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

IV РАЗРЕД

Друштво физичара Србије
Министарство просветеРепублике Србије

ОКРУЖНИ НИВО
18.03.2023.

ЗАДАЦИ – Алфа категорија

1. **[15 поена]** Позитрон (честица која има исту масу као и електрон, али наелектрисање +е) из стања мировања се убрзава у електричном пољу потенцијалне разлике $U = 0.5$ MV. Одредити де Брољеву таласну дужину позитрона на изласку из електричног поља.

2. **[20поена]** Дифракција светлости на прорезу је проблем који се третира законима таласне оптике, где се светлост посматра као талас. На основу де Брољевог дуализма материје, третирајмо светлост у овом проблему честично, како би проценили ширину централног дифракционог максимума, l (слика). У поставци дифракционог проблема као на слици, ширина прореза d се може поистоветити са неодређеношћу координате фотона дуж x осе, у којој можемо локализовати фотон. Узимајући да је неодређеност импулса фотона једнака самој вредности импулса и полазећи од релација неодређености, проценити ширину централног дифракционог максимумаза зелену ласерску светлост таласне дужине $\lambda = 532\,\mathrm{nm}$.Дифракција се посматра на $L = 5\,\mathrm{m}$ удаљеном екрану, при чему светлост пролази кроз прорез ширине $d = 10\,\mu\mathrm{m}$. Разматрати случај Фраунхоферове дифракције, за коју важи да је $L >> l$.

3. **[25поена]** Посматрајмо кретање честице у потенцијалној јами чији је потенцијал облика $V(x) = \begin{cases} 0, & 0 \le x \le L \\ \infty, & x < 0 \wedge x > L \end{cases}$. Квантна честица у оваквом потенцијалу се налази у везаном стању и може имати само одређене дозвољене дискретне вредности енергије. За дозвољене вредности енергије, честица се може описати стојећим де Брољевим таласом, са чворовима на зидовима јаме.

а)[5поена] одредити минималну енергију коју квантна честица може имати.

б)[5поена] одредити израз за енергију честице која има n-ту дозвољену вредност енергије.

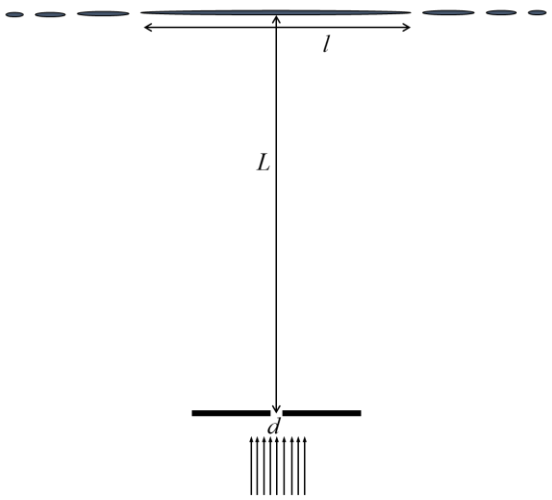
в)[5поена] одредити енергију фотона коју честица емитује при прелазу из m-тог у n-то енергетско стање ($m>n$), занемарујући притом узмак честице.

г)[5поена] својствене таласне функције квантне честице у бесконачно дубокој потенцијалној јами су облика $\psi_n(x) = \begin{cases} \sqrt{\dfrac{2}{L}} \sin \dfrac{n\pi x}{L}, & 0 \le x \le L \\ 0\ , & x < 0 \wedge x > L \end{cases}$, $n = 1,2,3,\ldots$. Одредити највероватнији положај, тј. координату x, на којем честицу можемо наћи са највећом вероватноћом, уколико се она налази у првом побуђеном стању.

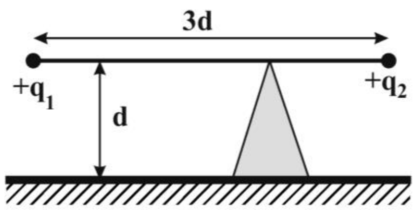
д)[5поена] неодређеност положаја честице у n-том стању се може одредити релацијом $\Delta x = \sqrt{\langle x^2 \rangle - \langle x \rangle^2}$, где је израз у закошеним заградама дефинисан на следећи начин $\langle A^k \rangle_n = \int_{-\infty}^{\infty} \psi_n^*(x) A^k \psi_n(x) dx$. Звездица у изразу $\psi^*(x)$ представља комплексну коњугацију и за чисто реалне функције (као што су својствене функције дате под г), ова математичка операција не мења функцију, тј. $\psi^*(x) = \psi(x)$. Користећи таласне функције дата у делу задатка под г), одредити неодређеност положаја честице у основном стању и на основу тога одредити минималну неодређеност импулса.

4. **[20 поена]** Метална плоча се налази у електричном пољу, чије су линије силе нормалне на површину плоче и усмерене од ње. Јачина поља мења се по закону $E = kx$, где је k константа, а x растојање од плоче. Наћи време и пређени пут до заустављања електрона избаченог са површине плоче светлошћу таласне дужине λ. Излазни рад за дати метал је A_i. Сматрати да је електрон излетео из плоче у правцу нормале и да је поље саме плоче занемарљиво. (Млади физичар 54.)

5. **[20 поена]** Две металне куглице једнаких маса m спојене су крутим штапом од изолатора, занемарљиве масе и дужине $3d$. Штап је постављен на шиљасти сталак висине d, као на слици, тако да формирају теразије с односом кракова 2:1. Лева куглица је наелектрисана позитивним наелектрисањем q_1. Овакве теразије стављене су на бесконачну хоризонталну металну плочу и све се налази у вакуму. Коликим наелектрисањем треба наелектрисати другу куглицу да би се успоставила равнотежа? У решењу користити услове: $q_1 = \frac{13\sqrt{13}}{4}\ C$, $d^2 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q_1^2}{mg}$.



Слика уз задатак 2.



Слика уз задатак 5.

При решавању задатака можете користити идентитети константе:

$$\int x\sin^2 x dx = \frac{x^2}{4} - \frac{1}{8}\cos 2x - \frac{1}{4}\sin 2x\,; \quad \int x^2 \sin^2 x dx = \frac{1}{24}\left(4x^3 - 6x\cos 2x + \left(3 - 6x^2\right)\sin 2x\right)$$

брзина светлости у вакууму $c = 3\cdot 10^8$ m/s; Планкова константа $h = 6{,}62\cdot 10^{-34}$ J · s; наелектрисање електрона $|e| = 1{,}6\cdot 10^{-19}$ C; маса електрона $m_e = 9{,}1\cdot 10^{31}$ kg

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

Задатке припремили:(1,4,5) Проф. др Имре Гут, Департман за физику, Нови Сад(2,3); доц. др Владимир Марковић, ПМФ Крагујевац
Рецензент: Проф. др Ненад Стевановић, ПМФ Крагујевац
Председник комисије: Проф. др Имре Гут, Департман за физику, Нови Сад