

## شكراً لتحميلك هذا الملف من موقع المناهج العمانية



## إجابات الوحدة السابعة تراكب الموجات

[موقع المناهج](#) ← [المناهج العمانية](#) ← [الصف الثاني عشر](#) ← [فيزياء](#) ← [الفصل الثاني](#) ← [الملف](#)

تاريخ نشر الملف على موقع المناهج: 2024-02-24 05:55:13

## التواصل الاجتماعي بحسب الصف الثاني عشر



## روابط مواد الصف الثاني عشر على تلغرام

[الرياضيات](#)

[اللغة الانجليزية](#)

[اللغة العربية](#)

[التربية الاسلامية](#)

## المزيد من الملفات بحسب الصف الثاني عشر والمادة فيزياء في الفصل الثاني

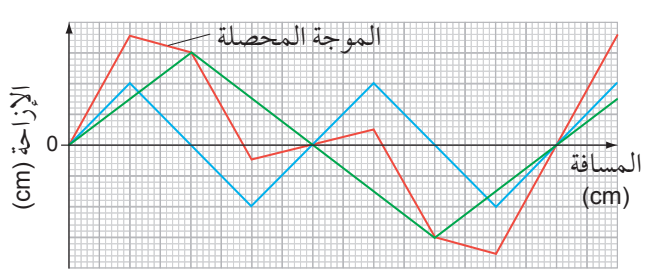
<a href="#">أسئلة اختبارات كامبريدج في الوحدة السادسة الموجات</a>	1
<a href="#">ملخص شرح درس تأثير دوبلر للموجات الصوتية من الوحدة السادسة</a>	2
<a href="#">ملخص شرح درس سرعة الموجه من الوحدة السادسة</a>	3
<a href="#">ملخص شرح درس طاقة الموجه من الوحدة السادسة</a>	4
<a href="#">ملخص شرح درس وصف الموجات من الوحدة السادسة</a>	5

## إجابات كتاب الطالب

### العلوم ضمن سياقها

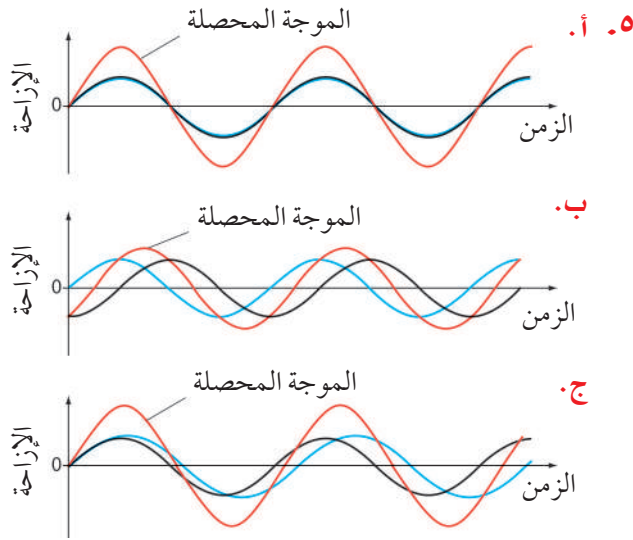
- هناك عدد من الوظائف وأماكن عمل تحدث فيها ضوضاء مستمرة بأصوات صاخبة عالية الخطورة؛ على سبيل المثال، مواقع البناء والمصانع والعمل بالمركبات ذات الضجيج العالي.
- مستويات الصوت التي تُعدّ عالية الخطورة تكون في المدى 85 ديسيبل وأكثر.
- أصبحت سماعات إلغاء الضجيج مألوفاً جداً للمسافرين خصوصاً الذين يركبون الطائرات لمسافات طويلة، حيث إن قلة الضوضاء تعمل على تحسين نوعية نوم الركاب. لقد تمت تجربة سماعات إلغاء الضجيج في وحدة العناية المركزة أيضاً، حيث يكون للنوم المضطرب تأثير سلبي على طول فترة شفاء المرضى، وقد ثبت أن سماعات إلغاء الضجيج (مع الضوء الخافت) تساعد في علاج ذلك. ربما لا تحتاج إلى استخدام سماعات إلغاء الضجيج في الحالات التي لا يكون فيها سماع الأصوات من حولك أمراً خطراً. على سبيل المثال، عند ركوب الدراجة على الطريق العام.

### إجابات أسئلة موضوعات الوحدة

1. 
2. لأن عرض الفجوات في الشبكة الفلزية لباب الفرن أصغر بكثير من الطول الموجي للموجات الميكروية، لذلك لا تتفذ من خلالها الموجات الميكروية، وبالمقابل فإن الطول الموجي للضوء أصغر بكثير من عرض تلك الفجوات، لذلك فهو

يمر من خلالها من دون أن يتأثر، الأمر الذي يسمح لنا برؤية الطعام الموجود بداخل الفرن. قد يبدأ مكبر الصوت المختلفان قليلاً في التردد بالكيفية نفسها (الطور نفسه)، ولكن سرعان ما سيختلف الطور بينهما، فتراكب الموجتين في نقطة معينة يشكّل تداخلاً بناءً في البداية، ولكنه بعد ذلك يصبح هداماً، لأنه لا يمكن أن يكون هناك نمط ثابت للتداخل بينهما.

4. ستزداد الشدة (لأنه لم يعد هناك تداخل هدام).



6. D: هذب معتم لأن الأشعة من الشق 1 والشق 2 لهما فرق مسار مقداره  $1\frac{1}{2}\lambda$

E: هذب مضىء لأن الأشعة من الشق 1 والشق 2 لهما فرق مسار مقداره  $2\lambda$

7. طول الموجة ( $\lambda$ ) والمسافة ( $a$ ) الفاصلة بين الشقين تبقى ثابتة كما هي.

لكن  $x \propto D$ ، لذلك مضاعفة ( $D$ ) تعني بالضرورة مضاعفة ( $x$ ).

لذلك ستكون المسافة الفاصلة بين هديين متجاورين (3.0 mm).

8. أ.  $x = \frac{\lambda D}{a}$  لذلك  $x \propto \frac{1}{a}$ ، وبالتالي تقليل ( $a$ ) يزيد ( $x$ ).

ل  $n = 5$  ،  $\sin\theta = 0.871$  ، أي أن:

$$\theta = 60.6^\circ$$

لا يمكنك الحصول على  $\sin\theta > 1$ ، لذلك يوجد 11 تداخلاً أقصى، أي التداخل الأقصى ذو الرتبة الصفريّة وخمسة على كل من جانبيه.

تزداد  $\theta$ ، لذلك يزداد انتشار التداخل الأقصى، وقد يكون هناك عدد أقل من التداخلات (لاحظ أن:  $\sin\theta \propto \lambda$ ).

ب. تنقص  $d$ ، لذلك تزداد  $\theta$  مرة أخرى، فيزداد انتشار التداخل الأقصى، وقد يكون هناك عدد أقل من التداخلات (لاحظ أن:  $\sin\theta \propto \frac{1}{d}$ ).

أ. بواسطة الحساب، استخدم  $\lambda = \frac{ax}{D}$ ، ستكون المسافة الفاصلة بين الأهداب المتجاورة:

$$x = \frac{\lambda D}{a} = \frac{546 \times 10^{-9} \times 0.80}{0.50 \times 10^{-3}} = 8.7 \times 10^{-4} \text{ m}$$

$$= 0.87 \text{ mm}$$

لذلك سيكون عرض الأهداب يساوي 0.87 mm، ولكن باستخدام مسطرة مليمترية (mm) سيقيس الطالب 9 mm

ب. المسافة الفاصلة بين الخطوط المتجاورة في المحزوز:

$$d = \frac{1}{3000} \text{ cm} = 3.33 \times 10^{-6} \text{ m}$$

بواسطة الحساب، وبإعادة ترتيب  $d \sin\theta = n\lambda$ ، لذلك فإن:

$$\sin\theta = \frac{n\lambda}{d} = \frac{2 \times 546 \times 10^{-9}}{3.33 \times 10^{-6}} = 0.328$$

$$\theta = 19.1^\circ$$

(أو  $38.2^\circ$  إذا قيست بين التداخلين الأقصىين ذوي الرتبة الثانية).

ج. بالنسبة إلى تجربة الشق المزدوج سيكون قياس عرض الـ 10 أهداب (9 mm)، وهذا يعطي طول موجة مقداره (562 nm).

ب. الضوء الأزرق له طول موجة أقصر.

$x \propto \lambda$ ، لذلك ( $x$ ) تقل.

ج. يتناسب ( $x$ ) طردياً مع ( $D$ )، فعندما تكون ( $D$ ) أكبر تكون ( $x$ ) أكبر، لذلك تكون النسبة المئوية لعدم اليقين في ( $x$ ) أقل.

٩. بإعادة ترتيب المعادلة  $\lambda = \frac{ax}{D}$  نحصل على:

$$x = \frac{\lambda D}{a} = \frac{589 \times 10^{-9} \times 1.20}{0.0002} = 3.5 \times 10^{-3} \text{ m}$$

١٠.  $D$  و  $a$  قيم ثابتة، لذلك  $x \propto \lambda$

المسافة الجديدة الفاصلة بين الأهداب:

$$= \frac{4.5 \times 10^{-7}}{6.0 \times 10^{-7}} \times 2.4 = 1.8 \text{ mm}$$

(أو طول الموجة للضوء الأزرق يساوي  $\frac{3}{4}$  طول موجة الضوء الأحمر، لذلك، فإن المسافة الفاصلة بين الأهداب في حالة الضوء الأزرق هي  $\frac{3}{4}$  المسافة السابقة الفاصلة بين الأهداب للضوء الأحمر).

١١. من أجل التداخل الأقصى من الرتبة الثانية، فإن الأشعة من الشقين يكون بينها فرق مسار مقداره  $2\lambda$ ، لذلك فهما في الطور نفسه.

(ملاحظة: تكون الزاوية التي يلاحظ عندها التداخل الأقصى من الرتبة الثانية أكبر منها في حالة التداخل الأقصى من الرتبة الأولى، لأن فرق المسار بين الأشعة المتجاورة أكبر:  $2\lambda$  بدلاً من  $\lambda$ ).

١٢. أ. بإعادة ترتيب  $d \sin\theta = n\lambda$ ، لتصبح:

$$\sin\theta = \frac{n\lambda}{d} = \frac{2 \times 580 \times 10^{-9}}{3.33 \times 10^{-6}} = 0.348$$

$$\theta = 20.4^\circ$$

ب. ل  $n = 3$  ،  $\sin\theta = 0.522$  ، أي أن:

$$\theta = 31.5^\circ$$

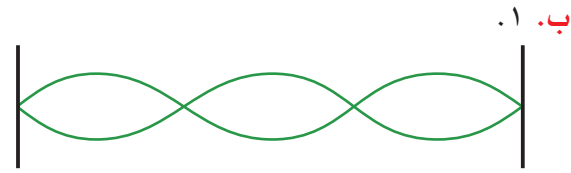
ل  $n = 4$  ،  $\sin\theta = 0.697$  ، أي أن:

$$\theta = 44.2^\circ$$

١٦. أ. الطول الموجي للموجة المسافرة =  
 $2 \times$  المسافة بين عقدتين متجاورتين:  
 $= 25 \times 2 = 50 \text{ cm}$

ب. المسافة من العقدة إلى البطن المجاور لها =  
 $0.5 \times$  المسافة بين عقدتين متجاورتين:  
 $= 25 \times 0.5 = 12.5 \text{ cm}$

١٧. أ. طول الموجة الكامل مبين في الشكل أدناه  
 لذلك طول الموجة =  $60 \text{ cm}$   
 المسافة الفاصلة بين بطنين متجاورين:  
 $= \frac{\lambda}{2} = 30 \text{ cm}$

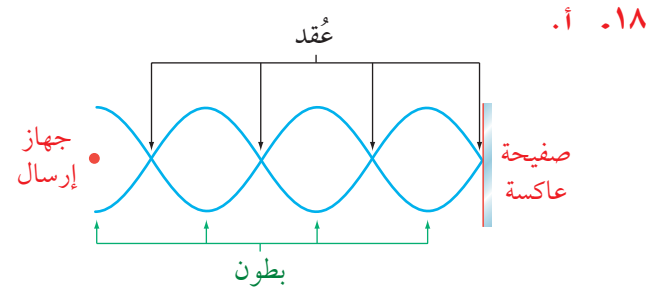


٢. طول الوتر =  $60 \text{ cm}$ ، لذلك لإنتاج ثلاثة بطون يجب أن يكون:

$$\frac{3\lambda}{2} = 60 \text{ cm}$$

وهذا يعني أن:

$$\lambda = 40 \text{ cm}$$



ب. المسافة بين بطنين متجاورين:

$$\frac{\lambda}{2} = 14 \text{ mm}$$

لذلك يكون طول الموجة:

$$\lambda = 28 \text{ mm}$$

سيعطي قياس التداخل الأقصى ذي الرتبة الثانية لتجربة محزوز الحيود زاوية  $19^\circ$  بطول موجة  $543 \text{ nm}$ . لذلك طريقة محزوز الحيود هي أكثر ضبطاً من الشق المزدوج. وعملياً فهي تعطي نتائج أكثر دقة، لأن الأهداب المضئية أكثر سطوعاً وحدة (واضحة بالتحديد).  
 ١٥. أ. بالنسبة إلى الضوء الأحمر، وبإعادة ترتيب المعادلة  $d \sin \theta = n\lambda$ ، فإن:

$$\sin \theta = \frac{n\lambda}{d} = \frac{1 \times 700 \times 10^{-9}}{2.00 \times 10^{-6}} = 0.350$$

$$\theta_{\text{red}} = 20.5^\circ$$

بالنسبة إلى الضوء البنفسجي، وبإعادة ترتيب المعادلة  $d \sin \theta = n\lambda$ ، فإن:

$$\sin \theta = \frac{n\lambda}{d} = \frac{1 \times 400 \times 10^{-9}}{2.00 \times 10^{-6}} = 0.200$$

$$\theta_{\text{violet}} = 11.5^\circ$$

أي أن الزاوية الفاصلة بينهما:

$$= 20.5^\circ - 11.5^\circ = 9.0^\circ$$

ب. ينحرف التداخل الأقصى للضوء البنفسجي ذو الرتبة الثالثة بزاوية:

$$\sin \theta_{\text{violet}} = \frac{n\lambda}{d} = \frac{3 \times 400 \times 10^{-9}}{2.00 \times 10^{-6}} = 0.6$$

$$\theta_{\text{violet}} = 36.87^\circ$$

ينحرف التداخل الأقصى للضوء الأحمر ذو الرتبة الثانية بزاوية:

$$\sin \theta_{\text{red}} = \frac{n\lambda}{d} = \frac{2 \times 700 \times 10^{-9}}{2.00 \times 10^{-6}} = 0.7$$

$$\theta_{\text{red}} = 44.43^\circ$$

$$\theta_{\text{red}} > \theta_{\text{violet}}$$

لذلك ينحرف التداخل الأقصى للضوء البنفسجي ذو الرتبة الثالثة بزاوية أصغر من التداخل الأقصى للضوء الأحمر ذي الرتبة الثانية، وبالتالي يتداخل طيفا الرتبة الثانية والثالثة.

التردد:

$$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{3.0 \times 10^8}{0.028} = 1.07 \times 10^{10} \text{ Hz} \approx 11 \text{ GHz}$$

١٩. في كلا الحالتين تنعكس الموجات إما بواسطة الصفيحة الفلزية أو بواسطة الماء، فالموجة المسافرة والموجة المنعكسة تتحدان لتنتجا نمط موجة مستقرة.

٢٠. أ. من السهل كثيراً اكتشاف ما إذا كانت شدة الصوت هبطت إلى الصفر أكثر من اكتشاف أنها في حالة قسوى.

ب. لزيادة الضبط: فإذا كان طول الموجة قصيراً فمن الصعب قياس طول موجي واحد.

٢١. أ. ثلاثة بطون بين عقدتين تعني أن المسافة المقاسة بين العقدتين هي:

$$\frac{3\lambda}{2} = 20 \text{ cm}$$

لذلك يكون طول الموجة:

$$\lambda = 13.3 \text{ cm} \approx 13 \text{ cm}$$

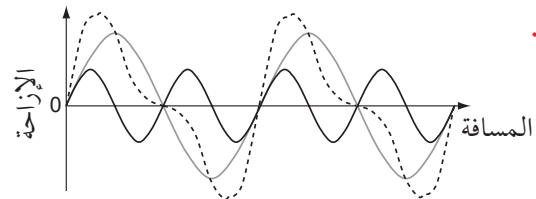
ب. السرعة:

$$v = f\lambda = 2500 \times 0.13 = 325 \text{ m s}^{-1} \approx 330 \text{ m s}^{-1}$$

### إجابات أسئلة نهاية الوحدة

١. ب

٢. أ



يمثل الخط المنقط الموجة المحصلة، يجب أن يظهر المخطط الخاص بك محاولة أفضل لجمع الموجتين.

ب. يكون طول الموجة المحصلة يساوي الطول الموجي الأطول للموجتين.

٣. أ. ينثني (ينحني) أكثر.

ب. أكثر تسطحاً.

٤. تمتلك موجات الراديو طولاً موجياً طويلاً بما يكفي لأن تحيد حول الجبال، إذ يصل طولها الموجي إلى أكبر من كيلومتر واحد.

في حين أن موجات التلفاز لها طول موجي قصير (سنتيمترات أو مليمترات)، لذلك لا يمكنها أن تحيد حول الجبال.

٥. أ. باستخدام  $ax = \lambda D$ ، الطول الموجي للصوت:

$$\lambda = \frac{ax}{D} = \frac{1.5 \times 1.2}{8.0} = 0.225 \text{ m} \approx 0.23 \text{ m}$$

ب. بما أن  $v = f\lambda$ ، إذا تردد الصوت:

$$330 = f \times 0.225$$

$$f = 1470 \text{ Hz} \approx 1500 \text{ Hz}$$

٦. عندما تكون الموجتان في الطور نفسه فإنهما تُجمعان لينتج عن ذلك صوت عالٍ، وتدرجياً تخرجان من الطور، وعندما تصبحان في الطور المعاكس يكون الصوت أخفت (أخفض) ما يمكن. وتعود الموجتان تدرجياً إلى الطور نفسه فيصبح الصوت عالياً من جديد وهكذا.

٧. المسافة الفاصلة بين خطين متجاورين في محزوز الحيود:

$$d = \frac{1}{5000} = 2.0 \times 10^{-4} \text{ cm} = 2.0 \times 10^{-6} \text{ m}$$

التداخل الأقصى ذو الرتبة الأولى عندما  $n = 1$ :

$$\sin \theta = \frac{\lambda}{d} = \frac{656 \times 10^{-9}}{2.0 \times 10^{-6}} = 0.328$$

$$\theta = \sin^{-1} 0.328 = 19.1^\circ$$

التداخل الأقصى ذو الرتبة الثانية عندما  $n = 2$ :

$$\sin \theta = \frac{2\lambda}{d} = \frac{2 \times 656 \times 10^{-9}}{2.0 \times 10^{-6}} = 0.656$$

أي أن:

$$n\lambda = d \sin\theta \quad ٣.$$

في حالة  $n = 1$ ، تقود المعادلة إلى:

$$\lambda = \frac{\sin 19.5^\circ}{5000 \times 10^2} = 6.68 \times 10^{-7}$$

$$\approx 6.7 \times 10^{-7} \text{ m}$$

٤. من المعادلة  $\sin\theta = \frac{n\lambda}{d}$  نحصل على:

$$\sin\theta = 2 \times 6.68 \times 10^{-7} \times 5000 \times 10^2$$

$$\theta = 41.8^\circ \approx 42^\circ$$

١٠. أ. عندما تلغي موجتان إحداهما الأخرى لإعطاء سعة منخفضة (أو صفرية) عند نقطة ما في حيز.

ب. من المعادلة  $\lambda = \frac{ax}{D}$  نحصل على المسافة بين الأهداب:

$$x = \frac{D\lambda}{a} = \frac{1.2 \times 1.5 \times 10^{-2}}{12.5 \times 10^{-2}} = 0.144 \text{ m}$$

عدد الأهداب في مسافة 45 cm:

$$\frac{45 \times 10^{-2}}{0.144} = 3.125$$

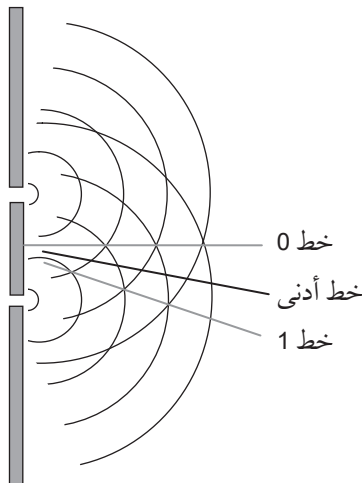
أي ثلاثة تداخلات قصوى (ثلاثة أهداب).

ج. من المعادلة  $c = f\lambda$  نحصل على:

$$f = \frac{3.0 \times 10^8}{1.5 \times 10^{-2}} = 2.0 \times 10^{10} \text{ Hz}$$

١١. أ. انحناء الموجة عندما تمر عبر فجوة ما أو تتجاوز حافة وانتشارها.

ب. ١-٣.



$$\theta = \sin^{-1} 0.656 = 41.0^\circ$$

٨. أ. تراكب الموجات هو الجمع الجبري لإزاحات الموجات الفردية عندما تلتقي موجتان أو أكثر عند نقطة ما.

ب. من المعادلة  $\lambda = \frac{ax}{D}$  نحصل على:

$$a = \frac{\lambda D}{x} = \frac{590 \times 10^{-9} \times 1.8 \times 12}{16.8 \times 10^{-3}}$$

$$= 7.6 \times 10^{-4} \text{ m}$$

ج. ١. يظهر مزيد من الأهداب على الشاشة أو إضاءة الأهداب تتناقص بشكل أقل من منتصف الشاشة إلى حافتها.

٢. تصبح الأهداب أعرض وتتباعد مع بقاء الإضاءة نفسها.

٩. أ. مترابط: وصف لموجتين صادرتين من مصدرين لهما فرق طور ثابت.

ضوء أحادي اللون: ضوء له طول موجة أحادي بدلاً من طيف لأطوال موجات مختلفة.

ب. ١. التداخل من الرتبة الأولى ينتج عن تداخل الموجات التي لها فرق مسار يساوي طولاً موجياً واحداً.

التداخل من الرتبة الثانية ينتج عن تداخل الموجات التي لها فرق مسار يساوي طولين موجيين.

٢. أي اثنين مما يأتي:

تكون الخطوط في نهاية A متباعدة، أو

تكون الخطوط في نهاية B متقاربة.

تكون الخطوط في نهاية A أرفع، أو

تكون الخطوط في نهاية B أعرض.

تكون الخطوط في نهاية A أكثر

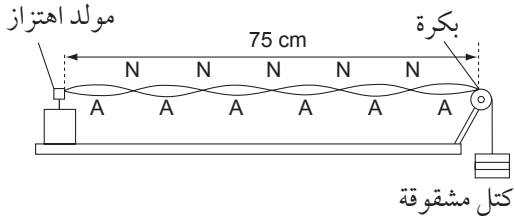
سطوعاً، أو تكون الخطوط في نهاية B

أخفت.

الاختلاف:

- تنقل الموجة المسافرة الطاقة، في حين لا تنقل الموجة المستقرة الطاقة.
- النقاط على الموجة المسافرة لها ساعات اهتزاز مختلفة بالنسبة إلى الزمن، في حين أن النقاط على الموجة المستقرة لها الساعات نفسها بالنسبة إلى الزمن.

ب. ١.



تم إظهار العقد والبطون على الشكل.  
٢. طول الموجة:

$$\lambda = \frac{75}{3} \text{ cm}$$

$$c = f\lambda = \frac{120 \times 0.75}{3} = 30 \text{ m s}^{-1}$$

ج. تتغير سرعة الموجات على الوتر مع تغير الشد، لذلك يجب تغيير التردد لتثبيت الطول الموجي.

١. تهتز إلى الأمام وإلى الخلف بشكل مواز للأنبوب.
٢. مستقرة.

$$\frac{3\lambda}{4} = 63.8 \text{ cm} \quad \text{ب.}$$

$$v = f\lambda = 400 \times \frac{4}{3} \times 0.638 = 340 \text{ m s}^{-1}$$

١. مصدران ينتج عنهما موجات بينهما فرق طور ثابت ولهما التردد نفسه.

٢. مقدار التأخر أو التقدم بين جسمين في موجة ما أو المقدار الذي تتقدم به الموجة أو تتأخر عن الموجة الأخرى، ويعبر عنه بزاوية.

قد يكون خط التداخل الأدنى ذو الرتبة الأولى (خطاً أدنى)، أو التداخل الأقصى ذو الرتبة الأولى (خط 1) فوق خط التداخل الأقصى المركزي أيضاً.

$$\lambda = \frac{ax}{D} = \frac{12 \times 10^{-2} \times 18 \times 10^{-2}}{60 \times 10^{-2}} = 3.6 \times 10^{-2} \text{ m} = 3.6 \text{ cm} \quad \text{ج.}$$

١٢. الإجابة (أ)، لأن الموجات الطولية كالموجات الصوتية يمكنها أن تنتج موجات مستقرة، لهذا فإن العبارة غير صحيحة.  
جميع العبارات الأخرى صحيحة فيما يتعلق بالموجة المستقرة.

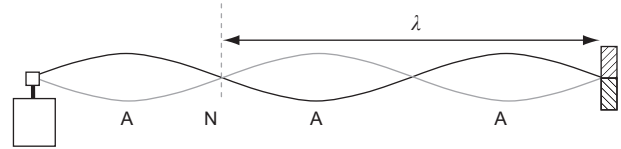
١٣. الإجابة (ج).

$$\lambda = 39.0 \text{ cm}$$

$$v = f\lambda = 120 \times 0.390 = 46.8 \text{ m s}^{-1}$$

١٤. أ. العقد والبطون مسماة على الشكل.

ب. الطول الموجي مشار إليه.



ج. سيتضاعف عدد الحلقات (البطون) فيصبح عددها (6) ويقل الطول الموجي.

١٥. أ. الرنين هو تطابق تردد مصدر مهتز مع التردد الطبيعي لاهتزاز جسم ما، الأمر الذي يؤدي إلى اهتزاز ذلك الجسم بسعة أكبر.

$$\frac{\lambda}{4} = 0.312 \text{ m} \quad \text{ب.}$$

$$v = f\lambda = 256 \times 4 \times 0.312 = 319 \approx 320 \text{ m s}^{-1}$$

١٦. أ. التشابه:

- تهتز النقاط في النوعين.
- سرعة الموجة  $f\lambda$

ب. ١. تحدث التداخلات القصوى عندما تكون الموجة المنعكسة في الطور نفسه مع الموجة الساقطة (المرسلة).

بينما تحدث التداخلات الدنيا عندما تكون الموجة المنعكسة بطور  $180^\circ$  مع الموجة الساقطة (المرسلة).

٢. في كل مرة تهبط فيها الساعة إلى الصفر، تكون الصفيحة قد تحركت بمقدار  $\frac{\lambda}{2}$  وبما أن هذه الدورة تكررت 5 مرات فإن هذا يعني أن المسافة من A إلى B تساوي  $2.5\lambda$  وبالتالي فإن الطول الموجي:

$$\lambda = \frac{42.0}{2.5} = 16.8 \text{ cm}$$

من المعادلة  $c = f\lambda$  نحصل على:

$$f = \frac{3.0 \times 10^8}{16.8 \times 10^{-2}} = 1.78 \times 10^9 \text{ Hz}$$

$$\approx 1.8 \times 10^9 \text{ Hz}$$

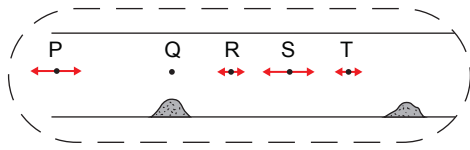
ج. انزياح الطور بزاوية  $180^\circ$  في الانعكاس (فرق الطور بين الموجتين =  $180^\circ$  عند الانعكاس).

$$\frac{3\lambda}{2} + \frac{\lambda}{4} = \frac{7}{4} \times \lambda = 90 \text{ cm}$$

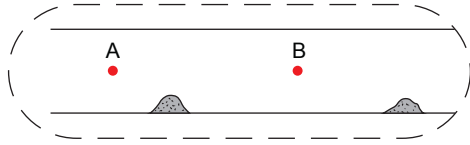
$$\lambda = 51.4 \text{ cm}$$

$$c = f\lambda = 512 \times 51.4 \times 10^{-2} = 263 \text{ m s}^{-1}$$

ب. Q لا تتحرك، في حين P و R و S و T تهتز من جانب إلى جانب آخر بشكل موازٍ للأنبوب. P و S لهما أكبر سرعة.



ج. أي نقطتين مسمّاة A و B ومتواجدة (أو موضوعة) على إحدى جانبي العقدة (كومة الغبار) على سبيل المثال:



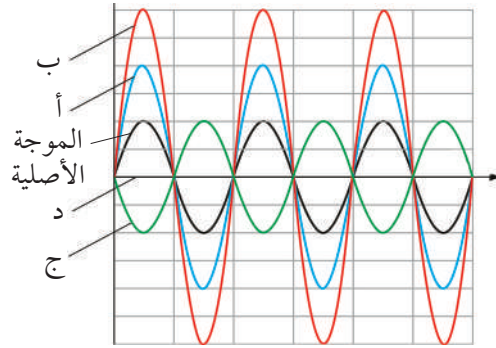


## إجابات كتاب التجارب العملية والأنشطة

### إجابات أسئلة الأنشطة

نشاط ٧-١: تراكب الموجات والتداخل

١. أ-د.



الموجة المحصلة في الجزئية (د) هي في خط مستقيم على طول المحور الأفقي.

٢. أ. تصل الموجات من دون أي اختلاف في المسار، وبالتالي فهي متطابقة في الطور.

ب. تصل الموجات بطول نصف موجي إضافي في المسار الذي تسلكه موجة واحدة، فتكون الموجات بعكس الطور، وبالتالي تلغي بعضها بعضاً؛ لأن الإزاحة التي تسببها موجة واحدة تكون دائماً بالمقدار نفسه ولكنها معاكسة للإزاحة التي تسببها الموجة الأخرى.

ج.

النقطة X	المسافة من P إلى X	المسافة من Q إلى X	فرق المسار	التداخل عند النقطة
A	$3\lambda$	$3\lambda$	0	بناءً
B	$3\frac{1}{2}\lambda$	$3\lambda$	$\frac{1}{2}\lambda$	هدام
C	$4\lambda$	$4\lambda$	$0\lambda$	بناءً
D	$5\lambda$	$3\lambda$	$2\lambda$	بناءً
E	$5\lambda$	$3\frac{1}{2}\lambda$	$1\frac{1}{2}\lambda$	هدام
F	$4\lambda$	$3\frac{1}{2}\lambda$	$\frac{1}{2}\lambda$	هدام
G	$4\frac{1}{2}\lambda$	$3\lambda$	$1\frac{1}{2}\lambda$	هدام

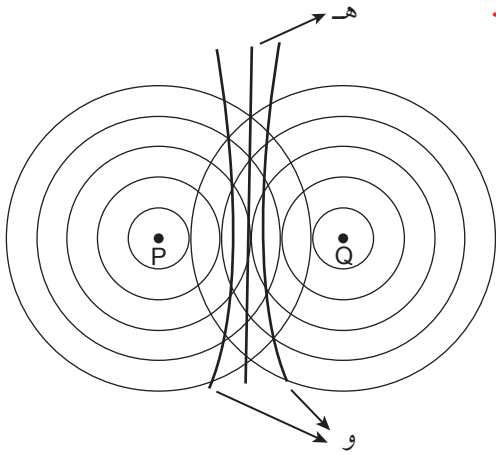
د. ٠.١ (أو عدد صحيح من الأطوال الموجية).

٢. متطابقة بنّاءً.

٣.  $\frac{1}{2}\lambda$  أو  $(1\frac{1}{2}\lambda)$  أو  $(n + \frac{1}{2})\lambda$  حيث  $n$  عدد صحيح.

٤. متعكسة هداماً.

هـ، و.



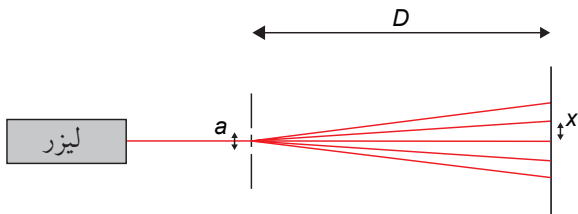
بالنسبة إلى الجزئية (و)، مطلوب واحد فقط من المنحنيين المشار إليهما بالحرف «و» في الرسم التخطيطي.

نشاط ٧-٢: تجارب التداخل ثنائي المصدر

١. أ.  $a$ : المسافة الفاصلة بين الشقين.

$x$ : المسافة الفاصلة بين الأهداب.

$D$ : المسافة بين الشقين والشاشة.

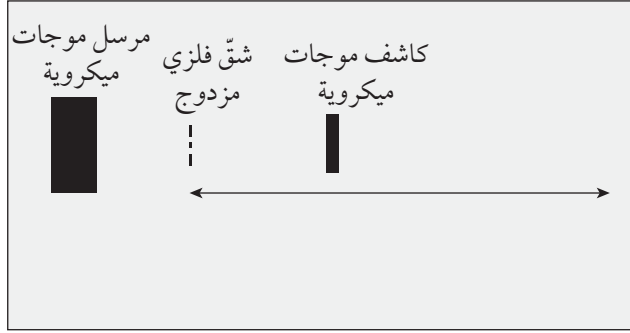


ب.  $a$ : المجهر المتقل أو مجهر القياس.

$x$ : المسطرة (والاستعانة بعدسة لتكبير إذا كانت الأرقام غير واضحة).

$D$ : مسطرة مترية أو شريط متري.

بقياس المسافات الفاصلة بين جميع الأهداب الأربعة (أكبر عدد ممكن)، ثم قياس المسافة

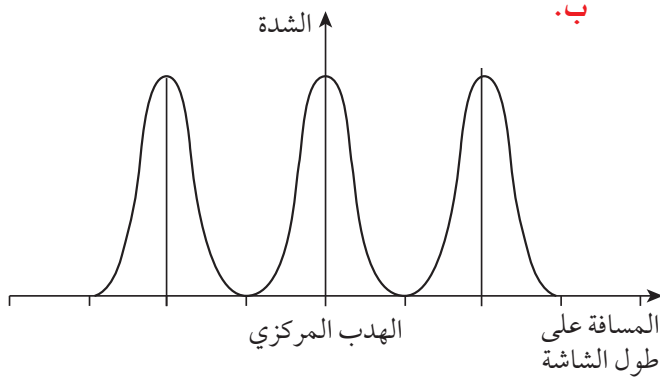


ج. الطول الموجي للموجات الميكروية (على سبيل المثال 3 cm) أكبر بكثير من الطول الموجي للضوء (أكبر بنحو 105 مرات)، وهذا يعني أن المسافة الفاصلة بين الشقين قد تكون أكبر بكثير، وأن قيمة  $x$  ستكون كذلك أكبر، بينما قيمة  $D$  قد تكون متماثلة.

### نشاط 7-3: تجربة الشق المزدوج: الوصف والحسابات

1. أ. تباعد الأهداب:

$$x = \frac{\lambda D}{a} = \frac{5.0 \times 10^{-7} \times 1.900}{0.25 \times 10^{-3}} = 3.8 \times 10^{-3} \text{ m} = 3.8 \text{ mm}$$



- ج. تتحرك الأهداب متباعدة على الشاشة.
- د. تتحرك الأهداب متباعدة على الشاشة.
- هـ. يصبح النمط باهتاً ولكن في المكان نفسه.
- و. لا تُعدّ الأهداب المعتممة معتممة تماماً، والأهداب المضيئة ستكون أقل إضاءة (أو إشعاعاً)، لذا أصبح النمط أقل وضوحاً.

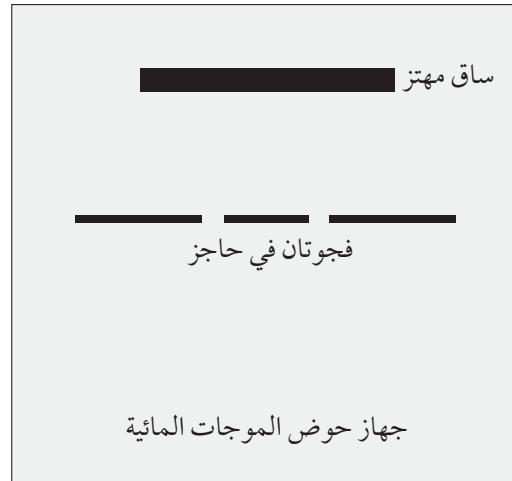
الفاصلة بين الأهداب بواسطة القسمة على ثلاثة، والاحتياطات: قياس المسافة الفاصلة بين الشقين في عدد من الأماكن المختلفة على طول الشقين وإيجاد متوسطها.

ج. أي استخدام معقول لـ  $\lambda = \frac{ax}{D}$  (على سبيل المثال، إذا كانت المسافة بين الشقين 0.5 mm وكانت الشاشة على بعد 5.0 m من الشقين، فإن  $x$  ستكون 7 mm).

د. اجعل الشاشة أبعد عن الشقين أو اجعل الشقين أقرب أحدهما إلى الآخر.

هـ. الليزر أكثر سطوعاً ويتركز في شعاع ضيق وأكثر شدة لذلك يمكن أن تكون الشاشة بعيدة أما الضوء الأبيض يعطي طيفاً، مع هدب مركزي أبيض وعدد قليل من الأهداب ذات الأطراف الملونة، ولكن الألوان المختلفة بعد ذلك تتداخل وتندمج، ويُنتج الليزر موجات ضوء مترابطة عبر الشق المزدوج، لذلك تتكوّن أهداب ذات مناطق معتممة وأخرى مضيئة.

1. أ. يجب أن يبيّن الرسم التخطيطي مصدر الموجات المستوية للماء، مثل ساق مهتز، وحاجز في الماء به فجوتان صغيرتان.



ب. يجب أن يوضح الرسم التخطيطي مصدر الموجات الميكروية والكاشف والشق الفلزي المزدوج.

ز. يُفقد النمط ولا تُرى أي أهداب على الشاشة.

أ. ٢. سلسلة من الأهداب المتباعدة بالتساوي ذات مناطق مضيئة ومعتمة.

ب. التباعد بين الأهداب:

$$x = \frac{\lambda D}{a} = \frac{5.86 \times 10^{-7} \times 1.7}{0.30 \times 10^{-3}} = 3.3 \times 10^{-3} \text{ m} = 3.3 \text{ mm}$$

ج. ستكون المسافة نصف المسافة بين الهدبين المضيئين.

$$\frac{x}{2} = \frac{3.3 \times 10^{-3}}{2} = 1.7 \times 10^{-3} \text{ m} = 1.7 \text{ mm}$$

أ. ٣. من الرسم التخطيطي أربع مسافات فاصلة

بين الأهداب تغطي 5.6 mm

التباعد بين الأهداب:

$$x = \frac{5.6}{4} = 1.4 \text{ mm}$$

ب. طول الموجة:

$$\lambda = \frac{ax}{D} = \frac{1.0 \times 10^{-3} \times 1.4 \times 10^{-3}}{2.0} = 7.0 \times 10^{-7} \text{ m}$$

ج. ستتضاعف المسافة الفاصلة بين الأهداب

إذا قُلت المسافة الفاصلة بين الشقين إلى

النصف؛ لأن العلاقة بينهما عكسية (انظر

التمثيل البياني أدناه).

د. هدب أبيض مركزي مع عدد قليل من

الأهداب ذات الحواف الملونة.

٤. المسافة بين هدبين مضيئين متجاورين:

$$x = \frac{\lambda D}{a} = \frac{4.95 \times 10^{-7} \times 2.00}{0.30 \times 10^{-3}} = 3.3 \times 10^{-3} \text{ m} = 3.3 \text{ mm}$$

٥. أ. ثلاثة مسافات فاصلة بين الأهداب تغطي

10.0 mm

المسافة بين (الأهداب) هدبين مضيئين

متجاورين:

$$x = \frac{10.0}{3} = 3.33 \text{ mm}$$

ب. المسافة بين المصدرين:

$$a = \frac{\lambda D}{x} = \frac{6.0 \times 10^{-7} \times 1.6}{3.33 \times 10^{-3}} = 2.9 \times 10^{-4} \text{ m}$$

٦. أ. فرق المسار:

$$= 99.0 - 90.0 = 9.0 \text{ cm}$$

ب. فرق المسار:

$$= 3 \times 3.0 = 3\lambda$$

الموجات في الطور نفسه؛ لأن فرق المسار

هو عدد صحيح مضاعف للطول الموجي.

فرق الطور = 0

ج. تداخل بناء.

د. سعة كبيرة أو شدة كبيرة عند O، تتناقص

إلى الصفر ثم تزداد حيث تكون P هي القمة

الثالثة. ويتكرر ذلك 3 مرات لكن تكون الشدة

أصغر قليلاً نحو P من الشدة السابقة لها (لأن

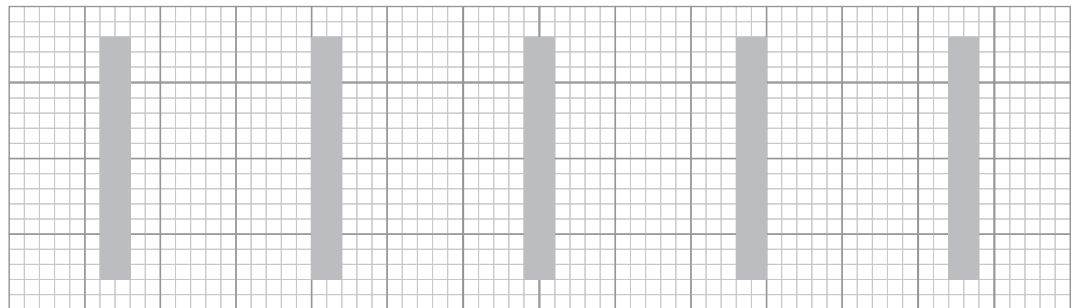
الحيود ليس منتظماً، وكلما ابتعدنا عن مركز

النمط زادت المسافة التي يجب أن تقطعها

الموجات الميكروية). سيكون هناك 4 تداخلات

قصوى و 3 تداخلات دنيا بين P و O (مع

التداخل الأقصى الأول عند O والرابع عند P).



(إجابة الجزئية ٣ ج)

### نشاط ٧-٤: الحيود ومحزوز الحيود

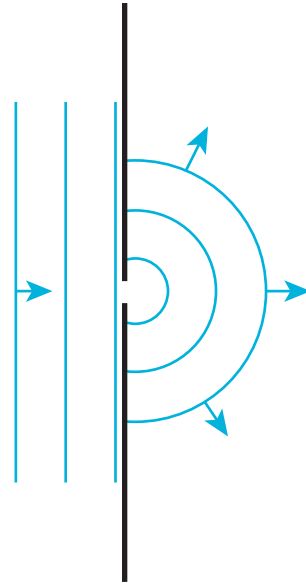
١. الحيود يتسبب في انحناء الموجات أثناء مرورها عبر فجوات ضيقة.

التداخل يسبب نمطاً بسبب إلغاء الموجات وتعزيزها.

الترابط يحتاج إلى فرق طور ثابت بين موجتين. التراكب يحدث عندما تلتقي الموجات وتكون الإزاحة المحصلة هي مجموع إزاحات كل موجة.

٢. أ. يجب أن تكون جبهات الموجات الموجودة إلى اليمين متباعدة بطول موجي واحد بينما جبهات الموجات المبيّنة لها طول موجي متغيّر. ويجب أن تكون جبهات الموجات لها حواف منحنية مع مراكز عند نهايتي الفجوة، وهي مستقيمة فقط في المنطقة المقابلة للفجوة.

ب. سلسلة من الدوائر تتمركز في وسط الفجوة.

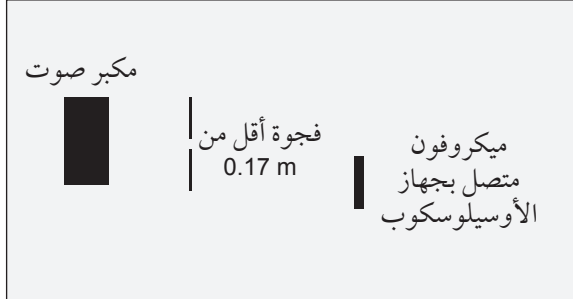


٣. أ. طول موجة الصوت:

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{340}{2000} = 0.17 \text{ m}$$

ب. يجب أن يُظهر الرسم التخطيطي مكبر صوت متصلاً بمولد إشارة، وفجوة في لوح فلزي أو

لوح خشبي صلب، وميكروفوناً متصلاً بجهاز رسم إشارة الأشعة المهبطية (أوسيلوسكوب)، وأن تكون الفجوة نحو 0.17 m أو أقل.



٤. أ. المسافة بين خط وآخر:

$$d = \frac{1}{N} = \frac{1}{500} = 2.0 \times 10^{-3} \text{ mm}$$

$$= 2.0 \times 10^{-6} \text{ m}$$

ب. الطول الموجي للضوء:

$$\lambda = \frac{d \sin \theta}{n} = \frac{2.0 \times 10^{-6} \times \sin 22.0}{1}$$

$$= 7.5 \times 10^{-7} \text{ m}$$

ج. مقدار زاوية الرتبة الثانية القصوى:

$$\theta = \sin^{-1} \left( \frac{n\lambda}{d} \right) = \sin^{-1} \left( \frac{2 \times 7.5 \times 10^{-7}}{2.0 \times 10^{-6}} \right) \approx 49^\circ$$

د. يصبح جيب الزاوية أكبر من 1 وبالتالي فإن الرتبة الثالثة غير ممكنة.

هـ. خمسة خطوط مرئية (خمس رتب): اثنتان

على كل من جانبي الرتبة الصفرية، والرتبة الصفرية نفسها).

٥. أ. المسافة بين خط وآخر:

$$d = \frac{30.0}{10000} = 3.0 \times 10^{-3} \text{ mm}$$

$$= 3.0 \times 10^{-6} \text{ m}$$

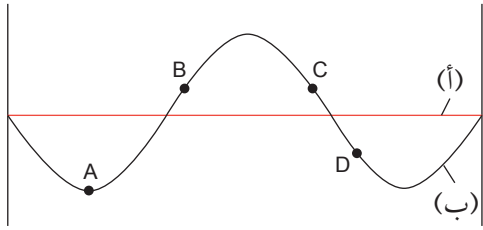
ب. زاوية الرتبة الأولى:

$$\theta = \sin^{-1} \left( \frac{n\lambda}{d} \right) = \sin^{-1} \left( \frac{1 \times 590 \times 10^{-9}}{3.0 \times 10^{-6}} \right) = 11.3^\circ$$

زاوية الرتبة الثانية:

$$\theta = \sin^{-1} \left( \frac{n\lambda}{d} \right) = \sin^{-1} \left( \frac{2 \times 590 \times 10^{-9}}{3.0 \times 10^{-6}} \right) = 23.2^\circ$$

نشاط ٥-٧: كيف يؤدي مبدأ تراكب الموجات إلى موجات مستقرة



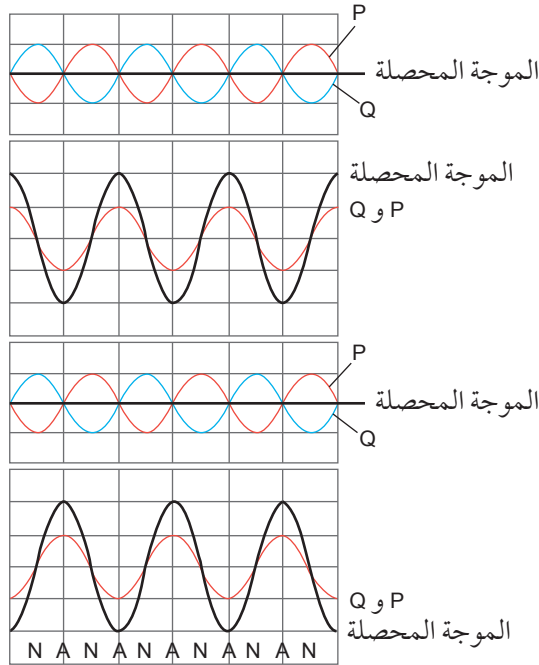
١. أ، ب.

$$1 \frac{1}{2} \lambda = 1.5 \text{ m}$$

$$\lambda = \frac{1.5}{1.5} = 1.0 \text{ m}$$

٢. د. الاتجاهات: B إلى الأعلى، C إلى الأعلى، D إلى الأسفل.

٣. أ-هـ.



زاوية الرتبة الثالثة:

$$\theta = \sin^{-1} \left( \frac{n\lambda}{d} \right) = \sin^{-1} \left( \frac{3 \times 590 \times 10^{-9}}{3.0 \times 10^{-6}} \right) = 36.2^\circ$$

زاوية الرتبة الرابعة:

$$\theta = \sin^{-1} \left( \frac{n\lambda}{d} \right) = \sin^{-1} \left( \frac{4 \times 590 \times 10^{-9}}{3.0 \times 10^{-6}} \right) = 51.9^\circ$$

زاوية الرتبة الخامسة:

$$\theta = \sin^{-1} \left( \frac{n\lambda}{d} \right) = \sin^{-1} \left( \frac{5 \times 590 \times 10^{-9}}{3.0 \times 10^{-6}} \right) = 79.5^\circ$$

٦. أ. تباعد الخطوط:

$$d = \frac{n\lambda}{\sin \theta} = \frac{1 \times 700 \times 10^{-9}}{\sin 25} = 1.7 \times 10^{-6} \text{ m}$$

$$= 1.7 \times 10^{-3} \text{ mm}$$

عدد الخطوط لكل مليمتر:

$$N = \frac{1}{d} = \frac{1}{1.7 \times 10^{-3}} \approx 600 \text{ lines mm}^{-1}$$

ب. زاوية التداخل الأقصى:

$$\theta = \sin^{-1} \left( \frac{n\lambda}{d} \right) = \sin^{-1} \left( \frac{1 \times 400 \times 10^{-9}}{1.7 \times 10^{-6}} \right) = 14^\circ$$

ج. الفرق في الزاوية:

$$\Delta \theta = 25 - 14 = 11^\circ$$

$$\tan \theta = \frac{40}{150} = 0.27$$

$$\theta = \tan^{-1}(0.27) = 15^\circ$$

ب. تباعد المحزوز:

$$d = \frac{n\lambda}{\sin \theta} = \frac{1 \times 600 \times 10^{-9}}{\sin 15} = 2.3 \times 10^{-6} \text{ m}$$

ج. الزاوية بين B وموضع الحد الأقصى من الرتبة الثانية:

$$\theta = \sin^{-1} \left( \frac{n\lambda}{d} \right) = \sin^{-1} \left( \frac{2 \times 600 \times 10^{-9}}{2.3 \times 10^{-6}} \right) = 31^\circ$$

المسافة:

$$= 150 \times \tan 31 = 90 \text{ cm}$$

٣. أ.

المسافة على طول المحور (cm) x	إزاحة الموجة المستقرة (cm)	إزاحة الموجة المسافرة (cm)	إزاحة الموجة المسافرة الأخرى (cm)
0	+2.0	+1.0	+1.0
0.50	0	+1.0	-1.0
1.00	-2.0	-1.0	-1.0
1.50	0	-1.0	+1.0
2.00	+2.0	+1.0	+1.0

ب. العُقد عند:

0.5 cm ، 1.5 cm ، 2.5 cm ، 3.5 cm ، 4.5 cm ، 5.5 cm

ج. البطون عند:

0 cm ، 1.0 cm ، 2.0 cm ، 3.0 cm ، 4.0 cm ، 5.0 cm

6.0 cm

د.  $0.5 \text{ cm} = \frac{\lambda}{4}$

### نشاط ٦-٧: استخدام أنماط الموجات المستقرة

١. أ. الأطوال الموجية:

$$\lambda_A = 2.4 \text{ m}$$

$$\lambda_B = 1.2 \text{ m}$$

$$\lambda_C = 0.8 \text{ m}$$

ب. تردد الموجتين B و C:

الطول الموجي للموجة B قلّ إلى النصف، وبالتالي سيتضاعف التردد لأنهما متناسبان عكسيًا، لذلك فإن:

$$f_B = 480 \text{ Hz}$$

الطول الموجي للموجة C قلّ إلى الثلث، وبالتالي سيتضاعف التردد 3 مرات لأنهما متناسبان عكسيًا، لذلك فإن:

$$f_C = 720 \text{ Hz}$$

ج. عدد البطون:

$$N_A = 1$$

$$N_B = 2$$

$$N_C = 3$$

د. حركة الموجة A: ينتقل السلك من الوضع

الموضح بالخط المتصل ثم إلى وضع خط أفقي مسطح يربط بين P و Q ثم إلى وضع الخط المنقط ثم مرة أخرى إلى وضع خط أفقي وأخيرًا يعود إلى وضع الخط المتصل.

٢. أ. الطول  $= \frac{\lambda}{2}$  عند الاهتزاز.

أطول طول موجة:

$$\lambda = 60 \times 2 = 120 \text{ cm}$$

ب. سرعة الموجة:

$$v = f\lambda = 100 \times 1.2 = 120 \text{ m s}^{-1}$$

٣. أ. أكبر ثلاثة أطوال موجية التي يمكن أن

تتشكل:

0.16 m ، 0.24 m ، 0.48 m

ب. أصغر ثلاثة ترددات:

$$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{100}{0.48} = 208 \approx 210 \text{ Hz}$$

$$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{100}{0.24} = 417 \approx 420 \text{ Hz}$$

$$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{100}{0.16} = 625 \approx 630 \text{ Hz}$$

٤. أ. الحركة في مواضع البطون تتسبب في تجمع

جسيمات الغبار في المواضع التي لا توجد فيها حركة أي عند العقد.

ب. طول الموجة:

$$\lambda = 5.0 \times 2 = 10.0 \text{ cm}$$

التردد:

$$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{320}{0.10} = 3200 \text{ Hz}$$

ج. AN أو ANAN

نشاط 7-7: استخدام المصطلحات الصحيحة  
لشرح الموجات المستقرة

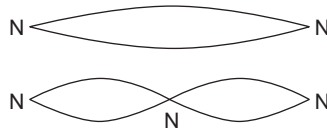
1. أ. البطن: نقطة على الموجة المستقرة تكون عندها السعة قصوى.  
ب. العقدة: نقطة على الموجة المستقرة تكون عندها السعة صفراً.  
ج. أربع عُقد.

النقاط	فرق الطور بين النقاط
Q و P	0
R و P	180°
S و P	180°
T و P	0 أو 360°
R و Q	180°
S و Q	180°
S و R	0

- د. جميع النقاط بين العقدة والعقدة التي تليها ليس بينها فرق طور.  
هـ. يتغير الطور في الموجة المستقرة بمقدار 180° عند كل عقدة ولكن في الموجة المسافرة يتغير الطور بشكل مستمر على طول الموجة.  
و. السعة عند P و T هي نفسها وهي < من السعة عند S < السعة عند Q < السعة عند R.  
ز. تتناقص سعة النقاط في الموجة المستقرة من القيم القصوى عند البطن إلى الصفر عند العقدة، ثم تزداد مرة أخرى عندما تتحرك نحو البطن التالي. تكون سعة جميع النقاط في الموجة المسافرة هي نفسها، ولكن لها أطوار مختلفة فقط.  
ح. لا يوجد انتقال للطاقة في الموجة المستقرة؛ في حين يوجد انتقال للطاقة في الموجة

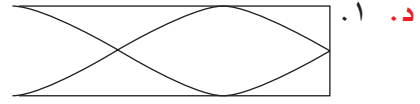
- المسافرة. هناك موجتان مسافرتان تحملان طاقة في الموجة المستقرة باتجاهين متعاكسين، وبالتالي لا يوجد تدفق للطاقة.  
2. أ. موجتان تتحركان باتجاهين متعاكسين بالتردد نفسه لتنتج موجة مستقرة. تنعكس الموجتان عن الطرفين الثابتين لوتر الجيتار وتتداخلان (تتراكبان) لتشكلا الموجة المستقرة. يجب أن تكون المسافة بين الطرفين الثابتين من مضاعفات نصف طول الموجة حتى تتراكب الموجتان المنعكستان عند الطرفين بالطريقة نفسها وتشكلان موجة مستقرة.  
ب. تتحرك P إلى الأعلى وإلى الأسفل بتردد الموجة المسافرة.

- ج. P و Q و R جميعها لها السعة نفسها كما هي عند البطن. P و R في الطور نفسه، في حين Q تكون في الطور المعاكس.  
د. أي من هذين المخططين:



3. أ. يتحرك جزيء الهواء إلى الخلف وإلى الأمام (طولياً) على طول الأنبوب بأقصى سعة.  
ب. ينعكس الصوت عن الطرف المغلق وتتداخل الموجتان اللتان تسيران باتجاهين متعاكسين بالتردد نفسه (تتراكب إحداهما مع الأخرى). تتشكل عقدة عند الطرف المغلق ويتشكل البطن عند الطرف المفتوح.  
ج. الموجة المبيّنة لها  $\frac{1}{4}$  طول موجي أي  $\lambda = 1.25$  في الأنبوب.  
بما أن  $\lambda = 8.0 \text{ cm}$   
فإن طول الأنبوب:

$$= 8.0 \times 1.25 = 10 \text{ cm}$$



$$.2 \frac{3\lambda}{4}$$

$$\lambda = \frac{10}{0.75} = 13 \text{ cm}$$

### نشاط 7-8: تخطيط التجارب على الموجات المستقرة

1. أ. اضبط تردد المولد ببطء حتى يتولد نمط ثابت على السلك. لاحظ السلك: في بعض المواضع يكون السلك مستقرًا ولا يتحرك (هذه هي العقد) وفي بعض المواضع تكون الحركة قصوى إلى الأعلى وإلى الأسفل (هذه هي البطنون). ضع دبوسًا في قطعة فلين وحركه على طول جانب السلك لتحديد المواضع التي لا توجد فيها حركة إلى الأعلى وإلى الأسفل.

ب. قس المسافة من عقدة إلى العقدة التي تليها. عندئذ يكون طول الموجة ضعف هذه المسافة. للحصول على قياس مضبوط، قس المسافة ( $d$ ) بين أكبر عدد ممكن من العقد، على سبيل المثال  $n$ ، فيكون هناك  $(n - 1)$  من المسافات من عقدة إلى عقدة تليها في هذا القياس. طول الموجة عندئذ  $\frac{2d}{n-1}$ .

ج. احصل على إشارة (أثر) ثابتة على الشاشة بأكبر موجة ممكنة، بواسطة ضبط معايرة مقياس فرق الجهد الكهربائي (الرأسي) ومعايرة مقياس الزمن (الأفقي). قس عدد الأقسام أو المربعات  $d$  على طول المحور الأفقي على الشاشة لموجة واحدة كاملة. دون معيار مقياس الزمن  $t$  (عدد الثواني لكل مربع).

$$\text{الزمن الدوري} = dt$$

$$\text{التردد} = \frac{1}{dt}$$

د. غير قوة الشد في الخيط بواسطة تغيير عدد الأتقال المعلقة بالسلك. يمكن الحصول على قيمة قوة الشد في الخيط بواسطة قياس الكتلة المعلقة بالخيط وضربها في  $g$  (تسارع الجاذبية). اضبط تردد مولد الاهتزاز حتى يظهر نمط موجة مستقرة على السلك. قس المسافة  $d$  بين عقدتين متجاورتين ودون التردد  $f$  للإشارة التي يوفرها مولد الإشارة (بإمكاننا توصيل مسجل بيانات بمولد الإشارة إذا كان هناك حاجة). يمكن الحصول على سرعة الموجة باستخدام  $v = 2df$ . كرر هذا القياس لقوى شد مختلفة وارسم تمثيلًا بيانيًا للسرعة مقابل قوة الشد.

2. أ. ضع جهاز الإرسال بمواجهة الصفيحة العاكسة، ثم حرك مسبار الكاشف على طول الخط من جهاز الإرسال إلى الصفيحة. سيكون هناك ارتفاع وانخفاض منتظم في الإشارة على العداد. إشارة عالية عند البطن، ولا إشارة أو إشارة منخفضة عند العقدة.

ب. تنعكس الموجات الميكروية بواسطة الصفيحة العاكسة. وتوجد موجتان على طول الخط الواصل بين المرسل والصفيحة العاكسة بسرعتين متجهتين متعاكستين وسعات متماثلة. كما تتراكب هاتان الموجتان أو تتداخلان لتشكلا موجة مستقرة.

ج. قس المسافة  $d$  بين عقدتين متتاليتين. الطول الموجي للموجات الميكروية هو  $2d$  والتردد  $f$  للموجات الميكروية هو  $\frac{c}{2d}$ .

لاحظ أنه يمكن استخدام هذه الطريقة لقياس الطول الموجي للصوت باستخدام مكبر الصوت كجهاز إرسال والميكروفون كمسبار كاشف أيضًا.



من أحد الشقين مسافة أبعد من الشق الآخر في الأماكن القريبة، بحيث يكون فرق المسار هو  $\frac{1}{2}\lambda$  أو  $1\frac{1}{2}\lambda$  أو  $2\frac{1}{2}\lambda$  أو  $(n + \frac{1}{2})\lambda$ ، حيث  $n$  عدد صحيح. تصل الموجتان متعاكستين في الطور وتتداخلان تداخلاً هداماً، ما يؤدي إلى إلغاء إحدهما الأخرى وتشكيل بقعة مظلمة (هدب مظلم) بين كل بقعتين (هدبين) حمرأوين ساطعتين.

**ب.** كلما ابتعدنا عن مركز النمط (الأهداب)، ازدادت الزاوية التي يجب أن يحيد بها الضوء عندما يمر من كلا الشقين. لا يكون الحيود منتظماً عند الزوايا المختلفة إلا إذا كان كلا الشقين ضيقاً جداً مقارنة بطول الموجة. ولذلك، يحيد مقدار أقل من الضوء عند الزاوية الكبرى، وعندما تتداخل الموجتان تداخلاً بناءً، يكون التداخل الأقصى المحصل أقل مما يحدث عندما تُجمع الموجتان في مركز النمط (الأهداب).

**٢. أ.** مرر ضوءاً من الليزر عبر المحزوز إلى الشاشة. قس كلاً من المسافة  $x$  بين الهدب المركزي والهدب المجاور له على الشاشة والمسافة  $D$  من المحزوز إلى الشاشة. يمكن استخدام مسطرة أو مسطرة مترية، بحيث تسمح بحساب الزاوية  $\theta$  للتداخل الأقصى من الرتبة الأولى من  $\tan\theta = \frac{x}{D}$ . قس المسافة الفاصلة بين شقوق المحزوز  $d$  باستخدام مجهر متنقل أو مجهر قياس ومن ثم يكون طول الموجة:  $\lambda = d \sin\theta$ .

**ب.** يُعدّ محزوز الحيود أفضل من الشقوق المزدوجة لأن الأهداب تكون متباعدة ما يسمح بقياس أكثر دقة وأيضاً لأن نمط الأهداب يكون أكثر سطوعاً ووضوحاً، الأمر الذي يسهل رؤيته في المختبر.

**٣. أ.** بطن.

**ب.** عقدة.

**ج.**  $\frac{\lambda}{2} + \frac{\lambda}{4} = \frac{3\lambda}{4}$

**د.** غير ارتفاع عمود الهواء بإضافة ماء ببطء أو رفع الأسطوانة الزجاجية ببطء. تتشكل موجة مستقرة عندما يصدر صوت عالٍ من عمود الهواء.

**هـ.** زد طول عمود الهواء ببطء عندما يكون طول عمود الهواء صغيراً جداً. وعندما يتكوّن الصوت العالي الأول والثاني، ضع علامة على جانب العمود الزجاجي في كل حالة (أو إذا تغير مستوى الماء في وعاء الماء). قس الطولين  $l_1$  و  $l_2$  لعمود الهواء من أعلى العمود إلى كل من العلامتين.

عند أصغر طول  $l_1 = \frac{\lambda}{4}$

عند الطول التالي  $l_2 = \frac{3\lambda}{4}$

لذا، بطرح المعادلتين وإعادة الترتيب نحصل على:

$\lambda = 2(l_2 - l_1)$

**و.** التمثيل البياني عبارة عن منحنى، فكلما ازداد طول الموجة انخفض التردد. المنحنى لا يتقاطع مع أي من المحورين.

**ز.** التمثيل البياني لـ  $f$  مقابل  $\frac{1}{\lambda}$  هو خط مستقيم ميله  $v$ .

### إجابات أسئلة نهاية الوحدة

**١. أ.** يكون للضوء المنبعث من المصدرين فرق مسار في بعض المواضع على الشاشة، مقداره  $0$  أو  $\lambda$  أو  $2\lambda$  أو  $3\lambda$  أو  $n\lambda$ ، حيث  $n$  عدد صحيح. يصل الضوء بالطور نفسه وتُجمع الموجتان معاً لتشكلا تداخلاً بناءً ينتج عنه بقع (أهداب) مضيئة. يجب أن تنتقل الموجة

٢. السعة عند النقطة A أصغر لأنها أقرب إلى العقدة.

هـ. ١. يتكوّن على السلك 1.5 طول موجي أي:

$$L = 1.5 \lambda$$

طول الموجة:

$$\lambda = \frac{120}{1.5} = 80 \text{ cm}$$

٢. سرعة الموجة المسافرة:

$$v = f \lambda = 150 \times 0.8 = 120 \text{ m s}^{-1}$$

و. ١. تنعكس الموجتان عن طرفي السلك ولكن

طول السلك ليس مضاعفًا لـ  $\frac{\lambda}{2}$ ، لذلك

لا يتطابق التداخل الأقصى والأدنى مع

الانعكاس من كلا الطرفين فلا يمكن

لتراكب الموجتين أن تشكلا موجة مستقرة متزنة.

٢. تزداد السرعة  $v$ ، ولكن بما أن  $\lambda$  تُضبط

بواسطة طول السلك، فإن  $\lambda$  تكون ثابتة.

وبما أن  $v = f \lambda$ ، فإن التردد  $f$  يجب أن

يزداد.

٥. أ. ١. تنتقل موجتان على الخط نفسه باتجاهين

متعاكسين لهما التردد نفسه / طول الموجة نفسه.

عندما تلتقيان، تكون الإزاحة المحصلة هي

مجموع إزاحات كل من الموجتين وتنتج العقد

والبطون.

ب. ١. طول الموجة للموجة المسافرة:

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{24}{50.0} = 0.48 \text{ m}$$

٢. المسافة بين العقد المتجاورة:

$$\frac{\lambda}{2} = \frac{0.48}{2} = 0.24 \text{ m}$$

ج. ١. تتخفف المسافة بين العقد إلى النصف

على طول السلك الذي يحتوي على

حلقتين لتصبح عدد الحلقات أربع حلقات،

٣. أ. المسافة الفاصلة بين الأهداب:

$$x = \frac{0.40}{8} = 0.050 \text{ cm}$$

ب. المسافة الفاصلة بين الشقين:

$$a = \frac{\lambda D}{x} = \frac{700 \times 10^{-9} \times 50}{0.050} = 7.0 \times 10^{-4} \text{ m}$$

$$\theta = \sin^{-1} \left( \frac{n\lambda}{a} \right) = \sin^{-1} \left( \frac{1 \times 700 \times 10^{-9}}{7.0 \times 10^{-4}} \right) = 0.057^\circ$$

د. عند استخدام محزوز الحيود يكون نمط

الحيود:

أكثر وضوحًا.

أكثر سطوعًا.

يُرى مزيد من الأهداب.

هـ. تكون زوايا التداخل الأقصى من الرتبة الأولى

والرتب الأخرى قريبة جدًا بعضها من بعض

بحيث لا يمكن قياسها بالضبط، ويفصل بينها

أقل من درجة.

٤. أ. ١. تنعكس الموجة المسافرة من مولد الإشارة

عند البكرة (النهاية المغلقة) وتنتقل عائدة إلى

أول السلك. الموجتان الناتجتان متساويتان

في السعة والتردد، وتتحركان باتجاهين

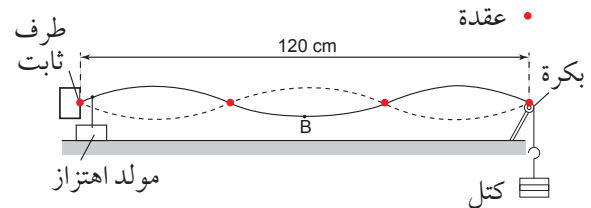
متعاكسين وتتراكبان أو تتداخلان لتشكلا

موجة مستقرة.

ب. تكون العقد عند الطرف الثابت، وعند البكرة،

وحيث تتقاطع الخطوط المنقطعة والملتصقة

في المخطط. على سبيل المثال:



ج. ثلاثة بطون.

د. ١. متعاكستان في الطور (فرق الطور  $180^\circ$ ).

(البطن) حيث تُجمع الموجتان معاً دائماً في الطور نفسه. وعندما يكون هناك بطن في النهاية المفتوحة، يكون عندئذٍ الصوت عالياً.

٢. تتشكل ثلاث عقد وبطنان تغطي طول موجة كاملة (24 cm) من النهاية المغلقة للأنبوب إضافة إلى بطن ثالث في النهاية المفتوحة (6 cm) ANANAN على طول الأنبوب.

٣. أقل تردد يتوافق مع طول الأنبوب (30 cm)، من عقدة واحدة إلى البطن التالي:

$$0.30 = \frac{\lambda}{4}$$

$$\lambda = 0.30 \times 4 = 1.2 \text{ m}$$

التردد:

$$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{320}{1.2} = 270 \text{ Hz}$$

وبالتالي ينخفض طول الموجة إلى النصف مع تضاعف التردد، ولا يحدث تغيير في السرعة لأن  $v = f\lambda$ .

٦. أ. ١. لا يوجد انتقال للطاقة على طول السلك

بوجود موجة مستقرة على السلك، في المقابل يكون هناك نقل للطاقة على طول السلك في الموجة المسافرة.

٢. تكون سعة جميع النقاط هي نفسها في الموجة المسافرة (أو إذا فقدت الطاقة، فإن سعة الموجة تتناقص على طول الموجة). تتغير السعة على طول السلك في الموجة المستقرة.

ب. ١. العقدة هي نقطة ما في الموجة المستقرة

بحيث تكون سعة الإزاحة فيها صفراً.

٢. البطن هو نقطة ما في الموجة المستقرة

بحيث تكون سعة الإزاحة قصوى.

ج. ١. يحدث التراكب بين الموجة الصادرة من

مكبر الصوت والموجة المنعكسة من طرف

الأنبوب. وتتشكل أماكن التداخل البناء