

Rješenja Završnog ispita iz Fizike 2 petak, 1. 2. 2013.

Zadaci

1. Dvije tanke leće imaju zajedničku optičku os i međusobno su razmaknute 15 cm. Obje leće imaju jednake žarišne daljine 25 cm, samo što je prva leća konvegentna, a druga divergentna. Na kojoj se udaljenosti od druge leće formira slika neizmjenjerno daleko predmeta na optičkoj osi? (5 bodova)

Rješenje:

Prva leća je konvergentna ($1/a + 1/b = 1/f$) i $a = \text{beskonačno}$...

što daje $b = f = 25 \text{ cm}$

Slika prvog predmeta sada će biti predmet za divergentnu leću ($1/a + 1/b = -1/f$)

gdje je $a = -(25-15) = -10 \text{ cm}$ (-a je zbog položaja predmeta i leće)...

odnosno $1/-10 + 1/b = -1/25$, iz čega $b = 50/3 = 16.67 \text{ cm}$

2. Na krilima Morpho leptira nalaze se slojevi materijala indeksa loma 1.56 između kojih je zrak (vidi skicu). Debljina sloja materijala i udaljenost dva sloja je približno jednaka i iznosi 90 nm. Za bijelu svjetlost koja upada okomito na slojeve, pronadite barem jednu valnu duljinu u vidljivom dijelu spektra koja će imati konstruktivnu interferenciju u prvom redu prilikom refleksije. Vidljivi dio spektra odgovara valnim duljinama 380-680 nm.
Napomena: razmotrite sve parove ploha na kojima se svjetlost može reflektirati. (7 bodova)



Rješenje:

(vidjeti sljedeću stranu)

Postoje dva točna odgovora (bilo koji od dva točna donosi pune bodove):
 $\lambda = 562 \text{ nm}$ (žuto-zelena boja) i $\lambda = 461 \text{ nm}$ (plava boja).

Razmotrimo sve interferencije koje će se dogoditi za reflektiranu svjetlost. U skicama su, zbog jasnoće, upadni kutevi različiti od nule, ali u zadatku je upadni kut nula!

Prvi interferencijski maksimum će se dogoditi kada dvije označene reflektirane zrake imaju razliku faza $\Delta\phi = 2\pi$:

$$(1) \Delta\phi = \pi + \frac{2\pi}{\lambda} \cdot 2dn = 2\pi$$

$$\lambda = 4dn = 561.6 \text{ nm}$$

(žuto-zelena boja)

$$(2) \Delta\phi = \frac{2\pi}{\lambda} \cdot (2dn + 2d) = 2\pi$$

$$\lambda = 2dn + 2d = 460.8 \text{ nm}$$

(plava boja)

$$(3) \Delta\phi = \pi + \frac{2\pi}{\lambda} \cdot (4dn + 2d) = 2\pi$$

$$\lambda = 2(4dn + 2d) = 1483.2 \text{ nm}$$

(infracrveni dio spektra)

$$(4) \Delta\phi = \pi + \frac{2\pi}{\lambda} \cdot 2d = 2\pi$$

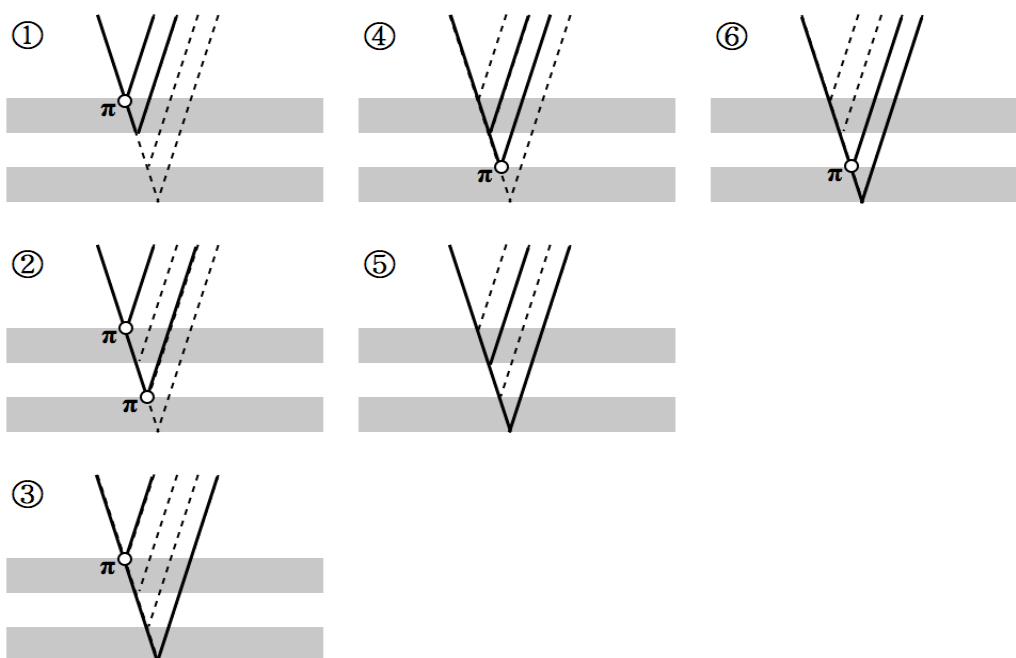
$$\lambda = 4d = 360 \text{ nm}$$

(ultraljubičasti dio spektra)

(5) isto kao (2)

(6) isto kao (1) ,

gdje je n indeks loma materijala, d udaljenost i debljina slojeva, λ valna duljina svjetlosti.



3. Radioaktivni ugljik ^{14}C proizvodi se kozmičkim zračenjem tako da u atmosferi postoji stalan omjer ^{14}C i ^{12}C : na svakih 9.3×10^{11} atoma ^{12}C dolazi jedan ^{14}C . Živi organizmi kontinuirano izmjenjuju ugljik s okolinom pa se i u njima nalazi ugljik ^{14}C u navedenom omjeru. Smrću organizma, ^{14}C se u njemu prestaje "obnavljati" i njegova količina počinje opadati s vremenom poluraspada $T_{1/2} = 5730$ godina. Ako je za uzorak dobiven iz neke grobnice izmjereno 6.2 raspada u minuti po gramu uzorka, procijenite njegovu starost. (5 bodova)

Rješenje:

Jedan gram ugljika sadrži $N = N_A / M = 5.02 \times 10^{22}$ atoma, gdje je $M = 12$ g molarna masa ugljika, a $N_A = 6.022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ Avogadrova konstanta. Slijedi da je broj jezgara ^{14}C u jednom gramu ugljika jednak

$$N(^{14}\text{C}) = N(^{12}\text{C}) / (9.3 \times 10^{11}) = 5.4 \times 10^{10}.$$

Broj raspada u jednoj sekundi u jednom gramu ugljika je

$$A_0 = dN/dt = \lambda N = N \times (\ln 2) / T_{1/2} = 0.2067 \text{ Bq}.$$

Aktivnost uzorka pada eksponencijalno u vremenu

$$A = A_0 e^{-\lambda t},$$

iz čega, uz $A = 6.2 \text{ min}^{-1} = 0.103 \text{ Bq}$ slijedi

$$t = (T_{1/2} / \ln 2) \times \ln (A_0 / A) = 5730 \text{ god.}$$

4. Elektron u trostruko ioniziranom atomu berilija Be^{3+} (^9_4Be) nalazi se u pobuđenom stanju sa radijusom putanje jednakom radijusu elektrona u osnovnom stanju vodikovog atoma. Koji je kvantni broj pobuđenog stanja Be^{3+} iona? Kolika je frekvencija fotona koji može izbaciti elektron iz ovog pobuđenog stanja i potpuno ionizirati berilijev atom? (7 bodova)

Rješenje:

$$r_n = a_0$$

$$\frac{a_0}{Z} n^2 = a_0$$

$$n^2 = Z$$

$$n^2 = 4$$

$$n = 2$$

$$hf = -E_2$$

$$hf = \frac{Z^2 E_0}{2^2}$$

$$f = \frac{Z^2 E_0}{4h}$$

$$f = \frac{16 \cdot 13,6 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}}{4 \cdot 6,626 \cdot 10^{-34}} \text{ Hz} = 1,314 \cdot 10^{16} \text{ Hz}$$