

6.4. – 10.4. 2020. god.

Fizika 3. raz. SŠ

Nastavna cjelina: Fizikalna optika

Nastavna jedinica: Priroda svjetlosti, interferencija svjetlost i ogib svjetlosti

Broj sati: 2 sata

Literatura: Š. Tomas, Fizika 3; V. Paar, Fizika 3; Mikuličić-Varićak- Vernić, Zbrka zadataka iz fizike

1. PRIRODA SVJETLOSTI

U poglavlju u kojemu smo obrađivali geometrijsku optiku, naučili smo četiri osnovna zakona optike. Međutim, oni ne objašnjavaju prirodu svjetlosti. To čini fizikalna optika. Saznanja do kojih su došli fizičari kazuju da svjetlost ima dvojnju prirodu:

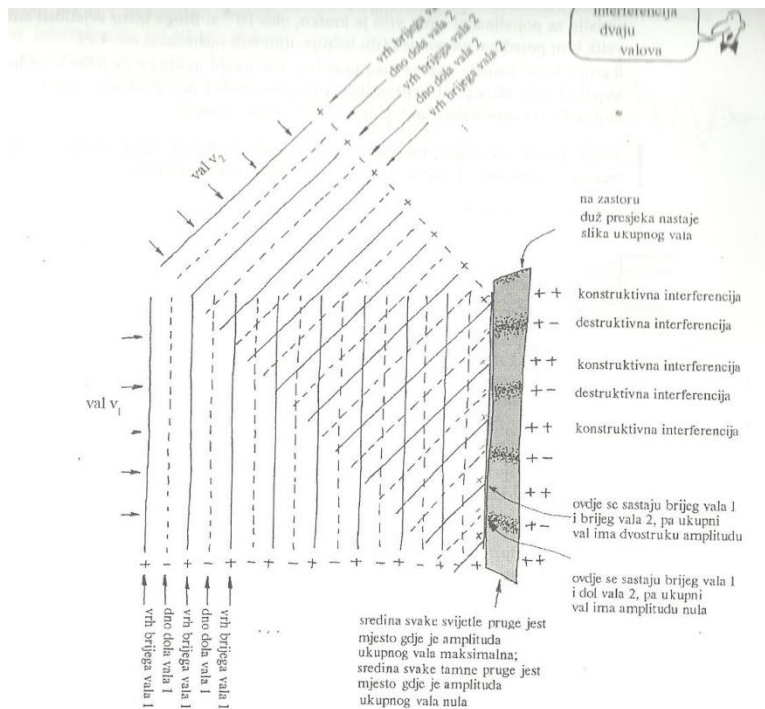
- valnu i
- čestičnu (korpuskularnu).

Dakle, prema valnoj teoriji svjetlost je val, a prema čestičnoj teoriji svjetlost je roj čestica koje izlijeću iz izvora svjetlosti. Valnu prirodu svjetlosti potvrđuju pojave interferencije, ogiba i polarizacije, koje ćemo raditi idućih sati. A čestičnu prirodu svjetlosti potvrđuje pojava koju nazivamo fotoelektrični učinak, ali taj dio gradiva ćemo obrađivati u četvrtom razredu.

2. INTERFERENCIJA SVJETLOSTI

Interferencija i ogib svjetlosti slični su pojavama interferencije i ogiba valova na vodi ili zvučnih valova.

Najprije ćemo pogledati interferenciju dvaju ravnih monokromatskih svjetlosnih snopova jednake svjetlosti. To znači da imamo dva snopa kojima su valne duljine i amplitude jednake i kojima su valne fronte međusobno paralelne (npr. laserski snop svjetlost).



Slika 1.

Na slici 1. prikazana je interferencija dvaju ravnih valova v_1 i v_2 koji se u nekom trenutku ukrštaju pod nekim kutom. Punim crtama su prikazani položaji vrhova bregova, a crtkano su prikazani položaji dna dolova. Svakom brijegu pridružen je predznak +, a svakom dolu predznak -, a ti predznaci označuju predznake odgovarajućih elongacija.

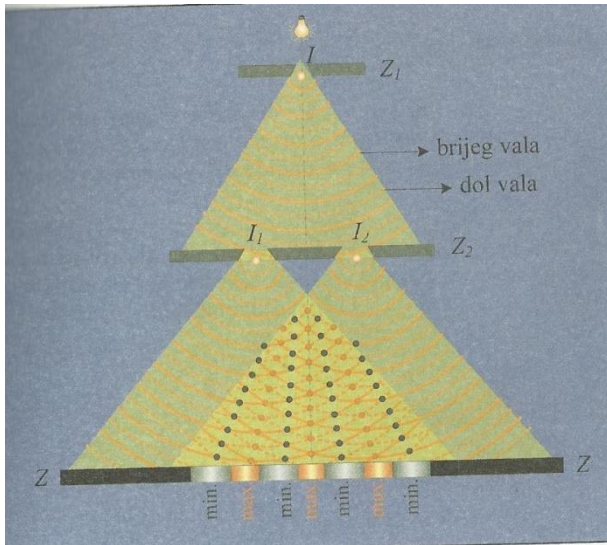
Na mjestima gdje se sastaju brijeg jednog vala s brijegom drugog vala nastaje konstruktivna interferencija. Tada je amplituda novonastalog vala jednaka zbroju amplituda ovih dvaju valova.

Slično, na mjestima gdje se sastaju brijeg jednog vala i dol drugog vala nastaje destruktivna interferencija. Tada je amplituda novonastalog vala nula, tj. valovi se međusobno poništavaju.

Takvim naizmjeničnim konstruktivnim i destruktivnim interferencijama dvaju valova nastaju *interferentne pruge*. Svjetle pruge nastaju na mjestima konstruktivne interferencije a to znači onda kada jedan val zaostaje za drugim valom cijeli broj valnih duljina, tj. $1\lambda, 2\lambda, 3\lambda, \dots, k\lambda$. A tamne pruge nastaju na mjestima destruktivne interferencije, što znači na mjestima gdje jedan val zaostaje za drugim neparan broj polovica valnih duljina, tj. $1\frac{\lambda}{2}, 3\frac{\lambda}{2}, 5\frac{\lambda}{2}, \dots, (2k-1)\frac{\lambda}{2}$, pri čemu je $k = 1, 2, 3, \dots$. Položaj interferentnih pruga se ne mijenja, iako se valne fronte gibaju uzduž svjetlosnih snopova.

- ODREĐIVANJE VALNE DULJINE SVJETLOSTI INTERFERENCIJOM

Prvi uređaj pomoću kojega se vidjela interferencija svjetlosti napravio je britanski fizičar Thomas Young. Pokus se izvodi na sljedeći način. Paralelan snop monokromatske svjetlosti iz izvora svjetlosti (npr. svjetiljka) pada okomito na prvu prepreku koja na sebi ima jednu rupicu (pukotinu). Svjetlost prolazi kroz tu usku pukotinu, te pada na drugu prepreku koja na sebi ima dvije pukotine, a potom i na zastor koji je postavljen iza druge prepreke.



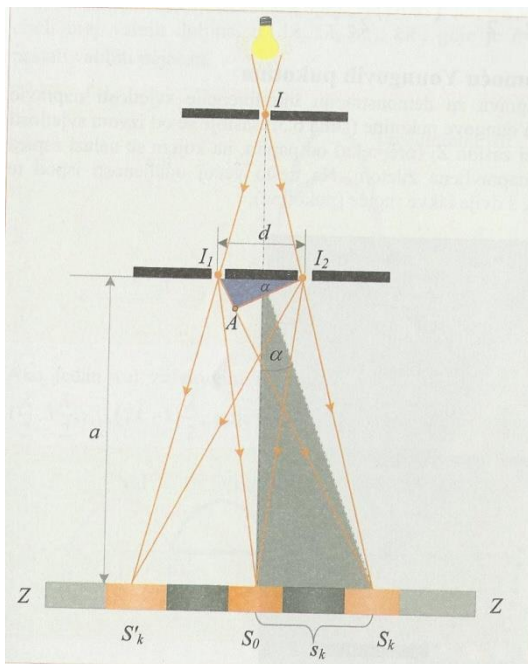
Slika 2.

Kada svjetlost ne bi bila val nego bi se gibala po pravcu, zastor bi ostao taman. Međutim, na zastoru nastaje niz svijetlih i tamnih pruga, a razlog tome je taj što zbog valne prirode svjetlosti, svaka uska pukotina na prepri djeluje kao točkasti izvor valova. To se vidi na slici; nacrtane su valne fronte u nekom trenutku, a između valnih fronta nalaze se dolovi.

Ako svjetlosni valovi iz pukotina na drugoj prepri padaju u neku točku na zastoru u kojoj je interferencija tih dvaju valova konstruktivna, na tom mjestu nastaje svjetlost. Isto tako, u nekoj točki zastora u kojoj je interferencija tih dvaju valova destruktivna, na tom mjestu zastora je tama.

Na ovaj način se na zastoru dobije niz izmjeničnih svijetlih i tamnih pruga, a koje nazivamo *interferentnim prugama*. Slika s interferentnim prugama zove se *interferentna slika*.

Da bismo odredili valnu duljinu svjetlosti, koristit ćemo se sljedećom slikom:



Slika 3.

I_1 i I_2 djeluju kao novi izvori svjetlosti na drugoj prepri. Oni će na zastoru dati svijetlu prugu S_0 , koja je središnji maksimum, jer su ta dva izvora podjednako udaljena od nje.

No, zrake svjetlosti koje dolaze u neku drugu točku S_k prelaze različite putove $I_1S_k - I_2S_k = I_1A$. Kada je ta razlika putova $I_1A = k\lambda, k = 1,2,3, \dots$ na zastoru nastaje svijetla pruga jer je ineterferencija konstruktivna.

Ako je, pak, $I_1A = (2k - 1)\frac{\lambda}{2}, k = 1,2,3, \dots$ na zastoru nastaje tamna pruga, jer je interferencija destruktivna.

Iz plavog trokuta na slici 3. Se može vidjeti da je:

$$I_1A = d \sin \alpha,$$

a kako je za svijetlu prugu

$$I_1A = k\lambda,$$

to dobijemo

$$k\lambda = d \sin \alpha.$$

Kako se radi o malim kutovima, iz sivoga trokuta možemo uzeti da je:

$$\sin \alpha = \frac{s_k}{a},$$

I kada ovo uvrstimo u prethodni izraz, dobijemo

$$k\lambda = d \cdot \frac{s_k}{a} \implies \lambda = \frac{d s_k}{k a},$$

Pri čemu je:

- s_k - udaljenost k-te svijetle pruge od središnje pruge,
- d - razmak između koherentnih izvora svjetlosti I_1 i I_2 ,
- a - udaljenost zastora od izvora svjetlosti.

Ako razmak između susjednih svijetlih pruga ili susjednih tamnih pruga označimo sa s , dobivamo:

$$\lambda = \frac{d s}{a}.$$

Na ovaj način, mjerenjem razmaka između pruga, razmaka između izvora svjetlosti i udaljenosti zastora od izvora svjetlosti možemo izračunati valnu duljinu svjetlosti.

Primjer 1.

Dva koherentna izvora svjetlosti valne duljine $5,89 \cdot 10^{-7} m$ daju sliku interferencije na zastoru udaljenom $1 m$ od izvora. Odredi razmak između dviju susjednih svijetlih pruga interferencije ako su izvori međusobno udaljeni $20 \mu m$.

$$\lambda = 5,89 \cdot 10^{-7} m$$

$$\lambda = \frac{d s}{a} \implies s = \frac{\lambda a}{d}$$

$$a = 1 m$$

$$s = \frac{5,89 \cdot 10^{-7} m \cdot 1 m}{20 \cdot 10^{-6} m}$$

$$d = 20 \mu m = 20 \cdot 10^{-6} m$$

$$s = 0,0295 m$$

$$s = ?$$

$$s = 2,95 c$$