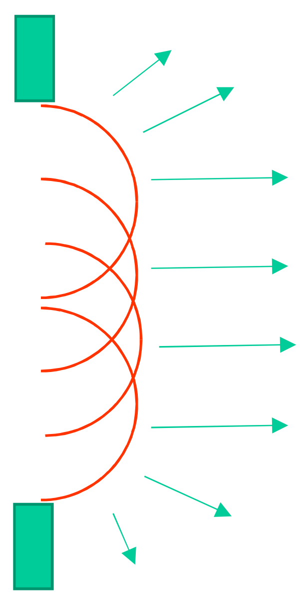
3. DIFRAKCIJA TALASA

3.1 Osnovni pojmovi o difrakciji

- **Difrakcija predstavlja promenu pravca prostiranja talasa praćenu ulaskom talasa u oblast geometrijske senke.**

Ova pojava nastaje prostiranjem talasa kroz oblast u kojoj postoje nehomogenosti. Prodiranje svetlosti u oblast geometrijske senke objašnjava se pomoću Hajgensovog principa.

- **Po Hajgensovom principu svaki delić sredine pogođen talasom postaje i sam izvor novog talasa.**



Difrakcija je posebno izražena pri nailasku talasa na oštre granice u supstancijalnoj sredini, ili pri nailasku na prepreke čije su dimenzije bliske (uporedive) sa talasnom dužinom datog talasa.

3.2 Frenelova difrakcija

Razmotrimo difrakciju koja nastaje prolaskom svetlosti kroz oštar prorez na zaklonu. Pri tome postoje dva karakteristična slučaja:

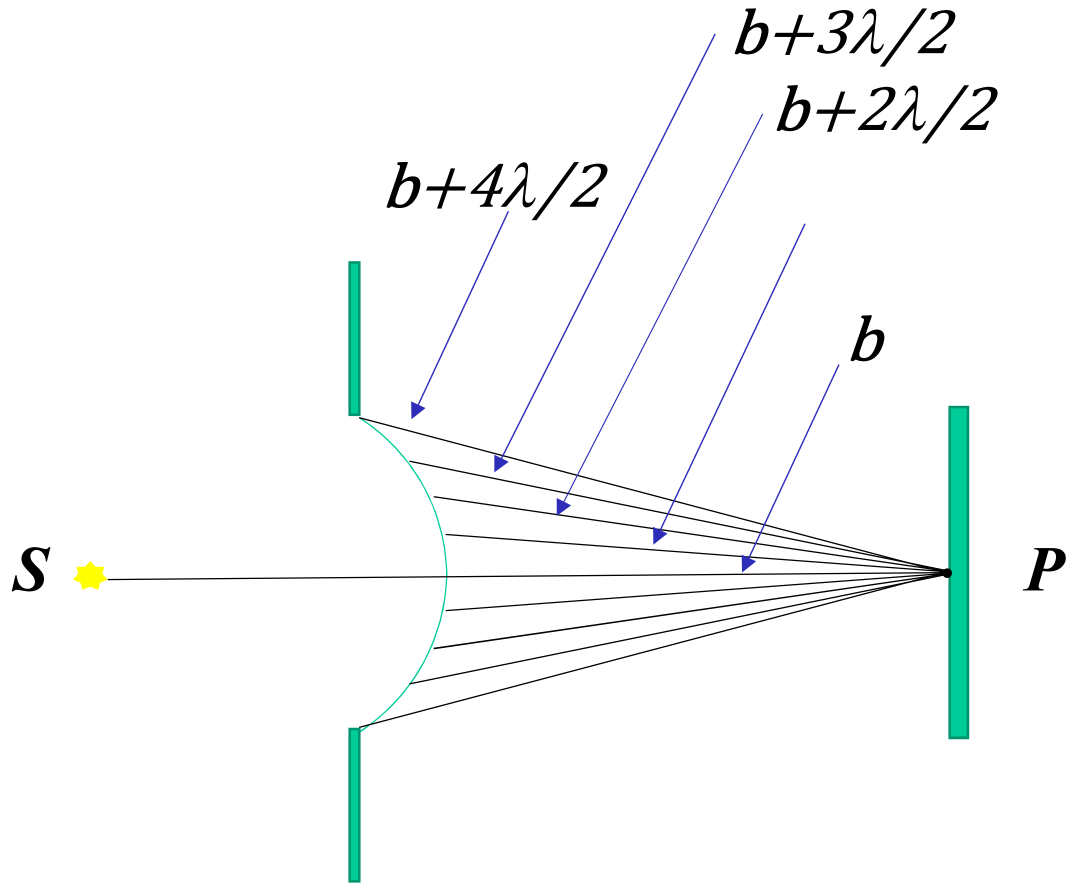
- **ako su izvor svetloti *S* i tačka posmatranja *P* dovoljno udaljeni tako da u tačku *P* pada snop paralelnih zrakova, govorimo o Fraunhoferovoj difrakciji;**

- **ako ovaj uslov paralelnosti nije zadovoljen, odnosno , ako su tačke *S* i *P* relativno bliske, govorimo o Frenelovoj difrakciji.**

Mi ćemo se zadržati na razmatranju slučaja Frenelove difrakcije.

Talasnu površ na prorezu podelićemo na oblasti. Ove oblasti nazivaju se Frenelove zone. Frenelove zone su raspoređene tako da je svaka susedna zona za polovinu talasne dužine udaljenija od tačke posmatranja *P*.

Frenelove zone



Frenelova difrakcija na otvoru

Amplitude talasa koji dospevaju iz Frenelovih zona u tačku P, predstavljaju monotono opadajući niz.

$$A_1 > A_2 > A_3 > A_4 > \cdots > A_m > A_{m+1}$$

Imajući u vidu da se zone nalaze na rastojanjima koja se razlikuju za pola talasne dužine, amplitude talasa imaće različite predznake. Predstavićemo rezultujuću amplitudu na sledeći način:

$$A = A_1 - A_2 + A_3 - A_4 + \ldots.$$

Pogodnim grupisanjem članova u gornjem izrazu, dobija se

$$A = \frac{A_1}{2} + \left(\frac{A_1}{2} - A_2 + \frac{A_3}{2}\right) + \left(\frac{A_3}{2} - A_4 + \frac{A_5}{2}\right) + \ldots.$$

Amplitude su bliske po vrednosti i monotono opadaju. Možemo, sem toga, smatrati da je

$$A_m = \frac{A_{m-1} + A_{m+1}}{2}.$$

Kao posledica navedenog, vrednosti zagrada u izrazu za rezultujuću amplitudu u tački P jednake su nuli.

Razlikujemo dva karakteristična slučaja pri formiranju rezultujuće amplitude u tački P.

- Na prorezu se može formirati neparan broj Frenelovih zona. U tom slučaju rezultujuća amplituda u tački P ima vrednost

$$A = \frac{A_1}{2} + \frac{A_m}{2}. \longrightarrow$$ *formira se svetla mrlja u tački P*

- Na prorezu se može formirati paran broj Frenelovih zona. U tom slučaju rezultujuća amplituda u tački *P* ima vrednost

$$A = \frac{A_1}{2} + \frac{A_{m-1}}{2} - A_m. \longrightarrow$$ *formira se tamna mrlja u tački P*

Uopštenjem gornjih izraza dobija se

$$A = \frac{A_1}{2} \pm \frac{A_m}{2},$$

gde predznak + uzimamo u slučaju neparanog broja Frenelovih zona, a predznak - u slučaju paranog broja Frenelovih zona.

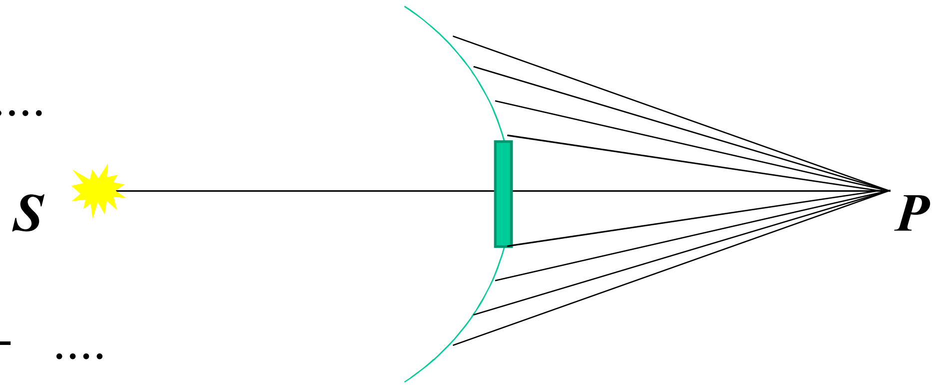
Frenelova difrakcija na zaklonu

U slučaju kada se umesto otvora, na putu svetlosti nalati zaklon, u oblasti izvan zaklona formiraju se Frenelove zone. Rezulujućoj amplitudi doprinosi neograničen broj Frenelovih zona.

$$A = A_{m+1} - A_{m+2} + A_{m+3} + \ldots$$

Odnosno

$$A = \frac{A_{m+1}}{2} + (\quad) + (\quad) + \quad \ldots$$



Kako članovi u zagradama ne daju doprinos, rezultujuća amplituda jednaka je polovini amplitude prve slobodne Frenelove zone.

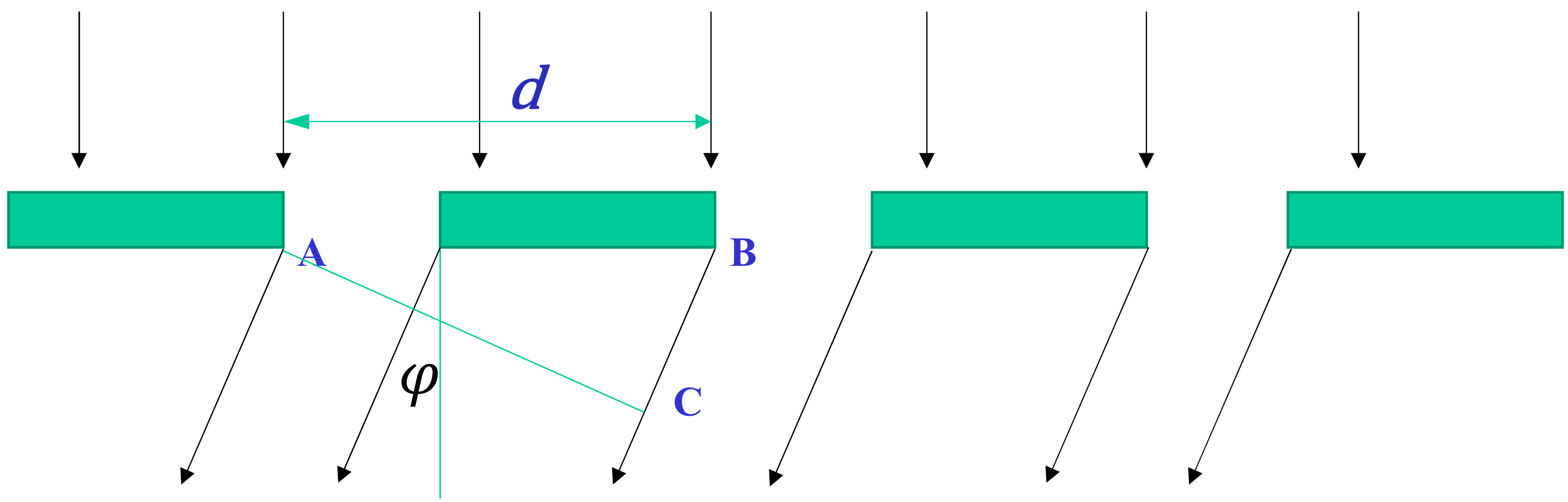
- **Kao posledica navedenog, u središtu geometrijske senke dobija se svetla mrlja.**

Arago je eksperimentalno dokazao postojanje svetle mrlje u središtu geometrijske senke.

3.3 Difrakciona rešetka

- Difrakciona rešetka predstavlja optički pribor koji sadrži veliki broj jednakih proreza postavljenih na jednakom rastojanju jedan od drugog. Rastojanje *d*, između sredina dva susedna proreza, naziva se period difrakcione rešetke.

Posmatraćemo ravan talas koji pada normalno na difrakcionu rešetku. Na prorezima difracione rešetke pobuđuje se veliki broj zona.



Nastala slika na ekranu, sa druge strane difrakcione rešetke, veoma je složena i sadrži veliki broj maksimuma i minimuma. Izdvajaju se dva tipa maksimuma: glavni i sporedni. Mi ćemo razmotriti uslove za formiranje glavnih difrakcionih maksimuma.

Iz geometrijskih uslova na prethodnoj slici, dobija se veza između perioda difrakcione rešetke i ugla skretanja talasa pri kojem se iza rešetke prostiru ravni talasi

$$BC = \Delta, \qquad \Delta = d\, sin\varphi.$$

Uslov za pojavu difrakcionog maksimuma dat je izrazom

$$\Delta = \pm m\, \lambda,$$

po kojem je optička razlika puteva jednaka celobrojnom umnošku talasnih dužina.

Konačno, pravci na kojima se formiraju glavni difrakcioni maksimumi su povezani sa rednim brojem difrakcionog maksimuma izrazom

$$d\, sin\varphi = \pm m\, \lambda.$$

Napomenimo, da je broj formiranih difrakcionih maksimuma konačan, kao i da intenziteti maksimuma opadaju sa udaljavanjem od centralnog.

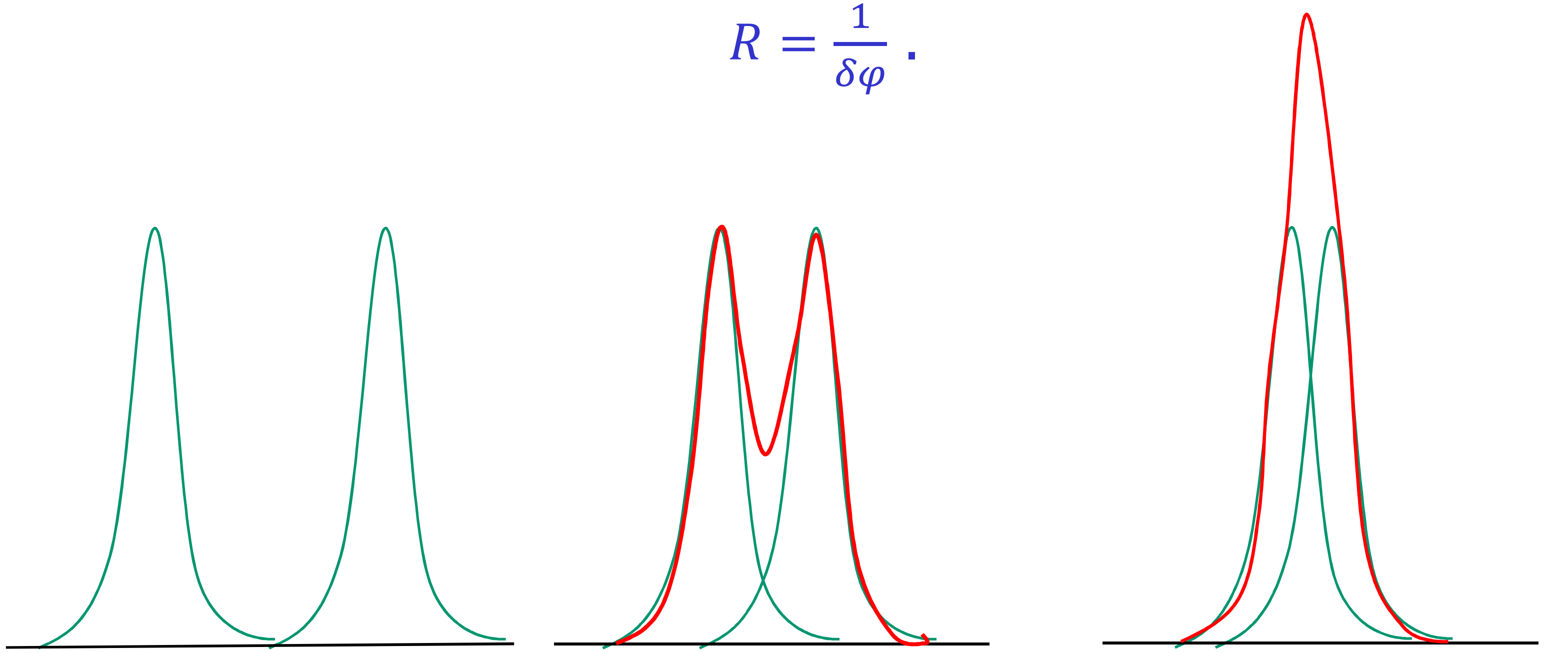
3.4 Moć razdvajanja optičkih pribora

Upoznali smo se sa posledicama difrakcije. Umesto jedne osvetljene tačke, na ekranu se formira lik koji sem centralnog maksimuma sadrži i maksimume višeg reda.

Centralni maksimum je prostorno lokalizovan i intenzitet svetlosti opada sa udaljavanjem od središta.

- Moć razdvajanja optičkih pribora predstavlja veličina R recipročna najmanjoj vrednosti ugla $\delta\varphi$ pri kojoj se dve tačke vide odvojeno.

$$R = \frac{1}{\delta\varphi} .$$



Po Relijevom kriterijumu, najmanje rastojanje pri kojem se dve tačke vide odvojeno je u slučaju kada se sredina centralnog difrakcionog maksimuma jedne tačke poklapa sa prvim difrakcionim minimumom druge tačke.

$$R \approx \frac{D}{\lambda},$$

Gde je D prečnik objektiva, a λ talasna dužina svetlosti.