للتسجيل والاطلاع على الدورات المتاحة الدخول على موقعنا الإلكتروني

daralharf.com

ويمكنك التسجيل أيضاً في المواقع التالية

رقم	اسم المكتبة	الحي	اسم الشارع	الهاتف
1	الشرق	الروضة	خالد بن الوليد أمام أسواق السدحان	2490107
2	خالد شامان	الروضة	عبادة بن الصامت	2300505
3	تميم	مخرج 9	الشارع العام	2498803
4	وردة الجامعة	الروابي	الإمام الشافعي	4968647
5	كنوز ورموز	الصحافة	السليمانية	4612011
6	بداية المجتهد	الملز	زيد بن الخطاب	4765734
7	جبال النماص	أم الحمام	الشارع العام	4885948
8	الغنام	الدرعية	طريق الملك خالد	0500465103
9	سامي	العزيزية	الشارع العام	2133707
10	دار المناهل3	الخليج	عبدالعزيز البشر	2265645
11	شيليا	المصيف	ظبية بنت الحارث	4500068
12	راية المعرفة	الحمراء	الحسن بن الحسين	2398895
13	دار المناهل2	الملك فيصل	الحسن بن الحسين	2262030

أو الاتصال أو إرسال رسالة على الجوال المخصص للدورات

0501542222

أهم مميزات الدورات

1- التركيز على أفكار الأسئلة المتكررة في اختبارات القدرات للسنوات الماضية.

2- تعلّم الأساليب الذكية (غير التقليدية) للحل التي لا ترتكز على الحصيلة العلمية للطالب.

3- تنويع الأمثلة والتدريبات لتشمل أكبر قدر من الأفكار المحتمل ورودها في الاختبار.

4- حصص تدريبية على أنماط الأسئلة لرفع مستوى الطالب.

دورات التحصيلي للتخصصات العلمية

1- مراجعة شاملة لمناهج الرياضيات والفيزياء والكيمياء والأحياء.

2- التركيز على المعلومات والموضوعات بناء على نسبة احتمالية ورودها في الاختبار.

3- حصص تدريبية على حل أسئلة الاختبارات التحصيلية التي تكرر ورودها في الأعوام الماضية.

يقدم مع دورات القدرات والتحصيلي

1- كتاب سلسلة التبسيط المناسب للدورة.

2- منهج خاص بالدورة مدمج مع دفتر نشاطات وتدريبات.

3- اختبار إلكتروني تفاعلي كامل (بخمسة أقسام) مماثل للاختبارات الفعلية.

من تجارب الطلاب والطالبات مع دورات سلسلة التبسيط

الطالبة نعيمة م أ

"اختبرت قبل دورة سلسلة التبسيط اختبارين وكانت أعلى درجة لي 73، وفادتني الدورة كثير .. الشرح كان ممتاز (ما شاء الله) ومناسب لكل المستويات، ودفتر التدريبات ساعدني كثير بطريقة التلخيص، وبحمد الله زادت درجتي بعد الدورة إلى 83 ."

الطالب عبدالرحمن س ش

"شاركت في الدورة رقم 3601 وارتفعت نسبتي من 75 إلى 86 وذلك بفضل الله أولاً ثم بسبب جهودكم الكبيرة التي أثرت برفع نسبتي فلكم خالص الشكر والتقدير."

الطالب محمد أ أ

"أول دورة أشترك فيها واستفدت منها كتير خصوصا الجزء اللفظي، وجبت في الاختبار اللي بعد الدورة 75 ، ما اختبرت إلا اختبارين، وكان الاختبار السابق 59 الحمد لله زدت 16 درجة."

المزيد من التجارب على موقعنا daralharf.com

دورات سلسلة التبسيط بالأرقام

- نصف المشتركين في الدورات ممن لهم اختبارات سابقة قبل الدورة زادت درجاتهم بعد الدورة بمعدل يتجاوز **8 درجات**
- وصلت الزيادة في درجات الطلاب بعد اشتراكهم في الدورات إلى **16 درجة**

سلسلة التبسيط

رؤية مبتكرة ... لفهم أسهل

الفيزياء

الصف الثاني الثانوي

الفصل الدراسي الثاني

ناصر بن عبد العزيز آل عبد الكريم

والفريق العلمي لسلسلة التبسيط

© ياسين عبد العزيز آل عبد الكريم

حقوق الطبع محفوظة كلها. لا يُسمح بطبع أيّ جزء من أجزاء هذا الكتاب، أو خزنه في أيّ نظام لخزن المعلومات واسترجاعها، أو نقله على أيّة هيئة أو بأيّة وسيلة سواءً كانت إلكترونية أو شرائط ممغنطة أو ميكانيكية، أو استنساخًا، أو تسجيلاً، أو غيرها إلا بإذن كتابيّ من مالك حق الطبع.

الطبعة الأولى

مُقَدِّمة

الحمد لله رب العالمين وصلى الله وسلم على نبينا محمد وعلى آله وصحبه أجمعين وبعد:

فقد حرصنا أن يكون أسلوب عرض سلسلة التبسيط بشكل عام مبسطًا قدر المستطاع ليتمكن الطلاب والطالبات من الاستفادة منه بأقل جهد.

كما بذلنا وسعنا أن تجمع السلسلة بين الاختصار والشمولية، وأن تكون خير معين للطالب والطالبة لتحقيق أعلى الدرجات.

نسأل الله تعالى أن يوفق الجميع لكل خير إنه على كل شيءٍ قدير.

ناصر بن عبد العزيز آل عبد الكريم

الرياض

قائمة المحتويات

الفصل السابع: الاهتزازات والموجات ٧

الدرس ١ : الحركة الاهتزازية ٨

الدرس ٢ : طاقة الوضع المرونية في نابض ١٠

الدرس ٣ : البندول البسيط ١٢

الدرس ٤ : أمثلة إضافية على البندول البسيط ١٤

الدرس ٥ : خصائص الموجات ١٥

الدرس ٦ : تتمة خصائص الموجات ١٧

الدرس ٧ : أمثلة إضافية على خصائص الموجات ١٩

الدرس ٨ : سلوك الموجات ٢٠

الدرس ٩ : تداخل الموجات ٢٢

الدرس ١٠ : الموجات في بعدين ٢٤

أجوبة الفصل السابع ٢٧

الفصل الثامن: الصوت ٢٨

الدرس ١١ : خصائص الصوت ٢٩

الدرس ١٢ : تتمة خصائص الصوت ٣١

الدرس ١٣ : الكشف عن موجات الضغط ٣٣

الدرس ١٤ : تأثير دوبلر ٣٦

الدرس ١٥ : أمثلة إضافية على تأثير دوبلر ٣٩

الدرس ١٦ : الرنين في الأعمدة الهوائية والأوتار ٤٠

الدرس ١٧ : تتمة الرنين في الأعمدة الهوائية ٤٣

الدرس ١٨ : ترددات الرنين في الأعمدة المفتوحة ٤٦

الدرس ١٩ : الرنين في الأوتار ٤٨

الدرس ٢٠ : طيف الصوت ٥٠

أجوبة الفصل الثامن ٥٢

الفصل التاسع: أساسيات الضوء ٥٣
الدرس ٢١ : الاستضاءة ٥٤
الدرس ٢٢ : المصادر المضيئة والمصادر المستضيئة ٥٦
الدرس ٢٣ : علاقة التربيع العكسي ٥٨
الدرس ٢٤ : أمثلة إضافية على الاستضاءة ٦٠
الدرس ٢٥ : سرعة الضوء ٦١
الدرس ٢٦ : الألوان ٦٤
الدرس ٢٧ : تتمة الألوان ٦٦
الدرس ٢٨ : استقطاب الضوء ٦٩
الدرس ٢٩ : سرعة الموجات الضوئية ٧١
الدرس ٣٠ : انزياح دوبلر ٧٣
أجوبة الفصل التاسع ٧٦
الفصل العاشر: الانعكاس والمرايا ٧٧
الدرس ٣١ : الانعكاس عن المرايا المستوية ٧٨
الدرس ٣٢ : الأجسام والصور في المرايا المستوية ٨١
الدرس ٣٣ : المرايا الكروية ٨٣
الدرس ٣٤ : الطريقة الرياضية لتحديد موقع الصورة ٨٦
الدرس ٣٥ : المرايا المحدبة ٨٨
أجوبة الفصل العاشر ٩١
الفصل الحادي عشر: الانكسار والعدسات ٩٢
الدرس ٣٦ : انكسار الضوء وقانون سنل ٩٣
الدرس ٣٧ : النموذج الموجي في الانكسار ٩٥
الدرس ٣٨ : الانعكاس الكلي الداخلي ٩٧
الدرس ٣٩ : السراب وتحليل الضوء ٩٩
الدرس ٤٠ : العدسات المحدبة والمقعرة ١٠١
الدرس ٤١ : أمثلة على معادلتي العدسة ١٠٤
الدرس ٤٢ : تكوين الصور بالعدسات وعيوب العدسات ١٠٥

الدرس ٤٣ : تطبيقات العدسات ١٠٨
الدرس ٤٤ : تتمة تطبيقات العدسات ١١٠
أجوبة الفصل الحادي عشر ١١٢
الفصل الثاني عشر: التداخل والحيود ١١٣
الدرس ٤٥ : التداخل ١١٤
الدرس ٤٦ : قياس الطول الموجي للضوء ١١٧
الدرس ٤٧ : الأغشية الرقيقة ١١٩
الدرس ٤٨ : الحيود ١٢١
الدرس ٤٩ : محزوزات الحيود ١٢٣
الدرس ٥٠ : قوة التمييز للعدسات ١٢٦
أجوبة الفصل الثاني عشر ١٢٨

الفصل السابع

الاهتزازات والموجات

الدرس ١ : الحركة الاهتزازية ٨

الدرس ٢ : طاقة الوضع المرونية في نابض ١٠

الدرس ٣ : البندول البسيط ١٢

الدرس ٤ : أمثلة إضافية على البندول البسيط ١٤

الدرس ٥ : خصائص الموجات ١٥

الدرس ٦ : تتمة خصائص الموجات ١٧

الدرس ٧ : أمثلة إضافية على خصائص الموجات ١٩

الدرس ٨ : سلوك الموجات ٢٠

الدرس ٩ : تداخل الموجات ٢٢

الدرس ١٠ : الموجات في بعدين ٢٤

أجوبة الفصل السابع ٢٧

الدرس ١ : الحركة الاهتزازية

الحركة الاهتزازية « الدورية »

تعريفها	{ أيّ حركة تتكرر في دورة منتظمة }
من أمثلتها	بندول ساعة يتأرجح ذهابًا وإيابًا ، تذبذب جسم مثبت بنابض إلى أعلى وأسفل
موضع الاتزان	الجسم المتحرك حركة دورية له موضع واحد تكون فيه القوة المحصلة المؤثرة عليه صفرًا، ويسمى هذا الموضع موضع الاتزان
تنبيه	عند سحب الجسم بعيدًا عن موضع اتزانه فإن القوة المحصلة المؤثرة .. • لا تساوي صفرًا. • تعمل على إعادة الجسم في اتجاه موضع الاتزان.

(١) اكتب المصطلح العلمي: حركة تتكرر في دورة منتظمة.

(٢) اختر: حركة بندول الساعة مثال على الحركة ..

Ⓐ الدورانية. Ⓑ الدورية. Ⓒ الخطية.

(٣) اختر: حركة تذبذب جسم مثبت بنابض إلى أعلى وأسفل حركة ..

Ⓐ خطية. Ⓑ دورانية. Ⓒ دورية.

(٤) املأ الفراغ: للجسم المتحرك حركة دورية موضع واحد تكون فيه القوة المحصلة المؤثرة تساوي صفرًا يسمى ..... .

(٥) ضع ✓ أو × : في الحركة الدورية تعمل القوة المحصلة المؤثرة في النظام على إعادة الجسم في اتجاه موضع الاتزان.

الحركة التوافقية البسيطة

تعريفها	{ الحركة التي تحدث عندما تتناسب القوة المعيدة المؤثرة في جسم طرديًا مع إزاحة الجسم عن وضع الاتزان }
فائدة	توصف الحركة التوافقية البسيطة بكميتين هما: الزمن الدوري وسعة الاهتزازة
الزمن الدوري	{ الزمن الذي يحتاج إليه الجسم ليكمل دورة كاملة }
سعة الاهتزازة	{ أقصى مسافة يتحركها الجسم مبتعدًا عن موضع الاتزان }

(٦) اكتب المصطلح العلمي: الحركة التي تحدث عندما تتناسب القوة المعيدة المؤثرة في جسم طرديًا مع إزاحة الجسم عن وضع الاتزان.

(٧) املأ الفراغ: الحركة التوافقية البسيطة توصف بكميتين هما ..... و ..... .

(٨) اكتب المصطلح العلمي: الزمن الذي يحتاج إليه الجسم ليكمل دورة كاملة.

(٩) اكتب المصطلح العلمي: أقصى مسافة يتحركها الجسم مبتعداً عن موضع الاتزان.

قانون هوك

نصه	{ القوة التي يؤثر بها نابض تتناسب طرديًا مع مقدار استطالته }	
العلاقة الرياضية	$F = -kx$ تنبيه: الإشارة السالبة تعني أن القوة قوة إرجاع.	F القوة التي يؤثر بها النابض [N] k ثابت النابض [N/m] x إزاحة النابض [m]
إزاحة النابض	المسافة التي يستطيلها أو ينضغطها النابض عن موضع اتزانه	
فائدة	معظم النوابض تحقق قانون هوك، وتسمى عندها النوابض المرنة	
تنبيه	ثابت النابض يعتمد على صلابته وخصائص أخرى له	

(١٠) اكتب المصطلح العلمي: القوة التي يؤثر بها نابض تتناسب طرديًا مع مقدار استطالته.

(١١) ضع ✓ أو × : إزاحة النابض هي المسافة التي يستطيلها أو ينضغطها عن موضع اتزانه.

(١٢) املأ الفراغ: النوابض التي تحقق قانون هوك تسمى النوابض .....

(١٣) ضع ✓ أو × : ثابت النابض يعتمد على صلابته فقط.

أمثلة

1 ص12: ما مقدار استطالة نابض عند تعليق جسم وزنه 18 N في نهايته إذا كان ثابت النابض له 56 N/m ؟

الحل:

$$F = kx \Rightarrow x = \frac{F}{k} = \frac{18}{56} = 0.32\ \text{m}$$

51 ص31: إذا استطال نابض مسافة 0.12 m عندما علق في أسفله عدد من التفاحات وزنها 3.2 N فما مقدار ثابت النابض؟

الحل:

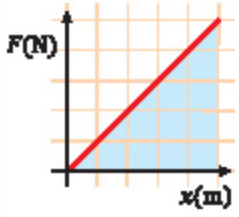
$$F = kx \Rightarrow k = \frac{F}{x} = \frac{3.2}{0.12} = 26.67\ \text{N/m}$$

1 ص11(a): استطال نابض مسافة 18 cm عندما علق بنهايته كيس بطاطس وزنه 56 N ؛ احسب مقدار ثابت النابض.

الجواب النهائي: 310 N/m .

الدرس ٢ : طاقة الوضع المرونية في نابض

طاقة الوضع المرونية في نابض

تمثيل قانون هوك بيانيًا	• العلاقة بين القوة المؤثرة واستطالة النابض علاقة طردية خطية. • ميل الخط البياني في العلاقة بين القوة المؤثرة على نابض واستطالته يُمثل ثابت النابض. • المساحة تحت المنحنى تساوي عدديًا الشغل المبذول لاستطالة النابض. • المساحة تحت المنحنى تساوي عدديًا طاقة الوضع المرونية المخزَّنة في النابض. 
العلاقة الرياضية	$PE_{sp} = \frac{1}{2}kx^2$ PE_{sp} طاقة الوضع المرونية في النابض [J] k ثابت النابض [N/m] x إزاحة النابض [m]
تنبيه	في النابض: الزمن الدوري للاهتزازة يعتمد على .. • كتلة الجسم. • مرونة النابض.

(١) اختر: العلاقة بين القوة المؤثرة على نابض واستطالة النابض علاقة ..
Ⓐ طردية خطية. Ⓑ عكسية خطية. Ⓒ ليست طردية ولا عكسية.

(٢) اختر: ميل الخط البياني في العلاقة بين القوة المؤثرة على نابض واستطالته يُمثل ..
Ⓐ ثابت النابض. Ⓑ القوة المؤثرة على النابض. Ⓒ استطالة النابض.

(٣) اختر: المساحة تحت منحنى العلاقة بين القوة المؤثرة على نابض واستطالته تساوي عدديًا ..
Ⓐ ثابت النابض. Ⓑ استطالة النابض. Ⓒ طاقة الوضع المخزَّنة في النابض.

(٤) املأ الفراغ: الزمن الدوري للاهتزازة في النابض يعتمد على ..... و ..... .

أمثلة

2 ص12: ما مقدار طاقة الوضع المرونية المخزَّنة في نابض عند ضغطه مسافة 16.5 cm إذا كان ثابت النابض يساوي 144 N/m ؟

الحل:

$$PE_{sp} = \frac{1}{2}kx^2 = \frac{1}{2}(144)(16.5\times10^{-2})^2 = 1.96\ J$$

$\text{cm} \xrightarrow{\times10^{-2}} \text{m}$

3 ص12: ما المسافة التي يستطيلها نابض حتى يخزن طاقة وضع مرونية مقدارها 48 J إذا كان ثابت النابض له يساوي 256 N/m ؟

الحل:

$$PE_{sp} = \frac{1}{2}kx^2 \Rightarrow x = \sqrt{\frac{2PE_{sp}}{k}} = \sqrt{\frac{2\times48}{256}} = 0.91\ \text{m}$$

8 ص14: ما الفرق بين الطاقة المختزنة في نابض استطال 0.4 m والطاقة المختزنة في النابض نفسه عندما يستطيل 0.2 m ؟

الحل: نحسب الطاقة المختزنة في النابض في الحالتين ..

$$PE_{sp1} = \frac{1}{2}kx_1^2 = \frac{1}{2}k(0.4)^2 = 0.08k$$

$$PE_{sp2} = \frac{1}{2}kx_2^2 = \frac{1}{2}k(0.2)^2 = 0.02k$$

$$\therefore \frac{PE_{sp1}}{PE_{sp2}} = \frac{0.08}{0.02} = 4$$

1 ص11(b): استطال نابض مسافة 18 cm عندما علق بنهايته كيس بطاطس وزنه 56 N ؛ احسب مقدار طاقة الوضع المرونية المختزنة في النابض والناتجة عن هذه الاستطالة.

الجواب النهائي: 5 J .

الدرس ٢ : البندول البسيط

البندول البسيط

وصفه	أداة توضح الحركة التوافقية البسيطة، ويتكوَّن من جسم ثقيل معلق بخيط
مُكوِّناته	• ثقل البندول « جسم صلب عالي الكثافة ». • خيط معلق به الثقل.
طريقة عمله	ثقل البندول يُسحب جانبًا ثم يُترك فيتأرجح جيئةً وذهابًا
من تطبيقاته	يُستخدم البندول في حساب تسارع الجاذبية الأرضية
القوة المحصلة المؤثرة في البندول	• عبارة عن حاصل الجمع الاتجاهي لكلٍ من قوة شد الخيط في ثقل البندول F_T وقوة الجاذبية F_g . • القوة المحصلة المؤثرة في البندول دائمًا قوة إرجاع « علل : لأنها دائمًا معاكسة لاتجاه إزاحة البندول وتعمل على إرجاع الثقل إلى موضع اتزانه.
فائدة	عندما تكون زاوية ميل خيط البندول صغيرة فإن .. • قوة الإرجاع تتناسب طرديًا مع الإزاحة. • حركة البندول حركة توافقية بسيطة.
الزمن الدوري للبندول بمعلومية طول خيطه	$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ T الزمن الدوري للبندول [s] l طول خيط البندول [m] g تسارع الجاذبية الأرضية [m/s²]
الزمن الدوري للبندول البسيط	• يعتمد على: طول الخيط، تسارع الجاذبية الأرضية. • لا يعتمد على: كتلة ثقل البندول، سعة الاهتزازة.

الكميات الفيزيائية في البندول البسيط

	القوة المحصلة	التسارع	السرعة المتجهة
عند موضع الاتزان	صفرًا	صفرًا	أكبر ما يمكن
عند أقصى إزاحة يمينًا أو يسارًا	أكبر ما يمكن	أكبر ما يمكن	صفرًا

(١) ضع ✓ أو ✗ : البندول البسيط أداة توضح الحركة الدورانية.

(٢) ضع ✓ أو ✗ : عند سحب ثقل البندول جانبًا ثم تركه فإنه يتأرجح جيئة وذهابًا.

(٣) اختر: من تطبيقات البندول البسيط استخدامه في حساب ..

Ⓐ ثقل البندول. Ⓑ سعة الاهتزازات. Ⓒ تسارع الجاذبية الأرضية.

(٤) اختر: حاصل الجمع الاتجاهي لقوة شد الخيط في ثقل البندول F_T وقوة الجاذبية F_g يمثل ..

Ⓐ قوة الدفع. Ⓑ القوة المحصلة. Ⓒ قوة الثقل.

(٥) اختر: تتناسب طرديًا مع الإزاحة عندما تكون زاوية ميل خيط البندول صغيرة ..

Ⓐ كتلة ثقل البندول. Ⓑ الزمن الدوري للبندول. Ⓒ قوة الإرجاع.

(٦) ضع ✓ أو × : عندما تكون زاوية ميل خيط البندول صغيرة فإن حركة البندول البسيط لا تعدّ حركة توافقية بسيطة.

(٧) اختر: الزمن الدوري للبندول البسيط يعتمد على ..

Ⓐ كتلة ثقل البندول. Ⓑ تسارع الجاذبية الأرضية. Ⓒ سعة الاهتزازة.

(٨) اختر: الزمن الدوري للبندول البسيط لا يعتمد على ..

Ⓐ كتلة ثقل البندول. Ⓑ تسارع الجاذبية الأرضية. Ⓒ طول خيط البندول.

(٩) املأ الفراغ: القوة المحصلة المؤثرة على ثقل البندول عند موضع الاتزان تساوي ..... .

(١٠) املأ الفراغ: تسارع ثقل البندول عند موضع الاتزان يساوي ..... .

(١١) ضع ✓ أو × : السرعة المتجهة لثقل البندول عند موضع الاتزان أكبر ما يمكن.

الرنين

وصفه	• حالة خاصة تُعد شكلاً مميزًا للحركة التوافقية البسيطة. • يحدث عندما تُطبَّق قوى صغيرة في فترات منتظمة على جسم مهتز. • يؤدي إلى زيادة سعة الاهتزاز.
من أمثلته	• أرجحة السيارة إلى الأمام والخلف من أجل تحرير عجلاتها من الرمل المتغمرة فيه. • القفز المتواتر عن لوح القفز أو الغوص.
فائدة	الفترة الزمنية الفاصلة بين تطبيق القوة على الجسم المهتز تساوي الزمن الدوري للمذبذبة

(١٢) اختر: حالة خاصة تُعد شكلاً مميزًا للحركة التوافقية البسيطة تحدث عندما تُطبَّق قوى صغيرة في فترات منتظمة على جسم مهتز مما يؤدي إلى سعة الاهتزاز ..

Ⓐ الرنين. Ⓑ لاهتزاز. Ⓒ الدوران.

(١٣) ضع ✓ أو × : من الأمثلة على الرنين القفز المتواتر عن لوح القفز أو الغوص.

(١٤) ضع ✓ أو × : عند حدوث الرنين فإن الفترة الزمنية الفاصلة بين تطبيق القوة على الجسم المهتز تساوي الزمن الدوري للمذبذبة.

الدرس ٤ : أمثلة إضافية على البندول البسيط

الزمن الدوري للبندول

الزمن الدوري للبندول بمعلومية طول خيطه	$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$	T الزمن الدوري للبندول [s] l طول خيط البندول [m] g تسارع الجاذبية الأرضية [m/s^2]

أمثلة

7 ص14: ما مقدار التغير اللازم في طول بندول حتى يتضاعف زمنه الدوري إلى الضعف؟ وما مقدار التغير اللازم في طوله حتى ينقص زمنه الدوري إلى نصف زمنه الدوري الأصلي؟

الحل: الزمن الدوري يتناسب طرديًا مع الجذر التربيعي لطول البندول ..

أولاً: حتى يتضاعف الزمن الدوري للبندول يجب أن يصبح طوله أربعة أضعاف طوله الأصلي.

ثانيًا: حتى يقل الزمن الدوري للبندول إلى النصف يجب أن يصبح طوله $\frac{1}{4}$ طوله الأصلي.

61 ص32: ما الزمن الدوري لبندول طوله 1.4 m ؟ علمًا أن تسارع الجاذبية الأرضية $9.8\ m/s^2$.

الحل:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} = 2(3.14)\sqrt{\frac{1.4}{9.8}} = 2.37\ s$$

4 ص13: ما طول بندول على سطح القمر حيث $g = 1.6\ m/s^2$ حتى يكون الزمن الدوري له 2 s ؟

الحل:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$$

$$T^2 = \frac{4\pi^2 l}{g}$$ « ربعنا الطرفين »

$$gT^2 = 4\pi^2 l$$ « ضربنا الطرفين في الوسطين »

$$l = \frac{gT^2}{4\pi^2} = \frac{1.6\times 2^2}{3.14^2} = 0.16\ m$$ « قسمنا الطرفين على $4\pi^2$ ثم عوضنا »

9 ص14: إذا كانت عجلات سيارة غير متوازنة فسوف تهتز السيارة بقوة عند سرعة محددة، ولا يحدث ذلك عند سرعات أقل أو أكبر من هذه السرعة؛ فسر ذلك.

الحل: عند هذه السرعة تحدث ظاهرة الرنين؛ حيث يتوافق تردد دوران العجلات مع تردد رنين السيارة لذلك تزداد سعة الاهتزاز فتهتز السيارة بقوة ولا يحدث الرنين عند بقية السرعات.

الدرس ٥ : خصائص الموجات

الموجة

تعريفها	{ اضطراب يحمل الطاقة خلال المادة أو الفراغ ولا ينقل جزيئات الوسط الناقل }	
أنواع الموجات الميكانيكية	الموجة المستعرضة	{ موجة تتذبذب عموديًا على اتجاه انتشار الموجة }
	الموجة الطولية	{ موجة ينتقل فيها الاضطراب في اتجاه حركة الموجة نفسها }
	الموجة السطحية	{ موجة ناتجة عن حركة دقائق الوسط في كلا الاتجاهين: الموازي للموجة نفسها والمتعامد مع اتجاه انتشارها }
تنبيه	الموجات السطحية هما خصائص الموجات المستعرضة وخصائص الموجات الطولية	
فائدة	الموجات الميكانيكية تحتاج إلى وسط ناقل مثل: الماء والصوت والحبال والنوابض	
نبضة الموجة	{ نبضة مفردة أو اضطراب مفرد ينتقل خلال الوسط }	

(١) اكتب المصطلح العلمي: اضطراب يحمل الطاقة خلال المادة أو الفراغ ولا ينقل جزيئات الوسط الناقل.

(٢) اكتب المصطلح العلمي: موجة تتذبذب عموديًا على اتجاه انتشار الموجة.

(٣) اكتب المصطلح العلمي: موجة ينتقل فيها الاضطراب في اتجاه حركة الموجة نفسها.

(٤) اكتب المصطلح العلمي: موجة ناتجة عن حركة دقائق الوسط في كلا الاتجاهين الموازي للموجة نفسها والمتعامد مع اتجاه انتشارها.

(٥) ضع ✓ أو ✗ : الموجات الميكانيكية لا تحتاج إلى وسط ناقل.

(٦) اكتب المصطلح العلمي: نبضة مفردة أو اضطراب مفرد ينتقل خلال الوسط.

قياس الموجة

خصائص الموجات	• السرعة. • السعة. • الطور. • الطول الموجي. • الزمن الدوري. • التردد.	
سرعة الموجة	• سرعة معظم الموجات الميكانيكية تعتمد على خصائص الوسط الذي تنتقل خلاله. • مثال: سرعة موجات النابض تعتمد على مقدار شدّه وعلى كتلة وحدة الأطوال.	
العلاقة الرياضية	$v = \frac{\Delta d}{\Delta t}$	v سرعة الموجة [m/s] Δd إزاحة قمة الموجة [m] Δt الزمن [s]

سعة الموجة	{ الإزاحة القصوى للموجة عن موضع سكونها أو اتزانها }
فوائد	• سعة الموجة تعتمد على كيفية توليدها ولا تعتمد على سرعتها. • يجب بذل شغل أكبر لتوليد موجة سعتها كبيرة. • معدل نقل الموجة للطاقة يتناسب طرديًا مع مربع سعتها.

(٧) ضع ✓ أو × : سرعة معظم الموجات الميكانيكية تعتمد على الوسط الذي تنتقل خلاله.

(٨) اكتب المصطلح العلمي: الإزاحة القصوى للموجة عن موضع سكونها أو اتزانها.

(٩) اختر: سعة الموجات تعتمد على ..

Ⓐ سرعتها. Ⓑ كيفية توليدها. Ⓒ جميع ما سبق.

(١٠) ضع ✓ أو × : يجب بذل شغل أكبر لتوليد موجة سعتها كبيرة.

(١١) اختر: معدل نقل الموجة للطاقة يتناسب طرديًا مع مربع ..

Ⓐ سرعتها. Ⓑ سعتها. Ⓒ ترددها. Ⓓ طولها الموجي.

الطور

الاتفاق في الطور	• أيّ نقطتين في الموجة بينهما مسافة تعادل مضاعفات صحيحة للطول الموجي يكونان في الطور نفسه. • إذا كان الجسيمين في وسط ما الإزاحة نفسها عن موضع الاتزان والسرعة المتجهة نفسها فإن لهما الطور نفسه.
الاختلاف في الطور	• إذا كان الجسيمان في وسط ما متعاكسين في الإزاحة عن موضع الاتزان وفي السرعة المتجهة فإنهما مختلفين في الطور بـ 180° . • الاختلاف في الطور بين القمة والقاع 180° .

(١٢) اختر: أيّ نقطتين في الموجة لهما الطور نفسه بينهما مسافة تعادل مضاعفات صحيحة ..

Ⓐ للطول الموجي. Ⓑ لفرق الطور. Ⓒ للزمن الدوري. Ⓓ لسرعة الموجة.

(١٣) ضع ✓ أو × : إذا كان الجسيمين في وسط ما الإزاحة نفسها عن موضع الاتزان والسرعة المتجهة نفسها فإن لهما الطور نفسه.

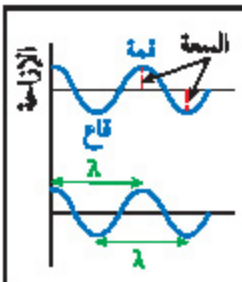
(١٤) اختر: الاختلاف في الطور بين القمة والقاع يعادل ..

Ⓐ 90° . Ⓑ 180° . Ⓒ 270° . Ⓓ 360° .

الدرس ٦ : تتمة خصائص الموجات

الطول الموجي

تعريفه	{ أقصر مسافة بين أي نقطتين بحيث يتكرر نمط الموجة نفسه }
رمزه	λ « لمدا »
قمة الموجة	أعلى نقطة في الموجة
قاع الموجة	أسفل نقطة في الموجة
فائدة	المسافة بين قمتين متتاليتين أو قاعين متتاليين يعادل طول الموجة



(١) اكتب المصطلح العلمي: أقصر مسافة بين أي نقطتين بحيث يتكرر نمط الموجة نفسه.

(٢) املأ الفراغ: أعلى نقطة في الموجة تسمى ..... الموجة.

(٣) اختر: أسفل نقطة في الموجة تسمى ..

Ⓐ بطن الموجة. Ⓑ أسفل الموجة. Ⓒ قاع الموجة. Ⓓ أدنى الموجة.

(٤) اختر: المسافة بين قمتين متتاليتين أو قاعين متتاليين يعادل ..

Ⓐ الطول الموجي. Ⓑ فرق الطور. Ⓒ الزمن الدوري. Ⓓ سرعة الموجة.

الزمن الدوري والتردد

الزمن الدوري	{ الزمن الذي يحتاج إليه الجسم المتذبذب حتى يُكمل دورة كاملة }
فائدتان	• الزمن الدوري للموجة يساوي الزمن الدوري للمصدر. • الزمن الذي تتطلبه النقطة حتى تعود إلى طورها الابتدائي يعادل الزمن الدوري.
تردد الموجة	{ عدد الاهتزازات الكاملة التي يتمها الجسم المهتز في الثانية الواحدة }
العلاقات الرياضية	$\text{التردد} = \frac{\text{عدد الاهتزازات}}{\text{الزمن}}$ ، $f = \frac{1}{T} \Rightarrow T = \frac{1}{f}$ الزمن [s] f التردد [Hz] T الزمن الدوري [s]
فائدة	الزمن الدوري وتردد الموجة .. • يعتمدان على مصدر الموجة. • لا يعتمدان على الوسط ولا على سرعة الموجة.

(٥) اكتب المصطلح العلمي: الزمن الذي يحتاج إليه الجسم المتذبذب حتى يكمل دورة كاملة.

(٦) اختر: الزمن الذي تتطلبه النقطة على الموجة حتى تعود إلى طورها الابتدائي يعادل ..

Ⓐ الزمن الدوري. Ⓑ نصف الزمن الدوري. Ⓒ ضعف الزمن الدوري.

(٧) اكتب المصطلح العلمي: عدد الاهتزازات الكاملة التي يتمها الجسم المهتز في الثانية.

(٨) ضع ✓ أو ✗ : الزمن الدوري وتردد الموجة لا يعتمدان على سرعة الموجة.

التردد وطول الموجة

علاقة التردد بطول الموجة	• طول الموجة يتناسب عكسيًا مع التردد ؛ إذا نقص أحدهما زاد الآخر . • لزيادة طول الموجة يجب أن يكون التردد صغيرًا.	
العلاقات الرياضية	$\lambda = \frac{v}{f}$ $\lambda = vT$	λ طول الموجة [m] v سرعة الموجة [m/s] f تردد الموجة [Hz] T الزمن الدوري [s]
تمثيل الموجات بيانيًا	الموجات المستعرضة تُمثل بيانيًا عن طريق رسم الإزاحة بوصفها متغيرًا مع الزمن	
طاقة الموجات	• الموجات تحمل طاقة مما يُمكّنها من إنجاز شغل. • العواصف الشديدة والأعاصير القوية تسبب أضرارًا هائلة. • الموجات الضعيفة اليومية تسبب تآكلاً للمنحدرات والشواطئ.	

(٩) اختر: العلاقة بين التردد وطول الموجة علاقة ..

Ⓐ عكسية. Ⓑ طردية. Ⓒ لا علاقة بينهما.

أمثلة

26 ص30: ما الفرق بين الزمن الدوري والتردد؟ وكيف يرتبطان؟

الحل:

- الزمن الدوري: زمن الدورة الكاملة.
- التردد: عدد الدورات في الثانية.
- التردد مقلوب الزمن الدوري والزمن الدوري مقلوب التردد.

الدرس ٧ : أمثلة إضافية على خصائص الموجات

أمثلة

12 ص20: إذا أردت زيادة الطول الموجي لموجات في حبل فهل تهز الحبل بتردد كبير أم بتردد صغير؟

الحل: أهز الحبل بتردد صغير ؛ لأن العلاقة عكسية بين التردد والطول الموجي لذلك يزداد الطول الموجي بنقصان التردد.

13 ص20: ولّد مصدر في حبل اضطرابًا تردده 6 Hz ؛ فإذا كانت سرعة الموجة المستعرضة في الحبل 15 m/s فما طولها الموجي؟

الحل:

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{15}{6} = 2.5\ \text{m}$$

14 ص20: تتولّد خمس نبضات في خزان ماء كل 0.1 s ؛ فإذا كان الطول الموجي للموجات السطحية 1.2 cm فما مقدار سرعة انتشار الموجة؟

الحل: نحسب تردد النبضات ثم نحسب سرعتها ..

$$\text{التردد} = \frac{\text{عدد الاهتزازات}}{\text{الزمن}} = \frac{5}{0.1} = 50\ \text{Hz}$$

$$\lambda = \frac{v}{f} \Rightarrow v = \lambda f = 1.2\times10^{-2} \times 50 = 0.6\ \text{m/s}$$

$\text{cm} \xrightarrow{\times10^{-2}} \text{m}$

55 ص32: إذا كان طول موجة محيطية 12 m وتمر بموقع ثابت كل 3 s فما سرعة الموجة؟

الحل:

$$\lambda = vT \Rightarrow v = \frac{\lambda}{T} = \frac{12}{3} = 4\ \text{m/s}$$

16 ص20: إذا ولّدت موجة مستعرضة في حبل عن طريق هز يدك وتحريكها من جانب إلى آخر ثم بدأت تهز الحبل أسرع من دون تغيير المسافة التي تتحركها يدك فماذا يحدث لكل من السعة والطول الموجي والتردد والزمن الدوري وسرعة الموجة؟

الحل:

خصائص لا تتغير	خصائص تزداد	خصائص تقل
السعة ، سرعة الموجة	التردد	الطول الموجي ، الزمن الدوري

الدرس ٨ : سلوك الموجات

الموجات عند الحواجز

انعكاس الموجات	يحدث عندما تصل الموجة إلى حدود الوسط الذي تنتقل خلاله وتنعكس الموجة كلها أو جزء منها وترتد إلى الخلف داخل الوسط نفسه
الموجة الساقطة	{ الموجة التي تصطدم بالحد الفاصل بين وسطين }
الموجة المنعكسة	{ الموجة المرتدة الناتجة عن انعكاس بعض طاقة نبضة الموجة الساقطة إلى الخلف }
انكسار الموجات	يحدث عندما تصل الموجة إلى حدود الوسط الذي تنتقل خلاله وتمر الموجة كلها أو جزء منها خلال الحد الفاصل إلى وسط آخر ويتغير اتجاهها عند الحد الفاصل
فائدة	عندما تمر الموجة خلال حد فاصل إلى وسط آخر مختلف .. • تتغير سرعة الموجة واتجاهها وسعتها وطولها الموجي. • لا يتغير تردد الموجة.
تنبيه	يمكن لموجتين أو أكثر أن تكونان في الوسط نفسه خلال الزمن نفسه

(١) اكتب للمصطلح العلمي: الموجة التي تصطدم بالحد الفاصل بين وسطين.

(٢) اكتب للمصطلح العلمي: الموجة المرتدة الناتجة عن انعكاس بعض طاقة نبضة الموجة الساقطة إلى الخلف.

(٣) ضع ✓ أو × : تمر الموجة خلال الحد الفاصل إلى وسط آخر ولا يتغير اتجاهها.

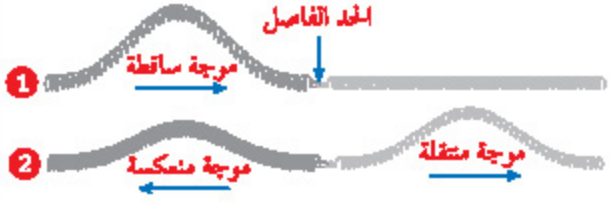
(٤) اختر: عندما تمر الموجة خلال حد فاصل إلى وسط آخر مختلف لا يتغير ..
Ⓐ سعة الموجة. Ⓑ سرعة الموجة. Ⓒ تردد الموجة. Ⓓ اتجاه الموجة.

(٥) ضع ✓ أو × : لا يمكن أن تتواجد موجتان أو أكثر في الوسط نفسه خلال الزمن نفسه.

انتقال موجة خلال حد فاصل

انتقال نبضة من نابض سميك إلى آخر أقل سُمكًا

عند انتقال نبضة الموجة الساقطة من النابض الأسمك إلى النابض الأقل سُمكًا ..



• تقل سرعة نبضة الموجة المنتقلة تبقى معتدلة ، متجهة لأعلى .

• ينعكس جزء من طاقة نبضة الموجة الساقطة إلى الخلف في اتجاه النابض السميك على شكل موجة مرتدة ، الموجة المنعكسة ، معتدلة ، متجهة لأعلى .

تنبيه	خصائص كلا النابضين تحدد اتجاه الموجة المنعكسة إذا كانت معتدلة أو مقلوبة
فائدة	إذا كانت سرعة الموجات أكبر في النابض الأقل سمكًا ستتقلب الموجة
انتقال نبضة في نابض متصل مع حائط	• تنعكس النبضة عن الحائط مرتدة إلى النابض. • سعة النبضة المرتدة يساوي تقريبًا سعة النبضة الساقطة. • تنعكس معظم طاقة الموجة إلى الخلف وقليل منها ينتقل إلى الحائط. • النبضة المنعكسة تكون مقلوبة ؛ متجهة لأسفل ؛.

(٦) ضع ✓ أو × : لا تتغير سرعة النبضة عند انتقالها بين نابضين مختلفي السُمك.

(٧) ضع ✓ أو × : خصائص كلا النابضين تحدد اتجاه الموجة المنعكسة معتدلاً أو مقلوبًا.

(٨) اختر: تنقلب الموجة إذا كانت سرعة الموجات في النابض الأقل سُمكًا ..... سرعتها في النابض الأكبر سُمكًا.

Ⓐ أكبر من Ⓑ أصغر من Ⓒ يساوي تقريبًا

(٩) اختر: سعة النبضة المرتدة في نابض متصل مع حائط ..... سعة النبضة الساقطة.

Ⓐ أكبر من Ⓑ أصغر من Ⓒ يساوي تقريبًا

تراكب الموجات

مبدأ تراكب الموجات	{ الإزاحة الحادثة في الوسط والناتجة عن موجة أو أكثر تساوي المجموع الجبري للإزاحات الناتجة عن كل موجة على حدة }
تراكب الموجات	عندما تلتقي موجتان تتحركان في اتجاهين متعاكسين فإن هناك 3 احتمالات .. • أن تلغي إحداهما الأخرى. • أن تنتج موجة لها سعة أقل من سعة كل منهما. • أن تنتج موجة لها سعة أكبر من سعة كل منهما.

(١٠) اكتب المصطلح العلمي: الإزاحة الحادثة في الوسط والناتجة عن موجة أو أكثر تساوي المجموع الجبري للإزاحات الناتجة عن كل موجة على حدة.

(١١) ضع ✓ أو × : يمكن اتحاد موجتين أو أكثر لتكوين موجة جديدة.

(١٢) ضع ✓ أو × : عندما تلتقي موجتان تتحركان في اتجاهين متعاكسين تلغي إحداهما الأخرى.

الدرس ٩ : تداخل الموجات

التداخل

تعريفه	{ الأثر الناتج عن تراكب موجتين أو أكثر }
أنواعه	تداخل هدّام: تداخل هدّام تام؛ تداخل هدّام غير تام تداخل بنّاء: تداخل بنّاء تام؛ تداخل بنّاء غير تام
التداخل الهدّام	• ينتج عن تراكب موجات لها سعات متساوية في اتجاهات متعاكسة. • تتكوّن العقدة من التقاء قمة الموجة الأولى مع قاع الموجة الثانية في نفس الموقع. • تقل إزاحة الوسط عند النقاط كلها في منطقة التداخل. • النبضتان تواصلان حركتيهما بعد التداخل وتستعيدان شكلهما الأصلي.
العقدة	{ النقطة الثابتة التي تلتقي فيها نبضتان موجيتان في الموقع نفسه حيث تصبح الإزاحة الناتجة صفرًا }
التداخل البناء	• ينتج عندما تكون إزاحات الموجات في الاتجاه نفسه. • سعة النبضة الناتجة من التداخل تساوي المجموع الجبري لإزاحتي النبضتين. • أكبر نبضة تتكوّن عندما تلتقي النبضتان، وتسمى البطن. • النبضتان تواصلان حركتيهما بعد التداخل وتستعيدان شكلهما الأصلي.
البطن	{ النقطة ذات الإزاحة الكبرى عند التقاء نبضتي موجة }

(١) اكتب المصطلح العلمي: الأثر الناتج عن تراكب موجتين أو أكثر.

(٢) املأ الفراغ: التداخل نوعان؛ تداخل ..... وتداخل ..... .

(٣) املأ الفراغ: التداخل الهدّام نوعان؛ تداخل هدّام ..... وتداخل هدّام ..... .

(٤) املأ الفراغ: التداخل البنّاء نوعان؛ تداخل بنّاء ..... وتداخل بنّاء ..... .

(٥) اختر: التداخل ..... ينتج عن تراكب موجات سعاتها متساوية ومتعاكسة الاتجاه.

Ⓐ البنّاء Ⓑ الهدام Ⓒ البناء التام

(٦) ضع ✓ أو × : تقل إزاحة الوسط عند النقاط كلها في منطقة التداخل الهدّام.

(٧) اكتب المصطلح العلمي: النقطة الثابتة التي تلتقي فيها نبضتان موجيتان في الموقع نفسه حيث تصبح الإزاحة الناتجة صفراً.

(٨) املأ الفراغ: التداخل ..... ينتج عندما تكون إزاحات الموجات في الاتجاه نفسه.

(٩) اختر: في التداخل البنّاء تنتج موجة لها سعة ..... سعة أي من الموجات كل على حدة.

Ⓐ أكبر من Ⓑ أقل من Ⓒ تساوي

(١٠) ضع ✓ أو × : سعة النبضة الناتجة من التداخل تساوي عددياً مجموع إزاحتي النبضتين.

(١١) اكتب المصطلح العلمي: النقطة ذات الإزاحة الكبرى عند التقاء نبضتي موجة.

(١٢) ضع ✓ أو × : النبضتان تواصلان حركتيهما بعد التداخل وتستعيدان شكلهما الأصلي.

الموجة الموقوفة « المستقرة »

تعريفها	{ الموجة التي تظهر واقفة وساكنة؛ تتولد عند تداخل موجتين تتحركان في اتجاهين متعاكسين }
توليدها	(١) تثبت طرف الحبل في نقطة ثابتة وتمسك الطرف الحر باليد. (٢) نبدأ بهز الطرف الحر من الحبل فتنطلق الموجات في الحبل من يدنا نحو الطرف الثابت. (٣) ترتد الموجات عند النهاية الثابتة وتنقلب وتعود نحو اليد. (٤) نجعل الزمن الدوري لاهتزاز اليد مساوياً لزمن الدورة الكاملة للموجة فتزداد سعتها. (٥) عند زيادة تردد اهتزاز الحبل يزداد عدد البطون والعقد.
فائدة	في حالة الموجة الموقوفة في نابض مثبت الطرفين عدد البطون أقل من عدد العقد بمقدار 1

(١٣) اكتب المصطلح العلمي: الموجة التي تظهر واقفة وساكنة تتولد عند تداخل موجتين تتحركان في اتجاهين متعاكسين.

(١٤) ضع ✓ أو × : يُنتج التداخل موجات موقوفة في الحبل وبزيادة تردد الاهتزاز يقل عدد البطون والعقد.

(١٥) اختر: في الموجة الموقوفة في نابض مثبت الطرفين؛ إذا كان عدد البطون 3 فإن عدد العقد ..

Ⓐ 1 . Ⓑ 2 . Ⓒ 3 . Ⓓ 4 .

الدرس ١٠ : الموجات في بعدين

الموجات في بعدين

أنواع الموجات	• موجات تتحرك في بُعد واحد: الموجات في الحبل والنابض. • موجات تتحرك في بُعدين: الموجات على سطح الماء. • موجات تتحرك في ثلاثة أبعاد: الموجات الكهرومغناطيسية وموجات الصوت.
تمثيل الموجات في بعدين	عند إحداث اضطراب بتردد ثابت في الماء الساكن .. • تنتشر قمم وقيعان الموجات الدائرية الناتجة إلى الخارج في جميع الاتجاهات. • يمكن تمثيل الموجات برسم دوائر متتابعة متحدة في مراكزها تُعبر عن قمم الموجة تسمى مقدمة الموجة. • تُرسم مقدمات الموجة بقيم تبين طولها الموجي ولا تبين سعتها. مقدمات موجة دائرية الأشعة
مقدمة الموجة	{ الخط الذي يمثل قمة الموجة في بعدين }
الشعاع	{ الخط الذي يبين اتجاه الموجة المتنقلة ويرسم عموديًا على قمة الموجة }
فائدتان	• تتحرك الموجات في اتجاه متعامد مع مقدمة الموجة. • اتجاه حركة الموجات يُمثل بشعاع على شكل خط يصنع زاوية قائمة مع قمة الموجة.

(١) اختر: من الموجات التي تتحرك في بُعد واحد ..
Ⓐ الموجات على سطح الماء. Ⓑ موجات الصوت. Ⓒ الموجات في النابض.

(٢) اختر: الموجات على سطح الماء من الموجات التي تتحرك ..
Ⓐ في ثلاثة أبعاد. Ⓑ في بعدين. Ⓒ في بُعد واحد.

(٣) ضع ✓ أو × : عند إحداث اضطراب بتردد ثابت في الماء الساكن تنتشر قمم وقيعان الموجات الدائرية الناتجة إلى الخارج في اتجاه واحد.

(٤) اكتب للمصطلح العلمي: الخط الذي يمثل قمة الموجة في بعدين.

(٥) اكتب للمصطلح العلمي: الخط الذي يبين اتجاه الموجة المتنقلة ويُرسم عموديًا على قمتها.

(٦) ضع ✓ أو × : تتحرك الموجات في اتجاه متعامد مع مقدمة الموجة.

(٧) ضع ✓ أو × : يمثل اتجاه حركة الموجات بشعاع على شكل خط يصنع زاوية قائمة مع قمة الموجة.

انعكاس الموجات في بعدين

حوض الموجات	يُستعمل لبيان خصائص الموجات المنتشرة في بعدين
الانعكاس في حوض الموجات	• حوض الأمواج يحوي طبقة ماء ضحلة. • ألواح الاهتزاز تعمل على توليد نبضات موجية أو موجات ماء بتردد ثابت. • عند إضاءة المصباح الموجود فوق الحوض يتكوَّن ظل تحت الحوض يبين موقع قمم الموجات. • اتجاه حركة الموجات تُمثل بالمخطط الشعاعي حيث يرسم شعاع ليمثل الموجة الساقطة وشعاع آخر يمثل الموجة المنعكسة.
تعريفات	العمود المقام: { الخط الذي يبين اتجاه الحاجز في مخطط الأشعة ويرسم عموديًا على الحاجز } زاوية السقوط: { الزاوية المحصورة بين الشعاع الساقط والعمود المقام } زاوية الانعكاس: { الزاوية المحصورة بين الشعاع المنعكس والعمود المقام } قانون الانعكاس: { زاوية السقوط تساوي زاوية الانعكاس }

(٨) املأ الفراغ: يستعمل ..... لبيان خصائص الموجات المنتشرة في بعدين.

(٩) املأ الفراغ: في حوض الموجات تعمل ..... على توليد نبضات موجية أو موجات ماء بتردد ثابت.

(١٠) اختر: عند إضاءة المصباح فوق حوض الموجات يتكوَّن ظل تحت الحوض يبين مواقع ..
Ⓐ مقدمات الموجات. Ⓑ قمم الموجات. Ⓒ قيعان الموجات.

(١١) ضع ✓ أو × : اتجاه حركة الموجات تُمثل بالمخطط الشعاعي للموجات.

(١٢) اكتب المصطلح العلمي: الخط الذي يبين اتجاه الحاجز في مخطط الأشعة ويُرسم عموديًا على الحاجز.

(١٣) اختر: الزاوية المحصورة بين الشعاع الساقط والعمود المقام تسمى ..
Ⓐ زاوية السقوط. Ⓑ زاوية الانعكاس. Ⓒ زاوية الانكسار.

(١٤) املأ الفراغ: الزاوية المحصورة بين الشعاع المنعكس والعمود المقام تسمى ..... .

(١٥) اختر: ينص قانون الانعكاس على أن زاوية السقوط ..... زاوية الانعكاس.
Ⓐ أكبر من Ⓑ أصغر من Ⓒ تساوي

انكسار الموجات في بعدين

تعريفه	{ التغير في اتجاه الموجات عند الحد الفاصل بين وسطين مختلفين }
حوض الموجات	يستعمل لتمثيل سلوك الموجات عندما تنتقل من وسط إلى آخر
الانكسار في حوض الموجات	• حوض الأمواج يحوي طبقة ماء ضحلة ويوضع لوحًا زجاجيًا في جزء منه. • سُمك طبقة الماء فوق اللوح الزجاجي أقل من سمكها في بقية الحوض. • تعمل ألواح الاهتزاز على توليد نبضات موجية أو موجات ماء بتردد ثابت. • عند انتقال الموجة من الماء العميق إلى الماء الضحل فوق اللوح الزجاجي تنقص سرعتها ويتغير اتجاهها مع بقاء ترددها ثابتًا لذا ينقص طولها الموجي.
تكوُّن قوس المطر	قطرات المطر تُحلل الضوء الأبيض إلى ألوان الطيف السبعة بفعل الانكسار

(١٦) اكتب للمصطلح العلمي: التغير في اتجاه الموجات عند الحد الفاصل بين وسطين مختلفين.

(١٧) املأ الفراغ: يستعمل ..... لتمثيل سلوك الموجات عندما تنتقل من وسط إلى آخر.

(١٨) اختر: في حوض الموجات سُمك طبقة الماء فوق اللوح الزجاجي ..... سُمكها في بقية الحوض.

Ⓐ يساوي Ⓑ أقل من Ⓒ أكبر من

(١٩) ضع ✓ أو ✗ : عند انتقال الموجة من الماء العميق إلى الماء الضحل تنقص سرعتها ويتغير اتجاهها.

(٢٠) ضع ✓ أو ✗ : عند انتقال الموجة من الماء العميق إلى الماء الضحل ينقص طولها الموجي ويظل ترددها ثابتًا.

أجوبة الفصل السابع

الأجوبة

الدرس١	(١) الحركة الدورية. (٢) الحركة التوافقية البسيطة. (١١) ✓ (٢) Ⓑ (٧) الزمن الدوري ، سعة الاهتزازة (١٢) المرنة (٣) Ⓒ (٨) الزمن الدوري. (١٣) × (٤) موضع الاتزان (٩) سعة الاهتزازة. (٥) ✓ (١٠) قانون هوك.
الدرس٢	(١) Ⓐ (٢) Ⓐ (٣) Ⓒ (٤) كتلة الجسم ، مرونة النابض
الدرس٣	(١) × (٣) Ⓒ (٥) Ⓒ (٧) Ⓑ (٩) صفراً (١١) ✓ (١٣) ✓ (٢) ✓ (٤) Ⓑ (٦) × (٨) Ⓐ (١٠) صفراً (١٢) Ⓐ (١٤) ✓
الدرس٥	(١) الموجة. (٤) الموجة السطحية. (٧) ✓ (١٠) ✓ (١٣) ✓ (٢) الموجة المستعرضة. (٥) × (٨) سعة الموجة. (١١) Ⓑ (١٤) Ⓑ (٣) الموجة الطولية. (٦) نبضة الموجة. (٩) Ⓑ (١٢) Ⓐ
الدرس٦	(١) الطول الموجي. (٣) Ⓒ (٥) الزمن الدوري. (٧) تردد الموجة. (٩) Ⓐ (٢) قمة (٤) Ⓐ (٦) Ⓐ (٨) ✓
الدرس٨	(١) الموجة الساقطة. (٤) Ⓒ (٧) ✓ (١٠) مبدأ تراكب الموجات. (٢) الموجة المنعكسة. (٥) × (٨) Ⓐ (١١) ✓ (٣) × (٦) × (٩) Ⓒ (١٢) ×
الدرس٩	(١) التداخل. (٤) تام ، غير تام (٧) العقدة. (١٠) ✓ (١٣) الموجة الموقوفة. (٢) هدّام ، بنّاء (٥) Ⓑ (٨) البنّاء (١١) البطن. (١٤) × (٣) تام ، غير تام (٦) ✓ (٩) Ⓐ (١٢) ✓ (١٥) Ⓓ
الدرس١٠	(١) Ⓒ (٦) ✓ (١١) ✓ (١٦) الانكسار. (٢) Ⓑ (٧) ✓ (١٢) العمود المقام. (١٧) حوض الموجات (٣) × (٨) حوض الموجات (١٣) Ⓐ (١٨) Ⓑ (٤) مقدمة الموجة. (٩) ألواح الاهتزاز (١٤) زاوية الانعكاس. (١٩) ✓ (٥) الشعاع. (١٠) Ⓑ (١٥) Ⓒ (٢٠) ✓

الفصل الثامن

الصوت

الدرس ١١ : خصائص الصوت ٢٩

الدرس ١٢ : تتمة خصائص الصوت ٣١

الدرس ١٣ : الكشف عن موجات الضغط ٣٣

الدرس ١٤ : تأثير دوبلر ٣٦

الدرس ١٥ : أمثلة إضافية على تأثير دوبلر ٣٩

الدرس ١٦ : الرنين في الأعمدة الهوائية والأوتار ٤٠

الدرس ١٧ : تتمة الرنين في الأعمدة الهوائية ٤٣

الدرس ١٨ : ترددات الرنين في الأعمدة المفتوحة ٤٦

الدرس ١٩ : الرنين في الأوتار ٤٨

الدرس ٢٠ : طيف الصوت ٥٠

أجوبة الفصل الثامن ٥٢

الدرس ١١ : خصائص الصوت

الموجات الصوتية

تعريفها	{ تغير في الضغط ينتقل خلال مادة على شكل موجة طولية }
نوعها	الموجة الصوتية موجة طولية ؛ علل ؛ لأن جزيئات الهواء تهتز موازية لاتجاه حركة الموجة
مكوناتها	• منطقة ذات ضغط مرتفع ؛ تضاغط ؛. • منطقة ذات ضغط منخفض ؛ تخلخل ؛.
مصدرها	تذبذب ؛ اهتزاز ؛ جسم في وسط مادي
انتقالها	الوسط الناقل: المواد الصلبة ، المواد السائلة ، المواد الغازية كيفية انتقالها: • المصدر المهتز يُنتج تغيرات في ضغط الهواء. • جزيئات الهواء تتصادم فتنتقل تغيرات الضغط بعيداً عن المصدر. تعليل: لا تنتقل الموجات الصوتية في الفراغ ؛ علل ؛ لعدم وجود جزيئات تتصادم وتنقل الموجة
فوائد	• تستخدم الحيوانات الصوت للصيد والتزاوج والتحذير من اقتراب الحيوانات المفترسة. • بعض الأصوات تزيد من مستوى القلق لدى الناس ومنها صفارات الإنذار. • بعض الأصوات تساعد على التهدئة وإراحة النفس ومنها الأذان وتلاوة القرآن.

(١) اكتب المصطلح العلمي: انتقال تغيرات الضغط خلال مادة على شكل موجة طولية.

(٢) ضع ✓ أو × : الموجة الصوتية موجة طولية مكونة من مجموعة تضاغطات وتخلخلات.

(٣) ضع ✓ أو × : الموجة الصوتية تنتج عن تذبذب جسم في وسط مادي.

(٤) اختر: تنتقل الموجات الصوتية في ..

Ⓐ المواد الصلبة والسوائل فقط. Ⓑ المواد الصلبة والسوائل والغازات. Ⓒ الفراغ.

(٥) اختر: لا ينتقل الصوت في ..

Ⓐ المواد الصلبة. Ⓑ السوائل. Ⓒ الغازات. Ⓓ الفراغ.

(٦) املأ الفراغ: من استخدامات الحيوانات للصوت استخدامه لـ ..... و ..... .

خصائص الموجات الصوتية

أهم الخصائص	• السرعة. • التردد. • الزمن الدوري. • الطول الموجي.

تصنيف خصائص الصوت حسب تأثرها بالوسط	تصنف خصائص الصوت حسب تأثرها بالوسط المتحركة فيه إلى ..	
	خصائص تتأثر بالوسط المتحركة فيه	خصائص لا تتأثر بالوسط المتحركة فيه
	السرعة ، الطول الموجي	التردد ، الزمن الدوري
التردد	{ عدد التذبذبات في قيمة الضغط في الثانية الواحدة }	
الطول الموجي	{ المسافة بين مركزي ضغط مرتفع متتاليين أو بين مركزي ضغط منخفض متتاليين }	
العلاقة الرياضية	$\lambda = \frac{v}{f}$	λ طول الموجة [m] v سرعة الموجة [m/s] f تردد الموجة [Hz]

(٧) املأ الفراغ: من الخصائص الفيزيائية للموجات الصوتية ..... و ..... .

(٨) اختر: من خصائص الموجات الصوتية التي تتأثر بالوسط المتحركة فيه ..

Ⓐ الطول الموجي. Ⓑ الزمن الدوري. Ⓒ التردد.

(٩) ضع ✓ أو × : التردد من خصائص الموجات الصوتية التي لا تتأثر بالوسط المتحركة فيه.

(١٠) اكتب المصطلح العلمي: عدد التذبذبات في قيمة الضغط في الثانية الواحدة.

(١١) اكتب المصطلح العلمي: المسافة بين مركزي ضغط مرتفع متتاليين أو بين مركزي ضغط منخفض متتاليين.

أمثلة

1 ص39: ما الطول الموجي لموجة صوتية ترددها 18 Hz تتحرك في هواء درجة حرارته 20 °C ؟ علمًا أن سرعة الصوت فيه 343 m/s .

الحل:

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{343}{18} = 19\ \text{m}$$

3 ص39: تنتقل موجة صوتية ترددها 2280 Hz وطولها الموجي 0.655 m في وسط غير معروف؛ ما سرعة الموجة الصوتية؟

الحل:

$$\lambda = \frac{v}{f} \rightarrow v = \lambda f = 0.665 \times 2280 = 1493.4\ \text{m/s}$$

الدرس ١٢ : تتمة خصائص الصوت

سرعة الصوت

قيمتها	• سرعة الصوت في المواد الصلبة أكبر من سرعته في السوائل. • سرعة الصوت في السوائل أكبر من سرعته في الغازات.
أثر درجة الحرارة	• سرعة الصوت تزيد بزيادة درجة الحرارة. • مقدار الزيادة في سرعة الصوت في الهواء 0.6 m/s لكل درجة حرارة 1 °C . • الطول الموجي يزيد بزيادة درجة الحرارة. • تردد موجة الصوت لا يتغير عند تغير درجة الحرارة.

(١) اختر: سرعة الصوت في المواد الصلبة ..... سرعته في السوائل.

Ⓐ أكبر من Ⓑ تساوي Ⓒ أصغر من

(٢) اختر: سرعة الصوت في الغازات ..... سرعته في السوائل.

Ⓐ أكبر من Ⓑ تساوي Ⓒ أصغر من

(٣) ضع ✓ أو × : سرعة الصوت في الهواء تنقص بزيادة درجة الحرارة.

(٤) اختر: خاصية من خصائص الصوت لا تتغير عند تغير درجة الحرارة ..

Ⓐ التردد. Ⓑ السرعة. Ⓒ الطول الموجي.

صدى الصوت

تعريفه	{ موجات الصوت المنعكسة عن الأجسام عند رجوعها إلى مصدرها }	
استخدامه	إيجاد المسافة بين مصدر الصوت والجسم الذي انعكس عنه الصوت	
تطبيقاته	بعض السفن التي تستخدم السونار ، بعض الكاميرات ، الخفافيش	
العلاقة الرياضية	$\Delta d = v\Delta t$	Δd بعد الجسم عن مصدر الصوت [m] v سرعة الموجة الصوتية في الوسط [m/s] Δt الزمن [s]
تنبيه	إذا أعطانا السؤال زمن ذهاب الصوت من المصدر إلى الجسم ثم عودته ثانية فإننا نقسم الزمن على 2	
البقع الميتة	تنشأ عند العقد نتيجة تداخل موجتين صوتيتين، ويكون الصوت عندها ضعيفًا جدًا	

(٥) اكتب المصطلح العلمي: موجات الصوت المنعكسة عن الأجسام عند رجوعها إلى مصدرها.

(٦) ضع ✓ أو × : يمكن استخدام ظاهرة الصدى لإيجاد بُعد لجسم عن مصدر الصوت.

(٧) املأ الفراغ: من التطبيقات العملية على ظاهرة الصدى ..... و ..... .

(٨) ضع ✓ أو × : تنشأ البقع الميتة عند العقد نتيجة تداخل موجتين صوتيتين.

(٩) ضع ✓ أو × : الصوت عند البقع الميتة يكون قويًا جدًا.

أمثلة

51 ص60: يجلس مشجع في مباراة كرة قدم على بعد 152 m من حارس المرمى في يوم دافئ درجة حرارته 30 °C ؛ ما مقدار ..

(a) سرعة الصوت في الهواء عند درجة حرارة 30 °C ؟ علمًا أن سرعته عند درجة حرارة 0 °C تساوي 331 m/s .

(b) الزمن الذي يحتاج إليه المشجع ليسمع صوت ضرب الكرة بعد مشاهدته لضرب الحارس لها؟

الحل:

(a) سرعة الصوت ..

$$\text{الزيادة في درجة الحرارة} = 30 - 0 = 30\ ^\circ\text{C}$$

$$\text{الزيادة في سرعة الصوت} = 30 \times 0.6 = 18\ ^\circ\text{C}$$

$$\text{سرعة الصوت عند درجة حرارة 30 °C} = 331 + 18 = \boxed{349\ \text{m/s}}$$

(b) الزمن ..

$$\Delta t = \frac{\Delta d}{v} = \frac{152}{349} = \boxed{0.435\ \text{s}}$$

2 ص39: إذا وقفت عند طرف وادٍ وصرخت وسمعت الصدى بعد مرور 0.8 s فما عرض هذا الوادي؟ علمًا أن سرعة الصوت في الهواء 343 m/s .

الحل: نحسب زمن الذهاب ثم نحسب عرض الوادي ..

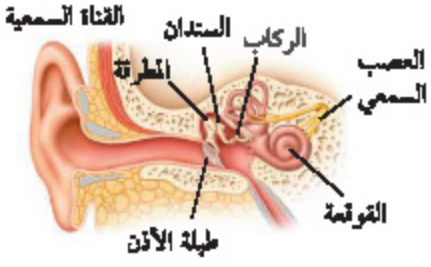
$$\Delta t = \frac{0.8}{2} = 0.4\ \text{s}$$ ؛ قسمنا الزمن على 2 لنحصل على زمن الذهاب ؛

$$\Delta d = v\Delta t = 343 \times 0.4 = \boxed{137.2\ \text{m}}$$

الدرس ١٣ : الكشف عن موجات الضغط

كاشفات الصوت

من أمثلتها	الميكروفون ، الأذن البشرية	
مبدأ عملها	تحويل الطاقة التي تحملها موجة الصوت إلى شكل آخر من أشكال الطاقة	
الميكروفون	مكوناته	قرص رقيق يهتز استجابة للموجات الصوتية وينتج إشارة كهربائية
	تحولات الطاقة	الميكروفون يُحوِّل الطاقة الصوتية إلى طاقة كهربائية
الأذن البشرية	كاشف حساس ذو كفاءة عالية يستقبل موجات الضغط ويُحوِّلها إلى نبضات كهربائية ..	



- الموجات الصوتية تدخل القناة السمعية مسببة الاهتزازات لغشاء طبلة الأذن.
- في الأذن الوسطى ثلاثة عظام دقيقة: المطرقة، السندان، الركاب.
- العظام الثلاثة تنقل الاهتزازات إلى سائل في القوقعة الحلزونية.
- الشعيرات الدقيقة المبطنة للقوقعة الحلزونية تلتقط ترددات معينة في السائل المتذبذب.
- الشعيرات تُنشط الخلايا العصبية والتي بدورها ترسل سيالات عصبية إلى الدماغ مُولدة الشعور بالصوت.

تعليل	يستطيع الإنسان التمييز بين أنواع مختلفة من الأصوات ؛ علل ؛ لأن الأذن تستشعر الموجات الصوتية لمدى واسع من الترددات

(١) اختر: من الأمثلة على كاشفات الصوت ..

Ⓐ حنجرة الإنسان. Ⓑ الميكروفون. Ⓒ السماعة.

(٢) ضع ✓ أو ✗ : كاشفات الصوت تُحوِّل الطاقة التي تحملها موجة الصوت إلى شكل آخر من أشكال الطاقة.

(٣) املأ الفراغ: الميكروفون يُحوِّل الطاقة ..... إلى طاقة ..... .

(٤) املأ الفراغ: في الأذن الوسطى ثلاثة عظام دقيقة هي: المطرقة ، ..... ، ..... .

إدراك الصوت

نوعاه		حدة الصوت ، علو الصوت
حدة الصوت	المقصود به	{ خاصية للصوت تعتمد على تردد الاهتزاز، وتميز بواسطتها الأصوات الرفيعة « الحادة » عن الأصوات الغليظة }
	فائدة	حساسية الأذن ليست متساوية لجميع الترددات
علوّ الصوت	المقصود به	{ شدة الصوت كما تحسه الأذن ويدركه الدماغ، ويعتمد على سعة موجة الضغط « الموجة الصوتية » }
	حساسية الأذن لعلو الصوت	الأذن البشرية حساسة جداً لتغيرات الضغط في الموجات الصوتية
	فائدة	سعة الموجة الصوتية مقياس لتغير الضغط في الموجة

(٥) املأ الفراغ: لإدراك الصوت نوعان هما: ..... الصوت و ..... الصوت.

(٦) اكتب المصطلح العلمي: خاصية للصوت تعتمد على تردد الاهتزاز وتميز بواسطتها الأصوات الرفيعة عن الأصوات الغليظة.

(٧) اختر: علو الصوت يعتمد على ..... موجة الضغط.

Ⓐ تردد Ⓑ سرعة Ⓒ سعة

مستوى الصوت

المقصود به	{ مقياس لوغاريتمي للقياس سعات الموجات الصوتية }
وحدة قياسه	ديسبل « dB »
يعتمد على ..	نسبة تغير الضغط لموجة صوتية معينة إلى تغير الضغط في أضعف الأصوات المسموعة « عتبة السمع »
مقياس الديسبل	مقياس يُستعمل لوصف تغيرات الضغط، ولوصف قدرة موجات الصوت وشدتها
علاقة التغير في ضغط الصوت بالتغير في مستوى الصوت	الزيادة في مستوى الصوت بمقدار 20 dB تعني تضاعف ضغط الصوت 10 أضعاف؛ وبصورة رياضية .. $\text{التغير في ضغط الصوت} = 10^{\left(\frac{\text{التغير في مستوى الصوت}}{20}\right)}$

تأثير الأصوات الصاخبة	• التعرض للأصوات الصاخبة ؛ مستوى الصوت المرتفع ؛ يُسبب ضعف السمع. • ضعف السمع هو فقدان الأذن لحساسيتها وخصوصًا للترددات العالية. • كلما تعرض الشخص للأصوات الصاخبة فترة أطول كان التأثير أكبر. • التعرض الطويل لمستوى الصوت 100 dB فأكثر يؤدي إلى ضرر دائم.
حساسية الأذن	حساسية الأذن البشرية للصوت تعتمد حدة الصوت وسعة الصوت

(٨) اختر: مقياس لوغاريتمي لقياس سعات الموجات الصوتية ..

Ⓐ مستوى الصوت. Ⓑ الديسبل. Ⓒ شدة الصوت.

(٩) املأ الفراغ: وحدة قياس مستوى الصوت ..... .

(١٠) اختر: مقياس يُستعمل لوصف تغيرات الضغط وقدرة موجات الصوت وشدتها ..

Ⓐ سرعة الصوت. Ⓑ مقياس الديسبل. Ⓒ حدة الصوت.

(١١) اختر: التعرض للأصوات الصاخبة يسبب فقدان الأذن لحساسيتها وخصوصًا للترددات ..

Ⓐ العالية. Ⓑ المتوسطة. Ⓒ المنخفضة.

(١٢) اختر: حساسية الأذن للصوت تعتمد على ..

Ⓐ حدة الصوت. Ⓑ سرعة الصوت. Ⓒ جميع ما سبق.

أمثلة

35 ص58: صوت مستواه 40 dB ؛ هل تغير ضغطه أكبر 100 مرة من عتبة السمع، أم 40 مرة؟

الحل:

$$\text{التغير في ضغط الصوت} = 10^{\left(\frac{\text{التغير في ضغط الصوت}}{20}\right)} = 10^{\left(\frac{40}{20}\right)} = 10^{2} = 100$$

49 ص60: تنشد فرقة بصوت مستواه 80 dB ؛ ما الزيادة في ضغط الصوت لفرقة تنشد بالمستويات ..

(a) 100 dB . (b) 120 dB .

الحل:

(a) الزيادة في ضغط الصوت ..

$$\text{التغير في ضغط الصوت} = 10^{\left(\frac{\text{التغير في ضغط الصوت}}{20}\right)} = 10^{\left(\frac{100-80}{20}\right)} = 10 \text{ أضعاف}$$

(b) الزيادة في ضغط الصوت ..

$$\text{التغير في ضغط الصوت} = 10^{\left(\frac{\text{التغير في ضغط الصوت}}{20}\right)} = 10^{\left(\frac{120-80}{20}\right)} = 100 \text{ ضعف}$$

الدرس ١٤ : تأثير دوبلر

أساسيات عن تأثير دوبلر

تعريفه	{ التغير في تردد الصوت الناتج عن تحرك مصدر الصوت أو الكاشف أو كليهما }	
العلاقة الرياضية	$f_d = f_s \frac{v - v_d}{v - v_s}$ **تنبيه:** نستخدم هذه العلاقة عندما يكون المصدر والكاشف متحركين.	f_d التردد الذي يدركه الكاشف [Hz] f_s تردد الموجة [Hz] v السرعة المتجهة لموجة المصدر [m/s] v_d السرعة المتجهة للكاشف [m/s] v_s السرعة المتجهة لمصدر الصوت [m/s]
حالات خاصة	المصدر متحرك والكاشف ثابت: $f_d = f_s\left(\frac{1}{1 - \frac{v_s}{v}}\right)$ **تنبيه:** إشارة v_s موجبة.	المصدر ثابت والكاشف متحرك: $f_d = f_s\left(1 - \frac{v_d}{v}\right)$ **تنبيه:** إشارة v_d سالبة.

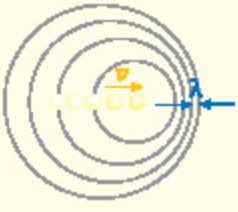
(١) اكتب المصطلح العلمي: تغير في تردد الصوت ناتج عن تحرك مصدر الصوت أو الكاشف أو كليهما.

حالات تأثير دوبلر

أولاً: المصدر متحرك والكاشف ثابت

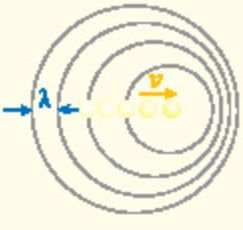
مصدر الصوت يقترب من الكاشف

- يزداد حدة الصوت.
- تتقارب الموجات في المنطقة بين المصدر والكاشف فيقص الطول الموجي.
- يزداد عدد القمم التي تصل إلى الكاشف في كل ثانية.
- يزداد التردد الذي يستقبله الكاشف.



مصدر الصوت يبتعد عن الكاشف

- تقص حدة الصوت.
- تتباعد الموجات في المنطقة بين المصدر والكاشف فيتزايد الطول الموجي.
- يقص عدد القمم التي تصل إلى الكاشف في كل ثانية.
- يقص التردد الذي يستقبله الكاشف.



ثانيًا: الكاشف متحرك والمصدر ثابت		
اقتراب الكاشف من المصدر	• تزداد حدة الصوت. • تزداد السرعة المتجهة النسبية. • يزداد عدد القمم التي تصل إلى الكاشف في كل ثانية. • يزداد التردد الذي يستقبله الكاشف.	
ابتعاد الكاشف عن المصدر		• تنقص حدة الصوت. • تنقص السرعة المتجهة النسبية. • ينقص عدد القمم التي تصل إلى الكاشف في كل ثانية. • ينقص التردد الذي يستقبله الكاشف.

فائدة

تأثير دوبلر يحدث لجميع الموجات الميكانيكية والكهرومغناطيسية

(٢) اختر: عند اقتراب مصدر الصوت من كاشف ثابت فإن حدة الصوت ..

Ⓐ لا تتغير. Ⓑ تنقص. Ⓒ تزداد.

(٣) اختر: عند اقتراب مصدر الصوت من كاشف ثابت فإن الطول الموجي ..

Ⓐ يزداد. Ⓑ ينقص. Ⓒ لا يتغير.

(٤) اختر: عند اقتراب مصدر الصوت من كاشف ثابت فإن التردد الذي يستقبله الكاشف ..

Ⓐ يزداد. Ⓑ ينقص. Ⓒ لا يتغير.

(٥) اختر: عند ابتعاد مصدر الصوت عن كاشف ثابت فإن حدة الصوت ..

Ⓐ تزداد. Ⓑ تنقص. Ⓒ لا تتغير.

(٦) اختر: عند ابتعاد مصدر الصوت عن كاشف ثابت فإن الطول الموجي ..

Ⓐ يزداد. Ⓑ ينقص. Ⓒ لا يتغير.

(٧) اختر: عند ابتعاد مصدر الصوت عن كاشف ثابت فإن التردد الذي يستقبله الكاشف ..

Ⓐ يزداد. Ⓑ لا يتغير. Ⓒ ينقص.

(٨) اختر: عند اقتراب الكاشف من مصدر صوت ثابت فإن السرعة المتجهة النسبية لموجات الصوت والكاشف ..

Ⓐ تزداد. Ⓑ تنقص. Ⓒ لا تتغير.

(٩) ضع ✓ أو ✗ : عند ابتعاد الكاشف عن مصدر صوت ثابت فإن السرعة المتجهة النسبية لموجات الصوت والكاشف تنقص.

(١٠) ضع ✓ أو ✗ : تأثير دوبلر يحدث لجميع الموجات الميكانيكية والكهرومغناطيسية.

تطبيقات تأثير دوبلر

كواشف الرادار	• قياس سرعة كرات البيسبول. • قياس سرعة المركبات.
في الفلك	• قياس سرعة المجرات. • استنتاج بُعد المجرات عن الأرض.
في الطب	قياس سرعة حركة جدار قلب الجنين بجهاز الموجات فوق الصوتية
الخفافيش	• الطيران. • الكشف عن الحشرات الطائرة واقتراسها: عندما تطير الحشرة بسرعة أكبر من سرعة الخفاش يكون التردد المنعكس عنها أصغر، وعندما يلحق الخفاش بالحشرة ويقترب منها يكون التردد المنعكس عنها أكبر.

(١١) اختر: قياس سرعة المركبات باستخدام كاشف الرادار من التطبيقات على ..

Ⓐ صدى الصوت. Ⓑ تأثير دوبلر. Ⓒ تداخل موجات الصوت.

أمثلة

13 ص44: يرسل الخفاش نبضات صوت قصيرة بتردد عالٍ ويستقبل الصدى ..

(a) ما الطريقة التي يميز بها الخفاش بين الصدى المرتد عن الحشرات الكبيرة والصدى المرتد عن الحشرات الصغيرة إذا كانت على البعد نفسه منه؟

(b) ما الطريقة التي يميز بها الخفاش بين الصدى المرتد عن حشرة طائرة مقتربة منه والصدى المرتد عن حشرة طائرة مبتعدة عنه؟

الحل:

(a) شدة الصوت المرتد عن الحشرات الكبيرة أكبر من شدة الصوت المرتد عن الحشرات الصغيرة.

(b) تردد الصوت المرتد عن الحشرة المقتربة منه أكبر من تردد الصوت المرتد عن الحشرة المبتعدة عنه.

14 ص44: هل يستطيع شرطي يقف على جانب الطريق استخدام الرادار لتحديد سرعة سيارة في اللحظة التي تمر فيها أمامه؟ وضح ذلك؟

الحل: لا؛ لأنه لا يظهر تأثير دوبلر في اللحظة التي تمر فيها السيارة أمام الشرطي، بل يظهر أثناء الاقتراب أو الابتعاد.

الدرس ١٥ : أمثلة إضافية على تأثير دوبلر

تأثير دوبلر

العلاقة الرياضية	$f_a = f_s \frac{v - v_a}{v - v_s}$ تنبيه: نستخدم هذه العلاقة عندما يكون المصدر والكاشف متحركين.	f_a التردد الذي يدركه الكاشف [Hz] f_s تردد الموجة [Hz] v السرعة المتجهة لموجة المصدر [m/s] v_a السرعة المتجهة للكاشف [m/s] v_s السرعة المتجهة لمصدر الصوت [m/s]

أمثلة

4 ص43: افترض أنك في سيارة تتحرك بسرعة 25 m/s في اتجاه صفارة إنذار؛ فإذا كان تردد صوت الصفارة 365 Hz فما التردد الذي ستسمعه؟ علماً أن سرعة الصوت في الهواء 343 m/s .

الحل:

$$f_a = f_s\left(1 - \frac{v_a}{v}\right)$$

« الكاشف متحرك نحو المصدر الثابت »

$$f_a = 365\left(1 - \frac{-25}{343}\right)$$

« سرعة الكاشف سالبة »

$$f_a = 392\ \text{Hz}$$

5 ص43: افترض أنك في سيارة تتحرك بسرعة 24.6 m/s ، وتتحرك سيارة أخرى في اتجاهك بالسرعة نفسها؛ فإذا انطلق المنبه فيها بتردد 475 Hz فما التردد الذي ستسمعه؟ علماً أن سرعة الصوت في الهواء 343 m/s .

الحل:

$$f_a = f_s \frac{v - v_a}{v - v_s}$$

« الكاشف والمصدر متحركان نحو بعضهما »

$$f_a = 475\left(\frac{343 + 24.6}{343 - 24.6}\right)$$

« سرعة الكاشف سالبة »

$$f_a = 548\ \text{Hz}$$

الدرس ١٦ : الرئتين في الأصدة الهوائية والأوتار

مصادر الصوت

أمثلة	من أمثلة السطوح المهتزة التي تصدر الصوت: الدفوف ، الصنوج ، الطبول	
مبدأ عملها	اهتزازات الجسم تؤدي إلى تحريك الجزيئات التي تتسبب في إحداث تذبذب في ضغط الهواء	
مكبر الصوت	• يحوي مخروطًا مصممًا ليهتز بالتيارات الكهربائية. • سطح المخروط يُولِّد الموجات الصوتية التي تنتقل إلى الأذن.	
الأوتار الصوتية	المقصود بها	زوج من الأغشية في الحنجرة
	أهميتها	إنتاج الصوت البشري عند اهتزازها
	آلية عملها	يندفع الهواء من الرئتين ماراً عبر الحنجرة فتهتز الأوتار الصوتية منتجة الصوت البشري
	فائدة	يتم التحكم في تردد الاهتزاز من خلال عضلات الشد الموجودة على الأوتار الصوتية
الآلات الوترية	مصدر الصوت	اهتزاز الأسلاك أو الأوتار عن طريق .. • ضربها. • سحبها. • احتكاكها بقوس.
	فائدة	اهتزاز اللوحة الصوتية المتصلة بالأوتار يُحدث ذبذبات في قيمة ضغط الهواء فينتج الصوت
للاطلاع	قال تعالى: { وَمِنَ النَّاسِ مَن يَشْتَرِي لَهْوَ الْحَدِيثِ لِيُضِلَّ عَن سَبِيلِ اللَّهِ بِغَيْرِ عِلْمٍ وَيَتَّخِذَهَا هُزُوًا أُولَٰئِكَ لَهُمْ عَذَابٌ مُّهِينٌ } (سورة لقمان: ٦) قال ابن عباس رضي الله عنهما: هو الغناء، وقال مجاهد رحمه الله: اللهو الطبل، وقال الحسن البصري رحمه الله: نزلت هذه الآية في الغناء والمزامير. قال ابن القيم رحمه الله: ويكفي تفسير الصحابة والتابعين للهو الحديث بأنه الغناء فقد صح ذلك عن ابن عباس وابن مسعود، قال أبو الصهباء: سألت ابن مسعود عن قوله تعالى: { ومن الناس من يشتري لهو الحديث } ، فقال: والله الذي لا إله غيره هو الغناء ـ يرددها ثلاث مرات ـ، وصح عن ابن عمر رضي الله عنهما أيضًا أنه الغناء.		

(١) املأ الفراغ: من أمثلة السطوح المهتزة التي تصدر الصوت ..... و ..... .

(٢) ضع ✓ أو × : الاهتزازات في الدفوف تؤدي إلى تحريك الجزيئات التي تتسبب في إحداث تذبذب في ضغط الهواء فينتج الصوت.

(٣) ضع ✓ أو × : الأوتار الصوتية عبارة عن زوج من الأهشية في الحنجرة.

(٤) ضع ✓ أو × : اهتزاز الأوتار الصوتية في الحنجرة يؤدي إلى إنتاج الصوت البشري.

(٥) املأ الفراغ: يتم التحكم في تردد اهتزاز الأوتار الصوتية من خلال ..... الموجودة عليها.

(٦) اختر: الأوتار في الآلات الوترية تهتز عند ..

Ⓐ ضربها. Ⓑ سحبها. Ⓒ احتكاكها بقوس. Ⓓ جميع ما سبق.

الأعمدة الهوائية « الأنابيب »

أنواعها	• أعمدة هوائية مفتوحة « طرفاها مفتوحان ». • أعمدة هوائية مغلقة « أحد طرفيها مفتوح والآخر مغلق ».
أهميتها	تعمل في حالة الرنين على .. • تضخيم مجموعة محددة من الترددات لتضخيم نغمة منفردة. • تحويل الأصوات العشوائية إلى أصوات منتظمة.
الرنين	• يزيد سعة الاهتزاز بواسطة تكرار تطبيق قوة خارجية صغيرة بالتردد نفسه. • طول عمود الهواء يحدد ترددات الهواء المهتز التي ستكون في حالة رنين. • تغيير طول عمود الهواء يؤدي إلى تغيير حدة صوت الآلة.
حدوث الرنين في الأعمدة الهوائية	• الشوكة الرنانة فوق أنبوب مجوف تُولِّد موجة صوتية تتكوَّن من ذبذبات مرتفعة الضغط وأخرى منخفضة الضغط. • الموجة الصوتية تتحرك إلى أسفل عمود الهواء وعند وصولها إلى الطرف الآخر تنعكس. • عند التقاء موجة الضغط المرتفع المنعكسة مع موجة ضغط مرتفع مُتولِّدة من الشوكة الرنانة تقوِّي كل منهما الأخرى فتتولَّد موجة مستقرة « موقوفة » ويحدث الرنين.
تنبيهان	• في الأنبوب المغلق موجة الضغط المرتفع تنعكس موجة ضغط مرتفع. • في الأنبوب المفتوح موجة الضغط المرتفع تنعكس موجة ضغط منخفض.

(٧) املأ الفراغ: الأعمدة الهوائية نوعان: ..... و ..... .

(٨) ضـــع ✓ أو × : الأعمدة الهوائية في حالة الرنين تعمل على تضـــخيم مجموعة محددة من الترددات لتضخيم نغمة متفردة.

(٩) ضع ✓ أو × : الأعمدة الهوائية في حالة الرنين تُحوِّل الأصوات المنتظمة إلى عشوائية.

(١٠) اختر: الرنين في الأعمـدة الهوائيـة يزيـد من ..... الاهتزاز من خلال تكرار تطبيق قوة خارجية صغيرة بالتردد نفسه.

Ⓐ سرعة Ⓑ تردد Ⓒ سعة

(١١) اختر: ترددات الهواء المهتز التي ستكون في حالة رنين بحددها ..... عمود الهواء.

Ⓐ طول Ⓑ قُطر Ⓒ نوع مادة

(١٢) اختر: تغيير طول عمود الهواء يؤدي إلى تغيير ..... صوت الآلة.

Ⓐ نوع Ⓑ حدة Ⓒ سرعة

(١٣) اختر: في الأعمدة الهوائية المغلقة موجة الضغط المرتفع تنعكس وترتد ..

Ⓐ موجة ضغط منخفض. Ⓑ موجة ضغط مرتفع. Ⓒ موجة ضغط متوسط.

(١٤) ضـــع ✓ أو × : في الأعمدة الهوائية المفتوحة موجة الضـــغط المرتفع تنعكس وترتد موجة ضغط مرتفع.

الدرس ١٧ : تتمة الرنين في الأعمدة الهوائية

الموجة الموقوفة « المستقرة »

أجزاؤها	عقد ، بطون	
تمثيلها بيانيًا	تُمثَّل بموجة جيب	
موجة الجيب المُمثِّلة لضغط الهواء	• العقد: تُمثِّل مناطق الضغط المتوسط. • البطون: يتذبذب عندها الضغط بين قيمتيه العظمى والصغرى.	
موجة الجيب المُمثلة لإزاحة الهواء	• العقد: تُمثِّل مناطق الإزاحة المنخفضة. • البطون: تُمثِّل مناطق الإزاحة المرتفعة.	
فائدة	المسافة بين بطنين متتاليين أو بين عقدتين متتاليتين تساوي نصف طول موجة	

(١) املأ الفراغ: موجة الصوت الموقوفة تتكوَّن من ..... و ..... .

(٢) اختر: موجة الصوت الموقوفة تُمثَّل بموجة ..

Ⓐ جيب. Ⓑ ظل. Ⓒ ظل تمام.

(٣) اختر: عند تمثيل ضغط موجات الصوت الموقوفة بيانيًا فإن العقد تُمثِّل مناطق الضغط ..

Ⓐ المنخفض. Ⓑ المرتفع. Ⓒ المتوسط.

(٤) اختر: عند تمثيل إزاحة موجات الصوت الموقوفة بيانيًا فإن العقد تُمثِّل مناطق الإزاحة ..

Ⓐ المنخفضة. Ⓑ المرتفعة. Ⓒ المتوسطة.

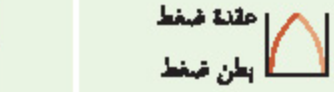
(٥) اختر: عند تمثيل إزاحة موجات الصوت الموقوفة بيانيًا فإن البطون تُمثِّل مناطق الإزاحة ..

Ⓐ المنخفضة. Ⓑ المرتفعة. Ⓒ المتوسطة.

(٦) اختر: المسافة بين بطنين متتاليين أو بين عقدتين متتاليتين تساوي ..

Ⓐ رُبع موجة. Ⓑ نصف موجة. Ⓒ موجة كاملة.

الرنين في الأعمدة الهوائية المغلقة « الأنابيب المغلقة »

الرنين	الأول	الثاني	الثالث
مكوناته	بطن عند الطرف المغلق وعقدة عند الطرف المفتوح	بطنان وعقدتان	3 بطون ، 3 عقد
طوله	رُبع الطول الموجي $L = \frac{\lambda}{4}$	ثلاثة أرباع الطول الموجي $L = \frac{3\lambda}{4}$	خمسة أرباع الطول الموجي $L = \frac{5\lambda}{4}$
شكل توضيحي			
بشكل عام	• أقصر عمود هوائي مغلق يحدث رنينًا مع موجاته الموقوفة يساوي رُبع الطول الموجي. • طول الرنين = عدد فردي × مضاعفات رُبع الطول الموجي. • من الناحية العملية: طول الرنين الأول في الأعمدة الهوائية المغلقة أطول قليلاً من رُبع الطول الموجي حيث أن تغيرات الضغط لا تنخفض إلى الصفر تمامًا عند الطرف المفتوح بل تتكون العقدة بعد الطرف المفتوح بمسافة تساوي 0.4 من قطر الأنبوب. • المسافة بين كل رنين واللي يليه « الفواصل بين أوضاع الرنين » = $\frac{\lambda}{2}$. • يستخدم قياس المسافة بين كل رنين واللي يليه لإيجاد سرعة الصوت في الهواء.		

(٧) ضع ✓ أو × : يحدث الرنين الأول في العمود الهوائي المغلق إذا كان طول العمود يساوي نصف الطول الموجي.

(٨) اختر: طول أقصر عمود هوائي مغلق يحدث رنينًا مع موجاته الموقوفة يساوي ..
Ⓐ رُبع موجة. Ⓑ نصف موجة. Ⓒ موجة كاملة.

(٩) اختر: يتكوّن الرنين الثالث في الأعمدة الهوائية المغلقة من ..
Ⓐ عقدة وبطن. Ⓑ عقدتين وبطنين. Ⓒ ثلاث عقد وثلاثة بطون.

(١٠) ضع ✓ أو × : طول الرنين في الأعمدة الهوائية المغلقة يساوي عدداً فردياً من مضاعفات رُبع الطول الموجي.

(١١) اختر: المسافة بين كل رنين والذي يليه في الأعمدة الهوائية المغلقة تساوي ..

Ⓐ رُبع موجة. Ⓑ نصف موجة. Ⓒ موجة كاملة.

(١٢) ضع ✓ أو × : قياس المسافة بين كل رنين والذي يليه يستخدم لإيجاد سرعة الصوت في الهواء.

أمثلة

15 ص51: إذا وضعت شوكة رنانة تهتز بتردد 440 Hz فوق عمود أنبوب مغلق فأوجد الفواصل بين أوضاع الرنين عندما تكون درجة حرارة الهواء 20 °C علماً أن سرعة الصوت في الهواء 343 m/s .

الحل: لحساب الطول الموجي ثم لحساب الفواصل بين أوضاع الرنين ..

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{343}{440} = 0.78\ m$$

$$\text{الفواصل بين أوضاع الرنين} = \frac{\lambda}{2} = \frac{0.78}{2} = 0.39\ m$$

16 ص51: استخدمت شوكة رنانة تهتز بتردد 440 Hz مع عمود رنين لتحديد سرعة الصوت في غاز الهيليوم؛ فإذا كانت الفواصل بين أوضاع الرنين 110 cm فما سرعة الصوت في غاز الهيليوم؟

الحل: لتحول من cm إلى m ثم لحساب الطول الموجي ..

$$\text{الفواصل بين أوضاع الرنين} = \frac{\lambda}{2} \Rightarrow \lambda = 2 \times \text{الفواصل بين أوضاع الرنين}$$

$$\lambda = 2 \times 110 \times 10^{-2} = 2.2\ m$$

cm $\xrightarrow{\times 10^{-2}}$ m

لحساب ـ الآن ـ سرعة الصوت ..

$$\lambda = \frac{v}{f} \Rightarrow v = \lambda f = 2.2 \times 440 = 968\ m/s$$

2 ص50: عند استخدام شوكة رنانة بتردد 392 Hz مع أنبوب مغلق سُمع أعلى صوت عندما كان طول عمود الهواء 21 cm ، 63.5 cm ؛ ما سرعة الصوت في هذه الحالة؟ وهل درجة الحرارة في الأنبوب أكبر أم أصغر من درجة حرارة الغرفة الطبيعية وهي 20 °C ؟ وضح إجابتك.

الجواب النهائي: 347 m/s .

الدرس ١٨ : ترددات الرنين في الأعمدة المفتوحة

الرنين في الأعمدة الهوائية المفتوحة « الأنابيب المفتوحة »

الرنين	الأول	الثاني	الثالث
مكوناته	بطن واحد، وعقدة عند كل طرف من طرفيه	بطنين وثلاث عقد	3 بطون ، 4 عقد
طوله	نصف الطول الموجي $L = \frac{\lambda}{2}$	طول موجي كامل $L = \lambda$	ثلاثة أضعاف نصف الطول الموجي $L = \frac{3\lambda}{2}$
شكل توضيحي			

بشكل عام

- أقصر عمود هوائي مفتوح يحدث رنينًا مع موجاته الموقوفة يساوي نصف الطول الموجي.
- طول الرنين = عدد صحيح × مضاعفات نصف الطول الموجي
  = عدد زوجي × مضاعفات رُبع الطول الموجي.
- من الناحية العملية: فإن طول الرنين الأول في الأعمدة الهوائية المغلقة أطول قليلاً من رُبع الطول الموجي حيث أن تغيرات الضغط لا تنخفض إلى الصفر تمامًا عند الطرف المفتوح بل تتكون العقدة بعد الطرف المفتوح بمسافة تساوي 0.4 من قطر الأنبوب.
- المسافة بين كل رنين والذي يليه ، الفواصل بين أوضاع الرنين ، $= \frac{\lambda}{2}$.

(١) ضع ✓ أو × : يحدث الرنين الأول في العمود الهوائي المفتوح إذا كان طول العمود مساويًا لرُبع الطول الموجي.

(٢) اختر: طول أقصر عمود هوائي مفتوح يحدث رنينًا مع موجاته الموقوفة يساوي ..

Ⓐ رُبع موجة. Ⓑ نصف موجة. Ⓒ موجة كاملة.

(٣) اختر: الرنين الثاني في الأعمدة الهوائية المفتوحة يتكوَّن من ..
Ⓐ عقدتين وبطنين. Ⓑ عقدتين وثلاثة بطون. Ⓒ ثلاث عقد وبطنين.

(٤) اختر: طول الرنين في الأعمدة الهوائية المفتوحة يساوي عددًا صحيحًا من مضاعفات ..
Ⓐ رُبع الطول الموجي. Ⓑ نصف الطول الموجي. Ⓒ الطول الموجي.

(٥) اختر: طول الرنين في الأعمدة الهوائية المفتوحة يساوي عددًا زوجيًا من مضاعفات ..
Ⓐ رُبع الطول الموجي. Ⓑ نصف الطول الموجي. Ⓒ الطول الموجي.

(٦) اختر: المسافة بين كل رنين والذي يليه في الأعمدة الهوائية المفتوحة تساوي ..
Ⓐ رُبع موجة. Ⓑ نصف موجة. Ⓒ موجة كاملة.

(٧) اختر: الفواصل بين أوضاع الرنين في العمدة الهوائية المفتوحة تساوي ..
Ⓐ رُبع موجة. Ⓑ نصف موجة. Ⓒ موجة كاملة.

تطبيقات على الرنين

أهمية الرنين	يؤدي إلى زيادة علو ترددات صوتية مخصصة
أمثلة على أعمدة في حالة رنين	• القناة السمعية في الأذن: تعمل كأنها عمود هوائي مغلق في حالة رنين مما يساعد على زيادة حساسية الأذن للترددات بين 2000 Hz و 5000 Hz . • الأنفاق: تسمع للصوت دويًا عندما تصرخ داخل نفق طويل ؛ علل ؛ لأن النفق يعمل بوصفه أنبوبًا هوائيًا مفتوحًا في حالة رنين. • الصدفات البحرية: الصدفات البحرية تُضخم ترددات معينة من الأصوات المحيطة ؛ علل ؛ لأنها تعمل عمل أنبوب هوائي مغلق في حالة رنين.

(٨) ضع ✓ أو × : القناة السمعية في الأذن تعمل بمثابة عمود هوائي مفتوح في حالة رنين.

(٩) ضع ✓ أو × : القناة السمعية في الأذن يساعد على زيادة حساسية الأذن للترددات المسموعة.

(١٠) املأ الفراغ: من الأمثلة على الأعمدة الهوائية المفتوحة ..... .

الدرس ١٩ : الرنين في الأوتار

الموجات المتولدة في الأوتار

طرق توليدها	النقر ، الشد ، الضرب
فائدة	أشكال الموجات في الأوتار المهتزة تختلف بحسب طريقة توليدها
تنبيهان	• الوتر في الآلات الوترية يكون مشدودًا من الطرفين. • الرنين في الأوتار المشدودة يتطابق مع الرنين في الأعمدة الهوائية المفتوحة.
الرنين الأول	مكوّناته: بطن واحد وعقدة عند كل طرف من طرفيه طوله: نصف الطول الموجي؛ $L = \frac{\lambda}{2}$ فائدة: أقصر وتر مشدود يحدث رنينًا مع موجاته الموقوفة = $\frac{\lambda}{2}$
الرنين الثاني	مكوّناته: بطنين وثلاث عقد طوله: طول موجي كامل؛ $L = \lambda$
الرنين الثالث	مكوّناته: 3 بطون ، 4 عقد طوله: ثلاثة أضعاف نصف الطول الموجي ، $L = \frac{3\lambda}{2}$
طول الرنين	• طول الرنين = عدد صحيح × مضاعفات نصف الطول الموجي. • طول الرنين = عدد فردي × مضاعفات رُبع الطول الموجي.
فائدة	المسافة بين كل رنين والذي يليه « الفواصل بين أوضاع الرنين » = $\frac{\lambda}{2}$
سرعة الموجة في الوتر المشدود	سرعة الموجة في الوتر المشدود تعتمد على .. • الشد في الوتر. • كتلة وحدة الأطوال.
فائدة	ضبط الآلة الوترية يتم عن طريق تغيير شد أوتارها
تنبيه	كلما كان الوتر مشدودًا أكثر .. • ازدادت سرعة حركة الموجة فيه. • ازدادت قيمة تردد موجاته المستقرة.

(١) املأ الفراغ: من طرق توليد الموجات في الأوتار المشدودة: النقر و ..... و ..... .

(٢) ضع ✓ أو × : أشكال الموجات في الأوتار المهتزة تختلف بحسب طريقة توليدها.

(٣) ضع ✓ أو × : الرنين الأول في الوتر المشدود يحدث إذا كان طول الوتر رُبع الطول الموجي.

(٤) اختر: طول أقصر وتر مشدود يحدث رنينًا مع موجاته الموقوفة ..

Ⓐ رُبع موجة. Ⓑ نصف موجة. Ⓒ موجة كاملة.

(٥) اختر: الرنين الثاني في الأوتار يتكوَّن من ..

Ⓐ عقدتين وبطنين. Ⓑ عقدتين وثلاثة بطون. Ⓒ ثلاث عقد وبطنين.

(٦) ضع ✓ أو × : طول الرنين في الأوتار المشدودة يساوي عددًا صحيحًا من الأطوال الموجية.

(٧) اختر: المسافة بين كل رنين والذي يليه في الأوتار المشدودة تساوي ..

Ⓐ رُبع موجة. Ⓑ نصف موجة. Ⓒ موجة كاملة.

جودة الصوت

الشوكة الرنانة	• تُولِّد صوتًا معتدلاً غير مرغوب فيه. • تهتز أطرافها بحركة توافقية بسيطة وتنتج موجة جيبية بسيطة.
الأصوات البشرية	• موجات معقدة تنتج عن عمود هوائي مغلق. • تُولَّد وفق مبدأ التراكب لجمع موجات ذات ترددات مختلفة. • شكل موجاتها يعتمد على السعات النسبية للترددات المختلفة.
فائدة	الفرق بين الموجات البسيطة والموجات المعقدة يسمى طابع الصوت أو لون النغمة أو جودتها

(٨) ضع ✓ أو × : الشوكة الرنانة تُولِّد صوتًا معتدلاً حيث تهتز أطرافها بحركة توافقية بسيطة وتنتج موجة جيبية بسيطة.

(٩) ضع ✓ أو × : الأصوات البشرية موجات صوتية معقدة تنتج عن عمود هوائي مغلق.

(١٠) املأ الفراغ: شكل الموجات الصوتية المعقدة يعتمد على ..... النسبية للترددات المختلفة.

(١١) ضع ✓ أو × : الفرق بين الموجات البسيطة والموجات المعقدة يسمى طابع الصوت.

الدرس ٢٠ : طيف الصوت

طيف الصوت

تعريفات	طيف الصوت	{ الرسم البياني لسعة الموجة مقابل ترددها }
	التردد الأساسي	{ أقل تردد يُحدث رنينًا في الأعمدة الهوائية }
	الإيقاعات	{ الترددات التي تكون عندها الأعمدة الهوائية في حالة رنين }
فائدتان	• إضافة الإيقاعات معًا يعطي الصوت طابعه المميز. • التركيبات والسعات المختلفة للإيقاعات تعطي كل صوت أو آلة بصرية طابعها المميز.	

	الرنين	الأوتار	الأعمدة الهوائية المفتوحة	الأعمدة الهوائية المغلقة
ترددات الإيقاعات	التردد الأساسي	$f_1 = \frac{v}{2L}$	$f_1 = \frac{v}{2L}$	$f_1 = \frac{v}{4L}$
	الإيقاع الأول	$f_1 = \frac{v}{L}$	$f_1 = \frac{v}{L}$	$f_1 = \frac{3v}{4L}$
	الإيقاع الثاني	$f_1 = \frac{3v}{4L}$	$f_1 = \frac{3v}{4L}$	$f_1 = \frac{5v}{4L}$

مقارنة بين ترددات الرنين	في الأعمدة الهوائية المغلقة	في الأعمدة الهوائية المفتوحة والأوتار
	ترددات الإيقاعات مضاعفات فردية للتردد الأساسي	ترددات الإيقاعات مضاعفات صحيحة للتردد الأساسي
	f_1 ، $3f_1$ ، $5f_1$ ، ...	f_1 ، $2f_1$ ، $3f_1$ ، ...

(١) اكتب المصطلح العلمي: الرسم البياني لسعة الموجة مقابل ترددها.

(٢) اكتب المصطلح العلمي: أقل تردد يُحدث رنينًا في الأعمدة الهوائية.

(٣) اكتب المصطلح العلمي: الترددات التي تكون عندها الأعمدة الهوائية في حالة رنين.

(٤) ضع ✓ أو × : التركيبات والسعات المختلفة للإيقاعات تعطي كل صوت أو آلة وترية طابعها المميز.

(٥) اختر: ترددات الإيقاعات في الأعمدة الهوائية المغلقة مضاعفات ..... للتردد الأساسي.

Ⓐ صحيحة. Ⓑ فردية. Ⓒ زوجية.

(٦) اختر: ترددات الإيقاعات في الأعمدة المفتوحة والأوتار مضاعفات ..... للتردد الأساسي.

Ⓐ صحيحة. Ⓑ فردية. Ⓒ زوجية.

إعادة إنتاج الصوت

الأنظمة الصوتية الإلكترونية	• يتم بوساطتها تسجيل وتشغيل الأصوات. • لإعادة إنتاج الصوت بإتقان يجب أن يلائم « يعدّل » النظام جميع ترددات الصوت بالتساوي. • النظام الصوتي « الستيريو » الجيد يحافظ على السعات لكل الترددات التي تسمعها الأذن بحيث لا تزيد عن 3 dB . • نظام الهاتف يحتاج إلى إرسال المعلومات بلغة منطوقة.
الضجيج	• يتكوّن من ترددات متعددة ويتضمن تغيرات عشوائية في التردد والسعة. • يمكن تخفيض الضجيج عن طريق تخفيض عدد الترددات.

(٧) ضع ✓ أو × : لإعادة إنتاج الصوت بإتقان يجب أن يلائم النظام جميع ترددات الصوت بالتساوي.

(٨) اختر: الضجيج يتضمن تغيرات عشوائية في ..

Ⓐ تردد الموجات. Ⓑ سعة الموجات. Ⓒ تردد الموجات وسعتها.

(٩) املأ الفراغ: يمكن تخفيض الضجيج عن طريق تخفيض عدد ..... .

أمثلة

21 ص53: طول عمود هوائي مغلق 2.4 m ؛ ما تردد النغمة التي يصدرها؟ علماً أن سرعة الصوت 343 m/s .

الحل:

$$f_1 = \frac{v}{4L} = \frac{343}{4\times2.4} = 35.7\ \text{Hz}$$

20 ص53: وتر يصدر نغمة حادة ترددها 370 Hz ؛ ما ترددات الإيقاعات الثلاثة اللاحقة؟

الحل:

$$f_2 = 2f_1 = 2\times370 = 740\ \text{Hz}$$
$$f_3 = 3f_1 = 3\times370 = 1110\ \text{Hz}$$
$$f_4 = 4f_1 = 4\times370 = 1480\ \text{Hz}$$

63 ص61: إذا أنتج أنبوب مغلق نغمة ترددها 370 Hz فما ترددات أقل ثلاثة إيقاعات ينتجها الأنبوب؟

الحل:

$$f_1 = 1f_1 = 1\times370 = 370\ \text{Hz}$$
$$f_2 = 3f_1 = 3\times370 = 1110\ \text{Hz}$$
$$f_3 = 5f_1 = 5\times370 = 1850\ \text{Hz}$$

أجوبة الفصل الثامن

الأجوبة

الدرس ١١	(١) الموجات الصوتية.	(٤) Ⓑ		(٧) السرعة ، التردد	(١٠) التردد.				
	(٢) ✓	(٥) Ⓓ		(٨) Ⓐ	(١١) الطول الموجي.				
	(٣) ✓	(٦) الصيد ، التزاوج	(٩) ✓						
الدرس ١٢	(١) Ⓐ	(٤) Ⓐ		(٧) بعض الكاميرات ، الخفافيش					
	(٢) Ⓒ	(٥) الصدى.		(٨) ✓					
	(٣) ×	(٦) ✓		(٩) ×					
الدرس ١٣	(١) Ⓑ	(٤) السندان ، الركاب		(٧) Ⓒ	(١٠) Ⓑ				
	(٢) ✓	(٥) حدة ، علو		(٨) Ⓐ	(١١) Ⓐ				
	(٣) الصوتية ، كهربائية	(٦) حدة الصوت.		(٩) ديسبل	(١٢) Ⓐ				
الدرس ١٤	(١) تأثير دوبلر.	(٤) Ⓐ		(٧) Ⓒ	(١٠) ✓				
	(٢) Ⓒ	(٥) Ⓑ		(٨) Ⓐ	(١١) Ⓑ				
	(٣) Ⓑ	(٦) Ⓐ		(٩) ✓					
الدرس ١٦	(١) الذهاب ، الطبول	(٤) ✓		(٧) مفتوحة ، مغلقة	(١٠) Ⓑ	(١٣) Ⓐ			
	(٢) ✓	(٥) عضلات الشد	(٨) ✓		(١١) Ⓐ	(١٤) ×			
	(٣) ✓	(٦) Ⓓ		(٩) ×	(١٢) Ⓑ				
الدرس ١٧	(١) عقد ، بطون	(٣) Ⓒ	(٥) Ⓑ	(٧) ×	(٩) Ⓒ	(١١) Ⓑ			
	(٢) Ⓐ	(٤) Ⓐ	(٦) Ⓑ	(٨) Ⓐ	(١٠) ✓	(١٢) ✓			
الدرس ١٨	(١) ×	(٣) Ⓒ	(٥) Ⓐ	(٧) Ⓑ	(٩) ✓				
	(٢) Ⓑ	(٤) Ⓑ	(٦) Ⓑ	(٨) ×	(١٠) الأنفاق ، الصدفات البحرية				
الدرس ١٩	(١) الشد ، الضرب	(٣) ×	(٥) Ⓒ	(٧) Ⓑ	(٩) ✓	(١١) ✓			
	(٢) ✓	(٤) Ⓑ	(٦) ×	(٨) ✓	(١٠) السعات				
الدرس ٢٠	(١) خفيف الصوت.		(٤) ✓		(٧) ✓				
	(٢) التردد الأساسي.		(٥) Ⓑ		(٨) Ⓒ				
	(٣) الإيقاعات.		(٦) Ⓐ		(٩) الترددات				

الفصل التاسع

أساسيات الضوء

الدرس ٢١ : الاستضاءة ٥٤

الدرس ٢٢ : المصادر المضيئة والمصادر المستضيئة ٥٦

الدرس ٢٣ : علاقة التربيع العكسي ٥٨

الدرس ٢٤ : أمثلة إضافية على الاستضاءة ٦٠

الدرس ٢٥ : سرعة الضوء ٦١

الدرس ٢٦ : الألوان ٦٤

الدرس ٢٧ : تتمة الألوان ٦٦

الدرس ٢٨ : استقطاب الضوء ٦٩

الدرس ٢٩ : سرعة الموجات الضوئية ٧١

الدرس ٣٠ : انزياح دوبلر ٧٣

أجوبة الفصل التاسع ٧٦

الدرس ٢١ : الاستعادة

الضوء

أهميته	• يساعد العين البشرية على تحسس التغيرات البسيطة في حجم الجسم وموقعه. • يساعد على التمييز بين الظلال والأجسام الصلبة. • يساعد على التمييز بين الأجسام وانعكاساتها.
مسار الضوء	• الضوء يسير في خطوط مستقيمة. • دقائق الغبار المنتشرة في الهواء تجعل مسار الضوء مرئيًا. • عندما يعترض جسمك ضوء الشمس ترى هيئة جسمك على صورة ظل.

(١) ضع ✓ أو × : الضوء يساعد العين البشرية على تحسس التغيرات البسيطة في حجم الجسم وموقعه.

(٢) ضع ✓ أو × : الضوء يساعد على التمييز بين الظلال والأجسام الصلبة.

(٣) ضع ✓ أو × : الضوء لا يسير في خطوط مستقيمة.

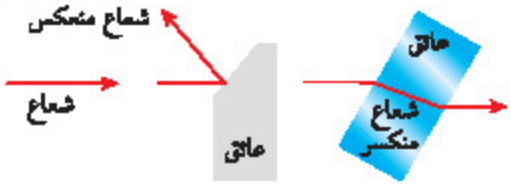
(٤) اختر: مسار الضوء يكون مرئيًا بسبب انتشار ..... في الهواء.

Ⓐ دقائق الغبار Ⓑ بخار الماء Ⓒ جزيئات النيتروجين

(٥) ضع ✓ أو × : عندما يعترض جسمك ضوء الشمس ترى هيئة جسمك على صورة ظل.

نموذج الشعاع الضوئي

اعتقاد نيوتن	• الضوء سيل من الجسيمات متناهية الصغر تتحرك بسرعة كبيرة جدًا. • أطلق نيوتن على هذه الجسيمات اسم كريات ضوئية أو جسيمات ضوئية.
عيوبه	لم يُفسر خصائص الضوء جميعها؛ حيث بينت التجارب أن الضوء يسلك أيضًا سلوك الموجات
تمثيل الضوء	• الضوء يُمثل بشعاع يتنقل في خط مستقيم. • اتجاه الشعاع يتغير إذا اعترض مساره حاجز.
فائدتان	• نموذج الشعاع الضوئي طريقة لدراسة تفاعل الضوء مع المادة. • طريقة دراسة تفاعل الضوء مع المادة تسمى البصريات أو البصريات الهندسية.



(٦) اختر: اعتقد نيوتن أن الضوء سيل من ..... متناهية الصغر تتحرك بسرعة كبيرة جداً.

Ⓐ الموجات Ⓑ الجسيمات Ⓒ النيوترونات

(٧) ضع ✓ أو × : استطاع نموذج الشعاع الضوئي تفسير خصائص الضوء جميعها.

(٨) ضع ✓ أو × : الضوء يُمثل بشعاع يتنقل في خط مستقيم.

(٩) ضع ✓ أو × : نموذج الشعاع الضوئي طريقة لدراسة كيفية تفاعل الضوء مع المادة.

(١٠) اختر: طريقة دراسة تفاعل الضوء مع المادة تسمى ..

Ⓐ الضوئيات. Ⓑ البصريات. Ⓒ المرئيات.

مصادر الضوء

مصادر طبيعية	• الشمس • اللهب والشرر. • بعض أنواع الحشرات مثل اليراع.
مصادر صناعية	• المصابيح المتوهجة. • شاشات التلفاز. • الصمامات الثنائية الباعثة للضوء. • مصابيح الفلورسنت. • أشعة الليزر.
فوائد	• المصدر الرئيس للضوء هو الشمس. • مصادر الضوء الصناعية ناتجة من استخدام الإنسان للكهرباء لإنتاج الضوء. • ضوء الشمس أكثر سطوعًا من ضوء القمر.

(١١) اختر: أي التالية من مصادر الضوء الطبيعية؟

Ⓐ الشرر واللهب. Ⓑ أشعة الليزر. Ⓒ شاشات التلفاز.

(١٢) اختر: من مصادر الضوء الصناعية ..

Ⓐ الشرر واللهب. Ⓑ اليراع. Ⓒ مصابيح الفلورسنت.

(١٣) ضع ✓ أو × : الشمس هي المصدر الرئيس للضوء.

(١٤) ضع ✓ أو × : المصادر الصناعية للضوء ناتجة من استخدام الإنسان للكهرباء.

(١٥) ضع ✓ أو × : ضوء الشمس أقل سطوعًا من ضوء القمر.

الدرس ٢٢ : المصادر المضيئة والمصادر المستضيئة

المصادر المضيئة والمصادر المستضيئة

المصدر المضيء	تعريفه	{ جسم يبعث ضوءاً من ذاته }
	أمثلته	الشمس ، المصابيح المتوهجة
المصدر المستضيء	تعريفه	{ جسم يصبح مرئيًا نتيجة انعكاس الضوء عنه }
	مثاله	القمر
تعليلات	• المصابيح المتوهجة تُعد مصادرًا مضيئة « علل » لأنها تبعث الضوء من ذاتها. • المصابيح المتوهجة تبعث الضوء « علل » بسبب درجة حرارتها العالية. • المصادر المستضيئة والأجسام العادية مرئية بالنسبة لك رغم أنها لا تبعث الضوء « علل » لأنها تعكس الضوء أو تنفذه ليصل إلى عينيك.	

(١) اكتب للمصطلح العلمي: جسم يبعث ضوءاً من ذاته.

(٢) اختر: الشمس من مصادر الضوء ..

Ⓐ المضيئة. Ⓑ المستضيئة. Ⓒ الصناعية.

(٣) اكتب للمصطلح العلمي: جسم يصبح مرئيًا نتيجة انعكاس الضوء عنه.

(٤) اختر: من مصادر الضوء المستضيئة ..

Ⓐ الشمس. Ⓑ القمر. Ⓒ المصابيح المتوهجة.

الأوساط المادية

	الوسط	التعريف	مثال
أنواعها	غير شفاف « معتم »	{ وسط لا يمر الضوء من خلاله ويعكس بعض الضوء }	القماش البلاستيكي
	شفاف	{ وسط يمر الضوء من خلاله }	الهواء
	شبه شفاف	{ وسط يمر الضوء من خلاله ولا يسمح للأجسام أن تُرى بوضوح }	مظلة المصباح

فائدة	تستطيع رؤية صورة جسمك على نافذة الزجاج رغم أنه شفاف ، علل ، لأن الأوساط الشفافة وشبه الشفافة تمرر الضوء وتعكس جزءاً منه

(٥) اختر: وسط لا يمر الضوء من خلاله ويعكس بعض الضوء ..

Ⓐ الشفاف. Ⓑ غير الشفاف. Ⓒ شبه الشفاف.

(٦) اختر: القماش البلاستيكي من الأوساط ..

Ⓐ الشفافة. Ⓑ غير الشفافة. Ⓒ شبه الشفافة.

(٧) اختر: من الأوساط الشفافة ..

Ⓐ القماش البلاستيكي. Ⓑ الهواء. Ⓒ مظلة المصباح.

(٨) اختر: وسط يمر الضوء من خلاله ولا يسمح للأجسام أن تُرى بوضوح ..

Ⓐ الشفاف. Ⓑ غير الشفاف. Ⓒ شبه الشفاف.

(٩) اختر: مظلة المصباح من الأوساط ..

Ⓐ الشفافة. Ⓑ غير الشفافة. Ⓒ شبه الشفافة.

(١٠) ضع ✓ أو × : الأوساط الشفافة وشبه الشفافة تمرر الضوء وتعكس جزءاً منه.

التدفق الضوئي

تعريفه	{ معدل انبعاث طاقة الضوء من المصدر الضوئي }
وحدة قياسه	لومن « lm »
تعليل	التدفق الضوئي لمصدر يظل ثابتاً مهما اختلف بُعد السطح عنه ، علل ، لأن العدد الكلي للأشعة الضوئية لا يزداد

(١١) اكتب المصطلح العلمي: معدل انبعاث طاقة الضوء من المصدر الضوئي.

(١٢) اختر: يقاس التدفق الضوئي بوحدة ..

Ⓐ لومن. Ⓑ لوكس. Ⓒ شمعة.

الدرس ٢٣ : علاقة التربيع العكسي

الاستضاءة

تعريفها	{ معدل اصطدام الضوء بالسطح }
وحدة قياسها	اللوكس ؛ حيث $lm/m^2 = lx$
فائدة	الاستضاءة مقياس لعدد الأشعة الضوئية التي تصطدم بسطح ما
علاقة التربيع العكسي	الاستضاءة الناتجة بفعل مصدر ضوئي نقطي تتناسب طرديًا مع $\frac{1}{r^2}$
معناها	عند أشعة الضوء المتاحة لإضاءة وحدة المساحة تنقص بزيادة مربع البعد عن مصدر الضوء النقطي
مثالان توضيحيان	• الاستضاءة على السطح الداخلي لكرة نصف قطرها 2 m تساوي $\frac{1}{4} = \frac{1}{2^2}$ من الاستضاءة على السطح الداخلي لكرة نصف قطرها 1 m . • الاستضاءة على السطح الداخلي لكرة نصف قطرها 3 m تساوي $\frac{1}{9} = \frac{1}{3^2}$ من الاستضاءة على السطح الداخلي لكرة نصف قطرها 1 m .

(١) اكتب المصطلح العلمي: معدل اصطدام الضوء بالسطح.

(٢) اختر: تقاس الاستضاءة بوحدة ..

Ⓐ lx . Ⓑ lm . Ⓒ cd .

(٣) ضع ✓ أو × : الاستضاءة مقياس لعدد الأشعة الضوئية التي تصطدم بسطح ما.

(٤) اختر: الاستضاءة بفعل مصدر ضوئي نقطي تتناسب طرديًا مع ..

Ⓐ r^2 . Ⓑ $\frac{1}{r^2}$. Ⓒ $\frac{1}{r}$.

(٥) ضع ✓ أو × : عدد أشعة الضوء المتاحة لإضاءة وحدة المساحة تنقص بزيادة مربع البُعد عن مصدر الضوء النقطي.

شدة الإضاءة

تعريفها	{ التدفق الضوئي الذي يسقط على مساحة مقدارها $1\ m^2$ من مساحة السطح الداخلي لكرة نصف قطرها 1 m }
وحدة قياسها	الشمعة ؛ cd ؛

العوامل المؤثرة في الاستضاءة	• التدفق الضوئي: الاستضاءة تزداد بزيادة التدفق الضوئي لمصدر الضوء. • مربع المسافة بين المصدر الضوئي والسطح: تقل الاستضاءة بزيادة المسافة بين المصدر الضوئي والسطح.	
قانونان	• استضاءة سطح بمصدر ضوئي تتناسب طرديًا مع التدفق الضوئي للمصدر. • استضاءة سطح بمصدر ضوئي تتناسب عكسيًا مع مربع المسافة بين المصدر والسطح.	
الاستضاءة بفعل مصدر نقطي	$E = \frac{P}{4\pi r^2}$	E الاستضاءة [lx] P التدفق الضوئي للمصدر النقطي [lm] r بُعد الجسم عن المصدر النقطي [m]
فائدة	استخدام معادلة الاستضاءة يكون صحيحًا إذا كان .. • الضوء المنبعث من المصدر الضوئي يسقط عموديًا على السطح الذي يضيئه. • المصدر الضوئي صغيرًا أو بعيدًا بصورة كافية بحيث يمكن اعتباره مصدرًا نقطيًا.	
تنبيه	معادلة الاستضاءة لا تعطي قيمًا صحيحة للاستضاءة الناتجة بفعل المصابيح الفلورسنتية الطويلة أو المصابيح المتوهجة القريبة من السطح الذي تضيئه	

(٦) اكتب للمصطلح العلمي: التدفق الضوئي الذي يسقط على مساحة مقدارها $1\ m^2$ من مساحة السطح الداخلي لكرة نصف قطرها 1 m .

(٧) اختر: شدة الإضاءة تقاس بوحدة ..

Ⓐ lx . Ⓑ lm . Ⓒ cd .

(٨) ضع ✓ أو × : الاستضاءة تزداد بزيادة التدفق الضوئي لمصدر الضوء.

(٩) ضع ✓ أو × : الاستضاءة تزداد بزيادة المسافة بين المصدر الضوئي والسطح.

(١٠) اختر: استضاءة سطح بمصدر ضوئي تتناسب طرديًا مع ..

Ⓐ التدفق الضوئي. Ⓑ مربع التدفق الضوئي. Ⓒ مربع المسافة بين المصدر والسطح.

(١١) ضع ✓ أو × : استضاءة سطح بمصدر ضوئي تتناسب طرديًا مع مربع المسافة بين المصدر الضوئي والسطح.

الدرس ٢٤ : أمثلة إضافية على الاستضاءة

الاستضاءة بفعل مصدر نقطي

الاستضاءة بفعل مصدر نقطي	$E=\frac{P}{4\pi r^2}$	E الاستضاءة [lx] P التدفق الضوئي للمصدر النقطي [lm] r بُعد الجسم عن المصدر النقطي [m]

أمثلة

مسائل تدريبية 1 ص70: تحرك مصباح فوق صفحات كتاب بدءاً من 30 cm إلى 90 cm ؛ قارن بين استضاءة الكتاب قبل الحركة وبعدها.

الحل: لحسب نسبة شدة الاستضاءة على الكتاب قبل الحركة وبعدها ..

$\text{cm} \xrightarrow{\times 10^{-2}} \text{m}$

$$E_1=\frac{P}{4\pi r_1^2}=\frac{P}{4\pi(30\times10^{-2})^2} \quad ، \quad E_2=\frac{P}{4\pi r_2^2}=\frac{P}{4\pi(90\times10^{-2})^2}$$

« قسمنا $\frac{E_1}{E_2}$ »

$$\frac{E_1}{E_2}=\frac{P}{4\pi(30\times10^{-2})^2}\div\frac{P}{4\pi(90\times10^{-2})^2}$$

« حولنا القسمة ضربًا »

$$\frac{E_1}{E_2}=\frac{\cancel{P}}{\cancel{4\pi}(30\times10^{-2})^2}\times\frac{\cancel{4\pi}(90\times10^{-2})^2}{\cancel{P}}$$

« فككنا التربيع »

$$\frac{E_1}{E_2}=\frac{(90\times10^{-2})^2}{(30\times10^{-2})^2}=\frac{81}{9}=\frac{9}{1}$$

نستنتج أن شدة الاستضاءة نقصت إلى $\frac{1}{9}$ ما كانت عليه قبل الحركة.

4 ص70: يتطلب قانون المدارس الحكومية أن تكون الحد الأدنى للاستضاءة 160 lx على سطح كل مقعد؛ وتقتضي المواصفات التي يوصي بها المهندسون المعماريون أن تكون المصابيح الكهربائية على بُعد 2 m فوق المقاعد؛ ما مقدار أقل تدفق ضوئي تولده المصابيح الكهربائية؟

الحل:

$$E=\frac{P}{4\pi r^2} \Rightarrow P=4\pi E r^2=4\pi\times160\times2^2=8042.47\ \text{lm}$$

1 ص70: ما الاستضاءة الواقعة على سطح مكتب إذا أضيء بمصباح كهربائي تدفقه الضوئي 1750 lm علمًا أنه موضوع على بُعد 2.5 m فوق سطح المكتب؟

الجواب النهائي: 22.3 lx .

الدرس ٢٥ : سرعة الضوء

سرعة الضوء تاريخيًا

فائدة	الناس قبل القرن 17 اعتقدوا أن الضوء ينتقل لحظيًا ؛ أي لا يحتاج إلى زمن للانتقال ؛
جاليليو	• أول من افترض أن للضوء سرعة محددة. • اقترح طريقة لقياس سرعة الضوء مستخدمًا مفهومي المسافة والزمن. • استنتج أن سرعة الضوء كبيرة جدًا مما يحول دون قياسها عبر مسافة عدة كيلومترات.
الفلكي الدنماركي أولي رومر	• أول من أكد أن الضوء ينتقل بسرعة يمكن قياسها. • رصد الأزمنة عندما كان يخرج القمر Io من منطقة ظل المشتري. • استطاع توقع وقت حدوث كسوف القمر Io وقارن توقعاته بالأزمنة المقيسة فعليًا. • أثبت أن الضوء ينتقل بسرعة محددة.
زمن دوران القمر حول المشتري	توصل أولي رومر إلى أن زمن دوران القمر Io حول المشتري .. • يزداد بمعدل 13 s لكل دورة تقريبًا عندما تبتعد الأرض عن المشتري. • يتقص بمعدل 13 s لكل دورة تقريبًا عندما تقترب الأرض من المشتري.

(١) ضع ✓ أو × : قبل القرن السابع عشر اعتقد الناس أن الضوء ينتقل لحظيًا.

(٢) اختر: أول من افترض أن للضوء سرعة محددة ..

Ⓐ نيوتن. Ⓑ جاليليو. Ⓒ أولي رومر.

(٣) ضع ✓ أو × : اقترح جاليليو طريقة لقياس سرعة الضوء مستخدمًا المسافة والزمن.

(٤) اختر: أول من أكد أن الضوء ينتقل بسرعة يمكن قياسها ..

Ⓐ نيوتن. Ⓑ جاليليو. Ⓒ أولي رومر.

(٥) ضع ✓ أو × : استطاع أولي رومر توقع وقت حدوث كسوف القمر Io .

(٦) اختر: أول من أثبت أن الضوء ينتقل بسرعة محددة ..

Ⓐ نيوتن. Ⓑ جاليليو. Ⓒ أولي رومر.

(٧) ضع ✓ أو × : زمن دوران القمر Io حول المشتري يتقص عند اقتراب الأرض من المشتري.

(٨) اختر: زمن دوران القمر Io حول المشتري ..... عندما تبتعد الأرض عن المشتري.

Ⓐ يتقص Ⓑ يزداد Ⓒ لا يتغير

قياسات سرعة الضوء

رومر	استنتج أن الضوء عندما يقطع مسافة تعادل قطر الأرض يحتاج إلى 22 min	
ألبرت ميكلسون	• طوّر تقنيات حديثة لقياس سرعة الضوء. • قاس الزمن الذي يحتاج إليه الضوء ذهابًا وإيابًا بين جبلين في كاليفورنيا.	
فائدتان	• سرعة الضوء في الفراغ التي تستخدم في الحسابات $c = 3\times10^8$ m/s . • يحتاج الضوء إلى 16.5 min ليقطع مسافة تعادل قطر مدار الأرض.	
العلاقة الرياضية	$c = \frac{d}{t}$	c سرعة الضوء [m/s] d المسافة [m] t الزمن [s]
السنة الضوئية	{ المسافة التي يقطعها الضوء في سنة }	

(٩) اختر: طوّر تقنيات حديثة لقياس سرعة الضوء ..

Ⓐ أولي رومر. Ⓑ جاليليو. Ⓒ ميكلسون.

(١٠) اكتب المصطلح العلمي: المسافة التي يقطعها الضوء في سنة.

الطبيعة الموجية للضوء

تذكير	الضوء مُكوَّن من موجات
تعليل	عندما تسير في اتجاه غرفة الصف والباب مفتوح تسمع صوت المعلم أو الطلاب قبل أن تراهم « علل » لأن الصوت يصل إليك بالحراله حول حافة الباب أما الضوء فيسير في خطوط مستقيمة
فائدة	الضوء يسلك سلوك الصوت كموجة إلا أن انحراف الضوء أقل وضوحًا من انحراف الصوت

(١١) ضع ✓ أو × : الضوء مُكوَّن من موجات.

(١٢) ضع ✓ أو × : انحراف الضوء أكثر وضوحًا من انحراف الصوت.

الظل والنموذج الموجي للضوء

فرانسيسكو ماريا جريمالدي	• لاحظ أن حواف الظلال ليست حادة تمامًا. • أدخل حزمة ضيقة من الضوء إلى داخل غرفة مظلمة. • أمسك بقضيب أمام الضوء وأسقط الظل على سطح أبيض. • الظل المُتكوّن أعرض منه عند انتقال الضوء في خط مستقيم مروراً بحواف القضيب. • لاحظ أن الظل مُحاط بحزم ملونة.

الحيود	{ انحناء الضوء حول الحواجز }
كريستيان هويجنز	• حاول برهنة النموذج الموجي لتفسير ظاهرة الحيود. • اعتبر أن النقاط على مقدمة الموجة الضوئية مصادر جديدة لموجات صغيرة تنتشر في جميع الاتجاهات.
حيود الموجة	• مقدمة الموجة المستوية تحوي عدداً غير محدود من المصادر النقطية في خط واحد. • عندما تعبر مقدمة الموجة حافة ما فإن الحافة تقطع جبهة الموجة وتنتشر كل موجة دائرية تولدت بوساطة أي نقطة من نقاط هويجنز على شكل موجة دائرية في الحيز الذي انحنت عنده مقدمة الموجة الأصلية.

(١٣) ضع ✓ أو × : لاحظ فرانسيسكو ماري جريمالدي أن حواف الظلال ليست حادة تماماً.

(١٤) اختر: لاحظ أن الظل مُحاط بحزم ملونة ..

Ⓐ فرانسيسكو ماري جريمالدي. Ⓑ كريستيان هويجنز. Ⓒ ميكلسون.

(١٥) اكتب المصطلح العلمي: انحناء الضوء حول الحواجز.

(١٦) اختر: اعتبر أن النقاط على مقدمة الموجة الضوئية مصادر جديدة لموجات صغيرة ..

Ⓐ كريستيان هويجنز Ⓑ فرانسيسكو ماري جريمالدي Ⓒ ميكلسون

(١٧) ضع ✓ أو × : مقدمة الموجة المستوية تحوي عدداً محدوداً من المصادر النقطية في خط واحد.

الأمثلة

50 ص90: يحتاج الضوء إلى زمن مقداره 1.28 s ليتنقل من القمر إلى الأرض؛ ما المسافة بينهما؟

الحل:

$$c = \frac{d}{t} \Rightarrow d = ct = 3\times10^{8} \times 1.28 = 384\times10^{6}\ \text{m}$$

الدرس ٣٦ : الألوان

تجارب على الألوان

تجربة نيوتن	• مرّر حزمة ضيقة من ضوء الشمس خلال منشور زجاجي. • لاحظ تكون ترتيب منظم للألوان أطلق عليه اسم الطيف. • سمح للطيف النافذ من المنشور الأول بالسقوط على منشور آخر معكوس. • المنشور الثاني عكس انتشار الألوان وأعاد تراكبها فتكوّن اللون الأبيض.
استنتاجات نيوتن	• اللون الأبيض مركب من ألوان عدة. • للزجاج خاصية أخرى غير عدم انتظامه تؤدي إلى تحلل الضوء إلى مجموعة من الألوان.
فائدة	اعتمادًا على تجارب جريمالدي وهويجنز وغيرها فإن .. • للضوء خصائص موجية. • كل لون من ألوان الضوء له طول موجي محدد.

(١) ضع ✓ أو × : جاليليو لاحظ تكوّن ترتيب منظم للألوان أطلق عليه اسم الطيف.

(٢) اختر: استنتج أن اللون الأبيض مركب من ألوان عدة ..

Ⓐ نيوتن. Ⓑ كريستيان هويجنز. Ⓒ ميكلسون.

(٣) ضع ✓ أو × : كل لون من ألوان الضوء له طول موجي محدد.

الضوء المرئي

طوله الموجي	للضوء المرئي نطاق من الأطوال الموجية يتراوح بين 400 nm و 700 nm تقريبًا
تدرج الأطوال الموجية للضوء المرئي	• طول موجة الضوء الأحمر أكبر الأطوال الموجية المرئية، وأقصرها البنفسجي. • الطول الموجي يتناقص ليتحول اللون الأحمر إلى البرتقالي فالأصفر فالأخضر فالأزرق ثم الأزرق النيلي وأخيرًا البنفسجي. البنفسجي 4×10^{-7} الأحمر 7×10^{-7}

(٤) ضع ✓ أو × : الضوء المرئي له نطاق محدد من الأطوال الموجية.

(٥) اختر: أكبر الأطوال الموجية للضوء المرئية هو طول موجة الضوء ..

Ⓐ الأزرق. Ⓑ الأخضر. Ⓒ الأحمر. Ⓓ البنفسجي.

(٦) ضع ✓ أو × : اللون البنفسجي أكبر الأطوال الموجية للضوء المرئي.

مزج أشعة الضوء

عملية جمع الألوان	• تراكب الأحمر والأخضر والأزرق يشكل الضوء الأبيض. • استخدام عملية جمع الألوان: تستخدم في أنابيب الألوان في التلفاز، حيث تحوي أنابيب الألوان مصادر متناهية الصغر للضوء الأحمر والأخضر والأزرق.	
الألوان الأساسية	تعريفها: { الألوان التي تكوّن اللون الأبيض عندما تتحد كما تُنتج الألوان الثانوية عن مزجها في أزواج } ألوانها: الأحمر ، الأزرق ، الأخضر	
الألوان الثانوية	تعريفها: { لون ينتج عن اتحاد لونين أساسيّن } ألوانها: الأصفر ، الأزرق الفاتح ، الأرجواني	
الألوان المتتامة	تعريفها: { لون الضوء الذي يعطي ضوءاً أبيضاً عند تراكبه مع ضوء آخر } ألوانها: الأصفر والأزرق ، الأرجواني والأخضر ، الأزرق الفاتح والأحمر تعليل: يضاف عامل أزرق اللون للملابس المصفرة لتبييضها ؛ علل ؛ لأن اللون الأصفر والأزرق متتامان فيتراكبان لإنتاج اللون الأبيض	

(٧) اكتب المصطلح العلمي: الألوان التي تكوّن اللون الأبيض عندما تتحد كما تُنتج الألوان الثانوية عن مزجها في أزواج.

(٨) اختر: الأحمر والأزرق والأخضر ألوان ..

Ⓐ أساسية. Ⓑ ثانوية. Ⓒ متتامة.

(٩) اكتب للمصطلح العلمي: لون ينتج عن اتحاد لونين أساسيّن.

(١٠) اكتب للمصطلح العلمي: لون الضوء الذي يعطي ضوءاً أبيضاً عند تراكبه مع ضوء آخر.

(١١) اختر: اللون الأزرق متمم للون ..

Ⓐ الأخضر. Ⓑ الأحمر. Ⓒ الأصفر.

الدرس ٢٧ : تتمة الألوان

اختزال أشعة الضوء

تذكير	الأجسام تعكس الضوء وتمرره ويمكنها أن تمتصه
فائدة	لون الجسم يعتمد على الأطوال الموجية .. • للضوء الذي يضيء الجسم. • للضوء الذي يمتصه الجسم. • للضوء الذي يعكسه الجسم.
تلوين الجسم	الجسم يزوَّد باللون عن طريق .. • وجود المواد الملوِّنة طبيعيًا أو إضافتها صناعيًا. • إضافة أصباغ على سطح الجسم.
المواد الملوِّنة	{ جزيئات لها القدرة على امتصاص أطوال موجية معينة للضوء وتسمح لأطوال موجية أخرى بالنفاذ من خلالها أو تعكسها }
فوائد	• عندما يُمتص الضوء تنتقل طاقته إلى الجسم الذي اصطدم به وتتحول إلى أشكال أخرى من الطاقة. • عندما يسقط الضوء الأبيض على جسم لونه أحمر فإن جزيئات المواد الملوِّنة في الجسم تمتص الضوء الأخضر والأزرق وتعكس الضوء الأحمر. • عندما يسقط الضوء الأزرق فقط على جسم لونه أحمر فإن مقداراً يسيراً من الضوء ينعكس ويظهر الجسم ـ غالبًا ـ باللون الأسود.

(١) ضع ✓ أو × : الأجسام تعكس الضوء وتمرره ويمكنها أن تمتصه.

(٢) اختر: لون الجسم يعتمد على الأطوال الموجية للضوء الذي ..

Ⓐ يضيء الجسم. Ⓑ يمتصه الجسم. Ⓒ يعكسه الجسم. Ⓓ جميع ما سبق.

(٣) ضع ✓ أو × : الجسم يزود باللون عن طريق وجود المواد الملوِّنة طبيعيًا.

(٤) اكتب المصطلح العلمي: جزيئات لها القدرة على امتصاص أطوال موجية معينة للضوء وتسمح لأطوال موجية أخرى بالنفاذ من خلالها أو تعكسها.

(٥) ضع ✓ أو × : عندما يُمتص الضوء تنتقل طاقته إلى الجسم الذي اصطدم به.

(٦) اختر: إذا سقط ضوء أبيض على جسم لونه أحمر فإنه يعكس الضوء ..

Ⓐ الأزرق. Ⓑ الأخضر. Ⓒ الأحمر. Ⓓ البنفسجي.

(٧) ضع ✓ أو × : إذا سقط الضوء الأزرق على الجسم الأحمر فإنه يظهر باللون الأبيض.

الصبغة

<table>
<tr><td>وصفها</td><td colspan="2">الصبغة مصنوعة من المعادن المسحوقة وليست مستخلصة من النباتات أو الحشرات</td></tr>
<tr><td>الصبغة الأساسية</td><td colspan="2">{ الصبغة التي لها القدرة على امتصاص لون أساسي واحد على أن تعكس اللونين الآخرين من الضوء الأبيض }</td></tr>
<tr><td>ألوان الصبغة الأساسية</td><td colspan="2"><table><tr><th>لون الصبغة الأساسية</th><th>اللون الذي يمتصه</th><th>اللون الذي يعكسه</th></tr><tr><td>أصفر</td><td>أزرق</td><td>أحمر وأخضر</td></tr><tr><td>أزرق فاتح</td><td>أحمر</td><td>أزرق وأخضر</td></tr><tr><td>أرجواني</td><td>أخضر</td><td>أزرق وأحمر</td></tr></table></td></tr>
<tr><td>الصبغة الثانوية</td><td colspan="2">{ الصبغة التي تمتص لونين أساسيّين وتعكس لونًا واحدًا }</td></tr>
<tr><td>ألوان الصبغة الثانوية</td><td colspan="2"><table><tr><th>لون الصبغة الثانوية</th><th>اللون الذي يمتصه</th><th>اللون الذي يعكسه</th></tr><tr><td>أحمر</td><td>أخضر وأزرق</td><td>أحمر</td></tr><tr><td>أزرق</td><td>أحمر وأخضر</td><td>أزرق</td></tr><tr><td>أخضر</td><td>أزرق وأحمر</td><td>أخضر</td></tr></table></td></tr>
<tr><td>فائدتان</td><td colspan="2">• ألوان الصبغة الأساسية هي الألوان الثانوية.
• ألوان الصبغة الثانوية هي الألوان الأساسية.</td></tr>
<tr><td>الصبغات المتتامة</td><td colspan="2">مزج صبغتين متتامتين ينتج عنه اللون الأسود؛ مثل مزج ..
• الصبغة الصفراء والصبغة الزرقاء.
• صبغة الأزرق الفاتح والصبغة الحمراء.
• صبغة الأحمر المزرقّ والصبغة الخضراء.</td></tr>
<tr><td>الطابعة الملونة</td><td colspan="2">• تستخدم تفاعلًا من صبغة الأصفر والأرجواني والأزرق الفاتح لعمل صورة ملونة.
• تُمزج الأصباغ بالطابعة لتكوّن محاليل معلقة بدلاً من المحاليل الحقيقية.
• أصباغ الطابعة الملونة مركبات مطحونة بصورة دقيقة؛ ومن أمثلتها ..
أكسيد التيتانيوم « أبيض » ، أكسيد الكروم « أخضر » ، كبريتيد الكادميوم « أصفر »</td></tr>
<tr><td>تعليل</td><td colspan="2">أصباغ الطابعة الملونة تستمر في امتصاص وعكس الأطوال الموجية نفسها « علل » لأنها تحافظ على تركيبها الكيميائي في المزيج دون تغيير</td></tr>
</table>

(٨) ضع ✓ أو × : الصبغة تُصنع من معادن مسحوقة وليست مستخلصة من النباتات.

(٩) اكتب المصطلح العلمي: الصبغة التي لها القدرة على امتصاص لون أساسي واحد على أن تعكس اللونين الآخرين من الضوء الأبيض.

(١٠) اختر: من ألوان الصبغة الأساسية ..

Ⓐ الأزرق الفاتح. Ⓑ الأرجواني. Ⓒ الأصفر. Ⓓ جميع ما سبق.

(١١) ضع ✓ أو × : صبغة اللون الأصفر تمتص اللون الأحمر وتعكس اللون الأزرق والأخضر.

(١٢) اكتب المصطلح العلمي: الصبغة التي تمتص لونين أساسيّين وتعكس لونًا واحدًا.

(١٣) املأ الفراغ: الأحمر والأزرق والأخضر هي ألوان الصبغة ..... .

(١٤) ضع ✓ أو × : صبغة اللون الأزرق تمتص الأحمر والأخضر وتعكس اللون الأزرق.

(١٥) ضع ✓ أو × : ألوان الصبغة الأساسية تُعد ألوانًا أساسية.

(١٦) اختر: صبغة الأزرق الفاتح والصبغة الحمراء صبغتان ..

Ⓐ أساسيتان. Ⓑ ثانويتان. Ⓒ متتامتان.

(١٧) ضع ✓ أو × : مزج صبغتين متتامتين ينتج عنه اللون الأبيض.

(١٨) اختر: في الطابعة الملونة تُمزج الأصباغ لتكوّن ..

Ⓐ محاليل حقيقية. Ⓑ محاليل معلقة. Ⓒ مركبات.

(١٩) ضع ✓ أو × : أكسيد التيتانيوم من أصباغ الطابعة الملونة.

استخلاص النتائج من اللون

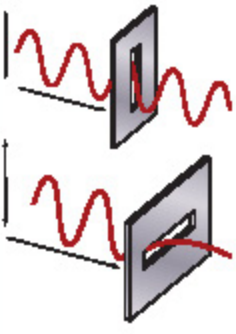
تعليل	تبدو النباتات خضراء ؛ علل ؛ بسبب صبغة الكلوروفيل التي تمتص أحد أنواعها الضوء الأحمر والنوع الآخر يمتص اللون الأزرق ويعكس كلاهما الضوء الأخضر
فائدة	طاقة الضوءين الأحمر والأزرق الممتصين تستخدمها النباتات في عملية البناء الضوئي
تعليل	تبدو السماء مزرقّة ؛ علل ؛ لأن جزيئات الهواء تشتت موجات الضوء البنفسجي والأزرق بمقدار أكبر من الأطوال الموجية الأخرى للضوء في الاتجاهات جميعها ويضيئان السماء بالأزرق

(٢٠) ضع ✓ أو × : طاقة الضوءين الأحمر والأزرق الممتصين تستخدمها النباتات في عملية البناء الضوئي.

الدرس ٢٨ : استقطاب الضوء

الاستقطاب

تعريفه	{ إنتاج ضوء يتذبذب في مستوى واحد }
فائدتان	• ضوء المصباح العادي غير مستقطَب. • الضوء المنعكس من الطريق مستقطَب.
محور الاستقطاب	{ اتجاه وسط الاستقطاب المتعامد مع الجزيئات الطويلة }
الاستقطاب بالترشيح	• موجات الضوء العادي تتذبذب عمودياً على اتجاه انتقالها. • تنفذ من وسط الاستقطاب فقط مركّبات الضوء التي في اتجاه محور الاستقطاب. • شدة الضوء تنخفض بعد الاستقطاب إلى النصف ؛ علل ؛ لأن الضوء ينفذ بنصف اتساعه الكلي من خلال وسط الاستقطاب. • وسط الاستقطاب يسمى مرشّح الاستقطاب.



(١) اكتب المصطلح العلمي: إنتاج ضوء يتذبذب في مستوى واحد.

(٢) ضع ✓ أو × : ضوء المصباح العادي غير مستقطَب.

(٣) اكتب المصطلح العلمي: اتجاه وسط الاستقطاب المتعامد مع الجزيئات الطويلة.

(٤) ضع ✓ أو × : مركّبات الضوء التي في اتجاه محور الاستقطاب تنفذ من وسط الاستقطاب.

(٥) اختر: وسط الاستقطاب يسمى ..... الاستقطاب.

Ⓐ محور Ⓑ عاكس Ⓒ مرشّح

الاستقطاب بالانعكاس

فائدة	الضوء المنعكس مستقطَب جزئياً
تعليلان	• توهج الضوء يقل عند استخدام النظارات المستقطبة ؛ علل ؛ بسبب استقطاب الضوء المنعكس عن الطرق. • مصورو الفوتوجراف يثبتون مرشحات الاستقطاب على عدسات الكاميرا ؛ علل ؛ لحجب الضوء المنعكس.

(٦) ضع ✓ أو × : الضوء المتعكس مستقطَب جزئيًا.

تحليل الاستقطاب

استقطاب الضوء المستقطَب	عند وضع مرشّح استقطاب في مسار الضوء المستقطَب فإن .. • الضوء ينفذ إذا كان محورا مرشّحي الاستقطاب متوازيين. • الضوء لا ينفذ إذا كان محورا مرشّحي الاستقطاب متعامدين.	
فائدة	قانون مالوس يوضح مدى انخفاض شدة الضوء عند عبوره خلال مرشّح استقطاب ثانٍ	
قانون مالوس	$I_2 = I_1 \cos^2 \theta$	I_1 شدة الضوء بعد مروره بمرشح الاستقطاب الأول I_2 شدة الضوء بعد مروره بمرشح الاستقطاب الثاني θ الزاوية المحصورة بين محوري استقطاب المرشّحين
استخدام قانون مالوس	• المقارنة بين شدتي الضوء الخارج من مرشّحي الاستقطاب. • تحديد الزاوية المحصورة بين محوري استقطاب المرشّحين.	
المحلِّل	• وصفه: مرشّح استقطاب. • استخدامه: تحديد استقطاب الضوء المنبعث من أي مصدر ضوئي.	

(٧) اختر: إذا كان محورا مرشّحي الاستقطاب متوازيين فإن الضوء ..

Ⓐ ينفذ. Ⓑ لا ينفذ. Ⓒ ينفذ جزئيًا.

(٨) اختر: إذا كان محورا مرشّحي الاستقطاب متعامدين فإن الضوء ..

Ⓐ ينفذ. Ⓑ لا ينفذ. Ⓒ ينفذ جزئيًا.

(٩) ضع ✓ أو × : قانون مالوس يوضح مدى ارتفاع شدة الضوء عند عبوره خلال مرشّح استقطاب ثانٍ.

(١٠) ضع ✓ أو × : قانون مالوس يستخدم للمقارنة بين شدتي الضوء الخارج من مرشّحي الاستقطاب.

(١١) اختر: قانون ..... يستخدم في تحديد الزاوية المحصورة بين محوري استقطاب المرشّحين.

Ⓐ نيوتن Ⓑ مالوس Ⓒ ميكلسون

(١٢) ضع ✓ أو × : المحلِّل مرشح استقطاب يُستخدم في تحديد استقطاب الضوء المنبعث من أي مصدر ضوئي.

الدرس ٢٩ : سرعة الموجات الضوئية

الطول الموجي

للتذكير	الطول الموجي لموجة λ هو دالة رياضية لسرعة الموجة بالنسبة لترددها الثابت في الوسط الذي تنتقل فيه	
تعليل	يوصف الضوء بوساطة النماذج الرياضية المستخدمة في وصف الموجات ؛ علل ؛ لأن الضوء له خصائص موجية	
قانون الطول الموجي	$\lambda_0 = \frac{c}{f}$	λ_0 طول موجة الضوء [m] c سرعة الضوء [m/s] f تردد موجة الضوء [Hz]
فائدة	تردد الضوء يقاس بدقة متناهية باستخدام أجهزة الليزر والزمن المعياري	
تعليل	يمكن حساب الطول الموجي لموجة معلومة التردد في الفراغ ؛ علل ؛ لأن جميع الأطوال الموجية للضوء تنتقل في الفراغ بنفس السرعة	

(١) ضع ✓ أو × : الطول الموجي لموجة λ هو دالة رياضية بين سرعة الموجة وترددها الثابت.

(٢) ضع ✓ أو × : تردد الضوء يقاس بدقة متناهية باستخدام أجهزة الليزر والزمن المعياري.

الحركة النسبية والضوء

تأثير دوبلر في الضوء	• يحدث تأثير دوبلر في الضوء عندما يتحرك مصدر الضوء أو يتحرك مراقب الضوء ؛ المشاهد ؛ أحدهما بالنسبة للآخر فيرى المراقب ضوءاً طوله الموجي مختلف عما كان يراه عندما كانا ساكنين بالنسبة لبعضهما. • تأثير دوبلر في الضوء يتضمن السرعة المتجهة لكلٍّ من المصدر والمراقب أحدهما بالنسبة إلى الآخر فقط.
فوائد	• السرعة النسبية: تقدر بالفرق بين السرعتين المتجهتين لكلٍّ من المصدر والمراقب. • تأثير دوبلر يعتمد فقط على مركّبتي السرعتين المتجهتين على امتداد المحور بين المصدر والمراقب. • لدراسة تأثير دوبلر في الضوء تعتبر أن السرعة النسبية أقل كثيراً من سرعة الضوء؛ أي $v \ll c$.

تردد الضوء المُراقَب	$f_{\text{المُراقَب}} = f\left(1 \pm \frac{v}{c}\right)$	$f_{\text{المُراقَب}}$ تردد الضوء المُراقَب [Hz] f التردد الحقيقي لضوء المصدر [Hz] v السرعة النسبية بين المصدر والمراقِب [m/s] c سرعة الضوء [m/s]
تنبيهان	• نستخدم الجمع إذا تحرّك مصدر الضوء والمراقِب كل منهما في اتجاه الآخر ؛ مقتربين . • نستخدم الطرح إذا تحرّك مصدر الضوء والمراقِب مبتعدين عن بعضهما.	

(٣) اختر: السرعة ..... تُقدَّر بالفرق بين السرعتين المتجهتين لكلٍّ من المصدر والمراقِب.

Ⓐ النسبية Ⓑ المتوسطة Ⓒ اللحظية

(٤) ضع ✓ أو ✗ : تأثير دوبلر يعتمد فقط على مركّبتي السرعتين المتجهتين للمصدر والمراقِب.

(٥) ضع ✓ أو ✗ : لدراسة تأثير دوبلر نعتبر أن السرعة النسبية أقل كثيراً من سرعة الضوء.

أمثلة

11 ص84: ما تردد خط طيف الأكسجين إذا كان طوله الموجي 513 nm ؟ علمًا أن سرعة الضوء في الفراغ 3×10^8 m/s .

الحل: نُحوّل وحدة الطول الموجي من nm إلى m ثم نحسب التردد ..

nm $\xrightarrow{\times10^{-9}}$ m

$$\lambda = \frac{c}{f} \Rightarrow f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3\times10^8}{513\times10^{-9}} = 5.84\times10^{14}\ \text{Hz}$$

12 ص84: تتحرك ذرة هيدروجين في مجرة بسرعة 6.55×10^6 m/s مبتعدة عن الأرض ، وتبعث ضوءاً بتردد 6.16×10^{14} Hz ؛ ما التردد الذي سيلاحظه فلكي على الأرض للضوء المنبعث من ذرة الهيدروجين؟ علمًا أن سرعة الضوء في الفراغ 3×10^8 m/s .

الحل:

$$f_{\text{المُراقَب}} = f\left(1 \pm \frac{v}{c}\right) = 6.16\times10^{14}\left(1 - \frac{6.55\times10^6}{3\times10^8}\right)$$

؛ طرحنا لأن المجرة تبتعد عن الأرض ؛

$$f_{\text{المُراقَب}} = 6.02\times10^{14}\ \text{Hz}$$

الدرس ٣٠ : انزياح دوبلر

حساب انزياح دوبلر

تعليل	معادلة تأثير دوبلر للضوء صيغت بدلالة الطول الموجي بدلاً من التردد ؛ علل ؛ لأن معظم المشاهدات حول تأثير دوبلر تمت في سياق علم الفلك
انزياح دوبلر	$\Delta\lambda = \lambda_{\text{مُراقَب}} - \lambda = \pm\frac{v}{c}\lambda$ $\lambda_{\text{مُراقَب}}$ الطول الموجي للضوء المُراقَب [m] — $\Delta\lambda$ الفرق في الطول الموجي [m] λ الطول الموجي الحقيقي لضوء المصدر [m] — c سرعة الضوء [m/s] v السرعة النسبية بين المصدر والمراقب [m/s]

إشارة $\Delta\lambda$ « التغير في الطول الموجي »	+	−
	إذا تحرك المصدر والمراقِب مبتعدين عن بعضهما	إذا تحرك المصدر والمراقِب مقتربين من بعضهما
	السرعة المتجهة النسبية للمصدر في اتجاه يبتعد عن المراقب	السرعة المتجهة النسبية للمصدر في اتجاه يقترب من المراقب
	الضوء مزاح نحو الأحمر	الضوء مزاح نحو الأزرق
	يزداد الطول الموجي وينقص التردد	ينقص الطول الموجي ويزداد التردد

تطبيق	يحدد الباحثون كيفية تحرك المجرات بالنسبة للأرض بمراقبة انزياح دوبلر لطيف الضوء المنبعث من تلك المجرات
استخدام المطياف	• مراقبة طيف الضوء المنبعث من النجوم. • قياس انزياح دوبلر للأطوال الموجية المنبعثة من النجوم.
إدوين هابل	• حلّل الطيف المنبعث من عدة مجرات وتوصل إلى أن الكون يتمدد. • لاحظ أن خطوط الطيف للعناصر المألوفة كانت ذات أطوال موجية أطول من المتوقع. • استنتج هابل أن المجرات تتحرك مبتعدة عن الأرض ؛ علل ؛ لأن المجرات كانت ترسل إلى الأرض ضوءاً مزاحاً نحو الأحمر.

(١) اختر: إذا تحرك مصدر الضوء والمراقب مبتعدين فإن إشارة فرق ..... تكون موجبة.

Ⓐ السرعة Ⓑ الطول الموجي Ⓒ التردد

(٢) اختر: إذا تحرك مصدر الضوء والمراقب أحدهما باتجاه الآخر فإن الضوء يزاح نحو ..

Ⓐ الأخضر. Ⓑ الأحمر. Ⓒ الأزرق.

(٣) ضع ✓ أو × : تردد الضوء يزداد بزيادة طوله الموجي.

(٤) ضع ✓ أو × : يحدد الباحثون كيفية تحرك المجرات بالنسبة للأرض بمراقبة انزياح دوبلر للصوت المنبعث من تلك المجرات.

(٥) اختر: يستخدم في قياس انزياح دوبلر للأطوال الموجية المنبعثة من النجوم ..

Ⓐ المطياف. Ⓑ التلسكوب. Ⓒ الميكروسكوب.

(٦) ضع ✓ أو × : نيوتن أول من توصل من خلال تحليل طيف المجرات إلى أن الكون يتمدد.

(٧) ضع ✓ أو × : حلل هابل الطيف المنبعث من عدة مجرات ووجد أن خطوط الطيف للعناصر المألوفة كانت ذات أطوال موجية أطول من المتوقع.

أمثلة

13 ص84: ينظر فلكي إلى طيف مجرة فيجد أن هناك خطًا لطَيْف الأكسجين بالطول الموجي 525 nm في حين أن القيمة المقيسة في المختبر تساوي 513 nm ؛ احسب سرعة تحرك المجرة بالنسبة للأرض ووضح ما إذا كانت المجرة مقتربة أو مبتعدة عن الأرض، وكيف تعرف ذلك؟ علمًا أن سرعة الضوء في الفراغ 3×10^8 m/s .

الحل: نحول الطول الموجي من nm إلى m ثم نحسب سرعة المجرة ..

$$\lambda_{\text{المراقب}} - \lambda = \pm\frac{v}{c}\lambda$$

nm $\xrightarrow{\times10^{-9}}$ m

$$525\times10^{-9} - 513\times10^{-9} = \pm\frac{v}{3\times10^8}(513\times10^{-9})$$

$$12\times10^{-9} = 1.71\times10^{-15}v$$ « بسطنا »

$$v = 7017543.86 \text{ m/s}$$ « قسمنا الطرفين على 1.71×10^{-15} »

إشارة $\Delta\lambda$ موجبة مما يعني أن المجرة تتحرك مبتعدة عن الأرض.

57 ص93: إذا كان خط طيف عنصر الهيدروجين المعروف بطول موجي 434 nm مزاحًا نحو الأحمر بنسبة 6.5% في الضوء القادم من مجرة بعيدة فما سرعة إبتعاد المجرة عن الأرض؟ علمًا أن سرعة الضوء في الفراغ 3×10^8 m/s .

الحل: نحول الطول الموجي من nm إلى m ثم نحسب الزيادة في الطول الموجي ..

nm $\xrightarrow{\times 10^{-9}}$ m

$$\Delta\lambda = 6.5\%\lambda = \frac{6.5}{100}(434\times10^{-9}) = 2.82\times10^{-8}\ m$$

نحسب ـ الآن ـ سرعة ابتعاد المجرة عن الأرض ..

$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{v}{c}$$

$$2.82\times10^{-8} = \frac{v}{3\times10^{8}}(434\times10^{-9}) \quad \text{« عوضنا »}$$

$$2.82\times10^{-8} = 1.44\times10^{-15}v \quad \text{« بسطنا »}$$

$$v = 1.95\times10^{7}\ m/s \quad \text{« قسمنا الطرفين على } 1.44\times10^{-15} \text{ »}$$

---

56 ص90: ما السرعة التي تتحرك بها مجرة بالنسبة للأرض إذا كان خط طيف الهيدروجين 486 nm قد أزيح نحو الأحمر 491 nm ؟ علمًا أن سرعة الضوء في الفراغ 3×10^{8} m/s .

الحل: نحول وحدة الطول الموجي من nm إلى m ثم نحسب السرعة ..

$$\lambda_{\text{المرقب}} - \lambda = \frac{v}{c}\lambda$$

nm $\xrightarrow{\times 10^{-9}}$ m

$$(491\times10^{-9} - 48610^{-9}) = \frac{v}{3\times10^{8}}(486\times10^{-9})$$

$$5\times10^{-9} = 1.62\times10^{-15}v \quad \text{« بسطنا »}$$

$$v = 3086419.75\ m/s \quad \text{« قسمنا الطرفين على } 1.62\times10^{-15} \text{ »}$$

أجوبة الفصل التاسع

الأجوبة

الدرس ٢١	(١) ✓	(٤) Ⓐ	(٧) ×	(١٠) Ⓑ	(١٣) ✓
	(٢) ✓	(٥) ✓	(٨) ✓	(١١) Ⓐ	(١٤) ✓
	(٣) ×	(٦) Ⓑ	(٩) ✓	(١٢) Ⓒ	(١٥) ×
الدرس ٢٢	(١) المصدر المضيء.	(٤) Ⓑ	(٧) Ⓑ	(١٠) ✓
	(٢) Ⓐ	(٥) Ⓑ	(٨) Ⓒ	(١١) التدفق الضوئي.
	(٣) المصدر المستضيء.	(٦) Ⓑ	(٩) Ⓒ	(١٢) Ⓐ
الدرس ٢٣	(١) الاستضاءة.	(٣) ✓	(٥) ✓	(٧) Ⓒ	(٩) ×	(١١) ×
	(٢) Ⓐ	(٤) Ⓑ	(٦) شدة الإضاءة.	(٨) ✓	(١٠) Ⓐ
الدرس ٢٥	(١) ✓	(٤) Ⓒ	(٧) ✓	(١٠) السنة الضوئية.	(١٣) ✓	(١٦) Ⓐ
	(٢) Ⓑ	(٥) ✓	(٨) Ⓑ	(١١) ✓	(١٤) Ⓐ	(١٧) ×
	(٣) ✓	(٦) Ⓒ	(٩) Ⓒ	(١٢) ×	(١٥) حيود الضوء.
الدرس ٢٦	(١) ×	(٤) ✓	(٧) الألوان الأساسية.	(١٠) اللون المتمم.
	(٢) Ⓐ	(٥) Ⓒ	(٨) Ⓐ	(١١) Ⓒ
	(٣) ✓	(٦) ×	(٩) اللون الثانوي.
الدرس ٢٧	(١) ✓	(٥) ✓	(٩) الصبغة الأساسية.	(١٣) الثانوية	(١٧) ×
	(٢) Ⓓ	(٦) Ⓒ	(١٠) Ⓓ	(١٤) ✓	(١٨) Ⓑ
	(٣) ✓	(٧) ×	(١١) ×	(١٥) ×	(١٩) ✓
	(٤) المواد الملوّنة.	(٨) ✓	(١٢) الصبغة الثانوية.	(١٦) Ⓒ	(٢٠) ✓
الدرس ٢٨	(١) استطاب الضوء.	(٣) محور الاستطاب.	(٥) Ⓒ	(٧) Ⓐ	(٩) ×	(١١) Ⓑ
	(٢) ✓	(٤) ✓	(٦) ✓	(٨) Ⓑ	(١٠) ✓	(١٢) ✓
الدرس ٢٩	(١) ✓	(٢) ✓	(٣) Ⓐ	(٤) ✓	(٥) ✓
الدرس ٣٠	(١) Ⓑ	(٢) Ⓒ	(٣) ×	(٤) ×	(٥) Ⓐ	(٦) ×	(٧) ✓

الفصل العاشر

الانعكاس والمرايا

الدرس ٣١ : الانعكاس عن المرايا المستوية ٧٨

الدرس ٣٢ : الأجسام والصور في المرايا المستوية ٨١

الدرس ٣٣ : المرايا الكروية ٨٣

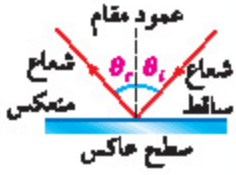
الدرس ٣٤ : الطريقة الرياضية لتحديد موقع الصورة ٨٦

الدرس ٣٥ : المرايا المحدبة ٨٨

أجوبة الفصل العاشر ٩١

الدرس ٣١ : الانعكاس عن المرايا المستوية

قانون الانعكاس

نصه	{ زاوية انعكاس الشعاع المحصورة بين العمود المقام والشعاع المنعكس تساوي زاوية السقوط المحصورة بين العمود المقام والشعاع الساقط }	
فالتان	• الشعاع الساقط والشعاع المنعكس والعمود المقام تقع جميعًا في مستوى واحد. • سلوك الضوء المنعكس يعتمد على طبيعة السطح العاكس وزاوية السقوط.	
العمود المقام	{ خط وهمي عمودي على السطح العاكس عند نقطة سقوط الضوء عليه }	
العلاقة الرياضية	$\theta_r = \theta_i$ θ_i زاوية السقوط θ_r زاوية الانعكاس	
فوائد	• حسب النموذج الموجي للضوء فإن مقدمة الموجة تنعكس بزاوية تساوي زاوية سقوطها. • الطول الموجي للضوء لا يؤثر في الانعكاس. • ألوان الضوء الأحمر والأخضر والأزرق جميعها تتبع قانون الانعكاس.	

(١) اكتب المصطلح العلمي: زاوية انعكاس الشعاع المحصورة بين العمود المقام والشعاع المنعكس تساوي زاوية السقوط المحصورة بين العمود المقام والشعاع الساقط.

(٢) اختر: الشعاع الساقط والشعاع المنعكس والعمود المقام تقع جميعًا في ..

Ⓐ مستوى واحد. Ⓑ مستويين. Ⓒ ثلاث مستويات.

(٣) ضع ✓ أو × : سلوك الضوء المنعكس يعتمد على طبيعة السطح العاكس وزاوية السقوط.

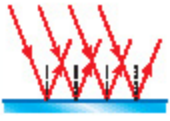
(٤) اكتب المصطلح العلمي: خط وهمي عمودي على السطح العاكس عند نقطة سقوط الضوء عليه.

(٥) املأ الفراغ: في انعكاس الأشعة الضوئية: زاوية السقوط تساوي زاوية ..... .

(٦) ضع ✓ أو × : حسب النموذج الموجي تنعكس مقدمة الموجة بزاوية أكبر من زاوية سقوطها.

(٧) ضع ✓ أو × : الطول الموجي للضوء لا يؤثر في الانعكاس.

السطوح الملساء والسطوح الخشنة

الانعكاس المنتظم	المقصود به	{ انعكاس الأشعة متوازية عندما تسقط متوازية على سطح أملس }	
	السطح الأملس	السطح الأملس أو المصقول مثل المرآة يسبب انعكاسًا منتظمًا	
الانعكاس غير المنتظم	المقصود به	{ انعكاس مضطرب مشتّت ناتج عن سطح خشن }	
	السطح الخشن	• صفحة الكتاب أو الجدار الأبيض سطوح خشنة بالنسبة للطول الموجي للضوء. • السطوح الخشنة تسبب انعكاسًا غير منتظم للضوء.	
تنبيهان	• قانون الانعكاس ينطبق على السطحين الأملس والخشن. • الأشعة الساقطة متوازية على سطح خشن لا يمكن أن تنعكس متوازية.		
تعليلان	• لا يمكن رؤية حزمة الضوء المنعكسة عن السطوح الخشنة ؛ علل ؛ لأن أشعة الضوء المنعكسة تفرّقت وتشتّت في اتجاهات مختلفة. • لا يمكن اتخاذ الجدار أو الورقة مرآة ؛ علل ؛ لأنهما يشتّتان الأشعة المنعكسة.		

(٨) اكتب للمصطلح العلمي: انعكاس الأشعة متوازية عندما تسقط متوازية على سطح أملس.

(٩) اكتب للمصطلح العلمي: انعكاس مضطرب مشتّت ناتج عن سطح خشن.

(١٠) ضع ✓ أو × : السطح الأملس أو المصقول مثل المرآة يسبب انعكاسًا منتظمًا.

(١١) ضع ✓ أو × : السطح الخشن مثل الجدار يسبب انعكاسًا منتظمًا.

(١٢) اختر: قانون الانعكاس ينطبق على السطح ..

Ⓐ الأملس فقط. Ⓑ الخشن فقط. Ⓒ الأملس والخشن.

(١٣) ضع ✓ أو × : الأشعة الساقطة متوازية على سطح خشن تنعكس متوازية.

أمثلة

2 ص100: إذا كانت زاوية سقوط شعاع ضوئي 42° فما مقدار كل من ..

(a) زاوية الانعكاس.

(b) الزاوية المحصورة بين الشعاع الساقط والمرآة.

(c) الزاوية المحصورة بين الشعاع الساقط والشعاع المنعكس.

الحل:

(a) زاوية الانعكاس ..

$$\theta_r = \theta_i \Rightarrow \theta_r = 42°$$

(b) الزاوية المحصورة بين الشعاع الساقط والمرآة ..

$$\theta = 90 - 42° = 48°$$

« طرحنا زاوية السقوط من 90° »

(c) لحسب الزاوية المحصورة بين الشعاعين الساقط والمنعكس ..

$$\theta = \theta_r + \theta_i = 42° + 42° = 84°$$

« جمعنا زاويتي السقوط والانعكاس »

3 ص100: سقطت حزمة ضوء ليزر على سطح مرآة مستوية بزاوية 38° بالنسبة للعمود المقام؛ فإذا حُرِّك الليزر بحيث زادت زاوية السقوط بمقدار 13° فما زاوية الانعكاس الجديدة؟

الحل: لحسب زاوية السقوط ثم لحسب زاوية الانعكاس ..

$$\theta_{i2} = \theta_{i1} + 13° = 38° + 13° = 51°$$

« جمعنا زاوية السقوط ومقدار الزيادة »

$$\theta_r = \theta_{i2} \Rightarrow \theta_r = 51°$$

4 ص100: وضعت مرآتان مستويتان إحداهما عمودية على الأخرى؛ فإذا أُسقط شعاع ضوئي على إحداهما بزاوية 30° بالنسبة للعمود المقام وانعكس في اتجاه المرآة الثانية فما زاوية انعكاس الشعاع الضوئي عن المرآة الثانية؟

الحل: لحسب زاوية الانعكاس الأولى ..

$$\theta_{r1} = \theta_{i1} \Rightarrow \theta_{r1} = 30°$$

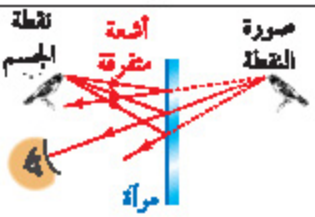
وبما أن العمود المقام على المرآة الأولى عمودي على العمود المقام على المرآة الثانية فإن زاوية سقوط الشعاع الثاني على المرآة الثانية متممة لزاوية الانعكاس الأولى ..

$$\theta_{i2} = 90 - 30° = 60°$$

$$\theta_{r2} = \theta_{i2} \Rightarrow \theta_{r2} = 60°$$

الدرس ٣٢ : الأجسام والصور في المرايا المستوية

المرآة المستوية

تعريفها	{ سطح مستوٍ أملس ينعكس عنه الضوء انعكاسًا منتظمًا }
فائدتان	• الجسم هو مصدر الأشعة الضوئية التي ستُعكس عن سطح المرآة، وقد يكون مصدرًا مضيئًا أو مستضيئًا. • في المرآة المستوية الصورة تتكوَّن من اتحاد صورة النقاط الناتجة بفعل الأشعة الضوئية المنعكسة. 
تعليل	صور الأجسام المُتكوِّنة في المرايا المستوية صور خيالية دائمًا ؛ علل ؛ لأنها تكوَّنت من تشتت الأشعة الضوئية عن المرآة

(١) اكتب المصطلح العلمي: سطح مستوٍ أملس ينعكس عنه الضوء انعكاسًا منتظمًا.

(٢) اختر: مصدر الأشعة الضوئية التي ستُعكس عن سطح المرآة ..

Ⓐ الجسم. Ⓑ الصورة. Ⓒ الشعاع الساقط.

(٣) ضع ✓ أو × : تتكون الصورة في المرآة المستوية من اتحاد صورة النقاط الناتجة بفعل الأشعة الضوئية المنعكسة.

(٤) اختر: صور الأجسام المتكونة في المرايا المستوية دائمًا صور ..

Ⓐ خيالية. Ⓑ حقيقية. Ⓒ مقلوبة.

الصور في المرايا المستوية

صفاتها	• الصورة تظهر خلف المرآة. • يُعد الصورة يساوي بُعد الجسم. • الصورة معكوسة جانبيًا.	• الصورة معتدلة ؛ في نفس اتجاه الجسم ؛. • حجم الصورة يساوي حجم الجسم.
موقعها	$d_i = -d_o$ فائدة: الإشارة السالبة تعني أن الصورة خيالية.	d_i يُعد الصورة عن المرآة المستوية d_o يُعد الجسم عن المرآة
طولها	$h_i = h_o$	h_i طول الصورة h_o طول الجسم

(٥) ضع ✓ أو × : الصورة المُتكوِّنة في المرآة المستوية تظهر خلف المرآة.

(٦) اختر: الصورة المُتكوِّنة في المرآة المستوية تظهر ..

Ⓐ مقلوبة. Ⓑ معتدلة. Ⓒ أمام المرآة.

(٧) اختر: الصورة المُتكوِّنة في المرآة المستوية تظهر ..

Ⓐ معكوسة جانبيًا. Ⓑ معكوسة رأسيًا. Ⓒ أمام المرآة.

(٨) اختر: المرآة المستوية تكوِّن صورًا حجمها ..... حجم الجسم.

Ⓐ أكبر من Ⓑ يساوي Ⓒ أصغر من

(٩) اختر: في المرآة المستوية بُعد الصورة ..... بُعد الجسم.

Ⓐ أكبر من Ⓑ يساوي Ⓒ أصغر من

(١٠) ضع ✓ أو × : في المرآة المستوية؛ طول الصورة يساوي طول الجسم.

أمثلة

8 ص103: يقف طفل طوله 50 cm على بُعد 3 m من مرآة مستوية وينظر إلى صورته؛ ما بُعد الصورة وطولها؟ وما نوع الصورة المتكونة؟

الحل:

- بُعد الصورة ..

$$d_i = -d_o \Rightarrow d_i = -3\ \text{cm}$$

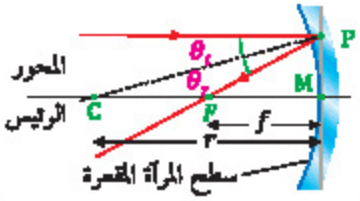
- طول الصورة ..

$$h_i = h_o \Rightarrow h_i = 50\ \text{cm}$$

الصورة المتكونة خيالية لأن بُعدها سالب.

الدرس ٣٣ : المرايا الكروية

المرايا الكروية

نوعاها	مقعرة ، محدبة	
توضيح	المرايا الكروية جزء مأخوذ من كرة جوفاء أحد سطحيها عاكس للضوء	
المرآة المقعرة	{ مرآة تعكس الضوء عن سطحها المقوس إلى الداخل }	
تنبيه	المرآة المقعرة لها المركز الهندسي C ونصف قطر التكور r الخاصين بالكرة المأخوذة منها	
فائدة	النقطة M تسمى قطب المرآة والقطعة المستقيمة CM المحور الرئيس	
المحور الرئيس	{ خط مستقيم متعامد مع سطح المرآة حيث يقسمها « في الرسم » إلى قسمين }	
قطب المرآة	{ نقطة تقاطع المحور الرئيس مع سطح المرآة }	
البؤرة الأصلية	{ نقطة تجمع انعكاسات الأشعة المتوازية الساقطة والموازية للمحور الرئيس }	
موقع البؤرة	تقع البؤرة F في منتصف المسافة بين مركز التكور C والقطب M	
البعد البؤري	$f = \frac{r}{2}$	f البعد البؤري r نصف قطر التكور
تعليل	الشمس مصدر للأشعة المتوازية « علل » لأنها بعيدة جداً	
تنبيه	الشعاع الساقط على مرآة مقعرة موازيًا للمحور الرئيس ينعكس ماراً بالبؤرة F	

(١) املأ الفراغ: المرايا الكروية نوعان: ..... ، ..... .

(٢) ضع ✓ أو × : المرايا الكروية جزء مأخوذ من كرة جوفاء أحد سطحيها عاكس للضوء.

(٣) اكتب المصطلح العلمي: مرآة تعكس الضوء عن سطحها المقوس إلى الداخل.

(٤) اكتب المصطلح العلمي: خط مستقيم متعامد مع سطح المرآة حيث يقسمها « في الرسم » إلى قسمين.

(٥) اختر: نقطة تجمع انعكاسات الأشعة الساقطة متوازية وموازية للمحور الرئيس ..

Ⓐ قطب المرآة. Ⓑ البؤرة الأصلية للمرآة. Ⓒ مركز تكور المرآة.

(٦) املأ الفراغ: الشعاع الساقط على مرآة مقعرة موازيًا للمحور الرئيس ينعكس ماراً بـ ..... .

الطريقة الهندسية لتحديد موقع الصورة

الصورة الحقيقية	{ صورة تتكوَّن من التقاء الأشعة المنعكسة ويمكن جمعها على حاجز }
فائدة	الصورة الحقيقية مقلوبة دائمًا
تعليل	الصورة الخيالية لا يمكن جمعها على حاجز ؛ علل ؛ لأنها ناتجة من التقاء امتدادات الأشعة المنعكسة
الحالة (1)	• موقع الجسم: يقع على مسافة أكبر من ضعفي البعد البؤري. • موقع الصورة: تقع على مسافة أكبر من البعد البؤري وأقل من ضعفه. • صفات الصورة: حقيقية مقلوبة مصغرة بالنسبة للجسم.
الحالة (2)	• موقع الجسم: يقع على مسافة أكبر من البعد البؤري وأقل من ضعفه. • موقع الصورة: تقع على مسافة أكبر من ضعفي البعد البؤري. • صفات الصورة: حقيقية مقلوبة مكبرة بالنسبة للجسم.

(٧) اكتب للمصطلح العلمي: صورة تتكوَّن من التقاء الأشعة المنعكسة من المرآة الكروية ويمكن جمعها على حاجز.

(٨) ضع ✓ أو ✗ : الصورة الحقيقية في المرايا الكروية مقلوبة دائمًا.

(٩) اختر: الصورة ..... في المرايا الكروية لا يمكن جمعها على حاجز.

Ⓐ الخيالية Ⓑ الحقيقية Ⓒ المقلوبة

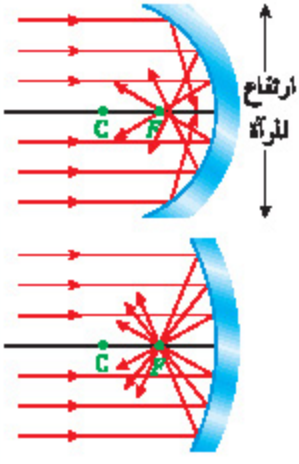
(١٠) اختر: وضع جسم على بُعد 9 cm أمام مرآة مقعرة بُعدها البؤري 3 cm ؛ صفات الصورة المُتكوِّنة ..

Ⓐ خيالية مصغرة. Ⓑ حقيقية مكبرة. Ⓒ حقيقية مصغرة.

(١١) ضع ✓ أو ✗ : عندما يُوضع جسم أمام مرآة مقعرة بين النقطة P والنقطة C فسوف تتكوَّن له صورة حقيقية مصغرة.

عيوب الصور الحقيقية في المرايا المقعرة

فائدة	عند رسم الأشعة في المرايا الكروية فإنك تعكس الأشعة عن المستوى الأساسي « الخط الرأسي الذي يمثل المرآة » إلا أن الأشعة في حقيقة الأمر تنعكس عن المرآة نفسها
الزوغان « التشوه » الكروي	• تعريفه: { عيب في المرآة الكروية لا يسمح للأشعة الضوئية المتوازية البعيدة عن المحور الرئيس بالتجمع في البؤرة }. • سببه: القطر الكبير للمرايا الكروية نسبة إلى نصف القطر الصغير لانحنائها « انحناء سطح المرآة قوي ». • ينتج عنه: صور مشوشة غير تامة. • علاجه: تقليل نسبة ارتفاع المرآة إلى نصف قطر تكورها « تقليل قوة انحناء سطح المرآة ». • تعليل: التلسكوبات تستعمل مرايا كروية ومرايا ثانوية صغيرة مصممة على هيئة خاصة « **حلل** » **لعلاج الزوغان الكروي في المرايا.**



(١٢) ضع ✓ أو × : الأشعة في المرايا الكروية تنعكس عن المستوى الأساسي وليس عن المرآة.

(١٣) املأ الفراغ: الخط الرأسي في المرايا الكروية الذي يمثل المرآة يسمى ..... .

(١٤) اكتب المصطلح العلمي: عيب في المرآة الكروية لا يسمح للأشعة الضوئية المتوازية البعيدة عن المحور الرئيس بالتجمع في البؤرة.

(١٥) ضع ✓ أو × : الزوغان الكروي ينشأ في المرايا الكروية ذات القطر والانحناء الكبيرين.

(١٦) اختر: تنتج عن الزوغان الكروي في المرايا صور ..

Ⓐ واضحة تامة. Ⓑ مشوشة غير تامة. Ⓒ واضحة لكنها غير تامة.

(١٧) ضع ✓ أو × : الزوغان الكروي في المرايا يُعالج بتقليل نسبة ارتفاع المرآة إلى نصف قطر تكورها.

الدرس ٣٤ : الطريقة الرياضية لتحديد موقع الصورة

معادلة المرآة الكروية

تنبيه	لتكوين الصور بالمرايا نعتمد على الأشعة المحورية ؛ الأشعة القريبة من المحور والموازية له ؛	
العلاقة الرياضية	$\frac{1}{f}=\frac{1}{d_i}+\frac{1}{d_o}$	f البعد البؤري للمرآة d_i بعد الصورة عن المرآة d_o بعد الجسم عن المرآة
تعليل	معادلة المرآة لا تتنبأ بالزوغان الكروي في المرايا الكروية ؛ علل ؛ لأنها تعتمد على الأشعة المحورية في تكوين الصور	

(١) ضع ✓ أو ✗ : عند تكوين الصور بالمرايا الكروية يجب الاعتماد على الأشعة المحورية.

التكبير

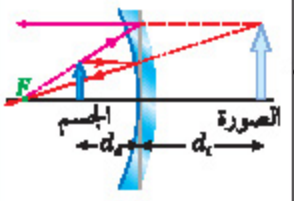
المقصود به	الزيادة أو النقصان في حجم الصورة بالنسبة إلى حجم الجسم	
معادلة التكبير	$m=\frac{h_i}{h_o}=\frac{-d_i}{d_o}$	m التكبير d_i بُعد الصورة عن المرآة h_i طول الصورة d_o بُعد الجسم عن المرآة h_o طول الجسم
تنبيه	عند استخدام معادلتي المرآة يجب مراعاة نظام الإشارات	

نظام الإشارات في معادلتي المرآة	البعد البؤري f		بُعد الصورة d_i		طول الصورة h_i ، التكبير m	
	+	−	+	−	+	−
	مرآة مقعرة	مرآة محدبة	صورة حقيقية	صورة خيالية	صورة معتدلة	صورة حقيقية مقلوبة

(٢) اكتب المصطلح العلمي: الزيادة أو النقصان في حجم الصورة بالنسبة إلى حجم الجسم.

الصور الخيالية في المرايا المقعرة

تعليل	لا تتكون صورة عندما يُوضع جسم في بؤرة مرآة مقعرة « علل » لأن الأشعة ستنعكس في حزمة متوازية
تكوين الصورة	• موقع الجسم: يقع بين البؤرة والمستوى الأساسي للمرآة. • موقع الصورة: تقع خلف المرآة. • صفات الصورة: خيالية معتدلة مكبرة.
فائدة	الصورة الخيالية تتحدد برسم امتدادات الأشعة المنعكسة



(٣) اختر: وضع جسم على بُعد 3 cm أمام مرآة مقعرة بُعدها البؤري 5 cm ؛ صفات الصورة المتكونة ..

Ⓐ خيالية مكبرة. Ⓑ خيالية مصغرة. Ⓒ حقيقية مصغرة. Ⓓ حقيقية مكبرة.

(٤) ضع ✓ أو × : الصورة الحقيقية في المرايا الكروية تتحدد برسم امتدادات الأشعة المنعكسة.

أمثلة

12 ص109: وضع جسم طوله 2.4 cm على بُعد 16 cm من مرآة مقعرة بعدها البؤري 7 cm ؛ أوجد طول الصورة.

الحل: نحسب بعد الصورة، ثم نوجد طولها ..

$$\frac{1}{f}=\frac{1}{d_i}+\frac{1}{d_o}$$

$$\frac{1}{7}=\frac{1}{d_i}+\frac{1}{16}$$

$$\frac{1}{d_i}=\frac{1}{7}-\frac{1}{16}=\frac{9}{112}$$ « طرحنا $\frac{1}{16}$ من الطرفين ثم بسطنا بالآلة »

$$d_i=\frac{112}{9}=12.44\ \text{cm}$$ « قلبنا الطرفين »

$$\frac{h_i}{h_o}=\frac{-d_i}{d_o}$$

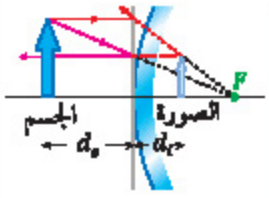
$$\frac{h_i}{2.4}=\frac{-12.44}{16}$$ « عوضنا »

$$h_i=\frac{-12.44\times2.4}{16}=-1.866\ \text{cm}$$ « ضربنا تبادليًا ثم بسطنا بالآلة الحاسبة »

فائدة: طول الصورة السالب يدل على أن الصورة حقيقية مقلوبة.

الدرس ٣٥ : المرايا المحدبة

المرآة المحدبة

تعريفها	{ مرآة تعكس الضوء عن سطحها المقوس إلى الخارج }	
فائدة	بؤرة المرآة المحدبة تقع خلفها	
الحالة الوحيدة	• موقع الجسم: أمام المرآة المحدبة ؛ في أيّ مكان ؛. • موقع الصورة: خلف المرآة. • صفات الصورة: خيالية معتدلة مصغرة بالنسبة للجسم.	
تعليلان	• المرآة المحدبة تُكوِّن صورًا خيالية ؛ علل ؛ لأن الأشعة المنعكسة عن المرآة المحدبة مشتتة دائمًا. • المرايا المحدبة تُستخدم على جوانب السيارات للرؤية الخلفية ؛ علل ؛ لأنها تعمل على توسيع مجال الرؤية للسائق.	

(١) اكتب المصطلح العلمي: مرآة تعكس الضوء عن سطحها المقوس إلى الخارج.

(٢) اختر: بؤرة المرآة ..... تقع خلفها.

Ⓐ المقعرة Ⓑ المحدبة Ⓒ المستوية

(٣) اختر: عندما يوضع جسم أمام مرآة محدبة تتكون له صورة ..

Ⓐ حقيقية مكبرة. Ⓑ حقيقية مصغرة. Ⓒ خيالية مكبرة. Ⓓ خيالية مصغرة.

ملخص خصائص نظام مرآة مفردة

نوع المرآة	f	d_o	d_i	m ؛ التكبير ؛	الصورة
مستوية	N/A لا يوجد	$d_o > 0$	$\|d_i\| = d_o$ ؛ سالب ؛	الحجم نفسه	خيالية
مقعرة	+	$d_o > r$	$r > d_i > f$	مصغرة مقلوبة	حقيقية
		$r > d_o > f$	$d_i > r$	مكبرة مقلوبة	حقيقية
		$f > d_o > 0$	$d_i > d_o$ ؛ سالب ؛	مكبرة	خيالية
محدبة	−	$d_o > 0$	$\|d_i\| < \|f\|$ ؛ سالب ؛	مصغرة	خيالية

تعليل: الصورة الخيالية بُعدها سالب ؛ علل ؛ لأنها تقع دائمًا خلف المرآة.

للتذكير: القيمة المطلقة هي القيمة الموجبة لأي كمية عددية ورمزها | ... | .

تنبيهات

- إذا كانت القيمة المطلقة للتكبير بين **صفر** و **1** فإن الصورة تكون **أصغر** من الجسم.
- إذا كانت القيمة المطلقة للتكبير **أكبر من 1** فإن الصورة تكون **أكبر** من الجسم.
- إذا كان التكبير **سالبًا** فإن الصورة تكون **مقلوبة** بالنسبة للجسم.

(٤) ضع ✓ أو × : الصورة الخيالية في المرايا الكروية يُعدها عن المرآة موجب.

(٥) اختر: إذا كانت القيمة المطلقة للتكبير في مرآة كروية 0.25 فإن الصورة ..... الجسم.

Ⓐ أصغر من Ⓑ تساوي Ⓒ أكبر من

(٦) ضع ✓ أو × : إذا كانت القيمة المطلقة للتكبير في مرآة كروية 3 فإن الصورة أصغر من الجسم.

(٧) ضع ✓ أو × : إذا كان التكبير في مرآة كروية سالبًا فإن الصورة معتدلة بالنسبة للجسم.

مقارنة بين المرايا

	المرآة المستوية	المرآة المقعرة	المرآة المحدبة
نوع الصورة	خيالية	خيالية وحقيقية	خيالية
تكبير الصورة	مساوية للجسم	مصغرة ، مساوية ، مكبرة	مصغرة

(٨) اختر: المرآة المقعرة تكوِّن صورًا ..... الجسم.

Ⓐ أصغر من Ⓑ تساوي Ⓒ أكبر من Ⓓ جميع ما سبق

(٩) اختر: المرآة ..... تكوِّن صورًا خيالية مصغرة بالنسبة للجسم.

Ⓐ المقعرة Ⓑ المحدبة Ⓒ المستوية

أمثلة

15 ص112: إذا وضع مصباح ضوئي قطره 6 cm أمام مرآة محدبة بعدها البؤري 13 cm− وعلى بُعد 60 cm منها فأوجد بُعد صورة المصباح وقطرها.

الحل:

- لحساب بُعد الصورة ..

$$\frac{1}{f}=\frac{1}{d_i}+\frac{1}{d_o}$$

$$\frac{1}{-13}=\frac{1}{d_i}+\frac{1}{60}$$ « عوضنا »

$$\frac{1}{d_i}=\frac{1}{-13}-\frac{1}{60}=\frac{-73}{780}$$ « طرحنا $\frac{1}{60}$ من الطرفين ثم بسطنا بالآلة »

$$d_i=\frac{-780}{73}=-10.68\ \text{cm}$$ « قلبنا الطرفين »

• نحسب قُطر الصورة ..

$$\frac{h_i}{h_o}=\frac{-d_i}{d_o}$$

$$\frac{h_i}{6}=\frac{-(-10.68)}{60}$$ « عوضنا »

$$h_i=\frac{6\times10.68}{60}\approx 1.06\ \text{cm}$$ « ضربنا تبادليًا ثم بسطنا بالآلة الحاسبة »

17 ص112: تقف فتاة طولها 1.8 m على بُعد 2.4 m من مرآة أمان فتكونت لها صورة طولها 0.36 m ؛ ما البُعد البؤري للمرآة؟

الحل:

أولاً: نحسب بُعد الصورة ..

$$\frac{h_i}{h_o}=\frac{-d_i}{d_o}$$

$$\frac{0.36}{1.8}=\frac{-d_i}{2.4}$$ « عوضنا »

$$d_i=\frac{-0.36\times2.4}{1.8}\approx -0.48\ \text{m}$$ « ضربنا تبادليًا ثم بسطنا بالآلة الحاسبة »

ثانيًا: نحسب البُعد البؤري ..

$$\frac{1}{f}=\frac{1}{d_i}+\frac{1}{d_o}$$

$$\frac{1}{f}=\frac{1}{-0.48}+\frac{1}{2.4}$$ « عوضنا »

$$\frac{1}{f}=\frac{-5}{3}$$ « بسطنا بالآلة »

$$f=\frac{-3}{5}=-0.6\ \text{m}$$ « قلبنا الطرفين »

أجوبة الفصل العاشر

الأجوبة

الدرس ٣١	(١) قانون الانعكاس.		(٥) الانعكاس		(٩) انعكاس غير منتظم.		(١٣) ×				
	(٢) Ⓐ		(٦) ×		(١٠) ✓						
	(٣) ✓		(٧) ✓		(١١) ×						
	(٤) العمود المقام.		(٨) انعكاس منتظم.		(١٢) Ⓒ						
الدرس ٣٢	(١) المرآة المستوية.		(٣) ✓		(٥) ✓		(٧) Ⓐ		(٩) Ⓑ		
	(٢) Ⓐ		(٤) Ⓐ		(٦) Ⓑ		(٨) Ⓑ		(١٠) ✓		
الدرس ٣٣	(١) مقعرة ، محدبة		(٧) الصورة الحقيقية.		(١٣) المستوى الأساسي						
	(٢) ✓		(٨) ✓		(١٤) الزوغان الكروي.						
	(٣) مرآة مقعرة.		(٩) Ⓐ		(١٥) ×						
	(٤) المحور الرئيس.		(١٠) Ⓒ		(١٦) Ⓑ						
	(٥) Ⓑ		(١١) ×		(١٧) ✓						
	(٦) البؤرة		(١٢) ×								
الدرس ٣٤	(١) ✓	(٢) التكبير.		(٣) Ⓐ		(٤) ✓					
الدرس ٣٥	(١) المرآة المحدبة.			(٤) ×		(٧) ×					
	(٢) Ⓑ			(٥) Ⓐ		(٨) Ⓓ					
	(٣) Ⓓ			(٦) ×		(٩) Ⓑ					

الفصل الحادي عشر

الانكسار والعدسات

الدرس ٣٦ : انكسار الضوء وقانون سنل ٩٣

الدرس ٣٧ : النموذج الموجي في الانكسار ٩٥

الدرس ٣٨ : الانعكاس الكلي الداخلي ٩٧

الدرس ٣٩ : السراب وتحليل الضوء ٩٩

الدرس ٤٠ : العدسات المحدبة والمقعرة ١٠١

الدرس ٤١ : أمثلة على معادلتي العدسة ١٠٤

الدرس ٤٢ : تكوين الصور بالعدسات وعيوب العدسات ١٠٥

الدرس ٤٣ : تطبيقات العدسات ١٠٨

الدرس ٤٤ : تتمة تطبيقات العدسات ١١٠

أجوبة الفصل الحادي عشر ١١٢

الدرس ٣٦ : انكسار الضوء وقانون سنل

انكسار الضوء

تأثيرات ناشئة من انكسار الضوء	• الأشياء التي تحت سطح الماء تبدو أقرب من البعد الحقيقي لها. • قدما الشخص الواقف في البركة تبدوان وكأنهما تتحركان إلى الخلف وإلى الأمام. • الخطوط التي في قاع البركة تبدو وكأنها تتمايل مع حركة الماء.
تعليل	ينحني مسار الضوء عند عبوره لحد فاصل بين وسطين (علل : بسبب الانكسار
فائدة	مقدار الانكسار يعتمد على .. • خصائص الوسطين الشفافين. • زاوية سقوط الضوء على الحد الفاصل.

(١) اختر: الأشياء التي تحت سطح الماء تبدو ..... البعد الحقيقي.

Ⓐ أقرب من Ⓑ أبعد من Ⓒ في نفس

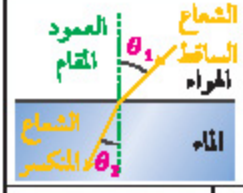
(٢) ضع ✓ أو × : الخطوط التي في قاع البركة تبدو وكأنها تتمايل مع حركة الماء بسبب الانكسار.

(٣) ضع ✓ أو × : الضوء يحافظ على نفس مساره عند عبوره لحد فاصل بين وسطين.

(٤) املأ الفراغ: يعتمد مقدار الانكسار على ..... و ..... .

قانون سنل في الانكسار

نصه	{ حاصل ضرب معامل انكسار الوسط الأول في جيب زاوية السقوط يساوي حاصل ضرب معامل انكسار الوسط الثاني في جيب زاوية الانكسار }
صيغته الرياضية	$n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta_2$ n_1 معامل انكسار الوسط 1 — θ_1 زاوية السقوط n_2 معامل انكسار الوسط 2 — θ_2 زاوية الانكسار



زاوية السقوط	{ الزاوية المحصورة بين العمود المقام واتجاه الشعاع الساقط }
زاوية الانكسار	{ الزاوية المحصورة بين العمود المقام واتجاه الشعاع المنكسر }
فائدة	زاوية سقوط شعاع الضوء على زجاج النافذة تساوي زاوية خروجه ولكن الشعاع يزاح قليلاً عن موضعه الأصلي؛ أي أن .. $\theta_1 = \theta'_2$

	إذا كان $n_1 < n_2$ فإن $\sin\theta_1 > \sin\theta_2$	إذا كان $n_1 > n_2$ فإن $\sin\theta_1 < \sin\theta_2$
استنتاجات من قانون سنل	عندما ينتقل الضوء من مادة معامل انكسارها صغير إلى مادة معامل انكسارها أكبر فإن حزمة الضوء تنحرف **مقتربة** من العمود المقام على السطح	عندما ينتقل الضوء من مادة معامل انكسارها كبير إلى مادة معامل انكسارها أصغر فإن حزمة الضوء تنحرف **مبتعدة** عن العمود المقام على السطح
	مثل انتقال الضوء من الهواء إلى الزجاج	مثل انتقال الضوء من الزجاج إلى الهواء

(٥) اكتب المصطلح العلمي: حاصل ضرب معامل انكسار الوسط الأول في جيب زاوية السقوط يساوي حاصل ضرب معامل انكسار الوسط الثاني في جيب زاوية الانكسار.

(٦) اكتب المصطلح العلمي: الزاوية المحصورة بين العمود المقام واتجاه الشعاع الساقط.

(٧) اكتب المصطلح العلمي: الزاوية المحصورة بين العمود المقام واتجاه الشعاع المنكسر.

(٨) ضع ✓ أو ✗ : زاوية سقوط شعاع الضوء على زجاج النافذة أصغر من زاوية خروجه.

(٩) ضع ✓ أو ✗ : عندما ينتقل الضوء من مادة معامل انكسارها صغير إلى مادة معامل انكسارها أكبر فإن حزمة الضوء تنحرف مقتربة من العمود المقام على السطح.

أمثلة

1 ص125: أُسقطت حزمة ليزر في الهواء على إيثانول بزاوية سقوط 37° ؛ ما مقدار زاوية الانكسار؟ علمًا أن معامل انكسار الهواء 1 ، معامل انكسار الإيثانول 1.36 .

الحل:

$$n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta_2 \quad \Rightarrow \quad \sin\theta_2 = \frac{n_1 \sin\theta_1}{n_2} = \frac{1 \sin 37}{1.36}$$

$$\therefore \quad \theta_2 = \sin^{-1}\left(\frac{\sin 37}{1.36}\right) = 26.26\ \text{m}$$

« أخذنا $\sin^{-1}$ للطرفين »

فائدة: لحساب $\sin^{-1}\left(\frac{\sin 37}{1.36}\right)$ بالآلة الحاسبة نضغط الأزرار التالية تباعًا:

3 ص127: غُمر قالب من مادة غير معروفة في الماء وأُسقط عليه ضوء بزاوية سقوط 31° فكانت زاوية انكساره في القالب 27° ؛ ما معامل الانكسار للمادة المصنوع منها القالب؟

الحل:

$$n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta_2 \quad \Rightarrow \quad n_2 = \frac{n_1 \sin\theta_1}{\sin\theta_2} = \frac{1.33 \sin 31}{\sin 27} = 1.5$$

الدرس ٣٧ : النموذج الموجي في الانكسار

النموذج الموجي في الانكسار

طول موجة الضوء في وسط	$\lambda = \frac{v}{f}$	λ الطول الموجي للضوء [m] v سرعة الضوء في أي وسط [m/s] f تردد الضوء [Hz]
فائدة	سرعة الضوء تتناسب طرديًا مع الطول الموجي عند ثبوت التردد	
تعليلان	• الضوء يتحرك في أي وسط بسرعة أصغر من سرعته في الفراغ ؛ علل ؛ لأن الضوء يتفاعل مع الذرات عند انتقاله خلال الوسط. • الطول الموجي للضوء في أيّ وسط أقصر من الطول الموجي للضوء في الفراغ ؛ علل ؛ لأن تردد الضوء لا يتغير عندما يعبر الحد الفاصل بين وسطين لذا يتقص الطول الموجي للضوء عندما تنقص سرعة الضوء.	
علاقات خاصة بزاوية السقوط وزاوية الانكسار	$\frac{\sin\theta_2}{\sin\theta_1} = \frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{v_2}{v_1}$	θ_1 زاوية السقوط θ_2 زاوية الانكسار λ_1 الطول الموجي للضوء في الوسط 1 λ_2 الطول الموجي للضوء في الوسط 2 v_1 سرعة الضوء في الوسط 1 v_2 سرعة الضوء في الوسط 2
صورة أخرى لقانون سنل	$\frac{\sin\theta_2}{\sin\theta_1} = \frac{n_1}{n_2}$	θ_1 زاوية السقوط n_1 معامل انكسار الوسط 1 θ_2 زاوية الانكسار n_2 معامل انكسار الوسط 2

(١) ضع ✓ أو × : سرعة الضوء تتناسب عكسيًا مع الطول الموجي عند ثبوت التردد.

(٢) اختر: الطول الموجي للضوء في أيّ وسط ..... الطول الموجي للضوء في الفراغ.

Ⓐ أقصر من Ⓑ أطول من Ⓒ يساوي

معامل الانكسار لوسط

تعريفه	{ سرعة الضوء في الفراغ مقسومة على سرعته في الوسط }	n معامل انكسار الوسط
حسابه	$n = \frac{c}{v}$	c سرعة الضوء في الفراغ v سرعة الضوء في الوسط

فائدة	علاقة الطول الموجي بمعامل الانكسار .. $\lambda = \frac{\lambda_0}{n}$	λ الطول الموجي للضوء في الوسط λ_0 الطول الموجي للضوء في الفراغ n معامل انكسار الوسط

(٣) اكتب المصطلح العلمي: سرعة الضوء في الفراغ مقسومة على سرعة الضوء في الوسط.

أمثلة

5 ص133: سقط شعاع ضوئي في الهواء بزاوية 30° على قالب من مادة غير معروفة فانكسر فيها بزاوية 20° ؛ ما معامل انكسار المادة؟ علمًا أن معامل انكسار الهواء 1 .

الحل:

$$\frac{\sin\theta_2}{\sin\theta_1} = \frac{n_1}{n_2} \Rightarrow n_2 = \frac{n_1 \sin\theta_1}{\sin\theta_2} = \frac{1\sin 30}{\sin 20} = 1.46$$

7 ص130: ما سرعة الضوء في الكلوروفورم؟ علمًا أن معامل انكسار الكلوروفورم 1.51 .

الحل:

$$n = \frac{c}{v} \Rightarrow v = \frac{c}{n} = \frac{3\times10^8}{1.51} = 1.99\times10^8\ \text{m/s}$$

9 ص130: حزمة ضوئية تعبر الماء إلى داخل البولي إيثيلين الذي معامل انكساره 1.5 ؛ فإذا كانت $\theta_i = 57.5°$ فما زاوية الانكسار في البولي إيثيلين؟ علمًا أن معامل انكسار الماء 1.33 .

الحل:

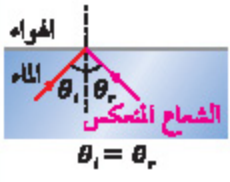
$$\frac{\sin\theta_2}{\sin\theta_1} = \frac{n_1}{n_2} \Rightarrow \sin\theta_2 = \frac{n_1 \sin\theta_1}{n_2} = \frac{1.33\sin 57.5}{1.5}$$

$$\therefore \theta_2 = \sin^{-1}\left(\frac{1.33\sin 37}{1.5}\right) = 48.4°$$

« أخذنا $\sin^{-1}$ للطرفين »

الدرس ٣٨ : الانعكاس الكلي الداخلي

الانعكاس الكلي الداخلي

تنبيهان	• عندما يعبر الضوء إلى وسط معامل انكساره أصغر تكون زاوية الانكسار أكبر من زاوية السقوط. • عند زيادة زاوية السقوط تزداد زاوية الانكسار.
فائدة	عندما يسقط ضوء على حد فاصل شفاف فإن معظم الضوء ينفذ بينما ينعكس جزء منه
الزاوية الحرجة	{ زاوية السقوط التي ينكسر عندها الشعاع على امتداد الحد الفاصل بين الوسطين }
شرطا حدوث الانعكاس الكلي الداخلي	• سقوط الشعاع الضوئي من وسط معامل انكساره كبير إلى وسط معامل انكساره أصغر. • عند سقوط الضوء على الحد الفاصل بزاوية أكبر من الزاوية الحرجة ينعكس كله إلى الوسط الذي معامل انكساره أكبر. 
تأثيرات ناشئة عن الانعكاس الكلي الداخلي	• عند الغوص في بركة ماء ساكن والنظر إلى أعلى سطح الماء قد نرى انعكاساً مقلوباً لجسم آخر قريب موجود أسفل سطح الماء، أو ترى انعكاساً لقاع البركة. • عندما يسبح شخص تحت الماء بالقرب من السطح فإن الشخص الواقف في الجهة المقابلة أعلى البركة قد لا يراه ؛ علل ؛ لأن الضوء القادم من الجسم نفسه والساقط بزاوية أكبر من الزاوية الحرجة ينعكس إلى الأسفل ليرتد إلى داخل البركة.
حساب مقدار الزاوية الحرجة	$\sin\theta_c = \frac{n_2}{n_1}$ θ_c الزاوية الحرجة للانعكاس الكلي الداخلي n_1 معامل الانكسار لوسط السقوط n_2 معامل الانكسار لوسط الانكسار

(١) ضع ✓ أو × : عندما يعبر الضوء إلى وسط معامل انكساره أصغر تكون زاوية الانكسار أصغر من زاوية السقوط.

(٢) اختر: عند زيادة زاوية السقوط ..... زاوية الانكسار.

Ⓐ تنقص Ⓑ تزداد Ⓒ لا تتغير

(٣) ضع ✓ أو × : عندما يسقط ضوء على حد فاصل شفاف فإن جزءاً من الضوء ينعكس.

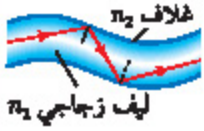
(٤) اكتب المصطلح العلمي: زاوية السقوط التي ينكسر عندها الشعاع على امتداد الحد الفاصل بين الوسطين.

(٥) اختر: يحدث الانعكاس الكلي الداخلي عندما يسقط الشعاع الضوئي من وسط إلى آخر معامل انكساره ..... الوسط الأول.

Ⓐ أكبر من Ⓑ أصغر من Ⓒ مساوٍ لـ

(٦) املأ الفراغ: عندما يسقط الشعاع الضوئي من وسط معامل انكساره كبير إلى وسط معامل انكساره أصغر بزاوية أكبر من الزاوية الحرجة، فإن هذه الظاهرة تسمى ..... .

الألياف البصرية

مبدأ عملها	تُعد تطبيقًا تقنيًا مهمًا على الانعكاس الكلي الداخلي
طريقة عملها	الضوء الذي ينتقل خلال الليف الشفاف يصطدم بالسطح الداخلي لليف البصري بزاوية أكبر من الزاوية الحرجة فينعكس الضوء جميعه ولا ينفذ أي جزء خلال الحد الفاصل 
وظيفتها	نقل الضوء من منطقة إلى أخرى
فائدة	الألياف البصرية تحافظ على شدة الضوء على طول المسافة التي يمتدها الليف البصري

(٧) املأ الفراغ: الألياف البصرية تُعد تطبيقًا تقنيًا مهمًا على ظاهرة ..... .

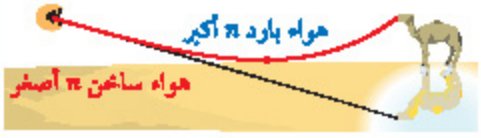
(٨) ضع ✓ أو ✗ : الضوء الذي ينتقل خلال الألياف البصرية يصطدم بالسطح الداخلي لليف البصري بزاوية أقل من الزاوية الحرجة.

(٩) اختر: وظيفة الألياف البصرية ..

Ⓐ نقل الضوء. Ⓑ نقل الكهرباء. Ⓒ تحليل الضوء.

الدرس ٣٩ : السراب وتحليل الضوء

السراب

تعليل	في الصيف عندما تقود السيارة على الطريق فإنك ترى ما يبدو وكأنه انعكاس للسيارة القادمة في بركة ماء ! **علل** ! بسبب تسخين الشمس للطريق التي تسخن بدورها الهواء فوقها وتنتج طبقة حرارية من الهواء تؤدي إلى انحراف الضوء المنتقل خلالها
تفسيره	• عندما ينتقل الضوء من جسم بعيد إلى أسفل نحو الطريق فإن معامل انكسار الهواء ينقص بسبب سخونة الهواء.  • تنتقل موجات هويجنز ! مقدمات موجات الضوء ! القريبة من الأرض أسرع من التي في الأعلى مما يؤدي إلى انحراف الموجة تدريجياً إلى أعلى.
السراب القطبي	السراب القطبي يحدث عندما يبدو انعكاس قارب بعيد فوق القارب نفسه ! **علل** ! لأن الهواء القريب من الماء يكون باردًا

(١) ضع ✓ أو × : يحدث السراب في الصيف بسبب انتقال الموجات القريبة من الأرض أسرع من التي في الأعلى.

(٢) اختر: أيٌّ مما يلي لا يؤثر في تشكيل السراب؟

Ⓐ تسخين الهواء القريب من الأرض. Ⓑ موجات هويجنز. Ⓒ الانعكاس. Ⓓ الانكسار.

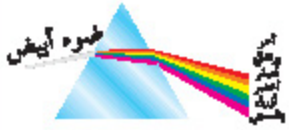
(٣) اكتب المصطلح العلمي : نوع من السراب يحدث عندما يبدو انعكاس قارب بعيد فوق القارب نفسه.

(٤) اختر: السراب القطبي يحدث بسبب أن الهواء القريب من الماء يكون ..

Ⓐ باردًا. Ⓑ ساخنًا. Ⓒ متحركًا.

تفريق أو تحليل أو تشتت الضوء

المقصود به	تحلل الضوء الأبيض إلى طيف من الألوان عند مروره خلال منشور زجاجي أو قطرات الماء في الغلاف الجوي

تعليل	اللون البنفسجي ينكسر أكبر من اللون الأحمر ؛ علل ؛ لأن سرعة الضوء البنفسجي خلال الزجاج أبطأ منها للضوء الأحمر فيكون معامل انكسار الزجاج للضوء البنفسجي أكبر منه للضوء الأحمر 
قوس المطر	المقصود به: طيف يتشكل عندما يتفرق ضوء الشمس بفعل قطرات الماء في الغلاف الجوي كيفية حدوثه: • ينكسر ضوء الشمس الساقط على قطرات الماء؛ حيث ينكسر كل لون بزاوية مختلفة قليلاً بسبب التشتت. • يحدث انعكاس داخلي لبعض الضوء على السطح الخلفي للقطرة. • عند خروج الضوء يحدث له انكسار مرة أخرى ويتفرق. • كل قطرة تنتج طيفاً كاملاً إلا أنه يصل لون واحد فقط إلى المراقب ـ الموجود بين الشمس والمطر ـ بسبب التفريق.
تعليل	نرى أحياناً قوس مطر ثانٍ باهت خارج الأول وله ترتيب ألوان معكوس ؛ علل ؛ بسبب انعكاس أشعة الضوء مرتين في داخل قطرة الماء

(٥) اكتب المصطلح العلمي: تحلل الضوء الأبيض إلى طيف من الألوان عند مروره خلال منشور زجاجي أو قطرات الماء في الغلاف الجوي.

(٦) ضع ✓ أو ✗ : اللون الأحمر ينكسر أصغر من اللون البنفسجي.

(٧) اكتب المصطلح العلمي: طيف يتشكل عندما يتفرق ضوء الشمس بفعل قطرات الماء في الغلاف الجوي.

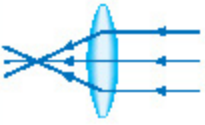
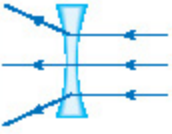
(٨) اختر: أيّ مما يلي لا يؤثر في تشكيل قوس المطر؟

Ⓐ الحيود. Ⓑ التشتت ؛ التفريق ؛. Ⓒ الانعكاس. Ⓓ الانكسار.

(٩) ضع ✓ أو ✗ : كل لون في ضوء الشمس الساقط على قطرات الماء ينكسر بنفس الزاوية.

الدرس ٤٠ : العدسات المحدبة والمقعرة

أساسيات عن العدسات

العدسة	قطعة من مادة شفافة من الزجاج أو البلاستيك؛ تُستخدم في تركيز الضوء وتكوين الصور
نوعاها	عدسة محدبة ، عدسة مقعرة
العدسة المحدبة	• عدسة سميكة في وسطها وأصغر سُمكًا عند أطرافها. • العدسة المحدبة تُسمى العدسة المُجمعة ؛ علل ؛ لأنها تجعل الأشعة المتوازية الساقطة عليها تتجمع في نقطة عندما يكون معامل انكسار الوسط المحيط بها أصغر من معامل انكسارها. 
العدسة المقعرة	• عدسة وسطها أقل سُمكًا من أطرافها. • العدسة المقعرة تُسمى العدسة المُفرقة ؛ علل ؛ لأنها تُشتت الضوء الساقط عليها والمار بها عندما يكون معامل انكسار الوسط المحيط بها أصغر من معامل انكسارها. 
فائدة	عندما يمر الضوء خلال عدسة يحدث الانكسار عند سطحيها

(١) اكتب للمصطلح العلمي: قطعة من مادة شفافة من الزجاج أو البلاستيك تُستخدم في تركيز الضوء وتكوين الصور.

(٢) املأ الفراغ: من أنواع العدسات: العدسة ..... والعدسة ..... .

(٣) ضع ✓ أو × : العدسة المحدبة سميكة في وسطها وأقل سُمكًا عند أطرافها.

(٤) اختر: العدسة المقعرة وسطها ..... أطرافها.

Ⓐ أقل سُمكًا من Ⓑ يساوي سُمك Ⓒ أكبر سُمكًا من

(٥) ضع ✓ أو × : عندما يمر الضوء خلال عدسة يحدث الانكسار عند سطحيها.

معادلتا العدسة

فائدة	العدسات الكروية الرقيقة هي عدسات لها وجوه مقوسة بتقوس الكرة نفسه	
(1) معادلة العدسة الرقيقة	$\frac{1}{f}=\frac{1}{d_i}+\frac{1}{d_o}$	f البعد البؤري للعدسة الكروية d_i بُعد الصورة عن العدسة d_o بُعد الجسم عن العدسة

(2) معادلة التكبير	$m = \frac{h_i}{h_o} = \frac{-d_i}{d_o}$	m التكبير، d_i بُعد الصورة عن العدسة، h_i طول الصورة، d_o بُعد الجسم عن العدسة، h_o طول الجسم
البعد البؤري	المسافة بين المستوى الأساسي للعدسة والبؤرة	
فائدة	البُعد البؤري للعدسة يعتمد على شكل العدسة ومعامل انكسار مادتها	

نظام الإشارات في معادلتي العدسة

البعد البؤري f		بُعد الصورة d_i		طول الصورة h_i ، التكبير m	
+	−	+	−	+	−
العدسة محدبة	العدسة مقعرة	الصورة حقيقية	الصورة خيالية	الصورة معتدلة	الصورة مقلوبة

(٦) اكتب للمصطلح العلمي: عدسات لها وجوه مقوسة بتقوس الكرة نفسه.

(٧) اكتب للمصطلح العلمي: المسافة بين المستوى الأساسي للعدسة والبؤرة.

(٨) اختر: البُعد البؤري للعدسة يعتمد على ..

Ⓐ شكلها. Ⓑ معامل انكسار مادتها. Ⓒ جميع ما سبق.

ملخص خصائص نظام العدسات الكروية

نوع العدسة	f	d_o	d_i	التكبير m	الصورة
محدبة	+	$d_o > 2f$	$2f > d_i > f$	مصغرة مقلوبة	حقيقية
		$2f > d_o > f$	$d_i > 2f$	مكبرة مقلوبة	حقيقية
		$f > d_o > 0$	$\lvert d_i \rvert > d_o$ سالب	مكبرة	خيالية
مقعرة	−	$d_o > 0$	$0 < \lvert d_i \rvert < \lvert f \rvert$ سالب	مصغرة	خيالية

تنبيهات
- الصورة الخيالية تكون في الجانب نفسه الموجود فيه الجسم وبعدها يكون سالب.
- إذا كانت القيمة المطلقة للتكبير بين صفر و 1 فإن الصورة تكون أصغر من الجسم.
- إذا كانت القيمة المطلقة للتكبير أكبر من 1 فإن الصورة تكون أكبر من الجسم.
- إذا كان التكبير سالبًا فإن الصورة تكون مقلوبة بالنسبة للجسم.
- العدسة المقعرة تُنتج صورًا خيالية فقط، بينما المحدبة تُنتج صورًا حقيقية أو خيالية.

للتذكير: القيمة المطلقة هي القيمة الموجبة لأي كمية عددية ورمزها $|\cdots|$

(٩) ضع ✓ أو × : الصورة الخيالية تكون في الجانب نفسه الموجود فيه الجسم الموضوع أمام العدسة الكروية الرقيقة.

(١٠) اختر: إذا كانت القيمة المطلقة للتكبير 0.5 فإن الصورة تكون ..... الجسم.

Ⓐ أصغر من Ⓑ تساوي Ⓒ أكبر من

(١١) ضع ✓ أو × : إذا كانت القيمة المطلقة للتكبير 2 فإن الصورة تكون أصغر من الجسم.

(١٢) ضع ✓ أو × : إذا كان التكبير سالبًا فإن الصورة تكون مقلوبة بالنسبة للجسم.

(١٣) اختر: العدسة المقعرة تُنتج صورًا ..

Ⓐ مقلوبة. Ⓑ حقيقية. Ⓒ خيالية.

أمثلة

13 ص134: تكوَّن جسم موجود بالقرب من عدسة محدبة صورة حقيقية مقلوبة طولها 1.8 cm على بُعد 10.4 cm منها؛ فإذا كان البُعد البؤري للعدسة 6.8 cm فما بُعد الجسم؟

الحل:

$$\frac{1}{f}=\frac{1}{d_i}+\frac{1}{d_o}$$

$$\frac{1}{6.8}=\frac{1}{10.4}+\frac{1}{d_o}$$

« طرحنا $\frac{1}{10.4}$ من الطرفين »

$$\frac{1}{d_o}=\frac{45}{884}$$

« قلبنا الطرفين »

$$d_o=\frac{884}{45}\approx 19.64\ \text{cm}$$

الدرس ٤١ : أمثلة على معادلتي العدسة

أمثلة

14 ص138: وضع جسم عن يسار عدسة محدبة بُعدها البؤري 25 mm فتكونت له صورة حجمها يساوي حجم الجسم؛ ما بُعد كل من الجسم والصورة؟

الحل: بما أن حجم الصورة يساوي حجم الجسم فإن $d_i = d_o = d$ ..

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_i} + \frac{1}{d_o}$$

$$\frac{1}{25} = \frac{1}{d} + \frac{1}{d} = \frac{2}{d}$$

$d = 25 \times 2 = 50 \Rightarrow d_i = 50\ \text{mm}$ ، $d_o = 50\ \text{mm}$ « ضربنا تبادليًا »

15 ص139: إذا وضعت صحيفة على بُعد 6 cm من عدسة محدبة بُعدها البؤري 20 cm فأوجد بُعد الصورة المتكونة لها.

الحل:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_i} + \frac{1}{d_o} \Rightarrow \frac{1}{d_i} = \frac{1}{f} - \frac{1}{d_o} = \frac{1}{20} - \frac{1}{6} = \frac{-7}{60}$$

$$d_i = \frac{-60}{7} = 8.57\ \text{cm}$$ « قلبنا الطرفين »

فائدة: الإشارة السالبة تدل على أن الصورة خيالية.

20 ص137: في الشكل المجاور المقطع العرضي لأربع عدسات رقيقة ..

(a) أيّ هذه العدسات محدبة؟

(b) أيّ هذه العدسات مقعرة؟

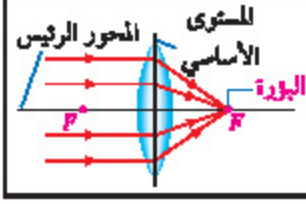
الحل:

العدسة 1	العدسة 2	العدسة 3	العدسة 4
محدبة لأن وسطها أكبر سُمكًا من أطرافها	مقعرة لأن وسطها أصغر سُمكًا من أطرافها	محدبة لأن وسطها أكبر سُمكًا من أطرافها	مقعرة لأن وسطها أصغر سُمكًا من أطرافها

الدرس ٤٢ : تكوين الصور بالعدسات وعيوب العدسات

تجميع الأشعة بالعدسة المحدبة

فائدة	العدسة المحدبة تستخدم لحرق ورقة بتجميع أشعة الشمس المتوازية في بؤرة العدسة المحدبة
تنبيه	العدسة المحدبة لها بؤرتان؛ بؤرة في كل جانب من جوانبها



(١) املأ الفراغ: العدسة المحدبة تستخدم لحرق ورقة بتجميع أشعة الشمس المتوازية في ..... العدس

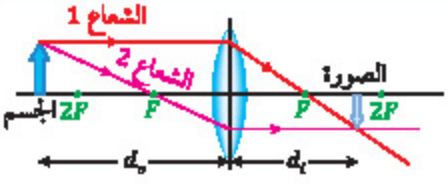
تكوين صور حقيقية بالعدسة المحدبة

تنبيهات

- الشعاع الساقط **موازيًا للمحور الرئيس** لعدسة محدبة ينكسر **مارًا بالنقطة F** في الجانب الآخر.
- الشعاع الساقط **مارًا بالنقطة F** في طريقه لعدسة محدبة ينكسر **موازيًا للمحور الرئيس**.
- موقع صورة الجسم هو نقطة تقاطع الشعاعين.

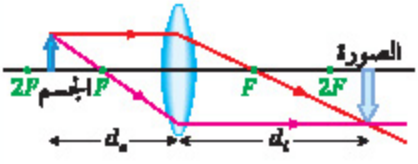
الحالة (1)

- موقع الجسم: يقع على مسافة أكبر من ضعفي البعد البؤري.
- موقع الصورة: تقع على مسافة أكبر من البعد البؤري وأصغر من ضعفه.
- صفات الصورة: حقيقية مقلوبة مصغرة بالنسبة للجسم.



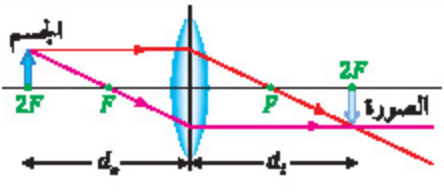
الحالة (2)

- موقع الجسم: يقع على مسافة أكبر من البعد البؤري وأصغر من ضعفه.
- موقع الصورة: تقع على مسافة أكبر من ضعفي البعد البؤري.
- صفات الصورة: حقيقية مقلوبة مكبرة بالنسبة للجسم.



الحالة (3)

- موقع الجسم: يقع على مسافة تساوي ضعفي البُعد البؤري؛ عند النقطة 2F.
- موقع الصورة: تقع على مسافة تساوي ضعفي البُعد البؤري.
- صفات الصورة: حقيقية مقلوبة مساوية للجسم.



(٢) املأ الفراغ: الشعاع الساقط موازيًا للمحور الرئيس لعدسة محدبة ينكسر ماراً بـ ..... .

(٣) املأ الفراغ: الشعاع الساقط على عدسة محدبة ماراً بالنقطة F ينكسر موازيًا لـ ..... .

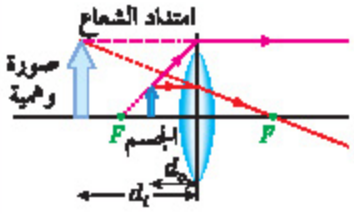
(٤) اختر: وضع جسم على بُعد 10 cm أمام عدسة محدبة بُعدها البؤري 4 cm ؛ صفات الصورة المتكونة ..

Ⓐ حقيقية مصغرة. Ⓑ حقيقية مكبرة. Ⓒ خيالية مصغرة.

(٥) ضع ✓ أو × : عندما يُوضع جسم أمام عدسة محدبة بين النقطة F والنقطة $2F$ فسوف تتكون له صورة حقيقية مصغرة.

(٦) ضع ✓ أو × : عندما يُوضع جسم أمام عدسة محدبة في النقطة F فسوف تتكون له صورة حقيقية مقلوبة مساوية للجسم.

تكوين صور خيالية بالعدسة المحدبة

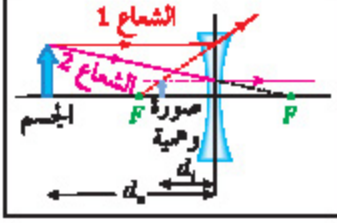
تعليل	لا تتكون صورة عندما يُوضع جسم في بؤرة عدسة محدبة ؛ **علل** ؛ **لأن الأشعة ستنكسر في حزمة متوازية**
حالة تكوين الصورة الخيالية	• موقع الجسم: يقع بين البؤرة والمستوى الأساسي للعدسة. • موقع الصورة: تقع في جانب العدسة نفسه الذي يُوجد فيه الجسم. • صفات الصورة: خيالية معتدلة مكبرة. 
فائدة	الصورة الخيالية تتحدد برسم امتدادات الأشعة التي لا تمر فعلاً من خلال العدسة

(٧) اختر: وضع جسم على بُعد 4 cm أمام عدسة محدبة بُعدها البؤري 6 cm ؛ إن صفات الصورة المتكونة ..

Ⓐ حقيقية مصغرة. Ⓑ حقيقية مكبرة. Ⓒ خيالية مصغرة. Ⓓ خيالية مكبرة.

تكوين الصورة الخيالية بالعدسة المقعرة

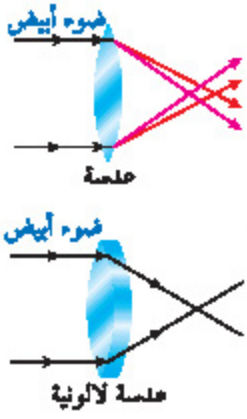
فائدة	العدسة المقعرة تفرق الأشعة كلها
الحالة الوحيدة	• موقع الجسم: أمام العدسة المقعرة ؛ في أي مكان ؛. • موقع الصورة: في نفس الجهة التي فيها الجسم. • صفات الصورة: خيالية معتدلة مصغرة.



(٨) اختر: عندما يوضع جسم أمام عدسة مقعرة فسوف تتكون له صورة ..
Ⓐ حقيقية مصغرة. Ⓑ حقيقية مكبرة. Ⓒ خيالية مصغرة. Ⓓ خيالية مكبرة.

عيوب العدسات الكروية

الزوغان الكروي	• المقصود به: عدم قدرة العدسات الكروية على تجميع الأشعة المتوازية كلها في نقطة واحدة. • سببه: اتساع سطح العدسة. • ينتج عنه: صورة مشوشة غير تامة. • علاجه: الزوغان الكروي يُعالج باختيار نصفي قطرين مناسبين للعدسة.
الزوغان اللوني	• المقصود به: تشتت الضوء الذي يمر خلال العدسة قليلاً وخصوصاً بالقرب من الأطراف. • ينتج عنه: الجسم يظهر من خلال العدسة محاطًا بالألوان. • سببه: استخدام عدسة مفردة تعمل مثل المنشور. • تخفيض أثره: عن طريق استخدام العدسات اللالونية.
العدسات اللالونية	• المقصود بها: نظام مكون من عدستين أو أكثر مثل عدسة محدبة مع عدسة مقعرة لهما معاملا انكسار مختلفين. • فائدة: التشتت الذي تسببه العدسة المحدبة يُلغى تقريباً بالتشتت الذي تسببه العدسة المقعرة.



(٩) اكتب المصطلح العلمي: عدم قدرة العدسات الكروية على تجميع الأشعة المتوازية كلها في نقطة واحدة.

(١٠) اختر: الزوغان الكروي في العدسات سببه ..
Ⓐ اتساع سطح العدسة. Ⓑ استخدام عدسة مفردة. Ⓒ العدسة تعمل كمنشور.

(١١) اختر: الزوغان الكروي في العدسات ينتج عنه تكوّن صورة ..
Ⓐ واضحة غير تامة. Ⓑ مشوشة تامة. Ⓒ مشوشة غير تامة.

(١٢) اكتب المصطلح العلمي: تشتت الضوء الذي يمر خلال العدسة وخصوصاً قرب الأطراف.

(١٣) املأ الفراغ: في الزوغان اللوني في العدسات يظهر الجسم من خلال العدسة محاطًا بـ ..... .

(١٤) املأ الفراغ: يخفض أثر الزوغان اللوني في العدسات المحدبة باستخدام العدسات ..... .

(١٥) اكتب المصطلح العلمي: نظام مكون من عدستين أو أكثر مثل عدسة محدبة مع عدسة مقعرة لهما معاملا انكسار مختلفين.

الدرس ٤٣ : تطبيقات العدسات

العين البشرية

وصفها	أداة بصرية مملوءة بسائل، وهي على هيئة وعاء كروي تقريبًا يسمى مُقلة العين
كيفية تكوينها للصور	(١) ينتقل الضوء المنبعث من الجسم أو المنعكس عنه إلى داخل العين عبر القرنية. (٢) الضوء يمر خلال العدسة ويتركز على الشبكية الموجودة في مؤخرة العين. (٣) الخلايا المتخصصة في الشبكية تمتص الضوء وترسل المعلومات المتعلقة بالصورة إلى الدماغ عن طريق العصب البصري.
تعليل	الضوء الداخل إلى العين يتركز عن طريق القرنية وليس العدسة ؛ **علل** ؛ **لأن** فرق معامل الانكسار بين الهواء والقرنية أكبر مما هو بين العدسة وما قبلها وبعدها
عدسة العين	مسؤولة عن التركيز الدقيق الذي يسمح برؤية الأجسام البعيدة والقريبة بوضوح تام
العضلات المحيطة بالعين	بواسطة عملية التكيّف تستطيع العضلات المحيطة بالعين أن تجعل عدسة العين تنقبض أو تنبسط مما يؤدي إلى تغير بُعدها البؤري .. • عندما **ترتخي** العضلات **يزداد البعد البؤري** للعدسة فتتركز صورة الجسم البعيد على الشبكية. • عندما **تنقبض** العضلات **ينقص البعد البؤري** للعدسة فتتركز صورة الجسم القريب على الشبكية.

(١) ضع ✓ أو × : العين البشرية تكون على هيئة وعاء كروي تقريبًا يسمى مُقلة العين.

(٢) اختر: الضوء المنبعث من الجسم أو المنعكس عنه ينتقل إلى داخل العين عبر ..
Ⓐ الشبكية. Ⓑ القزحية. Ⓒ القرنية. Ⓓ العضلة الهدبية.

(٣) املأ الفراغ: الخلايا المتخصصة في شبكية العين تمتص الضوء وترسل المعلومات المتعلقة بالصورة عن طريق ..... إلى الدماغ.

(٤) اختر: مسؤولة عن التركيز الدقيق الذي يسمح برؤية الأجسام البعيدة والقريبة بوضوح ..
Ⓐ الشبكية. Ⓑ القزحية. Ⓒ القرنية. Ⓓ عدسة العين.

(٥) اختر: تجعل عدسة العين تنقبض أو تنبسط مما يؤدي إلى تغير البُعد البؤري للعدسة ..
Ⓐ البؤبؤ. Ⓑ القزحية. Ⓒ القرنية. Ⓓ العضلات المحيطة بالعين.

(٦) ضع ✓ أو × : عندما ترتخي العضلات المحيطة بالعين يزداد البعد البؤري لعدستها.

(٧) ضع ✓ أو × : عندما تنقبض العضلات المحيطة بالعين يزداد البعد البؤري لعدستها.

قصر النظر وطول النظر

فائدة	عيون بعض الناس لا تُركز صوراً واضحة على الشبكية بدقة
تعليل	حاجة بعض الناس إلى العدسات الخارجية ـ نظارات أو عدسات لاصقة ـ « علل » لضبط البُعد البؤري وتحريك الصور لتقع على الشبكية
قصر النظر	• المقصود به: عيب في الرؤية لا يستطيع الشخص المصاب به رؤية الجسم البعيد بوضوح. • أسبابه: البُعد البؤري للعين يكون أصغر من الطبيعي فتتكون الصور أمام الشبكية. • علاجه: تُستخدم عدسات مقعرة لتُفرق الضوء فيزداد بُعد الصورة وتتكوّن على الشبكية.
طول النظر	• المقصود به: عيب في الرؤية لا يستطيع الشخص المصاب به رؤية الجسم القريب بوضوح. • أسبابه: البُعد البؤري للعين يكون أكبر من الطبيعي فتتكون الصور خلف الشبكية. • علاجه: تُستخدم عدسات محدبة تُكون صوراً خيالية أبعد عن العين من أجسامها فتصبح هذه الصور أجساماً بالنسبة لعدسة العين وتتركز على الشبكية.
تعليل	فوق سن 45 عام تحدث للأشخاص حالة مشابهة لطول النظر « علل » لأن صلابة عدسة العين تزداد فلا تستطيع العضلات تقصير البُعد البؤري بما يكفي لتركيز صور الأجسام القريبة على الشبكية

(٨) اكتب المصطلح العلمي: عيب في الرؤية لا يستطيع المصاب به رؤية الجسم البعيد بوضوح.

(٩) اختر: في قصر النظر تتكون الصور ..

Ⓐ أمام الشبكية. Ⓑ خلف الشبكية. Ⓒ أمام القرنية.

(١٠) املأ الفراغ: قصر النظر يُعالج باستخدام عدسة ..... .

(١١) اكتب المصطلح العلمي: عيب في الرؤية لا يستطيع المصاب به رؤية الجسم القريب واضحاً.

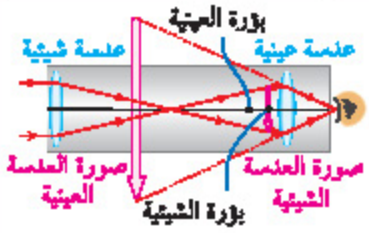
(١٢) اختر: في طول النظر تتكون الصور ..

Ⓐ أمام الشبكية. Ⓑ خلف الشبكية. Ⓒ أمام القرنية.

(١٣) املأ الفراغ: طول النظر يُعالج باستخدام عدسة ..... .

الدرس ٤٤ : تتمة تطبيقات العدسات

التلسكوب « المنظار الفلكي » الكاسر

استخدامه	التلسكوب الكاسر يستخدم العدسات لتكبير الأجسام البعيدة
طريقة عمله	(١) أشعة الضوء المتوازية « القادمة من النجوم والأجسام الفلكية البعيدة » تدخل العدسة الشيئية المحدبة فتتركز بوصفها صورة حقيقية مقلوبة عند بؤرة العدسة الشيئية.  (٢) الصورة المتكونة تصبح جسماً بالنسبة للعدسة العينية المحدبة بحيث تقع بين العدسة العينية وبؤرتها فتتكون صورة خيالية معتدلة أكبر من الصورة الأولى. (٣) الصورة النهائية تبقى مقلوبة بالنسبة للجسم لأن الصورة الأولى كانت مقلوبة.
تعليل	في المنظار الفلكي تُستخدم عدسات لالونية « علل « للتخلص من الزوغان اللوني

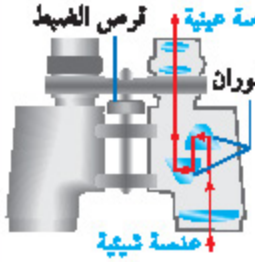
(١) اختر: التلسكوب الكاسر يُستخدم في ..
Ⓐ تكبير الأجسام الصغيرة. Ⓑ تكبير الأجسام البعيدة. Ⓒ فحص الخلايا.

(٢) اختر: الصورة النهائية في التلسكوب تكون ..... بالنسبة للجسم.
Ⓐ مقلوبة Ⓑ معتدلة Ⓒ حقيقية

(٣) اختر: تُستخدم في المنظار الفلكي عدسات ..
Ⓐ مقعرة. Ⓑ مفرقة. Ⓒ لونية. Ⓓ لالونية.

المنظار

استخدامه	يُكوّن صوراً مكبرة للأجسام البعيدة
فائدة	كل جانب من المنظار يُشبه مقراباً صغيراً
طريقة عمله	(١) الضوء يدخل للعدسة الشيئية المحدبة فتقلب الصورة. (٢) يتنقل الضوء في المنظار عبر منشورين « علل « ليقلبا الصورة ثانية عن طريق الانعكاس الكلي الداخلي.
فائدة المنشورين	• إطالة مسار انتقال الضوء وتوجيهه إلى العدسة العينية للمنظار. • زيادة المسافة الفاصلة بين العدستين الشيئيتين مما يُحسن الرؤية ثلاثية الأبعاد للجسم البعيد.



(٤) اختر: المنظار يُكوّن صوراً ..

Ⓐ مكبرة للأجسام البعيدة. Ⓑ مصغرة للأجسام البعيدة. Ⓒ مكبرة للأجسام الدقيقة.

(٥) املأ الفراغ: في المنظار يعمل ..... على إطالة مسار انتقال الضوء وتوجيهه للعدسة العينية.

(٦) ضع ✓ أو × : في المنظار يعمل المنشوران على تقليل المسافة بين العدستين الشيئيتين.

آلات التصوير: آلة التصوير العاكسة ذات العدسة المفردة

آلية عملها

(١) يدخل الضوء لآلة التصوير عبر عدسة لالونية.

(٢) يعمل نظام العدسة على كسر الضوء كما في العدسة المحدبة المفردة فتتكون على المرآة العاكسة صورة مقلوبة تنعكس إلى أعلى باتجاه المنشور الذي يعكس الضوء باتجاه عين المشاهد.

(٣) عند الضغط على زر الغالق تُرفع المرآة لفترة وجيزة وينتقل الضوء في خط مستقيم ليكوّن صورة على الفيلم.

(٧) اختر: آلة التصوير العاكسة ذات العدسة المفردة تحوي عدسة ..

Ⓐ مقعرة. Ⓑ مفرقة. Ⓒ لونية. Ⓓ لالونية.

(٨) ضع ✓ أو × : المنشور في آلة التصوير يعمل على عكس الضوء باتجاه الفيلم.

(٩) ضع ✓ أو × : في آلة التصوير عند الضغط على زر الغالق تُرفع المرآة لفترة وجيزة وينتقل الضوء في خط مستقيم ليكوّن صورة على الفيلم.

المجهر « الميكروسكوب »

استخدامه	المجهر يُستخدم في مشاهدة الأجسام الصغيرة
طريقة عمله	(١) يُوضع الجسم بين العدسة الشيئية ومركز تكورها فتتكون صورة حقيقية مقلوبة أكبر من الجسم. (٢) تُصبح هذه الصورة جسماً للعدسة العينية تقع بينها وبين بؤرتها فتتكون صورة خيالية معتدلة مكبرة مقارنة بالصورة التي كونتها العدسة الشيئية فيرى المشاهد صورة مقلوبة أكبر من الجسم الأصلي.

(١٠) اختر: المجهر يُستخدم في ..

Ⓐ تكبير الأجسام الصغيرة. Ⓑ تكبير الأجسام البعيدة. Ⓒ مشاهدة الأجسام الكبيرة.

(١١) ضع ✓ أو × : الجسم المراد تكبيره بالمجهر يُوضع بين العدسة الشيئية ومركز تكورها.

(١٢) ضع ✓ أو × : في المجهر يرى المشاهد صورة مقلوبة أكبر من الجسم الأصلي.

أجوبة الفصل الحادي عشر

الأجوبة

الدرس ٣٦	(١) Ⓐ	(٤) خصائص الوسطين، زاوية السقوط	(٧) زاوية الانكسار.
	(٢) ✓	(٥) قانون سنل.	(٨) ×
	(٣) ×	(٦) زاوية السقوط.	(٩) ✓
الدرس ٣٧	(١) ×	(٢) Ⓐ	(٣) معامل الانكسار لوسط
الدرس ٣٨	(١) ×	(٤) الزاوية الحرجة.	(٧) الانعكاس الكلي الداخلي
	(٢) Ⓑ	(٥) Ⓑ	(٨) ×
	(٣) ✓	(٦) الانعكاس الكلي الداخلي	(٩) Ⓐ
الدرس ٣٩	(١) ✓	(٣) السراب القطبي. (٥) تفريق ، تحليل ، الضوء.	(٧) قوس المطر. (٩) ×
	(٢) Ⓒ Ⓐ	(٤) Ⓐ (٦) ✓	(٨) Ⓐ
الدرس ٤٠	(١) العدسة.	(٤) Ⓐ (٧) البُعد البؤري. (١٠) Ⓐ (١٣) Ⓒ	
	(٢) المحدبة، المقعرة	(٥) ✓ (٨) Ⓒ (١١) ×	
	(٣) ✓	(٦) العدسات الكروية. (٩) ✓ (١٢) ✓	
الدرس ٤٢	(١) بؤرة	(٥) × (٩) الزوغان الكروي.	(١٣) الألوان
	(٢) F ، البؤرة	(٦) × (١٠) Ⓐ	(١٤) اللالونية
	(٣) المحور الرئيس	(٧) Ⓓ (١١) Ⓒ	(١٥) العدسات اللالونية.
	(٤) Ⓐ	(٨) Ⓒ (١٢) الزوغان اللوني.	
الدرس ٤٣	(١) ✓	(٤) Ⓓ (٧) ×	(١٠) مقعرة (١٣) محدبة
	(٢) Ⓒ	(٥) Ⓓ (٨) قصر النظر.	(١١) طول النظر.
	(٣) العصب البصري	(٦) ✓ (٩) Ⓐ	(١٢) Ⓑ

الفصل الثاني عشر

التداخل والحيود

الدرس ٤٥ : التداخل ١١٤

الدرس ٤٦ : قياس الطول الموجي للضوء ١١٧

الدرس ٤٧ : الأغشية الرقيقة ١١٩

الدرس ٤٨ : الحيود ١٢١

الدرس ٤٩ : محزوزات الحيود ١٢٣

الدرس ٥٠ : قوة التميز للعدسات ١٢٦

أجوبة الفصل الثاني عشر ١٢٨

الدرس ٤٥ : التداخل

السلوك الموجي للضوء

الأدلة عليه	من الأدلة على أن الضوء يسلك سلوكًا موجيًا .. • الضوء يحيد عندما يمر بحافة. • الضوء يتداخل.
الضوء غير المترابط	ضوء ذو مقدمات موجية غير متزامنة
عدم الترابط في الموجات	يمكن مشاهدته عند سقوط مطر بغزارة على بركة مياه حيث يكون سطح الماء مائجًا ومتقلبًا ولا يظهر أي نمط منتظم لمقدمات موجة أو موجات مستقرة
تعليل	الضوء غير المترابط لا يظهر لنا متقطعًا أو غير مترابط « علل » لأن تردد موجات الضوء كبير جدًا
فائدة	عندما يُضاء جسم من مصدر ضوئي أبيض غير مترابط فإننا نرى تراكب موجات الضوء غير المترابط كأنها ضوء أبيض منتظم

(١) اختر: الضوء ..... عندما يمر بحافة.

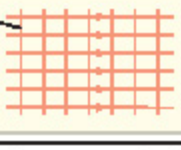
Ⓐ ينكسر Ⓑ يحيد Ⓒ يتداخل

(٢) ضع ✓ أو ✗ : تداخل الضوء يدل على السلوك الموجي له.

(٣) اكتب المصطلح العلمي: ضوء ذو مقدمات موجية غير متزامنة.

(٤) ضع ✓ أو ✗ : عندما يُضاء جسم من مصدر ضوئي أبيض غير مترابط فإننا نرى تراكب موجات الضوء غير المترابط كأنها ضوء أبيض منتظم.

تداخل الضوء المترابط « المتزامن »

الضوء المترابط	الضوء الناتج عن تراكب ضوأيّ مصدرين أو أكثر مُشكلاً مقدمات موجة منتظمة	
توليد مقدمة موجة منتظمة	توليد مقدمة موجة منتظمة من مصدر نقطي واحد 	توليد مقدمة موجة منتظمة من مصادر نقطية متزامنة مثل أشعة الليزر 
تنبيه	التداخل يحدث نتيجة تراكب موجات ضوئية صادرة عن مصادر ضوئية مترابطة	

تجربة توماس يونج « تجربة الشق المزدوج »	• أثبت أن للضوء خصائص موجية حيث أنتج نمط تداخل من إسقاط ضوء من مصدر نقطي مترابط أحادي خلال شقين. • لاحظ يونج عند تداخل الضوء الخارج من الشقين تَوَلُّد حزم مضيئة وأخرى معتمة سماها أهداب التداخل. • فسر يونج تكوّن هذه الحزم نتيجة التداخل البناء والتداخل الهدام للموجات الضوئية الصادرة من الشقين في الحاجز.
تنبيهات على تجربة الشق المزدوج	• في تجربة الشق المزدوج يُستخدم ضوء أحادي اللون « ضوء له طول موجي واحد ». • التداخل البنّاء يُنتج حزمة ضوئية مركزية مضيئة بلون معين « هدبًا مضيئًا » ويُنتج على كل جانب حزمًا مضيئة أخرى تفصلها فراغات متساوية تقريبًا. • شدة إضاءة الأهداب المضيئة تتناقص كلما ابتعدنا عن الهدب المركزي. • في تجربة الشق المزدوج بين الأهداب المضيئة تُوجد أهداب معتمة « علل « بسبب حدوث تداخل هدام.
فائدة	استخدام ضوء أبيض في تجربة الشق المزدوج يُسبب ظهور أطياف ملونة، وفي الهدب المركزي المضيء تتداخل الأطوال الموجية تداخلاً بناءً فيكون أبيضًا دائمًا

(٥) اكتب المصطلح العلمي: الضوء الناتج عن تراكب ضوأيْ مصدرين أو أكثر مُشكلاً مقدمات موجة منتظمة.

(٦) ضع ✓ أو × : التداخل يحدث نتيجة تراكب موجات ضوئية صادرة عن مصادر ضوئية غير مترابطة.

(٧) املأ الفراغ: في تجربة يونج عند تداخل الضوء الخارج من الشقين تتولد حزم مضيئة وأخرى معتمة تسمى ..... .

(٨) اختر: في تجربة الشق المزدوج يُستخدم ضوء ..... اللون.

Ⓐ أحادي Ⓑ ثنائي Ⓒ ثلاثي

(٩) ضع ✓ أو × : التداخل البنّاء يُنتج حزمة ضوئية مركزية معتمة.

(١٠) ضع ✓ أو × : في تجربة يونج شدة إضاءة الأهداب المضيئة تزداد كلما ابتعدنا عن الهدب المركزي.

(١١) ضع ✓ أو × : استخدام ضوء أبيض في تجربة الشق المزدوج يُسبب ظهور أطياف ملونة.

تداخل الشق المزدوج

توليد ضوء مترابط من ضوء غير مترابط

(١) وضع يونج حاجزًا ضوئيًا ذا شق ضيق أمام مصدر ضوئي أحادي اللون.

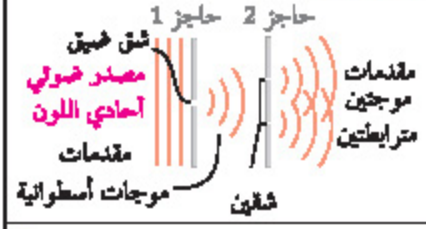
(٢) في تجربة يونج ينفذ من الشق الجزء المترابط من الضوء فقط ؛ **علل** ؛ **لأن عرض الشق صغير جدًا.**

(٣) الجزء الذي ينفذ من الضوء يحيد عن طريق الشق وتتولد مقدمات موجة أسطوانية.

(٤) في تجربة يونج جزءا مقدمة الموجة يصلان إلى الحاجز الثاني ذي الشقين متفقين في الطور ؛ **علل** ؛ **بسبب تماثل مقدمات الموجة الأسطوانية.**

(٥) ينتج عن الشقين في الحاجز الثاني مقدمات موجة مترابطة وأسطوانية.

(٦) تتداخل الموجتان بعد ذلك تداخلاً بنّاءً أو هدامًا حسب العلاقة بين طوريهما.



نوعا التداخل

تداخل بنّاء	تداخل هدام
ينتج عنه أهداب مضيئة	ينتج عنه أهداب معتمة
المصدر 1 + المصدر 2 = تراكب	المصدر 1 − المصدر 2 = تراكب

(١٢) اختر: في تجربة الشق المزدوج يُوضع حاجز ذو شق ضيق أمام مصدر ضوئي ..

Ⓐ أحادي اللون. Ⓑ ثنائي اللون. Ⓒ ثلاثي اللون.

(١٣) ضع ✓ أو × : في تجربة الشق المزدوج الجزء الذي ينفذ من الضوء يحيد بوساطة الشق.

(١٤) اختر: في تجربة يونج ينتج عن الشقين في الحاجز الثاني مقدمات موجة ..

Ⓐ غير مترابطة وأسطوانية. Ⓑ مترابطة وأسطوانية. Ⓒ مترابطة ومستقيمة.

(١٥) ضع ✓ أو × : في تجربة شقي يونج تنتج عن التداخل البنّاء أهداب معتمة.

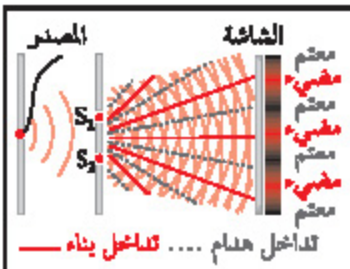
(١٦) املأ الفراغ: في تجربة الشق المزدوج تنتج عن التداخل ..... أهداب معتمة.

الدرس ٤٦ : قياس الطول الموجي للضوء

قياس الطول الموجي من تجربة شقي يونج

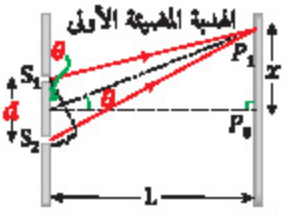
توضيح

- الشكل يُبين منظراً علوياً لمقدمات موجة أسطوانية في تجربة شقي يونج.
- تتداخل مقدمات الموجة تداخلات بنّاءة وهدامة لتشكيل أنماط الأهداب المضيئة والمعتمة.



تحليل الهدبة المضيئة الأولى في تجربة يونج

- عند النقطة P_0 : الموجتان تتداخلان تداخلاً بنّاءً لتكوين الهدب المركزي المضيء ويكون للموجتين الطور نفسه.
- عند النقطة P_1 : تتكوّن الهدبة المضيئة الأولى لأن إحدى الموجتين تتحرك مسافة أطول من الأخرى بمقدار طول موجي واحد λ .



المسافة بين الهدب المركزي وهدب مضيء رتبته m

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

تنبيه: الهدب المركزي المضيء $m = 0$

m رتبة الهدب المضيء ، $m = 0, 1, 2, \cdots$

λ الطول الموجي للضوء المستخدم

x_m المسافة بين الهدب المضيء والهدب المركزي

d المسافة بين الشقين

L المسافة بين الشقين والشاشة

تطبيق

بالنسبة للهدب المضيء الأول ، $m = 1$ ، فإن ..

$$\lambda = \frac{x_1 d}{L}$$

حيث: x_1 المسافة بين الهدب المركزي المضيء والهدب المضيء الأول.

(١) ضع ✓ أو × : في تجربة يونج الهدب المركزي دائماً معتم.

(٢) ضع ✓ أو × : في تجربة يونج يحدث التداخل البناء عندما تكون الموجات لها نفس الطور.

(٣) اختر: في تجربة يونج تتكوّن الهدبة المضيئة الأولى لأن إحدى الموجتين تتحرك مسافة أطول من الأخرى بمقدار ..

Ⓐ λ . Ⓑ 2λ . Ⓒ 3λ .

أمثلة

1 ص161: ينبعث ضوء برتقالي مصفر من مصباح غاز الصوديوم بطول موجي 596 nm ، ويسقط على شقين البعد بينهما 1.9×10^{-5} m ؛ ما المسافة بين الهدب المركزي المضيء والهدب الأصفر ذي الرتبة الأولى إذا كانت الشاشة تبعد مسافة 0.6 m من الشقين؟

الحل: المسافة بين الهدبين ..

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

« ضربنا الطرفين في L »

$$m\lambda L = x_m d$$

« قسمنا الطرفين على d »

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

nm $\xrightarrow{\times10^{-9}}$ m

$$x_m = \frac{1\times596\times10^{-9}\times0.6}{1.9\times10^{-5}} = 0.0188\ \text{m}$$

2 ص161: في تجربة يونج استخدم الطلاب أشعة ليزر طولها الموجي 632.8 nm ؛ فإذا وضع الطلاب الشاشة على بُعد 1 m من الشقين ووجدوا أن الهدب الضوئي ذا الرتبة الأولى يبعد 65.5 mm من الخط المركزي فما المسافة الفاصلة بين الشقين؟

الحل:

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

« ضربنا الطرفين في L »

$$m\lambda L = x_m d$$

« قسمنا الطرفين على x_m »

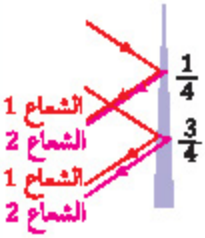
$$d = \frac{m\lambda L}{x_m}$$

mm $\xrightarrow{\times10^{-3}}$ m ، nm $\xrightarrow{\times10^{-9}}$ m

$$d = \frac{1\times632.8\times10^{-9}\times1}{65.5\times10^{-3}} = 9.66\times10^{-6}\ \text{m}$$

الدرس ٤٧ : الأغشية الرقيقة

التداخل في الأغشية الرقيقة

تعريفه	{ ظاهرة ينتج عنها طيف من الألوان بسبب التداخل البنّاء والتداخل الهدام لموجات الضوء المنعكسة عن الغشاء الرقيق }	
مثال عليه	ألوان الطيف التي تُكونها فقاعة صابون أو غشاء زيتي عائم على سطح الماء	
تفسير التداخل في الأغشية الرقيقة	• حل غشاء الصابون رأسيًا يجعل سُمكه عند القاع أكبر منه عند القمة. • عند سقوط موجة ضوء على الغشاء ينعكس جزء : الشعاع 1 ، وينفذ جزء آخر. • الموجة النافذة تنتقل خلال الغشاء إلى السطح الخلفي فينعكس جزء منها مرة أخرى : الشعاع 2 . • الضوء المنعكس عن الغشاء الرقيق يُصبح ضوءاً مترابطًا. 	
العلاقة الرياضية	$2d = \left(m + \frac{1}{2}\right)\frac{\lambda_{\text{الفراغ}}}{n_{\text{الغشاء}}}$ تنبيه: لأقل سمك $m = 0$	d سُمك الغشاء m عدد صحيح ، $m = 0, 1, 2, \cdots$ $\lambda_{\text{الفراغ}}$ الطول الموجي للضوء في الفراغ $n_{\text{الغشاء}}$ معامل انكسار مادة الغشاء
تعزيز اللون	• المقصود به: جعل شدة الإضاءة أكبر لضوء منعكس أحادي اللون. • شرط حدوثه: تحقق الشرط .. $d = \frac{\lambda}{4} = \frac{\lambda_{\text{الغشاء}}}{4} = \frac{\lambda_{\text{الفراغ}}}{4n_{\text{الغشاء}}}$	d سُمك الغشاء λ الطول الموجي للضوء في الهواء $\lambda_{\text{الغشاء}}$ الطول الموجي للضوء في الغشاء $\lambda_{\text{الفراغ}}$ الطول الموجي للضوء في الفراغ $n_{\text{الغشاء}}$ معامل انكسار مادة الغشاء
فائدة	الغشاء الرقيق يُحقق شروط التداخل البنّاء لطول موجي محدد عندما يكون سُمكه مساويًا $\frac{1\lambda}{4}$ ، $\frac{3\lambda}{4}$ ، $\frac{5\lambda}{4}$ ، ...	
تعليلان	• الغشاء الرقيق متغير السُمك: تتكوّن فيه ألوان قوس المطر : علل : لأن شرط التداخل البنّاء للطول الموجي سيتحقق عند سماكات مختلفة للألوان المختلفة. • الغشاء الرقيق جدًا: يبدو معتمًا : علل : لأنه لا يُنتج تداخلاً بنّاءً لأي طول موجي من ألوان الضوء.	

(١) اكتب المصطلح العلمي: ظاهرة ينتج عنها طيف الألوان بسبب التداخل البناء والتداخل الهدام لموجات الضوء المنعكسة عن الغشاء الرقيق.

(٢) اختر: شرط حدوث تعزيز اللون في الغشاء الرقيق ..

Ⓐ $d=\frac{\lambda_{\text{الغشاء}}}{4}$. Ⓑ $d=\frac{\lambda_{\text{الغشاء}}}{3}$. Ⓒ $d=\frac{\lambda_{\text{الغشاء}}}{2}$.

فراشة المورفو

تداخل الضوء في جناحي فراشة المورفو	• يحدث تداخل الغشاء الرقيق طبيعيًا في جناحي فراشة المورفو. • فراشة المورفو تحوي نتوءات تبرز من القشور الداخلية للجناح. • ينعكس الضوء وينكسر خلال سلسلة من التراكيب تشبه الدرج. • ينتج نمطًا من اللون الأزرق المتلألئ فتظهر الفراشة وكأنها تصدر وميضًا.

(٣) ضع ✓ أو × : تداخل الغشاء الرقيق يحدث طبيعيًا في جناحي فراشة المورفو.

(٤) ضع ✓ أو × : تداخل الغشاء الرقيق في جناحي فراشة المورفو يُنتج نمطًا من اللون الأزرق المتلألئ فتظهر الفراشة وكأنها تصدر وميضًا.

أمثلة

5 ص160: ما أقل سُمك لغشاء صابون معامل انكساره 1.33 ليتداخل عنده ضوء طوله الموجي 521 nm تداخلاً بناءً مع نفسه؟

الحل: أقل سمك لغشاء الصابون ..

$$2d=\left(m+\frac{1}{2}\right)\frac{\lambda_{\text{الفراغ}}}{n_{\text{الغشاء}}} \rightarrow d=\frac{\lambda_{\text{الفراغ}}}{4n_{\text{الغشاء}}}$$

لأقل سمك $m=0$ ،

$$d=\frac{521\times10^{-9}}{4\times1.33}=9.79\times10^{-8}\ \text{m}$$

$\text{nm} \xrightarrow{\times10^{-9}} \text{m}$

30 ص180: حدّد في كلٍ من الأمثلة التالية ما إذا كان اللون ناتجًا عن التداخل في الأغشية الرقيقة أم عن الانكسار أم نتيجة وجود الأصباغ:

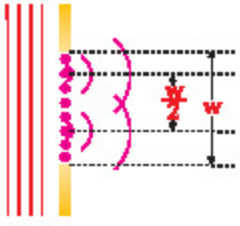
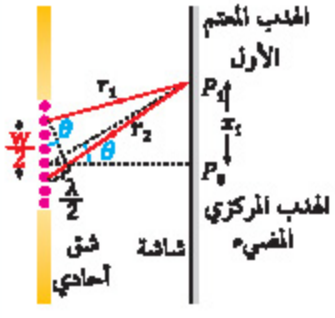
(a) فقاعات الصابون. (b) بتلات الوردة. (c) غشاء زيتي. (d) قوس المطر.

الحل:

فقاعات الصابون	بتلات الوردة	غشاء زيتي	قوس المطر
التداخل في الأغشية الرقيقة	الأصباغ	التداخل في الأغشية الرقيقة	الانكسار

الدرس ٤٨ : الهدب

هدب الشق الأحادي

نمط الهدب	{ نمط يتكوّن على شاشة نتيجة التداخل البنّاء والهدّام لموجات هويجنز }
هدب الضوء الأزرق	• عندما يمر الضوء الأزرق المترابط خلال شق صغير عرضه أكبر من الطول الموجي للضوء فإنه يحيد عن كلتا الحافتين وتتكون أهداب مضيئة ومعتمة على الشاشة. • يتكوّن هدب مركزي عريض ومضيء مع أهداب أقل سمكًا وأقل إضاءة على الجانبين. • عرض الحزمة المركزية المضيئة يزداد عندما نستخدم الضوء الأحمر بدل الأزرق. • استخدام الضوء الأبيض ينتج عنه مزيج من أنماط ألوان الطيف.
كيف تُنتج موجات هويجنز نمط الهدب	• نفرض شقًا عرضه w يحوي عددًا زوجيًا من موجات هويجنز. • نُجزئ الشق إلى جزأين متساويين علوي وسفلي بحيث يفصل بين كل زوج من موجات هويجنز مسافة $\frac{w}{2}$ ، ونختار مصدرًا واحدًا من كل جزء.  • هذا الزوج من المصادر يُنتج الموجات المترابطة التي ستتداخل. • كل موجة هويجنز تتكوّن في الجزء العلوي من الشق يقابلها موجة هويجنز أخرى تتكوّن في النصف السفلي بينهما مسافة $\frac{w}{2}$ يتداخلان تداخلاً هدامًا ويتكوّن هدب معتم.  • تتداخل أزواج من موجات هويجنز تداخلاً بنّاءً فينتج هدب مضيء. • يحدث تداخل هدام جزئيٌ في منطقة الإضاءة الخافتة بين الأهداب المضيئة والمعتمة.

(١) اكتب المصطلح العلمي: نمط يتكوّن على شاشة نتيجة التداخل البنّاء والهدّام لموجات هويجنز.

(٢) اختر: إذا مر الضوء الأزرق المترابط عبر شق صغير عرضه أكبر من الطول الموجي للضوء فإنه ..

Ⓐ ينكسر. Ⓑ ينعكس. Ⓒ يحيد.

(٣) ضع ✓ أو × : في تجربة الشق الأحادي ينتج الهدب المعتم من التداخل البنّاء بين موجات هويجنز.

(٤) ضع ✓ أو × : في تجربة الشق الأحادي يحدث تداخل هدام جزئي في منطقة الإضاءة الخافتة بين الأهداب المضيئة والمعتمة.

نمط الحيود

تعليل	جميع أهداب التداخل المضيئة في تداخل الشق المزدوج متطابقة مع عرض الحزمة المركزية لنمط حيود الشق الأحادي ، علل ، لأن تداخل الشق المزدوج ينتج عن تداخل أنماط حيود الشق الأحادي للموجات الناتجة عن الشقين	
عرض الحزمة المركزية المضيئة في حيود الشق الأحادي	$2x_1 = \frac{2\lambda L}{w}$	$2x_1$ عرض الحزمة المركزية المضيئة λ الطول الموجي للضوء L بُعد الشق عن الشاشة w عرض الشق
فالتان	• يمكن حساب المسافة بين مركز الهدب المركزي المضيء وأي هدب معتم من العلاقة $x_m = \frac{m\lambda L}{w}$ وذلك لقيم $m = 1, 2, 3, \cdots$. • الحيود يزودنا بأداة لقياس الطول الموجي للضوء باستخدام عدد كبير من الشقوق.	
الطبيعة الموجية للضوء	• حيود الشق الأحادي يمكننا من ملاحظة الطبيعة الموجية للضوء عندما يتراوح عرض الشق ما بين 10-1000 مرة من الطول الموجي. • إذا كان عرض الفتحات في حيود الشق الأحادي أكبر من 100 ضعف الطول الموجي فإنها تكوّن ظلالاً حادة.	

(٥) ضع ✓ أو × : الحيود يزودنا بأداة لقياس الطول الموجي للضوء باستخدام عدد كبير من الشقوق.

أمثلة

12 ص169: يسقط ضوء أخضر أحادي اللون طوله الموجي 546 nm على شق مفرد عرضه 0.095 mm ، فإذا كان بُعد الشق عن الشاشة يساوي 75 cm فما عرض الهدب المركزي المضيء؟

الحل:

$$x_m = \frac{m\lambda L}{w} = \frac{1\times546\times10^{-9}\times75\times10^{-2}}{0.0595\times10^{-3}} = 4.3\times10^{-3}\ m$$

nm $\xrightarrow{\times10^{-9}}$ m
cm $\xrightarrow{\times10^{-2}}$ m
mm $\xrightarrow{\times10^{-3}}$ m

الدرس ٤٩ : محزوزات الحيود

محزوز الحيود

وصفه	أداة مكوَّنة من عدة شقوق مفردة تُؤدي إلى حيود الضوء وتكوين نمط حيود ينتج عن تراكب أنماط حيود شق مفرد
استخداماته	• قياس الطول الموجي للضوء بدقة. • فصل الضوء وفق الأطوال الموجية.
تعليل	المسافة بين شقوق محزوز الحيود صغيرة جدًا « علل » لأن المحزوز يحوي آلاف الشقوق لكل سنتيمتر
أنواع المحزوز	• محزوز النفاذ. • محزوز طبق الأصل « المحزوز الفشائي ». • محزوز الانعكاس.
محزوز النفاذ	• يُصنع بعمل خدوش على زجاج منفذ للضوء في صورة خطوط رفيعة جدًا برأس من الألماس. • تعمل الفراغات بين خطوط الخدوش كالشقوق. • المجوهرات المصنوعة بمحزوز النفاذ تُنتج طيفًا ضوئيًا.
المحزوز طبق الأصل « المحزوز الفشائي »	• النوع الأقل تكلفة من المحزوزات. • يُصنع بضغط صفيحة رقيقة من البلاستيك على محزوز زجاجي وعند سحب هذه الصفيحة خارج المحزوز يتكوّن على سطحها أثر مماثل للمحزوز الزجاجي.
محزوز الانعكاس	• يُصنع بحفر خطوط رفيعة جدًا على سطوح طبقة معدنية أو زجاج عاكس. • القرص المدمج DVD أو CD يعمل عمل محزوز انعكاس.

(١) اكتب المصطلح العلمي: أداة مكوَّنة من عدة شقوق مفردة تُؤدي إلى حيود الضوء وتكوين نمط حيود ينتج عن تراكب أنماط حيود شق مفرد.

(٢) اختر: من استخدامات محزوز الحيود قياس ..... للضوء بدقة.

Ⓐ السرعة. Ⓑ الطول الموجي. Ⓒ الانعكاس.

(٣) اختر: من استخدامات محزوز الحيود فصل الضوء وفق ..

Ⓐ السرعات. Ⓑ السعات. Ⓒ الأطوال الموجية.

(٤) املأ الفراغ: من أنواع محزوز الحيود ..... و ..... .

(٥) اختر: محزوز ..... يُصنع بعمل خدوش على زجاج منفذ للضوء.

Ⓐ النفاذ. Ⓑ طبق الأصل. Ⓒ الانعكاس.

(٦) اختر: النوع الأقل تكلفة من المحزوزات ..
Ⓐ محزوز النفاذ. Ⓑ محزوز طبق الأصل. Ⓒ محزوز الانعكاس.

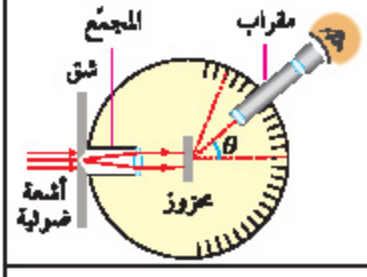
(٧) اختر: المجوهرات المصنوعة بمحزوز ..... تنتج طيفًا ضوئيًا.
Ⓐ النفاذ. Ⓑ طبق الأصل. Ⓒ الانعكاس.

(٨) ضع ✓ أو × : محزوز النفاذ يُصنع بضغط صفيحة رقيقة من البلاستيك على محزوز زجاجي.

(٩) اختر: محزوز ..... يُصنع بحفر خطوط رفيعة جدًا على سطوح طبقة معدنية أو زجاج عاكس.
Ⓐ النفاذ. Ⓑ طبق الأصل. Ⓒ الانعكاس.

(١٠) ضع ✓ أو × : القرص المدمج DVD أو CD يعمل عمل محزوز انعكاس.

قياس الطول الموجي

المطياف	جهاز يستخدم لقياس الطول الموجي للضوء باستخدام محزوز الحيود
عمل المطياف	• المصدر المراد تحليله يبعث ضوءاً يوجه لحو الشق. • ينفذ الضوء عبر الشق ليسقط على محزوز الحيود. • المحزوز يُنتج نمط حيود يُرى بالمقراب. • نمط الحيود الناتج عبارة عن أهداب مضيئة ضيقة تفصلها مسافات متساوية. 
فائدتان	• تتكوّن أهداب أكثر ضيقًا كلما زاد عدد الشقوق في المحزوز. • قياس المسافة بين الأهداب المضيئة بالمطياف أكثر دقة مقارنة باستخدام الشق المزدوج.
معادلة محزوز الحيود	$\lambda = d \sin\theta$ حيث أن .. $\theta = \tan^{-1}\frac{x}{L}$ λ الطول الموجي للضوء d المسافة الفاصلة بين الشقوق θ زاوية الهدب المضيء ذو الرتبة الأولى L بعد الشاشة عن المحزوز x الفراغات بين الأهداب المضيئة
فائدة	التداخل البنّاء في محزوز الحيود يحدث عند زوايا على جانبي الهدب المركزي المضيء

(١١) املأ الفراغ: جهاز ..... يستخدم لقياس الطول الموجي للضوء باستخدام محزوز الحيود.

(١٢) ضع ✓ أو × : في نمط الحيود في المطياف تتكوّن أهداب أوسع بزيادة عدد الشقوق في المحزوز.

(١٣) ضع ✓ أو × : قياس المسافة بين الأهداب المضيئة باستخدام المطياف أكثر دقة مقارنة باستخدام الشق المزدوج.

(١٤) اختر: التداخل البنّاء في محزوز الحيود يحدث عند زوايا على جانبي الهدب ..... المضيء.
Ⓐ المركزي Ⓑ الأول Ⓒ الثاني

أمثلة

15 ص172: يسقط ضوء أبيض من خلال محزوز على شاشة؛ صف النمط المتكوّن.

الحل: تظهر على الشاشة أهداب ملونة بألوان الطيف.

16 ص172: سقط ضوء أزرق طوله الموجي 434 nm على محزوز حيود فتكوّنت أهداب على شاشة على بُعد 1.05 m ؛ فإذا كانت الفراغات بين الأهداب 0.55 m فما المسافة الفاصلة بين الشقوق في محزوز الحيود؟

الحل:

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

nm $\xrightarrow{\times 10^{-9}}$ m

$d = \frac{434\times10^{-9}}{\sin\left(\tan^{-1}\left(\frac{0.55}{1.05}\right)\right)} = 9.4\times10^{-7}\ \text{m}$

19 ص172: يمر ضوء طوله الموجي 632 nm خلال محزوز حيود ويكوّن نمطًا على شاشة تبعد عن المحزوز مسافة 0.55 m ؛ فإذا كان الهدب المضيء الأول يبعد 5.6 cm عن الهدب المركزي المضيء فما عدد الشقوق لكل سنتيمتر في المحزوز؟

الحل:

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

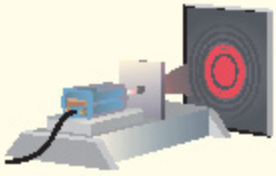
nm $\xrightarrow{\times 10^{-7}}$ cm

$d = \frac{632\times10^{-7}}{\sin\left(\tan^{-1}\left(\frac{5.6}{55}\right)\right)} = 6.2\times10^{-4}\ \text{cm}$

$\frac{1}{d} = \frac{1}{6.2\times10^{-4}} = 1.6\times10^{3}$ ، قلبنا الطرفين للحصول على عدد الشقوق ،

الدرس ٥٠ : قوة التمييز للعدسات

قوة تمييز العدسات

العدسة المستديرة	تواجدها	المنظار الفلكي ، المجهر ، العينين
	وظيفتها	• تعمل كأنها ثقب أو فتحة تسمح للضوء بالمرور من خلالها. • تسبب حيوداً للضوء ، تماماً كما يفعل الشق الأحادي . • نمط الحيود الناتج حلقات مضيئة ومعتمة متعاقبة.
		 نمط الحيود لثقب دائري
تنبيه	عند رؤية نجمين بواسطة المنظار الفلكي: إذا كان النجمان قريبين جداً أحدهما إلى الآخر فإن صورتيهما تتداخلان	
معيار رايليه	{ إذا سقطت البقعة المركزية المضيئة لصورة أحد النجمين على الحلقة المعتمة الأولى للنجم الثاني تكون الصورتان في حدود التحليل « التمييز » }	
العلاقة الرياضية	$x_{\text{بسم}} = \frac{1.22\lambda L_{\text{بسم}}}{D}$	$x_{\text{بسم}}$ المسافة الفاصلة بين جسمين $L_{\text{بسم}}$ المسافة من الفتحة إلى الجسمين λ الطول الموجي للضوء D قطر الفتحة المستديرة

(١) ضع ✓ أو × : العدسات في المنظار الفلكي والمجهر والعينين عدسات مستديرة.

(٢) ضع ✓ أو × : العدسات المستديرة في المنظار الفلكي تسمح للضوء بالمرور خلالها وتسبب حيوداً للضوء.

(٣) ضع ✓ أو × : نمط الحيود الناتج عن العدسات المستديرة عبارة عن خطوط مستوية مضيئة ومعتمة.

(٤) ضع ✓ أو × : في المنظار الفلكي تتداخل صورتا النجمين القريبين جداً أحدهما إلى الآخر فلا تكونان ضمن حدود التمييز.

(٥) اكتب المصطلح العلمي: إذا سقطت البقعة المركزية المضيئة لصورة أحد النجمين على الحلقة المعتمة الأولى للنجم الثاني تكون الصورتان في حدود التحليل « التمييز ».

العيوب في العين البشرية

فائدة	العين البشرية أكثر حساسية للون الأصفر والأخضر
خلايا المخاريط بالعين	• العين تبدو مثالية التركيب عندما تسجل المخاريط الثلاثة المتجاورة ؛ خلايا حساسة في العين ؛ ضوءاً وعتمة وضوءاً. • إذا كانت للمخاريط قريبة جداً من بعضها فإنها سترى تفاصيل نمط الحيود لا المصدر. • إذا كانت للمخاريط متباعدة فإنها لا تستطيع تمييز التفاصيل الممكنة كلها.
تعليل	الحيود لا يحدّ من عمل العين ؛ علل ؛ لأن السائل الذي يملأ العين والعيوب في العدسة يقللان من قدرة التمييز للعين أكثر من الحيود بخمس مرات وفق معيار ريليه
فائدة	قدرة تمييز المقراب تزداد بزيادة قطر المرآة
تعليل	قدرة تمييز ودقة صور مقراب هابل الفضائي أفضل من أجهزة المقراب الموجودة على سطح الأرض ؛ علل ؛ بسبب وجوده فوق الغلاف الجوي للأرض

(٦) ضع ✓ أو × : العين البشرية أكثر حساسية للون الأحمر.

(٧) ضع ✓ أو × : العين تبدو مثالية التركيب عندما تسجل خلايا المخاريط الثلاثة المتجاورة ضوءاً وعتمة وضوءاً.

(٨) ضع ✓ أو × : إذا كانت خلايا المخاريط في العين قريبة جداً من بعضها فإنها سترى تفاصيل نمط الحيود لا المصادر.

(٩) اختر: قدرة تمييز المقراب ..... بزيادة قطر المرآة.

Ⓐ تزداد Ⓑ تنقص Ⓒ لا تتغير

أجوبة الفصل الثاني عشر

الأجوبة

الدرس ٤٥	(١) Ⓑ		(٥) الضوء المترابط.		(٩) ×		(١٣) ✓
	(٢) ✓		(٦) ✓		(١٠) ×		(١٤) Ⓑ
	(٣) الضوء غير المترابط.		(٧) أهداب التداخل		(١١) ✓		(١٥) ×
	(٤) ✓		(٨) Ⓐ		(١٢) Ⓐ		(١٦) الهدام
الدرس ٤٦	(١) ×		(٢) ✓		(٣) Ⓐ		
الدرس ٤٧	(١) التداخل في الأغشية الرقيقة.				(٢) Ⓐ	(٣) ✓	(٤) ✓
الدرس ٤٨	(١) نمط الحيود.		(٢) Ⓒ		(٣) ×	(٤) ✓	(٥) ✓
الدرس ٤٩	(١) محزوز الحيود.	(٤) النفاذ ، الفشائي		(٧) Ⓐ	(١٠) ✓		(١٣) ✓
	(٢) Ⓑ	(٥) النفاذ		(٨) ×	(١١) المطياف		(١٤) Ⓐ
	(٣) Ⓒ	(٦) Ⓑ		(٩) Ⓒ	(١٢) ×		
الدرس ٥٠	(١) ✓	(٣) ×	(٥) معيار رايليه.		(٧) ✓		(٩) Ⓐ
	(٢) ✓	(٤) ✓	(٦) ×		(٨) ✓		

سلسلة التبسيط

رؤية مبتكرة ... لفهم أسهل

ملحق ١

الملخص

الفصل ٧ : الاهتزازات والموجات

الحركة الاهتزازية « الدورية »

تعريفها	{ أيّ حركة تتكرر في دورة منتظمة }
من أمثلتها	بندول ساعة يتأرجح ذهابًا وإيابًا ، تذبذب جسم مثبت بنابض إلى أعلى وأسفل
موضع الاتزان	الجسم المتحرك حركة دورية له موضع واحد تكون فيه القوة المحصلة المؤثرة عليه صفرًا، ويسمى هذا الموضع موضع الاتزان
تنبيه	عند سحب الجسم بعيدًا عن موضع اتزانه فإن القوة المحصلة المؤثرة .. • لا تساوي صفرًا. • تعمل على إعادة الجسم في اتجاه موضع الاتزان.

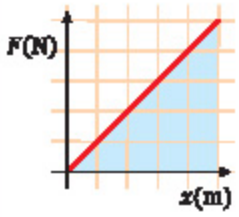
الحركة التوافقية البسيطة

تعريفها	{ الحركة التي تحدث عندما تتناسب القوة المعيدة المؤثرة في جسم طرديًا مع إزاحة الجسم عن وضع الاتزان }
فائدة	توصف الحركة التوافقية البسيطة بكميتين هما: الزمن الدوري وسعة الاهتزازة
الزمن الدوري	{ الزمن اللي يحتاج إليه الجسم ليكمل دورة كاملة }
سعة الاهتزازة	{ أقصى مسافة يتحركها الجسم مبتعدًا عن موضع الاتزان }

قانون هوك

نصه	{ القوة التي يؤثر بها نابض تتناسب طرديًا مع مقدار استطالته }	
العلاقة الرياضية	$F = -kx$	F القوة التي يؤثر بها النابض [N] k ثابت النابض [N/m] x إزاحة النابض [m]
	تنبيه: الإشارة السالبة تعني أن القوة قوة إرجاع.	
إزاحة النابض	المسافة التي يستطيلها أو ينضغطها النابض عن موضع اتزانه	
فائدة	معظم النوابض تحقق قانون هوك، وتسمى عندها النوابض المرنة	
تنبيه	ثابت النابض يعتمد على صلابته وخصائص أخرى له	
مثال توضيحي	ما مقدار استطالة نابض عند تعليق جسم وزنه 18 N في نهايته إذا كان ثابت النابض له 56 N/m ؟ $F = kx \Rightarrow x = \frac{F}{k} = \frac{18}{56} = 0.32\ \text{m}$	

طاقة الوضع المرونية في نابض

تمثيل قانون هوك بيانيًا	• العلاقة بين القوة المؤثرة واستطالة النابض علاقة طردية خطية. • ميل الخط البياني في العلاقة بين القوة المؤثرة على نابض واستطالته يُمثل ثابت النابض. • المساحة تحت المنحنى تساوي عدديًا الشغل المبذول لاستطالة النابض. • المساحة تحت المنحنى تساوي عدديًا طاقة الوضع المرونية المخزّنة في النابض. 	
العلاقة الرياضية	$PE_{sp} = \frac{1}{2}kx^2$	PE_{sp} طاقة الوضع المرونية في النابض [J] k ثابت النابض [N/m] x إزاحة النابض [m]
مثال توضيحي	ما مقدار طاقة الوضع المرونية المخزّنة في نابض عند ضغطه مسافة 16.5 cm إذا كان ثابت النابض يساوي 144 N/m ؟ $PE_{sp} = \frac{1}{2}kx^2 = \frac{1}{2}(144)(16.5\times10^{-2}) = 1.96\,J$	
تنبيه	في النابض: الزمن الدوري للاهتزازة يعتمد على .. • كتلة الجسم. • مرونة النابض.	

البندول البسيط

وصفه	أداة توضح الحركة التوافقية البسيطة، ويتكوّن من جسم ثقيل معلق بخيط	
طريقة عمله	ثقل البندول يُسحب جانبًا ثم يُترك فيتأرجح جيئةً وذهابًا	
من تطبيقاته	يُستخدم البندول في حساب تسارع الجاذبية الأرضية	
تعليل	القوة المحصلة المؤثرة في البندول دائمًا قوة إرجاع ؛ علل ؛ لأنها دائمًا معاكسة لاتجاه إزاحة البندول وتعمل على إرجاع الثقل إلى موضع اتزانه	
فائدة	عندما تكون زاوية ميل خيط البندول صغيرة فإن .. • قوة الإرجاع تتناسب طرديًا مع الإزاحة. • حركة البندول حركة توافقية بسيطة.	
الزمن الدوري للبندول بمعلومية طول خيطه	$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$	T الزمن الدوري للبندول [s] l طول خيط البندول [m] g تسارع الجاذبية الأرضية [m/s^2]

مثال توضيحي	ما الزمن الدوري لبندول طوله 1.4 m ؟ علمًا أن تسارع الجاذبية الأرضية 9.8 m/s² . $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} = 2(3.14)\sqrt{\frac{1.4}{9.8}} = 2.37\ s$
الزمن الدوري للبندول البسيط	• يعتمد على: طول الخيط، تسارع الجاذبية الأرضية. • لا يعتمد على: كتلة ثقل البندول، سعة الاهتزازة.

الكميات الفيزيائية في البندول البسيط		القوة المحصلة	التسارع	السرعة المتجهة
	عند موضع الاتزان	صفرًا	صفرًا	أكبر ما يمكن
	عند أقصى إزاحة يمينًا أو يسارًا	أكبر ما يمكن	أكبر ما يمكن	صفرًا

الرنين

وصفه	حالة خاصة تُعد شكلاً مميزًا للحركة التوافقية البسيطة يؤدي إلى زيادة سعة الاهتزاز
من أمثلته	• أرجحة السيارة إلى الأمام والخلف من أجل تحرير عجلاتها من الرمل المنغمرة فيه. • القفز المتواتر عن لوح القفز أو الغوص.
مثال توضيحي	إذا كانت عجلات سيارة غير متوازنة فسوف تهتز السيارة بقوة عند سرعة محددة، ولا يحدث ذلك عند سرعات أقل أو أكبر من هذه السرعة؛ فسر ذلك. عند هذه السرعة تحدث ظاهرة الرنين؛ حيث يتوافق تردد دوران العجلات مع تردد رنين السيارة لذلك تزداد سعة الاهتزاز فتهتز السيارة بقوة ولا يحدث الرنين عند بقية السرعات.

الموجة

تعريفها	{ اضطراب يحمل الطاقة خلال المادة أو الفراغ ولا ينقل جزيئات الوسط الناقل }	
أنواع الموجات الميكانيكية	الموجة المستعرضة	{ موجة تتذبذب عموديًا على اتجاه انتشار الموجة }
	الموجة الطولية	{ موجة ينتقل فيها الاضطراب في اتجاه حركة الموجة نفسها }
	الموجة السطحية	{ موجة ناتجة عن حركة دقائق الوسط في كلا الاتجاهين: الموازي للموجة نفسها والمتعامد مع اتجاه انتشارها }
تنبيه	الموجات السطحية لها خصائص الموجات المستعرضة وخصائص الموجات الطولية	
فائدة	الموجات الميكانيكية تحتاج إلى وسط ناقل مثل: الماء والصوت والحبال والنوابض	
نبضة الموجة	{ نبضة مفردة أو اضطراب مفرد ينتقل خلال الوسط }	

قياس الموجة

خصائص الموجات	• السرعة. • السعة. • الطور. • الطول الموجي. • الزمن الدوري. • التردد.
سرعة الموجة	• سرعة معظم الموجات الميكانيكية تعتمد على خصائص الوسط الذي تنتقل خلاله. • مثال: سرعة موجات التابض تعتمد على مقدار شدّه وعلى كتلة وحدة الأطوال.
العلاقة الرياضية	$v = \frac{\Delta d}{\Delta t}$ v سرعة الموجة [m/s] Δd إزاحة قمة الموجة [m] Δt الزمن [s]
سعة الموجة	{ الإزاحة القصوى للموجة عن موضع سكونها أو اتزانها }
فوائد	• سعة الموجة تعتمد على كيفية توليدها ولا تعتمد على سرعتها. • معدل نقل الموجة للطاقة يتناسب طرديًا مع مربع سعتها.

الطور

الاتفاق في الطور	• أيّ نقطتين في الموجة بينهما مسافة تعادل مضاعفات صحيحة للطول الموجي يكونان في الطور نفسه. • إذا كان جسيمين في وسط ما الإزاحة نفسها عن موضع الاتزان والسرعة المتجهة نفسها فإن هما الطور نفسه.
الاختلاف في الطور	• إذا كان الجسيمان في وسط ما متعاكسين في الإزاحة عن موضع الاتزان وفي السرعة المتجهة فإنهما مختلفين في الطور بـ 180° . • الاختلاف في الطور بين القمة والقاع 180° .

الطول الموجي

تعريفه	{ أقصر مسافة بين أي نقطتين بحيث يتكرر نمط الموجة نفسه }	رمزه	λ « لمدا »
فائدة	المسافة بين قمتين متتاليتين أو قاعين متتاليين يعادل طول الموجة		
قمة الموجة	أعلى نقطة في الموجة	قاع الموجة	أسفل نقطة في الموجة

الزمن الدوري والتردد

الزمن الدوري	{ الزمن الذي يحتاج إليه الجسم المتذبذب حتى يُكمل دورة كاملة }

فائدتان	• الزمن الدوري للموجة يساوي الزمن الدوري للمصدر. • الزمن الذي تتطلبه النقطة حتى تعود إلى طورها الابتدائي يعادل الزمن الدوري.
تردد الموجة	{ عدد الاهتزازات الكاملة التي يتمها الجسم المهتز في الثانية الواحدة }
العلاقات الرياضية	$\text{التردد} = \frac{\text{عدد الاهتزازات}}{\text{الزمن}}$ ⟹ $f = \frac{1}{T}$ ⟹ $T = \frac{1}{f}$ الزمن [s] f التردد [Hz] T الزمن الدوري [s]
فائدة	الزمن الدوري وتردد الموجة .. • يعتمدان على مصدر الموجة. • لا يعتمدان على الوسط ولا على سرعة الموجة.

التردد وطول الموجة

علاقة التردد بطول الموجة	• طول الموجة يتناسب عكسيًا مع التردد ؛ إذا نقص أحدهما زاد الآخر ؛. • لزيادة طول الموجة يجب أن يكون التردد صغيراً.
علاقات رياضية	$v = f\lambda$ ⟹ $\lambda = \frac{v}{f}$ λ طول الموجة [m] v سرعة الموجة [m/s] f تردد الموجة [Hz] T الزمن الدوري [s]
مثال توضيحي ١	ولّد مصدر في حبل اضطرابًا تردده 6 Hz ؛ فإذا كانت سرعة الموجة المستعرضة في الحبل 15 m/s فما طولها الموجي؟ $\lambda = \frac{v}{f} = \frac{15}{6} = 2.5\ \text{m}$
مثال توضيحي ٢	إذا كان طول موجة محيطية 12 m وتمر بموقع ثابت كل 3 s فما سرعة الموجة؟ $\lambda = vT$ ⟹ $v = \frac{\lambda}{T} = \frac{12}{3} = 4\ \text{m/s}$

الموجات عند الحواجز

انعكاس الموجات	يحدث عندما تصل الموجة إلى حدود الوسط الذي تنتقل خلاله وتنعكس الموجة كلها أو جزء منها وترتد إلى الخلف داخل الوسط نفسه
الموجة الساقطة	{ الموجة التي تصطدم بالحد الفاصل بين وسطين }
الموجة المنعكسة	{ الموجة المرتدة الناتجة عن انعكاس بعض طاقة نبضة الموجة الساقطة إلى الخلف }
انكسار الموجات	يحدث عندما تصل الموجة إلى حدود الوسط الذي تنتقل خلاله وتمر الموجة كلها أو جزء منها خلال الحد الفاصل إلى وسط آخر ويتغير اتجاهها عند الحد الفاصل

فائدة	عندما تمر الموجة خلال حد فاصل إلى وسط آخر مختلف .. • تتغير سرعة الموجة واتجاهها وسعتها وطولها الموجي. • لا يتغير تردد الموجة.
تنبيه	يمكن لموجتين أو أكثر أن تكونان في الوسط نفسه خلال الزمن نفسه

انتقال موجة خلال حد فاصل

انتقال نبضة من نابض سميك إلى آخر أقل سُمكًا	عند انتقال نبضة الموجة الساقطة من النابض الأسمك إلى النابض الأقل سُمكًا .. • تقل سرعة نبضة الموجة المنتقلة تبقى معتدلة ، متجهة لأعلى . • ينعكس جزء من طاقة نبضة الموجة الساقطة إلى الخلف في اتجاه النابض السميك على شكل موجة مرتدة ، الموجة المنعكسة ، معتدلة ، متجهة لأعلى .
فائدة	إذا كانت سرعة الموجات أكبر في النابض الأقل سمكًا ستنقلب الموجة
انتقال نبضة في نابض متصل مع حائط	• تنعكس النبضة عن الحائط مرتدة إلى النابض. • سعة النبضة المرتدة تساوي سعة النبضة الساقطة. • تنعكس معظم طاقة الموجة إلى الخلف وقليل منها ينتقل إلى الحائط. • النبضة المنعكسة تكون مقلوبة ، متجهة لأسفل .

تراكب الموجات

مبدأ تراكب الموجات	{ الإزاحة الحادثة في الوسط والناتجة عن موجة أو أكثر تساوي المجموع الجبري للإزاحات الناتجة عن كل موجة على حدة }

التداخل

تعريفه	{ الأثر الناتج عن تراكب موجتين أو أكثر }			
أنواعه	تداخل هدّام		تداخل بنّاء	
	تداخل هدّام تام	تداخل هدّام غير تام	تداخل بنّاء تام	تداخل بنّاء غير تام

العقدة	{ النقطة الثابتة التي تلتقي فيها نبضتان موجيتان في الموقع نفسه حيث تصبح الإزاحة الناتجة صفرًا }
البطن	{ النقطة ذات الإزاحة الكبرى عند التقاء نبضتي موجة }

الموجة الموقوفة « المستقرة »

تعريفها	{ الموجة التي تظهر واقفة وساكنة؛ تتولد عند تداخل موجتين تتحركان في اتجاهين متعاكسين }
قانونها	في حالة الموجة الموقوفة في نابض مثبت الطرفين عدد البطون أقل من عدد العقد بمقدار 1

الموجات في بعدين

أنواع الموجات	• موجات تتحرك في بُعد واحد: الموجات في الحبل والنابض. • موجات تتحرك في بُعدين: الموجات على سطح الماء. • موجات تتحرك في ثلاثة أبعاد: الموجات الكهرومغناطيسية وموجات الصوت.
مقدمة الموجة	{ الخط الذي يمثل قمة الموجة في بعدين }
الشعاع	{ الخط الذي يبين اتجاه الموجة المتنقلة ويرسم عموديًا على قمة الموجة }

انعكاس الموجات في بعدين

حوض الموجات	يُستعمل لبيان خصائص الموجات المنتشرة في بعدين	
تعريفات	العمود المقام	{ الخط الذي يبين اتجاه الحاجز في مخطط الأشعة ويرسم عموديًا على الحاجز }
	زاوية السقوط	{ الزاوية المحصورة بين الشعاع الساقط والعمود المقام }
	زاوية الانعكاس	{ الزاوية المحصورة بين الشعاع المنعكس والعمود المقام }
	قانون الانعكاس	{ زاوية السقوط تساوي زاوية الانعكاس }

انكسار الموجات في بعدين

تعريفه	{ التغير في اتجاه الموجات عند الحد الفاصل بين وسطين مختلفين }
حوض الموجات	يستعمل لتمثيل سلوك الموجات عندما تنتقل من وسط إلى آخر
تكوّن قوس المطر	قطرات المطر تُحلل الضوء الأبيض إلى ألوان الطيف السبعة بفعل الانكسار

الفصل ٨ : الصوت

الموجات الصوتية

تعريفها	{ تغير في الضغط ينتقل خلال مادة على شكل موجة طولية }
نوعها	الموجة الصوتية موجة طولية ؛ علل ؛ لأن جزيئات الهواء تهتز موازية لاتجاه حركة الموجة
مكوِّناتها	• منطقة ذات ضغط مرتفع ؛ تضاغط ؛. • منطقة ذات ضغط منخفض ؛ تخلخل ؛.
مصدرها	تلبذب ؛ اهتزاز ؛ جسم في وسط مادي
انتقالها	الوسط الناقل: المواد الصلبة ، المواد السائلة ، المواد الغازية كيفية انتقالها: • المصدر المهتز يُنتج تغيرات في ضغط الهواء. • جزيئات الهواء تتصادم فتنتقل تغيرات الضغط بعيداً عن المصدر. تعليل: لا تنتقل الموجات الصوتية في الفراغ ؛ علل ؛ لعدم وجود جزيئات تتصادم وتنقل الموجة
فوائد	• تستخدم الحيوانات الصوت للصيد والتزاوج والتحذير من اقتراب الحيوانات المفترسة. • بعض الأصوات تزيد من مستوى القلق لدى الناس ومنها صفارات الإنذار. • بعض الأصوات تساعد على التهدئة وإراحة النفس ومنها الأذان وتلاوة القرآن.

خصائص الموجات الصوتية

أهم الخصائص	• السرعة. • التردد. • الزمن الدوري. • الطول الموجي.
تصنيف خصائص الصوت حسب تأثرها بالوسط	تصنف خصائص الصوت حسب تأثرها بالوسط المتحركة فيه إلى .. خصائص تتأثر بالوسط المتحركة فيه: السرعة ، الطول الموجي خصائص لا تتأثر بالوسط المتحركة فيه: التردد ، الزمن الدوري
التردد	{ عدد التلبذبات في قيمة الضغط في الثانية الواحدة }
الطول الموجي	{ المسافة بين مركزي ضغط مرتفع متتاليين أو بين مركزي ضغط منخفض متتاليين }
العلاقة الرياضية	$\lambda = \frac{v}{f}$ λ طول الموجة [m] v سرعة الموجة [m/s] f تردد الموجة [Hz]

مثال توضيحي ١	ما الطول الموجي لموجة صوتية ترددها 18 Hz تتحرك في هواء درجة حرارته 20 °C ؟ علمًا أن سرعة الصوت فيه 343 m/s . $\lambda = \frac{v}{f} = \frac{343}{18} =$ 19 m
مثال توضيحي ٢	تنتقل موجة صوتية ترددها 2280 Hz وطولها الموجي 0.655 m في وسط غير معروف؛ ما سرعة الموجة الصوتية؟ $\lambda = \frac{v}{f} \rightarrow v = \lambda f = 0.665 \times 2280 =$ 1493.4 m/s

سرعة الصوت

قيمتها	• سرعة الصوت في المواد الصلبة أكبر من سرعته في السوائل. • سرعة الصوت في السوائل أكبر من سرعته في الغازات.
أثر درجة الحرارة	• سرعة الصوت تزيد بزيادة درجة الحرارة. • مقدار الزيادة في سرعة الصوت في الهواء 0.6 m/s لكل درجة حرارة 1 °C . • الطول الموجي يزيد بزيادة درجة الحرارة. • تردد موجة الصوت لا يتغير عند تغير درجة الحرارة.

صدى الصوت

تعريفه	{ موجات الصوت المنعكسة عن الأجسام عند رجوعها إلى مصدرها }	
استخدامه	إيجاد المسافة بين مصدر الصوت والجسم الذي انعكس عنه الصوت	
تطبيقاته	بعض السفن التي تستخدم السونار ، بعض الكاميرات ، الخفافيش	
العلاقة الرياضية	$\Delta d = v\Delta t$	Δd بعد الجسم عن مصدر الصوت [m] v سرعة الموجة الصوتية في الوسط [m/s] Δt الزمن [s]
مثال توضيحي	إذا وقفت عند طرف وادٍ وصرخت وسمعت الصدى بعد مرور 0.8 s فما عرض هذا الوادي؟ علمًا أن سرعة الصوت في الهواء 343 m/s . $\Delta t = \frac{0.8}{2} = 0.4$ s $\Delta d = v\Delta t = 343 \times 0.4 =$ 137.2 m	
البقع الميتة	تنشأ عند العقد نتيجة تداخل موجتين صوتيتين، ويكون الصوت عندها ضعيفًا جدًا	

كاشفات الصوت

من أمثلتها	الميكروفون ، الأذن البشرية	
مبدأ عملها	تحويل الطاقة التي تحملها موجة الصوت إلى شكل آخر من أشكال الطاقة	
الميكروفون	مكوّناته	قرص رقيق يهتز استجابة للموجات الصوتية وينتج إشارة كهربائية
	تحولات الطاقة	الميكروفون يُحوّل الطاقة الصوتية إلى طاقة كهربائية
تعليل	يستطيع الإنسان التمييز بين أنواع مختلفة من الأصوات « علل » لأن الأذن تستشعر الموجات الصوتية لمدى واسع من الترددات	

إدراك الصوت

نوعاه	حدة الصوت ، علو الصوت	
حدة الصوت	{ خاصية للصوت تعتمد على تردد الاهتزاز، وتميز بواسطتها الأصوات الرفيعة « الحادة » عن الأصوات الغليظة }	
علوّ الصوت	المقصود به	{ شدة الصوت كما تحسه الأذن ويدركه الدماغ، ويعتمد على سعة موجة الضغط « الموجة الصوتية » }
	فائدة	سعة الموجة الصوتية مقياس لتغير الضغط في الموجة

مستوى الصوت

المقصود به	{ مقياس لوغاريتمي لقياس سعات الموجات الصوتية }
وحدة قياسه	ديسبل « dB »
مقياس الديسبل	مقياس يُستعمل لوصف تغيرات الضغط، ولوصف قدرة موجات الصوت وشدتها
علاقة التغير في ضغط الصوت بالتغير في مستوى الصوت	الزيادة في مستوى الصوت بمقدار 20 dB تعني تضاعف ضغط الصوت 10 أضعاف؛ وبصورة رياضية .. $\text{التغير في ضغط الصوت} = 10^{\left(\frac{\text{التغير في ضغط الصوت}}{20}\right)}$
مثال توضيحي	صوت مستواه 40 dB ؛ هل تغير ضغطه أكبر 100 مرة من عتبة السمع، أم 40 مرة؟ $\text{التغير في ضغط الصوت} = 10^{\left(\frac{\text{التغير في ضغط الصوت}}{20}\right)} = 10^{\left(\frac{40}{20}\right)} = 10^2 = 100$

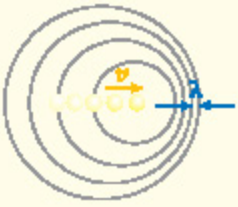
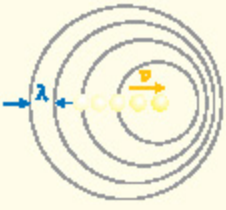
تأثير الأصوات الصاخبة	• التعرض للأصوات الصاخبة ؛ مستوى الصوت المرتفع ؛ يُسبب ضعف السمع. • ضعف السمع هو فقدان الأذن لحساسيتها وخصوصًا للترددات العالية. • كلما تعرض الشخص للأصوات الصاخبة فترة أطول كان التأثير أكبر. • التعرض الطويل لمستوى الصوت 100 dB فأكثر يؤدي إلى ضرر دائم.
حساسية الأذن	حساسية الأذن البشرية للصوت تعتمد حدة الصوت وسعة الصوت

أساسيات عن تأثير دوبلر

تعريفه	{ التغير في تردد الصوت الناتج عن تحرك مصدر الصوت أو الكاشف أو كليهما }	
العلاقة الرياضية	$f_d = f_s \frac{v - v_d}{v - v_s}$ تنبيه: نستخدم هذه العلاقة عندما يكون المصدر والكاشف متحركين.	f_d التردد الذي يدركه الكاشف [Hz] f_s تردد الموجة [Hz] v السرعة المتجهة لموجة المصدر [m/s] v_d السرعة المتجهة للكاشف [m/s] v_s السرعة المتجهة لمصدر الصوت [m/s]
مثال توضيحي	افترض أنك في سيارة تتحرك بسرعة 24.6 m/s ، وتتحرك سيارة أخرى في الجاهك بالسرعة نفسها ؛ فإذا انطلق المنبه فيها بتردد 475 Hz فما التردد الذي ستسمعه؟ علمًا أن سرعة الصوت في الهواء 343 m/s . $f_d = f_s \frac{v - v_d}{v - v_s} = 475 \left(\frac{343 + 24.6}{343 - 24.6}\right) = 548 \text{ Hz}$	
حالات خاصة	المصدر متحرك والكاشف ثابت $f_d = f_s \left(\frac{1}{1 - \frac{v_s}{v}}\right)$ تنبيه: إشارة v_s موجبة.	المصدر ثابت والكاشف متحرك $f_d = f_s \left(1 - \frac{v_d}{v}\right)$ تنبيه: إشارة v_d سالبة.
مثال توضيحي	افترض أنك في سيارة تتحرك بسرعة 25 m/s في اتجاه صفارة إنذار ؛ فإذا كان تردد صوت الصفارة 365 Hz فما التردد الذي ستسمعه؟ علمًا أن سرعة الصوت في الهواء 343 m/s . $f_d = f_s \left(1 - \frac{v_d}{v}\right) = 365 \left(1 - \frac{-25}{343}\right) = 392 \text{ Hz}$	

حالات تأثير دوبلر

أولاً: المصدر متحرك والكاشف ثابت

مصدر الصوت يقترب من الكاشف	• يزداد حدة الصوت. • تتقارب الموجات في المنطقة بين المصدر والكاشف فينقص الطول الموجي. • يزداد عدد القمم التي تصل إلى الكاشف في كل ثانية. • يزداد التردد الذي يستقبله الكاشف.	
مصدر الصوت يبتعد عن الكاشف	• تنقص حدة الصوت. • تتباعد الموجات في المنطقة بين المصدر والكاشف فيتزايد الطول الموجي. • ينقص عدد القمم التي تصل إلى الكاشف في كل ثانية. • ينقص التردد الذي يستقبله الكاشف.	

ثانيًا: الكاشف متحرك والمصدر ثابت

اقتراب الكاشف من المصدر	• تزداد حدة الصوت. • تزداد السرعة المتجهة النسبية. • يزداد عدد القمم التي تصل إلى الكاشف في كل ثانية. • يزداد التردد الذي يستقبله الكاشف.	
ابتعاد الكاشف عن المصدر	• تنقص حدة الصوت. • تنقص السرعة المتجهة النسبية. • ينقص عدد القمم التي تصل إلى الكاشف في كل ثانية. • ينقص التردد الذي يستقبله الكاشف.	

فائدة

تأثير دوبلر يحدث لجميع الموجات الميكانيكية والكهرومغناطيسية

تطبيقات تأثير دوبلر

كواشف الرادار	• قياس سرعة كرات البيسبول.	• قياس سرعة المركبات.
في الفلك	• قياس سرعة المجرات.	• استنتاج بُعد المجرات عن الأرض.
في الطب	قياس سرعة حركة جدار قلب الجنين بجهاز الموجات فوق الصوتية	

الخفافيش	• الطيران. • الكشف عن الحشرات الطائرة والتراسها: عندما تطير الحشرة بسرعة أكبر من سرعة الخفاش يكون التردد المنعكس عنها أصغر، وعندما يلحق الخفاش بالحشرة ويقترب منها يكون التردد المنعكس عنها أكبر.

مصادر الصوت

أمثلة	من أمثلة السطوح المهتزة التي تصدر الصوت: الدفوف ، الصنوج ، الطبول	
مبدأ عملها	اهتزازات الجسم تؤدي إلى تحريك الجزيئات التي تتسبب في إحداث تذبذب في ضغط الهواء	
الأوتار الصوتية	المقصود بها	زوج من الأغشية في الحنجرة
	أهميتها	إنتاج الصوت البشري عند اهتزازها
	آلية عملها	يندفع الهواء من الرئتين مارًا عبر الحنجرة فتهتز الأوتار الصوتية منتجة الصوت البشري
	فائدة	يتم التحكم في تردد الاهتزاز من خلال عضلات الشد الموجودة على الأوتار الصوتية
الآلات الوترية	مصدر الصوت	اهتزاز الأسلاك أو الأوتار عن طريق .. • ضربها. • سحبها. • احتكاكها بقوس.
	فائدة	اهتزاز اللوحة الصوتية المتصلة بالأوتار يُحدث ذبذبات في قيمة ضغط الهواء فينتج الصوت
للاطلاع	قال تعالى: { وَمِنَ النَّاسِ مَن يَشْتَرِي لَهْوَ الْحَدِيثِ لِيُضِلَّ عَن سَبِيلِ اللَّهِ بِغَيْرِ عِلْمٍ وَيَتَّخِذَهَا هُزُوًا أُولَٰئِكَ لَهُمْ عَذَابٌ مُّهِينٌ } (سورة لقمان: ٦) قال ابن عباس رضي الله عنهما: هو الغناء، وقال مجاهد رحمه الله: اللهو الطبل، وقال الحسن البصري رحمه الله: نزلت هذه الآية في الغناء والمزامير. قال ابن القيم رحمه الله: ويكفي تفسير الصحابة والتابعين للهو الحديث بأنه الغناء فقد صح ذلك عن ابن عباس وابن مسعود، قال أبو الصهباء: سألت ابن مسعود عن قوله تعالى: { ومن الناس من يشتري لهو الحديث } ، فقال: والله الذي لا إله غيره هو الغناء ـ يرددها ثلاث مرات ـ، وصح عن ابن عمر رضي الله عنهما أيضًا أنه الغناء.	

الأعمدة الهوائية « الأنابيب »

أنواعها	• أعمدة هوائية مفتوحة « طرفاها مفتوحان ». • أعمدة هوائية مغلقة « أحد طرفيها مفتوح والآخر مغلق ».
أهميتها	تعمل في حالة الرنين على .. • تضخيم مجموعة محددة من الترددات لتضخيم نغمة منفردة. • تحويل الأصوات العشوائية إلى أصوات منتظمة.
الرنين	• يزيد سعة الاهتزاز بواسطة تكرار تطبيق قوة خارجية صغيرة بالتردد نفسه. • طول عمود الهواء يحدد ترددات الهواء المهتز التي ستكون في حالة رنين. • تغيير طول عمود الهواء يؤدي إلى تغيير حدة صوت الآلة.
حدوث الرنين في الأعمدة الهوائية	• الشوكة الرنانة فوق أنبوب مجوف تُولِّد موجة صوتية تتكوَّن من ذبذبات مرتفعة الضغط وأخرى منخفضة الضغط. • الموجة الصوتية تتحرك إلى أسفل عمود الهواء وعند وصولها إلى الطرف الآخر تنعكس. • عند التقاء موجة الضغط المرتفع المنعكسة مع موجة ضغط مرتفع مُتولِّدة من الشوكة الرنانة تقوِّي كل منهما الأخرى فتتولَّد موجة مستقرة « موقوفة » ويحدث الرنين.
تنبيهان	• في الأنبوب المغلق موجة الضغط المرتفع تنعكس موجة ضغط مرتفع. • في الأنبوب المفتوح موجة الضغط المرتفع تنعكس موجة ضغط منخفض.

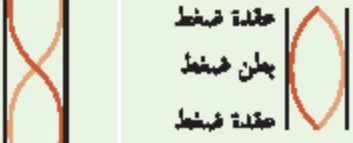
الموجة الموقوفة « المستقرة »

أجزاؤها	عقد ، بطون	تمثيلها بيانيًا	تُمثَّل بموجة جيب
موجة الجيب المُمثِّلة لضغط الهواء	• العقد: تُمثِّل مناطق الضغط المتوسط. • البطون: يتذبذب عندها الضغط بين قيمتيه العظمى والصغرى.		
موجة الجيب المُمثِّلة لإزاحة الهواء	• العقد: تُمثِّل مناطق الإزاحة المنخفضة. • البطون: تُمثِّل مناطق الإزاحة المرتفعة.		
فائدة	المسافة بين بطنين متتاليين أو بين عقدتين متتاليتين تساوي نصف طول موجة		

الرنين في الأعمدة الهوائية المغلقة « الأنابيب المغلقة »

الرنين	الأول	الثاني	الثالث
مكوناته	بطن عند الطرف المغلق وعقدة عند الطرف المفتوح	بطنان وعقدتان	3 بطون ، 2 عقد
طوله	رُبع الطول الموجي $L = \frac{\lambda}{4}$	ثلاثة أرباع الطول الموجي $L = \frac{3\lambda}{4}$	خمسة أرباع الطول الموجي $L = \frac{5\lambda}{4}$
شكل توضيحي			
بشكل عام	• أقصر عمود هوائي مغلق يحدث رنينًا مع موجاته الموقوفة يساوي رُبع الطول الموجي. • طول الرنين = عدد فردي × مضاعفات رُبع الطول الموجي. • من الناحية العملية: طول الرنين الأول في الأعمدة الهوائية المغلقة أطول قليلاً من رُبع الطول الموجي حيث أن تغيرات الضغط لا تنخفض إلى الصفر تمامًا عند الطرف المفتوح بل تتكون العقدة بعد الطرف المفتوح بمسافة تساوي 0.4 من قطر الأنبوب. • المسافة بين كل رنين والذي يليه = الفواصل بين أوضاع الرنين = $\frac{\lambda}{2}$. • يستخدم قياس المسافة بين كل رنين والذي يليه لإيجاد سرعة الصوت في الهواء.		
مثال توضيحي	إذا وضعت شوكة رنانة تهتز بتردد 440 Hz فوق عمود أنبوب مغلق فأوجد الفواصل بين أوضاع الرنين عندما تكون درجة حرارة الهواء 20 °C علمًا أن سرعة الصوت في الهواء 343 m/s . $\lambda = \frac{v}{f} = \frac{343}{440} = 0.78\ m$ الفواصل بين أوضاع الرنين $= \frac{\lambda}{2} = \frac{0.78}{2} = 0.39\ m$		

الرنين في الأعمدة الهوائية المفتوحة « الأنابيب المفتوحة »

الرنين	الأول	الثاني	الثالث
مكوناته	بطن واحد، وعقدة عند كل طرف من طرفيه	بطنين وثلاث عقد	3 بطون ، 4 عقد
طوله	نصف الطول الموجي $L=\frac{\lambda}{2}$	طول موجي كامل $L=\lambda$	ثلاثة أضعاف نصف الطول الموجي $L=\frac{3\lambda}{2}$
شكل توضيحي			
بشكل عام	• أقصر عمود هوائي مفتوح يحدث رنينًا مع موجاته الموقوفة يساوي نصف الطول الموجي. • طول الرنين = عدد صحيح × مضاعفات نصف الطول الموجي. = عدد زوجي × مضاعفات رُبع الطول الموجي. • المسافة بين كل رنين والذي يليه « الفواصل بين أوضاع الرنين » = $\frac{\lambda}{2}$.		

تطبيقات على الرنين

أهمية الرنين	يؤدي إلى زيادة علو ترددات صوتية مخصصة
أمثلة على أعمدة في حالة رنين	• القناة السمعية في الأذن: تعمل كأنها عمود هوائي مغلق في حالة رنين مما يساعد على زيادة حساسية الأذن للترددات بين 2000 Hz و 5000 Hz . • الأنفاق: تسمع للصوت دويًا عندما تصرخ داخل نفق طويل « **علل** : لأن النفق يعمل بوصفه أنبوبًا هوائيًا مفتوحًا في حالة رنين. • الصدفات البحرية: الصدفات البحرية تُضخم ترددات معينة من الأصوات المحيطة « **علل** : لأنها تعمل عمل أنبوب هوائي مغلق في حالة رنين.

الموجات المتولدة في الأوتار

طرق توليدها	النقر ، الشد ، الضرب	
فائدة	أشكال الموجات في الأوتار المهتزة تختلف بحسب طريقة توليدها	
الرنين الأول	مكوناته	بطن واحد وعقدة عند كل طرف من طرفيه
	طوله	نصف الطول الموجي؛ $L = \frac{\lambda}{2}$
	فائدة	أقصر وتر مشدود يحدث رنينًا مع موجاته الموتولة = $\frac{\lambda}{2}$
الرنين الثاني	مكوناته	بطنين وثلاث عقد
	طوله	طول موجي كامل؛ $L = \lambda$
الرنين الثالث	مكوناته	3 بطون ، 4 عقد
	طوله	ثلاثة أضعاف نصف الطول الموجي ، $L = \frac{3\lambda}{2}$
طول الرنين	• طول الرنين = عدد صحيح × مضاعفات نصف الطول الموجي. • طول الرنين = عدد فردي × مضاعفات رُبع الطول الموجي.	
فائدة	المسافة بين كل رنين والذي يليه « الفواصل بين أوضاع الرنين » = $\frac{\lambda}{2}$	
سرعة الموجة في الوتر المشدود	سرعة الموجة في الوتر المشدود تعتمد على .. • الشد في الوتر. • كتلة وحدة الأطوال.	
تنبيه	كلما كان الوتر مشدودًا أكثر .. • ازدادت سرعة حركة الموجة فيه. • ازدادت قيمة تردد موجاته المستقرة.	

جودة الصوت

الشوكة الرنانة	• تُولِّد صوتًا معتدلاً غير مرغوب فيه. • تهتز أطرافها بحركة توافقية بسيطة وتنتج موجة جيبية بسيطة.
الأصوات البشرية	• موجات معقدة تنتج عن عمود هوائي مغلق. • تُولَّد وفق مبدأ التراكب لجمع موجات ذات ترددات مختلفة. • شكل موجاتها يعتمد على السعات النسبية للترددات المختلفة.
فائدة	الفرق بين الموجات البسيطة والموجات المعقدة يسمى طابع الصوت أو لون النغمة أو جودتها

طيف الصوت

تعريفات	طيف الصوت	{ الرسم البياني لسعة الموجة مقابل ترددها }
	التردد الأساسي	{ أقل تردد يُحدث رنينًا في الأعمدة الهوائية }
	الإيقاعات	{ الترددات التي تكون عندها الأعمدة الهوائية في حالة رنين }

	الأعمدة الهوائية المغلقة	الأعمدة الهوائية المفتوحة	الأوتار	الرنين
ترددات الإيقاعات	$f_1 = \frac{v}{4L}$	$f_1 = \frac{v}{2L}$	$f_1 = \frac{v}{2L}$	التردد الأساسي
	$f_1 = \frac{3v}{4L}$	$f_1 = \frac{v}{L}$	$f_1 = \frac{v}{L}$	الإيقاع الأول
	$f_1 = \frac{5v}{4L}$	$f_1 = \frac{3v}{4L}$	$f_1 = \frac{3v}{4L}$	الإيقاع الثاني

في الأعمدة الهوائية المغلقة	في الأعمدة الهوائية المفتوحة والأوتار
ترددات الإيقاعات مضاعفات فردية للتردد الأساسي	ترددات الإيقاعات مضاعفات صحيحة للتردد الأساسي
$f_1, 3f_1, 5f_1, \ldots$	$f_1, 2f_1, 3f_1, \ldots$

مقارنة بين ترددات الرنين

مثال توضيحي ١

إذا أنتج أنبوب مغلق نغمة ترددها 370 Hz فما ترددات أقل ثلاثة إيقاعات ينتجها الأنبوب؟

$$f_1 = 1f_1 = 1 \times 370 = 370 \text{ Hz}$$
$$f_2 = 3f_1 = 3 \times 370 = 1110 \text{ Hz}$$
$$f_3 = 5f_1 = 5 \times 370 = 1850 \text{ Hz}$$

مثال توضيحي ٢

وتر يصدر نغمة حادة ترددها 370 Hz ؛ ما ترددات الإيقاعات الثلاثة اللاحقة؟

$$f_1 = 2f_1 = 2 \times 370 = 740 \text{ Hz}$$
$$f_2 = 3f_1 = 3 \times 370 = 1110 \text{ Hz}$$
$$f_4 = 4f_1 = 4 \times 370 = 1480 \text{ Hz}$$

إعادة إنتاج الصوت

الأنظمة الصوتية الإلكترونية

- يتم بوساطتها تسجيل وتشغيل الأصوات.
- لإعادة إنتاج الصوت بإتقان يجب أن يلائم « يعدّل » النظام جميع ترددات الصوت بالتساوي.
- النظام الصوتي « الستيريو » الجيد يحافظ على السعات لكل الترددات التي تسمعها الأذن بحيث لا تزيد عن 3 dB .

الضجيج

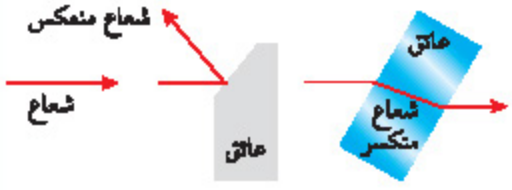
- يتكوّن من ترددات متعددة ويتضمن تغيرات عشوائية في التردد والسعة.
- يمكن تخفيض الضجيج عن طريق تخفيض عدد الترددات.

الفصل ٩ : أساسيات الضوء

الضوء

مسار الضوء	• الضوء يسير في خطوط مستقيمة. • دقائق الغبار المنتشرة في الهواء تجعل مسار الضوء مرئيًا. • عندما يعترض جسمك ضوء الشمس ترى هيئة جسمك على صورة ظل.

نموذج الشعاع الضوئي

اعتقاد نيوتن	• الضوء سيل من الجسيمات متناهية الصغر تتحرك بسرعة كبيرة جدًا. • أطلق نيوتن على هذه الجسيمات اسم كريات ضوئية أو جسيمات ضوئية.
هيوجنز	لم يُفسر خصائص الضوء جميعها؛ حيث بينت التجارب أن الضوء يسلك أيضًا سلوك الموجات
تمثيل الضوء	• الضوء يُمثل بشعاع ينتقل في خط مستقيم. • اتجاه الشعاع يتغير إذا اعترض مساره حاجز. 
فائدتان	• نموذج الشعاع الضوئي طريقة لدراسة تفاعل الضوء مع المادة. • طريقة دراسة تفاعل الضوء مع المادة تسمى البصريات أو البصريات الهندسية.

مصادر الضوء

مصادر طبيعية	• الشمس • اللهب والشرر. • بعض أنواع الحشرات مثل اليراع.
مصادر صناعية	• المصابيح المتوهجة. • شاشات التلفاز. • الصمامات الثنائية الباعثة للضوء. • مصابيح الفلورسنت. • أشعة الليزر.
فوائد	• المصدر الرئيس للضوء هو الشمس. • مصادر الضوء الصناعية ناتجة من استخدام الإنسان للكهرباء لإنتاج الضوء. • ضوء الشمس أكثر سطوعًا من ضوء القمر.

المصادر المضيئة والمصادر المستضيئة

المصدر المضيء	تعريفه	{ جسم يبعث ضوءاً من ذاته }
	أمثلته	الشمس ، المصابيح المتوهجة
المصدر المستضيء	تعريفه	{ جسم يصبح مرئيًا نتيجة انعكاس الضوء عنه }
	مثاله	القمر
تعليلات	• المصابيح المتوهجة تُعد مصادراً مضيئة « علل » لأنها تبعث الضوء من ذاتها. • المصابيح المتوهجة تبعث الضوء « علل » بسبب درجة حرارتها العالية. • المصادر المستضيئة والأجسام العادية مرئية بالنسبة لك رغم أنها لا تبعث الضوء « علل » لأنها تعكس الضوء أو تنفذه ليصل إلى عينيك.	

الأوساط المادية

	الوسط	التعريف	مثال
أنواعها	غير شفاف « معتم »	{ وسط لا يمر الضوء من خلاله ويعكس بعض الضوء }	القماش البلاستيكي
	شفاف	{ وسط يمر الضوء من خلاله }	الهواء
	شبه شفاف	{ وسط يمر الضوء من خلاله ولا يسمح للأجسام أن تُرى بوضوح }	مظلة المصباح
فائدة	تستطيع رؤية صورة جسمك على نافذة الزجاج رغم أنه شفاف « علل » لأن الأوساط الشفافة وشبه الشفافة تمرر الضوء وتعكس جزءاً منه		

التدفق الضوئي

تعريفه	{ معدل انبعاث طاقة الضوء من المصدر الضوئي }
وحدة قياسه	لومن « lm »
تعليل	التدفق الضوئي لمصدر يظل ثابتًا مهما اختلف بُعد السطح عنه « علل » لأن العدد الكلي للأشعة الضوئية لا يزداد

الاستضاءة

تعريفها	{ معدل اصطدام الضوء بالسطح }	وحدة قياسها	اللوكس $lx = lm/m^2$
فائدة	الاستضاءة مقياس لعدد الأشعة الضوئية التي تصطدم بسطح ما		
علاقة التربيع العكسي	• الاستضاءة الناتجة بفعل مصدر ضوئي نقطي تتناسب طرديًا مع $\frac{1}{r^2}$. • معناها: عدد أشعة الضوء المتاحة لإضاءة وحدة المساحة تنقص بزيادة مربع البعد عن مصدر الضوء النقطي.		

شدة الإضاءة

تعريفها	{ التدفق الضوئي الذي يسقط على مساحة مقدارها $1\ m^2$ من مساحة السطح الداخلي لكرة نصف قطرها 1 m }	
وحدة قياسها	الشمعة « cd »	
العوامل المؤثرة في الاستضاءة	• التدفق الضوئي: الاستضاءة تزداد بزيادة التدفق الضوئي لمصدر الضوء. • مربع المسافة بين المصدر الضوئي والسطح: تقل الاستضاءة بزيادة المسافة بين المصدر الضوئي والسطح.	
قانونان	• استضاءة سطح بمصدر ضوئي تتناسب **طرديًا** مع التدفق الضوئي للمصدر. • استضاءة سطح بمصدر ضوئي تتناسب **عكسيًا** مع مربع المسافة بين المصدر والسطح.	
الاستضاءة بفعل مصدر نقطي	$E = \frac{P}{4\pi r^2}$	E الاستضاءة [lx] P التدفق الضوئي للمصدر النقطي [lm] r بُعد الجسم عن المصدر النقطي [m]
مثال توضيحي	يتطلب قانون المدارس الحكومية أن تكون الحد الأدنى للاستضاءة 160 lx على سطح كل مقعد؛ وتقتضي المواصفات التي يوصي بها المهندسون المعماريون أن تكون المصابيح الكهربائية على بُعد 2 m فوق المقاعد؛ ما مقدار أقل تدفق ضوئي تولده المصابيح الكهربائية؟ $E = \frac{P}{4\pi r^2} \Rightarrow P = 4\pi Er^2 = 4\pi \times 160 \times 2^2 = 8042.47\ lm$	

سرعة الضوء تاريخيًا

فائدة	الناس قبل القرن 17 اعتقدوا أن الضوء ينتقل لحظيًا ؛ أي لا يحتاج إلى زمن للانتقال ؛

جاليليو	• أول من افترض أن للضوء سرعة محددة. • اقترح طريقة لقياس سرعة الضوء مستخدمًا مفهومي المسافة والزمن. • استنتج أن سرعة الضوء كبيرة جدًا مما يحول دون قياسها عبر مسافة عدة كيلومترات.
الفلكي الدنماركي أولي رومر	• أول من أكد أن الضوء ينتقل بسرعة يمكن قياسها. • رصد الأزمنة عندما كان يخرج القمر Io من منطقة ظل المشتري. • استطاع توقع وقت حدوث كسوف القمر Io وقارن توقعاته بالأزمنة المقيسة فعليًا. • اثبت أن الضوء ينتقل بسرعة محددة.
زمن دوران القمر حول المشتري	توصل أولي رومر إلى أن زمن دوران القمر Io حول المشتري .. • يزداد بمعدل 13 s لكل دورة تقريبًا عندما تبتعد الأرض عن المشتري. • ينقص بمعدل 13 s لكل دورة تقريبًا عندما تقترب الأرض من المشتري.

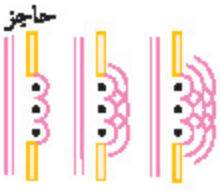
قياسات سرعة الضوء

رومر	استنتج أن الضوء عندما ينتقل مسافة تعادل قطر الأرض يحتاج إلى 22 min	
ألبرت ميكلسون	• طوّر تقنيات حديثة لقياس سرعة الضوء. • قاس الزمن الذي يحتاج إليه الضوء ذهابًا وإيابًا بين جبلين في كاليفورنيا.	
فائدتان	• سرعة الضوء في الفراغ التي تستخدم في الحسابات $c = 3\times10^8$ m/s . • يحتاج الضوء إلى 16.5 min ليقطع مسافة تعادل قطر مدار الأرض.	
العلاقة الرياضية	$c = \frac{d}{t}$	c سرعة الضوء [m/s] d المسافة [m] t الزمن [s]
السنة الضوئية	{ المسافة التي يقطعها الضوء في سنة }	
مثال توضيحي	يحتاج الضوء إلى زمن 1.28 s لينتقل من القمر إلى الأرض؛ ما المسافة بينهما؟ $c = \frac{d}{t} \Rightarrow d = ct = 3\times10^8 \times 1.28 = 384\times10^6$ m	

الطبيعة الموجية للضوء

تذكير	الضوء مكوّن من موجات
تعليل	عندما تسير في اتجاه غرفة الصف والباب مفتوح تسمع صوت المعلم أو الطلاب قبل أن تراهم « علل : لأن الصوت يصل إليك بانحرافه حول حافة الباب أما الضوء فيسير في خطوط مستقيمة
فائدة	الضوء يسلك سلوك الصوت كموجة إلا أن انحراف الضوء أقل وضوحًا من انحراف الصوت

الحيود والنموذج الموجي للضوء

فرانسيسكو ماري جريمالدي	• لاحظ أن حواف الظلال ليست حادة تمامًا وأن الظل مُحاط بحزم ملونة. • أدخل حزمة ضيقة من الضوء إلى داخل غرفة مظلمة. • أمسك بقضيب أمام الضوء وأسقط الظل على سطح أبيض. • الظل المُتكوِّن أعرض منه عند انتقال الضوء في خط مستقيم مروراً بحواف القضيب.
الحيود	{ انحناء الضوء حول الحواجز }
كريستيان هويجنز	• حاول برهنة النموذج الموجي لتفسير ظاهرة الحيود. • اعتبر أن النقاط على مقدمة الموجة الضوئية مصادر جديدة لموجات صغيرة تنتشر في جميع الاتجاهات.
جبهة الموجة	• مقدمة الموجة المستوية تحوي عددًا غير محدود من المصادر النقطية في خط واحد. • عندما تعبر مقدمة الموجة حافة ما فإن الحافة تقطع جبهة الموجة وتنتشر كل موجة دائرية تولدت بوساطة أي نقطة من نقاط هويجنز على شكل موجة دائرية في الحيز الذي انحنت عنده مقدمة الموجة الأصلية. 

تجارب على الألوان

تجربة نيوتن	• مرّر حزمة ضيقة من ضوء الشمس خلال منشور زجاجي. • لاحظ تكون ترتيب منتظم للألوان أطلق عليه اسم الطيف. • سمح للطيف النافذ من المنشور الأول بالسقوط على منشور آخر معكوس. • المنشور الثاني عكس انتشار الألوان وأعاد تراكبها فتكوَّن اللون الأبيض.
استنتاجات نيوتن	• اللون الأبيض مركب من ألوان عدة. • للزجاج خاصية أخرى غير عدم انتظامه تؤدي إلى تحلل الضوء إلى مجموعة من الألوان.
فائدة	اعتمادًا على تجارب جريمالدي وهويجنز وغيرها فإن .. • للضوء خصائص موجية. • كل لون من ألوان الضوء له طول موجي محدد.

الضوء المرئي

طوله الموجي	للضوء المرئي نطاق من الأطوال الموجية يتراوح بين 400 nm و 700 nm تقريبًا

تدرج الأطوال الموجية للضوء المرئي	• طول موجة الضوء الأحمر أكبر الأطوال الموجية المرئية، وأقصرها البنفسجي. • الطول الموجي يتناقص فيتحول اللون الأحمر إلى البرتقالي فالأصفر فالأخضر فالأزرق ثم الأزرق النيلي وأخيراً البنفسجي.

مزج أشعة الضوء

عملية جمع الألوان	• الضوء الأبيض يتشكل من الضوء الملوّن بطرق مختلفة. • مثلاً: عندما يتراكب الأحمر والأخضر والأزرق يتشكل الضوء الأبيض. • استخدام عملية جمع الألوان: تستخدم في أنابيب الألوان في التلفاز، حيث تحوي أنابيب الألوان مصادر متناهية الصغر للضوء الأحمر والأخضر والأزرق.

الألوان الأساسية	تعريفها	{ الألوان التي تكوّن اللون الأبيض عندما تتحد كما تُنتج الألوان الثانوية عن مزجها في أزواج }
	ألوانها	الأحمر ، الأزرق ، الأخضر
الألوان الثانوية	تعريفها	{ لون ينتج عن اتحاد لونين أساسيّين }
	ألوانها	الأصفر ، الأزرق الفاتح ، الأرجواني
الألوان المتتامة	تعريفها	{ لون الضوء الذي يعطي ضوءاً أبيضًا عند تراكبه مع ضوء آخر }
	ألوانها	الأصفر والأزرق ، الأرجواني والأخضر ، الأزرق الفاتح والأحمر
	مثال	إذا سلط اللونان الأصفر والأزرق على شاشة بيضاء بشدة مناسبة فإن سطح الشاشة يظهر باللون الأبيض

- اللونان الأرجواني والأخضر متتامان ؛ علل ؛ لأنهما يتراكبان معًا لإنتاج اللون الأبيض.
- يضاف عامل أزرق اللون للملابس المصفرة لتبييضها ؛ علل ؛ لأن اللون الأصفر والأزرق متتامان فيتراكبان لإنتاج اللون الأبيض.

اختزال أشعة الضوء

فائدة	لون الجسم يعتمد على الأطوال الموجية .. • للضوء الذي يضيء الجسم. • للضوء الذي يمتصه الجسم. • للضوء الذي يعكسه الجسم.
تلوين الجسم	الجسم يزوَّد باللون عن طريق .. • وجود المواد الملوِّنة طبيعيًا أو إضافتها صناعيًا. • إضافة أصباغ على سطح الجسم.
المواد الملوِّنة	{ جزيئات لها القدرة على امتصاص أطوال موجية معينة للضوء وتسمح لأطوال موجية أخرى بالنفاذ من خلالها أو تعكسها }
فوائد	• عندما يُمتص الضوء تنتقل طاقته إلى الجسم الذي اصطدم به وتتحول إلى أشكال أخرى من الطاقة. • عندما يسقط الضوء الأبيض على جسم لونه أحمر فإن جزيئات المواد الملوِّنة في الجسم تمتص الضوء الأخضر والأزرق وتعكس الضوء الأحمر. • عندما يسقط الضوء الأزرق فقط على جسم لونه أحمر فإن مقدارًا يسيرًا من الضوء ينعكس ويظهر الجسم ـ غالبًا ـ باللون الأسود.

الصبغة

وصفها	الصبغة مصنوعة من المعادن المسحوقة وليست مستخلصة من النباتات أو الحشرات
الصبغة الأساسية	{ الصبغة التي لها القدرة على امتصاص لون أساسي واحد على أن تعكس اللونين الآخرين من الضوء الأبيض }

ألوان الصبغة الأساسية

لون الصبغة الأساسية	اللون الذي يمتصه	اللون الذي يعكسه
أصفر	أزرق	أحمر وأخضر
أزرق فاتح	أحمر	أزرق وأخضر
أرجواني	أخضر	أزرق وأحمر

الصبغة الثانوية { الصبغة التي تمتص لونين أساسيّين وتعكس لونًا واحدًا }

ألوان الصبغة الثانوية

لون الصبغة الثانوية	اللون الذي يمتصه	اللون الذي يعكسه
أحمر	أخضر وأزرق	أحمر
أزرق	أحمر وأخضر	أزرق
أخضر	أزرق وأحمر	أخضر

فائدتان	• ألوان الصبغة الأساسية هي الألوان الثانوية. • ألوان الصبغة الثانوية هي الألوان الأساسية.
الصبغات المتتامة	مزج صبغتين متتامتين ينتج عنه اللون الأسود؛ مثل مزج .. • الصبغة الصفراء والصبغة الزرقاء. • صبغة الأزرق الفاتح والصبغة الحمراء. • صبغة الأحمر المزرقّ والصبغة الخضراء.
الطابعة الملونة	• تستخدم نقاطًا من صبغة الأصفر والأرجواني والأزرق الفاتح لعمل صورة ملونة. • تُمزج الأصباغ بالطابعة لتكوّن محاليل معلقة بدلاً من المحاليل الحقيقية. • أصباغ الطابعة الملونة مركبات مطحونة بصورة دقيقة؛ ومن أمثلتها .. أكسيد التيتانيوم « أبيض » ، أكسيد الكروم « أخضر » ، كبريتيد الكادميوم « أصفر »
تعليل	أصباغ الطابعة الملونة تستمر في امتصاص وعكس الأطوال الموجية نفسها « علل » لأنها تحافظ على تركيبها الكيميائي في المزيج دون تغيير

استخلاص النتائج من اللون

تعليل	تبدو النباتات خضراء « علل » بسبب صبغة الكلوروفيل التي يمتص أحد أنواعها الضوء الأحمر والنوع الآخر يمتص اللون الأزرق ويعكس كلاهما الضوء الأخضر
فائدة	طاقة الضوءين الأحمر والأزرق الممتصين تستخدمها النباتات في عملية البناء الضوئي
تعليل	تبدو السماء مزرقّة « علل » لأن جزيئات الهواء تشتت موجات الضوء البنفسجي والأزرق بمقدار أكبر من الأطوال الموجية الأخرى للضوء في الاتجاهات جميعها ويضيئان السماء بالأزرق

الاستقطاب

تعريفه	{ إنتاج ضوء يتذبذب في مستوى واحد }
فائدتان	• ضوء المصباح العادي غير مستقطَب. • الضوء المنعكس من الطريق مستقطَب.
محور الاستقطاب	{ اتجاه وسط الاستقطاب المتعامد مع الجزيئات الطويلة }
الاستقطاب بالترشيح	• موجات الضوء العادي تتذبذب عموديًا على اتجاه انتشارها. • تنفذ من وسط الاستقطاب فقط مركّبات الضوء التي في اتجاه محور الاستقطاب. • وسط الاستقطاب يسمى مرشّح الاستقطاب.

تعليل	شدة الضوء تنخفض بعد الاستقطاب إلى النصف ؛ **علل** ؛ **لأن الضوء ينفذ بنصف اتساعه الكلي من خلال وسط الاستقطاب**

الاستقطاب بالانعكاس

فائدة	الضوء المنعكس مستقطَب جزئيًا
تعليلان	• توهج الضوء يقل عند استخدام النظارات المستقطبة ؛ **علل** ؛ **بسبب استقطاب الضوء المنعكس عن الطرق.** • مصورو الفوتوجراف يثبتون مرشحات الاستقطاب على عدسات الكاميرا ؛ **علل** ؛ **لحجب الضوء المنعكس.**

تحليل الاستقطاب

استقطاب الضوء المستقطَب	عند وضع مرشّح استقطاب في مسار الضوء المستقطَب فإن .. • الضوء **ينفذ** إذا كان محورا مرشّحي الاستقطاب **متوازيين.** • الضوء **لا ينفذ** إذا كان محورا مرشّحي الاستقطاب **متعامدين.**	
فائدة	قانون مالوس يوضح مدى انخفاض شدة الضوء عند عبوره خلال مرشّح استقطاب ثانٍ	
قانون مالوس	$I_2 = I_1 \cos^2 \theta$	I_1 شدة الضوء بعد مروره بمرشح الاستقطاب الأول I_2 شدة الضوء بعد مروره بمرشح الاستقطاب الثاني θ الزاوية المحصورة بين محوري استقطاب المرشّحين
استخدام قانون مالوس	• المقارنة بين شدتي الضوء الخارج من مرشّحي الاستقطاب. • تحديد الزاوية المحصورة بين محوري استقطاب المرشّحين.	
المحلِّل	• وصفه: مرشّح استقطاب. • استخدامه: تحديد استقطاب الضوء المنبعث من أي مصدر ضوئي.	

الطول الموجي

تعليلان	• يوصف الضوء بوساطة النماذج الرياضية المستخدمة في وصف الموجات ؛ **علل** ؛ **لأن الضوء له خصائص موجية.** • يمكن حساب الطول الموجي لموجة معلومة التردد في الفراغ ؛ **علل** ؛ **لأن جميع الأطوال الموجية للضوء تنتقل في الفراغ بنفس السرعة.**

قانون الطول الموجي	$\lambda_0 = \frac{c}{f}$	λ_0 طول موجة الضوء [m] c سرعة الضوء [m/s] f تردد موجة الضوء [Hz]
مثال توضيحي	ما تردد خط طيف الأكسجين إذا كان طوله الموجي 513 nm ؟ علمًا أن سرعة الضوء في الفراغ 3×10^8 m/s . $\lambda = \frac{c}{f} \Rightarrow f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3\times10^8}{513\times10^{-9}} = 5.84\times10^{14}$ Hz	

الحركة النسبية والضوء

تأثير دوبلر في الضوء	• يحدث تأثير دوبلر في الضوء عندما يتحرك مصدر الضوء أو يتحرك مراقِب الضوء « المشاهد » أحدهما بالنسبة للآخر فيرى المراقِب ضوءًا طوله الموجي مختلف عما كان يراه عندما كانا ساكنين بالنسبة لبعضهما. • تأثير دوبلر في الضوء يتضمن السرعة المتجهة لكلٍّ من المصدر والمراقِب أحدهما بالنسبة إلى الآخر.	
فوائد	• السرعة النسبية: تقدر بالفرق بين السرعتين المتجهتين لكلٍّ من المصدر والمراقِب. • تأثير دوبلر يعتمد فقط على مركّبتي السرعتين المتجهتين على امتداد المحور بين المصدر والمراقِب. • لدراسة تأثير دوبلر في الضوء نعتبر السرعة النسبية أقل كثيرًا من سرعة الضوء؛ أي $v \ll c$.	
تردد الضوء المُراقَب	$f_{\text{المراقب}} = f\left(1 \pm \frac{v}{c}\right)$	$f_{\text{المراقب}}$ تردد الضوء المُراقَب [Hz] f التردد الحقيقي لضوء المصدر [Hz] v السرعة النسبية بين المصدر والمراقِب [m/s] c سرعة الضوء [m/s]
تنبيهان	• نستخدم الجمع إذا تحرك مصدر الضوء والمراقِب كل منهما في اتجاه الآخر « مقتربين ». • نستخدم الطرح إذا تحرك مصدر الضوء والمراقِب مبتعدين عن بعضهما.	
مثال توضيحي	تتحرك ذرة هيدروجين في مجرة بسرعة 6.55×10^6 m/s مبتعدة عن الأرض، وتبعث ضوءًا بتردد 6.16×10^{14} Hz ؛ ما التردد الذي سيلاحظه فلكي على الأرض للضوء المنبعث من ذرة الهيدروجين؟ علمًا أن سرعة الضوء في الفراغ 3×10^8 m/s . $f_{\text{المراقب}} = f\left(1 \pm \frac{v}{c}\right) = 6.16\times10^{14}\left(1 - \frac{6.55\times10^6}{3\times10^8}\right) = 6.02\times10^{14}$ Hz	

حساب انزياح دوبلر

تعليل	معادلة تأثير دوبلر للضوء صيغت بدلالة الطول الموجي بدلاً من التردد ؛ علل ؛ لأن معظم المشاهدات حول تأثير دوبلر تمت في سياق علم الفلك
انزياح دوبلر	$\Delta\lambda = \lambda_{\text{المراقب}} - \lambda = \pm\frac{v}{c}\lambda$ $\lambda_{\text{المراقب}}$ الطول الموجي للضوء المُراقَب [m] — $\Delta\lambda$ الفرق في الطول الموجي [m] λ الطول الموجي الحقيقي لضوء المصدر [m] — c سرعة الضوء [m/s] v السرعة النسبية بين المصدر والمراقب [m/s]
مثال توضيحي	إذا كان خط طيف عنصر الهيدروجين المعروف بطول موجي 434 nm مزاحًا نحو الأحمر بنسبة 6.5% في الضوء القادم من مجرة بعيدة فما سرعة ابتعاد المجرة عن الأرض؟ علمًا أن سرعة الضوء في الفراغ 3×10^8 m/s . $\Delta\lambda = \frac{v}{c}\lambda \Rightarrow v = \frac{c\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{3\times10^8\times6.5\%\times434\times10^{-9}}{434\times10^{-9}} = 1.95\times10^7$ m/s

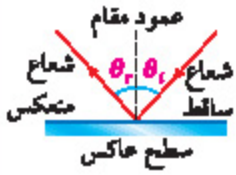
إشارة $\Delta\lambda$ « التغير في الطول الموجي »

+	−
إذا تحرك المصدر والمراقب مبتعدين عن بعضهما	إذا تحرك المصدر والمراقب مقتربين من بعضهما
السرعة المتجهة النسبية للمصدر في اتجاه يبتعد عن المراقب	السرعة المتجهة النسبية للمصدر في اتجاه يقترب من المراقب
الضوء مزاح نحو الأحمر	الضوء مزاح نحو الأزرق
يزداد الطول الموجي وينقص التردد	ينقص الطول الموجي ويزداد التردد

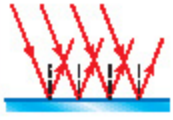
استخدام الطيف	• مراقبة طيف الضوء المنبعث من النجوم. • قياس انزياح دوبلر للأطوال الموجية المنبعثة من النجوم.
إدوين هابل	• حلّل الطيف المنبعث من عدة مجرات وتوصل إلى أن الكون يتمدد. • لاحظ أن خطوط الطيف للعناصر المألوفة كانت ذات أطوال موجية أطول من المتوقع. • استنتج هابل أن المجرات تتحرك مبتعدة عن الأرض ؛ علل ؛ لأن المجرات كانت ترسل إلى الأرض ضوءاً مزاحًا نحو الأحمر.

الفصل ١٠ : الانعكاس والمرايا

قانون الانعكاس

نصه	{ زاوية انعكاس الشعاع المحصورة بين العمود المقام والشعاع المنعكس تساوي زاوية السقوط المحصورة بين العمود المقام والشعاع الساقط }	
فائدة	الشعاع الساقط والشعاع المنعكس والعمود المقام تقع جميعاً في مستوى واحد	
العمود المقام	{ خط وهمي عمودي على السطح العاكس عند نقطة سقوط الضوء عليه }	
العلاقة الرياضية	$\theta_r = \theta_i$ θ_i زاوية السقوط θ_r زاوية الانعكاس	
مثال توضيحي	سقطت حزمة ضوء ليزر على سطح مرآة مستوية بزاوية 38° بالنسبة للعمود المقام؛ فإذا حُرِّك الليزر بحيث زادت زاوية السقوط بمقدار 13° فما زاوية الانعكاس الجديدة؟ $\theta_{i2} = \theta_{i1} + 13° = 38° + 13° = 51°$ $\theta_r = \theta_{i2} \Rightarrow \theta_r = 51°$	

السطوح الملساء والسطوح الخشنة

الانعكاس المنتظم	المقصود به	{ انعكاس الأشعة متوازية عندما تسقط متوازية على سطح أملس }	
	السطح الأملس	السطح الأملس أو المصقول مثل المرآة يسبب انعكاساً منتظماً	
الانعكاس غير المنتظم	المقصود به	{ انعكاس مضطرب مشتّت ناتج عن سطح خشن }	
	السطح الخشن	• صفحة الكتاب أو الجدار الأبيض سطوح خشنة بالنسبة للطول الموجي للضوء. • السطوح الخشنة تسبب انعكاساً غير منتظم للضوء.	
تنبيهات	• قانون الانعكاس ينطبق على السطحين الأملس والخشن. • الأشعة الساقطة متوازية على سطح خشن لا يمكن أن تنعكس متوازية. • لا يمكن اتخاذ الجدار أو الورقة مرآة؛ علل ؛ لأنهما يشتّتان الأشعة المنعكسة		

تعليل	• لا يمكن رؤية حزمة الضوء المنعكسة عن السطوح الخشنة ؛ علل ؛ لأن أشعة الضوء المنعكسة تفرّقت وتشتّت في اتجاهات مختلفة.

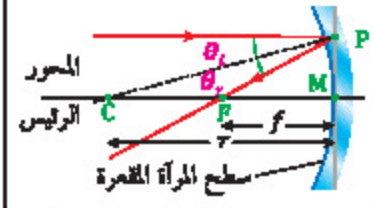
المرآة المستوية

تعريفها	{ سطح مستوٍ أملس يَنعكس عنه الضوء انعكاسًا منتظمًا }
تعليل	صور الأجسام المُتكوِّنة في المرايا المستوية صور خيالية دائمًا ؛ علل ؛ لأنها تكوَّنت من تشتّت الأشعة الضوئية عن المرآة

الصور في المرايا المستوية

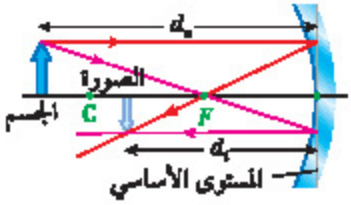
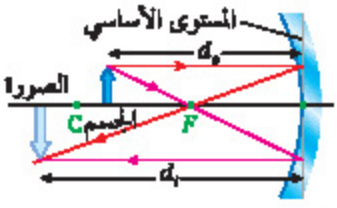
صفاتها	• الصورة تظهر خلف المرآة. • يُعد الصورة يساوي بُعد الجسم. • الصورة معكوسة جانبيًا.	• الصورة معتدلة ؛ في نفس اتجاه الجسم ؛. • حجم الصورة يساوي حجم الجسم.
موقعها	$d_i = -d_o$ فائدة: الإشارة السالبة تعني أن الصورة خيالية.	d_i بُعد الصورة عن المرآة المستوية d_o بُعد الجسم عن المرآة
طولها	$h_i = h_o$	h_i طول الصورة h_o طول الجسم
مثال توضيحي	يقف طفل طوله 50 cm على بُعد 3 m من مرآة مستوية وينظر إلى صورته ؛ ما بُعد الصورة وطولها؟ وما نوع الصورة المتكونة؟ $d_i = -d_o \Rightarrow d_i = -3\ cm$ $h_i = h_o \Rightarrow h_i = 50\ cm$ الصورة المتكونة خيالية لأن بُعدها سالب.	

المرايا الكروية

نوعاها	مقعرة ، محدبة	
المرآة المقعرة	{ مرآة تعكس الضوء عن سطحها المقوس إلى الداخل }	
تنبيه	المرآة المقعرة لها المركز الهندسي C ونصف قطر التكور r الخاصين بالكرة المأخوذة منها	
المحور الرئيس	{ خط مستقيم متعامد مع سطح المرآة حيث ينصفها ؛ في الرسم ؛ إلى قسمين }	

قطب المرآة	{ نقطة تقاطع المحور الرئيس مع سطح المرآة }	
البؤرة الأصلية	{ نقطة تجمع انعكاسات الأشعة المتوازية الساقطة والموازية للمحور الرئيس }	
البعد البؤري	$f = \frac{r}{2}$	f البعد البؤري r نصف قطر التكور
تعليل	الشمس مصدر للأشعة المتوازية ؛ **علل** ؛ لأنها بعيدة جدًا	
تنبيه	الشعاع الساقط على مرآة مقعرة موازيًا للمحور الرئيس ينعكس مارًا بالبؤرة F	

الطريقة الهندسية لتحديد موقع الصورة

الصورة الحقيقية	{ صورة تتكوّن من التقاء الأشعة المنعكسة ويمكن جمعها على حاجز }
فائدة	الصورة الحقيقية مقلوبة دائمًا
تعليل	الصورة الخيالية لا يمكن جمعها على حاجز ؛ **علل** ؛ لأنها ناتجة من التقاء امتدادات الأشعة المنعكسة
الحالة (1)	• موقع الجسم: يقع على مسافة أكبر من ضعفي البعد البؤري. • موقع الصورة: تقع على مسافة أكبر من البعد البؤري وأقل من ضعفه. • صفات الصورة: حقيقية مقلوبة مصغرة بالنسبة للجسم. 
الحالة (2)	• موقع الجسم: يقع على مسافة أكبر من البعد البؤري وأقل من ضعفه. • موقع الصورة: تقع على مسافة أكبر من ضعفي البعد البؤري. • صفات الصورة: حقيقية مقلوبة مكبرة بالنسبة للجسم. 

معادلة المرآة الكروية

العلاقة الرياضية	$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_i} + \frac{1}{d_o}$	f البعد البؤري للمرآة d_i بعد الصورة عن المرآة d_o بعد الجسم عن المرآة

عيوب الصور الحقيقية في المرايا المقعرة

الزوغان « التشوه » الكروي	• تعريفه: { عيب في المرآة الكروية لا يسمح للأشعة الضوئية المتوازية البعيدة عن المحور الرئيس بالتجمع في البؤرة }. • سببه: القطر الكبير للمرايا الكروية نسبة إلى نصف القطر الصغير لانحنائها « انحناء سطح المرآة قوي ». • ينتج عنه: صور مشوشة غير تامة. • علاجه: تقليل نسبة ارتفاع المرآة إلى نصف قطر انحنائها « تقليل قوة انحناء سطح المرآة ».
تعليلان	• التلسكوبات تستعمل مرايا كروية ومرايا ثانوية صغيرة مصممة على هيئة خاصة « علل » لعلاج الزوغان الكروي في المرايا. • معادلة المرآة لا تتنبأ بالزوغان الكروي في المرايا الكروية « علل » لأنها تعتمد على الأشعة المحورية في تكوين الصور.

التكبير

المقصود به	الزيادة أو النقصان في حجم الصورة بالنسبة إلى حجم الجسم	
معادلة التكبير	$m = \frac{h_i}{h_o} = \frac{-d_i}{d_o}$	m التكبير h_i طول الصورة h_o طول الجسم d_i بُعد الصورة عن المرآة d_o بُعد الجسم عن المرآة
تنبيه	عند استخدام معادلتي المرآة يجب مراعاة نظام الإشارات	

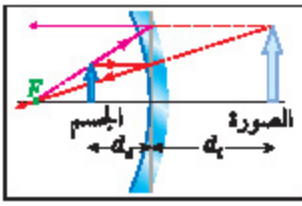
نظام الإشارات في معادلتي المرآة

البعد البؤري f		بُعد الصورة d_o		طول الصورة h_i ، التكبير m	
+	−	+	−	+	−
مرآة مقعرة	مرآة محدبة	صورة حقيقية	صورة خيالية	صورة خيالية معتدلة	صورة حقيقية مقلوبة

الصور الخيالية في المرايا المقعرة

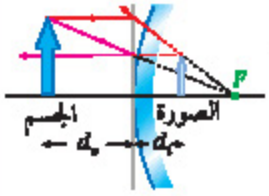
تعليل	لا تتكون صورة عندما يُوضع جسم في بؤرة مرآة مقعرة « علل » لأن الأشعة ستنعكس في حزمة متوازية

تكوين الصورة	• موقع الجسم: يقع بين البؤرة والمستوى الأساسي للمرآة. • موقع الصورة: تقع خلف المرآة. • صفات الصورة: خيالية معتدلة مكبرة.



المرآة المحدبة

تعريفها	{ مرآة تعكس الضوء عن سطحها المقوس إلى الخارج }
الحالة الوحيدة	• موقع الجسم: أمام المرآة المحدبة ، في أيّ مكان . • موقع الصورة: خلف المرآة. • صفات الصورة: خيالية معتدلة مصغرة بالنسبة للجسم.
تعليلان	• المرآة المحدبة تُكوِّن صورًا خيالية ، علل ، لأن الأشعة المنعكسة عن المرآة المحدبة مشتتة دائمًا. • المرايا المحدبة تُستخدم على جوانب السيارات للرؤية الخلفية ، علل ، لأنها تعمل على توسيع مجال الرؤية للسائق.



ملخص خصائص نظام مرآة مفردة

نوع المرآة	f	d_o	d_i	m ، التكبير ،	الصورة
مستوية	لا يوجد	$d_o > 0$	$\|d_i\| = d_o$ ، سالب ،	الحجم نفسه	خيالية
مقعرة	+	$d_o > r$	$r > d_i > f$	مصغرة مقلوبة	حقيقية
		$r > d_o > f$	$d_i > r$	مكبرة مقلوبة	حقيقية
		$f > d_o > 0$	$d_i > d_o$ ، سالب ،	مكبرة	خيالية
محدبة	−	$d_o > 0$	$0 > \|d_i\| > \|f\|$ ، سالب ،	مصغرة	خيالية

تنبيهات
- إذا كانت القيمة المطلقة للتكبير بين صفر و 1 فإن الصورة تكون أصغر من الجسم.
- إذا كانت القيمة المطلقة للتكبير أكبر من 1 فإن الصورة تكون أكبر من الجسم.
- إذا كان التكبير سالبًا فإن الصورة تكون مقلوبة بالنسبة للجسم.

مقارنة بين المرايا

	المرآة المستوية	المرآة المقعرة	المرآة المحدبة
نوع الصورة	خيالية	خيالية وحقيقية	خيالية
تكبير الصورة	مساوية للجسم	مصغرة ، مساوية ، مكبرة	مصغرة

الفصل ١١ : الانكسار والعدسات

انكسار الضوء

تأثيرات ناشئة عن انكسار الضوء	• الأشياء التي تحت سطح الماء تبدو أقرب من البعد الحقيقي لها. • الخطوط التي في قاع البركة تبدو وكأنها تتمايل مع حركة الماء.
تعليل	ينحني مسار الضوء عند عبوره لحد فاصل بين وسطين ؛ علل ؛ بسبب الانكسار
فائدة	مقدار الانكسار يعتمد على .. • خصائص الوسطين الشفافين. • زاوية سقوط الضوء على الحد الفاصل.

قانون سنل في الانكسار

نصه	{ حاصل ضرب معامل انكسار الوسط الأول في جيب زاوية السقوط يساوي حاصل ضرب معامل انكسار الوسط الثاني في جيب زاوية الانكسار }
صيغته الرياضية	$n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta_2$ n_1 معامل انكسار الوسط 1 — θ_1 زاوية السقوط n_2 معامل انكسار الوسط 2 — θ_2 زاوية الانكسار
مثال توضيحي	غُمر قالب من مادة غير معروفة في الماء وأسقط عليه ضوء بزاوية سقوط 31° فكانت زاوية انكساره في القالب 27° ؛ ما معامل الانكسار للمادة المصنوع منها القالب؟ علمًا أن معامل انكسار الماء 1.33 . $n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta_2 \Rightarrow n_2 = \frac{n_1 \sin\theta_1}{\sin\theta_2} = \frac{1.33 \sin 31}{\sin 27} = 1.5$
زاوية السقوط	{ الزاوية المحصورة بين العمود المقام والشعاع الساقط }
زاوية الانكسار	{ الزاوية المحصورة بين العمود المقام والشعاع المنكسر }
استنتاجات من قانون سنل	إذا كان $n_1 < n_2$ فإن $\sin\theta_1 > \sin\theta_2$: عندما ينتقل الضوء من مادة معامل انكسارها صغير إلى مادة معامل انكسارها أكبر فإن حزمة الضوء تنحرف مقتربة من العمود المقام على السطح مثل انتقال الضوء من الهواء إلى الزجاج إذا كان $\sin\theta_1 < \sin\theta_2$ فإن $n_1 > n_2$: عندما ينتقل الضوء من مادة معامل انكسارها كبير إلى مادة معامل انكسارها أصغر فإن حزمة الضوء تنحرف مبتعدة عن العمود المقام على السطح مثل انتقال الضوء من الزجاج إلى الهواء

النموذج الموجي في الانكسار

طول موجة الضوء في وسط	$\lambda = \frac{v}{f}$	λ الطول الموجي للضوء [m] v سرعة الضوء في أي وسط [m/s] f تردد الضوء [Hz]
فائدة	سرعة الضوء تتناسب طرديًا مع الطول الموجي عند ثبوت التردد	
تعليلان	• الضوء يتحرك في أي وسط بسرعة أصغر من سرعته في الفراغ ؛ علل ؛ لأن الضوء يتفاعل مع الذرات عند انتقاله خلال الوسط. • الطول الموجي للضوء في أيّ وسط أقصر من الطول الموجي للضوء في الفراغ ؛ علل ؛ لأن تردد الضوء لا يتغير عندما يعبر الحد الفاصل بين وسطين لذا يتقص الطول الموجي للضوء عندما تتقص سرعة الضوء.	
علاقات خاصة بزاوية السقوط وزاوية الانكسار	$\frac{\sin\theta_2}{\sin\theta_1} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{v_2}{v_1}$	θ_1 زاوية السقوط θ_2 زاوية الانكسار λ_1 الطول الموجي للضوء في الوسط 1 λ_2 الطول الموجي للضوء في الوسط 2 v_1 سرعة الضوء في الوسط 1 v_2 سرعة الضوء في الوسط 2 n_1 معامل انكسار الوسط 1 n_2 معامل انكسار الوسط 2
مثال توضيحي	حزمة ضوئية تعبر الماء إلى داخل البولي إيثيلين الذي معامل انكساره 1.5 ؛ فإذا كانت $\theta_1 = 57.5°$ فما زاوية الانكسار في البولي إيثيلين؟ علمًا أن معامل انكسار الماء 1.33 . $\frac{\sin\theta_2}{\sin\theta_1} = \frac{n_1}{n_2} \Rightarrow \sin\theta_2 = \frac{n_1\sin\theta_1}{n_2} = \frac{1.33\sin 57.5}{1.5}$ $\theta_2 = \sin^{-1}\left(\frac{1.33\sin 37}{1.5}\right) = 48.4°$	

معامل الانكسار لوسط

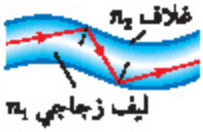
تعريفه	{ سرعة الضوء في الفراغ مقسومة على سرعته في الوسط }	
حسابه	$n = \frac{c}{v}$	n معامل انكسار الوسط c سرعة الضوء في الفراغ v سرعة الضوء في الوسط
مثال توضيحي	ما سرعة الضوء في الكلوروفورم؟ علمًا أن معامل انكسار الكلوروفورم 1.51 . $n = \frac{c}{v} \Rightarrow v = \frac{c}{n} = \frac{3\times10^8}{1.51} = 1.99\times10^8\ \text{m/s}$	

فائدة	علاقة الطول الموجي بمعامل الانكسار .. $\lambda = \frac{\lambda_0}{n}$	λ الطول الموجي للضوء في الوسط λ_0 الطول الموجي للضوء في الفراغ n معامل انكسار الوسط

الانعكاس الكلي الداخلي

تنبيهان	• عندما يعبر الضوء إلى وسط معامل انكساره أصغر تكون زاوية الانكسار أكبر من زاوية السقوط. • عند زيادة زاوية السقوط تزداد زاوية الانكسار.	
الزاوية الحرجة	{ زاوية السقوط التي ينكسر عندها الشعاع على امتداد الحد الفاصل بين الوسطين }	
شرطا حدوث الانعكاس الكلي الداخلي	• سقوط الشعاع الضوئي من وسط معامل انكساره كبير إلى وسط معامل انكساره أصغر. • عند سقوط الضوء على الحد الفاصل بزاوية أكبر من الزاوية الحرجة ينعكس كله إلى الوسط الذي معامل انكساره أكبر.	
تأثيرات ناشئة عن الانعكاس الكلي الداخلي	• عند الغوص في بركة ماء ساكن والنظر إلى أعلى سطح الماء قد نرى انعكاسًا مقلوبًا لجسم آخر قريب موجود أسفل سطح الماء، أو نرى انعكاسًا لقاع البركة. • عندما يسبح شخص تحت الماء بالقرب من السطح فإن الشخص الواقف في الجهة المقابلة أعلى البركة قد لا يراه ؛ علل ؛ لأن الضوء القادم من الجسم نفسه والساقط بزاوية أكبر من الزاوية الحرجة ينعكس إلى الأسفل ليرتد إلى داخل البركة.	
حساب مقدار الزاوية الحرجة	$\sin\theta_c = \frac{n_2}{n_1}$	θ_c الزاوية الحرجة للانعكاس الكلي الداخلي n_1 معامل الانكسار لوسط السقوط n_2 معامل الانكسار لوسط الانكسار

الألياف البصرية

مبدأ عملها	تُعد تطبيقًا تقنيًا مهمًا على الانعكاس الكلي الداخلي	
طريقة عملها	الضوء الذي ينتقل خلال الليف الشفاف يصطدم بالسطح الداخلي لليف البصري بزاوية أكبر من الزاوية الحرجة فينعكس الضوء جميعه ولا ينفذ أي جزء خلال الحد الفاصل	
وظيفتها	نقل الضوء من منطقة إلى أخرى	
فائدة	الألياف البصرية تحافظ على شدة الضوء على طول المسافة التي يمتدها الليف البصري	

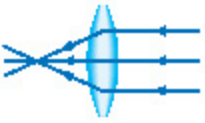
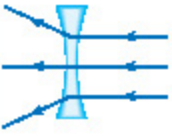
السراب

تعليل	في الصيف عندما تقود السيارة على الطريق فإنك ترى ما يبدو وكأنه انعكاس للسيارة القادمة في بركة ماء ؛ **علل** ؛ بسبب تسخين الشمس للطريق التي تسخن بدورها الهواء فوقها وتنتج طبقة حرارية من الهواء تؤدي إلى انحراف الضوء المتنقل خلالها
تفسيره	• عندما ينتقل الضوء من جسم بعيد إلى أسفل نحو الطريق فإن معامل انكسار الهواء ينقص بسبب سخونة الهواء. • تنتقل موجات هويجنز ؛ مقدمات موجات الضوء ؛ القريبة من الأرض أسرع من التي في الأعلى مما يؤدي إلى انحراف الموجة تدريجياً إلى أعلى.
السراب القطبي	السراب القطبي يحدث عندما يبدو انعكاس قارب بعيد فوق القارب نفسه ؛ **علل** ؛ لأن الهواء القريب من الماء يكون بارداً

تفريق أو تحليل أو تشتت الضوء

المقصود به	تحلل الضوء الأبيض إلى طيف من الألوان عند مروره خلال منشور زجاجي أو قطرات الماء في الغلاف الجوي
تعليل	اللون البنفسجي ينكسر أكبر من اللون الأحمر ؛ **علل** ؛ لأن سرعة الضوء البنفسجي خلال الزجاج أبطأ منها للضوء الأحمر فيكون معامل انكسار الزجاج للضوء البنفسجي أكبر منه للضوء الأحمر
قوس المطر	**المقصود به:** طيف يتشكل عندما يتفرق ضوء الشمس بفعل قطرات الماء في الغلاف الجوي **كيفية حدوثه:** • ينكسر ضوء الشمس الساقط على قطرات الماء؛ حيث ينكسر كل لون بزاوية مختلفة قليلاً بسبب التشتت. • يحدث انعكاس داخلي لبعض الضوء على السطح الخلفي للقطرة. • عند خروج الضوء يحدث له انكسار مرة أخرى ويتفرق. • كل قطرة تنتج طيفًا كاملاً إلا أنه يصل لون واحد إلى المراقب بسبب التفريق.
تعليل	نرى أحياناً قوس مطر ثانٍ باهت خارج الأول وله ترتيب ألوان معكوس ؛ **علل** ؛ بسبب انعكاس أشعة الضوء مرتين في داخل قطرة الماء

أساسيات عن العدسات

العدسة	قطعة من مادة شفافة من الزجاج أو البلاستيك؛ تُستخدم في تركيز الضوء وتكوين الصور
نوعاها	عدسة محدبة ، عدسة مقعرة
العدسة المحدبة	• عدسة سميكة في وسطها وأصغر سُمكًا عند أطرافها. • العدسة المحدبة تُسمى العدسة المُجمعة ؛ علل ؛ لأنها تجعل الأشعة المتوازية الساقطة عليها تتجمع في نقطة عندما يكون معامل انكسار الوسط المحيط بها أصغر من معامل انكسارها. 
العدسة المقعرة	• عدسة وسطها أقل سُمكًا من أطرافها. • العدسة المقعرة تُسمى العدسة المُفرقة ؛ علل ؛ لأنها تُشتت الضوء الساقط عليها والمار بها عندما يكون معامل انكسار الوسط المحيط بها أصغر من معامل انكسارها. 

معادلتا العدسة

فائدة	العدسات الكروية الرقيقة هي عدسات لها وجوه مقوسة بتقوس الكرة نفسه	
(1) معادلة العدسة الرقيقة	$\frac{1}{f}=\frac{1}{d_i}+\frac{1}{d_o}$	f البعد البؤري للعدسة الكروية d_i بُعد الصورة عن العدسة d_o بُعد الجسم عن العدسة
مثال توضيحي	تكوَّن لجسم موجود بالقرب من عدسة محدبة صورة حقيقية مقلوبة على بُعد 10.4 cm منها؛ فإذا كان البُعد البؤري للعدسة 6.8 cm فما بُعد الجسم؟ $\frac{1}{f}=\frac{1}{d_i}+\frac{1}{d_o}$ $\frac{1}{6.8}=\frac{1}{10.4}+\frac{1}{d_o}$ $\frac{1}{d_o}=\frac{45}{884} \Rightarrow d_o=\frac{884}{45}\approx 19.64\ \text{cm}$	
(2) معادلة التكبير	$m=\frac{h_i}{h_o}=\frac{-d_i}{d_o}$	m التكبير h_i طول الصورة h_o طول الجسم d_i بُعد الصورة عن العدسة d_o بُعد الجسم عن العدسة
البعد البؤري	المسافة بين المستوى الأساسي للعدسة والبؤرة	
فائدة	البُعد البؤري للعدسة يعتمد على شكل العدسة ومعامل انكسار مادتها	

نظام الإشارات في معادلتي العدسة	البعد البؤري f		بُعد الصورة d_i		طول الصورة h_i ، التكبير m	
	+	−	+	−	+	−
	العدسة محدبة	العدسة مقعرة	الصورة حقيقية	الصورة خيالية	الصورة معتدلة	الصورة مقلوبة

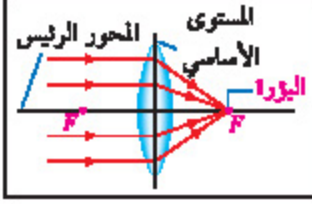
ملخص خصائص نظام العدسات الكروية

نوع العدسة	f	d_o	d_i	التكبير m	الصورة
محدبة	+	$d_o > 2f$	$2f > d_i > f$	مصغرة مقلوبة	حقيقية
		$2f > d_o > f$	$d_i > 2f$	مكبرة مقلوبة	حقيقية
		$f > d_o > 0$	$\lvert d_i \rvert > d_o$ سالب	مكبرة	خيالية
مقعرة	−	$d_o > 0$	$0 < \lvert d_i \rvert < \lvert f \rvert$ سالب	مصغرة	خيالية

تنبيهات
- الصورة الخيالية تكون في الجانب نفسه الموجود فيه الجسم وبعدها يكون سالب.
- إذا كانت القيمة المطلقة للتكبير بين **صفر** و **1** فإن الصورة تكون **أصغر** من الجسم.
- إذا كانت القيمة المطلقة للتكبير **أكبر من 1** فإن الصورة تكون **أكبر** من الجسم.
- إذا كان التكبير **سالبًا** فإن الصورة تكون **مقلوبة** بالنسبة للجسم.
- العدسة المقعرة تُنتج صورًا خيالية فقط، بينما المحدبة تُنتج صورًا حقيقية أو خيالية.

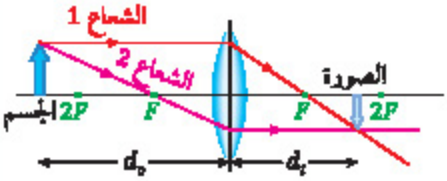
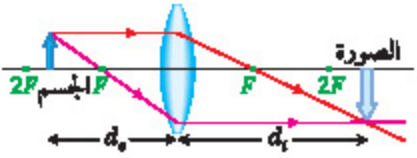
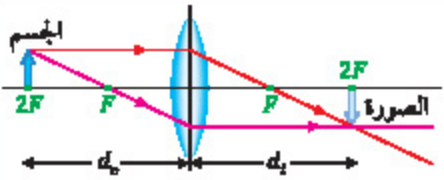
تجميع الأشعة بالعدسة المحدبة

فائدة	العدسة المحدبة تستخدم لحرق ورقة بتجميع أشعة الشمس المتوازية في بؤرة العدسة المحدبة
تنبيه	العدسة المحدبة لها بؤرتان؛ بؤرة في كل جانب من جوانبها

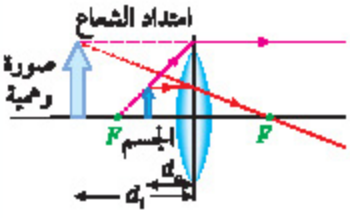


تكوين صور حقيقية بالعدسة المحدبة

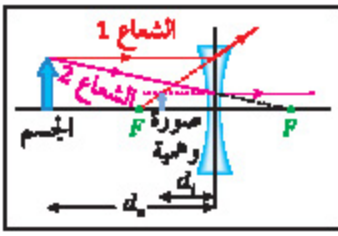
تنبيهات
- الشعاع الساقط **موازيًا للمحور الرئيس** لعدسة محدبة ينكسر **مارًا بالنقطة F** في الجانب الآخر.
- الشعاع الساقط **مارًا بالنقطة F** في طريقه لعدسة محدبة ينكسر **موازيًا للمحور الرئيس**.
- موقع صورة الجسم هو نقطة تقاطع الشعاعين.

الحالة (1)	• موقع الجسم: يقع على مسافة أكبر من ضعفي البعد البؤري. • موقع الصورة: تقع على مسافة أكبر من البعد البؤري وأصغر من ضعفه. • صفات الصورة: حقيقية مقلوبة مصغرة بالنسبة للجسم. 
الحالة (2)	• موقع الجسم: يقع على مسافة أكبر من البعد البؤري وأصغر من ضعفه. • موقع الصورة: تقع على مسافة أكبر من ضعفي البعد البؤري. • صفات الصورة: حقيقية مقلوبة مكبرة بالنسبة للجسم. 
فائدة	الحالة (1) عكس الحالة (2)
الحالة (3)	• موقع الجسم: يقع على مسافة تساوي ضعفي البُعد البؤري ؛ عند النقطة 2F . • موقع الصورة: تقع على مسافة تساوي ضعفي البُعد البؤري. • صفات الصورة: حقيقية مقلوبة مساوية للجسم. 

تكوين صور خيالية بالعدسة المحدبة

تعليل	لا تتكون صورة عندما يُوضع جسم في بؤرة عدسة محدبة ؛ علل ؛ لأن الأشعة ستنكسر في حزمة متوازية
حالة تكوين الصورة الخيالية	• موقع الجسم: يقع بين البؤرة والمستوى الأساسي للعدسة. • موقع الصورة: تقع في جانب العدسة نفسه الذي يُوجد فيه الجسم. • صفات الصورة: خيالية معتدلة مكبرة. 
فائدة	الصورة الخيالية تتحدد برسم امتدادات الأشعة التي لا تمر فعلاً من خلال العدسة

تكوين الصورة الخيالية بالعدسة المقعرة

فائدة	العدسة المقعرة تفرق الأشعة كلها	
الحالة الوحيدة	• موقع الجسم: أمام العدسة المقعرة « في أي مكان ». • موقع الصورة: في نفس الجهة التي فيها الجسم. • صفات الصورة: خيالية معتدلة مصغرة.	

عيوب العدسات الكروية

الزوغان الكروي	• المقصود به: عدم قدرة العدسات الكروية على تجميع الأشعة المتوازية كلها في نقطة واحدة. • سببه: اتساع سطح العدسة. • ينتج عنه: صورة مشوشة غير تامة. • علاجه: الزوغان الكروي يُعالج باختيار نصفي قطرين مناسبين للعدسة.
الزوغان اللوني	• المقصود به: تشتت الضوء الذي يمر خلال العدسة قليلاً وخصوصاً بالقرب من الأطراف. • ينتج عنه: الجسم يظهر من خلال العدسة محاطًا بالألوان. • سببه: استخدام عدسة مفردة تعمل مثل المنشور. • تخفيض أثره: عن طريق استخدام العدسات اللالونية.
العدسات اللالونية	• المقصود بها: نظام مكون من عدستين أو أكثر مثل عدسة محدبة مع عدسة مقعرة لهما معاملا انكسار مختلفين. • فائدة: التشتت الذي تسببه العدسة المحدبة يُلغى تقريبًا بالتشتت الذي تسببه العدسة المقعرة.

العين البشرية

وصفها	أداة بصرية مملوءة بسائل، وهي على هيئة وعاء كروي تقريبًا يسمى مُقلة العين
كيفية تكوينها للصور	(١) ينتقل الضوء المنبعث من الجسم أو المنعكس عنه إلى داخل العين عبر القرنية. (٢) الضوء يمر خلال العدسة ويتركز على الشبكية الموجودة في مؤخرة العين. (٣) الخلايا المتخصصة في الشبكية تمتص الضوء وترسل المعلومات المتعلقة بالصورة إلى الدماغ عن طريق العصب البصري.
تعليل	الضوء الداخل إلى العين يتركز عن طريق القرنية وليس العدسة « علل » لأن فرق معامل الانكسار بين الهواء والقرنية أكبر مما هو بين العدسة وما قبلها وبعدها

عدسة العين	مسؤولة عن التركيز الدقيق الذي يسمح برؤية الأجسام البعيدة والقريبة بوضوح تام
العضلات المحيطة بالعين	بواسطة عملية التكيّف تستطيع العضلات المحيطة بالعين أن تجعل عدسة العين تنقبض أو تنبسط مما يؤدي إلى تغير بُعدها البؤري .. • عندما ترتخي العضلات يزداد البعد البؤري للعدسة فتتركز صورة الجسم البعيد على الشبكية. • عندما تنقبض العضلات يقصر البعد البؤري للعدسة فتتركز صورة الجسم القريب على الشبكية.

قصر النظر وطول النظر

فائدة	عيون بعض الناس لا تُركز صوراً واضحة على الشبكية بدقة
تعليل	حاجة بعض الناس إلى العدسات الخارجية ـ نظارات أو عدسات لاصقة ـ « علل » لضبط البُعد البؤري وتحريك الصور لتقع على الشبكية
قصر النظر	• المقصود به: عيب في الرؤية لا يستطيع الشخص المصاب به رؤية الجسم البعيد بوضوح. • أسبابه: البُعد البؤري للعين يكون أصغر من الطبيعي فتتكون الصور أمام الشبكية. • علاجه: تُستخدم عدسات مقعرة لتُفرق الضوء فيزداد بُعد الصورة وتتكوّن على الشبكية.
طول النظر	• المقصود به: عيب في الرؤية لا يستطيع الشخص المصاب به رؤية الجسم القريب بوضوح. • أسبابه: البُعد البؤري للعين يكون أكبر من الطبيعي فتتكون الصور خلف الشبكية. • علاجه: تُستخدم عدسات محدبة تُكون صوراً خيالية أبعد عن العين من أجسامها فتصبح هذه الصور أجساماً بالنسبة لعدسة العين وتتركز على الشبكية.
تعليل	فوق سن 45 عام تحدث للأشخاص حالة مشابهة لطول النظر « علل » لأن صلابة عدسة العين تزداد فلا تستطيع العضلات تقصير البُعد البؤري بما يكفي لتركيز صور الأجسام القريبة على الشبكية

التلسكوب « المنظار الفلكي » الكاسر

استخدامه	التلسكوب الكاسر يستخدم العدسات لتكبير الأجسام البعيدة
طريقة عمله	(١) أشعة الضوء المتوازية « القادمة من النجوم والأجسام الفلكية البعيدة » تدخل العدسة الشيئية المحدبة فتتركز بوصفها صورة حقيقية مقلوبة عند بؤرة العدسة الشيئية. (٢) الصورة المتكونة تصبح جسماً بالنسبة للعدسة العينية المحدبة بحيث تقع بين العدسة العينية وبؤرتها فتتكون صورة خيالية معتدلة أكبر من الصورة الأولى. (٣) الصورة النهائية تبقى مقلوبة بالنسبة للجسم لأن الصورة الأولى كانت مقلوبة.
تعليل	في المنظار الفلكي تُستخدم عدسات لاونية « علل » للتخلص من الزوغان اللوني

المنظار

استخدامه	يُكوّن صورًا مكبرة للأجسام البعيدة
طريقة عمله	(١) الضوء يدخل للعدسة الشيئية المحدبة فتقلب الصورة. (٢) ينتقل الضوء في المنظار عبر منشورين ؛ هلل ؛ ليقلبا الصورة ثانية عن طريق الانعكاس الكلي الداخلي.
فائدة المنشورين	• إطالة مسار انتقال الضوء وتوجيهه إلى العدسة العينية للمنظار. • زيادة المسافة الفاصلة بين العدستين الشيئيتين مما يُحسن الرؤية ثلاثية الأبعاد للجسم البعيد.

آلات التصوير: آلة التصوير العاكسة ذات العدسة المفردة

آلية عملها	(١) يدخل الضوء لآلة التصوير عبر عدسة لالونية. (٢) يعمل نظام العدسة على كسر الضوء كما في العدسة المحدبة المفردة فتتكون على المرآة العاكسة صورة مقلوبة تنعكس إلى أعلى باتجاه المنشور الذي يعكس الضوء باتجاه عين المشاهد. (٣) عند الضغط على زر الغالق تُرفع المرآة لفترة وجيزة وينتقل الضوء في خط مستقيم ليكوّن صورة على الفيلم.

المجهر « الميكروسكوب »

استخدامه	المجهر يُستخدم في مشاهدة الأجسام الصغيرة
طريقة عمله	(١) يُوضع الجسم بين العدسة الشيئية ومركز تكورها فتتكون صورة حقيقية مقلوبة أكبر من الجسم. (٢) تُصبح هذه الصورة جسمًا للعدسة العينية تقع بينها وبين بؤرتها فتتكون صورة خيالية معتدلة مكبرة مقارنة بالصورة التي كونتها العدسة الشيئية فيرى المشاهد صورة مقلوبة أكبر من الجسم الأصلي.

الفصل ١٢ : التداخل والحيود

السلوك الموجي للضوء

الأدلة عليه	من الأدلة على أن الضوء يسلك سلوكًا موجيًا .. • الضوء يحيد عندما يمر بحافة. • الضوء يتداخل.
الضوء غير المترابط	ضوء ذو مقدمات موجية غير متزامنة
تعليل	الضوء غير المترابط لا يظهر لنا متقطعًا أو غير مترابط « علل » لأن تردد موجات الضوء كبير جدًا

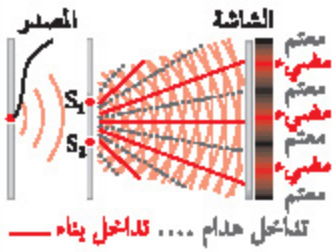
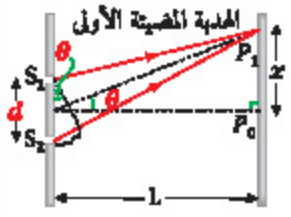
تداخل الضوء المترابط « المتزامن »

الضوء المترابط	الضوء الناتج عن تراكب ضوأيْ مصدرين أو أكثر مُشكلاً مقدمات موجة منتظمة
تنبيه	التداخل يحدث نتيجة تراكب موجات ضوئية صادرة عن مصادر ضوئية مترابطة
تجربة توماس يونج « تجربة الشق المزدوج »	• أثبت أن للضوء خصائص موجية حيث أنتج نمط تداخل من إسقاط ضوء من مصدر نقطي مترابط أحادي خلال شقين. • لاحظ يونج عند تداخل الضوء الخارج من الشقين تَوَلُّد حزم مضيئة وأخرى معتمة سماها أهداب التداخل. • فسر يونج تكوّن هذه الحزم نتيجة التداخل البناء والتداخل الهدام للموجات الضوئية الصادرة من الشقين في الحاجز.
تنبيهات على تجربة الشق المزدوج	• في تجربة الشق المزدوج يُستخدم ضوء أحادي اللون « ضوء له طول موجي واحد ». • التداخل البنّاء يُنتج حزمة ضوئية مركزية مضيئة بلون معين « هدبًا مضيئًا » ويُنتج على كل جانب حزمًا مضيئة أخرى تفصلها فراغات متساوية تقريبًا. • شدة إضاءة الأهداب المضيئة تتناقص كلما ابتعدنا عن الهدب المركزي. • في تجربة الشق المزدوج بين الأهداب المضيئة تُوجد أهداب معتمة « علل » بسبب حدوث تداخل هدام. • مواقع حزم التداخل البنّاء والهدام تعتمد على الطول الموجي للضوء.
فائدة	استخدام ضوء أبيض في تجربة الشق المزدوج يُسبب ظهور أطياف ملونة، وفي الهدب المركزي المضيء تتداخل الأطوال الموجية تداخلاً بناءً فيكون أبيضًا دائمًا

تداخل الشق المزدوج

توليد ضوء مترابط من ضوء غير مترابط	(١) وضع يونج حاجزاً ضوئياً ذا شق ضيق أمام مصدر ضوئي أحادي اللون. (٢) في تجربة يونج ينفذ من الشق الجزء المترابط من الضوء فقط ؛ علل ؛ لأن عرض الشق صغير جداً. (٣) الجزء الذي ينفذ من الضوء يحيد عن طريق الشق وتتولد مقدمات موجة أسطوانية. (٤) في تجربة يونج جزءا مقدمة الموجة يصلان إلى الحاجز الثاني ذي الشقين متفقين في الطور ؛ علل ؛ بسبب تماثل مقدمات الموجة الأسطوانية. (٥) ينتج عن الشقين في الحاجز الثاني مقدمات موجة مترابطة وأسطوانية. (٦) تتداخل الموجتان بعد ذلك تداخلاً بنّاءً أو هدامًا حسب العلاقة بين طوريهما.
نوعا التداخل	• تداخل بنّاء: ينتج عنه أهداب مضيئة. • تداخل هدام: ينتج عنه أهداب معتمة.

قياس الطول الموجي من تجربة شقي يونج

توضيح	• الشكل يُبين منظراً علوياً لمقدمات موجة أسطوانية في تجربة شقي يونج. • تتداخل مقدمات الموجة تداخلات بنّاءة وهدامة لتشكيل أنماط الأهداب المضيئة والمعتمة.	
تحليل الهدبة المضيئة الأولى في تجربة يونج	• عند النقطة P_0 : للموجتين الطور نفسه لذلك تتداخلان تداخلاً بنّاءً لتكوين الهدب المركزي المضيء. • عند النقطة P_1 : تتكوّن الهدبة المضيئة الأولى لأن إحدى الموجتين تتحرك مسافة أطول من الأخرى بمقدار طول موجي واحد λ .	
المسافة بين الهدب المركزي وهدب مضيء رتبته m	$m\lambda = \frac{x_m d}{L}$	m رتبة الهدب المضيء ؛ $m = 0, 1, 2, \cdots$ λ الطول الموجي للضوء المستخدم x_m المسافة بين الهدب المضيء والهدب المركزي d المسافة بين الشقين L المسافة بين الشقين والشاشة

مثال توضيحي	ينبعث ضوء برتقالي مصفر من مصباح غاز الصوديوم بطول موجي 596 nm ، ويسقط على شقين البعد بينهما 1.9×10^{-5} m ؛ ما المسافة بين الهدب المركزي المضيء والهدب الأصفر ذي الرتبة الأولى إذا كانت الشاشة تبعد مسافة 0.6 m من الشقين؟ $m\lambda=\frac{x_m d}{L} \Rightarrow x_m=\frac{m\lambda L}{d}=\frac{1\times596\times10^{-9}\times0.6}{1.9\times10^{-5}}=0.0188$ m

التداخل في الأغشية الرقيقة

تعريفه	{ ظاهرة ينتج عنها طيف من الألوان بسبب التداخل البنّاء والتداخل الهدام لموجات الضوء المنعكسة عن الغشاء الرقيق }	
مثال عليه	ألوان الطيف التي تُكونها فقاعة صابون أو غشاء زيتي عالم على سطح الماء	
العلاقة الرياضية	$2d=\left(m+\frac{1}{2}\right)\frac{\lambda_{\text{الفراغ}}}{n_{\text{الغشاء}}}$ تنبيه: لأقل سمك $m=0$	d سُمك الغشاء m عدد صحيح ، $m=0,1,2,\cdots$ $\lambda_{\text{الفراغ}}$ الطول الموجي للضوء في الفراغ $n_{\text{الغشاء}}$ معامل انكسار مادة الغشاء λ الطول الموجي للضوء في الهواء $\lambda_{\text{الغشاء}}$ الطول الموجي للضوء في الغشاء
تعزيز اللون	• المقصود به: جعل شدة الإضاءة أكبر لضوء منعكس أحادي اللون. • شرط حدوثه: تحقق الشرط .. $d=\frac{\lambda}{4}=\frac{\lambda_{\text{الغشاء}}}{4}=\frac{\lambda_{\text{الفراغ}}}{4n_{\text{الغشاء}}}$	
مثال توضيحي	ما أقل سُمك لغشاء صابون معامل انكساره 1.33 ليتداخل عنده ضوء طوله الموجي 521 nm تداخلاً بناءً مع نفسه؟ لأقل سمك فإن $m=0$ .. $2d=\left(m+\frac{1}{2}\right)\frac{\lambda_{\text{الفراغ}}}{n_{\text{الغشاء}}} \Rightarrow d=\frac{\lambda_{\text{الفراغ}}}{4n_{\text{الغشاء}}}=\frac{521\times10^{-9}}{4\times1.33}=9.79\times10^{-8}$ m	
تعليلان	• الغشاء الرقيق متغير السُمك: تتكوّن فيه ألوان قوس المطر ؛ علل ؛ لأن شرط التداخل البنّاء للطول الموجي سيتحقق عند سماكات مختلفة للألوان المختلفة. • الغشاء الرقيق جدًا: يبدو معتمًا ؛ علل ؛ لأنه لا يُنتج تداخلاً بناءً لأي طول موجي من ألوان الضوء.	
فراشة المورفو	• يحدث تداخل الغشاء الرقيق طبيعيًا في جناحي فراشة المورفو. • ينتج نمطًا من اللون الأزرق المتلألئ فتظهر الفراشة وكأنها تصدر وميضًا.	

حيود الشق الأحادي

نمط الحيود	{ نمط يتكوّن على شاشة نتيجة التداخل البنّاء والهدّام لموجات هويجنز }
حيود الضوء الأزرق	• عندما يمر الضوء الأزرق المترابط خلال شق صغير عرضه أكبر من الطول الموجي للضوء فإنه يحيد عن كلتا الحافتين وتتكون أهداب مضيئة ومعتمة على الشاشة. • يتكوّن هدب مركزي عريض ومضيء مع أهداب أقل سمكًا وأقل إضاءة على الجانبين. • عرض الحزمة المركزية المضيئة يزداد عندما نستخدم الضوء الأحمر بدل الأزرق.

نمط الحيود

تعليل	جميع أهداب التداخل المضيئة في تداخل الشق المزدوج متطابقة مع عرض الحزمة المركزية لنمط حيود الشق الأحادي ؛ علل ؛ لأن تداخل الشق المزدوج ينتج عن تداخل أنماط حيود الشق الأحادي للموجات الناتجة عن الشقين	
عرض الحزمة المركزية المضيئة في حيود الشق الأحادي	$2x_1 = \frac{2\lambda L}{w}$	$2x_1$ عرض الحزمة المركزية المضيئة λ الطول الموجي للضوء L بُعد الشق عن الشاشة w عرض الشق
فائدتان	• يمكن حساب المسافة بين مركز الهدب المركزي المضيء وأي هدب معتم من العلاقة $x_m = \frac{m\lambda L}{w}$ وذلك لقيم $m = 1, 2, 3, \cdots$. • الحيود يزودنا بأداة لقياس الطول الموجي للضوء باستخدام عدد كبير من الشقوق.	
مثال توضيحي	يسقط ضوء أخضر أحادي اللون طوله الموجي 546 nm على شق مفرد عرضه 0.095 mm ؛ فإذا كان بُعد الشق عن الشاشة يساوي 75 cm فما عرض الهدب المركزي المضيء؟ $x_m = \frac{m\lambda L}{w} = \frac{1\times546\times10^{-9}\times75\times10^{-2}}{0.0595\times10^{-3}} = 4.3\times10^{-3}\ m$	

محزوز الحيود

وصفه	أداة مكوّنة من عدة شقوق مفردة تُؤدي إلى حيود الضوء وتكوين نمط حيود ينتج عن تراكب أنماط حيود شق مفرد

استخداماته	• قياس الطول الموجي للضوء بدقة. • فصل الضوء وفق الأطوال الموجية.
تعليل	المسافة بين شقوق محزوز الحيود صغيرة جدًا « علل » لأن المحزوز يحوي آلاف الشقوق لكل سنتيمتر
أنواع المحزوز	• محزوز النفاذ. • محزوز طبق الأصل « المحزوز الفشائي ». • محزوز الانعكاس.
محزوز النفاذ	• يُصنع بعمل خدوش على زجاج منفذ للضوء في صورة خطوط رفيعة جدًا برأس من الألماس. • تعمل الفراغات بين خطوط الخدوش كالشقوق. • المجوهرات المصنوعة بمحزوز النفاذ تُنتج طيفًا ضوئيًا.
المحزوز طبق الأصل « المحزوز الفشائي »	• النوع الأقل تكلفة من المحزوزات. • يُصنع بضغط صفيحة رقيقة من البلاستيك على محزوز زجاجي وعند سحب هذه الصفيحة خارج المحزوز يتكوّن على سطحها أثر عاكل للمحزوز الزجاجي.
محزوز الانعكاس	• يُصنع بحفر خطوط رفيعة جدًا على سطوح طبقة معدنية أو زجاج عاكس. • القرص المدمج DVD أو CD يعمل عمل محزوز انعكاس.

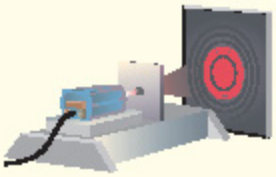
قياس الطول الموجي

المطياف	جهاز يستخدم لقياس الطول الموجي للضوء باستخدام محزوز الحيود	
معادلة محزوز الحيود	$\lambda = d \sin\theta$	λ الطول الموجي للضوء
	حيث أن ..	d المسافة الفاصلة بين الشقوق
	$\theta = \tan^{-1}\frac{x}{L}$	θ زاوية الهدب المضيء ذو الرتبة الأولى
		L بعد الشاشة عن المحزوز
		x الفراغات بين الأهداب المضيئة
مثال توضيحي	سقط ضوء أزرق طوله الموجي 434 nm على محزوز حيود فتكوّنت أهداب على شاشة على بُعد 1.05 m ؛ فإذا كانت الفراغات بين الأهداب 0.55 m فما المسافة الفاصلة بين الشقوق في محزوز الحيود؟	

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

$$d = \frac{434\times10^{-9}}{\sin\left(\tan^{-1}\left(\frac{0.55}{1.05}\right)\right)} = 9.4\times10^{-7}\ \text{m}$$

قوة تمييز العدسات

العدسة المستديرة	تواجدها	المنظار الفلكي ، المجهر ، العينين
	وظيفتها	• تعمل كأنها ثقب أو فتحة تسمح للضوء بالمرور من خلالها. • تسبب حيوداً للضوء ، تماماً كما يفعل الشق الأحادي . • نمط الحيود الناتج حلقات مضيئة ومعتمة متعاقبة.
	 نمط الحيود لثقب دائري	
معيار ريليه	{ إذا سقطت البقعة المركزية المضيئة لصورة أحد النجمين على الحلقة المعتمة الأولى للنجم الثاني تكون الصورتان في حدود التحليل « التمييز » }	
العلاقة الرياضية	$x_{\text{جسم}} = \frac{1.22\lambda L_{\text{جسم}}}{D}$	$x_{\text{جسم}}$ المسافة الفاصلة بين جسمين $L_{\text{جسم}}$ المسافة من الفتحة إلى الجسمين λ الطول الموجي للضوء D قطر الفتحة المستديرة

العيوب في العين البشرية

فائدة	العين البشرية أكثر حساسية للون الأصفر والأخضر
خلايا المخاريط بالعين	• العين تبدو مثالية التركيب عندما تسجل المخاريط الثلاثة المتجاورة « خلايا حساسة في العين » ضوءاً وعتمة وضوءاً. • إذا كانت المخاريط قريبة جداً من بعضها فإنها سترى تفاصيل نمط الحيود لا المصدر. • إذا كانت المخاريط متباعدة فإنها لا تستطيع تمييز التفاصيل الممكنة كلها.
تعليل	الحيود لا يحدّ من عمل العين « علل » لأن السائل الذي يملأ العين والعيوب في العدسة يقللان من قدرة التمييز للعين أكثر من الحيود بخمس مرات وفق معيار ريليه

سلسلة التبسيط

رؤية مبتكرة ... لفهم أسهل

ملحق ٢

أسئلة اختبارات

الفصل ٧ : الاهتزازات والموجات

السؤال الأول: اختر الإجابة الصحيحة:

(١) حركة بندول الساعة مثال على الحركة ..

Ⓐ الدورانية. Ⓑ الدورية. Ⓒ الخطية.

(٢) حركة تذبذب جسم مثبت بنابض إلى أعلى وأسفل حركة ..

Ⓐ خطية. Ⓑ دورانية. Ⓒ دورية.

(٣) العلاقة بين القوة المؤثرة على نابض واستطالة النابض علاقة ..

Ⓐ طردية خطية. Ⓑ عكسية خطية. Ⓒ ليست طردية ولا عكسية.

(٤) ميل الخط البياني في العلاقة بين القوة المؤثرة على نابض واستطالته يُمثل ..

Ⓐ ثابت النابض. Ⓑ القوة المؤثرة على النابض. Ⓒ استطالة النابض.

(٥) المساحة تحت منحنى العلاقة بين القوة المؤثرة على نابض واستطالته تساوي عدديًا ..

Ⓐ ثابت النابض. Ⓑ استطالة النابض. Ⓒ طاقة الوضع المختزنة في النابض.

(٦) من تطبيقات البندول البسيط استخدامه في حساب ..

Ⓐ ثقل البندول. Ⓑ سعة الاهتزازات. Ⓒ تسارع الجاذبية الأرضية.

(٧) حاصل الجمع الاتجاهي لقوة شد الخيط في ثقل البندول F_T وقوة الجاذبية F_g يمثل ..

Ⓐ قوة الدفع. Ⓑ القوة المحصلة. Ⓒ قوة الثقل.

(٨) تتناسب طرديًا مع الإزاحة عندما تكون زاوية ميل خيط البندول صغيرة ..

Ⓐ كتلة ثقل البندول. Ⓑ الزمن الدوري للبندول. Ⓒ قوة الإرجاع.

(٩) الزمن الدوري للبندول البسيط يعتمد على ..

Ⓐ كتلة ثقل البندول. Ⓑ تسارع الجاذبية الأرضية. Ⓒ سعة الاهتزازة.

(١٠) الزمن الدوري للبندول البسيط لا يعتمد على ..

Ⓐ كتلة ثقل البندول. Ⓑ تسارع الجاذبية الأرضية. Ⓒ طول خيط البندول.

(١١) سعة الموجات تعتمد على ..

Ⓐ سرعتها. Ⓑ كيفية توليدها. Ⓒ جميع ما سبق.

(١٢) معدل نقل الموجة للطاقة يتناسب طرديًا مع مربع ..

Ⓐ سرعتها. Ⓑ سعتها. Ⓒ ترددها. Ⓓ طولها الموجي.

(١٣) أيّ نقطتين في الموجة لهما الطور نفسه بينهما مسافة تعادل مضاعفات صحيحة ..

Ⓐ للطول الموجي. Ⓑ لفرق الطور. Ⓒ للزمن الدوري. Ⓓ لسرعة الموجة.

(١٤) الاختلاف في الطور بين القمة والقاع يعادل ..

Ⓐ 90° . Ⓑ 180° . Ⓒ 270° . Ⓓ 360° .

(١٥) أسفل نقطة في الموجة تسمى ..

Ⓐ بطن الموجة. Ⓑ أسفل الموجة. Ⓒ قاع الموجة. Ⓓ أدنى الموجة .

(١٦) المسافة بين قمتين متتاليتين أو قاعين متتاليين يعادل ..

Ⓐ الطول الموجي. Ⓑ فرق الطور. Ⓒ الزمن الدوري. Ⓓ سرعة الموجة.

(١٧) الزمن الذي تتطلبه النقطة على الموجة حتى تعود إلى طورها الابتدائي يعادل ..

Ⓐ الزمن الدوري. Ⓑ نصف الزمن الدوري. Ⓒ ضعف الزمن الدوري.

(١٨) العلاقة بين التردد وطول الموجة علاقة ..

Ⓐ عكسية. Ⓑ طردية. Ⓒ لا علاقة بينهما.

(١٩) عندما تمر الموجة خلال حد فاصل إلى وسط آخر مختلف لا يتغير ..

Ⓐ سعة الموجة. Ⓑ سرعة الموجة. Ⓒ تردد الموجة. Ⓓ اتجاه الموجة.

(٢٠) تنقلب الموجة إذا كانت سرعة الموجات في النابض الأقل سُمكًا ..... سرعتها في النابض الأكبر سُمكًا.

Ⓐ أكبر من Ⓑ أصغر من Ⓒ يساوي تقريبًا

(٢١) سعة النبضة المرتدة في نابض متصل مع حائط ..... سعة النبضة الساقطة.

Ⓐ أكبر من Ⓑ أصغر من Ⓒ يساوي تقريبًا

(٢٢) التداخل ..... ينتج عن تراكب موجات سعاتها متساوية ومتعاكسة الاتجاه.

Ⓐ البناء Ⓑ الهدام Ⓒ البناء التام

(٢٣) في التداخل البنّاء تنتج موجة لها سعة ..... سعة أي من الموجات كل على حدة.

Ⓐ أكبر من Ⓑ أقل من Ⓒ تساوي

(٢٤) في الموجة الموقوفة في نابض مثبت الطرفين؛ إذا كان عدد البطون 3 فإن عدد العقد ..

Ⓐ 1 . Ⓑ 2 . Ⓒ 3 . Ⓓ 4 .

(٢٥) من الموجات التي تتحرك في بُعد واحد ..

Ⓐ الموجات على سطح الماء. Ⓑ موجات الصوت. Ⓒ الموجات في النابض.

(٢٦) الموجات على سطح الماء من الموجات التي تتحرك ..

Ⓐ في ثلاثة أبعاد. Ⓑ في بعدين. Ⓒ في بُعد واحد.

(٢٧) عند إضاءة المصباح فوق حوض الموجات يتكوّن ظل تحت الحوض يبين مواقع ..

Ⓐ مقدمات الموجات. Ⓑ قمم الموجات. Ⓒ قيعان الموجات.

(٢٨) ينص قانون الانعكاس على أن زاوية السقوط ..... زاوية الانعكاس.

Ⓐ أكبر من Ⓑ أصغر من Ⓒ تساوي

السؤال الثاني: ضع علامة ✓ أمام العبارة الصحيحة وعلامة × أمام الخاطئة مما يلي:

(١) في الحركة الدورية تعمل القوة المحصلة المؤثرة في النظام على إعادة الجسم في اتجاه موضع الاتزان.

(٢) إزاحة النابض هي المسافة التي يستطيلها أو ينضغطها عن موضع اتزانه.

(٣) السرعة المتجهة لثقل البندول عند موضع الاتزان أكبر ما يمكن.

(٤) من الأمثلة على الرنين القفز المتواتر عن لوح القفز أو الغوص.

(٥) الموجات الميكانيكية لا تحتاج إلى وسط ناقل.

(٦) سرعة معظم الموجات الميكانيكية تعتمد على الوسط الذي تنتقل خلاله.

(٧) الزمن الدوري وتردد الموجة لا يعتمدان على سرعة الموجة.

(٨) تمر الموجة خلال الحد الفاصل إلى وسط آخر ولا يتغير اتجاهها.

(٩) لا يمكن أن تتواجد موجتان أو أكثر في الوسط نفسه خلال الزمن نفسه.

(١٠) لا تتغير سرعة النبضة عند انتقالها بين نابضين مختلفي السُمك.

(١١) خصائص كلا النابضين تحدد اتجاه الموجة المنعكسة معتدلاً أو مقلوباً.

(١٢) يمكن اتحاد موجتين أو أكثر لتكوين موجة جديدة.

(١٣) عندما تلتقي موجتان تتحركان في اتجاهين متعاكسين تلغي إحداهما الأخرى.

(١٤) تقل إزاحة الوسط عند النقاط كلها في منطقة التداخل الهدّام.

(١٥) سعة النبضة الناتجة من التداخل تساوي عددياً مجموع إزاحتي النبضتين.

(١٦) يُنتج التداخل موجات موقوفة في الحبل وبزيادة تردد الاهتزاز يقل عدد البطون والعقد.

(١٧) تتحرك الموجات في اتجاه متعامد مع مقدمة الموجة.

(١٨) عند انتقال الموجة من الماء العميق إلى الماء الضحل تنقص سرعتها ويتغير اتجاهها.

(١٩) عند انتقال الموجة من الماء العميق إلى الماء الضحل ينقص طولها الموجي ويظل ترددها ثابتاً.

السؤال الثالث: املأ الفراغ بما يناسبه:

(١) للجسم المتحرك حركة دورية موضع واحد تكون فيه القوة المحصلة المؤثرة تساوي صفراً يسمى .... .

(٢) النوابض التي تحقق قانون هوك تسمى النوابض ..... .

(٣) القوة المحصلة المؤثرة على ثقل البندول عند موضع الاتزان تساوي ..... .

(٤) تسارع ثقل البندول عند موضع الاتزان يساوي ..... .

(٥) أعلى نقطة في الموجة تسمى ..... الموجة.

(٦) التداخل نوعان: تداخل ..... وتداخل ..... .

(٧) التداخل الهدّام نوعان: تداخل هدّام ..... وتداخل هدّام ..... .

(٨) التداخل ..... ينتج عندما تكون إزاحات الموجات في الاتجاه نفسه.

(٩) يستعمل ..... لبيان خصائص الموجات المنتشرة في بعدين.

(١٠) الزاوية المحصورة بين الشعاع المنعكس والعمود المقام تسمى ..... .

(١١) يستعمل ..... لتمثيل سلوك الموجات عندما تنتقل من وسط إلى آخر.

السؤال الرابع: اكتب المصطلح العلمي المناسب:

(١) حركة تتكرر في دورة منتظمة.

(٢) الحركة التي تحدث عندما تتناسب القوة المعيدة المؤثرة في جسم طرديًا مع إزاحة الجسم عن وضع الاتزان.

(٣) الزمن الذي يحتاج إليه الجسم ليكمل دورة كاملة.

(٤) أقصى مسافة يتحركها الجسم مبتعداً عن موضع الاتزان.

(٥) القوة التي يؤثر بها نابض تتناسب طرديًا مع مقدار استطالته.

(٦) اضطراب يحمل الطاقة خلال المادة أو الفراغ ولا ينقل جزيئات الوسط الناقل.

(٧) موجة تتذبذب عموديًا على اتجاه انتشار الموجة.

(٨) موجة ينتقل فيها الاضطراب في اتجاه حركة الموجة نفسها.

(٩) موجة ناتجة عن حركة دقائق الوسط في كلا الاتجاهين الموازي للموجة نفسها والمتعامد مع اتجاه انتشارها.

(١٠) نبضة مفردة أو اضطراب مفرد ينتقل خلال الوسط.

(١١) الإزاحة القصوى للموجة عن موضع سكونها أو اتزانها.

(١٢) أقصر مسافة بين أي نقطتين بحيث يتكرر نمط الموجة نفسه.

(١٣) الزمن الذي يحتاج إليه الجسم المتذبذب حتى يكمل دورة كاملة.

(١٤) عدد الاهتزازات الكاملة التي يتمها الجسم المهتز في الثانية.

(١٥) الموجة التي تصطدم بالحد الفاصل بين وسطين.

(١٦) الموجة المرتدة الناتجة عن انعكاس بعض طاقة نبضة الموجة الساقطة إلى الخلف.

(١٧) الأثر الناتج عن تراكب موجتين أو أكثر.

(١٨) النقطة الثابتة التي تلتقي فيها نبضتان موجيتان في الموقع نفسه حيث تصبح الإزاحة الناتجة صفراً.

(١٩) النقطة ذات الإزاحة الكبرى عند التقاء نبضتي موجة.

(٢٠) الموجة التي تظهر واقفة وساكنة تتولد عند تداخل موجتين تتحركان في اتجاهين متعاكسين.

(٢١) الخط الذي يمثل قمة الموجة في بعدين.

(٢٢) الخط الذي يبين اتجاه الموجة المتنقلة ويُرسم عموديًا على قمتها.

(٢٣) الخط الذي يبين اتجاه الحاجز في مخطط الأشعة ويُرسم عموديًا على الحاجز.

(٢٤) التغير في اتجاه الموجات عند الحد الفاصل بين وسطين مختلفين.

السؤال الخامس: علل لما يأتي:

(١) القوة المحصلة المؤثرة في البندول دائمًا قوة إرجاع.

الأجوبة النهائية

أجوبة السؤال الأول: الاختيار من متعدد ..

(١) Ⓑ	(٢) Ⓒ	(٣) Ⓐ	(٤) Ⓐ	(٥) Ⓒ	(٦) Ⓒ	(٧) Ⓑ
(٨) Ⓒ	(٩) Ⓑ	(١٠) Ⓐ	(١١) Ⓑ	(١٢) Ⓑ	(١٣) Ⓐ	(١٤) Ⓑ
(١٥) Ⓒ	(١٦) Ⓐ	(١٧) Ⓐ	(١٨) Ⓐ	(١٩) Ⓒ	(٢٠) Ⓐ	(٢١) Ⓒ
(٢٢) Ⓑ	(٢٣) Ⓐ	(٢٤) Ⓓ	(٢٥) Ⓒ	(٢٦) Ⓑ	(٢٧) Ⓑ	(٢٨) Ⓒ

أجوبة السؤال الثاني: بيان الإجابة الصحيحة والخاطئة ..

(١) ✓	(٢) ✓	(٣) ✓	(٤) ✓	(٥) ×	(٦) ✓	(٧) ✓
(٨) ×	(٩) ×	(١٠) ×	(١١) ✓	(١٢) ✓	(١٣) ×	(١٤) ✓
(١٥) ✓	(١٦) ×	(١٧) ✓	(١٨) ✓	(١٩) ✓		

أجوبة السؤال الثالث: ملء الفراغ ..

(١) موضع الاتزان	(٢) المرنة	(٣) صفراً	(٤) صفراً
(٥) قمة	(٦) هدام ، بناء	(٧) تام ، غير تام	(٨) البناء
(٩) حوض الموجات	(١٠) زاوية الانعكاس	(١١) حوض الموجات	

أجوبة السؤال الرابع: المصطلح العلمي المناسب ..

(١) الحركة الدورية.	(٢) الحركة التوافقية البسيطة.	(٣) الزمن الدوري.
(٤) سعة الاهتزازة.	(٥) قانون هوك.	(٦) الموجة.
(٧) الموجة المستعرضة.	(٨) الموجة الطولية.	(٩) الموجة السطحية.
(١٠) نبضة الموجة.	(١١) سعة الموجة.	(١٢) الطول الموجي.
(١٣) الزمن الدوري.	(١٤) تردد الموجة.	(١٥) الموجة الساقطة.
(١٦) الموجة المنعكسة.	(١٧) التداخل.	(١٨) العقدة.
(١٩) البطن.	(٢٠) الموجة الموقوفة.	(٢١) مقدمة الموجة.
(٢٢) الشعاع.	(٢٣) العمود المقام.	(٢٤) الانكسار.

أجوبة السؤال الخامس: التعليل ..

(١) لأنها دائمًا معاكسة لاتجاه إزاحة البندول وتعمل على إرجاع الثقل إلى موضع اتزانه.

الفصل ٨ : الصوت

السؤال الأول: اختر الإجابة الصحيحة:

(١) لا ينتقل الصوت في ..

Ⓐ المواد الصلبة. Ⓑ السوائل. Ⓒ الغازات. Ⓓ الفراغ.

(٢) من خصائص الموجات الصوتية التي تتأثر بالوسط المتحركة فيه ..

Ⓐ الطول الموجي. Ⓑ الزمن الدوري. Ⓒ التردد.

(٣) سرعة الصوت في المواد الصلبة ..... سرعته في السوائل.

Ⓐ أكبر من Ⓑ تساوي Ⓒ أصغر من

(٤) سرعة الصوت في الغازات ..... سرعته في السوائل.

Ⓐ أكبر من Ⓑ تساوي Ⓒ أصغر من

(٥) خاصية من خصائص الصوت لا تتغير عند تغير درجة الحرارة ..

Ⓐ التردد. Ⓑ السرعة. Ⓒ الطول الموجي.

(٦) من الأمثلة على كاشفات الصوت ..

Ⓐ حنجرة الإنسان. Ⓑ الميكروفون. Ⓒ السماعة.

(٧) علو الصوت يعتمد على ..... موجة الضغط.

Ⓐ تردد Ⓑ سرعة Ⓒ سعة

(٨) مقياس لوغاريتمي لقياس سعات الموجات الصوتية ..

Ⓐ مستوى الصوت. Ⓑ الديسبل. Ⓒ شدة الصوت.

(٩) مقياس يُستعمل لوصف تغيرات الضغط وقدرة موجات الصوت وشدتها ..

Ⓐ سرعة الصوت. Ⓑ مقياس الديسبل. Ⓒ حدة الصوت.

(١٠) حساسية الأذن للصوت تعتمد على ..

Ⓐ حدة الصوت. Ⓑ سرعة الصوت. Ⓒ جميع ما سبق.

(١١) عند اقتراب مصدر الصوت من كاشف ثابت فإن الطول الموجي ..

Ⓐ يزداد. Ⓑ ينقص. Ⓒ لا يتغير.

(١٢) عند ابتعاد مصدر الصوت عن كاشف ثابت فإن حدة الصوت ..

Ⓐ تزداد. Ⓑ تنقص. Ⓒ لا تتغير.

(١٣) عند ابتعاد مصدر الصوت عن كاشف ثابت فإن الطول الموجي ..

Ⓐ يزداد. Ⓑ ينقص. Ⓒ لا يتغير.

(١٤) عند ابتعاد مصدر الصوت عن كاشف ثابت فإن التردد الذي يستقبله الكاشف ..

Ⓐ يزداد. Ⓑ لا يتغير. Ⓒ ينقص.

(١٥) ترددات الهواء المهتز التي ستكون في حالة رنين يحددها ..... عمود الهواء.

Ⓐ طول Ⓑ قُطر Ⓒ نوع مادة

(١٦) تغيير طول عمود الهواء يؤدي إلى تغيير ..... صوت الآلة.

Ⓐ نوع Ⓑ حدة Ⓒ سرعة

(١٧) موجة الصوت الموقوفة تُمثَّل بموجة ..

Ⓐ جيب. Ⓑ ظل. Ⓒ ظل تمام.

(١٨) عند تمثيل ضغط موجات الصوت الموقوفة بيانيًا فإن العقد تُمثِّل مناطق الضغط ..

Ⓐ المنخفض. Ⓑ المرتفع. Ⓒ المتوسط.

(١٩) عند تمثيل إزاحة موجات الصوت الموقوفة بيانيًا فإن العقد تُمثِّل مناطق الإزاحة ..

Ⓐ المنخفضة. Ⓑ المرتفعة. Ⓒ المتوسطة.

(٢٠) المسافة بين بطنين متتاليين أو بين عقدتين متتاليتين تساوي ..

Ⓐ رُبع موجة. Ⓑ نصف موجة. Ⓒ موجة كاملة.

(٢١) يتكوَّن الرنين الثالث في الأعمدة الهوائية المغلقة من ..

Ⓐ عقدة وبطن. Ⓑ عقدتين وبطنين. Ⓒ ثلاث عقد وثلاثة بطون.

(٢٢) المسافة بين كل رنين والذي يليه في الأعمدة الهوائية المغلقة تساوي ..

Ⓐ رُبع موجة. Ⓑ نصف موجة. Ⓒ موجة كاملة.

(٢٣) طول أقصر عمود هوائي مفتوح يحدث رنينًا مع موجاته الموقوفة يساوي ..

Ⓐ رُبع موجة. Ⓑ نصف موجة. Ⓒ موجة كاملة.

(٢٤) طول الرنين في الأعمدة الهوائية المفتوحة يساوي عددًا زوجيًا من مضاعفات ..

Ⓐ رُبع الطول الموجي. Ⓑ نصف الطول الموجي. Ⓒ الطول الموجي.

(٢٥) المسافة بين كل رنين والذي يليه في الأعمدة الهوائية المفتوحة تساوي ..

Ⓐ رُبع موجة. Ⓑ نصف موجة. Ⓒ موجة كاملة.

(٢٦) الرنين الثاني في الأوتار يتكوّن من ..

Ⓐ عقدتين وبطنين. Ⓑ عقدتين وثلاثة بطون. Ⓒ ثلاث عقد وبطنين.

(٢٧) ترددات الإيقاعات في الأعمدة المفتوحة والأوتار مضاعفات ..... للتردد الأساسي.

Ⓐ صحيحة. Ⓑ فردية. Ⓒ زوجية.

(٢٨) الضجيج يتضمن تغيرات عشوائية في ..

Ⓐ تردد الموجات. Ⓑ سعة الموجات. Ⓒ تردد الموجات وسعتها.

السؤال الثاني: ضع علامة ✓ أمام العبارة الصحيحة وعلامة × أمام الخاطئة مما يلي:

(١) الموجة الصوتية موجة طولية مكونة من مجموعة تضاغطات وتخلخلات.

(٢) الموجة الصوتية تنتج عن تذبذب جسم في وسط مادي.

(٣) التردد من خصائص الموجات الصوتية التي لا تتأثر بالوسط المتحركة فيه.

(٤) سرعة الصوت في الهواء تنقص بزيادة درجة الحرارة.

(٥) تنشأ البقع الميتة عند العقد نتيجة تداخل موجتين صوتيتين.

(٦) الصوت عند البقع الميتة يكون قويًا جدًا.

(٧) تأثير دوبلر يحدث لجميع الموجات الميكانيكية والكهرومغناطيسية.

(٨) الأوتار الصوتية عبارة عن زوج من الأغشية في الحنجرة.

(٩) اهتزاز الأوتار الصوتية في الحنجرة يؤدي إلى إنتاج الصوت البشري.

(١٠) الأعمدة الهوائية في حالة الرنين تُحوِّل الأصوات المنتظمة إلى عشوائية.

(١١) في الأعمدة الهوائية المفتوحة موجة الضغط المرتفع تنعكس وترتد موجة ضغط مرتفع.

(١٢) يحدث الرنين الأول في العمود الهوائي المغلق إذا كان طول العمود يساوي نصف الطول الموجي.

(١٣) طول الرنين في الأعمدة الهوائية المغلقة يساوي عددًا فرديًا من مضاعفات ربع الطول الموجي.

(١٤) قياس المسافة بين كل رنين والذي يليه يستخدم لإيجاد سرعة الصوت في الهواء.

(١٥) القناة السمعية في الأذن تعمل بمثابة عمود هوائي مفتوح في حالة رنين.

(١٦) القناة السمعية في الأذن يساعد على زيادة حساسية الأذن للترددات المسموعة.

(١٧) الرنين الأول في الوتر المشدود يحدث إذا كان طول الوتر رُبع الطول الموجي.

(١٨) طول الرنين في الأوتار المشدودة يساوي عددًا صحيحًا من الأطوال الموجية.

(١٩) الفرق بين الموجات البسيطة والموجات المعقدة يسمى طابع الصوت.

السؤال الثالث: املأ الفراغ بما يناسبه:

(١) الميكروفون يُحوِّل الطاقة ..... إلى طاقة ..... .

(٢) في الأذن الوسطى ثلاثة عظام دقيقة هي: المطرقة ، ..... ، ..... .

(٣) لإدراك الصوت نوعان هما: ..... الصوت و ..... الصوت.

(٤) وحدة قياس مستوى الصوت ..... .

(٥) يتم التحكم في تردد اهتزاز الأوتار الصوتية من خلال ..... الموجودة عليها.

(٦) الأعمدة الهوائية نوعان: ..... و ..... .

(٧) موجة الصوت الموقوفة تتكوَّن من ..... و ..... .

(٨) من الأمثلة على الأعمدة الهوائية المفتوحة ..... .

(٩) من طرق توليد الموجات في الأوتار المشدودة: النقر و ..... و ..... .

(١٠) شكل الموجات الصوتية المعقدة يعتمد على ..... النسبية للترددات المختلفة.

(١١) يمكن تخفيض الضجيج عن طريق تخفيض عدد ..... .

السؤال الرابع: اكتب المصطلح العلمي المناسب:

(١) انتقال تغيرات الضغط خلال مادة على شكل موجة طولية.

(٢) عدد التذبذبات في قيمة الضغط في الثانية الواحدة.

(٣) المسافة بين مركزي ضغط مرتفع متتاليين أو بين مركزي ضغط منخفض متتاليين.

(٤) موجات الصوت المنعكسة عن الأجسام عند رجوعها إلى مصدرها.

(٥) خاصية للصوت تعتمد على تردد الاهتزاز وتميز بواسطتها الأصوات الرفيعة عن الأصوات الغليظة.

(٦) تغير في تردد الصوت ناتج عن تحرك مصدر الصوت أو الكاشف أو كليهما.

(٧) الرسم البياني لسعة الموجة مقابل ترددها.

(٨) أقل تردد يُحدث رنينًا في الأعمدة الهوائية.

(٩) الترددات التي تكون عندها الأعمدة الهوائية في حالة رنين.

السؤال الخامس: علل لما يأتي:

(١) الموجة الصوتية موجة طولية.

(٢) لا تنتقل الموجات الصوتية في الفراغ.

(٣) تسمع للصوت دويًا عندما تصرخ داخل نفق طويل.

(٤) الصدفات البحرية تُضخم ترددات معينة من الأصوات المحيطة.

الأجوبة النهائية

أجوبة السؤال الأول: الاختيار من متعدد ..

(١) Ⓓ	(٢) Ⓐ	(٣) Ⓐ	(٤) Ⓒ	(٥) Ⓐ	(٦) Ⓑ	(٧) Ⓒ
(٨) Ⓐ	(٩) Ⓑ	(١٠) Ⓒ	(١١) Ⓑ	(١٢) Ⓑ	(١٣) Ⓐ	(١٤) Ⓒ
(١٥) Ⓐ	(١٦) Ⓑ	(١٧) Ⓐ	(١٨) Ⓒ	(١٩) Ⓐ	(٢٠) Ⓑ	(٢١) Ⓒ
(٢٢) Ⓑ	(٢٣) Ⓑ	(٢٤) Ⓐ	(٢٥) Ⓑ	(٢٦) Ⓒ	(٢٧) Ⓐ	(٢٨) Ⓒ

أجوبة السؤال الثاني: بيان الإجابة الصحيحة والخاطئة ..

(١) ✓	(٢) ✓	(٣) ✓	(٤) ×	(٥) ✓	(٦) ×	(٧) ✓
(٨) ✓	(٩) ✓	(١٠) ×	(١١) ×	(١٢) ×	(١٣) ✓	(١٤) ✓
(١٥) ×	(١٦) ✓	(١٧) ×	(١٨) ×	(١٩) ✓		

أجوبة السؤال الثالث: ملء الفراغ ..

(١) صوتية ، كهربائية	(٢) السندان ، الركاب	(٣) حدة ، علو	(٤) دهليز
(٥) عضلات الشد	(٦) مغلق ، مفتوح	(٧) عقد ، بطون	(٨) الأنفاق
(٩) الشد ، الضرب	(١٠) السعات	(١١) الترددات	

أجوبة السؤال الرابع: المصطلح العلمي المناسب ..

(١) الموجة الصوتية.	(٢) التردد.	(٣) الطول الموجي.
(٤) صدى الصوت.	(٥) حدة الصوت.	(٦) تأثير دوبلر.
(٧) طيف الصوت.	(٨) التردد الأساسي.	(٩) الإيقاعات.

أجوبة السؤال الخامس: التعليل ..

(١) لأن جزيئات الهواء تهتز موازية لاتجاه حركة الموجة

(٢) لعدم وجود جزيئات تتصادم وتنقل الموجة

(٣) لأن النفق يعمل بوصفه أنبوبًا هوائيًا مفتوحًا في حالة رنين.

(٤) لأنها تعمل عمل أنبوب هوائي مغلق في حالة رنين.

الفصل ٩ : أساسيات الضوء

السؤال الأول: اختر الإجابة الصحيحة:

(١) طريقة دراسة تفاعل الضوء مع المادة تسمى ..

Ⓐ الضوئيات. Ⓑ البصريات. Ⓒ المرئيات.

(٢) أي التالية من مصادر الضوء الطبيعية؟

Ⓐ الشرر واللهب. Ⓑ أشعة الليزر. Ⓒ شاشات التلفاز.

(٣) من مصادر الضوء الصناعية ..

Ⓐ الشرر واللهب. Ⓑ اليراع. Ⓒ مصابيح الفلورسنت.

(٤) من مصادر الضوء المستضيئة ..

Ⓐ الشمس. Ⓑ القمر. Ⓒ المصابيح المتوهجة.

(٥) وسط لا يمر الضوء من خلاله ويعكس بعض الضوء ..

Ⓐ الشفاف. Ⓑ غير الشفاف. Ⓒ شبه الشفاف.

(٦) من الأوساط الشفافة ..

Ⓐ القماش البلاستيكي. Ⓑ الهواء. Ⓒ مظلة المصباح.

(٧) وسط يمر الضوء من خلاله ولا يسمح للأجسام أن تُرى بوضوح ..

Ⓐ الشفاف. Ⓑ غير الشفاف. Ⓒ شبه الشفاف.

(٨) الاستضاءة بفعل مصدر ضوئي نقطي تتناسب طرديًا مع ..

Ⓐ $ف^{2}$. Ⓑ $\frac{1}{ف^{2}}$. Ⓒ $\frac{1}{ف}$.

(٩) استضاءة سطح بمصدر ضوئي تتناسب طرديًا مع ..

Ⓐ التدفق الضوئي. Ⓑ مربع التدفق الضوئي. Ⓒ مربع المسافة بين المصدر والسطح.

(١٠) أول من افترض أن للضوء سرعة محددة ..

Ⓐ نيوتن. Ⓑ جاليليو. Ⓒ أولي رومر.

(١١) أول من أثبت أن الضوء ينتقل بسرعة محددة ..

Ⓐ نيوتن. Ⓑ جاليليو. Ⓒ أولي رومر.

(١٢) أكبر الأطوال الموجية للضوء المرئية هو طول موجة الضوء ..

Ⓐ الأزرق. Ⓑ الأخضر. Ⓒ الأحمر. Ⓓ البنفسجي.

(١٣) الأحمر والأزرق والأخضر ألوان ..

Ⓐ أساسية. Ⓑ ثانوية. Ⓒ متتامة.

(١٤) اللون الأرجواني متمم للون ..

Ⓐ الأخضر. Ⓑ الأحمر. Ⓒ الأزرق.

(١٥) إذا سقط ضوء أبيض على جسم لونه أحمر فإنه يعكس الضوء ..

Ⓐ الأزرق. Ⓑ الأخضر. Ⓒ الأحمر. Ⓓ البنفسجي.

(١٦) من ألوان الصبغة الأساسية ..

Ⓐ الأزرق الفاتح. Ⓑ الأرجواني. Ⓒ الأصفر. Ⓓ جميع ما سبق.

(١٧) صبغة الأزرق الفاتح والصبغة الحمراء صبغتان ..

Ⓐ أساسيتان. Ⓑ ثانويتان. Ⓒ متتامتان.

(١٨) وسط الاستقطاب يسمى ..... الاستقطاب.

Ⓐ محور Ⓑ عاكس Ⓒ مرشّح

(١٩) إذا كان محورا مرشّحي الاستقطاب متعامدين فإن الضوء ..

Ⓐ ينفذ. Ⓑ لا ينفذ. Ⓒ ينفذ جزئيًا.

(٢٠) قانون ..... يستخدم في تحديد الزاوية المحصورة بين محوري استقطاب المرشّحين.

Ⓐ نيوتن Ⓑ مالوس Ⓒ ميكلسون

(٢١) يستخدم في قياس انزياح دوبلر للأطوال الموجية المنبعثة من النجوم ..

Ⓐ المطياف. Ⓑ التلسكوب. Ⓒ الميكروسكوب.

السؤال الثاني: ضع علامة ✓ أمام العبارة الصحيحة وعلامة × أمام الخاطئة مما يلي:

(١) نموذج الشعاع الضوئي طريقة لدراسة كيفية تفاعل الضوء مع المادة.

(٢) المصادر الصناعية للضوء ناتجة من استخدام الإنسان للكهرباء.

(٣) ضوء الشمس أقل سطوعًا من ضوء القمر.

(٤) الاستضاءة مقياس لعدد الأشعة الضوئية التي تصطدم بسطح ما.

(٥) الاستضاءة تزداد بزيادة المسافة بين المصدر الضوئي والسطح.

(٦) استضاءة سطح بمصدر ضوئي تتناسب طرديًا مع مربع المسافة بين المصدر الضوئي والسطح.

(٧) انحراف الضوء أكثر وضوحًا من انحراف الصوت.

(٨) جاليليو لاحظ تكوّن ترتيب منظم للألوان أطلق عليه اسم الطيف.

(٩) اللون البنفسجي أكبر الأطوال الموجية للضوء المرئي.

(١٠) إذا سقط الضوء الأزرق على الجسم الأحمر فإنه يظهر باللون الأبيض.

(١١) صبغة اللون الأصفر تمتص اللون الأحمر وتعكس اللون الأزرق والأخضر.

(١٢) مزج صبغتين متتامتين ينتج عنه اللون الأبيض.

(١٣) أكسيد التيتانيوم من أصباغ الطابعة الملونة.

(١٤) ضوء المصباح العادي غير مستقطَب.

(١٥) مركّبات الضوء التي في اتجاه محور الاستقطاب تنفذ من وسط الاستقطاب.

(١٦) قانون مالوس يستخدم للمقارنة بين شدتي الضوء الخارج من مرشّحي الاستقطاب.

(١٧) المحلِّل مرشح استقطاب يُستخدم في تحديد استقطاب الضوء المنبعث من أي مصدر ضوئي.

(١٨) الطول الموجي لموجة λ هو دالة رياضية بين سرعة الموجة وترددها الثابت.

(١٩) تردد الضوء يقاس بدقة متناهية باستخدام أجهزة الليزر والزمن المعياري.

(٢٠) تردد الضوء يزداد بزيادة طوله الموجي.

السؤال الثالث: املأ الفراغ بما يناسبه:

(١) الأحمر والأزرق والأخضر هي ألوان الصبغة ..... .

السؤال الرابع: اكتب المصطلح العلمي المناسب:

(١) جسم يبعث ضوءاً من ذاته.

(٢) جسم يصبح مرئيًا نتيجة انعكاس الضوء عنه.

(٣) معدل انبعاث طاقة الضوء من المصدر الضوئي.

(٤) معدل اصطدام الضوء بالسطح.

(٥) التدفق الضوئي الذي يسقط على مساحة $1\,m^2$ من مساحة السطح الداخلي لكرة نصف قطرها $1\,m$.

(٦) المسافة التي يقطعها الضوء في سنة.

(٧) انحناء الضوء حول الحواجز.

(٨) الألوان التي تكوّن اللون الأبيض عندما تتحد كما تُنتج الألوان الثانوية عن مزجها في أزواج.

(٩) لون ينتج عن اتحاد لونين أساسيّين.

(١٠) لون الضوء الذي يعطي ضوءاً أبيضًا عند تراكبه مع ضوء آخر.

(١١) جزيئات لها القدرة على امتصاص أطوال موجية معينة للضوء وتسمح لأطوال موجية أخرى بالنفاذ من خلالها أو تعكسها.

(١٢) الصبغة التي لها القدرة على امتصاص لون أساسي وتعكس اللونين الآخرين من الضوء الأبيض.

(١٣) الصبغة التي تمتص لونين أساسيّين وتعكس لونًا واحدًا.

(١٤) إنتاج ضوء يتذبذب في مستوى واحد.

(١٥) اتجاه وسط الاستقطاب المتعامد مع الجزيئات الطويلة.

السؤال الخامس: علل لما يأتي:

(١) المصابيح المتوهجة تُعد مصادرًا مضيئة.

(٢) المصابيح المتوهجة تبعث الضوء.

(٣) المصادر المستضيئة والأجسام العادية مرئية بالنسبة لك رغم أنها لا تبعث الضوء.

(٤) تستطيع رؤية صورة جسمك على نافذة الزجاج رغم أنه شفاف.

(٥) التدفق الضوئي لمصدر يظل ثابتًا مهما اختلف بُعد السطح عنه.

(٦) اللونان الأرجواني والأخضر متتامان.

(٧) يضاف عامل أزرق اللون للملابس المصفرة لتبييضها.

(٨) أصباغ الطابعة الملونة تستمر في امتصاص وعكس الأطوال الموجية نفسها.

(٩) شدة الضوء تنخفض بعد الاستقطاب إلى النصف.

(١٠) توهج الضوء يقل عند استخدام النظارات المستقطبة.

(١١) مصورو الفوتوجراف يثبتون مرشحات الاستقطاب على عدسات الكاميرا.

(١٢) يوصف الضوء بوساطة النماذج الرياضية المستخدمة في وصف الموجات.

(١٣) استنتج هابل أن المجرات تتحرك مبتعدة عن الأرض.

الأجوبة النهائية

أجوبة السؤال الأول: الاختيار من متعدد ..

(١) Ⓑ	(٢) Ⓐ	(٣) Ⓒ	(٤) Ⓑ	(٥) Ⓑ	(٦) Ⓑ	(٧) Ⓒ
(٨) Ⓑ	(٩) Ⓐ	(١٠) Ⓑ	(١١) Ⓒ	(١٢) Ⓒ	(١٣) Ⓐ	(١٤) Ⓐ
(١٥) Ⓒ	(١٦) Ⓓ	(١٧) Ⓑ	(١٨) Ⓐ	(١٩) Ⓑ	(٢٠) Ⓑ	(٢١) Ⓐ

أجوبة السؤال الثاني: بيان الإجابة الصحيحة والخاطئة ..

(١) ✓	(٢) ✓	(٣) ×	(٤) ✓	(٥) ×	(٦) ×	(٧) ×
(٨) ×	(٩) ×	(١٠) ×	(١١) ×	(١٢) ×	(١٣) ✓	(١٤) ✓
(١٥) ✓	(١٦) ✓	(١٧) ✓	(١٨) ✓	(١٩) ✓	(٢٠) ×	

أجوبة السؤال الثالث: ملء الفراغ ..

(١) الثانوية

أجوبة السؤال الرابع: المصطلح العلمي المناسب ..

(١) المصدر المضيء.	(٢) المصدر المستضيء.	(٣) التدفق الضوئي.	(٤) الاستضاءة.
(٥) شدة الإضاءة.	(٦) الستة الضوئية.	(٧) الحيود.	(٨) الألوان الأساسية.
(٩) اللون الثانوي.	(١٠) الألوان المتتامة.	(١١) المواد الملوِّنة.	(١٢) الصبغة الأساسية.
(١٣) الصبغة الثانوية.	(١٤) الاستقطاب.	(١٥) محور الاستقطاب.	

أجوبة السؤال الخامس: التعليل ..

(١) لأنها تبعث الضوء من ذاتها.

(٢) بسبب درجة حرارتها العالية.

(٣) لأنها تعكس الضوء أو تنقله ليصل إلى عينيك.

(٤) لأن الأوساط الشفافة وشبه الشفافة تمرر الضوء وتعكس جزءاً منه.

(٥) لأن العدد الكلي للأشعة الضوئية لا يزداد.

(٦) لأنهما يتراكبان معًا لإنتاج اللون الأبيض.

(٧) لأن اللون الأصفر والأزرق متتامان فيتراكبان لإنتاج اللون الأبيض.

(٨) لأنها تحافظ على تركيبها الكيميائي في المزيج دون تغيير.

(٩) لأن الضوء ينفذ بنصف اتساعه الكلي من خلال وسط الاستقطاب.

(١٠) بسبب استقطاب الضوء المنعكس عن الطرق.

(١١) لحجب الضوء المنعكس.

(١٢) لأن الضوء له خصائص موجية.

(١٣) لأن المجرات كانت ترسل إلى الأرض ضوءاً مزاحًا نحو الأحمر.

الفصل ١٠ : الانعكاس والمرايا

السؤال الأول: اختر الإجابة الصحيحة:

(١) الشعاع الساقط والشعاع المنعكس والعمود المقام تقع جميعًا في ..

Ⓐ مستوى واحد. Ⓑ مستويين. Ⓒ ثلاث مستويات.

(٢) قانون الانعكاس ينطبق على السطح ..

Ⓐ الأملس. Ⓑ الخشن. Ⓒ الأملس والخشن.

(٣) مصدر الأشعة الضوئية التي ستُعكس عن سطح المرآة ..

Ⓐ الجسم. Ⓑ الصورة. Ⓒ الشعاع الساقط.

(٤) صور الأجسام المتكونة في المرايا المستوية دائمًا صور ..

Ⓐ خيالية. Ⓑ حقيقية. Ⓒ مقلوبة.

(٥) الصورة المُتكوِّنة في المرآة المستوية تظهر ..

Ⓐ مقلوبة. Ⓑ معتدلة. Ⓒ أمام المرآة.

(٦) الصورة المُتكوِّنة في المرآة المستوية تظهر ..

Ⓐ معكوسة جانبيًا. Ⓑ معكوسة رأسيًا. Ⓒ أمام المرآة.

(٧) المرآة المستوية تكوِّن صورًا حجمها ..... حجم الجسم.

Ⓐ أكبر من Ⓑ يساوي Ⓒ أصغر من

(٨) في المرآة المستوية بُعد الصورة ..... بُعد الجسم.

Ⓐ أكبر من Ⓑ يساوي Ⓒ أصغر من

(٩) نقطة تجمع انعكاسات الأشعة الساقطة متوازية وموازية للمحور الرئيس ..

Ⓐ قطب المرآة. Ⓑ البؤرة الأصلية للمرآة. Ⓒ مركز تكور المرآة.

(١٠) الصورة ..... في المرايا الكروية لا يمكن جمعها على حاجز.

Ⓐ الخيالية Ⓑ الحقيقية Ⓒ المقلوبة

(١١) وضع جسم على بُعد 9 cm أمام مرآة مقعرة بُعدها البؤري 3 cm ؛ صفات الصورة المُتكوِّنة ..

Ⓐ خيالية مصغرة. Ⓑ حقيقية مكبرة. Ⓒ حقيقية مصغرة.

(١٢) تنتج عن الزوغان الكروي في المرايا صور ..

Ⓐ واضحة تامة. Ⓑ مشوشة غير تامة. Ⓒ واضحة لكنها غير تامة.

(١٣) وضع جسم على بُعد 3 cm أمام مرآة مقعرة بُعدها البؤري 5 cm ؛ صفات الصورة المتكونة ..

Ⓐ خيالية مكبرة. Ⓑ خيالية مصغرة. Ⓒ حقيقية مصغرة. Ⓓ حقيقية مكبرة.

(١٤) بؤرة المرآة ..... تقع خلفها.

Ⓐ المقعرة Ⓑ المحدبة Ⓒ المستوية

(١٥) عندما يوضع جسم أمام مرآة محدبة تتكون له صورة ..

Ⓐ حقيقية مكبرة. Ⓑ حقيقية مصغرة. Ⓒ خيالية مكبرة. Ⓓ خيالية مصغرة.

(١٦) إذا كانت القيمة المطلقة للتكبير في مرآة كروية 0.25 فإن الصورة ..... الجسم.

Ⓐ أصغر من Ⓑ تساوي Ⓒ أكبر من

(١٧) المرآة المقعرة تكوِّن صورًا ..... الجسم.

Ⓐ أصغر من Ⓑ تساوي Ⓒ أكبر من Ⓓ جميع ما سبق

(١٨) المرآة ..... تكوِّن صورًا خيالية مصغرة بالنسبة للجسم.

Ⓐ المقعرة Ⓑ المحدبة Ⓒ المستوية

السؤال الثاني: ضع علامة ✓ أمام العبارة الصحيحة وعلامة × أمام الخاطئة مما يلي:

(١) سلوك الضوء المنعكس يعتمد على طبيعة السطح العاكس وزاوية السقوط.

(٢) حسب النموذج الموجي تنعكس مقدمة الموجة بزاوية أكبر من زاوية سقوطها.

(٣) السطح الأملس أو المصقول مثل المرآة يسبب انعكاسًا منتظمًا.

(٤) السطح الخشن مثل الجدار يسبب انعكاسًا منتظمًا.

(٥) الأشعة الساقطة متوازية على سطح خشن تنعكس متوازية.

(٦) الصورة المُتكوِّنة في المرآة المستوية تظهر خلف المرآة.

(٧) في المرآة المستوية ؛ طول الصورة يساوي طول الجسم.

(٨) المرايا الكروية جزء مأخوذ من كرة جوفاء أحد سطحيها عاكس للضوء.

(٩) الصورة الحقيقية في المرايا الكروية مقلوبة دائمًا.

(١٠) عندما يُوضع جسم أمام مرآة مقعرة بين النقطة F والنقطة C فسوف تتكوَّن له صورة حقيقية مصغرة.

(١١) الأشعة في المرايا الكروية تنعكس عن المستوى الأساسي وليس عن المرآة.

(١٢) الزوغان الكروي ينشأ في المرايا الكروية ذات القطر والانحناء الكبيرين.

(١٣) الزوغان الكروي في المرايا يُعالج بتقليل نسبة ارتفاع المرآة إلى نصف قطر تكورها.

(١٤) عند تكوين الصور بالمرايا الكروية يجب الاعتماد على الأشعة المحورية.

(١٥) الصورة الحقيقية في المرايا الكروية تتحدد برسم امتدادات الأشعة المنعكسة.

(١٦) الصورة الخيالية في المرايا الكروية بُعدها عن المرآة موجب.

(١٧) إذا كانت القيمة المطلقة للتكبير في مرآة كروية 3 فإن الصورة أصغر من الجسم.

(١٨) إذا كان التكبير في مرآة كروية سالبًا فإن الصورة معتدلة بالنسبة للجسم.

السؤال الثالث: املأ الفراغ بما يناسبه:

(١) في انعكاس الأشعة الضوئية: زاوية السقوط تساوي زاوية ..... .

(٢) المرايا الكروية نوعان: ..... ، ..... .

(٣) الشعاع الساقط على مرآة مقعرة موازيًا للمحور الرئيس ينعكس مارًا بـ ..... .

(٤) الخط الرأسي في المرايا الكروية الذي يمثل المرآة يسمى ..... .

السؤال الرابع: اكتب المصطلح العلمي المناسب:

(١) زاوية انعكاس الشعاع المحصورة بين العمود المقام والشعاع المنعكس تساوي زاوية السقوط المحصورة بين العمود المقام والشعاع الساقط.

(٢) خط وهمي عمودي على السطح العاكس عند نقطة سقوط الضوء عليه.

(٣) انعكاس الأشعة متوازية عندما تسقط متوازية على سطح أملس.

(٤) انعكاس مضطرب مشتّت ناتج عن سطح خشن.

(٥) سطح مستوٍ أملس ينعكس عنه الضوء انعكاسًا منتظمًا.

(٦) مرآة تعكس الضوء عن سطحها المقوس إلى الداخل.

(٧) خط مستقيم متعامد مع سطح المرآة حيث يقسمها « في الرسم » إلى قسمين.

(٨) صورة تتكوّن من التقاء الأشعة المنعكسة من المرآة الكروية ويمكن جمعها على حاجز.

(٩) عيب في المرآة الكروية لا يسمح للأشعة الضوئية المتوازية البعيدة عن المحور الرئيس بالتجمع في البؤرة.

(١٠) الزيادة أو النقصان في حجم الصورة بالنسبة إلى حجم الجسم.

(١١) مرآة تعكس الضوء عن سطحها المقوس إلى الخارج.

السؤال الخامس: علل لما يأتي:

(١) لا يمكن رؤية حزمة الضوء المنعكسة عن السطوح الخشنة.

(٢) لا يمكن اتخاذ الجدار أو الورقة مرآة.

(٣) صور الأجسام المُتكوِّنة في المرايا المستوية صور خيالية دائمًا.

(٤) الشمس مصدر للأشعة المتوازية.

(٥) الصورة الخيالية لا يمكن جمعها على حاجز.

(٦) التلسكوبات تستعمل مرايا كروية ومرايا ثانوية صغيرة مصممة على هيئة خاصة.

(٧) معادلة المرآة لا تتنبأ بالزوغان الكروي في المرايا الكروية.

(٨) لا تتكون صورة عندما يُوضع جسم في بؤرة مرآة مقعرة.

(٩) المرآة المحدبة تُكوِّن صورًا خيالية.

(١٠) المرايا المحدبة تُستخدم على جوانب السيارات للرؤية الخلفية.

(١١) الصورة الخيالية بُعدها سالب.

الأجوبة النهائية

أجوبة السؤال الأول: الاختيار من متعدد ..

(١) Ⓐ	(٢) Ⓒ	(٣) Ⓐ	(٤) Ⓐ	(٥) Ⓑ	(٦) Ⓐ	(٧) Ⓑ
(٨) Ⓑ	(٩) Ⓑ	(١٠) Ⓐ	(١١) Ⓒ	(١٢) Ⓑ	(١٣) Ⓐ	(١٤) Ⓑ
(١٥) Ⓓ	(١٦) Ⓐ	(١٧) Ⓓ	(١٨) Ⓑ			

أجوبة السؤال الثاني: بيان الإجابة الصحيحة والخاطئة ..

(١) ✓	(٢) ×	(٣) ✓	(٤) ×	(٥) ×	(٦) ✓	(٧) ✓	(٨) ✓	(٩) ✓
(١٠) ×	(١١) ✓	(١٢) ✓	(١٣) ✓	(١٤) ✓	(١٥) ×	(١٦) ×	(١٧) ×	(١٨) ×

أجوبة السؤال الثالث: ملء الفراغ ..

(١) الانعكاس	(٢) مقعرة ، محدبة	(٣) البؤرة	(٤) المستوى الأساسي

أجوبة السؤال الرابع: المصطلح العلمي المناسب ..

(١) قانون الانعكاس.	(٢) العمود المقام.	(٣) الانعكاس المنتظم.
(٤) الانعكاس غير المنتظم.	(٥) المرآة المستوية.	(٦) المرآة المقعرة.
(٧) المحور الرئيس.	(٨) الصورة الحقيقية.	(٩) الزوغان الكروي.
(١٠) التكبير.	(١١) المرآة المحدبة.	

أجوبة السؤال الخامس: التعليل ..

(١) لأن أشعة الضوء المنعكسة تفرّقت وتشتّت في اتجاهات مختلفة.

(٢) لأنهما يشتّتان الأشعة المنعكسة.

(٣) لأنها تكوّنت من تشتّت الأشعة الضوئية عن المرآة.

(٤) لأنها بعيدة جداً.

(٥) لأنها ناتجة من التقاء امتدادات الأشعة المنعكسة.

(٦) لعلاج الزوغان الكروي في المرايا.

(٧) لأنها تعتمد على الأشعة المحورية في تكوين الصور.

(٨) لأن الأشعة ستنعكس في حزمة متوازية.

(٩) لأن الأشعة المنعكسة عن المرآة المحدبة مشتتة دائماً.

(١٠) لأنها تعمل على توسيع مجال الرؤية للسائق.

(١١) لأنها تقع دائماً خلف المرآة.

الفصل ١١ : الانكسار والعدسات

السؤال الأول: اختر الإجابة الصحيحة:

(١) الأشياء التي تحت سطح الماء تبدو ..... البعد الحقيقي.

Ⓐ أبعد من Ⓑ أقرب من Ⓒ في نفس

(٢) الطول الموجي للضوء في أيّ وسط ..... الطول الموجي للضوء في الفراغ.

Ⓐ أقصر من Ⓑ أطول من Ⓒ يساوي

(٣) وظيفة الألياف البصرية ..

Ⓐ تحليل الضوء. Ⓑ نقل الكهرباء. Ⓒ نقل الضوء.

(٤) السراب القطبي يحدث بسبب أن الهواء القريب من الماء يكون ..

Ⓐ باردًا. Ⓑ ساخنًا. Ⓒ متحركًا.

(٥) أيّ مما يلي لا يؤثر في تشكيل قوس المطر؟

Ⓐ الانكسار. Ⓑ التشتت « التفريق ». Ⓒ الانعكاس. Ⓓ لحيود.

(٦) العدسة المقعرة وسطها ..... أطرافها.

Ⓐ أقل سُمكًا من Ⓑ يساوي سُمك Ⓒ أكبر سُمكًا من

(٧) البُعد البؤري للعدسة يعتمد على ..

Ⓐ نوعها. Ⓑ معامل انكسار مادتها. Ⓒ لونها.

(٨) إذا كانت القيمة المطلقة للتكبير 0.5 فإن الصورة تكون ..... الجسم.

Ⓐ أصغر من Ⓑ تساوي Ⓒ أكبر من

(٩) العدسة المقعرة تُنتج صورًا ..

Ⓐ مقلوبة. Ⓑ حقيقية. Ⓒ خيالية.

(١٠) وضع جسم على بُعد 10 cm أمام عدسة محدبة بُعدها البؤري 4 cm ؛ صفات الصورة المتكونة ..

Ⓐ حقيقية مصغرة. Ⓑ حقيقية مكبرة. Ⓒ خيالية مصغرة.

(١١) وضع جسم على بُعد 4 cm أمام عدسة محدبة بُعدها البؤري 6 cm ؛ إن صفات الصورة المتكونة ..

Ⓐ حقيقية مصغرة. Ⓑ حقيقية مكبرة. Ⓒ خيالية مصغرة. Ⓓ خيالية مكبرة.

(١٢) عندما يوضع جسم أمام عدسة مقعرة فسوف تتكون له صورة ..

Ⓐ حقيقية مصغرة. Ⓑ حقيقية مكبرة. Ⓒ خيالية مصغرة. Ⓓ خيالية مكبرة.

(١٣) الزوغان الكروي في العدسات سببه ..

Ⓐ اتساع سطح العدسة. Ⓑ استخدام عدسة مفردة. Ⓒ العدسة تعمل كمنشور.

(١٤) الزوغان الكروي في العدسات ينتج عنه تكوّن صورة ..

Ⓐ واضحة غير تامة Ⓑ مشوشة تامة Ⓒ مشوشة غير تامة

(١٥) الضوء المنبعث من الجسم أو المنعكس عنه ينتقل إلى داخل العين عبر ..

Ⓐ الشبكية. Ⓑ القزحية. Ⓒ القرنية. Ⓓ العضلة الهدبية.

(١٦) مسؤولة عن التركيز الدقيق الذي يسمح برؤية الأجسام البعيدة والقريبة بوضوح ..

Ⓐ الشبكية. Ⓑ القزحية. Ⓒ القرنية. Ⓓ عدسة العين.

(١٧) تجعل عدسة العين تنقبض أو تنبسط مما يؤدي إلى تغير البُعد البؤري للعدسة ..

Ⓐ البؤبؤ. Ⓑ القزحية. Ⓒ القرنية. Ⓓ العضلات المحيطة بالعين.

(١٨) في قصر النظر تتكون الصور ..

Ⓐ أمام الشبكية. Ⓑ خلف الشبكية. Ⓒ أمام القزحية.

(١٩) التلسكوب الكاسر يُستخدم في ..

Ⓐ تكبير الأجسام الصغيرة. Ⓑ تكبير الأجسام البعيدة. Ⓒ فحص الخلايا.

(٢٠) الصورة النهائية في التلسكوب تكون ..... بالنسبة للجسم.

Ⓐ مقلوبة Ⓑ معتدلة Ⓒ حقيقية

(٢١) تُستخدم في المنظار الفلكي عدسات ..

Ⓐ مقعرة. Ⓑ مفرقة. Ⓒ لونية. Ⓓ لالونية.

السؤال الثاني: ضع علامة ✓ أمام العبارة الصحيحة وعلامة × أمام الخاطئة مما يلي:

(١) الخطوط التي في قاع البركة تبدو وكأنها تتمايل مع حركة الماء بسبب الانكسار.

(٢) زاوية سقوط شعاع الضوء على زجاج النافذة أصغر من زاوية خروجه.

(٣) سرعة الضوء تتناسب عكسيًا مع الطول الموجي عند ثبوت التردد.

(٤) عندما يعبر الضوء إلى وسط معامل انكساره أصغر تكون زاوية الانكسار أصغر من زاوية السقوط.

(٥) عندما يسقط ضوء على حد فاصل شفاف فإن جزءاً من الضوء ينعكس.

(٦) يحدث السراب في الصيف بسبب انتقال الموجات القريبة من الأرض أسرع من التي في الأعلى.

(٧) اللون الأحمر ينكسر أصغر من اللون البنفسجي.

(٨) العدسة المحدبة سميكة في وسطها وأقل سُمكًا عند أطرافها.

(٩) عندما يمر الضوء خلال عدسة يحدث الانكسار عند سطحيها.

(١٠) الصورة الخيالية تكون في الجانب نفسه الموجود فيه الجسم الموضوع أمام العدسة الكروية الرقيقة.

(١١) إذا كانت القيمة المطلقة للتكبير 2 فإن الصورة تكون أصغر من الجسم.

(١٢) إذا كان التكبير سالبًا فإن الصورة تكون مقلوبة بالنسبة للجسم.

(١٣) العين البشرية تكون على هيئة وعاء كروي تقريبًا يسمى مُقلة العين.

(١٤) عندما تنقبض العضلات المحيطة بالعين يزداد البعد البؤري لعدستها.

(١٥) الجسم المراد تكبيره بالمجهر يُوضع بين العدسة الشيئية ومركز تكورها.

(١٦) في المجهر يرى المشاهد صورة مقلوبة أكبر من الجسم الأصلي.

السؤال الثالث: املأ الفراغ بما يناسبه:

(١) العدسة المحدبة تستخدم لحرق ورقة بتجميع أشعة الشمس المتوازية في ..... العدسة المحدبة.

(٢) الشعاع الساقط موازيًا للمحور الرئيس لعدسة محدبة ينكسر مارًا بـ ..... .

(٣) الشعاع الساقط على عدسة محدبة مارًا بالنقطة F ينكسر موازيًا لـ ..... .

(٤) في الزوغان اللوني في العدسات يظهر الجسم من خلال العدسة محاطًا بـ ..... .

(٥) يخفض أثر الزوغان اللوني في العدسات المحدبة باستخدام العدسات ..... .

(٦) قصر النظر يُعالج باستخدام عدسة ..... .

(٧) طول النظر يُعالج باستخدام عدسة ..... .

(٨) في المنظار يعمل ..... على إطالة مسار انتقال الضوء وتوجيهه للعدسة العينية.

السؤال الرابع: اكتب المصطلح العلمي المناسب:

(١) حاصل ضرب معامل انكسار الوسط الأول في جيب زاوية السقوط يساوي حاصل ضرب معامل انكسار الوسط الثاني في جيب زاوية الانكسار.

(٢) الزاوية المحصورة بين العمود المقام والشعاع الساقط.

(٣) الزاوية المحصورة بين العمود المقام والشعاع المنكسر.

(٤) سرعة الضوء في الفراغ مقسومة على سرعة الضوء في الوسط.

(٥) زاوية السقوط التي ينكسر عندها الشعاع على امتداد الحد الفاصل بين الوسطين.

(٦) تحلل الضوء الأبيض إلى طيف من الألوان عند مروره خلال منشور زجاجي أو قطرات الماء في الغلاف الجوي.

(٧) طيف يتشكل عندما يتفرق ضوء الشمس بفعل قطرات الماء في الغلاف الجوي.

(٨) قطعة من مادة شفافة من الزجاج أو البلاستيك تُستخدم في تركيز الضوء وتكوين الصور.

(٩) عدسات لها وجوه مقوسة بقوس الكرة نفسه.

(١٠) المسافة بين المستوى الأساسي للعدسة والبؤرة.

(١١) عدم قدرة العدسات الكروية على تجميع الأشعة المتوازية كلها في نقطة واحدة.

(١٢) تشتت الضوء الذي يمر خلال العدسة قليلاً وخصوصاً بالقرب من الأطراف.

(١٣) نظام مكون من عدستين أو أكثر مثل عدسة محدبة مع عدسة مقعرة لهما معاملا انكسار مختلفين.

(١٤) عيب في الرؤية لا يستطيع المصاب به رؤية الجسم البعيد بوضوح.

(١٥) عيب في الرؤية لا يستطيع المصاب به رؤية الجسم القريب واضحًا.

السؤال الخامس: علل لما يأتي:

(١) ينحني مسار الضوء عند عبوره لحد فاصل بين وسطين.

(٢) الضوء يتحرك في أي وسط بسرعة أصغر من سرعته في الفراغ.

(٣) الطول الموجي للضوء في أيّ وسط أقصر من الطول الموجي للضوء في الفراغ.

(٤) السراب القطبي يحدث عندما يبدو انعكاس قارب بعيد فوق القارب نفسه.

(٥) اللون البنفسجي ينكسر أكبر من اللون الأحمر.

(٦) نرى أحيانًا قوس مطر ثانٍ بأهت خارج الأول وله ترتيب ألوان معكوس.

(٧) لا تتكون صورة عندما يُوضع جسم في بؤرة عدسة محدبة.

(٨) الضوء الداخل إلى العين يتركز عن طريق القرنية وليس العدسة.

(٩) في المنظار الفلكي تُستخدم عدسات لاقوية.

(١٠) يتنقل الضوء في المنظار عبر منشورين.

الأجوبة النهائية

أجوبة السؤال الأول: الاختيار من متعدد ..

(١) Ⓑ	(٢) Ⓐ	(٣) Ⓒ	(٤) Ⓐ	(٥) Ⓓ	(٦) Ⓐ	(٧) Ⓑ
(٨) Ⓐ	(٩) Ⓒ	(١٠) Ⓐ	(١١) Ⓓ	(١٢) Ⓒ	(١٣) Ⓐ	(١٤) Ⓒ
(١٥) Ⓒ	(١٦) Ⓓ	(١٧) Ⓓ	(١٨) Ⓐ	(١٩) Ⓑ	(٢٠) Ⓐ	(٢١) Ⓓ

أجوبة السؤال الثاني: بيان الإجابة الصحيحة والخاطئة ..

(١) ✓	(٢) ×	(٣) ×	(٤) ×	(٥) ✓	(٦) ✓	(٧) ✓	(٨) ✓
(٩) ✓	(١٠) ✓	(١١) ×	(١٢) ✓	(١٣) ✓	(١٤) ×	(١٥) ✓	(١٦) ✓

أجوبة السؤال الثالث: ملء الفراغ ..

(١) بؤرة	(٢) البؤرة	(٣) المحور الرئيس	(٤) الألوان
(٥) اللالونية	(٦) مقعرة	(٧) محدبة	(٨) المنشوران

أجوبة السؤال الرابع: المصطلح العلمي المناسب ..

(١) قانون سنل.	(٢) زاوية السقوط.	(٣) زاوية الانكسار.
(٤) معامل الانكسار.	(٥) الزاوية الخرجة.	(٦) تفريق الضوء.
(٧) قوس المطر.	(٨) العدسة.	(٩) العدسات الكروية الرقيقة.
(١٠) البعد البؤري.	(١١) الزوغان الكروي.	(١٢) الزوغان اللوني.
(١٣) العدسات اللالونية.	(١٤) قصر النظر.	(١٥) طول النظر.

أجوبة السؤال الخامس: التعليل ..

(١) بسبب الانكسار.

(٢) لأن الضوء يتفاعل مع الذرات عند انتقاله خلال الوسط.

(٣) لأن تردد الضوء لا يتغير عندما يعبر الحد الفاصل بين وسطين لذا يتقلص الطول الموجي للضوء عندما تتقلص سرعة الضوء.

(٤) لأن الهواء القريب من الماء يكون باردًا.

(٥) لأن سرعة الضوء البنفسجي خلال الزجاج أبطأ منها للضوء الأحمر فيكون معامل انكسار الزجاج للضوء البنفسجي أكبر منه للضوء الأحمر.

(٦) بسبب انعكاس أشعة الضوء مرتين في داخل قطرة الماء.

(٧) لأن الأشعة ستنكسر في حزمة متوازية.

(٨) لأن فرق معامل الانكسار بين الهواء والقرنية أكبر مما هو بين العدسة وما قبلها وبعدها.

(٩) للتخلص من الزوغان اللوني.

(١٠) ليقلبا الصورة ثانية عن طريق الانعكاس الكلي الداخلي.

الفصل ١٢ : التداخل والحيود

السؤال الأول: اختر الإجابة الصحيحة:

(١) الضوء ..... عندما يمر بحافة.
Ⓐ ينكسر Ⓑ يحيد Ⓒ يتداخل

(٢) في تجربة الشق المزدوج يُستخدم ضوء ..... اللون.
Ⓐ أحادي Ⓑ ثنائي Ⓒ ثلاثي

(٣) في تجربة الشق المزدوج يُوضع حاجز ذو شق ضيق أمام مصدر ضوئي ..
Ⓐ أحادي اللون. Ⓑ ثنائي اللون. Ⓒ ثلاثي اللون.

(٤) في تجربة يونج ينتج عن الشقين في الحاجز الثاني مقدمات موجة ..
Ⓐ غير مترابطة وأسطوانية. Ⓑ مترابطة وأسطوانية. Ⓒ مترابطة ومستقيمة.

(٥) في تجربة يونج تتكوَّن الهدبة المضيئة الأولى لأن إحدى الموجتين تتحرك مسافة أطول من الأخرى بمقدار ..
Ⓐ λ . Ⓑ 2λ . Ⓒ 3λ .

(٦) إذا مر الضوء الأزرق المترابط عبر شق صغير عرضه أكبر من الطول الموجي للضوء فإنه ..
Ⓐ ينكسر. Ⓑ ينعكس. Ⓒ يحيد.

(٧) من استخدامات محزوز الحيود قياس ..... للضوء بدقة.
Ⓐ السرعة. Ⓑ الطول الموجي. Ⓒ الانعكاس.

(٨) من استخدامات محزوز الحيود فصل الضوء وفق ..
Ⓐ السرعات. Ⓑ السعات. Ⓒ الأطوال الموجية.

(٩) محزوز ..... يُصنع بعمل خدوش على زجاج منفذ للضوء.
Ⓐ النفاذ. Ⓑ طبق الأصل. Ⓒ الانعكاس.

(١٠) النوع الأقل تكلفة من المحزوزات ..
Ⓐ محزوز النفاذ. Ⓑ محزوز طبق الأصل. Ⓒ محزوز الانعكاس.

(١١) المجوهرات المصنوعة بمحزوز ..... تنتج طيفًا ضوئيًا.
Ⓐ النفاذ. Ⓑ طبق الأصل. Ⓒ الانعكاس.

(١٢) محزوز ..... يُصنع بحفر خطوط رفيعة جدًا على سطوح طبقة معدنية أو زجاج عاكس.
Ⓐ النفاذ. Ⓑ طبق الأصل. Ⓒ الانعكاس.

(١٣) التداخل البنّاء في محزوز الحيود يحدث عند زوايا على جانبي الهدب ..... المضيء.

Ⓐ المركزي Ⓑ الأول Ⓒ الثاني

(١٤) قدرة تمييز المقراب ..... بزيادة قطر المرآة.

Ⓐ تزداد Ⓑ تنقص Ⓒ لا تتغير

السؤال الثاني: ضع علامة ✓ أمام العبارة الصحيحة وعلامة × أمام الخاطئة مما يلي:

(١) تداخل الضوء يدل على السلوك الموجي له.

(٢) التداخل يحدث نتيجة تراكب موجات ضوئية صادرة عن مصادر ضوئية غير مترابطة.

(٣) التداخل البنّاء يُنتج حزمة ضوئية مركزية معتمة.

(٤) في تجربة يونج شدة إضاءة الأهداب المضيئة تزداد كلما ابتعدنا عن الهدب المركزي.

(٥) استخدام ضوء أبيض في تجربة الشق المزدوج يُسبب ظهور أطياف ملونة.

(٦) في تجربة شقي يونج تنتج عن التداخل البنّاء أهداب معتمة.

(٧) في تجربة يونج الهدب المركزي دائمًا معتم.

(٨) في تجربة يونج يحدث التداخل البناء عندما تكون الموجات لها نفس الطور.

(٩) تداخل الغشاء الرقيق يحدث طبيعيًا في جناحي فراشة المورفو.

(١٠) في تجربة الشق الأحادي ينتج الهدب المعتم من التداخل البنّاء بين موجات هويجنز.

(١١) الحيود يزودنا بأداة لقياس الطول الموجي للضوء باستخدام عدد كبير من الشقوق.

(١٢) محزوز النفاذ يُصنع بضغط صفيحة رقيقة من البلاستيك على محزوز زجاجي.

(١٣) القرص المدمج DVD أو CD يعمل عمل محزوز انعكاس.

(١٤) في نمط الحيود في المطياف تتكوّن أهداب أوسع بزيادة عدد الشقوق في المحزوز.

(١٥) قياس المسافة بين الأهداب المضيئة باستخدام المطياف أكثر دقة مقارنة باستخدام الشق المزدوج.

(١٦) العدسات في المنظار الفلكي والمجهر والعينين عدسات مستديرة.

(١٧) العين البشرية أكثر حساسية للون الأحمر.

(١٨) العين تبدو مثالية التركيب عندما تسجل خلايا المخاريط الثلاثة المتجاورة ضوءاً وعتمة وضوءاً.

السؤال الثالث: املأ الفراغ بما يناسبه:

(١) في تجربة يونج عند تداخل الضوء الخارج من الشقين تتولد حزم مضيئة وأخرى معتمة تسمى ..... .

(٢) في تجربة الشق المزدوج تنتج عن التداخل ..... أهداب معتمة.

(٣) من أنواع محزوز الحيود ..... و ..... .

(٤) جهاز ..... يستخدم لقياس الطول الموجي للضوء باستخدام محزوز الحيود.

السؤال الرابع: اكتب المصطلح العلمي المناسب:

(١) ضوء ذو مقدمات موجية غير متزامنة.

(٢) الضوء الناتج عن تراكب ضوأيّ مصدرين أو أكثر مُشكلاً مقدمات موجة منتظمة.

(٣) ظاهرة ينتج عنها طيف الألوان بسبب التداخل البنّاء والتداخل الهدام لموجات الضوء المنعكسة عن الغشاء الرقيق.

(٤) نمط يتكوّن على شاشة نتيجة التداخل البنّاء والهدّام لموجات هويجنز.

(٥) أداة مكوّنة من عدة شقوق مفردة تُؤدي إلى حيود الضوء وتكوين نمط حيود ينتج عن تراكب أنماط حيود شق مفرد.

(٦) إذا سقطت البقعة المركزية المضيئة لصورة أحد النجمين على الحلقة المعتمة الأولى للنجم الثاني تكون الصورتان في حدود التحليل « التمييز ».

السؤال الخامس: علل لما يأتي:

(١) الضوء غير المترابط لا يظهر لنا متقطعاً أو غير مترابط.

(٢) في تجربة الشق المزدوج بين الأهداب المضيئة تُوجد أهداب معتمة.

(٣) في تجربة يونج ينفذ من الشق الجزء المترابط من الضوء فقط.

(٤) في تجربة يونج جزءا مقدمة الموجة يصلان إلى الحاجز الثاني ذي الشقين متفقين في الطور.

(٥) الغشاء الرقيق متغير السُمك تتكوّن فيه ألوان قوس المطر.

(٦) الغشاء الرقيق جداً يبدو معتماً.

(٧) جميع أهداب التداخل المضيئة في تداخل الشق المزدوج متطابقة مع عرض الحزمة المركزية لنمط حيود الشق الأحادي.

(٨) المسافة بين شقوق محزوز الحيود صغيرة جداً.

(٩) الحيود لا يحدّ من عمل العين.

(١٠) قدرة تمييز ودقة صور مقراب هابل الفضائي أفضل من أجهزة المقراب الموجودة على سطح الأرض.

الأجوبة النهائية

أجوبة السؤال الأول: الاختيار من متعدد ..

(١) Ⓑ	(٢) Ⓐ	(٣) Ⓐ	(٤) Ⓑ	(٥) Ⓐ	(٦) Ⓒ	(٧) Ⓑ	
(٨) Ⓒ	(٩) Ⓐ	(١٠) Ⓑ	(١١) Ⓐ	(١٢) Ⓒ	(١٣) Ⓐ	(١٤) Ⓐ	

أجوبة السؤال الثاني: بيان الإجابة الصحيحة والخاطئة ..

(١) ✓	(٢) ×	(٣) ×	(٤) ×	(٥) ✓	(٦) ×	(٧) ×	(٨) ✓	(٩) ✓
(١٠) ×	(١١) ✓	(١٢) ×	(١٣) ✓	(١٤) ×	(١٥) ✓	(١٦) ✓	(١٧) ×	(١٨) ✓

أجوبة السؤال الثالث: ملء الفراغ ..

(١) أهداب التداخل	(٢) الهدّام	(٣) النفاذ ، الغشائي	(٤) المطياف

أجوبة السؤال الرابع: المصطلح العلمي المناسب ..

(١) الضوء غير المترابط.	(٢) الضوء المترابط.	(٣) التداخل في الأغشية الرقيقة.
(٤) نمط الخيود.	(٥) محزوز الخيود.	(٦) معيار ريليه.

أجوبة السؤال الخامس: التعليل ..

(١) لأن تردد موجات الضوء كبير جداً.

(٢) بسبب حدوث تداخل هدام.

(٣) لأن عرض الشق صغير جداً.

(٤) بسبب تماثل مقدمات الموجة الأسطوانية.

(٥) لأن شرط التداخل البنّاء للطول الموجي سيتحقق عند سماكات مختلفة للألوان المختلفة.

(٦) لأنه لا يُنتج تداخلاً بنّاءً لأي طول موجي من ألوان الضوء.

(٧) لأن تداخل الشق المزدوج ينتج عن تداخل أنماط حيود الشق الأحادي للموجات الناتجة عن الشقين.

(٨) لأن المحزوز يحوي آلاف الشقوق لكل سنتيمتر.

(٩) لأن السائل الذي يملأ العين والعيوب في العدسة يقللان من قدرة التمييز للعين أكثر من الخيود بخمس مرات وفق معيار ريليه.

(١٠) بسبب وجوده فوق الغلاف الجوي للأرض.

سلسلة التبسيط

رؤية مبتكرة ... لفهم أسهل

ملحق ٣

تدرب على

التحصيلي

▼ الفصل السابع ▼

01/7 ◄ ما قيمة ثابت نابض يخزّن طاقة وضع مقدارها 8.67 J عندما يستطيل مسافة 247 mm ؟

Ⓐ 70.2 N/m . Ⓑ 71.1 N/m . Ⓒ 142 N/m . Ⓓ 284 N/m .

02/7 ◄ ما مقدار القوة المؤثرة في نابض له ثابت مقداره 275 N/m ويستطيل مسافة 14.3 cm ؟

Ⓐ 2.81 N . Ⓑ 19.2 N . Ⓒ 39.3 N . Ⓓ 39.3×10^{30} N .

03/7 ◄ في الشكل المجاور؛ إذا علقت كتلة في نهاية نابض فاستطال 0.85 m فما مقدار ثابت النابض؟

Ⓐ 0.25 N/m . Ⓑ 0.35 N/m .
Ⓒ 26 N/m . Ⓓ 3.5×10^{2} N/m .

04/7 ◄ يسحب نابض بابًا لكي يغلقه؛ ما مقدار الشغل المبذول عندما يسحب النابض الباب بسرعة ثابتة بحيث تتغير استطالة النابض من 85 cm إلى 5 cm ؟ علّما بأن ثابت النابض 350 N/m .

Ⓐ 112 N.m . Ⓑ 130 J . Ⓒ 224 N.m . Ⓓ 1.2×10^{3} N/m .

05/7 ◄ ما الترتيب الصحيح لمعادلة الزمن الدوري لبندول بسيط لحساب طوله؟

Ⓐ $l=\frac{4\pi^2 g}{T^2}$. Ⓑ $l=\frac{gT}{4\pi^2}$. Ⓒ $l=\frac{T^2 g}{(2\pi)^2}$. Ⓓ $l=\frac{Tg}{2\pi}$.

06/7 ◄ ما تردد موجة زمنها الدوري 3 s ؟

Ⓐ 0.3 Hz . Ⓑ 30 Hz . Ⓒ $\frac{\pi}{3}$ Hz . Ⓓ 3 Hz .

07/7 ◄ من تطبيقات البندول البسيط استخدامه في حساب ..

Ⓐ ثقل البندول. Ⓑ سعة الاهتزازات. Ⓒ تسارع الجاذبية الأرضية. Ⓓ طول الموجة.

08/7 ◄ تحركت موجة طولها 1.2 m مسافة 11.2 m في اتجاه جدار، ثم ارتدت عنه وعادت ثانية خلال 4 s ؛ ما تردد الموجة؟

Ⓐ 0.2 Hz . Ⓑ 2 Hz . Ⓒ 5 Hz . Ⓓ 9 Hz .

09/7 ◀ ما طول بندول بسيط زمنه الدوري 4.89 s ؟

Ⓐ 5.94 m . Ⓑ 11.9 m . Ⓒ 24 m . Ⓓ 37.3 m .

10/7 ◀ الاختلاف في الطور بين القمة والقاع يعادل ..

Ⓐ 90° . Ⓑ 180° . Ⓒ 270° . Ⓓ 360° .

▼ الفصل الثامن ▼

01/8 ◀ ينتقل الصوت من مصدره إلى الأذن بسبب ..

Ⓐ تغير ضغط الهواء. Ⓑ الاهتزاز في الأسلاك أو الأوتار.

Ⓒ الموجات الكهرومغناطيسية. Ⓓ الموجات تحت الحمراء.

02/8 ◀ سمع خالد أثناء سباحته نغمة وصلت إلى أذنه بتردد 327 Hz عندما كان تحت الماء؛ ما الطول الموجي للصوت الذي يسمعه؟ علمًا أن سرعة الصوت في الماء 1493 m/s .

Ⓐ 2.19 nm . Ⓑ 4.88×10^{-5} m . Ⓒ 2.19×10^{-1} m . Ⓓ 4.57 m .

03/8 ◀ يجذب منبه سيارة انتباه مراقب ثابت؛ فإذا كانت السيارة تقترب من المشاهد بسرعة 60.0 km/h وتردد صوت المنبه 512 Hz فما تردد الصوت الذي يسمعه المراقب؟ افترض سرعة الصوت في الهواء تساوي 343 m/s .

Ⓐ 488 Hz . Ⓑ 512 Hz . Ⓒ 538 Hz . Ⓓ 600 Hz .

04/8 ◀ تأثير دوبلر يحدث للموجات ..

Ⓐ الصوتية فقط. Ⓑ الضوئية فقط.

Ⓒ الميكانيكية فقط. Ⓓ الميكانيكية والكهرومغناطيسية.

05/8 ◀ ينتقل صوت منبه سيارة في الهواء بسرعة 351 m/s ؛ فإذا كان تردد الصوت 298 Hz فما طوله الموجي؟

Ⓐ 9.93×10^{-4} m . Ⓑ 0.849 m . Ⓒ 1.18 m . Ⓓ 1.05×10^{5} m .

06/8 ◀ تسمع هند 20 ضربة في 5 s لنغمتين، فإذا كان تردد إحدى النغمتين 262 Hz فما الترددان المحتملان للنغمة الثانية؟

Ⓐ 242 Hz أو 282 Hz .
Ⓑ 258 Hz أو 266 Hz .
Ⓒ 260 Hz أو 264 Hz .
Ⓓ 270 Hz أو 278 Hz .

07/8 ◀ مقياس لتغير الضغط في الموجة الصوتية ..

Ⓐ طول الموجة. Ⓑ سعة الموجة. Ⓒ تردد الموجة. Ⓓ سرعة الموجة.

▼ الفصل التاسع ▼

01/9 ◀ شوهد نجم مستعر في عام 1987 في مجرة قريبة، واعتقد العلماء أن المجرة تبعد 1.66×10^{21} m ؛ ما عدد السنوات التي مضت على حدوث انفجار النجم فعليًا قبل رؤيته؟ علمًا أن سرعة الضوء في الفراغ 3×10^{8} m/s .

Ⓐ 5.53×10^{3} yr . Ⓑ 1.75×10^{6} yr . Ⓒ 5.53×10^{12} yr . Ⓓ 1.75×10^{20} yr .

02/9 ◀ تتحرك مجرة مبتعدة بسرعة 5.8×10^{6} m/s ، ويبدو تردد الضوء الصادر عنها 5.6×10^{14} Hz بالنسبة لمراقب؛ ما تردد الضوء المنبعث منها؟ علمًا أن سرعة الضوء في الفراغ 3×10^{8} m/s .

Ⓐ 1.1×10^{13} Hz . Ⓑ 5.5×10^{14} Hz . Ⓒ 5.7×10^{14} Hz . Ⓓ 6.2×10^{15} Hz .

03/9 ◀ إذا احتاج الضوء الصادر عن الشمس إلى 8 min للوصول إلى الأرض فكم تبعد الشمس؟ علمًا أن سرعة الضوء في الفراغ 3×10^{8} m/s .

Ⓐ 2.4×10^{9} m . Ⓑ 1.4×10^{10} m . Ⓒ 1.4×10^{8} km . Ⓓ 2.4×10^{9} km .

04/9 ◀ ما مقدار تردد ضوء طوله الموجي 404 nm في الفراغ؟

Ⓐ 2.4×10^{-8} Hz . Ⓑ 7.4×10^{6} Hz . Ⓒ 2.4×10^{6} Hz . Ⓓ 7.4×10^{14} Hz .

05/9 ◀ إذا كانت الاستضاءة الناتجة بفعل مصباح ضوئي قدرته 60 W على بعد 3 m تساوي 9.35 lx فما التدفق الضوئي الكلي للمصباح؟

Ⓐ 8.3×10^{-2} lm . Ⓑ 7.4×10^{-1} lm . Ⓒ 1.2×10^{2} lm . Ⓓ 1.1×10^{3} lm .

08/9 ◄ ماذا نعني بالعبارة « إنتاج اللون باختزال أشعة الضوء »؟

Ⓐ مزج الضوء الأخضر والأحمر والأزرق ينتج عنه الضوء الأبيض.

Ⓑ ينتج لون من إثارة الفوسفور بالإلكترونات في جهاز التلفاز.

Ⓒ يتغير لون الطلاء باختزال ألوان معينة، ومنها إنتاج الطلاء الأزرق من الأخضر بالتخلص من اللون الأصفر.

Ⓓ يتكون اللون الذي يظهر به الجسم نتيجة امتصاص أطوال موجية محددة للضوء وانعكاس بعضها الآخر.

07/8 ◄ شدة الإضاءة تقاس بوحدة ..

Ⓐ cd . Ⓑ lx . Ⓒ lm . Ⓓ T .

08/9 ◄ وسط الاستقطاب يسمى ..

Ⓐ محور الاستقطاب. Ⓑ مرشح الاستقطاب. Ⓒ عاكس الاستقطاب. Ⓓ بؤرة الاستقطاب.

09/9 ◄ إذا سقط ضوء أبيض على جسم لونه أحمر فإنه يعكس الضوء ..

Ⓐ الأزرق. Ⓑ الأخضر. Ⓒ الأحمر. Ⓓ البنفسجي.

▼ الفصل العاشر ▼

01/10 ◄ أين يجب وضع جسم بحيث تكوّن له مرآة مقعرة صورة مصغرة؟

Ⓐ في بؤرة المرآة. Ⓑ بين البؤرة والمرآة.

Ⓒ بين البؤرة ومركز التكور. Ⓓ خلف مركز التكور.

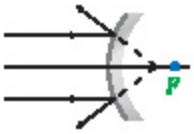
02/10 ◄ ما البعد البؤري لمرآة مقعرة، إذا كبّرت جسمًا موضوعًا على بعد 30 cm منها بمقدار 3.2+ مرة؟

Ⓐ 23 cm . Ⓑ 32 cm . Ⓒ 44 cm . Ⓓ 46 cm .

03/10 ◄ وضع جسم على بُعد 21 cm أمام مرآة مقعرة بُعدها البؤري 14 cm ، ما بُعد الصورة؟

Ⓐ −42 cm . Ⓑ −8.4 cm . Ⓒ 8.4 cm . Ⓓ 42 cm .

04/10 ◄ في الشكل المجاور؛ لا تتجمع امتدادات الأشعة الضوئية بدقة في البؤرة وهذه المشكلة تحدث في ..



Ⓐ جميع المرايا الكروية.
Ⓑ المرايا الكروية المعيبة فقط.
Ⓒ جميع مرايا القطع المكافئ.
Ⓓ مرايا القطع المكافئ المعيبة فقط.

05/10 ◄ تكونت صورة مقلوبة طولها 8.5 cm أمام مرآة مقعرة على بُعد 34.5 cm منها؛ فإذا كان البُعد البؤري للمرآة 24 cm فما طول الجسم الذي مثّلته هذه الصورة؟

Ⓐ 2.3 cm .
Ⓑ 3.5 cm .
Ⓒ 14 cm .
Ⓓ 19 cm .

06/10 ◄ كونت مرآة مقعرة بعدها البؤري 16 cm صورة على بُعد 38.6 cm منها؛ ما بعد الجسم عن المرآة؟

Ⓐ 2.4 cm .
Ⓑ 11.3 cm .
Ⓒ 22.6 cm .
Ⓓ 27.3 cm .

07/10 ◄ كونت مرآة محدبة صورة لجسم حجمها $\frac{3}{4}$ حجم الجسم وعلى بُعد 8.4 cm خلف المرآة؛ ما البعد البؤري للمرآة؟

Ⓐ −34 cm .
Ⓑ −11 cm .
Ⓒ −6.3 cm .
Ⓓ −4.8 cm .

08/10 ◄ وضعت كأس على بُعد 17 cm من مرآة مقعرة فتكونت لها صورة على بُعد 34 cm أمام المرآة؛ ما تكبير الصورة؟ وما اتجاهها؟

Ⓐ 0.5 ، مقلوبة.
Ⓑ 0.5 ، معتدلة.
Ⓒ 2 ، مقلوبة.
Ⓓ 2 ، معتدلة.

09/10 ◄ صورة تتحدد برسم امتدادات الأشعة المنعكسة عن المرآة ..

Ⓐ الصورة الخيالية.
Ⓑ الصورة المثالية.
Ⓒ الصورة الحقيقية.
Ⓓ الصورة المقلوبة.

10/10 ◄ وضع جسم على بُعد 5 cm أمام مرآة مقعرة بُعدها البؤري 3 cm ؛ صفات الصورة المتكونة ..

Ⓐ حقيقية مكبرة.
Ⓑ حقيقية مصغرة.
Ⓒ خيالية مكبرة.
Ⓓ خيالية مصغرة.

11/10 ◄ إذا كان التكبير في مرآة كروية سالبًا فإن الصورة ..

Ⓐ حقيقة.
Ⓑ خيالية.
Ⓒ مثالية.
Ⓓ معتدلة.

▼ الفصل الحادي عشر ▼

01 ◄ وُجِّه شعاع من مصباح يدوي على بركة سباحة في الظلام بزاوية 46° بالنسبة للعمود المقام على سطح الماء؛ ما مقدار زاوية انكسار الشعاع في الماء؟ علمًا أن معامل انكسار الماء 1.33 .

Ⓐ 18° . Ⓑ 30° . Ⓒ 33° . Ⓓ 44° .

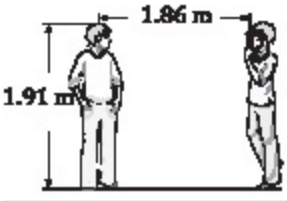
02 ◄ إذا كانت سرعة الضوء في الألماس $1.24\times10^{8}\ m/s$ فما معامل انكسار الألماس؟

Ⓐ 0.0422 . Ⓑ 0.413 . Ⓒ 1.24 . Ⓓ 2.42 .

03 ◄ أي التالية لا يؤثر في تشكيل قوس المطر؟

Ⓐ الحيود. Ⓑ التشتت. Ⓒ الانعكاس. Ⓓ الانكسار.

04 ◄ في الشكل المجاور؛ التقط أحد صورة لأخيه أسامة مستخدمًا كاميرا بعدسة محدبة بُعدها البؤري 0.047 m ، حدد موضع صورة أسامة.

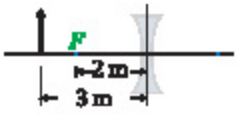


Ⓐ 1.86 cm . Ⓑ 4.7 cm . Ⓒ 4.82 cm . Ⓓ 20.7 cm .

05 ◄ أي التالية لا يؤثر في تشكيل السراب؟

Ⓐ تسخين الهواء القريب من الأرض. Ⓑ موجات هيجنز. Ⓒ الانعكاس. Ⓓ الانكسار.

06 ◄ ما بُعد الصورة للحالة الموضحة في الشكل؟



Ⓐ −6 m . Ⓑ −1.2 m . Ⓒ 0.167 m . Ⓓ 0.833 m .

07 ◄ الزاوية الحرجة للضوء المنتقل من زجاج معامل انكساره 1.52 إلى ماء معامل انكساره 1.33 ..

Ⓐ 29° . Ⓑ 41.2° . Ⓒ 48.8° . Ⓓ 61° .

08 ◄ ماذا يحدث للصورة المتكوّنة من عدسة محدبة عندما يغطّى نصفها؟

Ⓐ تختفي نصف الصورة. Ⓑ تعتم الصورة. Ⓒ تصبح الصورة ضبابية. Ⓓ تنعكس الصورة.

09 ◄ السراب القطبي يحدث عندما يكون الهواء القريب من الماء ..

Ⓐ باردًا. Ⓑ ساخنًا. Ⓒ ساكنًا. Ⓓ متحركًا.

10/11 ◄ العدسة المقعرة تُنتج صورًا ..

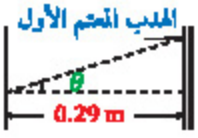
Ⓐ حقيقية. Ⓑ مقلوبة. Ⓒ مكبرة. Ⓓ خيالية.

▼ الفصل الثاني عشر ▼

01/12 ◄ التداخل البنّاء في محزوز الحيود يحدث عند زوايا على جانبي الهدب ..

Ⓐ المركزي. Ⓑ الأول. Ⓒ الثاني. Ⓓ الثالث.

02/12 ◄ في الشكل المجاور؛ يشع ضوء طوله الموجي 410 nm خلال شق ويسقط على شاشة مسطحة ومستوية، فإذا كان عرض الشق 3.8×10^{-6} m فما عرض الهدب المركزي المضيء؟



Ⓐ 0.024 m . Ⓑ 0.031 m . Ⓒ 0.048 m . Ⓓ 0.063 .

03/12 ◄ نجمان على بُعد 6.2×10^{6} سنة ضوئية عن الأرض، والمسافة بينهما تساوي 3.1 سنة ضوئية؛ ما أقل قطر لفتحة تلسكوب تلزمنا للتمييز بينهما باستخدام ضوء طوله الموجي 610 nm ؟

Ⓐ 5×10^{-5} m . Ⓑ 6.1×10^{-5} m . Ⓒ 1.5×10^{-2} m . Ⓓ 1.5×10^{7} m .

04/12 ◄ محزوز حيود المسافة الفاصلة بين شقوقه 0.055 mm ؛ ما مقدار زاوية الهدب المضيء في الرتبة الأولى لضوء طوله الموجي 650 nm ؟

Ⓐ 0.012° . Ⓑ 0.68° . Ⓒ 1° . Ⓓ 11° .

05/12 ◄ يضيء شعاع ليزر طوله الموجي 638 nm شقين ضيقين؛ فإذا كان بعد الهدب في الرتبة الثالثة من النمط الناتج عن الهدب المركزي المضيء يساوي 7.5 cm وبعد الشاشة عن الشقين 2.475 m فما المسافة بين الشقين؟

Ⓐ 5.8×10^{-8} m . Ⓑ 6.3×10^{-7} m . Ⓒ 2.1×10^{-6} m . Ⓓ 6.3×10^{-6} m .

06/12 ◄ وضعت شاشة مسطحة على بعد 4.2 m من زوج من الشقوق، وأضيء الشقان بحزمة ضوء أحادي اللون؛ فإذا كانت المسافة الفاصلة بين الهدب المركزي المضيء والهدب المضيء في الرتبة الثانية 0.08 m والمسافة الفاصلة بين الشقين 5.3×10^{-5} m فحدد الطول الموجي للضوء.

Ⓐ 2.6×10^{-7} m . Ⓑ 5.2×10^{-7} m . Ⓒ 6.2×10^{-7} m . Ⓓ 1×10^{-6} m .

▼ الأجوبة النهائية ▼

◄ الفصل السابع

01	02	03	04	05	06	07	08	09	10
D	C	B	A	C	A	C	C	A	B

◄ الفصل الثامن

01	02	03	04	05	06	07
A	D	C	D	C	C	B

◄ الفصل التاسع

01	02	03	04	05	06	07	08	09
D	A	C	D	D	D	A	B	C

◄ الفصل العاشر

01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11
D	A	D	A	D	D	A	C	A	B	A

◄ الفصل الحادي عشر

01	02	03	04	05	06	07	08	09	10
C	D	A	C	B	B	D	D	A	D

◄ الفصل الثاني عشر

01	02	03	04	05	06
A	B	C	B	D	B