

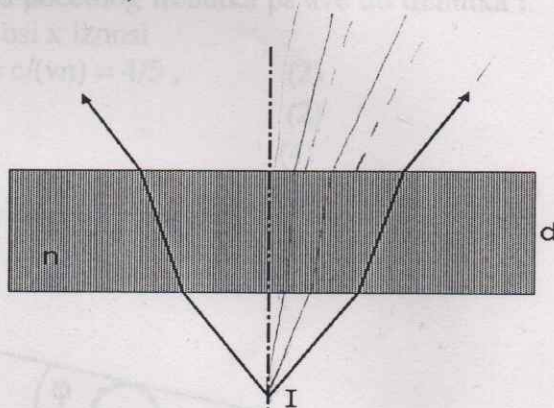
Županijsko natjecanje iz fizike '97 - 4. grupa

Zadatak 1 (8 bodova)

Nabijena čestica giba se kroz materijal indeksa loma $n=1.5$. Ako brzina čestice iznosi $v=5c/6$ i veća je od brzine svjetlosti u materijalu, dolazi do pojave Cherenkovog zračenja. Koristeći Huygensov princip, nacrtajte valnu frontu tog zračenja nakon vremena t ako se čestica giba duž osi x emitirajući pritom sferne valove. U početnom trenutku čestica se nalazi u točki $x_0 = 0$. Nađite kut kojega zatvara valna fronta sa osi x .

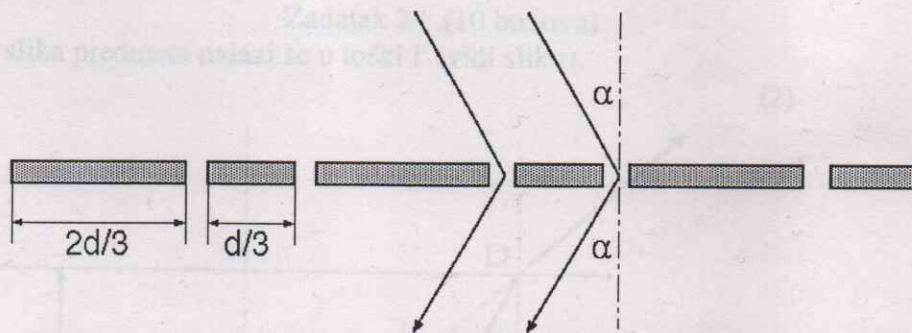
Zadatak 2 (10 bodova)

Planparalelna ploča od stakla, stavljena iznad nekog predmeta, daje uvećanu i prividnu sliku tog predmeta. Nađite udaljenost između predmeta i prividne slike ako je debljina ploče $d=2\text{mm}$, a indeks loma stakla $n=1.75$. Napomena: Promatrajte samo male upadne kuteve svjetlosti koja dolazi od izvora na ploču.



Zadatak 3 (12 bodova)

Optička rešetka sastoji se od niza dvostrukih zarezova kao što je prikazano na slici. Nađite položaje svijetlih pruga u spektru raspršenog zračenja valne duljine $\lambda=0.5\ \mu\text{m}$ ako je $d=0.865\ \mu\text{m}$.



Zadatak 4 (8 bodova)

Svemirski brod putuje od Zemlje do Jupitera i prelazi udaljenost od $6.3 \cdot 10^8\ \text{km}$. Prema onome što bilježi opažatelj koji se nalazi u sustavu planeta, brod polazi sa Zemlje točno u 12 sati, a stiže na Jupiter točno u 15 sati. Kolika je brzina svemirskog broda? Kolika je udaljenost između Zemlje i Jupitera koju vidi putnik u brodu i koliko za njega traje put?

Zadatak 5 (12 bodova)

Izračunajte približno promjenu energije osnovnog stanja elektrona u Bohrovom modelu atoma ako na atom djeluje homogeno magnetsko polje indukcije B u smjeru okomitom na ravninu gibanja elektrona.

Županijsko natjecanje iz fizike '97 - 4. grupa
Rješenja zadataka i bodovi

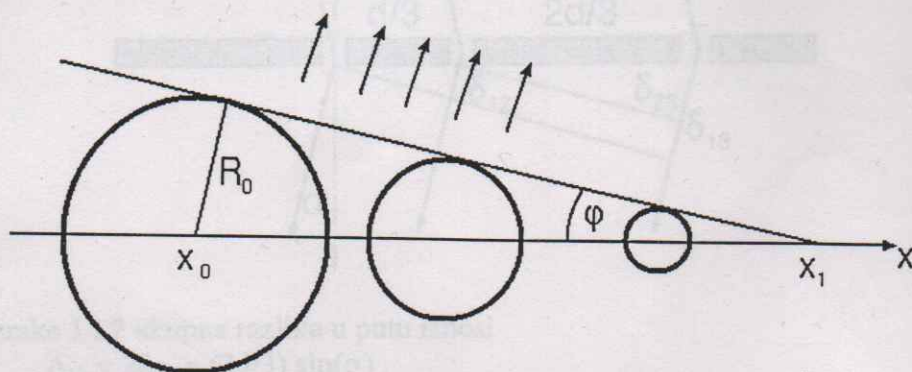
Zadatak 1 (8 bodova)

U početnom trenutku čestica se nalazila u točki $x_0 = 0$, a nakon vremena t nalazi se u točki $x_1 = vt$. U točki x_0 čestica je odaslala sferni val brzine $c' = c/n$. Nakon što je prošlo vrijeme t , val se raširio na udaljenost $R_0 = c't$. U bilo kojoj točki puta x koja se nalazi između točaka x_0 i x_1 , također imamo sferni val koji se raširi na udaljenost $R = c'(x_1 - x)/v$. Vidimo da polumjer sfernog vala R opada linearno sa udaljenošću od točke x_0 i u točki x_1 je jednak nuli. Na osnovi toga možemo konstruirati valnu frontu tako da spojimo sve vrhove sfernih valova nastalih od početnog trenutka pa sve do trenutka t (vidi sliku). Kut kojeg zatvara valna fronta sa osi x iznosi

$$\sin(\varphi) = R_0/(x_1 - x_0) = c't/(vt) = c/(vn) = 4/5, \quad (2)$$

$$\varphi = 53.13^\circ. \quad (2)$$

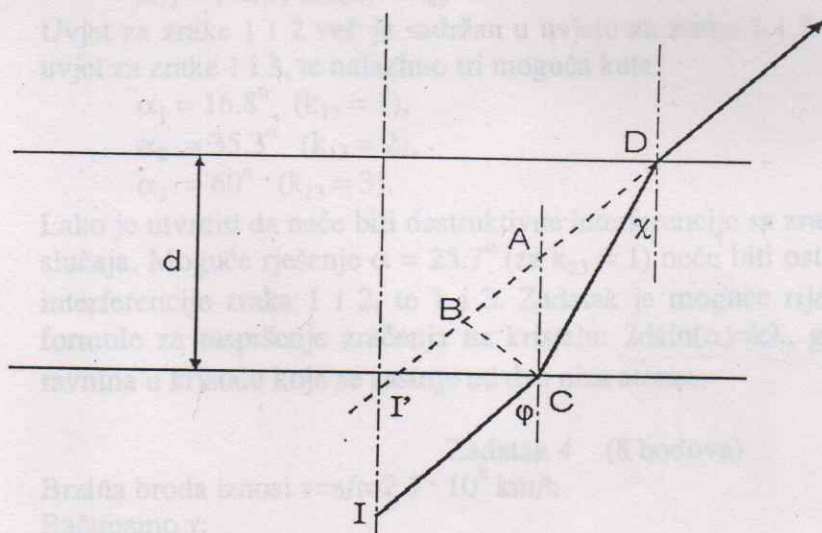
Slika:



Zadatak 2 (10 bodova)

Prividna slika predmeta nalazi se u točki I' (vidi sliku).

Slika:



Na osnovi geometrije nalazimo:

$$II' = AC$$

$$BC = AC \sin(\varphi)$$

$$BC = CD \sin(\varphi - \chi)$$

$$d = CD \cos(\chi)$$

Iz gornjih jednadžbi nalazimo

$$\Pi' = d(\sin(\varphi - \chi)) / (\sin(\varphi) \cos(\chi)) = d(1 - \tan(\chi) / \tan(\varphi)) \quad (3)$$

Za male upadne kuteve vrijedi

$$\sin(\chi) / \sin(\varphi) = 1/n \approx \tan(\chi) / \tan(\varphi) \quad (3)$$

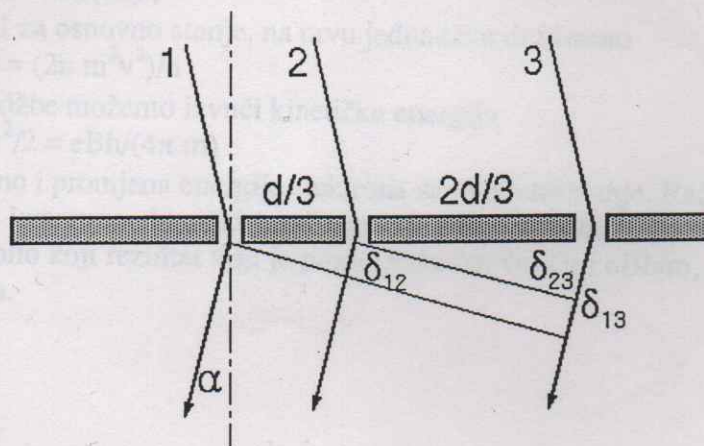
Udaljenost između predmeta i slike iznosi

$$\Pi' \approx d(1 - 1/n) = 0.857 \text{ mm} \quad (2)$$

Zadatak 3 (12 bodova)

Promatramo zrake 1, 2, 3 i tražimo uvjete za njihovu uzajamnu konstruktivnu interferenciju.

Slika:



Za zrake 1 i 2 ukupna razlika u putu iznosi

$$\Delta_{12} = 2\delta_{12} = (2d/3) \sin(\alpha)$$

Uvjet konstruktivne interferencije je

$$\Delta_{12} = k_{12} \lambda, \quad (1)$$

gdje je k_{12} cjelobrojnik. Analogno nalazimo uvjete za zrake 1 i 3, te 2 i 3:

$$\Delta_{13} = 2d \sin(\alpha) = k_{13} \lambda, \quad (1)$$

$$\Delta_{23} = (4d/3) \sin(\alpha) = k_{23} \lambda. \quad (1)$$

Uvjet za zrake 1 i 2 već je sadržan u uvjetu za zrake 1 i 3. Promatramo stoga samo uvjet za zrake 1 i 3, te nalazimo tri moguća kuta:

$$\alpha_1 = 16.8^\circ \quad (k_{13} = 1), \quad (2)$$

$$\alpha_2 = 35.3^\circ \quad (k_{13} = 2), \quad (2)$$

$$\alpha_3 = 60^\circ \quad (k_{13} = 3), \quad (2)$$

Lako je utvrditi da neće biti destruktivne interferencije sa zrakom 2 i 3 u sva tri gornja slučaja. Moguće rješenje $\alpha = 25.7^\circ$ (za $k_{23} = 1$) neće biti ostvareno zbog destruktivne interferencije zraka 1 i 2, te 1 i 3. Zadatak je moguće riješiti uz pomoć Braggove formule za raspršenje zračenja na kristalu: $2d \sin(\alpha) = k\lambda$, gdje je d razmak između ravnina u kristalu koje se sastoje od dva niza atoma.

Zadatak 4 (8 bodova)

Brzina broda iznosi $v = s/t = 2.1 \cdot 10^8 \text{ km/h}$. (2)

Računamo γ :

$$\gamma = 1 / \sqrt{1 - (v/c)^2} = 1.02. \quad (2)$$

U odnosu na sat u sustavu planeta, sat kojega ima putnik u brodu ide sporije. Vremenski interval kojega mjeri putnik nije 3 sata nego $3/\gamma$ sati što iznosi 2.94 sati.

(2)

Putniku u brodu se čini da je prešao udaljenost

$$v\Delta t = (2.1 \cdot 10^8 \text{ km/h}) \cdot (2.94 \text{ h}) = 6.17 \cdot 10^8 \text{ km.} \quad (2)$$

Zadatak 5 (12 bodova)

Pretpostavimo da magnetsko polje mijenja samo kinetičku energiju elektrona (tj. njegovu brzinu), ali tako da bude zadovoljen Bohrov kvantni uvjet. Za nabijenu česticu koja kruži u magnetskom polju vrijedi odnos između Lorentzove i centripetalne sile:

$$evB = mv^2/r. \quad (2)$$

Primjenimo li Bohrovo pravilo kvantizacije angularnog momenta

$$mvr = nh/(2\pi), \quad (2)$$

gdje je $n=1$ za osnovno stanje, na prvu jednadžbu dobivamo

$$eB = (2\pi m^2 v^2)/h. \quad (4)$$

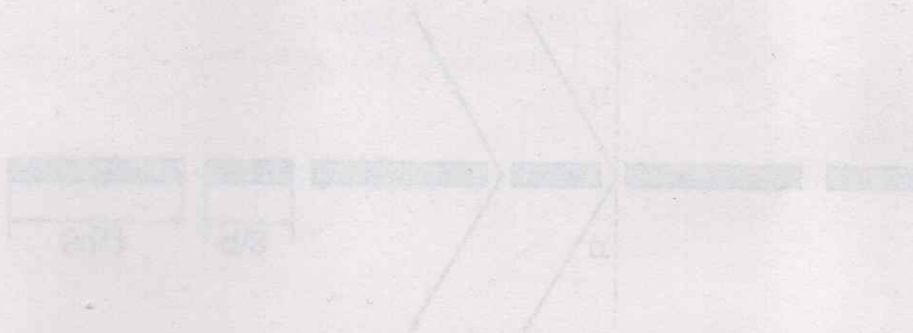
Iz te jednadžbe možemo izvući kinetičku energiju

$$mv^2/2 = eBh/(4\pi m). \quad (4)$$

što je ujedno i promjena energije elektrona za osnovno stanje. Račun je približan (iako se slaže sa kvantnomehničkim računom za osnovno stanje) pa se kao točan odgovor priznaje i bilo koji rezultat koji je proporcionalan veličini eBh/m , a dobiven je na neki drugi način.

Zadatak 3 (12 bodova)

Optička mrežica sastoji se od dvaju paralelnih ravnih zaslona kao što je prikazano na slici. Nadite položaje svijetlih i tamnih vrpčica u rasponu od 0 do $2.5 \mu\text{m}$ od središta 0 do $2.5 \mu\text{m}$.



Zadatak 4 (3 boda)

Svemirski brod putuje od Zemlje do Jupitera i prolazi udaljenosti od $6.3 \cdot 10^8 \text{ km}$. Prema nekome što bilježi opažać koji se nalazi u sustavu planeta, brod putuje sa Zemlje točno u 12 sati, a stiže na Jupiter točno u 13 sati. Kolika je brzina svemirskog broda? Kolika je udaljenost između Zemlje i Jupitera koji vidi putnik u brodu i koliko za njega traje put?

Zadatak 5 (12 bodova)

Izračunajte približnu promjenu energije osnovnog stanja elektrona u Bohrovom modelu atoma ako se atom nalazi u jakom homogenom magnetskom polju B u smjeru okomitom na ravninu planeta elektrona.