



IV

Друштво физичара Србије
Министарство просвете Републике Србије

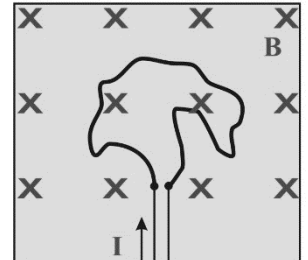
ДРЖАВНИ НИВО
29.04.2023.

РАЗРЕД

ЗАДАЦИ Бета категорија

1. [12 поена] Гас атома водоника у основном стању побуђује се електронима који се убрзавају у електричном пољу разлике потенцијала U . Наћи интервал могућих вредности напона, ако се зна да при деекситацији атома у спектру види тачно 6 спектралних линија атома водоника.

2. [20 поена] На плочи од изолатора на два блиска фиксирана ексера причвршћена је еластична проводна гумена нит, чија је дужина у неистегнутом стању $L_0 = 25 \text{ cm}$ и коефицијент еластичности $k = 1 \frac{\text{N}}{\text{m}}$. Плоча се налази у хомогеном магнетном пољу индукције $B = 0.2 \text{ T}$ и то тако, да су линије сила магнетног поља нормалне на раван плоче (видети слику). На два ексера се жицама доведе једносмерна струја, чија је јачина после успостављања равнотеже $I = 1.3 \text{ A}$. Какав облик ће заузети гума и одредити њену дужину у истегнутом стању.



3. [20 поена] На Чельабинско језеро је пало парче метеорита облика кугле полупречника $r = 10 \text{ cm}$ вертикално, брзином $v = 200 \frac{\text{m}}{\text{s}}$. Колика треба да му је најмања температура пре удара, да потпуно потоне кроз лед? Лед је добар топлотни изолатор, тако да се температура по висини леденог покрива језера (дебљине $h = 30 \text{ cm}$) мења линеарно од сибирских $t_2 = -50 \text{ }^\circ\text{C}$ на врху, до $t_1 = 0 \text{ }^\circ\text{C}$ изнад воде. Предпоставити да метеорит не ломи лед и не одскаче од њега. Ради поједностављења рачуна предпоставити да се истопљена вода испод метеорита под дејством тежине метеорита тренутно пређе изнад и да се не греје даље. Густина метеорита $\rho_m = 8140 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ и средња густина леда је $\rho_l = 917 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$, масена количина топлоте метеорита је $c_m = 500 \frac{\text{J}}{\text{kgK}}$ а леда $c_l = 2115 \frac{\text{J}}{\text{kgK}}$, латентна топлота топљења леда је $\lambda = 333.7 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$. Запремина лопте је $V = \frac{4}{3} r^3 \pi$.

4. [20 поена] Побуђени енергетски нивоа атома водоника

а) Одредити брзину узмака коју задобије атом водоника приликом преласка електрона из првог побуђеног стања у основно стање, уколико се атом пре емисије налазио у стању мировања. Узимајући у обзир узмак атома водоника, одредити разлику између енергије емитованог фотона и енергије прелаза (разлика енергије побуђеног и основног стања) за деекситацију првог побуђеног стања. [10 поена]

б) У својој теорији, Бор је предложио стационарне орбите по којима се електрони крећу. По стационарним орбитама електрони имају тачно одређену енергију и могу боравити неограничено дуго на тим орбитама. Међутим побуђена стања атома водоника нису стационарна и распадају се (деекситују) за око $\tau = 10^{-8} \text{ s}$ (време живота побуђеног стања). Релације неодређености нам говоре да само стационарна стања (стања код којих је време живота бесконачно велико) немају неодређеност енергије, због чега су оштра (тачно одређених енергија). Узимајући да је неодређеност времена једнака времену живота првог побуђеног стања атома водоника, и решење претходног дела задатка, показати да није могућа апсорпција емитованог фотона са првог побуђеног стања од стране другог атома водоника које се налази у основном стању у миру (резонантна апсорпција). [10 поена]



5. Мисаони експеримент - Одређивање Ридбергове константе [28 поена]

Циљ овог мисаоног експеримента је одређивање константе дифракционе решетке помоћу познатих спектралних линија атома хелијума, испитивање спектра водоника користећи дифракциону решетку и одређивање Ридбергове константе.

Експериментална апаратура која се користи у овој вежби је приказана на слици. Хелијумова или водична спектрална лампа повезана је са напајањем високог напона. Лењир са скалом код које је најмањи подеок 1 mm, је постављен директно иза спектралне лампе. Дифракциона решетка се поставља испред спектралне лампе и спектар се посматра голим оком. Спектралне линије се опажају на скали лењира као пројекција светлосног зрака, као на слици десно. Дефинишимо одговарајуће величине као на слици десно.

Задатак 5.1. [18 поена] Таласне дужине, λ , спектралних линија атома хелијума су познате и дате у Табели 1, са грешком једнаком јединичној вредности најмањег цифарског места. У Табели 1 је дата позиција на коме се виде први максимуми дате таласне дужине лево, x_1 , и десно, x_2 , од централног максимума, тј. спектралне лампе. Растојање дифракционе решетке од лењира износи $y = 340 \text{ mm}$, мерено метром чији је најмањи подеок 1 mm. Користећи дате експерименталне податке одредити константу дифракционе решетке са припадајућом грешком (апсолутном и релативном).

Задатак 5.2. [5 поена] Одредити таласне дужине спектралних линија Балмерове серије атома водоника и припадајуће грешке (апсолутна и релативна). Користити вредност константе дифракционе решетке одређене у Задатку 1. Позиције првих максимума на лењиру на којој се пројектују спектралне линије атома водоника лево, x_1 , и десно, x_2 , од централног максимума, тј. спектралне лампе су дате у Табели 2. $Ва\alpha$ је прва линија Балмерове серије, $Ва\beta$ је друга линија Балмерове серије, а $Ва\gamma$ је трећа линија Балмерове серије. Растојање дифракционе решетке од лењира износи $y = 340 \text{ mm}$, мерено метром чији је најмањи подеок 1 mm.

Задатак 5.3. [5 поена] Полазећи од израчунатих линија Балмерове серије атома водоника у Задатку 5.2, одредити вредност Ридбергове константе са припадајућом грешком (апсолутном и релативном).

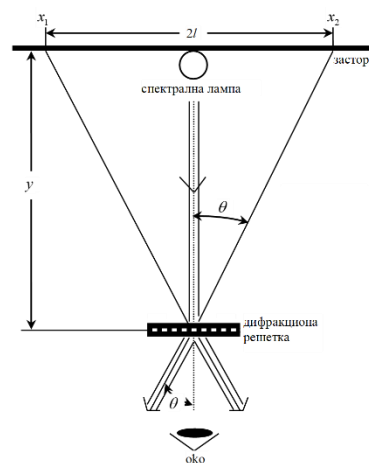
Константе (по потреби за цео тест): Авогадров број $N_A = 6.02214076 \cdot 10^{23}$; Брзина светлости у вакууму $c = 299792458 \text{ m/s}$; елементарно наелектрисање $e = 1.60217663 \cdot 10^{-19} \text{ C}$; Ридбергова константа $R = 10973731.6 \text{ m}^{-1}$; Болцманова константа $k = 1.380649 \cdot 10^{-23} \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$; маса електрона $m_e = 9.1093837 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$; релативна атомска маса водоника $A_r = 1,0080 \text{ g/mol}$; диелектрична пропустљивост вакуума $\epsilon_0 = 8.8541878128 \cdot 10^{-12} \text{ F/m}$, Планкова константа $h = 6.62607015 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$

Напомена: Сва решења детаљно објаснити. **Свим такмичарима желимо успешан рад !**

Задатке припремили: Проф. др Имре Гут, Департман за физику, Нови Сад; Доц. др Владимир Марковић, ПМФ Крагујевац

Рецензенти: Проф. др Ненад Стевановић и Жељко Цимбаљевић, ПМФ Крагујевац

Председник комисије: Проф. др Имре Гут, Департман за физику, Нови Сад



λ [nm]	x_1 [mm]	x_2 [mm]
706.5	415	733
686.7	423	726
667.8	428	720
587.6	445	703
504.7	465	680
501.6	470	682
492.2	470	679
471.3	475	673
447.1	486	674

H	x_1 [mm]	x_2 [mm]
$Ва\alpha$	430	720
$Ва\beta$	472	681
$Ва\gamma$	485	669



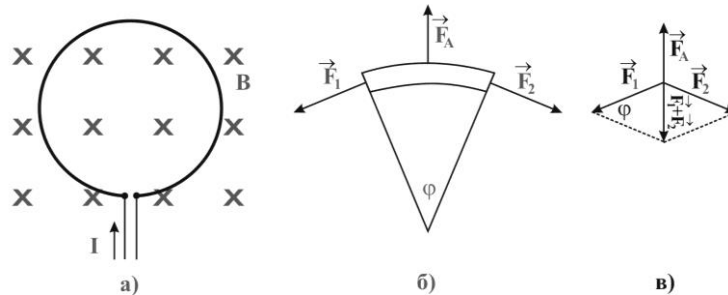
IV РАЗРЕД

Друштво физичара Србије
Министарство просвете Републике Србије
РЕШЕЊА ЗАДАТАКА Бета категорија

ДРЖАВНИ НИВО
29.04.2023.

1. Убрзани електрони приликом судара са атомима водоника могу предати сву енергију, али могу се исто расејати, предајући само део своје кинетичке енергије. Број прелаза са $2 \rightarrow 1$ енергетски ниво је 1, са $3 \rightarrow 1, 2$ два и са $4 \rightarrow 1, 2, 3$ је 3. Закључујемо да се атом водоника у судару са електронима побудио на $n = 4$ енергетски ниво [3п]. Дакле примењени напон убрзавања електрона треба да да електронима довољно енергије да атом водоника побуде на $n = 4$ ниво, али не и на $n = 5$ ниво. Енергију побуђивања можемо израчунати на основу Ридбергове формуле $\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right)$ [4п] тј. енергија побуђивања $E = \frac{hc}{\lambda} = hcR \left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right)$ [1п]. Како је енергија основног стања водоника енергија која је потребна да се електрон из основног стања ($m = 1$) избаци из атома ($n = \infty$), следи управо да је $E_o = hcR = -13.6 \text{ eV}$. Тако формула енергије прелази у $E = E_o \left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right)$ где је $m = 1$ а $4 \leq n < 5$. Одатле је $E_{min} = E_o \left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{4^2} \right) = \frac{15}{16} E_o$ и $E_{max} = E_o \left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{5^2} \right) = \frac{24}{25} E_o$. Енергија електрона се рачуна као рад електричног поља $A = eU$. Како је енергија дата у eV треба је конвертовати у J помоћу образаца: $1eV = 1.602 \cdot 10^{-19} J$. За минималан и максималан напон се коначно добија $U_{min} = \frac{15 E_o}{16 e} = \frac{15}{16} E_o (eV) = 12.75 V$ [1+1п] и $U_{max} = \frac{24 E_o}{25 e} = 13.056 V$ [1+1п]. Напоменимо још једном да напон мора бити једнак или већи од минималног, али да не сме да буде једнак максималном напону.

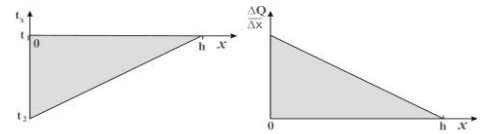
2. Када се кроз гуму пропусти струја, деловаће Амперова сила, која при оваквом одабиру смерова струје и магнетног поља делује ка напољу и затеже гуму. Како су крајеви гуме фиксирани, гума ће заузети облик круга [1п] (слика а). Амперова сила ће деловати радијално и пошто је поље хомогено на сваки делић гуменог прстена, подједнако. Због ове силе се гумени прстен затеже и због еластичности издужи. Равнотежа се успоставља када се на сваком делу прстена изједначи по интензитету Амперова сила која делује на том делу са резултантом силе затезања $\vec{F}_A = -(\vec{F}_1 + \vec{F}_2)$ [1п] (слика б).



Ако прстен изделимо на делиће малог централног угла φ (много мање од нацртаног на слици б- само је због очигледности углова цртано увећано) резултанта Амперове силе делује на средини делића и интензитет јој је $F_A = BI\Delta l = Bir\varphi$ [3п]. Силе затезања гуме делују тангенцијално на рубовима делића (слика б) тако да вектори сила (F_1 и F_2) заклапају међусобно угао, а који је једнак централном углу φ . Резултантна сила је векторски збир ове две силе и може се израчунати преко косинусне теореме, али је једноставније рачунати као двострука вредност пројекције силе на правац Амперове силе $|\vec{F}_1 + \vec{F}_2| = 2F_1 \sin \frac{\varphi}{2}$ [2п]. Овај последњи израз за мале вредности угла (рачунато у радијанима) прелази у $\sin \frac{\varphi}{2} \approx \frac{\varphi}{2}$ [1п]. Тако је услов равнотеже $Bir\varphi = F_1\varphi$ [2п]. Полупречник круга је повезан са дужином гуменог проводника као $L_1 = 2r\pi$ [1п] (L_1 је дужина издужене гумене нити) и то трансформише једначину силе затезања у $F_1 = BI \frac{L_1}{2\pi}$ [1п]. Треба запазити да због статичке равнотеже на рубове свих делића делују исте силе, под чијим укупним дељством се гумена нит продужи по закону $F_1 = k(L_1 - L_0)$ [2п]. Одавде се добије $BI \frac{L_1}{2\pi} = k(L_1 - L_0)$ [2п], тојест дужина затегнуте гуме је $L_1 = \frac{2\pi k}{2\pi k - BI} L_0 \approx 26,1 \text{ cm}$ [3+1п]. **Напомена:** ако је неко рачунао са променом у полупречнику круга, пошто су ове величине јасно повезане, треба признати целокупан резултат $r_1 = \frac{k}{2\pi k - BI} L_0 = 4,15 \text{ cm}$. ПС: из ове једначине се види једно ограничење, наиме не сме се пустити превелика струја да се не би изједначило $2\pi k = BI$, јер је у том случају истезање бесконачно.



3. Метеорит после пада леду предаје сву своју кинетичку енергију (која се претвара у топлоту) и део своје унутрашње енергије (у виду толоте док се не охлади на крајњу температуру). Кинетичка енергија је $\Delta E_k = \frac{mv^2}{2} = \frac{\rho_m V_m v^2}{2}$ [1п] а предата топлота од метеорита $Q_m = \frac{4}{3} r^3 \pi \rho_m c_m (t_3 - t_1)$ [2п] где је t_3 температура метеорита пре судара а t_1 температура у тренутку потпуног проласка кроз лед: једнака температури доњег дела леда. Када метеорит прође кроз малу дебљину леда дебљине Δx он предаје топлоту потребну да се лед загреје до 0°C и да се тај део леда претвори у воду [1п]. Примљена укупна латентна топлота се може лако израчунати ако се зна маса претвореног леда- то је ваљак којег истопи метеорит $Q_L = m\lambda = r^2 \pi h \rho_l \lambda$ [2п]. Мала дебљина леда до топљења прими топлоту $\Delta Q = \Delta m c_l (t_x - t_1)$ [2п] (обратити пажњу да ΔQ није промена топлотне енергије већ мала количина топлоте) где је t_x температура леда у том делу. Маса дела леда се апроксимативно може написати као $\Delta m = \rho_l \Delta V = \rho_l r^2 \pi \Delta x$, тако да је предата мала количина топлоте потребна да се лед угреје са t_x на t_1 $\Delta Q = \rho_l r^2 \pi c_l (t_x - t_1) \Delta x$ [2п]. Приметити да се t_x креће од t_2 до t_1 и то по линеарној функцији (слика). Ако се нацрта промена $\frac{\Delta Q}{\Delta x}$ (предата топлота по јединици пута) са дужином x , добија се линеарну зависност (слика). Укупна предата топлота на загревање је збир предатих малих топлота, а то је површина испод криве, површина правоуглог троугла са катетама $\frac{\Delta Q}{\Delta x}$ на површини леда $\rho_l r^2 \pi c_l (t_1 - t_2)$ и дубине леда h . Тако се добије $Q_t = \frac{1}{2} \rho_l r^2 \pi c_l (t_1 - t_2) h$ [3п]. Примена ЗОЕ: $\Delta E_k + Q_m = Q_t + Q_L$ [2п] (у оваквој презентацији све чланове узимамо позитивним, са леве стране предате енергије а са десне примљене) односно $\frac{2}{3} \rho_m r^3 \pi v^2 + \frac{4}{3} r^3 \pi \rho_m c_m (t_3 - t_1) = \frac{1}{2} \rho_l r^2 \pi c_l (t_1 - t_2) h + r^2 \pi h \rho_l \lambda$ [1п]. Сређивањем једначине за минималну температуре метеорита пре судара се добије: $t_3 = t_1 + \frac{3\rho_l h}{8\rho_m c_m r} [c_l (t_1 - t_2) + 2\lambda] - \frac{1}{2} \frac{v^2}{c_m}$ [3п]. Бројчано то износи $t_3 = 156,0^\circ\text{C}$ [1п]. Међурезултати: $m_m = 34.1 \text{ kg}$, $m_l = 8.64 \text{ kg}$, $E_k = 682 \text{ kJ}$, $Q_L = 2.88 \text{ MJ}$, $Q_t = 457 \text{ kJ}$



4. а) Како при емисији фотона, приликом деексцитације, поред закона одржања енергије мора важити и закон одржања импулса, фотон не може преузети читаву енергију прелаза, једнаку разлици енергије побуђеног и основног стања атома водоника. У том смислу једначина $h\nu = E_n - E_m$ не поштује закон одржања импулса и представља апроксимацију у којој је заменарен импулс и енергија коју односи атом водоника при узмаку. Да би смо добили егзактно решење пођимо од З.О.Е и З.О.И.: $h\nu + \frac{Mv^2}{2} = E_m - E_n$ [1,5п] и $\frac{h\nu}{c} = Mv$ [1,5п]. Маса атома водонике се може одредити као $M = \frac{A_r}{N_A}$ [0,5п]. Енергија која одговара маси мировања атома водоника је доста већа од енергије прелаза прве линије Лајманове серије, због чега је брзина атома нерелативистичка. Како је $E_n = -\frac{1}{8} \frac{e^4 m_e}{\epsilon_0^2 h^2} \frac{1}{n^2}$ [0,5п], можемо писати $h\nu + \frac{Mv^2}{2} = \frac{1}{8} \frac{e^4 m_e}{\epsilon_0^2 h^2} \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right)$, где су $n=1$ [0,5п] и $m=2$ [0,5п]. Ако помножимо члан испред заграде на десној страни једнакости са $\frac{hc}{hc}$, можемо га записати као hcR , где је $R = 10973731,6 \text{ m}^{-1}$ Ридбергова константа и долазимо до израза који нам омогућава једноставније израчунавање $h\nu + \frac{Mv^2}{2} = \frac{3}{4} hcR$. Комбинацијом последњег израза са З.О.И. долазимо до једначине за брзину узмака атома водоника $v^2 + 2c \cdot v - \frac{3hcR}{2M} = 0$ [1п]. Узимањем у обзир физички смислено решење долазимо до израза за брзину узмака атома водоника $v = c \left(\sqrt{1 + \frac{3}{2} \frac{hR}{Mc}} - 1 \right) = 3,25808 \text{ m/s}$ [1+1п]. Разлика енергије прелаза и енергије емитованог фотона износи $\Delta E = E_m - E_n - h\nu = \frac{Mv^2}{2} = 5.54489 \cdot 10^{-8} \text{ eV}$ [1+1п]. Како се ради о веома малим енергијама, разумљиво је зашто се узмак атома водоника не узима у обзир при стандардним израчунавањима.

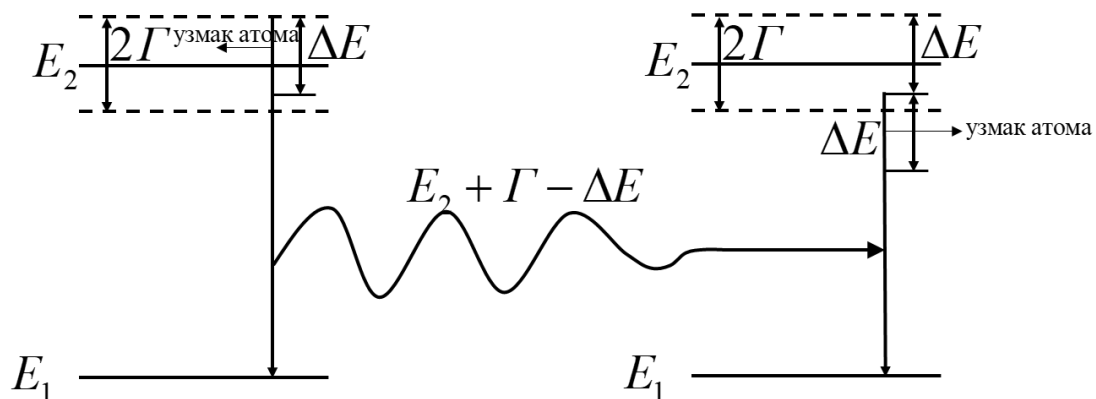


ТАКМИЧЕЊЕ ИЗ ФИЗИКЕ УЧЕНИКА СРЕДЊИХ ШКОЛА
ШКОЛСКЕ 2022/2023. ГОДИНЕ.



б) При апсорпцији фотона (као и при емисији) мора важити З.О.И. и атом који апсорбује фотон мора узмакнути, на шта ће се утрошити иста количина енергије, као и при узмаку у случају емисије, тј. ΔE [2п]. Ова чињеница стриктно важи за случај стационарних стања. Узимајући да је $\Delta t \equiv \tau$ у релацији неодређености енергије и времена $\tau \cdot \Gamma = \frac{\hbar}{2}$, можемо одредити минималну неодређеност енергије побуђеног стања $\Gamma = \frac{\hbar}{2\tau} = 3,29106 \cdot 10^{-8} \text{ eV}$ [4п]. За енергију побуђеног стања сада можемо рећи да је у интервалу $E_2 - \Gamma \leq E^* \leq E_2 + \Gamma$. Сада и емитовани фотон има неодређеност енергије, јер енергија прелаза може бити у интервалу $E_2 - E_1 - \Gamma \leq E \leq E_2 - E_1 + \Gamma$. Такође енергија узмака атома неће бити иста за енергију прелаза $E_2 - E_1 + \Gamma$ и $E_2 - E_1 - \Gamma$, али како је $E_2 - E_1 \gg \Gamma$, рачун може показати да се узмак атома може узети једнаким ΔE .

Сада можемо проверити да ли је енергетски могућа самоапсорпција у случају да се фотон емитује са нивоа $E_2 + \Gamma$, а апсорбује на нивоу $E_2 - \Gamma$. Емитовани фотон је енергије прелаза умањене за узмак атома и морамо утрошити енергију додатно на узмак при апсорпцији. Да би се фотон апсорбовао на нивоу $E_2 - \Gamma$, мора важити $E_2 - E_1 + \Gamma - 2 \cdot \Delta E \geq E_2 - E_1 - \Gamma$ [2п], тј. $\Gamma \geq \Delta E$ [2п], што није случај, те у нашем разматрању у овом упроштеном примеру долазимо до закључка да неће доћи до самоапсорпције фотона.





5. Задатак 5.1 [18 поена]

Пројекција спектралних линија на лењир и познавање удаљености лењира од дифракционе решетке нам омогућава да одредимо угао скретања светлости. Дифракциони услов за максимуме интензитета светлости је дат релацијом $n\lambda = d \sin \theta$ [1п], где је n ред дифракционог максимума, λ таласна дужина светлости, d константа дифракционе решетке и θ угао скретања светлости. $\sin \theta$ се може израчунати на основу експерименталних резултата и слике у поставци задатка $\sin \theta = \frac{l}{\sqrt{l^2 + y^2}}$ [1п]. Грешка ове

величине износи $\Delta(\sin \theta) = \frac{l}{\sqrt{l^2 + y^2}} \Delta l + l^2 \frac{l \Delta l + y \Delta y}{(l^2 + y^2)^{3/2}}$ [1п] (или $\frac{\Delta(\sin \theta)}{\sin \theta} = \frac{\Delta l}{l} + \frac{l \Delta l + y \Delta y}{l^2 + y^2}$), где је

$\Delta l = 2\Delta x = 1 \text{ mm}$ [0,5+0,5п] (или $\Delta l = 2\Delta x = 2 \text{ mm}$).

	λ [nm]	x_1 [mm]	x_2 [mm]	l [mm]	$\sin \theta$	$\Delta(\sin \theta)$		
					[0,9п]	[0,9п]	[0,9п]	[0,9п]
1.	706.5	415	733	159	0.4236	0.424	0.0036	0.004
2.	686.7	423	726	151.5	0.4070	0.407	0.0036	0.004
3.	667.8	428	720	146	0.39457	0.395	0.0036	0.004
4.	587.6	445	703	129	0.3547	0.355	0.0035	0.004
5.	504.7	465	680	107.5	0.3014	0.301	0.0034	0.004
6.	501.6	470	682	106	0.2976	0.298	0.0034	0.004
7.	492.2	470	679	104.5	0.2937	0.294	0.0034	0.004
8.	471.3	475	673	99	0.27956	0.280	0.0034	0.004
9.	447.1	486	674	94	0.2664	0.266	0.0034	0.004

Линеаризован график је дат на слици. Две изабране неексперименталне тачке су:

$A(0,27; 454 \text{ nm})$ и $B(0,41; 688 \text{ nm})$ [0,5 + 0,5п]. Коефицијент правца праве је:

$$k = \frac{y_B - y_A}{x_B - x_A} = \frac{688 \text{ nm} - 454 \text{ nm}}{0,41 - 0,27} \approx 1,671 \mu\text{m} \text{ [0,5п].}$$

Грешка вредности коефицијента правца се може изразити као :

$$\Delta k = |k| \left(\frac{\Delta y_B + \Delta y_A}{|y_B - y_A|} + \frac{\Delta x_B + \Delta x_A}{|x_B - x_A|} \right) = \left(\frac{688 \text{ nm} - 454 \text{ nm}}{0,41 - 0,27} \right) \cdot \left(\frac{2 \text{ nm} + 2 \text{ nm}}{688 \text{ nm} - 454 \text{ nm}} + \frac{0,004 + 0,004}{0,41 - 0,27} \right) \approx 0,124 \mu\text{m} \text{ [0,5п],}$$

где су Δx_A , Δx_B , Δy_A и Δy_B апсолутне грешке одређивања координата x_A , x_B , y_A и y_B са графика. Свака од ових грешака Δx_A , Δx_B , Δy_A и Δy_B је једнака већој од одговарајућих апсолутних грешака суседних тачака. Ни једна од ових грешака не може бити мања од тачности читавања координата са графика односно, најмањег подеока на милиметарском папиру, тако да је $\Delta x_A = \Delta x_B = 0,004$ [0,25+0,25п]; $\Delta y_A = \Delta y_B = 2 \text{ nm}$ [0,25+0,25п] (најмањи подеок), на основу чега је:

$$d = k = (1,67 \pm 0,13) \mu\text{m} \text{ [1п],}$$

$$\delta_d = \frac{\Delta d}{d} \cdot 100\% \approx 7\% \text{ [0,4п].}$$

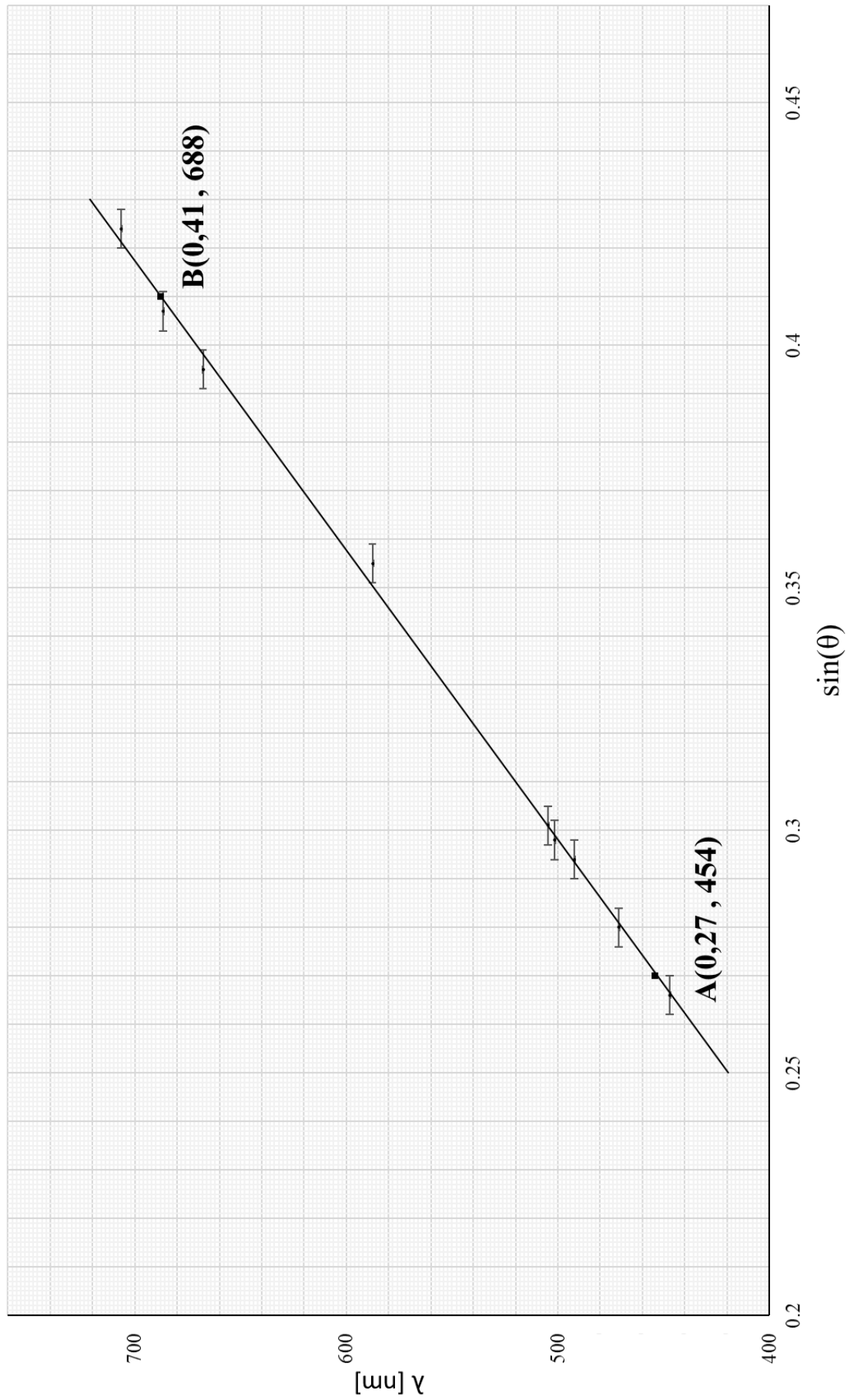
График бодовати са [6п]

За исправно нацртан график дати бпоена.

- Негативни поени за график, између осталог за:
- Координатне осе треба цртати по ивицама милиметарског папира [-0.2п]
 - График приказан без наслова [-0.2п] (наслов није $y = f(x)$)
 - Лоша размера величине графика [-0.5п] (график заузима мање од 1/4 простора папира)
 - Лоша размера подеока [-0.5п] (1 mm на милиметарском папиру може да одговара ... 0.05; 0.1; 0.2; 0.4; 0.5; 1; 2; 4; 5; 10 ... јединица величине која се приказује)
 - Осе нису обележене и недостају јединице [-1п] (за сваку осу [-0.5п])
 - Унете су мерене бројне вредности на осе [-0.5п]
 - Повлачене линије од оса до нанетих тачака [-0.5п]
 - Ако прва изабрана тачка није између прве и друге експерименталне тачке [-0.5п]
 - Ако друга изабрана тачка није између претпоследње и последње експерименталне тачке [-0.5п]
 - Лоше унете, или изостављене, вредности [-0,8], [-0,1] за сваку тачку.
 - Лоше унете, или изостављене, вредности грешака [-0,8п] [-0,1] за сваку тачку.



График зависности таласне дужине светлости од синуса угла на којем се види
максимум првог реда





**ТАКМИЧЕЊЕ ИЗ ФИЗИКЕ УЧЕНИКА СРЕДЊИХ ШКОЛА
ШКОЛСКЕ 2022/2023. ГОДИНЕ.**



Задатак 5.2. [5 поена]

Таласне дужине спекталних линија Балмерове серија атома водоника се могу одредити једначином за дифракционе максимуме, тј. $n\lambda = d \sin \theta$, где је $\sin \theta = \frac{l}{\sqrt{l^2 + y^2}}$, аналогно Задатку 1. Израз за грешку

одређивања таласне дужине је $\Delta\lambda = \lambda \left(\frac{\Delta d}{d} + \frac{\Delta(\sin \theta)}{\sin \theta} \right)$ [1,1п]. У табели су дате израчунате вредности таласних дужина и њихове грешке.

					λ [nm]	λ [pm]	$\Delta\lambda$ [nm]	$\Delta\lambda$ [pm]
l [mm]	$\sin \theta$		$\Delta(\sin \theta)$		[0,3п]	[0,3п]	[0,3п]	[0,3п]
145	0,3922	0,392	0,00409	0,004	655,5	0,66	55,5	0,06
104,5	0,2937	0,294	0,0038	0,004	490,9	0,49	42,8	0,05
92	0,2611	0,261	0,0037	0,004	436,4	0,44	38,6	0,04

Вредности таласних дужина прве три линије Балмерове серије атома водоника су редом:

$$\lambda_{Ba\alpha} = (0,66 \pm 0,06) \mu\text{m} \text{ [0,7п]}, \quad \delta_{\lambda_{Ba\alpha}} = \frac{\Delta\lambda_{Ba\alpha}}{\lambda_{Ba\alpha}} \cdot 100\% \approx 9\% \text{ [0,2п]}$$

$$\lambda_{Ba\beta} = (0,49 \pm 0,05) \mu\text{m} \text{ [0,7п]}, \quad \delta_{\lambda_{Ba\beta}} = \frac{\Delta\lambda_{Ba\beta}}{\lambda_{Ba\beta}} \cdot 100\% \approx 9\% \text{ [0,2п]}$$

$$\lambda_{Ba\gamma} = (0,44 \pm 0,04) \mu\text{m} \text{ [0,7п]}, \quad \delta_{\lambda_{Ba\gamma}} = \frac{\Delta\lambda_{Ba\gamma}}{\lambda_{Ba\gamma}} \cdot 100\% \approx 9\% \text{ [0,2п]}$$

Задатак 5.3 [5 поена]

Ридбергову константу можемо одредити полазећи од Ридбергове формуле

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right), \text{ где квантни бројеви имају вредност } n=2 \text{ [0,15п]}, m=3 \text{ [0,15п]} \text{ за } Ba\alpha \text{ линију, } m=4 \text{ [0,15п]} \text{ за } Ba\beta \text{ линију и } m=5 \text{ [0,15п]} \text{ за } Ba\gamma \text{ линију.}$$

Ридбергова константа се може израчунати за све три линије Балмерова серије атома водоника

$$R = \lambda^{-1} \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right)^{-1} \text{ [0,4п]}, \text{ где је релативна грешка Ридбергове константе једнака релативној грешки}$$

таласне дужине $\delta_R = \delta_\lambda$ [0,2п], тј. $\Delta R = R \frac{\Delta\lambda}{\lambda}$ [0,5п]. Израчунате вредности су дате у табели

$R \cdot 10^7 \text{ m}$		$\Delta R \cdot 10^7 \text{ m}$	
[0,45п]	[0,45п]	[0,45п]	[0,45п]
1.098	1.1	0.093	0.1
1.086	1.1	0.094	0.1
1.091	1.1	0.096	0.1

$$R_{Ba\alpha} = (1,1 \pm 0,1) \cdot 10^7 \text{ m}, \quad R_{Ba\beta} = (1,1 \pm 0,1) \cdot 10^7 \text{ m}, \quad R_{Ba\gamma} = (1,1 \pm 0,1) \cdot 10^7 \text{ m}$$

Средња вредност Ридбергове константе је

$$R = (R_{Ba\alpha} + R_{Ba\beta} + R_{Ba\gamma}) / 3 = 1,1 \cdot 10^7 \text{ m} \text{ [0,25п]}$$

$$\Delta R = (\Delta R_{Ba\alpha} + \Delta R_{Ba\beta} + \Delta R_{Ba\gamma}) / 3 = 0,1 \cdot 10^7 \text{ m} \text{ [0,25п]}$$

$$R = (1,1 \pm 0,1) \cdot 10^7 \text{ m} \text{ [1п]}$$

Члановима комисије желимо успешан рад и пријатан дан!