

55. ДРЖАВЕН НАТПРЕВАР ПО ФИЗИКА ЗА УЧЕНИЦИТЕ ОД СРЕДНИТЕ УЧИЛИШТА
Прилеп, 2012

- трета година -

1. Двете страни на една сферна површина со радиус на закривеност $R = 28$ cm делуваат како огледала. И од едната и од другата страна на оваа површина поставен е по еден светол предмет (вертикално на оптичката оска, така што долниот крај му лежи на оптичката оска) на еднакво растојание $p = 34$ cm од темето на огледалото. Висината на предметот кој се наоѓа пред вдлабнатата страна е $P = 2,8$ cm .

а) Колкава треба да биде висината на предметот кој се наоѓа пред испакнатата страна, за ликовите на двата предмети да имаат иста големина?

б) Да се конструираат двата лика.

Решение: а) Равенката за вдлабнато огледало $\frac{1}{p} + \frac{1}{l} = \frac{1}{f}$, ја множиме со p и добиваме $1 + \frac{p}{l} = \frac{p}{f}$.

Потоа заменуваме $\frac{p}{l} = \frac{P}{L}$, па претходната равенка ја добива следнава форма

$$1 + \frac{P}{L} = \frac{p}{f}, \quad (1)$$

каде што P е висината на предметот поставен пред вдлабнатата страна, а L е висината на неговиот лик.

Равенката за испакнато огледало $\frac{1}{p} - \frac{1}{l'} = -\frac{1}{f}$, ја множиме со p , а потоа заменуваме $\frac{p}{l'} = \frac{P'}{L}$ (земено предвид дека $L = L'$) и добиваме

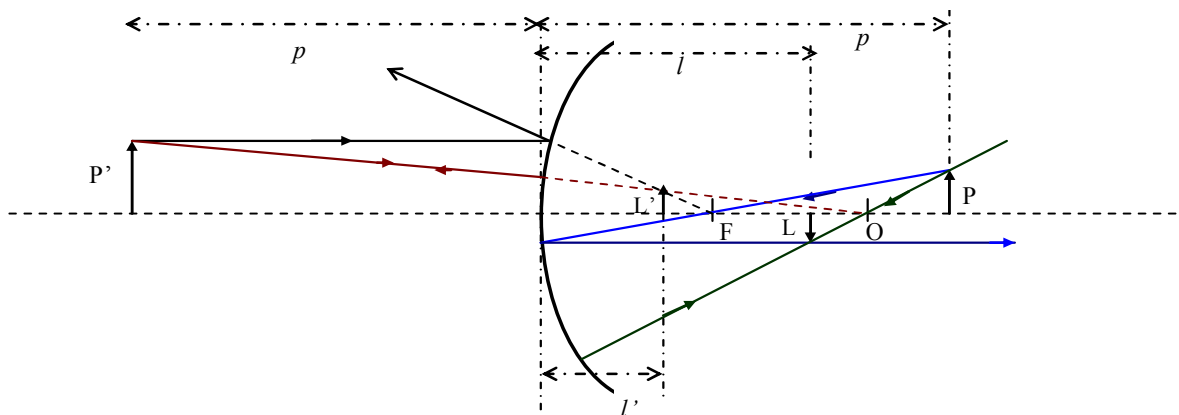
$$1 - \frac{P'}{L} = -\frac{p}{f}, \quad (2)$$

каде што P' е висината на предметот поставен пред испакнатата страна.

Од равенка (1) изразуваме $\frac{1}{L} = \frac{1}{P} \left(\frac{p}{f} - 1 \right)$ и заменуваме во (2), од каде, имајќи предвид дека $f = R/2$, наоѓаме

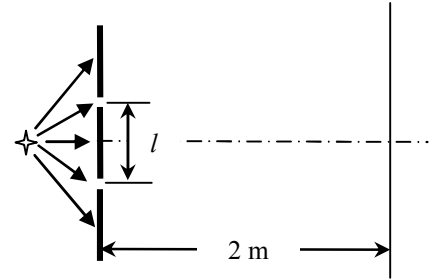
$$P' = P \frac{\left(\frac{p}{f} + 1 \right)}{\left(\frac{p}{f} - 1 \right)} = P \frac{\frac{2p}{R} + 1}{\frac{2p}{R} - 1} = 6,7 \text{ cm}.$$

б)



2. Во интерферентната шема на Јанг две пукнатини се осветлени со светлина со бранова должина $\lambda = 589 \text{ nm}$ (сл. 2). Растојанието од пукнатините до екранот е 2 m . Десеттиот интерферентен минимум се набљудува на растојание $7,26 \text{ mm}$ од централниот (нулти) максимум. Да се определи растојанието помеѓу двете пукнатини. Шемата е поставена во воздушна средина.

(Може да се употреби следнава приближна релација $(1+x)^{1/2} \approx 1+x/2$ која важи за многу мали вредности на x)



Сл. 2

Решение:

Услов за интерферентен минимум:

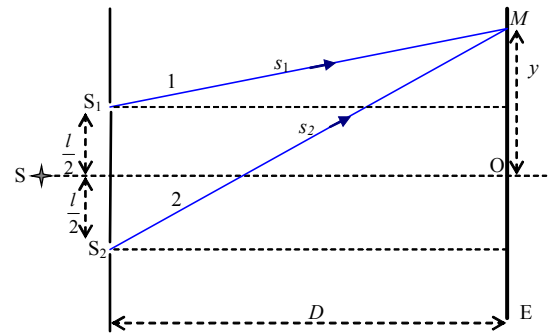
Оптичката патна разлика помеѓу двата интерферирачки зраци, $\Delta s = n_0(s_2 - s_1)$, треба да го задоволува

условот $\Delta s = (2k+1)\frac{\lambda}{2}$, каде k е цел број, n_0 е индекс на прекршување на средината.

Ја наоѓаме оптичката патна разлика $\Delta s = n_0(s_2 - s_1)$, каде

$$s_1 = D \sqrt{1 + \left(\frac{y-l/2}{D}\right)^2} \quad (1a);$$

$$s_2 = D \sqrt{1 + \left(\frac{y+l/2}{D}\right)^2}. \quad (1б)$$



Имајќи предвид дека, практично $l \ll D$ и $y \ll D$, може да се земе приближно

$$s_1 \approx D \left[1 + \frac{1}{2} \left(\frac{y-l/2}{D} \right)^2 \right] \quad (2a)$$

$$s_2 \approx D \left[1 + \frac{1}{2} \left(\frac{y+l/2}{D} \right)^2 \right], \quad (2б)$$

при што употребивме $\sqrt{1+x} \approx 1+x/2$. Во (2a) е земено $x = \left(\frac{y-l/2}{D}\right)^2$, а во (2б) $x = \left(\frac{y+l/2}{D}\right)^2$.

Со помош на релациите (2a) и (2б) за оптичката патна разлика се добива $\Delta s = n_0 y l / D$. Оттука изразуваме

$$l = \frac{\Delta s D}{n_0 y} = (2k+1) \frac{\lambda}{2} \frac{D}{n_0 y}.$$

$$l = (2 \cdot 10 + 1) \frac{589 \cdot 10^{-9} \cdot 2}{2 \cdot 1 \cdot 7,26 \cdot 10^{-3}} = 1,7 \text{ mm}.$$

3. Односот на бројот на емитирани фотоелектрони и бројот на фотони кои паѓаат на површината на фотокатодата зависи од брановата должина на употребената светлина според релацијата

$$x = B_1 - B_2 \lambda^2$$

каде што B_1 и B_2 се константи карактеристични за материјалот од кој е направена фотокатодата. Експериментално е утврдено дека вредностите на овие константи за дадена фотокатода изнесуваат $B_1 = 1,8 \cdot 10^{-2}$ и $B_2 = 2,0 \cdot 10^{11} \text{ m}^{-2}$. Колкава е излезната работа на фотоелектроните за материјалот од кој е направена фотокатодата користена во експериментот (Планкова константа $h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$, елементарен електричен полнеж $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ и брзина на светлината $c = 3,0 \cdot 10^8 \text{ m/s}$).

Решение: Во случај кога фотокатодата се осветлува со светлина чија бранова должина е еднаква на граничната бранова должина λ_{max} , емисијата на електрони престанува, па бројот на емитирани фотоелектрони станува еднаков на нула, т.е.

$$0 = B_1 - B_2 \lambda_{\text{max}}^2 \quad (1)$$

Од друга страна, согласно Ајнштајновата релација $\frac{hc}{\lambda} = A + E_k$, за $\lambda = \lambda_{\text{max}}$ се добива

$$\frac{hc}{\lambda_{\text{max}}} = A. \quad (2)$$

Од (1) и (2) за излезната работа A наоѓаме

$$A = hc \sqrt{\frac{B_2}{B_1}}$$
$$A = 6,623 \cdot 10^{-34} \text{ Js} \cdot 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}} \sqrt{\frac{2 \cdot 10^{11} \text{ m}^{-2}}{1,8 \cdot 10^{-2}}} = 6,623 \cdot 10^{-19} \text{ J},$$

или ако се изрази во електронволти

$$A = \frac{6,623 \cdot 10^{-19} \text{ J}}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 4,1 \text{ eV}.$$

4. Гајгер-Милеров бројач поставен во близина на радиоактивен препарат ^{18}F , во даден момент, регистрира 100 импулси/s. При повторено мерење, направено 2 min подоцна, бројачот регистрирал 87 импулси/s.

а) Колкав е периодот на полураспаѓање на ^{18}F ?

б) Колкав дел од радиоактивните атоми се распаднале во текот на интервалот помеѓу двете мерења?

Решение: а) Активноста на радиоактивниот препарат во почетниот момент (прво мерење) има вредност

$$A_0 = \lambda N_0, \quad (1)$$

а две минути подоцна ($t = 2 \text{ min}$), таа изнесува

$$A = \lambda N = \lambda N_0 e^{-\lambda t}. \quad (2)$$

Со комбинирање на релациите (1) и (2) се добива

$$A = A_0 e^{-\lambda t}; \quad e^{-\lambda t} = \frac{A}{A_0}; \quad \ln e^{-\lambda t} = \ln \frac{A}{A_0}; \quad \lambda = \frac{1}{t} \ln \frac{A_0}{A}$$

Имајќи предвид дека радиоактивната константа λ , која се појавува во горните релации, е поврзана со периодот на полураспаѓање на следниов начин

$$\lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}}, \quad (3)$$

за периодот на полураспаѓање добиваме

$$T_{1/2} = \frac{t \ln 2}{\ln(A_0/A)} = 9,95 \text{ min}.$$

б) Делот од атомите кој се распаднал за време од две минути изнесува

$$\eta = \frac{N_0 - N}{N_0} = \frac{N_0 - N_0 e^{-\lambda t}}{N_0} = 1 - e^{-\lambda t} = 1 - e^{-\frac{t \cdot \ln 2}{T_{1/2}}}$$

Со замена на бројните вредности добиваме

$$\eta = 0,13 = 13\%.$$

5. Да се одреди масениот број на нуклидот чиј радиус на јадрото изнесува $1/3$ од радиусот на јадрото на ^{189}Os .

Решение: Радиусот R на дадено јадро може да се пресмета според равенката

$$R = r_0 \cdot A^{1/3}$$

каде што r_0 е константа а A е бројот на нуклеони во јадрото. Според тоа за радиусот на осмиумот, кој ќе го означиме со R_1 , имаме:

$$R_1 = r_0 \cdot A_1^{1/3}$$

каде што $A_1 = 189$. Радиусот на јадрото на непознатиот елемент, R_2 , може да се запише на сличен начин

$$R_2 = r_0 \cdot A_2^{1/3}$$

и за него, согласно условот на задачата, важи $R_2 = R_1/3$.

Со комбинација на равенките за масениот број на јадрото на непознатиот елемент се добива

$$\boxed{A_2 = \frac{A_1}{3^3} = \frac{A_1}{27} = 7.}$$