослобађа максимална Џулова снага? Колики је у том случају напон између полова батерије? Електромоторна сила батерије је  $E$ , а њен унутрашњи отпор  $r$ .  
(15 б.)
3. На растојању  $b > R$  од центра награвљене металне лопте полупречника  $R$  налази се тачкаст изотропан извор светлости снаге  $P$ . Колика је температура лопте у стању термодинамичке равнотеже?  
Напомена: Површина сферне калоте коју из сфере радијуса  $r$  исеца конус са врхом у центру сфере дата је изразом  $S_{\text{kal}} = 2\pi r^2(1 - \cos\alpha)$ , где је  $\alpha$  угао отвора конуса.  
(20 б.)
4. Монохроматско електромагнетно зрачење непознате таласне дужине пада на јоне хелијума  $\text{He}^+$  који су пре озрачивања били у првом побуђеном квантном стању, и чије брзине термалног кретања су занемарљиве у поређењу са брзином светлости. У емисионом спектру  $\text{He}^+$  који се добија након ове интеракције јавља се укупно 15 линија. Колика је таласна дужина фотона упадног зрачења? Колико линија у емисионом спектру припада фотонима чија је енергија већа од  $52 \text{ eV}$ ? Занемарити енергије узмака, као и зависност Ридбергове константе од масе језгра. Енергија јонизације атома водоника износи  $W_i = 13,6 \text{ eV}$ .  
(20 б.)
5. Фотон енергије  $E_f$  креће се у сусрет слободном електрону који мирује. Наћи брзину референтног система у којем су импулси ове две честице супротни.  
Напомена: Ако је  $E$  енергија честице и  $p_x, p_y, p_z$  Декартове компоненте импулса те честице онда се четворка  $(E/c, p_x, p_y, p_z)$  трансформише при преласку из једног у други референтни систем на исти начин као и четворка  $(ct, x, y, z)$ , где је  $t$  временска а  $x, y$  и  $z$  Декартове просторне координате неког догађаја.  
(20 б.)

Константе: Планкова  $h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$ ; маса електрона  $m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$ ; елементарно наелектрисање  $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ ; брзина светлости  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$  (осим у првом задатку).

Задатке припремио: Драган Реџић  
Рецензент: Мр Ђорђе Спасојевић  
Председник комисије: Др Мићо Митровић

# МИНИСТАРСТВО ПРОСВЕТЕ И СПОРТА РЕПУБЛИКЕ СРБИЈЕ И ДРУШТВО ФИЗИЧАРА СРБИЈЕ

## Решења задатака са градског такмичења из физике ученика средњих школа школске 2004/2005 године, IV разред

1. Нека је  $v$  тражена брзина воза. Слика станичног сата који показује рецимо 0 секунди у неком тренутку  $t_0$  времена у возу доспева до ока путника у путниковом тренутку  $t_0 + L/c$ , (5 б) где је  $L$  растојање између путника и станичног сата у тренутку  $t_0$  времена у возу, мерено из воза. Кад станични сат показује 1 секунд, временски тренутак у возу је  $t_0 + \gamma$ , (5 б) где је  $\gamma = (1 - v^2/c^2)^{-1/2}$  (дилатација времена!), а станични сат је на растојању  $L - v\gamma$  од путника, опет мерено из воза. Слика “станични сат показује 1 секунд” доспева до ока путника у тренутку  $t_0 + \gamma + (L - v\gamma)/c$  (5 б) путниковог часовника (односно времена у возу), одакле следи да показивања станичног сата која се разликују за један секунд доспевају до ока путника са размаком  $\gamma(1 - v/c) = (1 - v/c)^{1/2}/(1 + v/c)^{1/2}$  (3 б) његових, путникових, секунди. Према томе, 10 секунди станичног сата трају за путника  $10(1 - v/c)^{1/2}/(1 + v/c)^{1/2}$  његових секунди, (2 б) па из услова задатка имамо  $(1 - v/c)^{1/2}/(1 + v/c)^{1/2} = 8/10$ , одакле налазимо  $v = 9 \text{ m/s}$ . (5 б)
2. Јачина струје кроз  $R$  је  $I = E/(R + r)$ , (3 б) а Џулова снага која се на њему ослобађа  $P_J = RE^2/(R + r)^2$ . (3 б) У добијеном изразу  $R$  је независно променљива, а  $E$  и  $r$  су параметри, па је  $dP_J/dR = E^2(R - r)/(R + r)^3$ . (3 б) Лако је закључити да је нула тог првог извода  $R = r$  управо тржени максимум функције  $P_J(R)$ . (3 б) Тражени напон је очигледно  $rE/2r = E/2$ . (3 б)
3. Пошто нагарављена метална лопта има особине апсолутно црног тела, она апсорбује целокупну енергију која доспева на њену површину. (2 б) Тангенте на површину лопте из тачкастог извора образују конус; лопта апсорбује оно зрачење које тачкасти извор емитује у део простора који одговара том конусу. (3 б) На основу претпостављене изотропности тачкастог извора закључујемо да се снага коју емитује извор,  $P$ , односи према снази коју апсорбује лопта,  $P_{\text{aps}}$ , као што се површина сфере полупречника  $r$  ( $r < b - R$ ), са центром у извору, односи према површини сферне калоте коју из површине сфере исеца поменути конус тангенти. Дакле,  $P : P_{\text{aps}} = 4\pi r^2 : S_{\text{kal}}$ , (5 б) па је  $P_{\text{aps}} = PS_{\text{kal}}/4\pi r^2 = \dots = (P/2)[1 - (b^2 - R^2)^{1/2}/b]$ . (3 б) У последњем кораку  $\cos\alpha$  је нађен на основу Питагорине теореме. У стању термодинамичке равнотеже апсорбована снага једнака је емитованој снази:  $\sigma T^4 4\pi R^2 = (P/2)[1 - (b^2 - R^2)^{1/2}/b]$ , (5 б) па је  $T = (P/\sigma 8\pi R^2)^{1/4}[1 - (b^2 - R^2)^{1/2}/b]^{1/4}$  (26)
4. На основу Боровог модела за водонику сличан атом имамо  $hc/\lambda_{nm} = hcRZ^2(1/n^2 - 1/m^2)$ . (6 б) Како је енергија јонизације атома водоника  $hcR = 13,6 \text{ eV}$  и  $Z_{\text{He}} = 2$  (2 б) енергија јонизације јона  $\text{He}^+$  износи  $54,4 \text{ eV}$ . (1 б) Упадни фотони ексцитују јоне  $\text{He}^+$  са првог побуђеног ( $n = 2$ ), на неки  $m$ -ти енергетски ниво. Укупан број спектралних линија насталих деексцитацијом је  $m!/2!(m - 2)!$  (број комбинација друге класе од  $m$  елемената) (5 б) па је  $m(m - 1) = 30$ , одакле  $m = 6$ . (2 б) Упадни фотони имају енергију  $54,4 \cdot (1/4 - 1/36) \text{ eV} \approx 12,1 \text{ eV}$ , односно таласну дужину  $\lambda_{26} = hc/(12,1 \text{ eV}) \approx 103 \text{ nm}$ . (2 б) У емисионом спектру се јављају две линије ( $6 \rightarrow 1$  и  $5 \rightarrow 1$ ) које одговарају фотонима енергије веће од  $52 \text{ eV}$ . (2 б)
5. Референтни систем у којем је укупан импулс нула назива се у специјалној релативности систем центра импулса,  $CI$  систем. Означавајући примом величине у  $CI$  систему, на основу Напомене имамо  $p'_x = \gamma_u(p_x - uE/c^2)$ , (7 б) где је  $u$  интензитет брзине  $CI$  система, а  $\gamma_u = (1 - u^2/c^2)^{-1/2}$ . ( $x-x'$  оса је иабрана тако да импулс фотона има само  $x$ - компоненту.) За импулс фотона важи  $p'_f = \gamma_u[E_f/c - uE_f/c^2]$ , (5 б) јер  $E_f = p_f c$ , а за импулс електрона  $-p'_f = \gamma_u(0 - um)$ . (5 б), па је  $u = E_f c / (E_f + mc^2)$ . (3 б)

Задатке припремио: Драган Реџић

Рецензент: Мр Ђорђе Спасојевић

Председник комисије: Др Мићо Митровић