



Fakultet elektrotehnike, strojarstva i brodogradnje

Studij računarstva

Fizika 2

Auditorne vježbe – 8

Fizikalna optika.

22. travnja 2009.

Ivica Sorić

(Ivica.Soric@fesb.hr)

Interferencija: konstruktivna i destruktivna

- ◆ Dio optike koji uzima u obzir valnu prirodu svjetlosti naziva se **fizikalna optika**.
- ◆ **Interferencija svjetlosti** je pojava superponiranja dvaju ili više valova svjetlosti.
- ◆ Primjer: interferencija svjetlosti iz dvaju izvora (s jakostima električnog polja elektromagnetskog vala E_1 i E_2 , i valom koji se širi u smjeru osi z)

$$E = E_1 + E_2 = E_{10} \sin(\omega t - kz_1) + E_{20} \sin(\omega t - kz_2)$$

uz $E_{10} = E_{20} = E_0$; $k(z_2 - z_1) = \varphi$; $k(z_1 + z_2) = \alpha$

$$\Rightarrow E = 2E_0 \cos \frac{\varphi}{2} \sin(\omega t - \alpha) = E_{012} \sin(\omega t - \alpha)$$



- ◆ Uvjet za **svijetlo** (konstruktivna interferencija) ima oblik:

$$n(z_2 - z_1) = m\lambda$$

- ◆ Uvjet za **tamu** (destruktivna interferencija) je:

$$n(z_2 - z_1) = (2m + 1) \frac{\lambda}{2}$$

pri čemu m poprima vrijednost

$$m = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots$$

- ◆ Dva koherentna linearno polarizirana vala s okomitim ravninama polarizacije ne mogu interferirati

Youngov pokus

- ◆ **Youngov eksperiment** (eksperimentalni dokaz interferencije svjetlosti): svjetlost iz monokromatskog izvora pada na prvi zaslon s uskom pukotinom, koja dalje služi kao izvor svjetlosti. Svjetlost iz tog izvora pada na drugi zaslon s dvije uske **pukotine** (**širine a**) **na malom razmaku (d)**, koji služe kao sekundarni monokromatski točkasti izvori koji su koherentni. Iza zaklona nastaje prekrivanje snopova svjetlosti koji se šire od tih izvora, pa se javlja interferencija. **Na zastoru na udaljenosti D** od pukotina vide se tamne i svijetle pruge interferencije. Na zastoru se pojavljuje svjetlo ako je razlika hoda cjelobrojni višekratnik valnih duljina svjetlosti.

$$nd \sin \theta = m\lambda$$

Svijetle pruge

$$nd \sin \theta = (2m + 1) \frac{\lambda}{2}$$

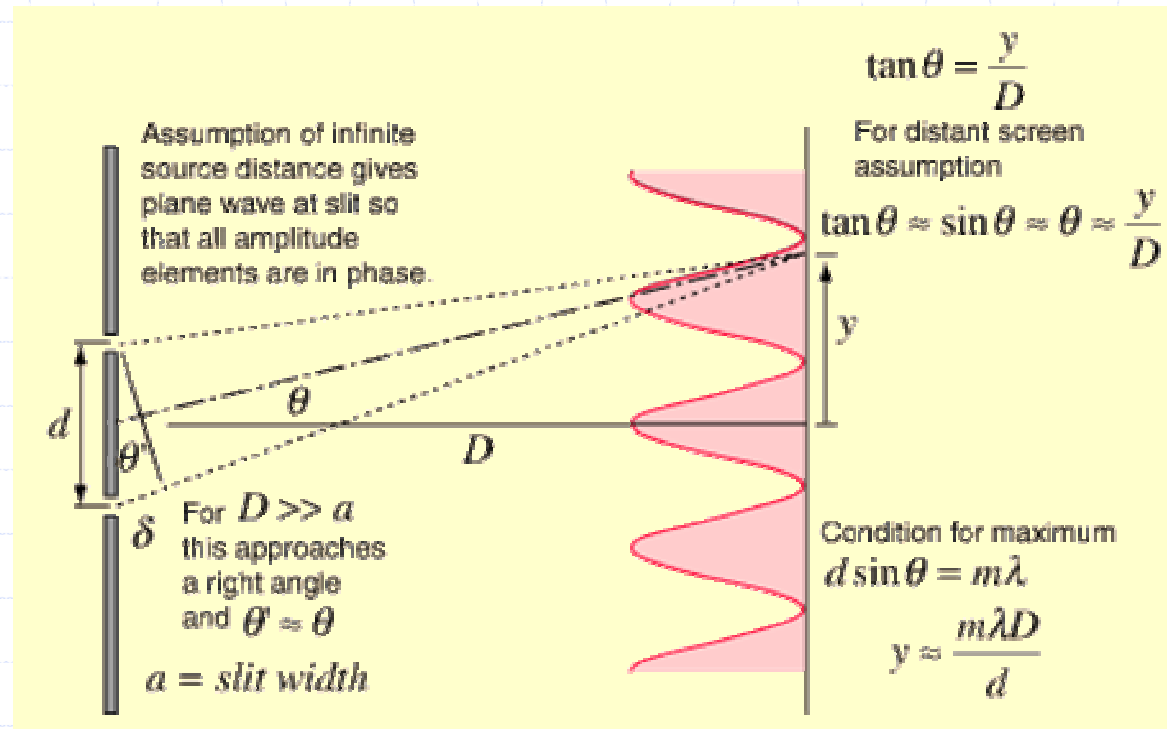
Tamne pruge

$$a \ll D$$

$$y = m \frac{D\lambda}{d}, \quad m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$$

Udaljenost maksimuma od središta zastora

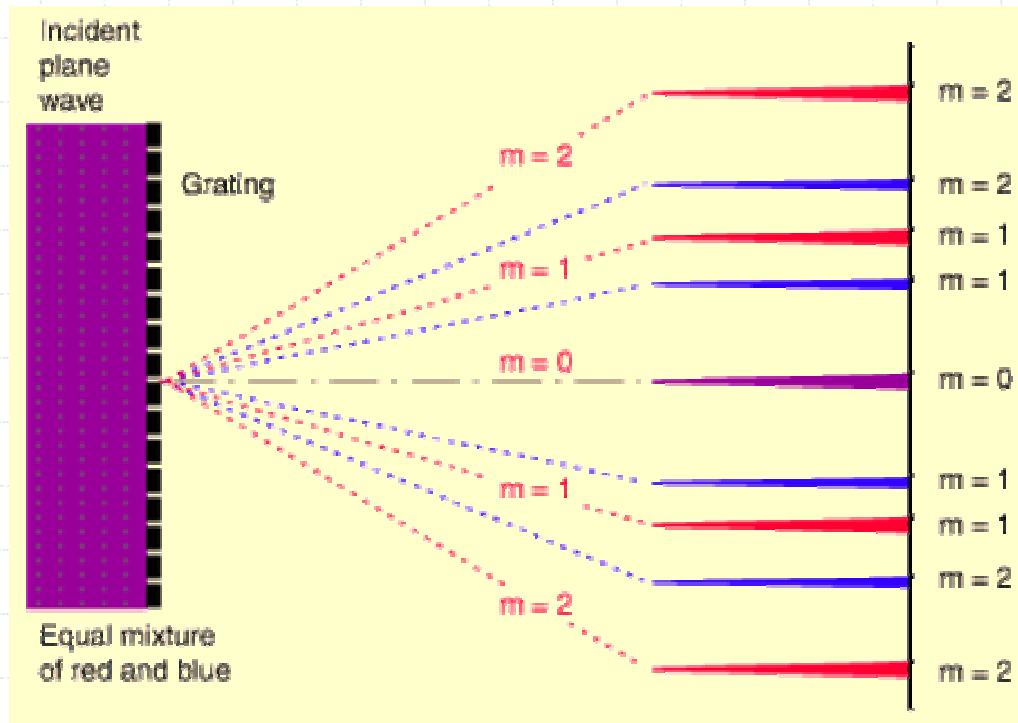
Youngov pokus -intenzitet



$$I = I_o \cos^2\left(\frac{\pi d \sin \theta}{\lambda}\right)$$

Ogibna rešetka

- ◆ Ogibna rešetka je uređaj koji se sastoji od niza ekvidistantnih uskih pukotina, svaka pukotina je širine a , a razmak između susjednih pukotina je d (d -konstanta rešetke)

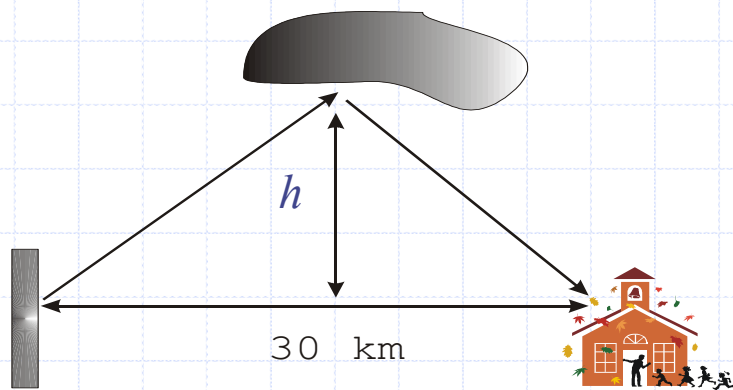


Optička rešetka se koristi kao uređaj za precizno mjerenje valne duljina. Mogućnost razlučivanja raste s redom ogiba (m)

$$d \sin \theta = m\lambda, m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots \quad \text{položaji principalnih maksimuma}$$

Primjer 1

- Valovi iz radio stanice mogu doseći kućnu antenu slijedeći dva puta. Jedan je duž pravca između predajnika i kuće, koji iznosi 30 km. Drugi put nastaje refleksijom na olujnom oblaku. Pretpostavlja se da se refleksija događa u točki koja je na pola puta između predajnika i prijemnika (15 km). Valna duljina valova koje odašilje predajnik je 3m, nađite minimalnu visinu oblaka koja će proizvesti destruktivnu interferenciju između direktnog i reflektiranog snopa (uzmite da nema skoka u fazi).



◆ Rješenje: $h=150$ m

Primjer 2

- ◆ Dva koherentna izvora udaljena L metara šalju valove valne dužine $\lambda \ll L$, jedan prema drugom uzduž pravca koji ih povezuje. Naći položaje točaka maksimuma intenziteta između tih dvaju izvora ako su izvori u fazi.

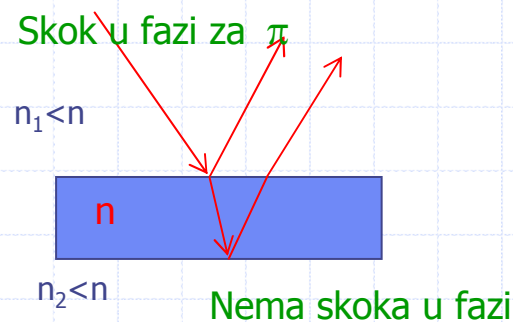


- ◆ Rezultat: $x = \frac{L - k\lambda}{2}$

Primjer 3

- Na površinu tankog filma debljine 250 nm i indeksa loma 1,5 upada okomito bijela svjetlost. Koje će se valne duljine iz vidljivog spektra pojačati konstruktivnom interferencijom?

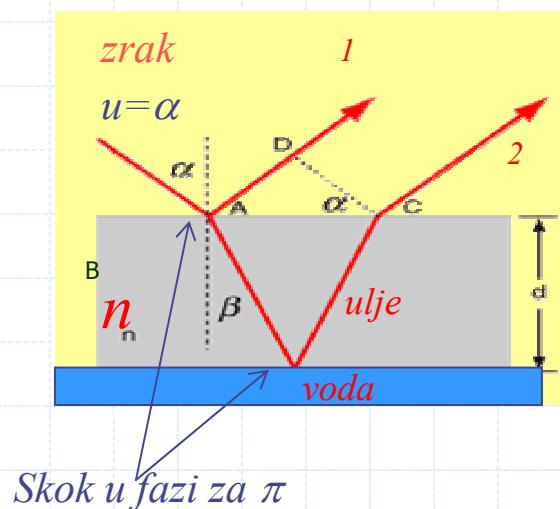
(Što treba imati na umu: Elektromagnetski val dobiva skok u fazi za π kad se reflektira na optički gušćem mediju (medij sa većim indeksom loma.) Pri refleksiji na vodljivoj površini također se javlja skok u fazi za π .)



- Rezultat: $\lambda = 500 \text{ nm}$

Primjer 4

- ◆ Razlivena mala količina ulja na površini vode može imati vrlo tanki, intenzivno obojeni sloj. Boja tog sloja ovisi o kutu pod kojim ga se promatra. a.) Nađite za koju valnu duljinu nastaje konstruktivna interferencija kada bijela svjetlost upada pod kutom u na tanki sloj debljine d i indeksa loma n (indeks loma n je manji od indeksa loma vode a veći od indeksa loma zraka) b.) Ako je debljina sloja $d=0,26 \mu\text{m}$, indeks loma $n=1,32$, nađite pod kojim kutom gledanja bi taj sloj bio: crven ($\lambda=680 \text{ nm}$), žut ($\lambda=590 \text{ nm}$) i zelen ($\lambda=540 \text{ nm}$).



- ◆ Rezultat: a.) $\lambda = \frac{2d}{k} \sqrt{n^2 - \sin^2 u}$ b.) $\theta_{cr} = 10^\circ 22'$, $\theta_{\text{žuta}} = 42^\circ 25'$, $\theta_{\text{zelen}} = 54^\circ 34'$

Primjer 5

- ◆ U Youngovom eksperimentu dvije su pukotine udaljene $d=0.15 \text{ mm}$ a pruge interferencije uhvaćene su na zastoru 75 cm udaljenom od pukotine. Četvrta svjetla pruga nađena je na udaljenosti $1,1 \text{ cm}$ od centralne pruge. Izračunati iz navedenih podataka valnu dužinu upotrebijene svjetlosti.

- ◆ Rezultat: $\lambda=550 \text{ nm}$

Primjer 6

- ◆ Kolika je razlika u kutu otklona između plave (435,8 nm) i zelene (546,1 nm) živine linije u spektru prvog reda, ako svjetlo pada okomito na optičku rešetku koja ima 4000 linija na cm?

- ◆ Rezultat: $\Delta\theta = 2^\circ 35'$

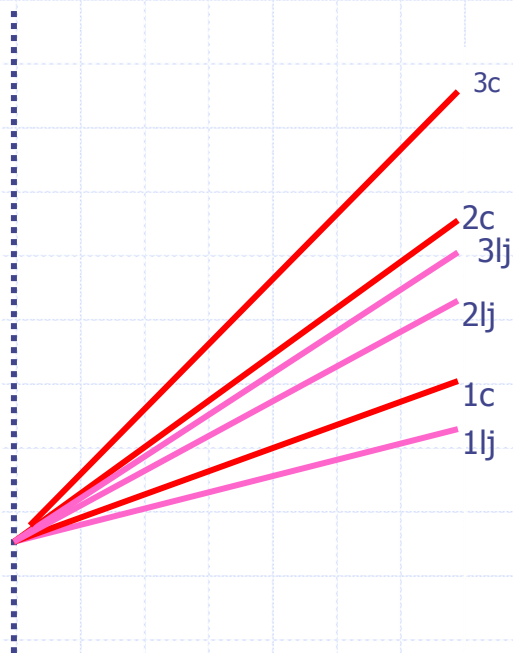
Primjer 7

- ◆ Zelena svjetlost valne dužine 540 nm pada okomito na optičku rešetku sa 2000 linija po centimetru.
 - Pod kojim se kutom (s obzirom na smjer upadne svjetlosti) pojavljuje difrakcijska slika prvog, drugog i trećeg reda?
 - Koliki je maksimalni mogući red difrakcije?

◆ Rezultati: a) $\Theta_1=6^\circ 12'$, $\Theta_2=12^\circ 28'$, $\Theta_3=18^\circ 54'$ b) $m_{\max}=9$

Primjer 8

- ◆ Na ogibnu rešetku s 50 zarezna na 1 mm pada okomito paralelni snop bijele svjetlosti. a.) kolika je kutna razlika između kraja spektra prvog reda i početka spektra drugog reda. b.) Koliki je kut preklapanja spektra drugog i trećeg reda. Uzeti da su valne dužine krajnjih crvenih i ljubičastih valova: 760 nm i 400 nm .



- ◆ Rezultati: a) $\theta_{2lj} - \theta_{1c} = 6' 53''$, b) $\theta_{3lj} - \theta_{2c} = -55' 8''$

Primjer 9

- ◆ Nađite valnu duljinu monokromatske svjetlosti koja pada na optičku rešetku konstante $2,2 \mu\text{m}$, ako je kut između pravca maksimuma prvog i drugog reda 15° . Koliki je taj kut ako je sistem smješten u vodu, indeks loma vode je $4/3$.

- ◆ Rezultat: $\lambda = 534 \text{ nm}$, $\Delta\theta = 10,86^\circ$

Zadaci za vježbu

- ◆ V. Henč-Bartolić i dr.: *Riješeni zadaci iz valova i optike*, Poglavlje 6 (str. 110-136)