

الفصل العاشر: تداخل و حيود واستقطاب الضوء



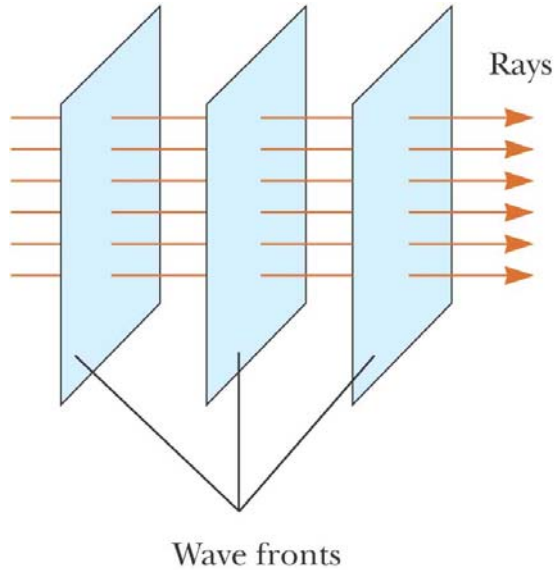
١-١٠ مقدمة

٢-١٠ تداخل الموجات الضوئية و شرط التداخل

٣-١٠ تجربة شقي يونج

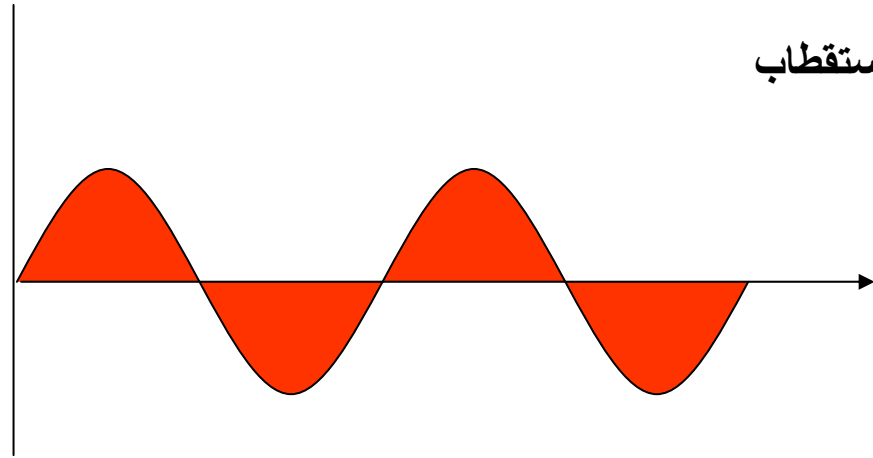
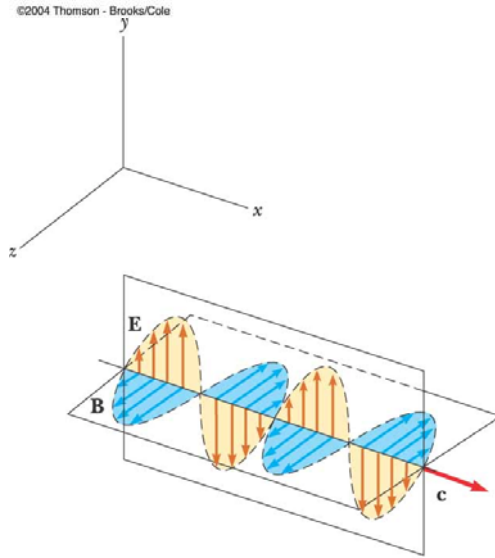


١-١٠ مقدمة



- الضوء الهندسي: حيث يستخدم مفهوم الشعاع الضوئي لشرح وتوضيح بعض الظواهر الضوئية مثل انعكاس وانكسار الضوء

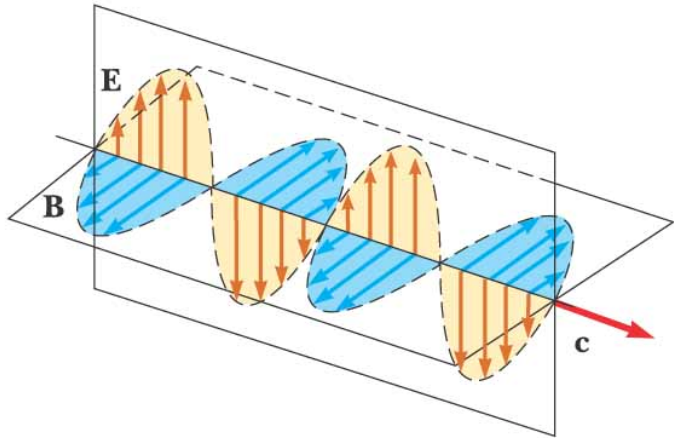
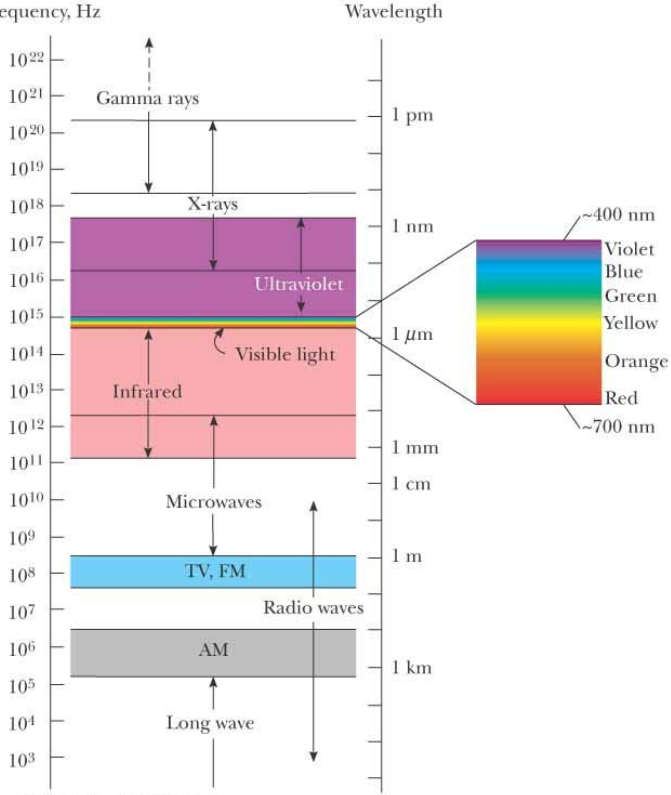
- البصريات الموجية: حيث يستخدم مفهوم الموجات الضوئية لشرح وتوضيح بعض الظواهر الضوئية مثل التداخل، الحيود والاستقطاب



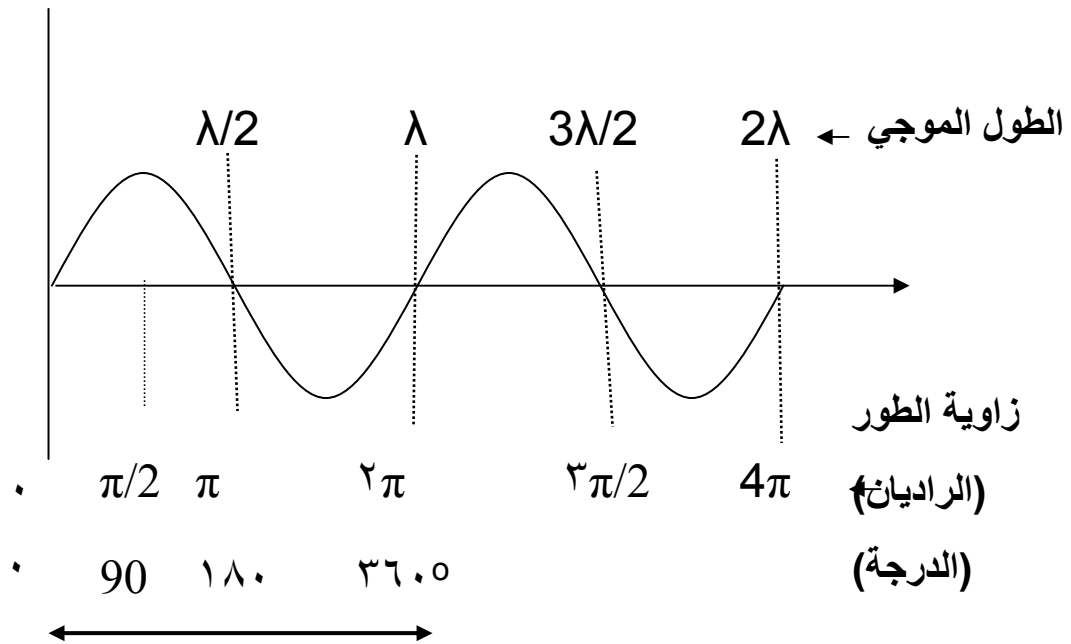
المركبة الكهربائية للموجة الكهرومغناطيسية

-النظرية الموجية للضوء:

الضوء عبارة عن موجات كهرومغناطيسية تنتشر بسرعة (c) على شكل جيبي (دالة جيب الزاوية)، وتتكون الموجة من مركبتين احدهم كهربية والأخرى مغناطيسية متعامدتين على بعضهما. وتستخدم عادة المركبة الكهربائية لوصف واستنتاج قوانين التداخل والحيود والاستقطاب.



(a)

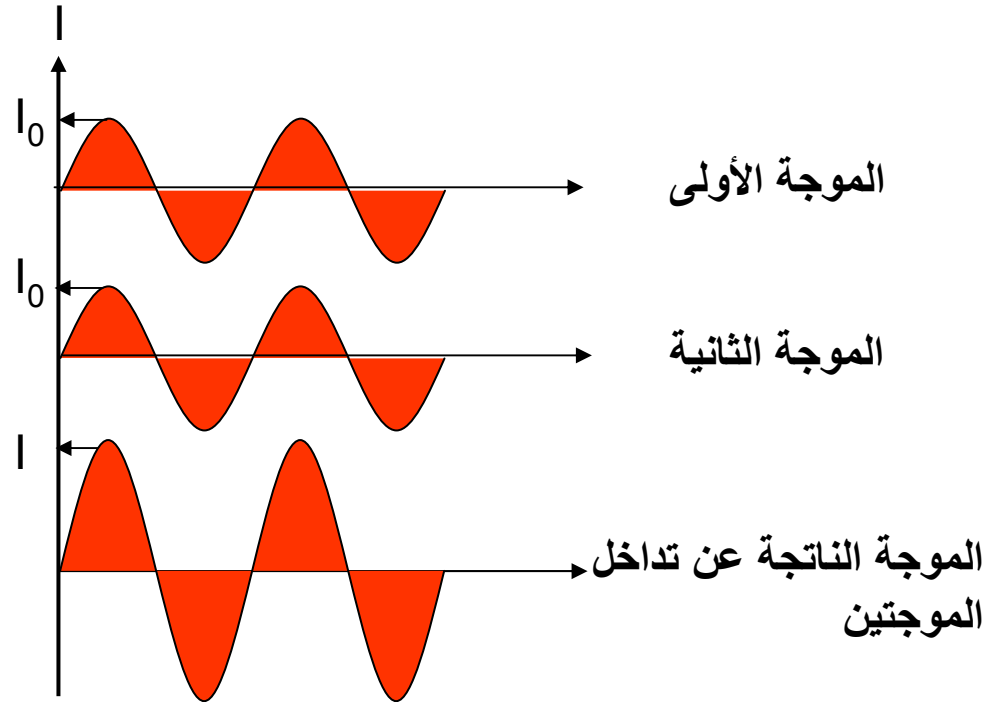


دورة كاملة

١٠-٢ تداخل الموجات الضوئية وشروط التداخل:

* يحدث التداخل عند التقاء موجتين جيبيتين متساويتين في التردد وتتحركان في نفس الاتجاه وبنفس السرعة (نفس الطول الموجي حيث $V = f \lambda$) وبفرق طور ثابت مقداره ϕ وبفرق مسار ثابت مقداره δ .

- الموجة الجديدة الناتجة عن تداخل الموجتين يكون لها نفس التردد ولكنها مختلفة السعة (E) وكذلك الشدة (I). وبالإضافة إلى ذلك تختلف في الطور عن الموجتين الأصليتين بمقدار $(\phi/2)$ أي اما تقدما أو تأخرا.



*** مقارنة الموجات ٢، ٣، ٤ بالنسبة للموجة رقم ١:**

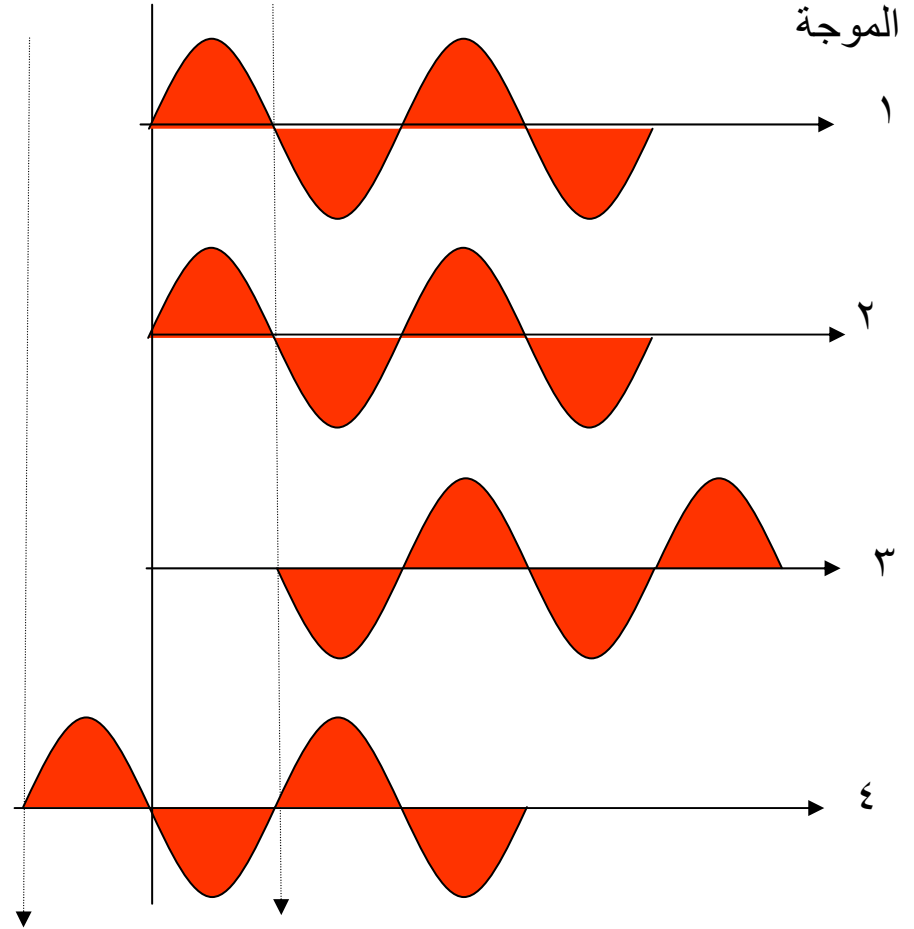
الموجة	φ	δ
٢-	.	.
٣-	$(-180^\circ) -\pi$	$-\lambda/2$
٤-	$(+180^\circ) +\pi$	$+\lambda/2$

ويمكننا القول ان:

- الموجة ٢ لها نفس الطور ولا يوجد فرق في المسار،

-الموجة ٣ متأخرة عن الموجة ١ بنصف دورة أي
بزواوية $180^\circ (\pi/2)$ ، وطول موجي يساوي $\lambda/2$.

- الموجة ٤ متقدمة عن الموجة ١ بنصف دورة أي
بزواوية $180^\circ (\pi)$ ، وطول موجي يساوي $\lambda/2$.



$$E_1 = E_0 \sin(kx - \omega t - \varphi) \quad \& \quad E_2 = E_0 \sin(kx - \omega t)$$

- السعة الكهربائية للموجتين قبل التداخل

$$E = 2E_0 \cos \frac{\varphi}{2} = E_{\max} \cos \frac{\varphi}{2} \quad \longleftarrow \quad \text{- السعة الكهربائية للموجة الناتجة عن تداخل الموجتين}$$

حيث:

K- العدد الموجي (عدد الموجات لكل 2π , 360°) & ($k=2\pi/\lambda$)

ω - التردد الزاوي ($\omega=2\pi f$) - f: التردد (عدد الدورات لكل ثانية)

λ - الطول الموجي - φ : زاوية فرق الطور

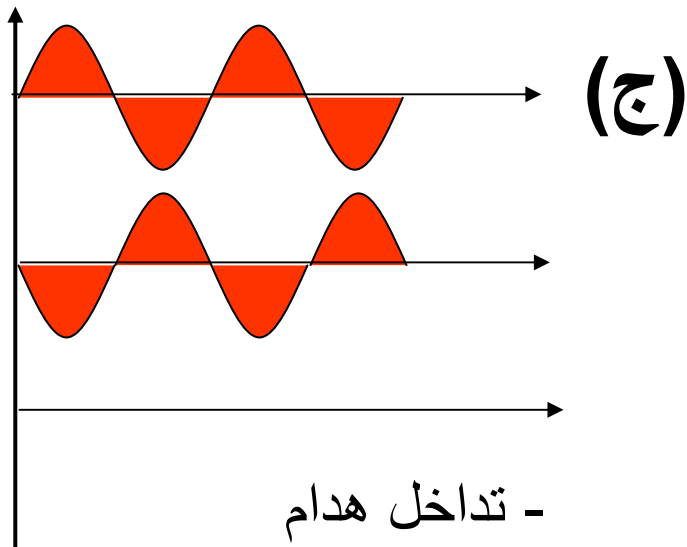
E - السعة الكهربائية للموجة، تتغير قيمتها بتغير قيمة ال (\sin ----) بالمعادلة

E_0 - القيمة العظمى لسعة الموجة وهى قيمة السعة عندما قيمة ال (\sin ----) يساوي واحد

E_{\max} - النهاية العظمى لسعة الموجة الناتجة عن التداخل

$$\therefore I \propto E^2 \Rightarrow \therefore I = 4I_0 \cos^2 \left(\frac{\varphi}{2} \right)$$

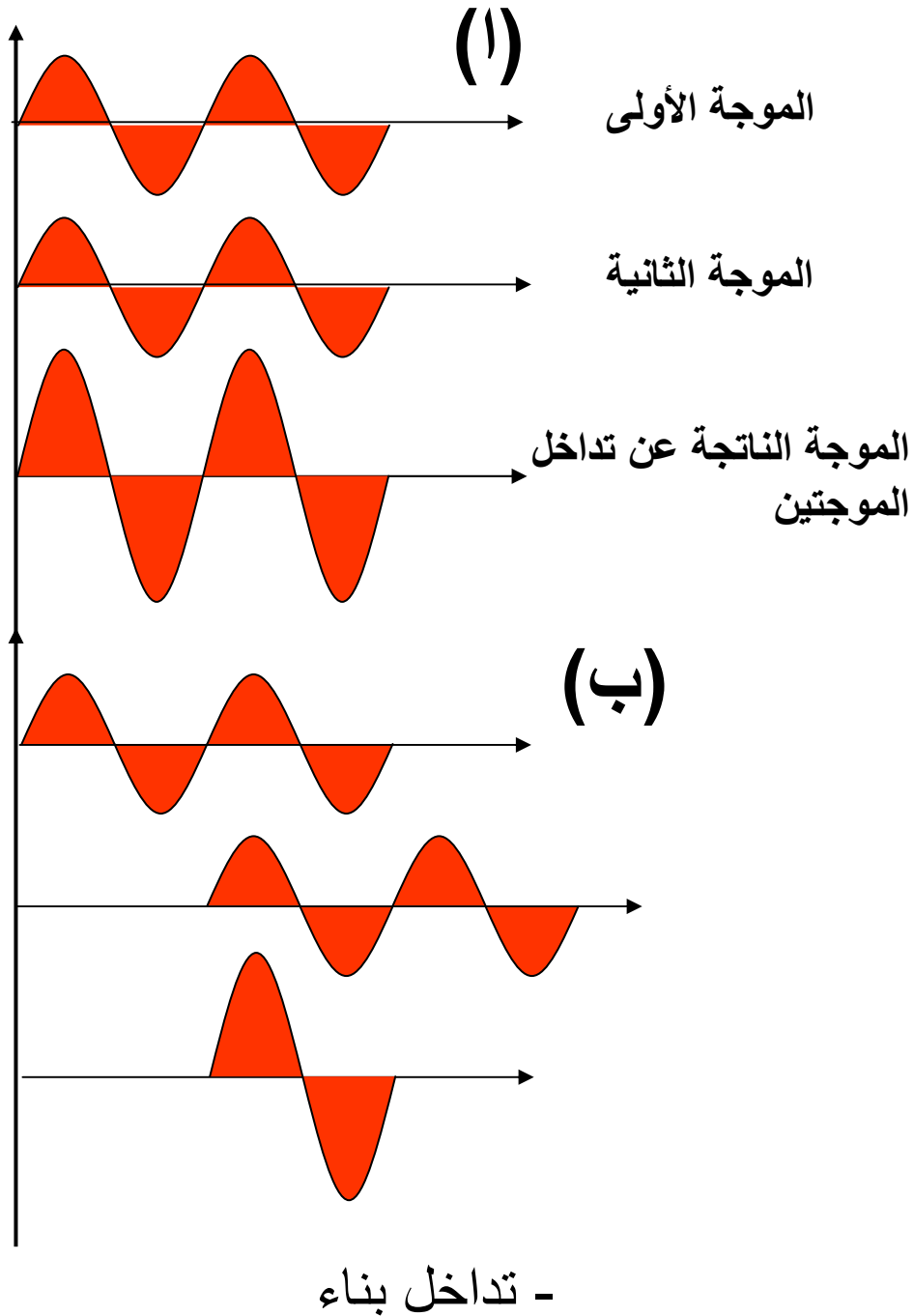
حيث I_0 : شدة الموجة قبل التداخل & I: شدة الموجة بعد التداخل



- (ا) تداخل بناء؛ الموجتان متفقتان في الطور ولا يوجد فرق في المسار، $\delta = 0$ & $\varphi = 0$

- (ب) تداخل بناء؛ مثال للموجات متفاوتة الطور بمقدار $2(360^\circ)$, 360° و فرق المسار يساوي $\pm 2\lambda$, $\pm \lambda$, $\pm 3\lambda, \dots$

- (ج) تداخل هدام؛ مثال للموجات متفاوتة الطور بمقدار $\pm \pi$, $\pm 3\pi$, $\pm 5\pi$, $\pm \lambda/2$ و فرق المسار يساوي $\pm 3\lambda/2$, $\pm 5\lambda/2, \dots$



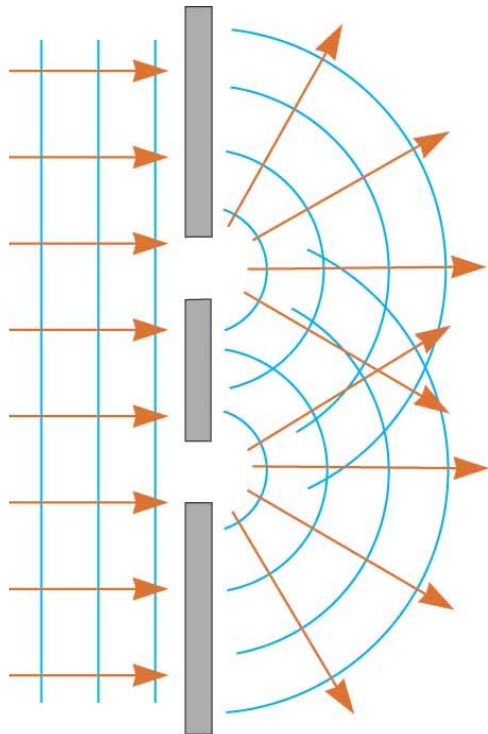
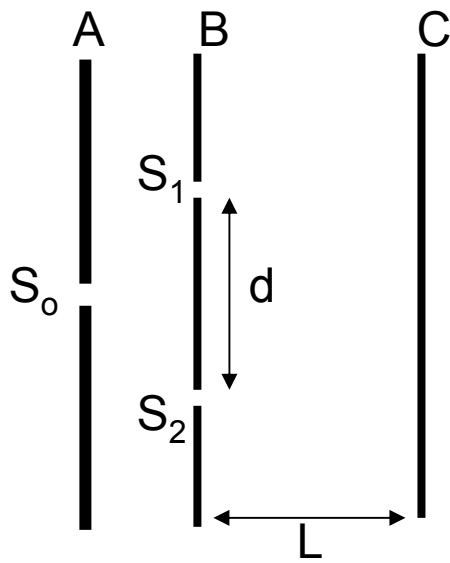
فرق المسار (δ)	فرق الطور (φ)	التداخل
$\delta = m\lambda$ $= 0, \pm \lambda, \pm 2\lambda, \pm 3\lambda, \dots$	$\varphi = 2m\pi$ $= 0, \pm 2\pi, \pm 4\pi, \dots$	البناء
$\delta = (m + \frac{1}{2})\lambda$ $= \pm \lambda/2, \pm 3\lambda/2, \pm 5\lambda, \dots$	$\varphi = 2(m + \frac{1}{2})\pi$ $= \pi, \pm 3\pi, \pm 5\pi, \pm 7\pi, \dots$	الهدام

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

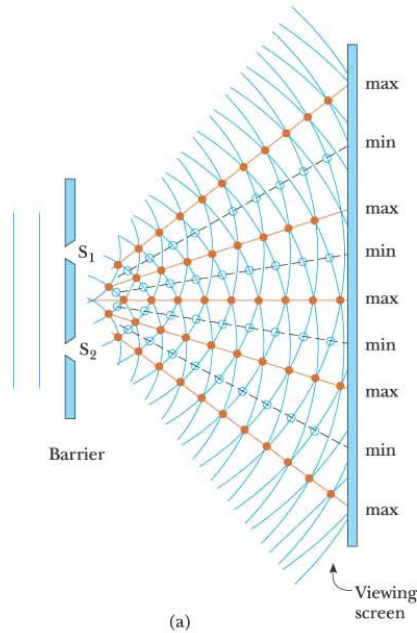
$$\delta = \varphi / K$$

٣-١٠ تجربة شقي يونج :- تجربة لدراسة ظاهرة تداخل الأمواج الضوئية

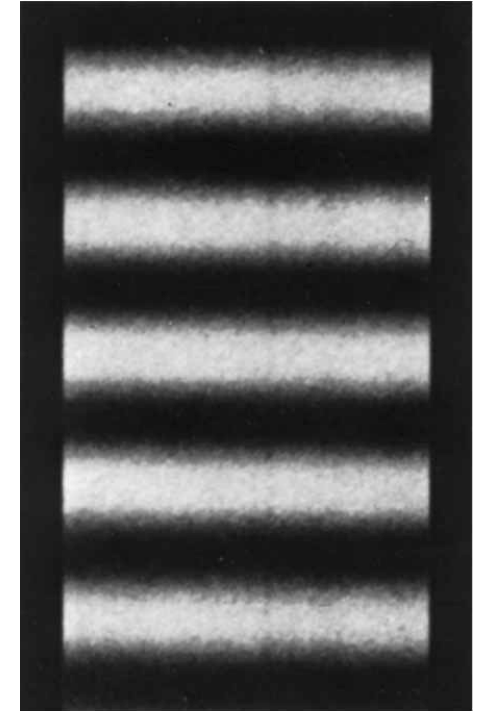
- مصدر ضوء احادي الطول الموجي عند S_0 ، شقان ضيقان $(S_1 \& S_2)$ متوازيان المسافة بينهما (d) يعملان كمصدرين لضوء مترابط لأن الضوء النافذ منهما له نفس جبهة الموجة الابتدائية. بذلك نحصل على موجتين ضوئيتين لهم نفس زاوية الطور والتردد ويتحركان في نفس الاتجاه وب نفس السرعة.



(b)

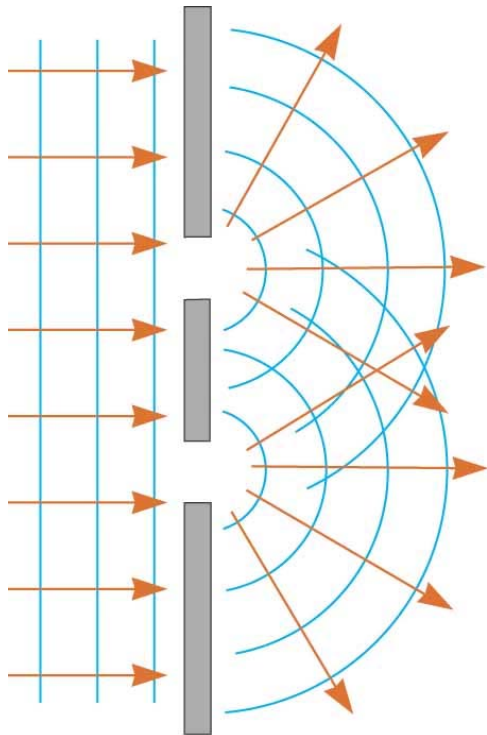


(a)



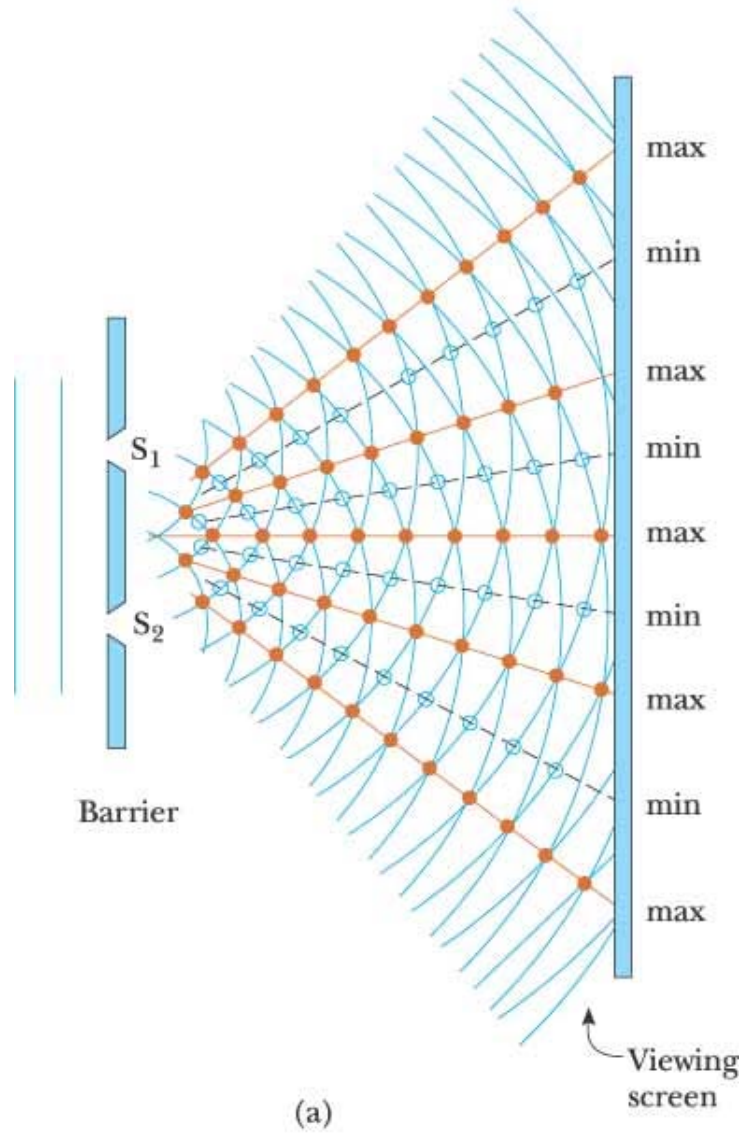
(b)

- تتداخل الموجات الضوئية الصادرة من الشقين لنتج عنها أهداب عديدة ذات مناطق مضيئة وأخرى مظلمة على الحاجز (C).



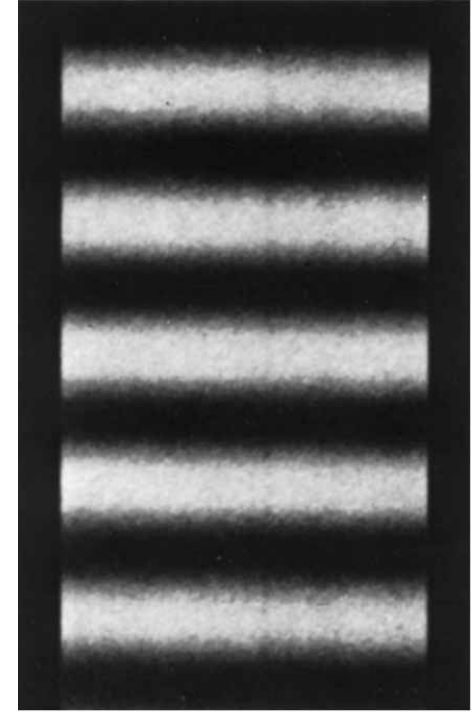
(b)

©2004 Thomson - Brooks/Cole



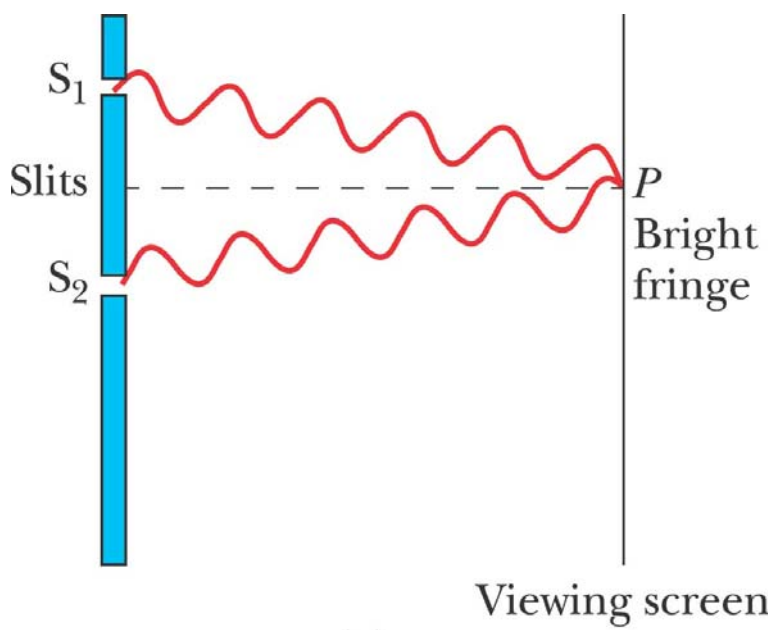
(a)

©2004 Thomson - Brooks/Cole



(b)

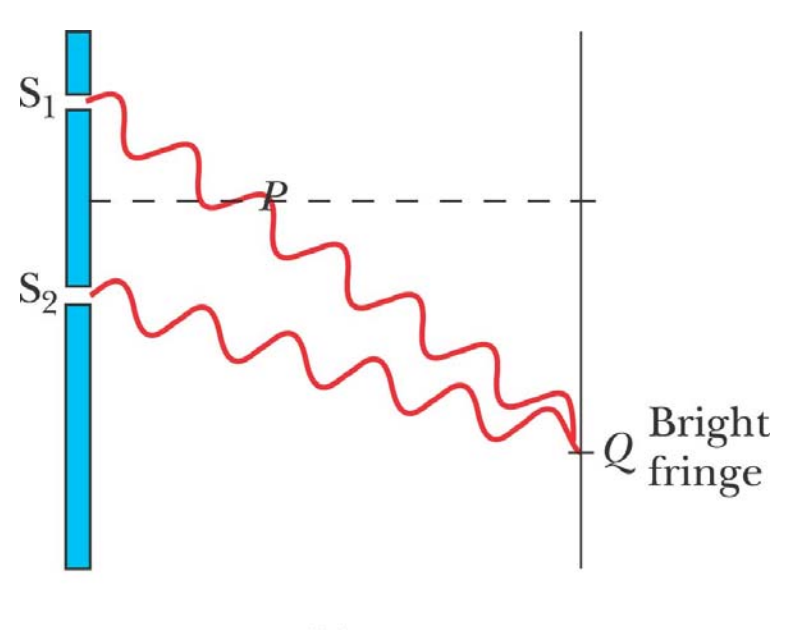
©2004 Thomson - Brooks/Cole



(a)

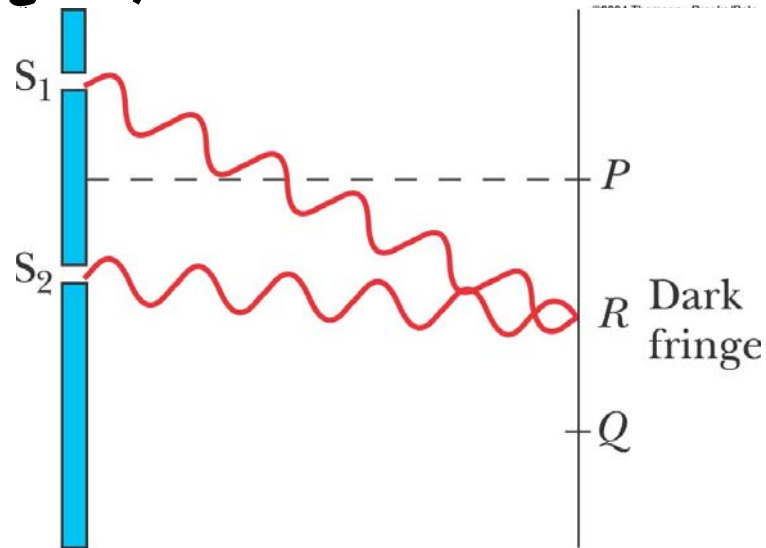
هدب مضیء مرکزی (صفری)

©2004 Thomson - Brooks/Cole



(b)

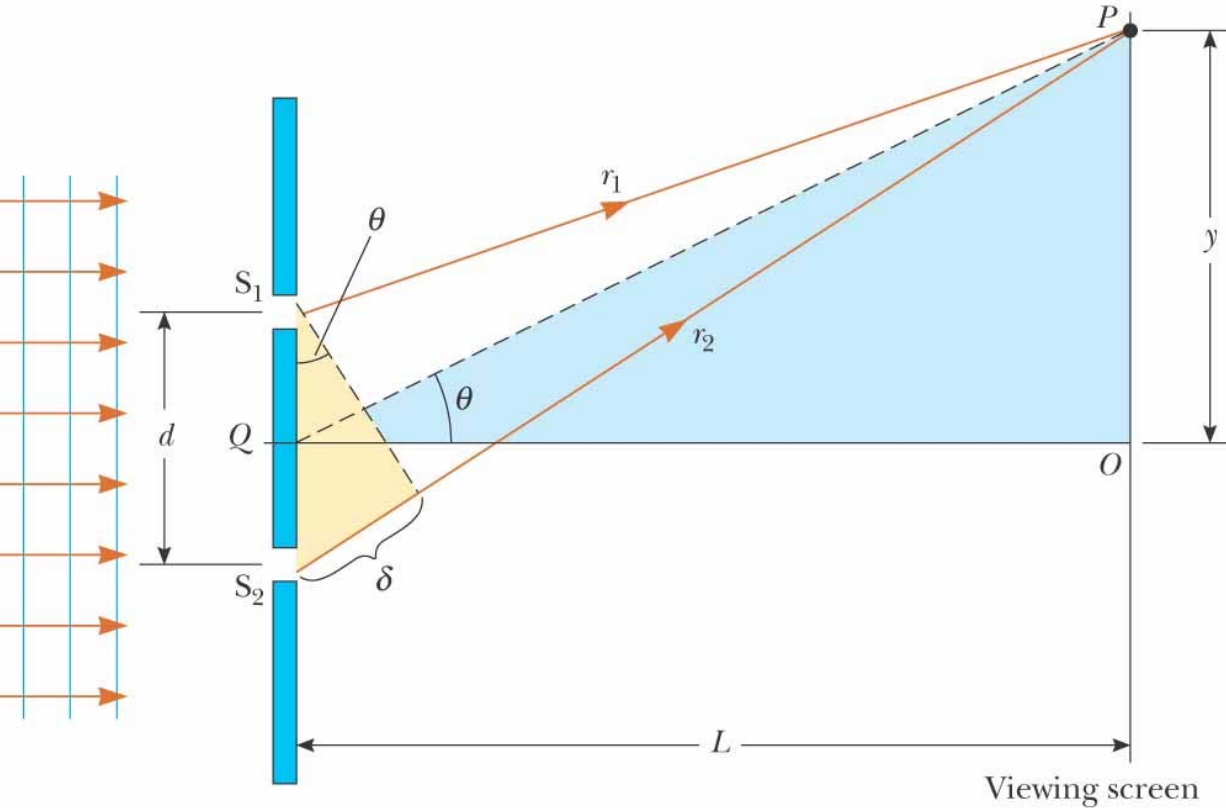
هدب مضیء



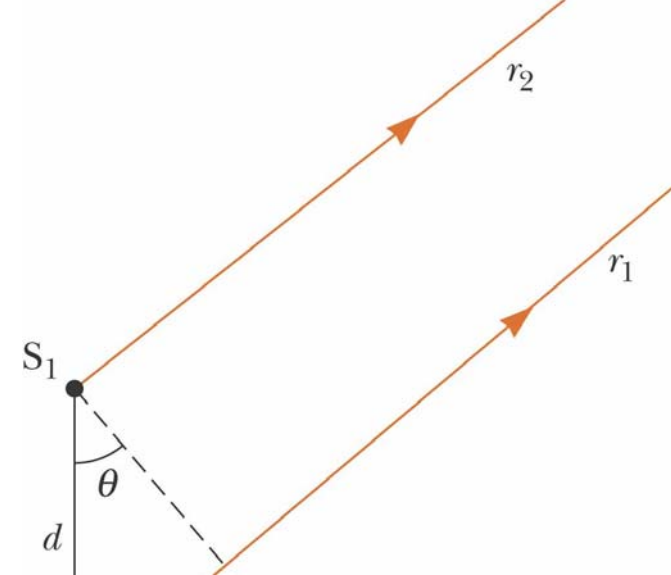
(c)

هدب مظلم

©2004 Thomson - Brooks/Cole



(a)



©2004 Thomson - Brooks/Cole

$$\delta = d \sin \theta = m\lambda$$

-التداخل البناء (مناطق مضيئة):

عندما $m = 0, \theta = 0$ --- تسمى الرتبة الصفرية

$$\delta = d \sin \theta = (m+1/2) \lambda$$

-التداخل الهدام (مناطق مظلمة):

وتسمى رتبة الهدب. $m = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots$

$$Y_{bright} = m \frac{\lambda L}{d}$$

- موقع الأهداب المضيئة:

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

- موقع الأهداب المظلمة:

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

- المسافة بين أي هذين متتاليين مضيئين او مظلمين:

سؤال ١ ص ٤٣٤: في تجربة شقي يونج للتداخل، إذا كانت المسافة بين الشقين 0.3 mm والضوء الساقط طولُه الموجي 546.1 nm، شوهدت أهداب التداخل على حاجز يبعد 1.2 m من الشقين؛ احسب المسافة:

- بين القيمة العظمى المركزية وأول هذب مضيء على أي من جهتيها؟

- بين أول وثاني هذب مظلم؟

$$\Delta Y = \frac{\lambda L}{d} = \frac{546.1 \times 10^{-9} \times 1.2}{0.3 \times 10^{-3}} = m$$

سؤال ٢ ص ٤٣٤: في تجربة شقي يونج للتداخل، استخدم ضوء ليزر فإذا كانت المسافة بين الشقين 0.5 mm، شوهدت أهداب التداخل على حاجز يبعد 3.3 m من الشقين، علماً بأن القيمة العظمى الأولى تقع على بعد 3.4 mm من مركز نماذج التداخل؛ احسب الطوله الموجي لضوء الليزر؟

$$\because \Delta Y = \frac{\lambda L}{d} \Rightarrow \therefore \lambda = \frac{\Delta Y d}{L} = \frac{3.4 \times 10^{-3} \times 0.5 \times 10^{-3}}{3.3} = m$$

سؤال ٣ ص ٣٤٣: أضيئاً شقان متوازيان المسافة بينهما 0.75 mm بضوء أحادي اللون طوله الموجي 600 nm ، أحسب؛

- فرق الطور بين الموجتين المتداخلتين على الحاجز الذي يبعد مسافة 3 m عند الهدب المضيء الأول الذي يبعد مسافة 2 mm من الهدب المركزي الناصع؟

- نسبة شدة الضوء عند هذه النقطة إلى شدته عند الهدب المركزي الناصع؟

$$d=0.75 \text{ mm}$$

$$\lambda=600 \text{ nm}$$

$$L=3 \text{ m}$$

$$\Delta Y=2 \text{ mm}$$

$$m=1$$

$$\varphi = \delta K = \delta \frac{2\pi}{\lambda} = m\lambda$$

$$\varphi = \delta K = \delta \frac{2\pi}{\lambda} = m\lambda$$

$$\delta = d \sin \theta \quad \&$$

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{\Delta Y}{L} \right) = \tan^{-1} \left(\frac{0.002}{3} \right) =$$

- حل آخر

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

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