



ТАКМИЧЕЊЕ ИЗ ФИЗИКЕ УЧЕНИКА СРЕДЊИХ ШКОЛА
ШКОЛСКЕ 2021/2022. ГОДИНЕ.



IV разред

Друштво физичара Србије и Министарство просвете
Науке и технолошког развоја Републике Србије
РЕШЕЊА-БЕТА КАТЕГОРИЈА

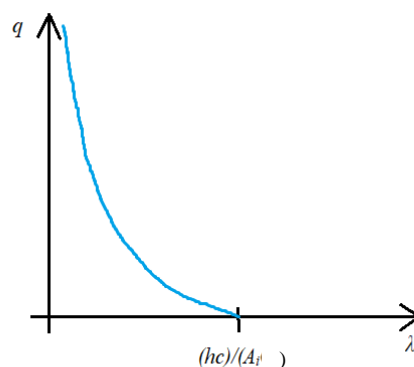
ДРЖАВНИ НИВО
14-15. мај 2022.

1. За прелаз са m -тог на n -ти енергетски ниво код 1_1H важи $\frac{1}{\lambda} = R\left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2}\right)$ (*) [2п], а за прелаз са j -тог на i -ти ниво код ${}^4_2He^+$ важи $\frac{1}{\lambda} = RZ^2\left(\frac{1}{i^2} - \frac{1}{j^2}\right)$ (**) где је $Z = 2$ [2п]. Упоређивањем израза (*) и (**) закључује се да важи $Zn = i$ и $Zm = j$ [4п]. Дакле, све линије из спектра 1_1H могу се наћи у спектру ${}^4_2He^+$, док обрнуто не важи [2+2п]. Прва линија Балмерове серије јавља се при прелазу са $m = 3$ на $n = 2$ што одговара прелазу са $j = 6$ на $i = 4$ у спектру ${}^4_2He^+$ [3п].

2. Гледано са Земље, у тренутку $t_1 = 0$ извор је избачен на удаљености $D = 10^9$ су и он тада шаље први сигнал који уочавају астрономи. У неком тренутку $t_2 = T$ извор шаље други сигнал ка астрономима. У тренутку $t_3 = \frac{D}{c}$ први сигнал са извора стиже до посматрача и Дејан му креће у сусрет [4п]. Овај сигнал стиже до посматрача на Земљи након годину дана у тренутку $t_4 = \frac{D}{c} + T_g$ и притом прелази пут $s = cT_g$ (*) од t_3 до t_4 [2+2п]. Брзина приближавања Дејана и сигнала је $v_p = c + \frac{c}{3} = \frac{4c}{3}$ [2п], а почетно растојање између њих је $s = v_p T_d$ (**) [2п] где је T_d време након ког Дејан пресретне сигнал, гледано са Земље. Изједначавањем (*) и (**) након сређивања добија се $T_d = \frac{3}{4}T_g$. [2п]. У референтном систему везаном за Дејана протекло је $T'_d = T_d \sqrt{1 - \left(\frac{c}{3}\right)^2} = \frac{\sqrt{2}}{2}$ године [4+2п].

3. а) Максимална таласна дужина добија се када избачени електрони имају минималну кинетичку енергију ($T_{max} = 0$) [1п]. Из Ајнштајнове једначине фотоефекта тада важи $\frac{hc}{\lambda_{max}} = A_i$ [2п], тј. добија се да таласне дужине које производи ласер морају бити мање од $\lambda_{max} = \frac{hc}{A_i}$ [2п].

б) Да би електрони дошли до друге плоче морају да имају довољну кинетичку енергију да савладају поље које настаје између плоча. Кинетичка енергија може се изразити као $T_{max} = eU$ [3п]. Заменом овог израза у једначину фотоефекта добија се $U = \frac{hc}{\lambda e} - \frac{A_i}{e}$ (*) [3п]. Капацитет кондензатора може се записати као $C = \frac{q}{U}$ (**) [2п], где је q коначно наелектрисање плоча, а U напон између њих. Заменом (*) у (**) добија се $C = \frac{qe}{\frac{hc}{\lambda} - A_i}$, а одатле и $q = \frac{(hc - A_i)C}{e}$ [4п]. Тражени график дат је на слици. [3п]



4. Скица графика зависности интензитета од времена нам говори две битне ствари: време између међусобних преклапања звезда (помрачења) и падове у интензитетима. Два узастопна помрачења истог интензитета дешавају се, по графику, сваких осам дана, те је ово период ротација звезде $T = 8$ дана. Одавде је угаона фреквенција $\omega = \frac{2\pi}{T} = 9.09 \cdot 10^{-6} \frac{1}{s}$ [2п]. Обе звезде се крећу кружним путањама око центра масе, те ће се оне у сваком тренутку налазити супротно од тачке центра масе (две звезде и центар масе су колинеарни). Да није тако, систем не би био у



ТАКМИЧЕЊЕ ИЗ ФИЗИКЕ УЧЕНИКА СРЕДЊИХ ШКОЛА
ШКОЛСКЕ 2021/2022. ГОДИНЕ.



IV разред

Друштво физичара Србије и Министарство просвете
Науке и технолошког развоја Републике Србије
РЕШЕЊА-БЕТА КАТЕГОРИЈА

ДРЖАВНИ НИВО
14-15. мај 2022.

стабилном кружном кретању. Како је позната међусобна удаљеност међу звезда и тражи се збир маса, једначине кретања звезде су $M\omega^2x = \frac{\gamma Mm}{L^2}$ и $m\omega^2y = \frac{\gamma Mm}{L^2}$ [3+3п] (центрипетална сила до центра масе изједначена је са гравитационом силом; $L=x+y$). Дељењем једначина редом са и , па потом сабирањем имамо да је збир маса $M + m = \frac{\omega^2 L^3}{\gamma} = 1.24 \cdot 10^{30} \text{ kg}$ [2п].

Нека је удаљеност система до Земље D . Без преклапања, интензитет зрачења који стиже до Земље је збир доприноса од обе звезде $I_0 = \frac{\sigma T_1^4 R_1^2}{D^2} + \frac{\sigma T_2^4 R_2^2}{D^2}$ [4п]. Уочавају се два пада у интензитету. Мањи пад узрокован је преклапањем мање сјајне звезде више сјајном, и обрнуто за већи. У случају мањег пада, интензитет светлости који стиже до Земље се лако налази: преклопљена је мања звезда, те она нема допринос, а цео интензитет стиже од веће, и то $I_\nu = \frac{\sigma T_1^4 R_1^2}{D^2}$ [3п].

Тражи се однос луминозности звезда, те је овај интензитет довољан. Односи интензитета који стижу у сваком помрачењу виде се са графика. Постављањем релација $I_\nu = 0.95I_0$, потом упрошћавањем, добијаја се однос снаге зрачења $P_1/P_2 = \frac{T_1^4 R_1^2}{T_2^4 R_2^2} = 19$ [3п].

5. Линеаризујмо једначину Бруса. Нека је кулоновска енергија $E_c = \frac{1.786e^2}{4\pi\epsilon_0\epsilon_r r}$. Премештањем Кулоновског члана са леве стране добијмо линеарну зависност $E + E_c = \frac{h^2}{8\mu} \left(\frac{1}{r^2}\right) + E_{gap}$ [2п].

Из приложених слика могу се одредити полупречници за сваки раствор, а из спектра и таласне дужине прелаза. Мерењем пречника лењиром и помоћу размерника, потом дељењем са два како би се добио полупречник, и усредњавањем вредности за сваки раствор добијају се вредности полупречника за сваки раствор појединачно. Очигледно је највећи извор грешке велики статистички распон полупречника. Као грешку у средњој вредности може се изабрати разумна вредност која је мања, или се налази око највеће апсолутне вредности разлике средње вредности полупречника и вредности највећег одступања. Ако ученик зна формулу за стандардно одступање средње вредности, и ово је коректан приступ. Приложена је табела мерења. Прва, друга и трећа колона представља релативне пречнике у односу на размерник, и дужину размерника у том случају, за растворе А, Б и В редом. Овде се налази и усредњени полупречник и грешка за средњу вредност. За три раствора процењена је грешка од 0,1nm. Разматрањем максимума спектра, добијамо вредности табелиране у у колонама, уз одступање од око 5nm (процена најмање мерљиве таласне дужине помоћу спектра). Овиме допуњујемо табелу подацима о енергији, а при томе је $E = \frac{hc}{\lambda}$ [2п]. Табела се налази испод. [7п]

Линеарна зависност је $E+E_c$ од $1/r_{sr}^2$. Њихове грешке можемо наћи као $\Delta(E + E_c) = \frac{hc}{\lambda^2} \Delta\lambda + \frac{1.786e^2}{4\pi\epsilon_0\epsilon_r r^2} \Delta r$ и $\Delta\left(\frac{1}{r_{sr}^2}\right) = \frac{2}{r_{sr}^3} \Delta r_{sr}$ [2п].

	А	Б	В
$2r_1$ [cm]	1,70	2,25	2,55
$2r_2$ [cm]	1,65	2,25	2,65
$2r_3$ [cm]	1,55	2,05	/
$2r_4$ [cm]	1,95	2,20	/
$2r_5$ [cm]	1,9	2,00	/
$2r_6$ [cm]	1,8	1,90	/
$2r_7$ [cm]	1,65	2,15	/
R [cm]	2,95	3,2	3,1
r_{sr} [nm]	1,477	1,652	2,097
$1/r_{sr}^2$ [10^{17} m^{-2}]	4,584	3,665	2,275
λ [nm]	465	475	500
E [10^{-19} J]	4,318	4,096	3,973
E_c [10^{-19} J]	0,4848	0,4520	3,556



IV разред

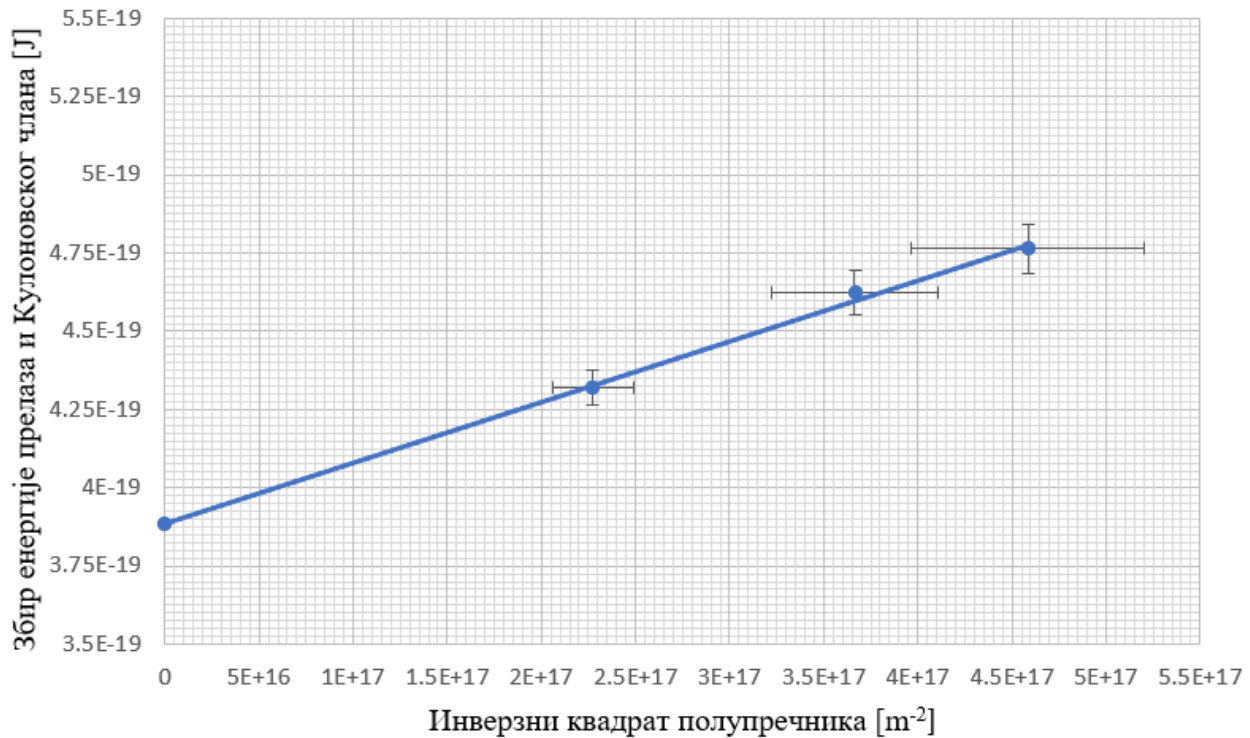
Друштво физичара Србије и Министарство просвете
Науке и технолошког развоја Републике Србије
РЕШЕЊА-БЕТА КАТЕГОРИЈА

ДРЖАВНИ НИВО
14-15. мај 2022.

$E+E_c$ [10^{-19} J]	4,803	4,548	4,328
Δr_{sr} [nm]	0,1	0,1	0,1
$\Delta \lambda$ [nm]	5	5	5
$\Delta(1/r_{sr}^2)$ [10^{17} m $^{-2}$]	0,6207	0,4438	0,2170
$\Delta(E+E_c)$ [10^{-19} J]	0,07923	0,07064	0,05626
	0,08	0,07	0,06

Пример линеарног графика је приложен. [7п]

График зависности збира енергије прелаза и Кулоновског члана од инверзног квадрата полупречника



Између прве и друге, и претпоследње и последње експерименталне тачке одабране су две неексперименталне тачке А($1 \cdot 10^{17} m^{-2}$; $4,084 \cdot 10^{-19} J$) и В($4 \cdot 10^{17} m^{-2}$; $4,668 \cdot 10^{-19} J$) [2п].

Помоћу приложеног можемо одредити коефицијент правца као $k = \frac{y_B - y_A}{x_B - x_A}$ и његову грешку из $\Delta k = k \left(\frac{\Delta y_B + \Delta y_A}{y_B - y_A} + \frac{\Delta x_B + \Delta x_A}{x_B - x_A} \right)$, те имамо $k = 1,947 \cdot 10^{-37} J m^2$ и $\Delta k = 9,859 \cdot 10^{-38} J m^2$ [1п].

Из израза за коефицијент правца имамо да је $\mu = \frac{h^2}{8k}$ и $\Delta \mu = \frac{h^2}{8k^2} \Delta k$, те је $\mu = 2,819 \cdot 10^{-31} kg$ и $\Delta \mu = 1,424 \cdot 10^{-31} kg$, па је коначно $\mu = (3 \pm 2) \cdot 10^{-31} kg$ [2п].

Чињеница да је релативна грешка оволика указује на то да смо требали да користимо погоднији или прецизнији метод одређивања грешке средње вредности. Стандардно одступање средње вредности би у томе било погодније. Занимљиво је да у литератури редукована маса заиста пуно варира, мада не иде високо колико грешка овде указује. Испоставља се да она зависи од експерименталних услова, мада је средња вредност добијена овде свакако у опсегу експеримента у коме се одређивала.

Признати свако решење где се коректно линеаризује и пронађу се четири тачке које се коректно обраде. Признати и друге разумљиве одабире грешака за таласну дужину и средњи полупречник. Одузети поене по потреби и



**ТАКМИЧЕЊЕ ИЗ ФИЗИКЕ УЧЕНИКА СРЕДЊИХ ШКОЛА
ШКОЛСКЕ 2021/2022. ГОДИНЕ.**



IV разред

**Друштво физичара Србије и Министарство просвете
Науке и технолошког развоја Републике Србије
РЕШЕЊА-БЕТА КАТЕГОРИЈА**

**ДРЖАВНИ НИВО
14-15. мај 2022.**

одступању од правилних метода обраде података.

*У бета категорији такмиче се ученици који похађају одељења која раде по програмима гимназије природно-математичког смера и специјализованих гимназија из области природних наука и информатике (области које нису математика и физика).

Решења припремили: Јован Марковић, Амхерст Колеџ (4, 5); Далиборка Храњец, ПМФ Крагујевац (1, 2, 3)

Председник Комисије за такмичења ученика средњих школа: Проф. др Имре Гут