

## التداخل والحيود Interference and Diffraction

## الفصل 4

### 4-1 التداخل Interference

حل المسائل التدريبية لدرس التداخل ( الجزء الأول ) – التداخل والحيود

١. ينبعث ضوء برتقالي مصفر من مصباح غاز الصوديوم بطول موجي  $596 \text{ nm}$  ، ويسقط على شقين البعد بينهما  $1.90 \times 10^{-3} \text{ m}$  . ما المسافة بين الهدب المركزي المضيء والهدب الأصفر دي الرتبة الأولى إذا كانت الشاشة تبعد مسافة  $0.600 \text{ m}$  من الشقين ؟

الحل :

$$\begin{aligned}
 x &= \frac{\lambda L}{d} \\
 &= \frac{(1.90 \times 10^{-3} \text{ m})(596 \times 10^{-9} \text{ m})}{0.600 \text{ m}} \\
 &= 1.88 \times 10^{-2} \text{ m} = 18.8 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

٢. في تجربة يونج ، استخدم الطلاب أشعة ليزر طولها الموجي  $632.8 \text{ nm}$  . فإذا وضع الطلاب الشاشة على بعد  $1.00 \text{ m}$  من الشقين ، ووجدوا أن الهدب الضوئي ذا الرتبة الأولى يبعد  $65.5 \text{ mm}$  من الخط المركزي ، فما المسافة الفاصلة بين الشقين ؟

الحل :

$$\begin{aligned}
 \lambda &= \frac{xd}{L} \\
 d &= \frac{\lambda L}{x} \\
 &= \frac{(632.8 \times 10^{-9} \text{ m})(1.000 \text{ m})}{65.5 \times 10^{-3} \text{ m}} \\
 &= 9.66 \times 10^{-6} \text{ m} = 9.66 \mu\text{m}
 \end{aligned}$$

حل المسائل التدريبية لدرس التداخل ( الجزء الثاني ) - التداخل و الحيود

٣. ارجع إلى المثال ٢ ، ثم اوجد أقل سمك لتكوين حزمة ضوء منعكسة لونها أحمر (  $\lambda = 635 \text{ nm}$  ) .

الحل :  
 الحل  
 hūlul.online

$$\begin{aligned}
 2t &= \left(m + \frac{1}{2}\right) \frac{\lambda}{n_o} \\
 m &= 0. \\
 t &= \left(\frac{1}{4}\right) \frac{\lambda}{n_o} \\
 &= \frac{635 \text{ nm}}{(4)(1.45)} \\
 &= 109 \text{ nm}
 \end{aligned}$$

٤. وضع غشاء من فلوريد الماغنيسيوم معامل انكساره ١,٣٨ على عدسة زجاجية مطلية بطبقة غير عاكسة معامل انكسارها ١,٥٢ . كم يجب أن يكون سمك الغشاء بحيث يمنع انعكاس الضوء المخضر ؟

الحل :

$$\begin{aligned}
 2t &= \left(m + \frac{1}{2}\right) \frac{\lambda}{n_f} \\
 m &= 0. \\
 t &= \left(\frac{1}{4}\right) \frac{\lambda}{n_f} \\
 &= \frac{555 \text{ nm}}{(4)(1.38)} \\
 &= 101 \text{ nm}
 \end{aligned}$$

٥. ما أقل سمك لغشاء صابون معامل انكساره ١,٣٣ ليتداخل عنده ضوء طوله الموجي ٥٢١ nm تداخلا بناء مع نفسه ؟

الحل :

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

$$m = 0.$$

$$t = \left(\frac{1}{4}\right) \frac{\lambda}{n_f}$$

$$= \frac{521 \text{ nm}}{(4)(1.33)}$$

$$= 97.9 \text{ nm}$$

## مراجعة

### حل أسئلة المراجعة لدرس التداخل – التداخل والحيود

٦. سمك الغشاء يمسك خالد بلعبة الفقاعات ، وينفخ في غشاء الصابون المعلق رأسيا في الهواء مكونا فقاعات . ما العرض الثاني الأقل سمكا لغشاء الصابون الذي يتوقع عنده رؤية شريط مضيء إذا كان الطول الموجي للضوء الذي يضيء الغشاء  $570 \text{ nm}$  ؟ افترض أن معامل انكسار محلول الصابون  $1.33$  .

الحلول اون لاين
   
 hulul.online

الحل :

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

$$\begin{aligned}
 t &= \left(\frac{3}{4}\right) \frac{\lambda}{n_f} \\
 &= \frac{(3)(575 \text{ nm})}{(4)(1.33)} \\
 &= 324 \text{ nm}
 \end{aligned}$$

٧. الأنماط المضئية والمعتمة تم تكوين شقين متقاربين جدا في قطعة كبيرة من الكرتون وأضيء الشقان بضوء أحمر أحادي اللون . وعند وضع ورقة بيضاء بعيدا عن الشقين شوهد نمط من الأهداب المضئية والمعتمة على الورقة . صف كيف تسلك الموجة عندما تقابل شقا ؟ وفسر لماذا تظهر أهداب مضئية وأخرى معتمة ؟

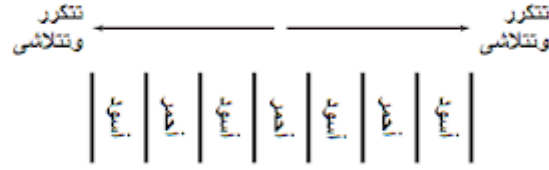
**الحل :**

عندما تواجه الموجة شقا فإنها تنحني . فالضوء يحيد بواسطة الشقوق ، والضوء النافذ من أحد الشقوق ، والضوء النافذ من أحد الشقوق يتداخل مع الضوء النافذ من الشق الآخر ، فإذا كان التداخل بناء فسيكون هدب مضيء أما إذا كان التداخل هداما فإن الهدب سيكون معتما .

٨. أنماط التداخل وضح بالرسم النمط الذي وصف في المسألة السابقة .

**الحل :**

ستكون شبيهة بالنمط الذي تشاهده للضوء الأحمر .



٩. أنماط التداخل مثل ما يحدث لنمط التداخل في المسألة ٧ عند استخدام ضوء أزرق بدلا من الضوء الأحمر .

**الحل :**

تصبح أهداب الضوء بعضها أقرب إلى بعض .



١٠. سمك الغشاء غشاء بلاستيكي عاكس معامل انكساره ١,٨٣ ، ثبت على نافذة زجاجية ، فإذا علمت أن معامل انكسار الزجاج ١,٥٢ :

a. فما أقل سمك ينعكس عنده الضوء الأصفر المخضر ؟

b. إذا علمت أن هذا الغشاء لا يمكن صناعته بهذا السمك ، فما

السمك التالي الذي يحدث التأثير نفسه ؟

**الحل :**

a.

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

$$m = 0.$$

$$t = \left(\frac{1}{4}\right) \frac{\lambda_c}{n_f}$$

$$= \frac{555 \text{ nm}}{(4)(1.83)}$$

$$= 75.8 \text{ nm}$$

حلول  
الجلول اون لاين  
hulul.online

**$m = 1$**

.b

$$t = \left(\frac{3}{4}\right) \frac{\lambda_c}{n_f}$$

$$= \frac{(3)(555 \text{ nm})}{(4)(1.83)}$$

$$= 227 \text{ nm}$$

١١. التفكير الناقد تستخدم معادلة الطول الموجي المشتقة من تجربة يونج عندما تكون الزاوية صغيرة جدا ، وعندها يكون  $\sin \theta \approx \tan \theta$  . إلى أي زاوية يبقى هذا التقريب جيدا ؟ وهل تزداد الزاوية العظمى للتقريب الجيد و الصحيح أم تتناقص عندما تزيد دقة قياسك لها ؟

الحل :

$\tan \theta = \sin \theta$  لزاوية تتكون من رقمين معنويين لغاية ٩,٩ ، وزيادة دقة القياس يقلل هذه الزاوية إلى ٢,٩٩ .

## 4-2 الحيود Diffraction

حل المسائل التدريبية لدرس الحيود (الجزء الأول) – التداخل والحيود  
 نبذ

١٢. يسقط ضوء أخضر أحادي اللون طوله الموجي  $546 \text{ nm}$  على شق مفرد عرضه  $0,095 \text{ nm}$  . إذا كان بعد الشق عن الشاشة يساوي  $75 \text{ cm}$  ، فما عرض الهدب المركزي المضيء ؟

الحل :

$$\lambda = \frac{x_m w}{L}$$

$$x_m = \frac{\lambda L}{w}$$

$$= \frac{(5.46 \times 10^{-7} \text{ m})(0.75 \text{ m})}{9.5 \times 10^{-5} \text{ m}}$$

$$= 4.3 \text{ mm}$$

١٣. سقط ضوء أصفر على شق مفرد عرضه  $0.295 \text{ mm}$  ، فظهر نمط على شاشة تبعد عنه مسافة  $60.0 \text{ cm}$  . فإذا كان عرض الهدف المركزي المضيء  $24.0 \text{ mm}$  ، فما الطول الموجي للضوء ؟

الحل :

$$2x_1 = \frac{2\lambda L}{w}$$

$$\lambda = \frac{(2x_1)w}{2L}$$

$$= \frac{(24.0 \times 10^{-3} \text{ m})(0.0295 \times 10^{-3} \text{ m})}{(2)(60.0 \times 10^{-2} \text{ m})}$$

$$= 5.90 \times 10^2 \text{ nm}$$

، فإذا  $140.050 \text{ mm}$  . سقط ضوء أبيض على شق مفرد عرضه منه ، ووضع طالب مرشحا أزرق  $1.00 \text{ m}$  ، وضعت شاشة على بعد ( على الشق ، ثم أزاله ووضع مرشحا  $\lambda = 441 \text{ nm}$  – بنفسجيا ) ( ، ثم قاس الطالب عرض الهدف المركزي  $\lambda = 622 \text{ nm}$  – أحمر ) المضيء :

فأَي المرشحين ينتج هدبا ضوئيا أكثر عرضا ؟ a.

b. احسب عرض الهدف المركزي المضيء لكل من المرشحين .

الحل :

a.

أحمر لأن عرض الذروة المركزية يتناسب مع الطول الموجي .

b.

$$2x_1 = \frac{2\lambda L}{w}$$

للأزرق :

$$2x_1 = \frac{2(4.41 \times 10^{-7} \text{ m})(1.00 \text{ m})}{5.0 \times 10^{-5} \text{ m}}$$

$$= 18 \text{ mm}$$

للأحمر :

الحل  
hulul.online

$$2x_1 = \frac{2(6.22 \times 10^{-7} \text{ m})(1.00 \text{ m})}{5.0 \times 10^{-5} \text{ m}}$$

$$= 25 \text{ mm}$$

حل المسائل التدريبية لدرس الحيود ( الجزء الثاني ) – التداخل  
والحيود

١٥. يسقط ضوء أبيض من خلال محزوز على الشاشة . صف النمط المتكون .

الحل :

يتم عرض طيف كامل من الألوان بسبب تنوع أطوال الموجات ،  
الهوامش الداكنة لطول موجة واحدة مملوء بأطراف مشرقة للون آخر .

١٦. يسقط ضوء أزرق طوله الموجي  $434 \text{ nm}$  على محزوز حيود ،  
فتكونت أهداب على الشاشة على بعد  $1.05 \text{ m}$  . فإذا كانت الفراغات  
بين هذه الأهداب  $0.55 \text{ m}$  ، فما المسافة الفاصلة بين الشقوق في  
محزوز الحيود ؟

الحل :

$$\lambda = d \sin \theta$$

$$d = \frac{\lambda}{\sin \theta} \text{ where } \theta = \tan^{-1} \left( \frac{x}{L} \right)$$

$$= \frac{\lambda}{\sin \left( \tan^{-1} \left( \frac{x}{L} \right) \right)}$$

$$= \frac{434 \times 10^{-9}}{\sin \left( \tan^{-1} \left( \frac{0.55 \text{ m}}{1.05 \text{ m}} \right) \right)}$$

$$= 9.4 \times 10^{-7} \text{ m}$$

١٧. يضاء محزوز حيود تفصل بين شقوقه مسافة -  $1.0 \times 10^{-6} \text{ m}$  ،  
بواسطة ضوء بنفسجي طوله الموجي  $421 \text{ nm}$  . فإذا كان البعد بين  
الشاشة و المحزوز  $80.0 \text{ cm}$  فما مقدار المسافات الفاصلة بين  
الاهداب في نمط الحيود ؟

الحل :

$$\lambda = d \sin \theta$$

$$\sin \theta = \frac{\lambda}{d}$$

$$\tan \theta = \frac{x}{L}$$

$$x = L \tan \theta$$

$$= L \tan \left( \sin^{-1} \left( \frac{\lambda}{d} \right) \right)$$

$$= (0.800 \text{ m}) \left( \tan \left( \sin^{-1} \left( \frac{421 \times 10^{-9} \text{ m}}{8.60 \times 10^{-7} \text{ m}} \right) \right) \right)$$

$$= 0.449 \text{ m}$$

١٨. يسقط ضوء أزرق على قرص DVD في المثال ٣ ، فإذا كانت المسافات الفاصلة بين النقاط المتكونة على جدار يبعد ٠,٦٥ m تساوي ٥٨,٠ cm ، فما مقدار الطول الموجي للضوء ؟

الحل :

$$\lambda = d \sin \theta = d \sin \left( \tan^{-1} \left( \frac{x}{L} \right) \right)$$

$$= (7.41 \times 10^{-7} \text{ m}) \left( \sin \left( \tan^{-1} \left( \frac{0.58 \text{ m}}{0.65 \text{ m}} \right) \right) \right)$$

$$= 490 \text{ nm}$$

١٩. يمر ضوء طوله الموجي ٦٣٢ nm خلال محزوز حيود ، و يكون نمطا على شاشة تبعد عن المحزوز مسافة ٠,٥٥m . فإذا كان الهدب المركزي الأول يبعد ٥,٦cm عن الهدب المركزي المضيء ، فما عدد الشقوق لكل سنتيمتر في المحزوز ؟

الحل :

$$d = \frac{\lambda}{\sin \theta} = \frac{\lambda}{\sin \left( \tan^{-1} \left( \frac{x}{L} \right) \right)}$$

$$= \frac{632 \times 10^{-9} \text{ m}}{\sin \left( \tan^{-1} \left( \frac{0.056 \text{ m}}{0.55 \text{ m}} \right) \right)}$$

$$= 6.2 \times 10^{-6} \text{ m} = 6.2 \times 10^{-4} \text{ cm}$$

$$\frac{1}{6.2 \times 10^{-4} \text{ cm}} = 1.6 \times 10^3$$

مراجعة

حل أسئلة المراجعة لدرس الحيود – التداخل والحيود

٢٠. المسافة بين الأهداب المعتمدة ذات الرتبة الأولى يسقط ضوء أخضر أحادي اللون أحادي اللون طول موجته  $546 \text{ nm}$  على شق مفرد عرضه  $0.80 \text{ mm}$ . ويقع الشق على بعد  $68.0 \text{ cm}$  من شاشة. ما المسافة الفاصلة بين الهدب المعتم الأول على أحد جانبي الهدب المضيء والهدب المعتم الأول على الجانب الآخر؟

الحل :

$$2x_{\min} = \frac{2\lambda L}{w}$$

$$= \frac{(2)(546 \times 10^{-9} \text{ m})(68.0 \times 10^{-2} \text{ m})}{0.080 \times 10^{-3} \text{ m}}$$

$$= 9.3 \text{ mm}$$

٢١. معيار ريليه نجم الشعري اليمانية ( سيريروس ) أكثر النجوم سطوعا في السماء في فصل الشتاء في نصف الكرة الأرضية الشمالي . ونجم الشعري – في الحقيقة – نظام مكون من نجمين يدور كل منهما حول الآخر فإذا وجه تلسكوب هابل الفضائي ( قطر فتحته  $2.4 \text{ m}$  ) نحو هذا النظام الذي يبعد  $8.44$  سنوات ضوئية عن الأرض ، فما أقل مسافة فاصلة بين النجمين تلزمنا للتمييز بينهما بأسلوب التلسكوب ؟ (افتراض أن متوسط الطول الموجي للضوء القادم من النجمتين يساوي  $550 \text{ m}$  )

الحل :

$$\begin{aligned}
 x_{\text{obj}} &= \frac{1.22 \lambda L_{\text{obj}}}{D} \\
 &= \frac{1.22(330 \times 10^{-9} \text{ m})(7.99 \times 10^{16} \text{ m})}{2.4 \text{ m}} \\
 &= 2.2 \times 10^{10} \text{ m}
 \end{aligned}$$

٢٢. التفكير الناقد شاهد جهاز مطياف ، إلا أنك لا تعلم ما إذا كان الطيف الناتج عنه باستخدام منشور أو محزوز . كيف تعرف ذلك من خلال النظر إلى طيف الضوء الأبيض ؟

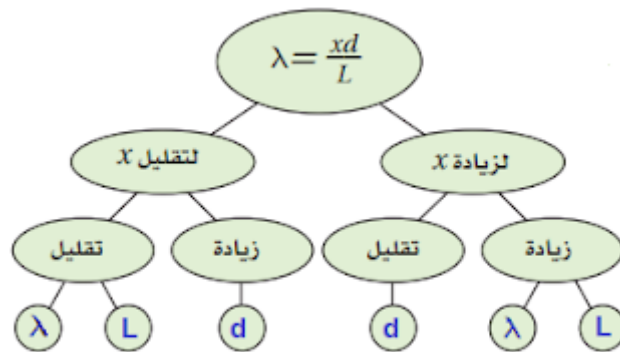
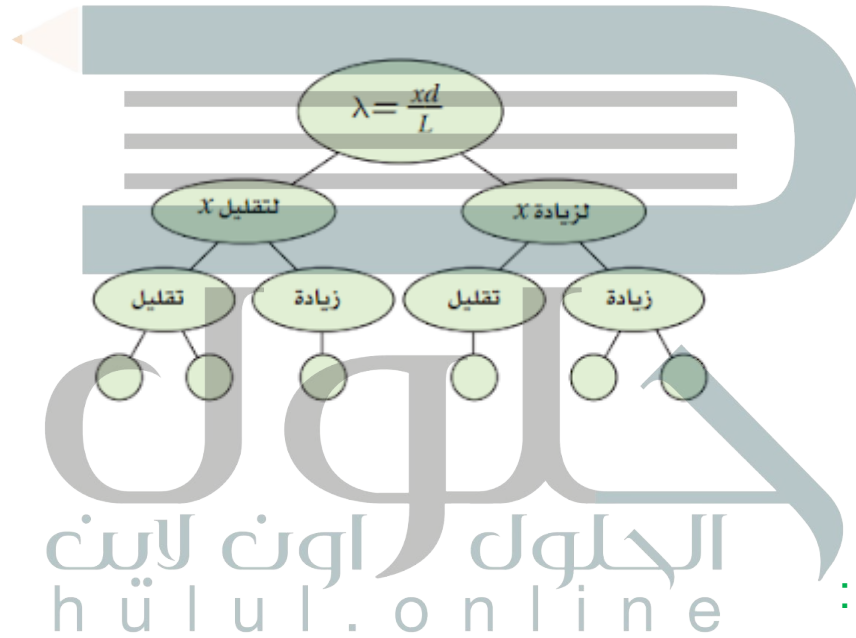
الحل :

حدد ما إذا كان اللون البنفسجي أم الأحمر في نهاية الطيف يصنع زاوية أكبر مع اتجاه حزمة الضوء الأبيض الساقط . يكسر المنشور اللون البنفسجي الذي يقع في نهاية الطيف بدرجة أكبر ، بينما يجيد المحزوز الأطوال الموجية للضوء الأحمر بمقدار أكبر .

## حل أسئلة التقويم للفصل الرابع ( التداخل والحيود )

### خريطة المفاهيم

٢٣. يضيء ضوء أحادي اللون طوله الموجي  $\lambda$  شقين في تجربة يونج . فإذا كانت المسافة الفاصلة بين الشقين  $d$  ، وتكون نمط على شاشة تبعد مسافة  $L$  عن الشقين ، فأكمل خريطة المفاهيم التالية مستخدماً  $\lambda$  و  $L$  و  $d$  لتبين كيف يمكنك تغييرها لتحصل على التغير المشار إليه في الفراغ بين الأهداب المضيئة المتجاورة  $x$  .



## إتقان المفاهيم

٢٤. لماذا يعد استخدام ضوء احادي اللون مهما في تكوين نمط في تجربة التداخل ليونج ؟

**الحل :**

عندما تستخدم الضوء الأحادي اللون ، ستحصل على نمط تداخل دقيق المعالم ، وإذا كنت تستخدم ضوءا أبيض فستحصل على مجموعة من الأهداب الملونة .

٢٥. وضح لماذا لا يمكن استخدام موقع الهدب المركزي المضيء لنمط تداخل الشق المزدوج لحساب الطول الموجي لموجات الضوء ؟

**الحل :**

الأطوال الموجية جميعها تنتج الهدب المركزي في الموقع نفسه .

٢٦. صف كيف يمكنك استخدام ضوء معلوم الطول الموجي لإيجاد المسافة بين شقين ؟

**الحل :**

أسقط الضوء على الشق المزدوج ، ودع نمط التداخل يسقط على ورقة .  
قس المسافات بين الأهداب المضيئة  $X$  ، واستخدم المعادلة  $d = \frac{\lambda L}{x}$

٢٧. يشع ضوء أبيض خلال محرز حيود . هل تكون الفراغات بين الخيوط الحمراء الناتجة متقاربة أم متباعدة أكثر مقارنة بالخطوط البنفسجية الناتجة ؟ ولماذا ؟

الحل :

تتناسب المسافة طرديا مع الطول الموجي . ولأن للضوء الأحمر طولاً موجياً أطول منه للضوء البنفسجي فإن الخطوط الحمراء ستفصلها مسافات أكبر من الخطوط البنفسجية .

٢٨. ما لون الضوء المرئي الذي ينتج خطاً ساطعاً قريباً جداً من الهدب المركزي المضيء بالنسبة لمحزوز حيود معين ؟

الحل :

الضوء البنفسجي هو اللون ذو الطول الموجي الأقصر .

٢٩. لماذا يكون التلسكوب ذو القطر الصغير غير قادر على التمييز بين صورتين لنجمتين متقاربتين جداً ؟

الحل :

للفتحات الصغيرة أنماط تداخل كبيرة تحد من القدرة على التمييز بين الصورتين .

تطبيق المفاهيم

٣٠. حدد في كل من الأمثلة التالية ما إذا كان اللون ناتجاً عن التداخل في الأغشية الرقيقة ، أم عن الانكسار ، أم نتيجة وجود الأصباغ .

a. فقاعات الصابون

b. بتلات الورد

c. غشاء زيتي

d. قوس المطر

الحل :

a. التداخل

b. الأصباغ

c. التداخل

d. الانكسار

٣١. صف التغيرات في نمط حيود الشق المفرد عندما يتناقص عرض الشق .

الحل :

تأخذ الأهداب في الاتساع وتأخذ إضاءتها في الخفوت .

٣٢. معرض العلوم أحد المعروضات في معرض العلوم عبارة عن غشاء كبير جدا من الصابون ذي عرض ثابت تقريبا ، ويضاء بواسطة ضوء طوله الموجي  $432 \text{ nm}$  ، فيظهر السطح كاملا تقريبا على شكل ظل أرجواني اللون . فلماذا ستشاهد في الحالات التالية ؟

a. عندما يتضاعف سمك الغشاء .

b. عندما يزداد سمك الغشاء بمقدار نصف الطول الموجي للضوء الساقط .

c. عندما يتناقص سمك الغشاء بمقدار ربع الطول الموجي للضوء الساقط .

### الحل :

a. تداخل هدام كامل

b. تداخل بناء كامل

c. تداخل هدام كامل

٣٣. تحدي مؤشر الليزر إذا كان لديك مؤشر ليزر ، أحدهما ضوءه أحمر والآخر ضوءه أخضر ، واختلف زميلك أحمد وفيصل في تحديد أيهما له طول موجي أكبر ، وأصر أحمد على ان اللون الأحمر طوله الموجي أكبر ، بينما فيصل متأكد أن الضوء الأخضر له طول موجي أكبر . فإذا كان لديك محزوز حيود فصف العرض الذي ستنفذه بواسطة هذه الأداة ، وكيف يمكنك توضيح النتائج التي توصلت إليها لكل من أحمد وفيصل لحل الخلاف بينهما ؟

### الحل :

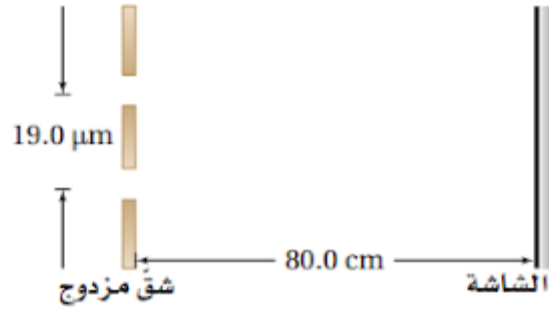
سلط كل مؤشر ليزر خلال المحزوز على جدار قريب . سينتج الضوء ذو الطول الموجي الأكبر نقاطا تفصلها مسافات كبيرة على الجدار لأن المسافة بينها تتناسب طرديا مع الطول الموجي . ( الصحيح هو أحمد : الطول الموجي للضوء الأحمر أكبر من الطول الموجي للضوء الأخضر ) .

### إتقان حل المسائل

### التداخل

٣٤. يسقط ضوء على شقين متباعدين بمقدار  $19,0 \mu\text{m}$  ، ويبعدان عن شاشة  $80,0 \text{ cm}$  ، كما في الشكل ١٧-٤ . فإذا كان الهدب المضيء

ذو الرتبة الأولى يبعد  $1.90 \text{ cm}$  عن الهدب المركزي المضيء فما مقدار الطول الموجي للضوء ؟



الحل :

$$\begin{aligned}
 \lambda &= \frac{xd}{L} \\
 &= \frac{(19.0 \times 10^{-6} \text{ m})(1.90 \times 10^{-2} \text{ m})}{80.0 \times 10^{-2} \text{ m}} \\
 &= 451 \text{ nm}
 \end{aligned}$$

٣٥. البقع النفطية خرج أسامة وعمر في نزهة قصيرة بعد المطر ، و لاحظا طبقة نفطية رقيقة معامل انكسار مادتها  $1.45$  على سطح بركة صغيرة تنتج ألوانا مختلفة . ما أقل سمك لطبقة النفط ، عندما تكون تداخلا بناء لضوء طوله الموجي  $454 \text{ nm}$  ؟

الحل :

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

$$m = 0.$$

$$t = \left(\frac{1}{4}\right) \frac{\lambda}{n_f}$$

$$= \frac{545 \text{ nm}}{(4)(1.45)}$$

$$= 94.0 \text{ nm}$$

٣٦. يوجه علي مؤشر ليزر أحمر على ثلاث مجموعات من الشقوق المزدوجة المختلفة . فإذا كانت المسافة الفاصلة بين الشقين في المجموعة A  $0.150 \text{ mm}$  ، وبعد الشاشة عن الشقين  $0.60 \text{ m}$  ، أما في المجموعة B فكانت المسافة الفاصلة بين الشقين  $0.175 \text{ mm}$  ، وبعد الشاشة عنهما  $0.80 \text{ m}$  ، وفي المجموعة C كانت المسافة الفاصلة بين الشقين  $0.150 \text{ mm}$  وبعد الشاشة عنهما  $0.80 \text{ m}$  ، فرتب المجموعات الثلاث اعتماداً على المسافة الفاصلة بين الهدب المركزي المضيء والهدب المضيء ذي الرتبة الأولى ، وذلك من المسافة الفاصلة الأصغر إلى الأكبر.

الحل :

$$\frac{x}{\lambda} = \frac{L}{d}$$

A:

$$\begin{aligned}
 &= \frac{0.60 \text{ m}}{1.50 \times 10^{-4} \text{ m}} \\
 &= 4.0 \times 10^3
 \end{aligned}$$

B:

$$\begin{aligned}
 &= \frac{0.80 \text{ m}}{1.75 \times 10^{-4} \text{ m}} \\
 &= 4.6 \times 10^3
 \end{aligned}$$

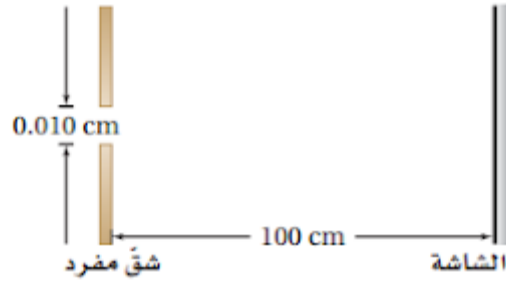
C:

$$\begin{aligned}
 &= \frac{0.80 \text{ m}}{1.50 \times 10^{-4} \text{ m}} \\
 &= 5.3 \times 10^3
 \end{aligned}$$

$$x_C > x_B > x_A$$



٣٧. يعبر ضوء أحادي اللون خلال شق مفرد عرضه  $0.10 \text{ cm}$  ،  
 ثم يسقط على شاشة تبعد عنه مسافة  $1.00 \text{ cm}$  ، كما في الشكل - ٤  
 ١٨ . فإذا كان عرض الهدب المركزي المضيء  $1.20 \text{ cm}$  ، فما  
 مقدار الطول الموجي للضوء ؟



الحل :

$$\begin{aligned}
 2x_1 &= \frac{2\lambda L}{w} \\
 \lambda &= \frac{xw}{L} \\
 &= \frac{(0.60 \text{ cm})(0.010 \text{ cm})}{100 \text{ cm}} \\
 &= 600 \text{ nm}
 \end{aligned}$$

٣٨. يمر ضوء طوله الموجي  $4,0 \times 10^{-7} \text{ cm}$  خلال شق مفرد ويسقط على شاشة تبعد  $100 \text{ cm}$ . فإذا كان عرض الشق  $0,015 \text{ cm}$ ، فما مقدار المسافة بين مركز النمط والهدب المعتم الأول؟

الحل :

$$\begin{aligned}x_1 &= \frac{\lambda L}{w} \\&= \frac{(4.5 \times 10^{-5} \text{ cm})(100 \text{ m})}{0.015 \text{ cm}} \\&= 0.3 \text{ cm}\end{aligned}$$

٣٩. يمر ضوء أحادي اللون طوله الموجي  $425 \text{ nm}$  خلال شق مفرد ، ويسقط على شاشة تبعد  $75 \text{ cm}$  . فإذا كان عرض الحزمة المركزية المضيئة  $0.60 \text{ cm}$  ، فما عرض الشق ؟

الحل :

$$\begin{aligned}2x_1 &= \frac{2\lambda L}{w} \\w &= \frac{2\lambda L}{2x_1} = \frac{\lambda L}{x_1} \\x_1 &= \left(\frac{1}{2}\right)(2x_1) = 0.30 \text{ cm} \\&= \frac{(4.25 \times 10^{-5} \text{ cm})(75 \text{ cm})}{0.30 \text{ cm}} \\&= 1.1 \times 10^{-2} \text{ cm}\end{aligned}$$

٤٠. المطياف يستخدم في جهاز المطياف محزوز حيود يحتوي  $12000/\text{cm}$  خط . أوجد الزاويتين اللتين توجد عندهما الأهداب المضيئة ذات الرتبة الأولى لكل من الضوء الأحمر الذي طوله الموجي  $632 \text{ nm}$  ، والضوء الأزرق الذي طوله الموجي  $421 \text{ nm}$  .

الحل :

$$d = \frac{1}{12,000 \text{ lines/cm}} = 8.33 \times 10^{-5} \text{ cm}$$

$$\lambda = d \sin \theta$$

$$\sin \theta = \frac{\lambda}{d}$$

للضوء الأحمر :

$$\theta = \sin^{-1} \left( \frac{6.32 \times 10^{-5} \text{ cm}}{8.33 \times 10^{-5} \text{ cm}} \right)$$

$$= 49.3^\circ$$

للضوء الأزرق :

$$\theta = \sin^{-1} \left( \frac{4.21 \times 10^{-5} \text{ cm}}{8.33 \times 10^{-5} \text{ cm}} \right)$$

$$= 30.3^\circ$$

مراجعة عامة

٤١. يوضح طلاء مانع للانعكاس معامل انكساره ١,٢ على عدسة ، فإذا كان سمك الطلاء ١٢٥ nm ، فما لون /ألوان الضوء التي يحدث عندها تداخل هدام بصورة كاملة ؟ تلميح : افترض أن العدسة مصنوعة من الزجاج .

الحل :

$$\begin{aligned}
 2d &= \left(m + \frac{1}{2}\right) \frac{\lambda}{n_f} \\
 \lambda &= \frac{2dn_f}{\left(m + \frac{1}{2}\right)} \\
 &= \frac{(2)(125 \text{ nm})(1.2)}{\left(m + \frac{1}{2}\right)} \\
 &= \left(m + \frac{1}{2}\right)^{-1} (3.0 \times 10^2 \text{ nm}) \\
 m &= 0 \\
 &= \left(\frac{1}{2}\right)^{-1} (3.0 \times 10^2 \text{ nm}) \\
 &= 6.0 \times 10^2 \text{ nm}
 \end{aligned}$$

لذلك فإن الضوء محمر – برتقالي

### التفكير الناقد

٤٢. تطبيق المفاهيم سقط ضوء أصفر على محزون حيود ، فتكونت ثلاث بقع على الشاشة خلف المحزون ، إحداها عند الدرجة صفر حيث لا يحدث حيود ، والثانية عند  $+30^\circ$  ، والثالثة عند  $-30^\circ$  . فإذا أسقطت ضوءاً أزرق متماثلاً الشدة في اتجاه الضوء الأصفر نفسه ، فما نمط البقع التي ستراها على الشاشة الآن ؟

**الحل :**

البقعة الاخضراء عند  $0^\circ$  ، البقع الصفراء عند  $+30^\circ$  و  $-30^\circ$  ، وبقعتان زرقاوان متقاربتان إلى حد ما .

٤٣. تطبيق المفاهيم يمر ضوء أزرق طوله الموجي  $\lambda$  عبر شق مفرد عرضه  $w$  ، حيث يظهر نمط حيود على شاشة . فإذا استخدمت الآن ضوءاً أخضر طوله الموجي  $1.5\lambda$  بدلاً من الضوء الأزرق ، فكم يجب أن يكون عرض الشق للحصول على النمط السابق نفسه ؟

**الحل :**

تعتمد زاوية الحيود على نسبة عرض الشق بالنسبة للطول الموجي ،  
ولذلك يزيد العرض ليصبح  $W = 1,5$  .

## الكتابة في الفيزياء

٤٤ . ابحث ، ثم صف مساهمات العالم توماس يونج في الفيزياء . وقوم  
تأثير أبحاثه في الفكر العلمي حول طبيعة الضوء .

### الحل :

يُعتبر يونج مؤسس علم البصريات الفيزيولوجية، ففي ١٧٩٣ شرح  
الطريقة التي تتكيف فيها العين على الرؤية على مسافات مختلفة  
بالاعتماد على تغير تكور عدسة العين، وفي ١٨٠١ كان أول من  
وصف اللابؤرية ، وقدم في محاضراته الفرضية التي طورها فيما بعد  
الألماني هرمان فون هلمهولتز، والتي تقول إن إدراك اللون يعتمد على  
وجود ثلاثة أنواع من الألياف العصبية في شبكية العين، والتي تستجيب  
على التوالي للضوء الأحمر والأخضر والبنفسجي، وقد كان هذا تنبؤا  
لفهم العلمي الحديث عن رؤية اللون، خاصة اكتشاف أن العين لديها  
ثلاثة مستقبلات حساسة لأطوال موجية مختلفة.

كان للعالم توماس يونج عدة مساهمات في الفيزياء من أهمها أبحاثه  
في دعم النظرية الموجية للضوء، وكانت هذه النظرية شاذة وغير  
معروفة، فالذي كان سائدا من قبل حول الضوء هو ما قاله إسحاق  
نيوتن في كتابه البصريات (Optics) أن الضوء هو جزيء، ومع ذلك  
فقد حطم يونج في بداية القرن التاسع عشر تلك النظرية وأعطى أسبابا  
نظرية كثيرة تدعم النظرية الموجية للضوء، وقام يونج برسم رسمتين  
توضيحيتين لدعم وجهة نظره، الأولى وبوساطة الخزان المتموج وضح  
فيها فكرة تداخل أمواج المياه، أما الثانية فهي رسمة توضح تجربته  
المشهورة باسم تجربة شقي يونج أو تجربة الشق المزدوج، وقد وضح  
فيها فكرة تداخل الضوء كموجة، وقد وضح هذا في كتابه تجارب  
وحسابات خاصة بالبصريات الفيزيائية (Experiments and

## (Calculations Relative to Physical Optics) الذى نشر فى عام ١٨٠٣.

٤٥. ابحث ثم فسر دور الحيود في كل من الطب وعلم الفلك . وصف على الأقل تطبيقين لكل منهما .

الحل :

للحيود دور في الطب مثل حيود الاشعة السينية ولها دور أيضا في علم الفلك ومنها حيود الضوء الذي يتشكل به قوس المطر .

مراجعة تراكمية

٤٦. ما الأطوال الموجية لموجات الميكرويف في فرن إذا كان ترددها ٢,٤ GHz ؟

الحل :

$$\begin{aligned}
 c &= f\lambda \\
 \lambda &= \frac{c}{f} = \frac{3.00 \times 10^8 \text{ m/s}}{2.4 \times 10^9 \text{ Hz}} \\
 &= 0.12 \text{ m}
 \end{aligned}$$

٤٧. وضع جسم طوله ٢,٠ cm أمام مرآة مقعرة نصف قطرها ٤٨ cm . وعلى بعد ١٢,٠ cm منها . احسب بعد الصورة وطولها .

الحل :

$$\begin{aligned}
 f &= \frac{r}{2} \\
 &= \frac{48.0 \text{ cm}}{2} \\
 &= 24.0 \text{ cm} \\
 \frac{1}{f} &= \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i} \\
 d_i &= \frac{d_o f}{d_o - f} \\
 &= \frac{(12.0 \text{ cm})(24.0 \text{ cm})}{12.0 \text{ cm} - 24.0 \text{ cm}} \\
 &= -24.0 \text{ cm} \\
 m &= \frac{h_i}{h_o} = \frac{-d_i}{d_o} \\
 h_i &= \frac{-d_i h_o}{d_o} \\
 &= \frac{-(-24.0 \text{ cm})(2.0 \text{ cm})}{12.0 \text{ cm}} \\
 &= 4.0 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

بعد الصورة :  $-44.0 \text{ cm}$

طول الصورة :  $4.0 \text{ cm}$

٤٨. وضعت شمعة طولها  $2.0 \text{ cm}$  على بعد  $12.0 \text{ cm}$  من عدسة محدبة بعدها البؤري  $24.0 \text{ cm}$ . استخدم معادلة العدسة الرقيقة لحساب بعد الصورة وطولها.

الحل :  
 الحل اون لاين  
 hulul.online

$$\begin{aligned}
 \frac{1}{f} &= \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i} \\
 d_i &= \frac{d_o f}{d_o - f} \\
 &= \frac{(7.50 \text{ cm})(21.0 \text{ cm})}{7.50 \text{ cm} - 21.0 \text{ cm}} \\
 &= -11.7 \text{ cm} \\
 m &= \frac{h_i}{h_o} = \frac{-d_i}{d_o} \\
 h_i &= \frac{-d_i h_o}{d_o} \\
 &= \frac{-(-11.7 \text{ cm})(2.00 \text{ cm})}{7.50 \text{ cm}} \\
 &= 3.11 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

بعد الصورة :  $-11.7 \text{ cm}$

طول الصورة :  $3.11 \text{ cm}$

اختبار مقنن

حل أسئلة اختبار مقنن للفصل الرابع (التداخل والحيود)

١. تبدو ألوان الغشاء الرقيق مثل فقاعات الصابون أو الزيت على الماء كأنها تتغير وتتحرك عندما تنظر إليها ، لأن :
  - a. تيارات الحمل الحراري في طبقة الهواء التي تلي الغشاء الرقيق تشوه الضوء .
  - b. سمك الغشاء عند أي موقع محدد يتغير مع الزمن .
  - c. الأطوال الموجية في ضوء الشمس تتغير مع الزمن .

d. رؤيتك تتغير على نحو قليل مع الزمن .

الحل :

الإختيار الصحيح هو : B

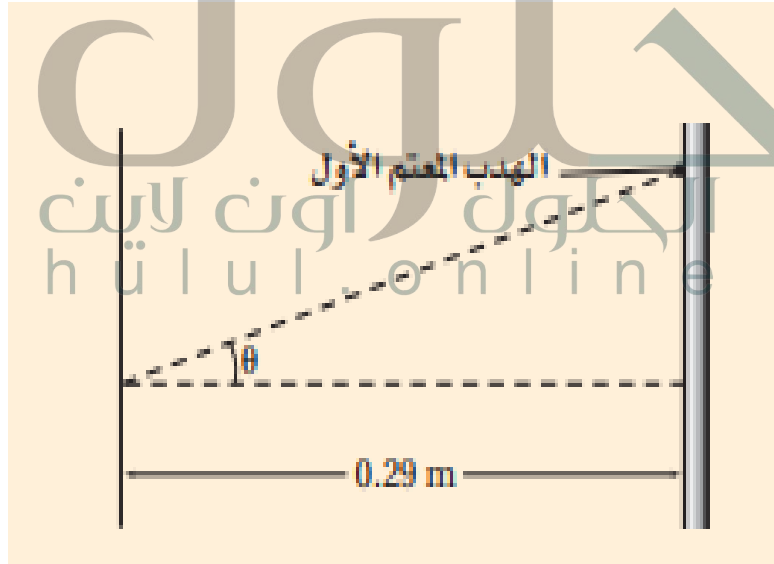
٢. يشع ضوء طوله الموجي  $410 \text{ nm}$  خلال شق ، ويسقط على شاشة مسطحة ومستوية ، كما في الشكل أدناه . فإذا كان عرض الشق  $3.8 \times 10^{-6} \text{ m}$  ، فما عرض الهدب المركزي المضيء ؟

a.  $0.24 \text{ m}$

b.  $0.31 \text{ m}$

c.  $0.48 \text{ m}$

d.  $0.63 \text{ m}$



الحل :

الإختيار الصحيح هو : D

طريقة الحل :

$$\lambda = \frac{xd}{L}$$

$$x = \frac{\lambda L}{d}$$

$$x = \frac{2(410 \times 10^{-9})(0.29)}{3.8 \times 10^{-6}}$$

$$x = 0.063 \text{ m}$$

٣. في المسألة السابقة ، ما مقدار الزاوية  $\theta$  للهدب المعتم الأول ؟

a.  $3,1^\circ$

b.  $6,2^\circ$

c.  $12,4^\circ$

d.  $17^\circ$

الحل :

الإختيار الصحيح هو : B

طريقة الحل :

$$\theta = \sin^{-1} \frac{\lambda}{d}$$

$$\theta = \sin^{-1} \frac{410 \times 10^{-9}}{3.8 \times 10^{-6}}$$

$$\theta = 6.193$$

٤. نجمان على بعد  $6.2 \times 10^4$  سنة ضوئية عن الأرض ، والمسافة بينهما تساوي  $3.1$  سنة ضوئية . ما أقل قطر لفتحة تلسكوب نلزمنا للتمييز بينهما باستخدام ضوء طوله الموجي  $610 \text{ nm}$  ؟

a.  $5.0 \times 10^{-5} \text{ m}$

b.  $6.1 \times 10^{-5} \text{ m}$

c.  $1.5 \times 10^{-2} \text{ m}$

d.  $1.5 \times 10^{-7} \text{ m}$

الحل :

الإختيار الصحيح هو : C

طريقة الحل :

$$x = \frac{1,22 \lambda L}{D}$$

$$D = \frac{1,22 \lambda L}{x}$$

$$x = \frac{1,22 (610 \times 10^{-9})(6,2 \times 10^4)}{3,1}$$

$$x = 0,01488 = 1,488 \times 10^{-2} = 1,5 \times 10^{-2} \text{ m}$$

٥. محزوز حيود ، المسافة الفاصلة بين شقوقه  $0,055 \text{ mm}$  . ما  
 مقدار زاوية الهدب المضيء ذي الرتبة الأولى لضوء طوله  
 الموجي  $650 \text{ nm}$  ؟

a.  $0,012^\circ$

b.  $0,68^\circ$

c.  $1,0^\circ$

d.  $11^\circ$

الحل :

الإختيار الصحيح هو : B

طريقة الحل :

$$\theta = \sin^{-1} \frac{\lambda}{d}$$

$$\theta = \sin^{-1} \frac{650 \times 10^{-9}}{5,5 \times 10^{-5}}$$

$$\theta = 0,0677$$

حلول  
الجلول اون لاين  
hulul.online

٦. يضيء شعاع ليزر طوله الموجي  $638 \text{ nm}$  شقين ضيقين . فإذا كان بعد الهدف ذي الرتبة الثالثة من النمط الناتج عن الهدف المركزي المضيء يساوي  $7,5 \text{ cm}$  ، وبعد الشاشة عن الشقين  $2,475 \text{ m}$  ، فما المسافة بين الشقين ؟

a.  $5,8 \times 10^{-8} \text{ m}$

b.  $6,3 \times 10^{-7} \text{ m}$

c.  $2,1 \times 10^{-6} \text{ m}$

$$6,3 \times 10^{-5} \text{ m.d}$$

الحل :

الإختيار الصحيح هو : D

طريقة الحل :

$$\lambda = \frac{xd}{L}$$

$$x = \frac{3\lambda L}{d}$$

$$x = \frac{3(638 \times 10^{-9})(2.475)}{0.075}$$

$$x = 6,3 \times 10^{-5} \text{ m}$$

٧. وضعت شاشة مسطحة على بعد  $4,200 \text{ m}$  من زوج من الشقوق ، وأضيء الشقان بحزمة ضوء أحادي اللون . فإذا كانت المسافة الفاصلة بين الهدب المركزي المضيء والهدب المضيء ذي الرتبة الثانية  $0,082 \text{ m}$  ، والمسافة الفاصلة بين الشقين  $5,3 \times 10^{-5} \text{ m}$  ، فحدد الطول الموجي للضوء .

$$2,6 \times 10^{-7} \text{ m .a}$$

$5,2 \times 10^{-7} \text{ m} .b$

$6,2 \times 10^{-7} \text{ m} .c$

$1,0 \times 10^{-6} \text{ m} .d$

الحل :

الاختيار الصحيح هو : B

طريقة الحل :

$$x = \frac{2\lambda d}{L}$$

$$\lambda = \frac{xL}{2d}$$

$$\lambda = \frac{(5.3 \times 10^{-5})(0,082)}{2(4,2)}$$

$$\lambda = 5,174 \times 10^{-7} \text{ m}$$

٨. ينتج محزوز حيود له ٦٠٠٠ شق في كل cm نمط حيود له خط مضيء ذو رتبة أولى عند زاوية مقدارها ٢٠° من الخط المركزي المضيء . ما مقدار الطول الموجي للضوء ؟

الحل :

أولا نوجد قيمة d والتي تساوي

$$d = \frac{1}{6000}$$

$$d = 1,6667 \times 10^{-4} \text{ cm}$$

$$d = \frac{1,6667 \times 10^{-4}}{100}$$

$$d = 1,6667 \times 10^{-6} \text{ m}$$

الطول الموجي للضوء يساوي :

$$\lambda = d \sin \theta$$

$$\lambda = 1,6667 \times 10^{-6} \sin 20$$

$$= 5,70 \times 10^{-7} \text{ m} = 570 \text{ nm}$$