

ЗАДАЦИ ЗА РЕГИОНАЛНО ТАКМИЧЕЊЕ ИЗ ФИЗИКЕ (2009.)

IV РАЗРЕД

1. Растојање између свијетлог предмета (свијеће) и екрана за регистрације је D . Између свијетлог предмета и екрана за регистрацију, помјера се дуж оптичке осе сабирно сочиво тако да се у два различита положаја сочива на екрану региструју оштри ликови свијетлог предмета. Ако је растојање између два поменута положаја сочива d , колика је оптичка моћ сочива?
2. Колика треба да буде дебљина плочице индекса преламања $n=1,6$ која се постави на пут једном од интерференционих зрака свјетлости таласне дужине $\lambda=550nm$ тако да се слика интерференције помјера за четири линије?
3. При комптоновском расејању фотон одлети под углом 90° у односу на свој правац прије расејања, а електрон под углом 30° у односу на исти правац. Наћи енергију фотона прије расејања. Електрон је прије судара мировао.
($\lambda_e=2,42 \cdot 10^{-12}m$, $h=6,62 \cdot 10^{-34}Js$, $c=3 \cdot 10^8m/s$)
4. Енергија мировања честице је $105,6MeV$, а сопствено вријеме њеног живота је $2 \cdot 10^{-6} s$. Колико растојање прелети у атмосфери та честица од тренутка настанка до распада ако је њена укупна енергија $3 GeV$.
5. Године 1989. научници су први пут произвели атом који су назвали протонијум. Он се састоји од протона и антипротона (честица која има исту масу као протон, али супротан знак наелектрисања). У оквиру Борове теорије израчунати енергију фотона који се емитује као резултат прелаза протонијума из стања са главним квантним бројем $n=2$ у стање са $n=1$.
(маса протона $m_p=1,67 \cdot 10^{-27}kg$, $k=(1/4\pi\epsilon_0)=9 \cdot 10^9 Nm^2/C^2$, $h=6,62 \cdot 10^{-34}Js$)
Упутство: узети у обзир да протон и антипротон ротирају око заједничког центра масе

Задатке припремио: Милко Бабић

Рецензент: проф. др Милан Пантић, ПМФ Нови Сад

РЈЕШЕЊА ЗАДАТАКА ЗА IV РАЗРЕД

1.

Нека је при првом формирању оштрог лика свијетлог предмета удаљеност предмета од сочива p_1 а l_1 је удаљеност лика од сочива. Једначина сочива у првом случају је

$$\frac{1}{p_1} + \frac{1}{l_1} = \omega \quad (1) \quad \omega = \frac{1}{f} \text{ оптичка моћ сочива}$$

При другом формирању оштрог лика удаљеност свијетлог предмета је p_2 . Лик је у овом случају удаљен од сочива за l_2 .

И у другом случају важи једначина сочива при чему је $p_1 = l_2$ $p_2 = l_1$

$$p_1 + l_1 = D \quad (2) \quad l_1 - l_2 = d \quad \text{а узевши у обзир да је } l_2 = p_1 \text{ добијамо}$$

$$l_1 - p_1 = d \quad (3)$$

$$\text{Сабирањем (2) и (3) добија се } l_1 = \frac{D+d}{2} \quad \text{а одузимањем (2) и (3) } p_1 = \frac{D-d}{2}$$

Уврштавањем израза за l_1 и p_1 у (1) добија се:

$$\omega = \frac{4D}{D^2 - d^2}$$

2.

$$\Delta\kappa = 4, \lambda = 550\text{nm}, n = 1,6 \quad d = ?$$

Допунска разлика у путевима биће:

$$\Delta S = S_2 - S_1 = nd - d = (n-1)d \quad (1)$$

А са друге стране

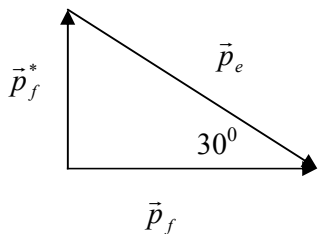
$$\Delta S = \kappa_2 \lambda - \kappa_1 \lambda = (\kappa_2 - \kappa_1) \lambda = \Delta\kappa \lambda \quad (2)$$

$$\text{Изједначавањем (1) и (2) } (n-1)d = \Delta\kappa \lambda \quad d = \frac{\Delta\kappa \lambda}{n-1}$$

$$d = \frac{4 \cdot 550\text{nm}}{1,6-1} = 3666,7\text{nm} \quad d = 3,67\ \mu\text{m}$$

3.

$$\alpha=90^{\circ}, \beta=30^{\circ}, E_f=?$$



\vec{p}_e -импулс електрона након судара

\vec{p}_f - импулс фотона прије судара

\vec{p}_f^* - импулс фотона након судара

По закону одржања импулса $p_f = \vec{p}_f^* + \vec{p}_e$ (слика)

Са слике се види да је $\operatorname{tg}30^{\circ} = \frac{p_f^*}{p_f}$ $p_f = \frac{h}{\lambda}$ $p_f^* = \frac{h}{\lambda^*}$

Слиједи $\frac{\lambda}{\lambda^*} = \operatorname{tg}30^{\circ}$ $\lambda^* - \lambda = 2\lambda_c \sin^2 \frac{\theta}{2}$ $\frac{\lambda}{\lambda + 2\lambda_c \sin^2 45^{\circ}} = \operatorname{tg}30^{\circ}$

Одатле је $\lambda = \frac{\lambda_c \operatorname{tg}30^{\circ}}{1 - \operatorname{tg}30^{\circ}}$ а енергија фотона је

$$E_f = \frac{hc}{\lambda} = \frac{hc(1 - \operatorname{tg}30^{\circ})}{\lambda_c \operatorname{tg}30^{\circ}} = 0,37 \text{ MeV}$$

4.

$$E_0=105,6 \text{ MeV}, \tau_0=2 \cdot 10^{-6} \text{ s}, E=3 \text{ GeV}, s=?$$

Из $E = \frac{E_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$ добија се брзина којом се честица креће у атмосфери

$v = c \sqrt{1 - \frac{E_0^2}{E^2}}$ вријеме њеног живота у атмосфери је $\tau = \frac{\tau_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \frac{E}{E_0} \tau_0$

Следи $s = v \cdot \tau = c \tau_0 \sqrt{\left(\frac{E}{E_0}\right)^2 - 1}$ $s \approx 17 \text{ km}$

5.

Протон и антипротон ротирају око заједничког центра масе. Пошто су обје честице исте масе центар масе је на половини њиховог растојања. $2r$ - растојање између протона и антипротона $\Rightarrow r$ - полупречник кружне путање.

Из II Њутновог закона је $\frac{m_p v^2}{r} = k \cdot \frac{e^2}{(2r)^2}$

Према Боровом постулату момент импулса мора бити једнак $2mvr = n\hbar$ n -природан број.

Укупна енергија атома једнака је збиру кинетичке и потенцијалне енергије $E = 2 \frac{mv^2}{2} - k \frac{e^2}{2r}$

Кориштењем претходних једначина следи да је енергија протонијума на n -тој орбити једнака

$$E_n = -k^2 \frac{e^4 m_p}{4\hbar^2 n^2} \quad \text{за } n=1 \text{ добија се } E_1 = -12465 \text{ eV}, \quad \text{за } n=2 \text{ } E_2 = -3116 \text{ eV}$$

одатле је енергија емитованог фотона једнака

$$h\nu = E_2 - E_1 \approx 9,31 \text{ KeV}$$