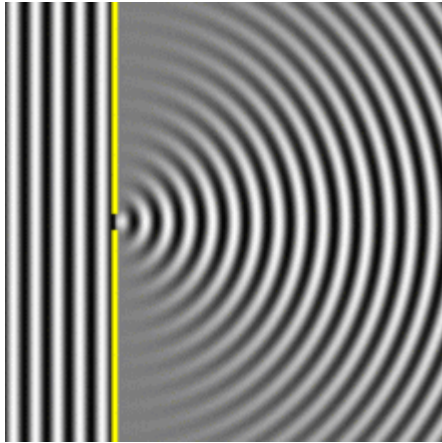


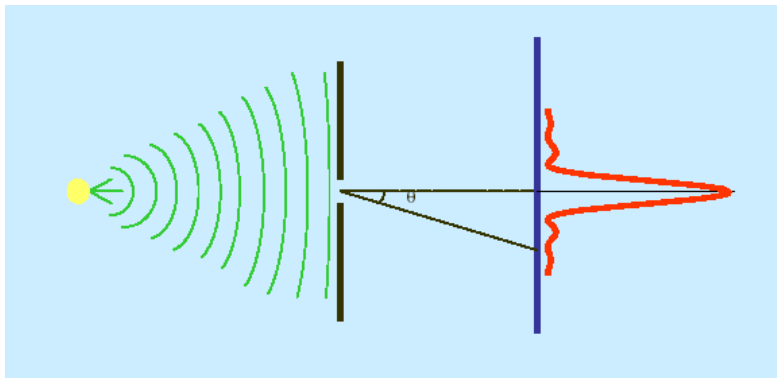
CAPITOLO 7

Diffrazione



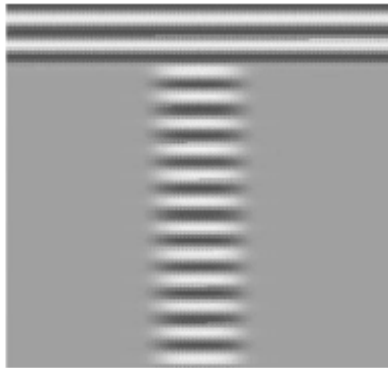


La diffrazione è un fenomeno che avviene tutte le volte che si ostacola un fronte d'onda e le dimensioni dell'ostacolo su uno schermo opaco sono confrontabili con le lunghezze d'onda della radiazione



Il fenomeno della diffrazione avviene con qualunque tipo di onda ma può essere più interessante lo studio della diffrazione delle onde luminose in quanto ne risulta più difficile l'osservazione a causa della piccola lunghezza d'onda ($\lambda = 0.4 \div 0.7\mu\text{m}$).

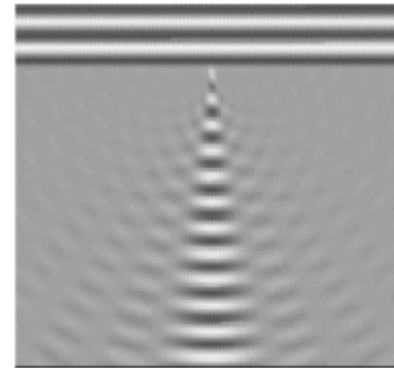
Cosa succede se facciamo passare un'onda attraverso fori di diametro a



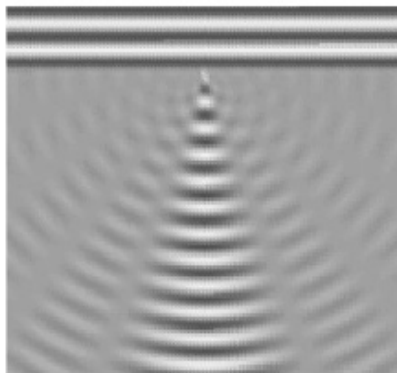
$$a \gg \lambda$$



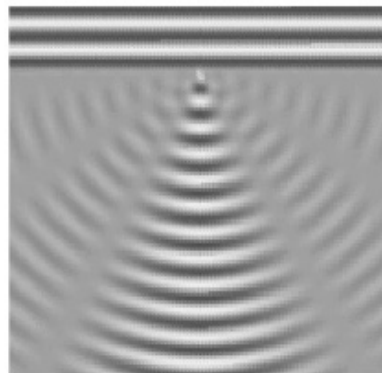
$$a \gg \lambda$$



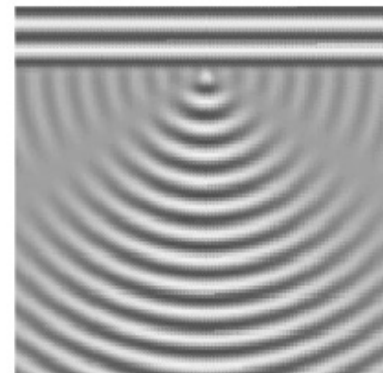
$$a > \lambda$$



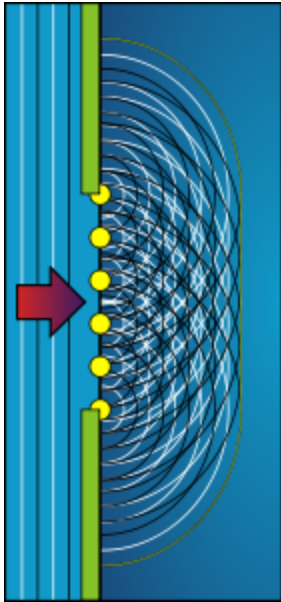
$$a \sim \lambda$$



$$a = \lambda$$

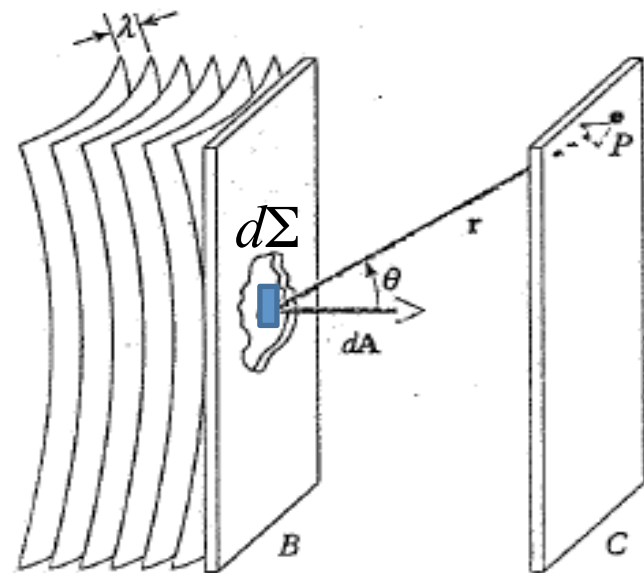


$$a < \lambda$$



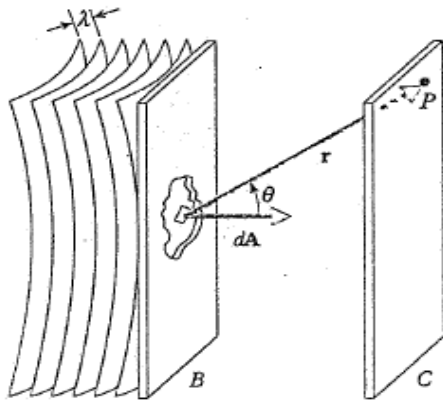
Un'onda piana ξ_0 incide su uno schermo opaco nel quale è praticato un foro di dimensioni confrontabili con la lunghezza d'onda della luce incidente

La superficie dell'apertura viene suddivisa in infiniti elementi d'area $d\Sigma$, ciascuno dei quali rappresenta una sorgente elementare di onde sferiche $d\xi$

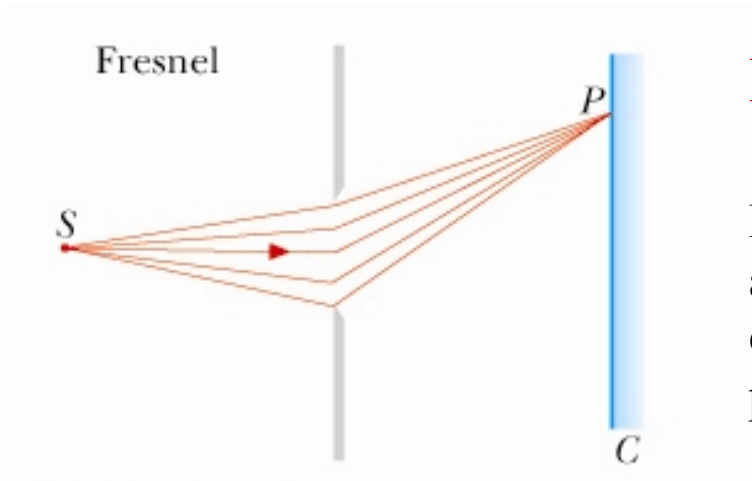


Nel punto P

Le sorgenti sono coerenti se la superficie del foro coincide con una parte del fronte d'onda incidente



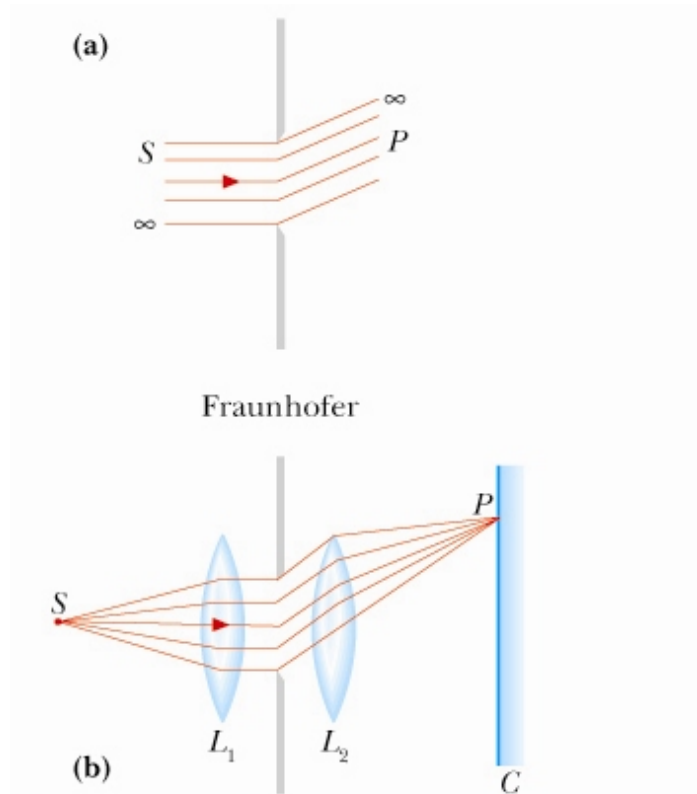
Distanza molto piccola. Quando lo schermo è molto vicino, le onde percorrono una piccola distanza dopo aver attraversato l'apertura, e i raggi divergono quindi molto poco. Gli effetti di diffrazione sono trascurabili e la figura sullo schermo corrisponde all'ombra proiettata dall'apertura.



Diffrazione di Fresnel

Distanza intermedia. Lo schermo si può trovare ad una qualunque distanza dall'apertura e i raggi che raggiungono e lasciano l'apertura non sono paralleli.

Diffrazione di Fraunhofer

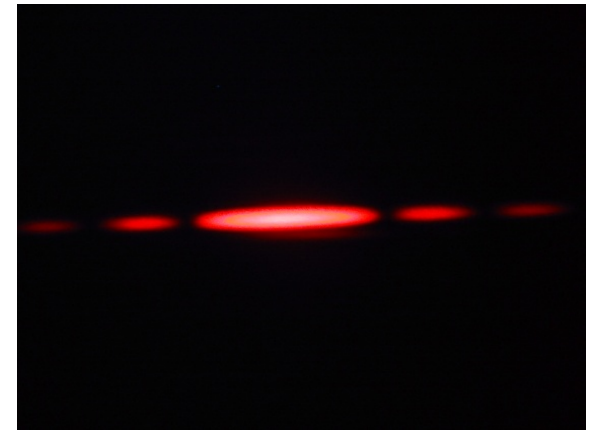
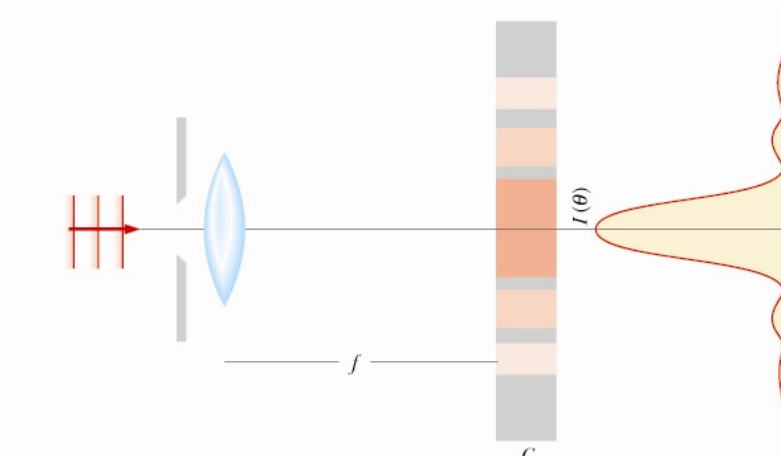


Lo schermo si trova lontano dall'apertura ed i raggi si possono considerare paralleli

Per ottenere in laboratorio questa configurazione si utilizzano due lenti convergenti

Schermo opaco con foro rettangolare di larghezza a

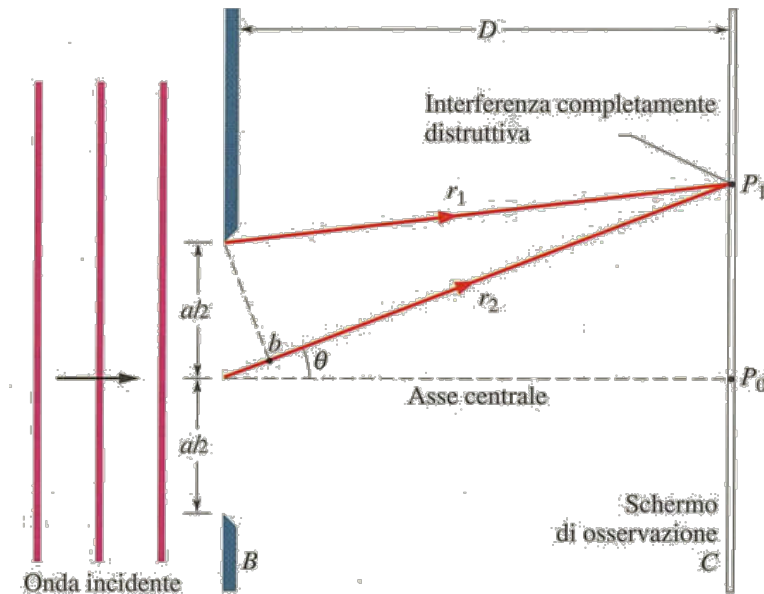
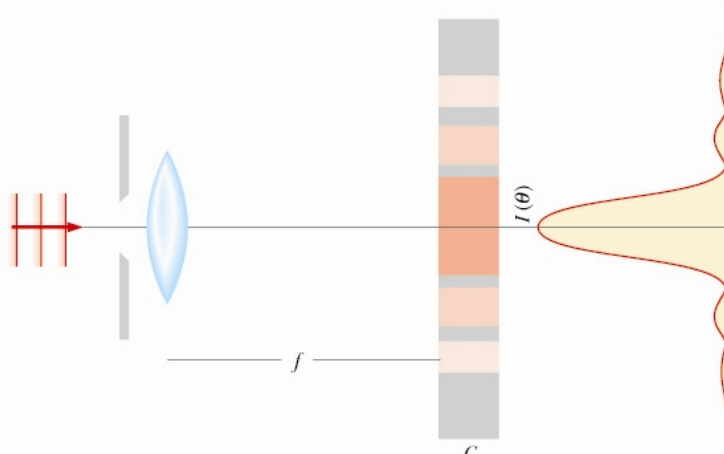
Sullo schermo si forma una figura di interferenza



I raggi che incidono sulla lente in direzione parallela all'asse ottico si sovrappongono in O, punto centrale coincidente con il fuoco di L_2 , percorrendo cammini ottici uguali

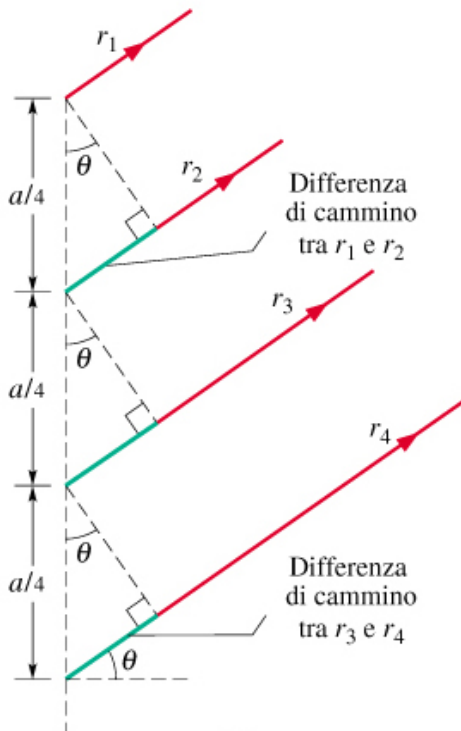
O massimo di intensità
massimo centrale
della figura di diffrazione

Sullo schermo si forma una figura di interferenza



$$\frac{a}{2} \sin \theta = \frac{\lambda}{2}, \quad a \sin \theta = \lambda$$

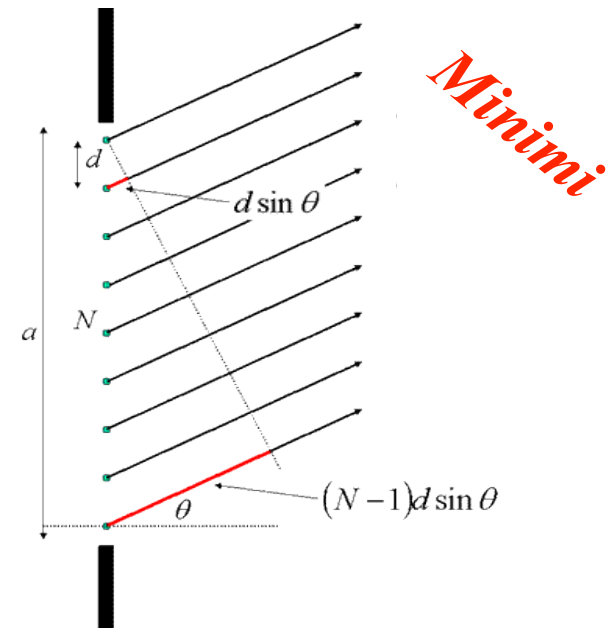
Consideriamo due raggi distanti $a/2$
interferiscono distruttivamente



Per onde generate da punti distanti $a/4$ fra loro, **l'interferenza distruttiva** si avrà quando

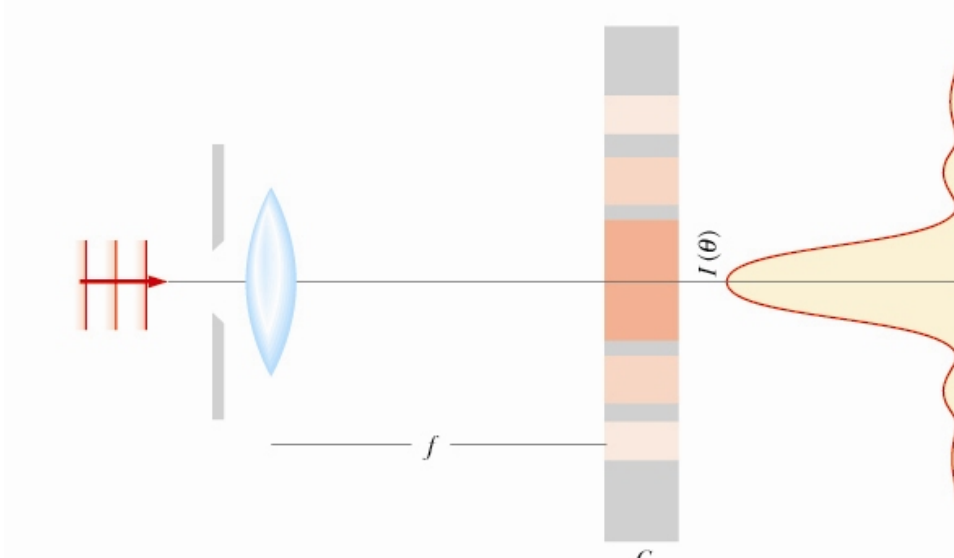
$$\frac{a}{4} \sin \theta = \frac{\lambda}{2}, \quad a \sin \theta = 2\lambda$$

Si può pensare la fenditura come formata da un grande numero di punti ciascuno sorgente di onde secondarie.



$$a \sin \theta = m\lambda, \quad m = 1, 2, 3, \dots$$

Nelle altre posizioni angolari l'intensità non è nulla

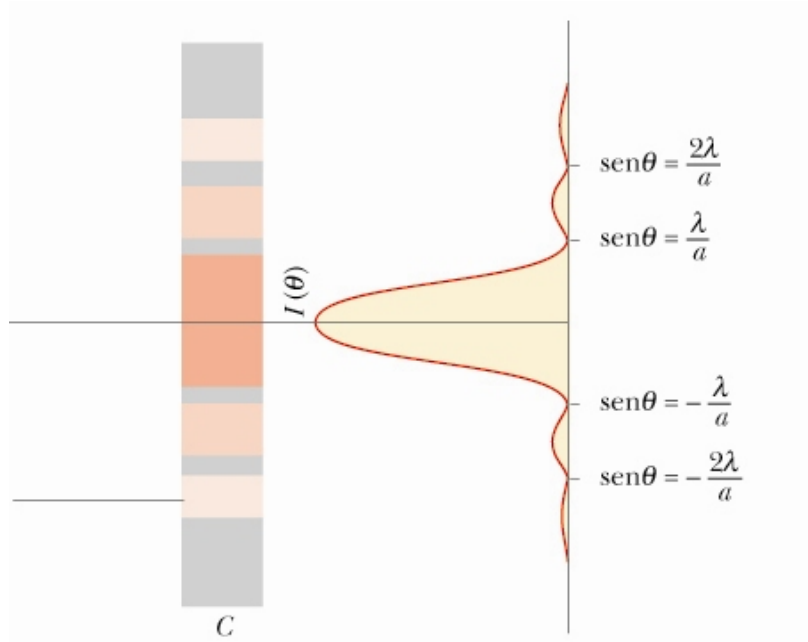


I massimi sono posti tra due minimi consecutivi, all'incirca a metà strada

$$a \sin \theta = \left(m + \frac{1}{2}\right)\lambda, \quad m = \pm 1, 2, 3, \dots$$

Circa 80% dell'intensità nel massimo centrale

Determinazione dei minimi di diffrazione



$$\text{sen}\theta = m \frac{\lambda}{a}, \quad m = \pm 1, \pm 2, \pm 3 \dots$$

Larghezza del
massimo centrale

$$\Delta(\text{sen}\theta) = \frac{2\lambda}{a}$$

Se θ piccolo $\Delta\theta = \frac{2\lambda}{a}$

Una fenditura di larghezza a è illuminata con luce bianca. Per quale valore di a il primo minimo relativo alla luce rossa ($\lambda = 650 \text{ nm}$) si ottiene in corrispondenza di un angolo $\theta = 15^\circ$?

Soluzione. Per il primo minimo poniamo $m=1$, così, risolvendo rispetto ad a , abbiamo:

$$a = \frac{m\lambda}{\sin \theta} = \frac{650 \text{ nm}}{\sin 15^\circ} = 2510 \text{ nm} = 2.51 \mu\text{m}$$

Per poter deviare la luce incidente di un angolo notevole ($\pm 15^\circ$), la fenditura deve essere molto stretta, circa quattro volte la lunghezza d'onda (e più fine di un capello umano che può avere, nel migliore dei casi, un diametro di $100 \mu\text{m}$).

Nell'esercizio precedente, qual è la lunghezza d'onda λ' della luce il cui primo massimo di diffrazione (escluso il massimo centrale) si ottiene per $\theta = 15^\circ$, coincidendo così con il primo minimo della luce rossa?

Soluzione.

I massimi secondari si trovano per

$$a \sin \theta = \left(m + \frac{1}{2}\right) \lambda, \quad m = \pm 1, 2, 3, \dots$$

Quindi
$$\lambda' = \frac{2}{3} a \cdot \sin 15^\circ = 0.6 \cdot 2.51 \cdot 10^{-6} \cdot 0.26 = 390 \text{ nm}$$

il colore di questa luce è violetto. Il primo massimo (escluso il centrale) per la luce di lunghezza d'onda 390 nm coinciderà sempre con il primo minimo della luce di lunghezza d'onda 650 nm, qualunque sia la larghezza della fenditura. Se la fenditura è relativamente stretta, l'angolo θ per il quale avviene questa sovrapposizione sarà relativamente grande