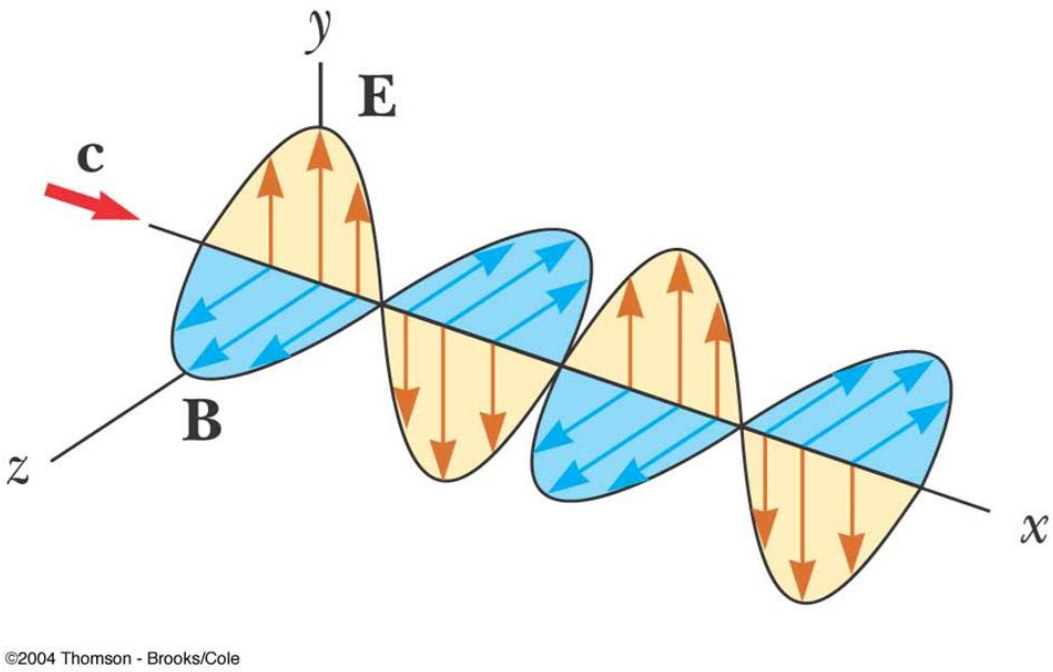
تداخل الضوء Interference



©2004 Thomson - Brooks/Cole

تُفسر ظاهرة التداخل عن طريق النظرية الموجية للضوء، وهي أن الضوء عبارة عن موجات كهرومغناطيسية تنتشر بسرعة c وبشكل جيبي. وتتكون الموجة من مركبتين كهربية ومغناطيسية متعامدتين.

تداخل الضوء Interference

- ينتج التداخل بسبب إلتقاء موجتين جيبيتين متساويتين في التردد، وتتحركان في نفس الاتجاه وبنفس السرعة ولكن بفرق طور ثابت مقداره ϕ يعتمد على فرق المسار δ بين الموجتين والطول الموجي λ:

$$\phi = \delta \, k$$

- حيث k هو العدد الموجي ويساوي $2\pi/\lambda$

تداخل الضوء Interference

- الشدة الضوئية النهائية للموجة الناتجة من التداخل هي:

$$I = 4I_o \cos^2\left(\frac{\phi}{2}\right)$$

- حيث I_o الشدة قبل التداخل

تداخل الضوء Interference

أعلى قيمة للشدة تكون عندما $I = 4I_o$ أي أن $\cos^2\left(\frac{\phi}{2}\right) = 1$

وهذا يكون إذا كانت

$$\frac{\phi}{2} = 0, \pm\pi, \pm 2\pi, \pm 3\pi, ... = (m\pi)$$

حيث:

$$m = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, \pm 4, ...$$

إذا شرط التداخل البناء هو:

$$\delta = m\lambda$$

تداخل الضوء Interference

وأدنى قيمة للشدة تكون عندما $I = 0$ أي أن $\cos^2\left(\frac{\phi}{2}\right) = 0$

وهذا يكون إذا كانت $\frac{\phi}{2} = \pm\frac{1}{2}\pi, \pm\frac{3}{2}\pi, \pm\frac{5}{2}\pi, ... = \left(m + \frac{1}{2}\right)\pi$

حيث: $m = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, \pm 4, ...$

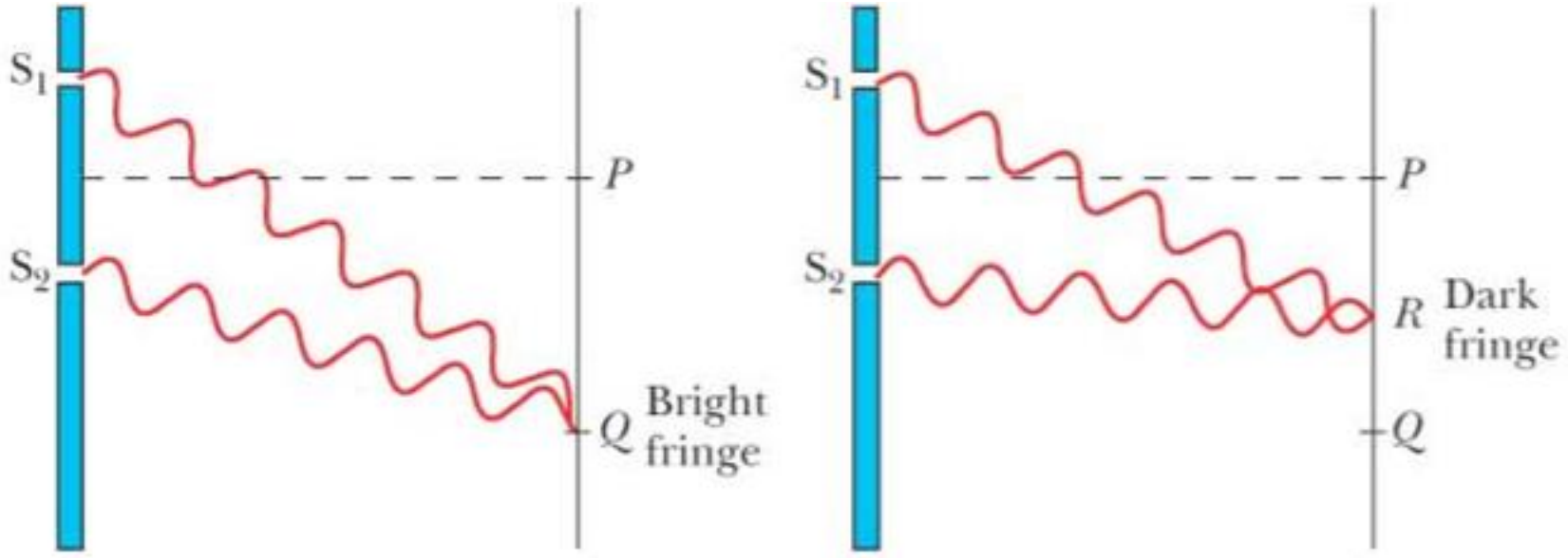
إذا شرط التداخل الهدام هو:

$$\delta = \left(m + \frac{1}{2}\right)\lambda$$

تداخل الضوء Interference

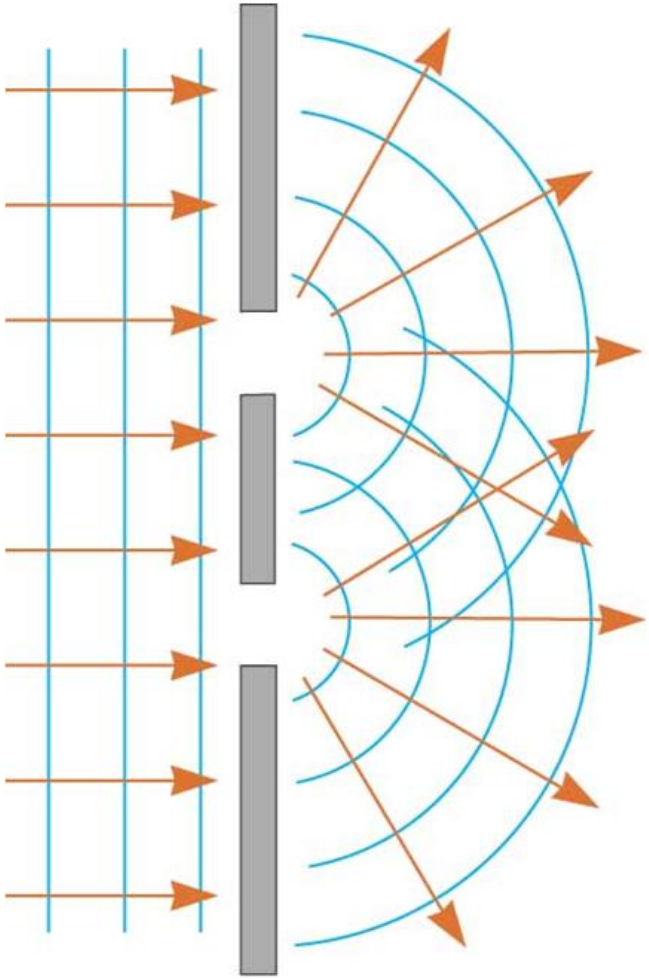
شقا يونج

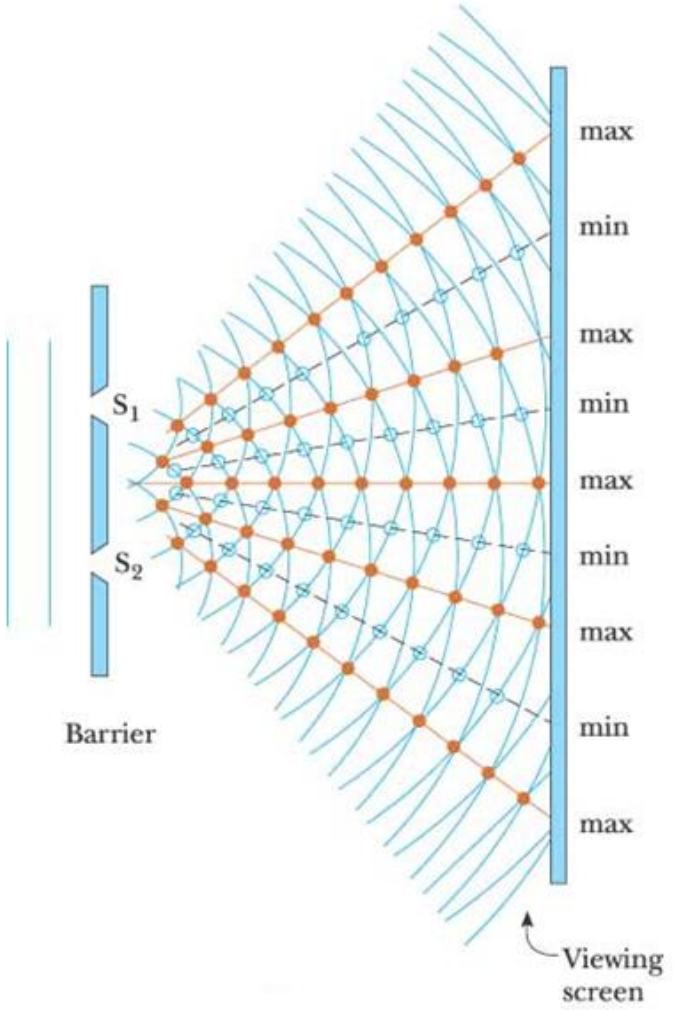
في عام ١٨٠١ اثبت يونج ظاهرة تداخل الأمواج الضوئية الصادرة من شقين ضيقين متوازيين، مما يؤدي إلى حدوث انحراف في مساره وبالتالي حدوث فرق في المسار الضوئي بين الشعاعين النافذين من الشقين



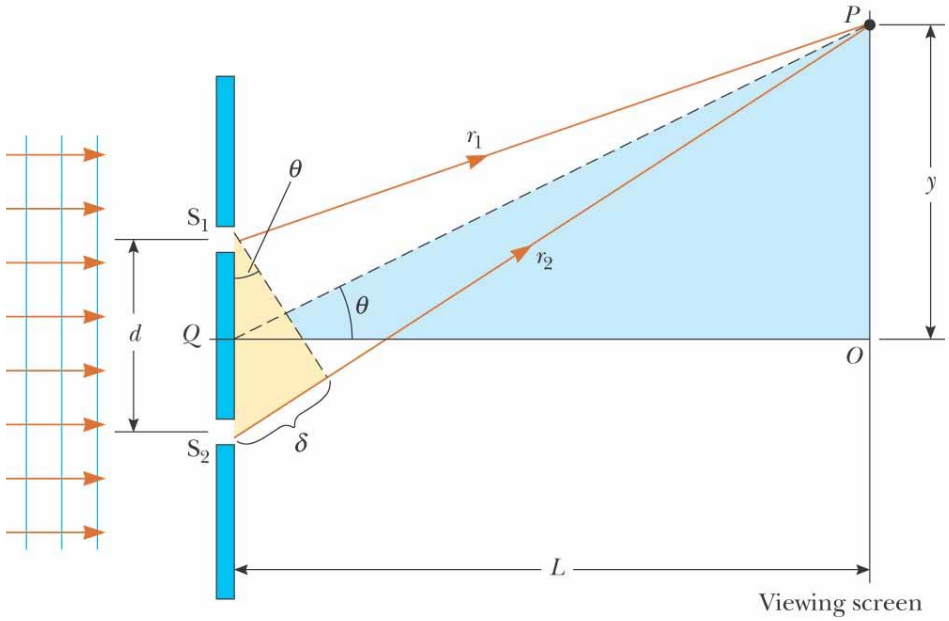
تداخل الضوء Interference

تكون الأهداب المضيئة والمظلمة بالتتابع





تداخل الضوء Interference



من الشكل:

$$\delta = d \sin\theta$$

ولأجل θ صغيرة:

$$\sin\theta \approx t\mathit{an}\theta$$

$$\Rightarrow \delta = d\, t\mathit{an}\theta = \frac{d\, y_b}{L}$$

موقع الهدب المضيء:

$$y_b = m\frac{\lambda L}{d}$$

موقع الهدب المظلم:

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

المسافة بين أي هدبتين متتاليتين:

$$\Delta y = \frac{\lambda L}{d}$$

تداخل الضوء Interference

مثال (١٠–١) :

شقان متوازيان المسافة بينهما 0.8 mm سقط عليهما ضوء من ليزر الهليوم – نيون He - Ne Laser الذي له الطول الموجي 632.8 nm .

(أ) ما هو فرق الطور بين الموجتين المتداخلتين على حاجز يبعد 3.2 m عند نقطة 2 mm فوق الهدب المركزي الناصع .

(ب) ما هي نسبة الشدة عند هذه النقطة إلى الشدة عند الهدب المركزي الناصع .

تداخل الضوء Interference

الحل :

$d = 0.8\ mm$

$\lambda = 632.8\ nm$

$L = 3.2\ m$

$y = 2\ mm$

من العلاقة بين فرق الطور ϕ وفرق المسار δ.

تداخل الضوء Interference

$$\phi = k\,\delta$$

$$k = \frac{2\pi}{\lambda}$$

حيث k العدد الموجي .

من الشكل (١٠-٤) نجد أن فرق المسار δ.

$$\delta = d \sin\theta \cong d \tan\theta = d\left(\frac{y}{L}\right)$$

$$= \frac{0.8 \times 10^{-3}\ m \times 2 \times 10^{-3}\ m}{3.2\ m} = 5 \times 10^{-7}\ m$$

$$\phi = \frac{2\pi}{\lambda}\delta = \frac{2\pi}{632.8 \times 10^{-9}\ m} \times 5 \times 10^{-7}\ m$$

$$= 4.964\ rad$$

$$\because\ 1\ rad = \frac{180^\circ}{\pi}$$

$$\phi = 284.4^\circ$$

تداخل الضوء Interference

(ب) الشدة عند هذه النقطة هي :

$$I = 4I_o \cos^2\left(\frac{\phi}{2}\right) = 4I_o \cos^2\left(\frac{284.4^o}{2}\right)$$

$$= 4I_o(0.625)$$

والشدة عند الهدب المركزي :

$$I_{max} = 4I_o \cos^2\left(\frac{2m\pi}{2}\right)$$

عند الهدب المركزي $m = 0$

$$\therefore I_{max} = 4I_o \cos^2 0^o = 4I_o$$

$$\frac{I}{I_{max}} = \frac{4I_o(0.625)}{4I_o}$$

$$= \frac{5}{8}$$

أي أنها تساوي 0.625 من الشدة الأصلية .

تداخل الضوء Interference

جامعة الملك سعود
كلية العلوم – قسم الفيزياء والفلك
اختبار قصير Quiz

أضيئا شقان متوازيان المسافة بينهما 0.75 mm بضوء أحادي اللون طوله الموجي 600 nm،
فتكونت اهداب تداخل على حاجز يبعد 3 m. احسب:

أ) المسافة بين أي هدبتين متتاليتين.

ب) فرق الطور ϕ بين الموجتين المتداخلتين عند نقطة تبعد مسافة 2 mm من الهدب المركزي الناصع.

ج) ما هي نسبة الشدة عند هذه النقطة إلى الشدة عند الهدب المركزي الناصع.