DRZAVNI SUSRET I NATJECANJE MLADIH FIZIČARA
Mali Lošinj, 13.-16. svibnja 2004.

Srednje škole – 4. grupa

Zadatak 1 (17 bodova)

Žarišna daljina konvergentne leće može se određivati i na sljedeći način. Predmet i zastor postave se na stalnu međusobnu udaljenost d. Pomičući leću od predmeta prema zastoru pri određenom položaju leće (nazovite ga A) pojavit će se oštra slika predmeta na zastoru. Pomičući leću još prema zastoru ponovno će se pri drugom položaju (nazovite ga B) prikazati na zastoru također oštra slika predmeta. Zatim se izmjeri udaljenost l između položaja A i B. Kolika je žarišna daljina leće izražena preko d i l?
Obrazložite može li se na ovaj način određivati žarišna daljina divergentne leće?
Divergentnu leću stavi se neposredno uz konvergentnu leću poznate žarišne daljine 5cm te se one međusobno pričvrste tako da im se optičke osi podudaraju. Na gore opisani način odredi se žarišna daljina ove kombinacije dviju leća za koju je izmjereno d=80cm i l=60,5cm. Izračunajte žarišnu daljinu divergentne leće! U kakvom odnosu moraju biti žarišne daljine konvergentne i divergentne leće da bi ovakvo mjerenje bilo moguće?

Zadatak 2 (18 bodova)

U drugom svjetskom ratu koristili su radare načinjene od niza vertikalnih štapova pričvršćenih na tlo. Podnožja svih tih N antena nalaze se na istom pravcu, a susjedne antene međusobno su udaljene za d. Svaka od antena zrači elektromagnetske valove koherentno valnom duljinom λ jednoliko u svim smjerovima u horizontalnoj ravnini. Relativna faza δ između zračenja susjednih antena može se mijenjati elektroničkim putem. Za δ=0 zbog interferencije ovaj skup antena najjače zrači u smjeru okomitom na pravac na kojem su antene. Pokažite da je za $d<\lambda$ ovo jedini pravi maksimum!
Pod kojim kutem sustav zrači maksimalni intenzitet ako je $\delta\neq0$? Tako se promjenom δ može mijenjati smjer snopa radarskog zračenja, dok antene miruju.
Meteorološki radar na avionu ima 15 antena na ukupnoj duljini 28cm i emitira radic valove frekvencije 8800MHz. Koje vrijednosti mora poprimati δ da bi radarski snop prebrisao kut 45° na lijevo i desno od pravca leta?

Zadatak 3 (14 bodova)

Da bi prosječno ljudsko oko zapazilo nekakav predmet, potrebno je da kroz zjenicu u njega ulazi 50 fotona u sekundi. Kolikom snagom krijesnica emitira svjetlost procesom bioluminiscencije ako ju prosječno ljudsko oko može opaziti s udaljenosti od najviše 30m? Emitirana svjetlost je zelene boje čija je valna duljina 532nm. Pretpostavite da krijesnica emitira svjetlost jednakim intenzitetom u svim smjerovima i da je svjetlost monokromatska!

Zadatak 4 (20 bodova)

Elektron određene kinetičke energije sudara se s mirujućim elektronom. Oba elektrona prežive sudar te još nastane i neutralni pion π^0. Kolika je granična kinetička energija gibajućeg elektrona potrebna za ovu reakciju? Kolika je brzina tog elektrona? Masa mirujućeg piona π^0 je 135MeV/c^2, a elektrona 0,911MeV/c^2.

DRŽAVNI SUSRET I NATJECANJE MLADIH FIZIČARA

Mali Lošinj, 13.-16. svibnja 2004.

Srednje škole – 4. grupa – eksperimentalni zadatak

Određivanje indeksa loma jednakostranične prizme

Pribor: -jednakostranična prizma
-laser (λ=630 nm)
-selotejp za učvrstiti laser
-metarsko mjerilo

Zadatak:

a)	opisati postupak određivanja tražene veličine zadanim priborom	(12 bodova)
b)	odrediti indeks loma i mjerenja prikazati tablično	(15 bodova)
c)	provesti račun pogreške	(3 boda)
	ukupno:	(30 bodova)

Natjecateljima želimo uspješan rad!

DRŽAVNI SUSRET I NATJECANJE MLADIH FIZIČARA
Mali Lošinj, 13.-16. svibnja 2004.

Srednje škole – 4. grupa - rješenja

Zadatak 1 (17 bodova)

Jednadžba za tanku leću je $\frac{1}{x_1}+\frac{1}{d-x_1}=\frac{1}{f}$, gdje je x_1 udaljenost predmeta od leće, a d-x_1 udaljenost slike od leće, pri čemu su slika i predmet međusobno udaljeni za d. **(1 bod)**

Rješenja ove kvadratne jednadžbe su $x_1=\frac{d}{2}\pm\sqrt{\frac{d^2}{4}-fd}$. **(1 bod)**

Drugi položaj pri kojem se također javlja oštra slika određen je s x_2 za koji vrijedi ista jednadžba s istim rješenjima.

Stoga se položaji predmeta za koje se javljaju oštre slike razlikuju za $\sqrt{d^2-4fd}$, što je jednako izmjerenom l. Slijedi $f=\frac{d^2-l^2}{4d}$. **(2+1 bod)**

Žarišna daljina divergentne leće na ovaj se način ne može određivati jer se ne može uhvatiti realna slika na zastoru. **(3 boda)**

Žarištem kombinacije dviju leća prolazit će one zrake koje dolaze iz beskonačnosti i lome se kroz leće. Iz jednadžbe za prvu (konvergentnu) leću $\frac{1}{f}=\frac{1}{x_1}+\frac{1}{x_1'}$, uz udaljenost predmeta od leće $x_1\to\infty$ dobije se udaljenost slike od leće $x_1'=f$. **(1 bod)**

Ta slika je predmet za divergentnu leću čiji je položaj s obzirom na leću $x_2=-(x_1'-D)=-(f-D)$, gdje je D razmak leća. **(2 boda)**

Iz jednadžbe druge (divergentne) leće žarišne daljine f': $-\frac{1}{|f'|}=\frac{1}{D-f}+\frac{1}{x_2'}$ gdje je x_2' položaj gdje nastaje konačna slika, dobije se žarišna daljina sustava

$$F=x_2'=\frac{(f-D)|f'|}{|f'|-f+D}.$$ **(2 boda)**

Za $D\square\ f,|f'|$ je $F=\frac{f\cdot|f'|}{|f'|-f}$, iz čega slijedi $-\frac{1}{|f'|}=\frac{1}{F}-\frac{1}{f}$. **(1 bod)**

Uz f=5cm i $F=\frac{(80\text{cm})^2-(60,5\text{cm})^2}{4\cdot 80\text{cm}}=8,56\text{cm}$ dobije se $|f'|$=12cm. **(2 boda)**

Da bi ovakvo mjerenje bilo moguće, mora biti $|f'|>|f|$ **(1 bod)**

Zadatak 2 (17 bodova)

Slika **(1 bod)** Zrake pod kutem θ interferirat će konstruktivno za

$d\sin\theta-\frac{\delta}{2\pi}\lambda=k\lambda$, gdje je d razmak među susjednim antenama, δ razlika faze susjednih antena, a $k\lambda$ cijelobrojni višekratnik valne duljine. **(3 boda)**

Radarski snop imat će maksimum pod kutem $\sin\theta=\frac{k\lambda}{d}+\frac{\delta\lambda}{2\pi d}$.

Za $\delta = 0$ uz $d<\lambda$ jedino rješenje dobije se za $k = 0$ i ono iznosi $\sin\theta = 0$.
(Za općeniti δ potrebno je namjestiti k tako da je $|\sin\theta| \leq 1$.) **(3 boda)**

Za $k = 0$ kut maksimuma je $\theta = \arcsin\frac{\delta\lambda}{2\pi d}$. **(3 boda)**

Uz zadano f=8,8·10^{9}Hz, $\lambda = \frac{c}{f} = 3,41\text{cm}$ i $d = \frac{28\text{cm}}{14} = 2\text{cm}$, maksimum pod kutem $\theta =$ 45° dobije se za $\delta = \frac{2\pi d}{\lambda}\sin\theta = 2,6\text{rad}$. **(2+4 boda)**

Da bi se prebrisalo kut θ od -45° do 45° stupnjeva, faza δ mora se mijenjati od -2,6rad do 2,6rad. **(1 bod)**

Zadatak 3 (14 bodova)

U oko promatrača upada snaga $\frac{\Delta E}{\Delta t} = \frac{hc}{\lambda}\cdot\frac{\Delta N}{\Delta t}$, gdje je ΔN broj fotona koji uđu kroz zjenicu u vremenskom intervalu Δt, a hc/λ energija jednog fotona. **(5 bodova)**

Budući da krijesnica zrači jednoliko u svim smjerovima, u oko upada $\frac{r^2\pi}{4d^2\pi}$ od ukupne snage zračenja, gdje je r polumjer zjenice, a d udaljenost oka od krijesnice. **(4 boda)**

Tako je ukupna snaga zračenja krijesnice jednaka $P = \frac{4d^2hc\Delta N}{r^2\lambda\Delta t} = 7,5\text{nW}$. **(5 bodova)**

Zadatak 4 (20 bodova)

Energija je očuvana: $E_1 + E_2 = E_1' + E_2' + E_\pi'$, gdje 1 označava gibajući elektron i 2 mirujući, a nakon sudara π označava novonastali pion. **(1 bod)**

Uvrštavanjem ukupne energije $E = K + mc^2$, **(1 bod)**
gdje je K kinetička, a mc^2 energije mirovanja, nakon sređivanja dobije se
$K = K_1' + K_2' + K_\pi + m_\pi c^2$. **(1 bod)**

Količina gibanja je očuvana: $p_1 + p_2 = p_1' + p_2' + p_\pi'$. **(1 bod)**

Najprikladnije je događaj promatrati u sustavu središta mase, gdje je očigledno da je najmanja kinetička energija sustava ona kad se sve tri čestice nakon sudara gibaju zajedno. Tada je i uložena kinetička energija najmanja. **(2+1 boda)**

Zakon očuvanja energije tada glasi $K = K' + m_\pi c^2$, **(2 boda)**
gdje je K ukupna početna kinetička energija, a K' ukupna konačna kinetička energija.

Lako se pokaže veza količine gibanja i kinetičke energije $p^2c^2 = K^2 + 2mc^2K$, **(2 boda)**
čime očuvanje ukupne količine gibanja $p = p'$ **(1 bod)**
dobiva oblik $K^2 + 2m_ec^2K = K'^2 + 2(2m_e + m_\pi)c^2K'$ **(1 bod)**

Nakon uvrštavanja $K' = K - m_\pi c^2$ i sređivanja dobije se

$$K = \frac{m_\pi^2c^2}{2m_e} + 2m_\pi c^2 = 18,1\text{GeV}.$$ **(3 boda)**

Iz $K + m_ec^2 = \frac{m_ec^2}{\sqrt{1-\beta^2}}$ **(2 boda)**

slijedi $\frac{v}{c} = \beta = \sqrt{1 - \frac{1}{(1+\frac{K}{m_ec^2})^2}} \approx 1 - 4\cdot10^{-10}$, što znači da je v gotovo isto kao c. **(2 boda)**

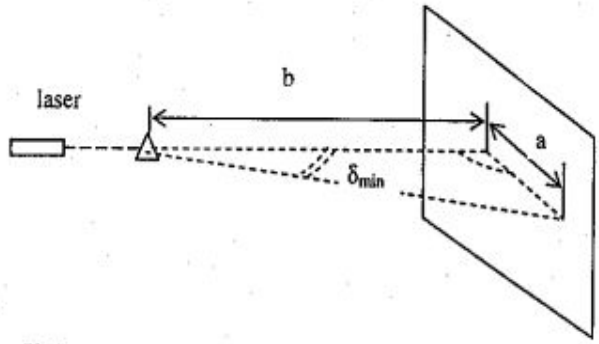
DRŽAVNI SUSRET I NATJECANJE MLADIH FIZIČARA
Mali Lošinj, 13.-16. svibnja 2004.

Srednje škole – 4. grupa – eksperimentalni zadatak - rješenje

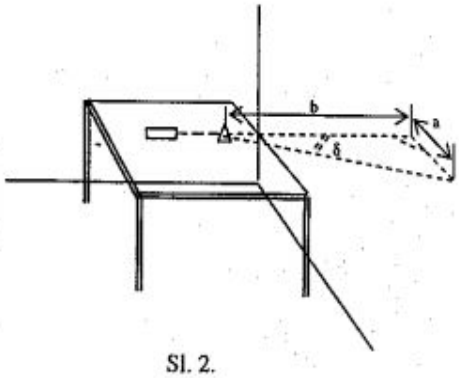
Rješenje

a) određivanje indeksa loma jednakostranične prizme zadanim priborom moguće je određivanjem kuta minimalne devijacije.

Laserski snop usmjeri se okomito na zastor (zid učionice), a onda se na snop postavi prizma koja otkloni laserski snop za neki kut devijacije. Potrebno je prizmu postaviti tako da se dobije najmanji otklon – kut minimalne devijacije.

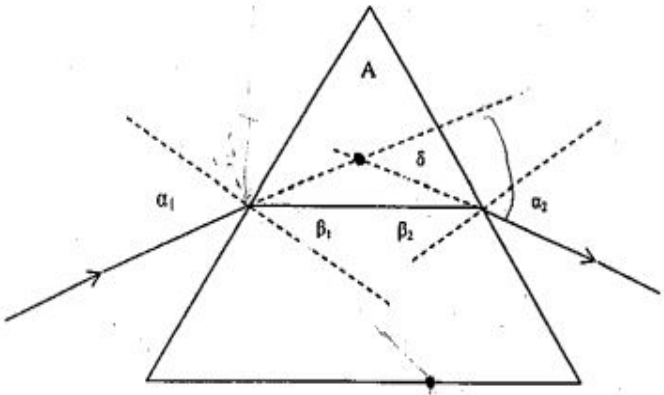


Sl. 1.



Sl. 2.

Izvod:



$\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha$, $\beta_1 = \beta_2 = \beta$

$180^0 = A + (90^0 - \beta_1) + (90^0 - \beta_2)$

$180^0 = A + 180^0 - 2\beta$

$A = 2\beta \rightarrow \beta = \frac{A}{2}$

$\delta = (\alpha_1 - \beta_1) + (\alpha_2 - \beta_2) = 2\alpha - 2\beta$

$\delta = 2\alpha - A$

$2\alpha = \delta + A$

$\alpha = \dfrac{\delta + A}{2}$ (2 boda)

Iz sl. 1. i sl.2. vidljivo je da ćemo kut devijacije odrediti iz pravokutnog trokuta:

$tg\delta_{min} = \dfrac{a}{b} = \dfrac{a}{1} \rightarrow \delta_{min} = arc\ tga$

Traženi indeks loma je: $n = \dfrac{\sin\alpha}{\sin\beta} = \dfrac{\sin\dfrac{\delta_{min} + A}{2}}{\sin\dfrac{A}{2}}$

$n = \dfrac{\sin\dfrac{arctga + 60^0}{2}}{\sin 30^0}$ (4 boda)

b) ako je natjecatelj odabrao traženi postupak, izvršio mjerenja, rezultate mjerenja pokazati će tablično:

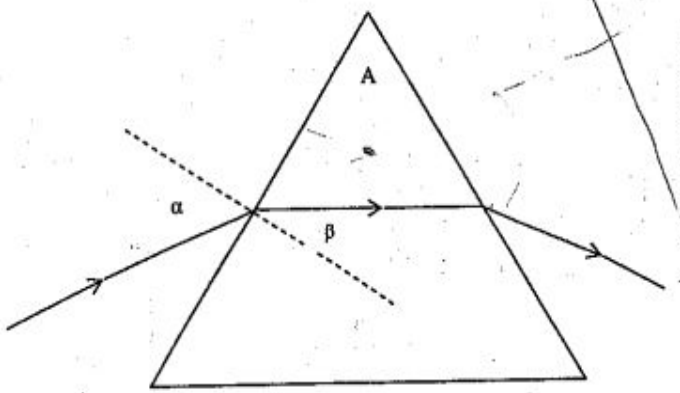
b/m	a/m	$\delta_{min}/^0$	$A/^0$	n

$\overline{n}$ =..... (15 bodova)

c) račun pogreške:

$r = \dfrac{|\Delta n|}{\overline{n}} \cdot 100\%$, $n = \overline{n} \pm \Delta n$ (3 boda)

ukupno..... (30 bodova)



**a) ako se natjecatelj nije domislio ovom postupku nego je koristeći laserski snop i kutomjer (koji nije u zadanom priboru, ali ga učenici imaju odredio kutove α i β i uvrstio u poznat izraz i obrazložio postupak dobiva

$n = \dfrac{\sin\alpha}{\sin\beta}$ (5 bodova)

b) tablični prikaz mjerenja bit će:

$\alpha/^0$	$\beta/^0$	sinα	sinβ	n

$\overline{n}$ =..... (6 bodova)

c) $r = \dfrac{|\Delta n|}{\overline{n}} \cdot 100\%$, $n = \overline{n} \pm \Delta n$ (3 boda)

ukupno .....(14 bodova)

ako je uradio izvod za prizmu i kut devijacije dobiva još: (2 boda)