

OPĆINSKO (GRADSKO) NATJECANJE IZ **FIZIKE** - SREDNJE ŠKOLE

2001.

IV. skupina

1) Konvergentna leća žarišne daljine 10 cm razrezana je na dvije polovice; one su međusobno razmaknute za 0.5 mm. Ispred leće, na udaljenosti od 15 cm nalazi se izvor svjetlosti valne duljine 500 nm.

Na kojoj udaljenosti od leće treba staviti zastor da bi se na njemu dobilo 25 svjetlih pruga interferencije ?

/10 bodova /

2) Odredite maksimalno vrijeme eksponiranja filma u foto-aparatu da bi se dobila oštra snimka automobila koji se kreće brzinom 72 km/h, na udaljenosti 20 m od snimanja na optičku os objektiva aparata. Za vrijeme snimatelja pomak slike automobila na filmu ne smije biti veći od 0.1 mm. Žarišna daljina objektiva foto- aparata je 2 cm.

/8 bodova /

3) Pozitron kinetičke energije 750 keV naliće na mirni elektron, nakon čega pozitron i elektron anihiliraju (iščezavaju) i nastaju dva γ kvanata jednakih energija. Odredite kut između smjerova odlaska γ kvanata. Kada je taj kut najveći i koliko iznosi ? (Pozitron je antičestica elektrona i jednake mase kao elektron, $9,11 \cdot 10^{-31}$ kg.)

/10 bodova /

4) Izotop vodika, poznat kao deuterij ima atomsku masu približno dva puta veću masu od mase vodika. Ako znamo da je valna duljina α linije vodika 656,28 nm izračunajte valnu duljinu α linije deuterija (masa vodika iznosi 1,00797u, a elektrona 0,00055u.)

/10 bodova /

5) Neutralni atom vodika naliće na isto takav mirni atom i u tom srazu prevodi njegov elektron iz prvog u drugo kvantno stanje. Koliko najmanje mora iznositi kinetička energija upadajućeg atoma da bi se tim srazom ostvario takav prijelaz elektrona ?

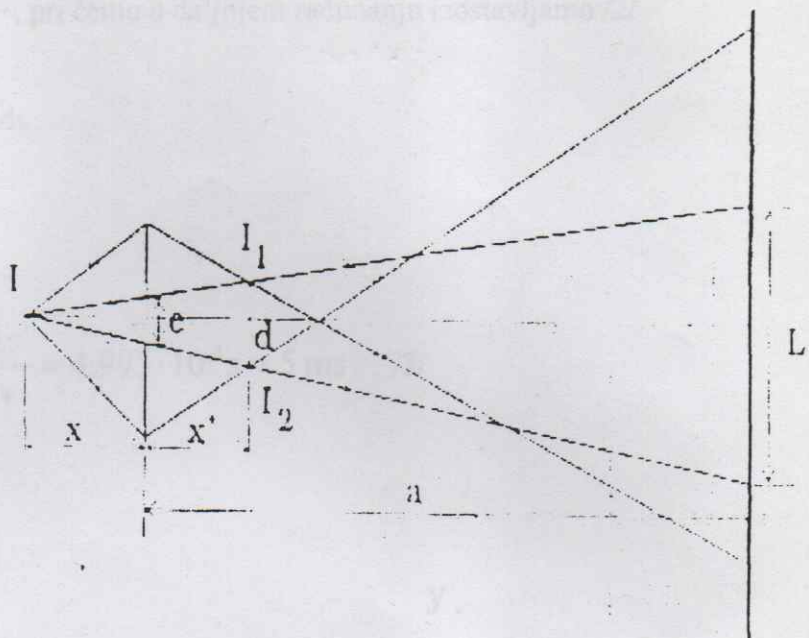
Pod pretpostavkom centralnog sraza odredite konačne brzine atoma vodika na pragu reakcije (tj. za minimalnu kinetičku energiju upadajućeg atoma). (Koristite podatak da je energija ionizacije vodika 13,6 eV.)

/12 bodova /

ZADATAK 1. - RJEŠENJE

- 1) $f = 10 \text{ cm}$
 $e = 0,4 \text{ mm}$
 $x = 15 \text{ cm}$
 $\lambda = 500 \text{ nm}$
 $n = 25$

$a = ?$



prema crtežu, vidi se da je L širina u kojoj se preklapaju snopovi iz izvora I_1 i I_2 , nastalih lomom svjetlosti kroz polovice leća. Na toj

širini nastaju interferentne linije čiji broj zavisi o razmaku između njih, koji je /2/

$$s = \frac{(a - x')\lambda}{d}, \quad x' = \frac{xf}{x - f} = 30 \text{ cm} \quad /2/$$

$$d : e = (x + x') : x, \quad d = 1,5 \text{ mm}$$

Za broj linija, širine L i razmak linija s vrijedi jednostavna veza :

$$ns = L, \quad L : e = (a + x) : x, \quad L = \frac{(a + x)e}{x} \quad /2/$$

Time imamo : $n \frac{a - x'}{d} \lambda = \frac{a + x}{x} \cdot e$, pa za a dobijemo : /2/

$$a = \frac{xed + n\lambda xx'}{n\lambda x - ed} = 60 \text{ cm} \quad /2/$$

ZADATAK 2. - RJEŠENJE

- $v = 72 \text{ km/h} = 20 \text{ m/s}$
 $x = 20 \text{ m}$
 $f = 2 \text{ cm}$
 $\Delta s' = 0,1 \text{ mm}$

$\Delta t = ?$

$$\Delta t = \frac{\Delta s}{v}, \quad \text{gdje je } \Delta s \text{ pomak automobila za vrijeme snimanja. Taj}$$

pomak na snimci iznosi $\Delta s'$ koji je sa Δs povezan jednakošću : /2/

$$\frac{\Delta s'}{\Delta s} = \frac{-x'}{x}, \text{ pri čemu u daljnjem računanju izostavljamo /2/}$$

jer nas zanima samo veličina od Δs .

$$x' = \frac{xf}{x-f} \quad /2/$$

$$\text{Konačno je : } \Delta t = \frac{x-f}{xf} \cdot \frac{\Delta s'}{v} = 4,995 \cdot 10^{-3} \text{ s} \approx 5 \text{ ms} \quad /2/$$

ZADATAK 3. - RJEŠENJE

$$E_{k+} = 750 \text{ keV} = 0,75 \text{ MeV}$$

$$\vartheta = ?$$

Sraz se događa kao što je prikazano na slici 2. /1/

Sraz se mora raditi relativistički, jer je

E_{k+} pozitrona veća od energije

mirovanja $E_{0+} = E_{0-} = m_e c^2 = 0,51 \text{ MeV}$. /1/

Time imamo: $E_+ = E_{0+} + E_{k+} = 1,26 \text{ MeV}$ /1/

$E_- = 0,51 \text{ MeV}$

Na sraz primjenimo zakon očuvanja :

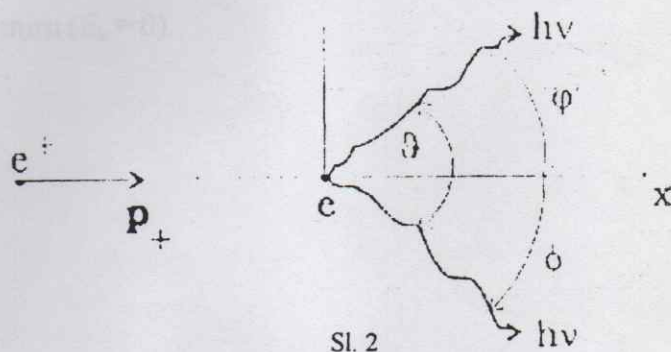
• impulsa u y smjeru : $p_y \sin\varphi = p_y \sin\phi$, /1/

iz čega, nakon kraćenja slijedi $\sin\varphi = \sin\phi$, tj.

$$\varphi = \phi = \frac{\vartheta}{2} \quad /1/$$

impulsa u x smjeru :

$$p_+ = 2p_y \cos \frac{\vartheta}{2} \quad /1/$$



- energije :

$$E_+ + E_- = 2E_\gamma, \quad /1/$$

iz čega imamo $E_\gamma = 0,885 \text{ MeV}$

$$p_\gamma = \frac{E_\gamma}{c} = 0,885 \text{ MeV}/c, \quad p_+ = \frac{\sqrt{E_+^2 - E_0^2}}{c} = 1,152 \text{ MeV}/c$$

$$\cos \frac{\vartheta}{2} = \frac{p_+}{2p_\gamma} = 0,651, \quad /2/$$

odnosno $\vartheta = 98,8^\circ$

Iz izraza za $\cos \frac{\vartheta}{2}$ vidimo da će ϑ biti najveći ako je

$$p_+ = 0 \text{ (tj. } \cos \frac{\vartheta}{2} = 0) \quad /1/$$

To je kada pozitron i elektron anihiliraju na miru ($E_k = 0$).

U tom slučaju $\vartheta = 180^\circ$.

ZADATAK 4. - RJEŠENJE

$$\begin{aligned} m_D &= 2 m_H \\ \lambda_H &= 656,28 \text{ nm} \end{aligned}$$

$$\lambda_D = ?$$

Razlika u valnoj duljini nastupa radi razlike u masi jezgre deuterija i vodika. Naime, centar vrtnje elektrona za deuterij i vodik nije isti, što se odražava u energetske stanjima elektrona :

$$E_n = -\frac{1}{8\pi\epsilon_0} \cdot \frac{e^2}{r_n} \quad /2/$$

gdje za r_n trebamo staviti polumjer putanje elektrona, tj. udaljenost elektrona od centra vrtnje. Centar vrtnje je na spojnici jezgre i elektrona u točki koja zadovoljava uvjet :

$$m_e r_e = m_j r_j \quad /1/$$

Kako je $r_e + r_j = r$, za r_n imamo : /1/

$$r_n = \frac{1}{1 + \frac{m_e}{m_j}} \cdot r, \text{ gdje je } r \text{ udaljenost jezgre i elektrona, a time i ono što se u /1/}$$

Bohrovom modelu vodikova atoma za r_n . Tako je :

$$E_n = -\frac{1}{8\pi\epsilon_0} \cdot \frac{e^2}{\frac{1}{1 + \frac{m_e}{m_j}} \cdot r} = \left(1 + \frac{m_e}{m_j}\right) \cdot E_{n0}, \text{ /2/}$$

pri čemu je E_{n0} energija elektrona u n-tom stanju atoma vodika. Valna duljina α linije

$$\text{deuterija time je } \lambda_D = \frac{1}{1 + \frac{m_e}{m_D}} \cdot \lambda_H = 656,1 \text{ nm.} \quad \text{/3/}$$

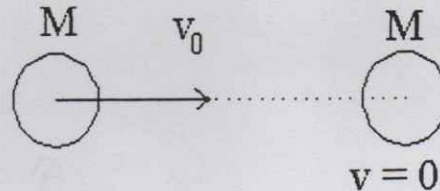
ZADATAK 5. - RJEŠENJE

$$E_i = 13,6 \text{ eV}$$

$$n = 1$$

$$m = 2$$

$$E_{k0} = ?$$



Na sraz primjenom zakona očuvanja, u klasičnom obliku jer su energije malene (promjena energije elektrona u atomu vodika je reda veličine $\approx 10 \text{ eV}$):

- očuvanje impulsa :

$$M \cdot v_0 = M \cdot v_1 + M \cdot v_2, \quad \text{/1/}$$

v_1 i v_2 su brzine atoma nakon sraza

• očuvanje energije :

$$E_{k0} = E_{k1} + E_{k2} + \Delta E, \quad \text{/1/}$$

ΔE je promjena energije elektrona u drugom atomu vodika :

$$\Delta E = E_2 - E_1 = -\frac{E_i}{4} + E_i = 3\frac{E_i}{4} \quad \text{/1/}$$

Jednadžbe (1) i (2) mogu se pisati :

$$v_0 = v_1 + v_2 \quad /1/$$

$$v_0^2 = v_1^2 + v_2^2 + \frac{2\Delta E}{M} \quad /1/$$

Rješavanjem jednadžbi po v_2 dobijemo :

$$v_2 = \frac{v_0 \pm \sqrt{v_0^2 - 4\frac{\Delta E}{M}}}{2} \quad /2/$$

Da bismo za v_2 imali realna rješenja treba biti:

$$v_0^2 - 4\frac{\Delta E}{M} \geq 0 \quad /1/$$

$$v_0^2 \geq 4\frac{\Delta E}{M}$$

Prag reakcije jest :

$$E_{k0} = \frac{3}{2}E_i = 20,4 \text{ eV} \quad /1/$$

Na pragu reakcije imamo:

$$v_1 = v_2 = \frac{v_0}{2}$$

$$v_0 = \sqrt{\frac{2E_{k0}}{M}} = 62461 \text{ m/s} \approx 6 \cdot 10^4 \text{ m/s} \quad /2/$$

odnosno :

$$v_1 = v_2 = \frac{v_0}{2} = 3 \cdot 10^4 \text{ m/s} \quad /1/$$