

DRŽAVNO NATJECANJE IZ FIZIKE

On-line, 28.–29. travnja 2021.

Srednje škole - 4. skupina, rješenja i smjernice za bodovanje

Upute za bodovanje: Ovdje je prikazan jedan način rješavanja zadataka. Ukoliko učenici riješe zadatak drugačijim, a fizikalno ispravnim načinom, treba im dati puni broj bodova predviđen za taj zadatak. Ako učenici ne napišu posebno svaki ovdje predviđeni korak, a vidljivo je da su ga napravili, treba im dati bodove kao da su ga napisali.

1. Označimo s α_n kutove koji odgovaraju difrakcijskim maksimumima svjetlosti valne duljine λ , a s α'_n pripadne kutove koji odgovaraju svjetlosti valne duljine λ' . Ovi kutovi su određeni uvjetima

$$\begin{aligned}d \sin \alpha_n &= n\lambda, \\d \sin \alpha'_m &= m\lambda'.\end{aligned}\quad [2 \text{ BODA}]$$

Iz uvjeta $\alpha_3 = \alpha'_2$ odmah možemo zaključiti kako se odnose valne duljine

$$3\lambda = 2\lambda' \quad \rightsquigarrow \quad \lambda' = \eta\lambda. \quad [2 \text{ BODA}]$$

Ovdje smo uveli pokratu $\eta = \lambda'/\lambda = 1.5$. U zadatku nam je zadan kut

$$\beta = \alpha_n - \alpha'_m.$$

za $n = 2$ i $m = 1$. Ove kutove možemo povezati i kombinirajući jednadžbe koje određuju difrakcijske maksimume

$$\frac{1}{n} \sin \alpha_n = \frac{1}{\eta m} \sin \alpha'_m. \quad [2 \text{ BODA}]$$

Ako uvrstimo $\alpha_n = \beta + \alpha'_m$, dolazimo do jednadžbe iz koje možemo odrediti kut α_n ,

$$\operatorname{tg} \alpha'_m = \frac{\eta m \sin \beta}{n - \eta m \cos \beta}. \quad [3 \text{ BODA}]$$

Konkretno,

$$\alpha'_1 = \arctg \left(\frac{1.5 \sin \beta}{2 - 1.5 \cos \beta} \right) = 22.1^\circ. \quad [1 \text{ BOD}]$$

Sad možemo odmah odrediti i valne duljine svjetlosti

$$\lambda' = d \sin \alpha'_1 = 639.6 \text{ nm}, \quad \lambda = \frac{2}{3} \lambda' = 426.4 \text{ nm}. \quad [3 \text{ BODA}]$$

Prema tome, svi difrakcijski maksimumi se nalaze na kutovima

$$\begin{aligned}\alpha_1 &= 14.5^\circ, & \alpha_2 &= 30.1^\circ, & \alpha_3 &= 48.8^\circ, \\ \alpha'_1 &= 22.1^\circ, & \alpha'_2 &= 48.8^\circ.\end{aligned}\quad [3 \text{ BODA}]$$

DRŽAVNO NATJECANJE IZ FIZIKE

On-line, 28.–29. travnja 2021.

2. U sustavu S' pripadne gustoće naboja su

$$\lambda'_+ = f(v)\lambda_+, \quad \lambda'_- = \frac{\lambda_-}{f(v)} = -\frac{\lambda_+}{f(v)}, \quad [4 \text{ BODA}]$$

jer se sada pozitivan pravac giba, a negativan miruje. Prema tome, električna sila na naboj je

$$F_e = \frac{q\lambda_+}{2\pi\epsilon_0 d} \left[f(v) - \frac{1}{f(v)} \right] = \frac{q\lambda_+}{2\pi\epsilon_0 d} \frac{f(v)^2 - 1}{f(v)}. \quad [4 \text{ BODA}]$$

S druge strane, struja u sustavu S' je

$$I' = \lambda'_+ v = \lambda_+ f(v) v, \quad [2 \text{ BODA}]$$

i ona je uzrok magnetske sile na naboj q

$$F_m = \frac{\mu_0 I'}{2\pi d} (qv) = \frac{\mu_0 q \lambda_+}{2\pi d} f(v) v^2. \quad [4 \text{ BODA}]$$

Da se naboj ne bi udaljavao od vodiča, ove dvije sile moraju biti iste, ali suprotnog smjera, što je lako utvrditi da je ispunjeno koristeći pravilo desne ruke. [2 BODA]

Prema tome, kad izjednačimo sile, dobijemo traženi oblik funkcije $f(v)$

$$f(v)^2 - 1 = f(v)^2 (\mu_0 \epsilon_0 v^2) \quad \rightsquigarrow \quad f(v) = \frac{1}{\sqrt{1 - \mu_0 \epsilon_0 v^2}}. \quad [4 \text{ BODA}]$$

Kako je $\mu_0 \epsilon_0 = 1/c^2$, vidimo da se radi o Lorentzovom faktoru $f(v) = \gamma(v)$.

DRŽAVNO NATJECANJE IZ FIZIKE

On-line, 28.–29. travnja 2021.

3. Bez ikakvih izbornih pravila, elektronski prijelazi se mogu dogoditi između bilo koja dva energijska stanja. Prema tome, ako je početno stanje $n = 5$, a konačno $m = 1$, mogući su sljedeći prijelazi, sveukupno njih osam

$$\begin{aligned} &5 \rightarrow 1 \\ &5 \rightarrow 2 \rightarrow 1, \quad 5 \rightarrow 3 \rightarrow 1, \quad 5 \rightarrow 4 \rightarrow 1 \\ &5 \rightarrow 4 \rightarrow 3 \rightarrow 1, \quad 5 \rightarrow 4 \rightarrow 2 \rightarrow 1, \quad 5 \rightarrow 3 \rightarrow 2 \rightarrow 1 \\ &5 \rightarrow 4 \rightarrow 3 \rightarrow 2 \rightarrow 1 \end{aligned} \quad [4 \text{ BODA}]$$

U ovim se prijelazima oslobađa sveukupno deset fotona različitih valnih duljina, a koje računamo po formuli

$$\lambda_{n \rightarrow m} = \frac{hc}{E_n - E_m} = \frac{hc}{E/n^2 - E/m^2} = \frac{n^2 m^2}{n^2 - m^2} \frac{hc}{E}. \quad [4 \text{ BODA}]$$

Dobivene vrijednosti za valne su

$$\begin{aligned} \lambda_{5 \rightarrow 1} &= 95 \text{ nm}, \quad \lambda_{4 \rightarrow 1} = 98 \text{ nm}, \quad \lambda_{3 \rightarrow 1} = 103 \text{ nm}, \quad \lambda_{2 \rightarrow 1} = 122 \text{ nm}, \quad \lambda_{5 \rightarrow 2} = 435 \text{ nm}, \\ \lambda_{4 \rightarrow 2} &= 488 \text{ nm}, \quad \lambda_{3 \rightarrow 2} = 658 \text{ nm}, \quad \lambda_{5 \rightarrow 3} = 1285 \text{ nm}, \quad \lambda_{4 \rightarrow 3} = 1880 \text{ nm}, \quad \lambda_{5 \rightarrow 4} = 4063 \text{ nm}. \end{aligned} \quad [10 \text{ BODOVA}]$$

Ako nametnemo izbornu pravilo da prijelazi elektrona moraju povezati stanja različite parnosti, moramo eliminirati prijelaze $5 \rightarrow 3$, $5 \rightarrow 1$, $4 \rightarrow 2$ i $3 \rightarrow 1$, a time i pripadne fotone. Dakle, u slučaju izbornog pravila možemo opaziti samo šest od početnih deset fotona, a koji su rezultati sljedećih triju prijelaza

$$5 \rightarrow 2 \rightarrow 1, \quad 5 \rightarrow 4 \rightarrow 1, \quad 5 \rightarrow 4 \rightarrow 3 \rightarrow 2 \rightarrow 1. \quad [2 \text{ BODA}]$$

DRŽAVNO NATJECANJE IZ FIZIKE

On-line, 28.–29. travnja 2021.

Srednje škole - 4. skupina, rješenja i smjernice za bodovanje

4. Masa radioaktivnog izotopa kalija u jednoj banani je

$$m' = m \times 0.00012 = 5.1 \times 10^{-8} \text{ kg.} \quad [3 \text{ BODA}]$$

Toj masi odgovara broj radioaktivnih jezgri

$$N = \frac{m'}{M} N_A = 7.68 \times 10^{17}. \quad [3 \text{ BODA}]$$

Poznavajući vrijeme poluraspada, možemo odrediti aktivnost jedne banane

$$A = N \frac{\ln 2}{T} = 13.5 \text{ Bq.} \quad [4 \text{ BODA}]$$

Prema tome, čovjek bi odjednom trebao pojesti

$$n = \frac{A_0}{A} = 3.7 \times 10^7 \quad [4 \text{ BODA}]$$

banana da osjeti posljedice radioaktivnosti.