

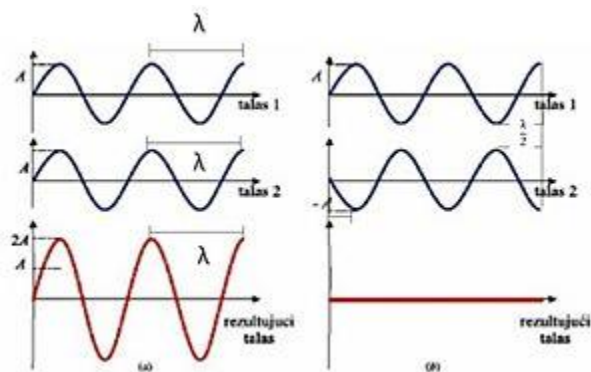
INTERFERENCIJA SVETLOSTI

Interferencija svetlosnih talasa je slaganje dva ili više svetlosnih talasa, pri čemu rezultujući talas ima u nekim tačkama manji, a u nekim tačkama veći intenzitet u odnosu na zbir intenziteta pojedinih talasa. Na taj način pri slaganju talasa dolazi do slabljenja ili do pojačanja intenziteta talasa u odnosu na prvobitni intenzitet talasa.

Ova raspodela minimalnih i maksimalnih intenziteta je na određeni način pravilna i predstavlja efekat interferencije (interferencionu sliku).

Fazna razlika talasa emitovanih sa prirodnih svetlosnih izvora se menja brzo i nepredvidivo, pa su takvi talasi koherentni samo za vreme trajanja jedne talasne povorke (oko 10^{-8} s) pa je toliko trajanje i interferentne slike koja se zatim menja. Naše oko, kao ni ostali detektori svetlosti ne može da prati tako brze promene, već usrednjava te promene intenziteta i umesto ekrana na kome postoji stalno promenljiva interferentna slika vidi ravnomerno osvetljen ekran. Da bi došlo do pojave interferencije talasi pored toga što moraju biti koherentni moraju biti i na isti način polarizovani, tj. njihovi vektori električnog polja moraju biti kolinearni.

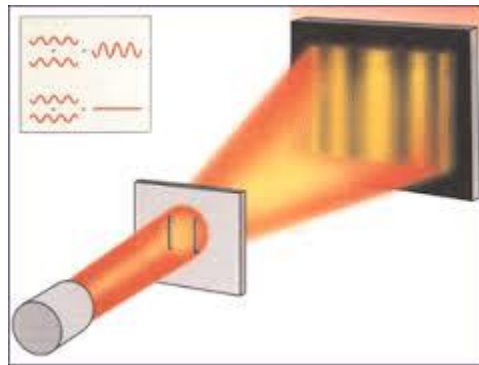
Interferencijom dva ili više svetlosnih talasa nastaje novi talas. Interferencija može biti konstruktivna i destruktivna u zavisnosti od razlike u fazama dva snopa svetlosti.



Slika a) Prikaz konstruktivne interferencije, b) Prikaz destruktivne interferencije

Do **konstruktivne interferencije** dolazi kada nema razlike u fazama dva talasa. Iz ta dva svetlosna talasa spajanjem nastaje jedan talas koji ima veću amplitudu. Tu dolazi do maksimalnog jačanja svetlosnog talasa. **Destruktivna interferencija** se javlja kada je fazna razlika jednaka polovini perioda oscilovanja. Pri tome dolazi do maksimalnog slabljenja svetlosnog talasa.

Intenzitet svetlosti na ekranu nije jednak zbiru intenziteta pojedinačnih svetlosnih talasa, već zavisi i od njihove fazne razlike, kao što je objašnjeno u prethodnoj glavi. Otuda se na ekranu vide naizmenično poredane svetle i tamne pruge, što predstavlja interferencionu sliku.



Slika Interferencionna slika

3.2 Uslov za interferenciju

Poznato je da kod superpozicije dva mehanička talasa možemo imati konstruktivnu i destruktivnu interferenciju. Kod konstruktivne interferencije rezultatna amplituda veća je od bilo koje amplitude individualnih talasa koji čine tu superpoziciju, a kod destruktivne interferencije imamo da je rezultatna amplituda manja od amplitude individualnih talasa.

Ako imamo dve sijalice postavljene jednu pored druge neće se formirati interferencionna slika na ekranu interferencija neće biti zato što su talasi jedne sijalice emitovani nezavisno od talasa iz druge sijalice. Svetlosni talasi iz ta dva svetlosna izvora nemaju konstantnu faznu razliku u vremenu, već važi da je fazna razlika funkcija od vremena $\delta = \delta(t)$. S obzirom da se fazna razlika svetlosti običnih izvora slučajno menja tokom vremena, važi da je $\langle \cos \delta(t) \rangle = 0$. Prema izrazu, tada je raspodela rezultujućeg intenziteta svetlosti jednaka zbiru intenziteta pojedinih svetlosnih talasa $I = I_1 + I_2$, pa nema interferencije.

Svaki prijemnik svetlosnih talasa ima karakteristično vreme prijema slike, t_k . Za ljudsko oko to vreme iznosi $t_k=0.2$ s. Za sve događaje koji se dese u toku 0.2s ljudsko oko usrednjeno vidi kao jednu sliku. To je vreme za koje prijemnik usrednjava svetlosne talase i na osnovu kojih formira sliku. Ako za prijemnik i za svetlosne talase važi da je

$$\langle \cos \delta(t) \rangle = 0, \text{ za } 0 < t < t_k$$

tada **nema** interferencije. Interferencija će se pojaviti na ekranu kada je ispunjeno da

$$\delta(t) = \text{const}, \text{ za } 0 < t < t_k$$

Da bi se opisao vremenski uslov za stvaranje interferencije, uvedimo vreme koherencije t' . To je vreme za koje se faza promeni za π , odnosno važi da je

$$\delta(t+t') - \delta(t) = \pi$$

Uslov za stvaranje interferencione slike je da

$$t' \gg t_k$$

Kada je ispunjen ovaj uslov tada će se pojaviti interreferenciona slika na ekranu (prijemniku).

Da bi imali održivu interferenciju koju možemo razmotriti, moraju biti zadovoljeni sledeći uslovi:

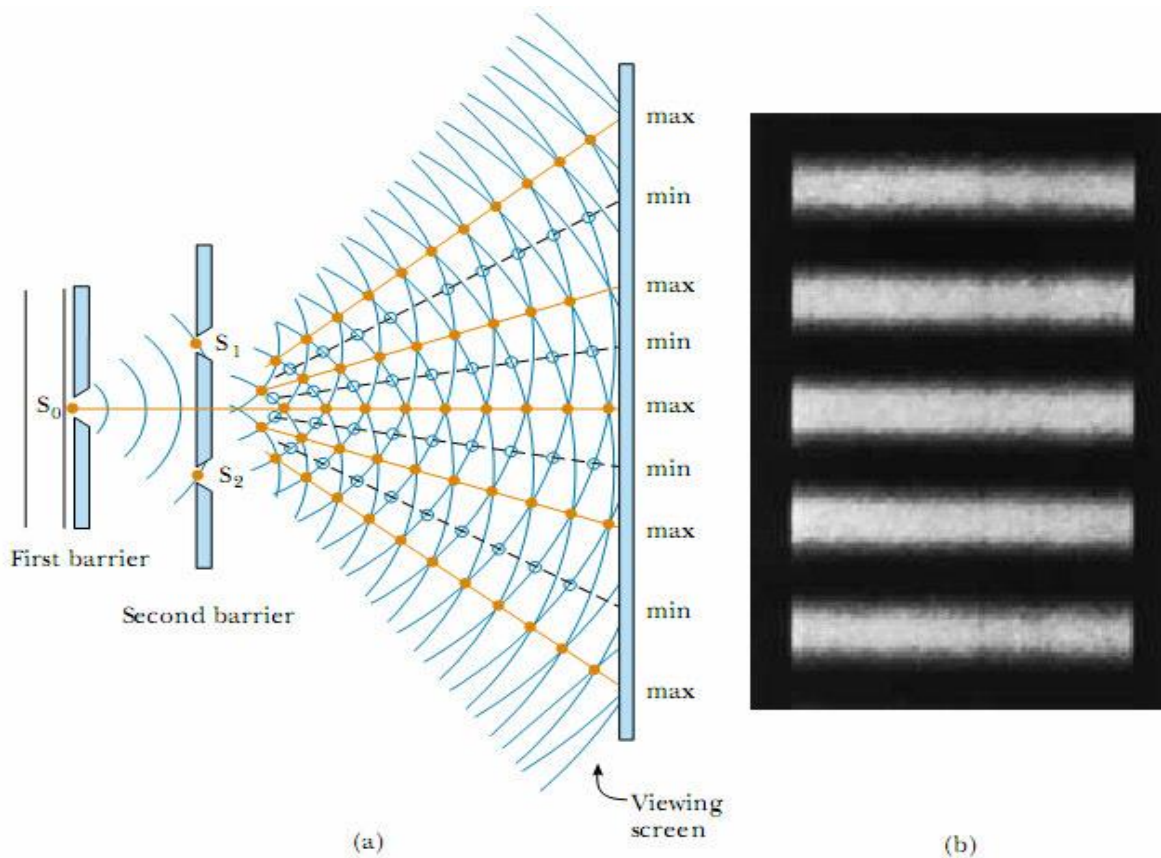
- izvor mora biti koherentan (razlika u fazi mora biti konstantna, jedna u odnosu na drugu),
- izvor bi trebao biti monohromatski (izvor jedne talasne dužine).

Da bi imali stabilni interferencijski uzorak moramo imati talase između kojih je fazna razlika konstantna. Izvori koji daju takvu svetlost nazivaju se laseri.

Od prirodnih izvora možemo dobiti dva izvora koherentne svetlosti koji formiraju interferencionu sliku i neki od primera biće predstavljeni u sledećem tekstu.

3.3 Jang- ov eksperiment

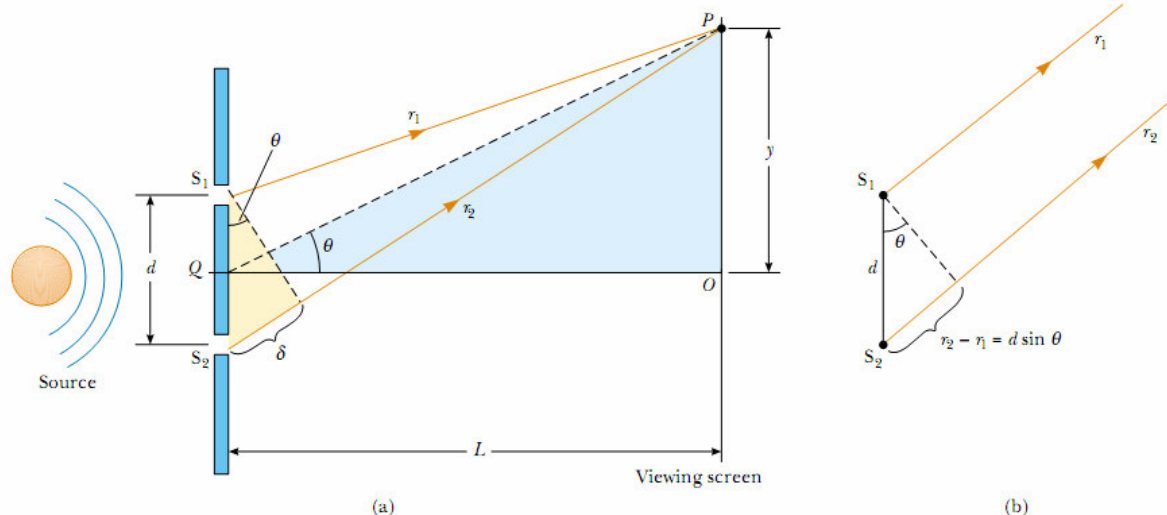
Interferenciju talasa svetlosti iz dva izvora prvi put je demonstrirao Thomas Young 1801. godine. Šematski prikaz aparature koju je koristio Yung dat je slikom:



Slika 3.3.1 Yungov eksperiment

Eksperiment se sastoji u sledećem: ulazna svetlost dolazi na prvu prepreku na kojoj se nalazi tanki zarez (prorez) S_0 . Talas koji nastaje iz tog proreza dolazi na drugu prepreku koja sadrži dva paralelna proreza S_1 i S_2 na međusobnom rastojanju d . Ova dva proreza služe kao koherentni izvori zato što talasi koji nastaju iz njih su iste talasne dužine i zbog toga imamo konstantnu razliku u fazi. Svetlost iz S_1 i S_2 stvaraju na ekranu vidljive svetle i tamne pruge.

Kada svetlost iz S_1 i iz S_2 dođe u neku tačku možemo primetiti konstruktivnu interferenciju kao svetlu liniju ili destruktivnu interferenciju kao tamnu liniju.



Slika Šematski prikaz Yung- ovog eksperimenta

Zaklon je postavljen na udaljenosti L od kružnih otvora S_1 i S_2 koji se nalaze na međusobnom rastojanju d , i izvor je monohromatski. Odredimo sada putnu razliku talasa od izvora S_1 i S_2 , koji se prostiru pravcima r_1 i r_2 .

Sa Slike 3.3.2. možemo napisati da važe sledeće relacije

$$r_1^2 = L^2 + (y - d/2)^2$$

$$r_2^2 = L^2 + (y + d/2)^2$$

Oduzimanjem ova dva izraza i zanemarujući član koji sadrži d^2 (zato što važi $d \ll L$) dobijamo sledeće

$$r_2^2 - r_1^2 = (r_2 - r_1)(r_2 + r_1) = 2yd$$

Pošto je $r_1 + r_2 = 2L$, kao konačno dobijamo

$$r_2 - r_1 = \frac{yd}{L}$$

Prethodni izraz predstavlja razliku optičkih puteva talasa (za vazduh $n=1$) iz svetlosnih izvora S_1 i S_2 , pa je fazna razlika δ jednaka:

$$\delta = \frac{2\pi}{\lambda} \left(\frac{yd}{L} \right)$$

Ako je δ nula ili neki celi broj množitelj punog ugla, $\delta = 2m\pi$, tada su dva talasa u tački P u fazi i kao rezultat dobijamo konstruktivnu interferenciju.

Prema tome uslov za svelte linije, tj. za konstruktivnu interferenciju u tački P biće:

$$\frac{yd}{L} = m\lambda, \text{ za } m = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots$$

Broj m je **redni broj**. Centralni svetli maksimum uočavamo kada je $m=0$ i ovaj maksimum se zove nulti maksimum. Prvi maksimum sa svake strane se dobija kada je $m = \pm 1$, i on se naziva maksimum rednog broja jedan itd.

Kada je fazna razlika δ jednaka π , tada dva talasa dolaze u tačku P i daju destruktivnu interferenciju ($\cos(\pi + 2m\pi) = -1$). U tački P izraz za destruktivnu interferenciju ili tamne linije glasi:

$$\frac{yd}{L} = \left(m + \frac{1}{2} \right) \lambda, \text{ za } m = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots$$

Koristeći prethodne izraze možemo odrediti koordinate položaja svetlih i tamnih pruga interferencione slike na ekranu

$$y_{\max} = m \frac{L}{d} \lambda$$

Koristeći jednačinu koja daje uslov za destruktivnu interferenciju i jednačinu za svelte linije, dobijamo izraz za nalaženje lokacije tamnih linija:

$$y_{\min} = \left(m + \frac{1}{2} \right) \frac{L}{d} \lambda$$

Intenzitet pruga interferencije se može predstaviti grafički prema relaciji (2.3.6) u funkciji od fazne razlike δ . Pretpostavljajući da su intenziteti svetlosti koja se emituje sa oba proreza jednaki, relacija (2.3.6) se svodi na

$$I = 2I_0(1 + \cos \delta)$$