



IV

Друштво физичара Србије
Министарство просвете Републике Србије

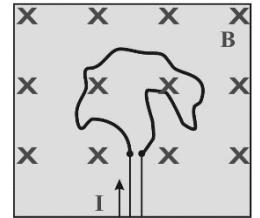
ДРЖАВНИ НИВО
29.04.2023.

РАЗРЕД

ЗАДАЦИ Алфа категорија

1. [12п] 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. [20п] 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. [20п] На Чљабинско језеро је пало парче метеорита облика кугле полупречника $r = 10 \text{ cm}$ вертикално, брзином $v = 200 \frac{\text{m}}{\text{s}}$. Колика му је температура пре удара t_3 , ако је дубина до које ће метеорит потонути у лед $h_z = 0,7 \text{ m}$? Лед је добар топлотни изолатор, тако да се температура по висини леденог покрива језера (дебљине $d = 100 \text{ cm}$) 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 истопљени лед испод метеорита под дејством тежине метеорита тренутно пређе изнад и да се не греје даље. Занемарити облик метеорита, тј. траг метеорита у леду сматрати ваљком. Густина метеорита је $\rho_m = 8140 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ и средња густина леда је $\rho_l = 917 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$, масена количина топлоте метеорита је $c_m = 500 \frac{\text{J}}{\text{kg K}}$ а леда $c_l = 2115 \frac{\text{J}}{\text{kg K}}$, латентна топлота топљења леда је $\lambda = 333.7 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$. Запремина лопте је $V = 4r^3\pi/3$.

3. [20п] 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 или само апсорпција). [5 поена]

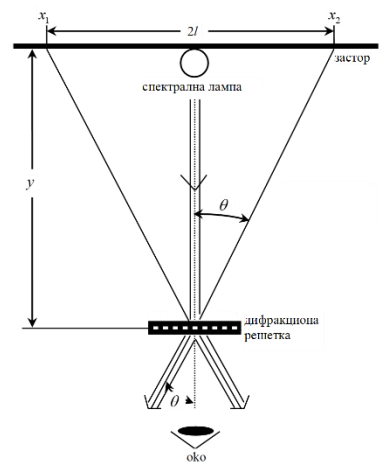
в) Додатно размазивање (ширење) енергетских нивоа потиче услед термалног кретања атома и Доплеровог ефекта. Уколико се атом креће ка фотону или од њега, услед Доплеровог ефекта доћи ће до промене фреквенце. Водоник се на собној температури налази у виду гаса молекула водоника, али претпоставимо да се унутар гаса могу наћи и атоми водоника. Нека се емисија прве Лајманове линије и апсорпција тог фотона врши између појединачних атома водоника, који су у топлотној равнотежи молекулима гаса. Узети да атоми водоника имају кинетичку енергију једнаку средњој кинетичкој енергији молекула гаса. Да ли је, услед термалног кретања атома водоника, на собној температури, могућа самоапсорпција прве Лајманове линије. [5 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).

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

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.

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

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