

**الفصل الأول : الإهتزازات والموجات****الحركة الدورية :** هي الحركة التي تكرر نفسها في فترات زمنية متساوية

مثل الحركة التوافقية البسيطة ( الحركة الإهتزازية ) والحركة الموجية

**الحركة التوافقية البسيطة :** هي الحركة التي تحدث عندما تتناسب القوة التي تعيد الجسم إلى موضع الإلتزان طرديا مع إزاحة الجسم

مثل حركة البندول البسيط وحركة النابض

**الزمن الدوري T :** هو الزمن الذي يحتاج اليه الجسم لعمل اهتزازة كاملة**سعة الإهتزازة A :** هي أقصى إزاحة للجسم بعيدا عن موضع سكونه**عند التأثير بقوة على نابض أو بندول**

عندما تكون محصلة القوى المؤثرة على الجسم = صفر يكون الجسم في حالة لإتزان

عندما نسحب الجسم بعيدا عن موضع الإلتزان تكون محصلة القوى المؤثرة على الجسم لاتساوى صفرا وتعمل على إعادة الجسم إلى موضع الإلتزان

**قانون هوك :** القوة  $F$  التي يؤثر بها نابض تساوى حاصل ضربثابت النابض  $k$  في المسافة التي يستطيلها أو ينضغطهاالنابض عن موضع اتزانها  $x$ 

$$F = -kx$$

يعتمد ثابت النابض على صلابة النابض إضافة إلى خصائص أخرى له

**طاقة الوضع المرونية المخزنة في نابض :**

طاقة الوضع المرونية في نابض تساوى نصف حاصل ضرب ثابت

النابض  $k$  في مربع إزاحته  $x^2$ 

$$PE_{sp} = \frac{1}{2} kx^2 \quad J(N.m)$$

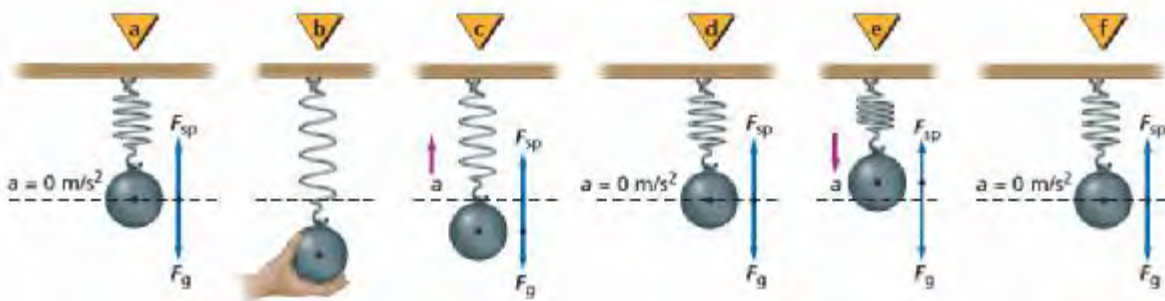
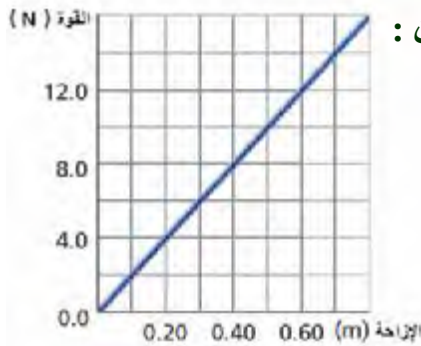
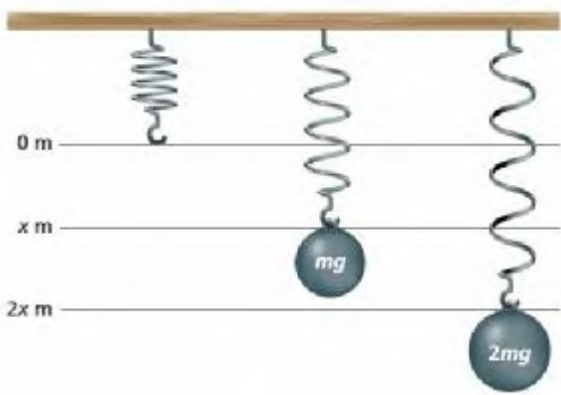
عند رسم العلاقة البيانية بين محصلة القوى المؤثرة على نابض وإزاحة النابض فإن :

ثابت النابض = ميل الخط المستقيم

$$k = \frac{\Delta F}{\Delta x} = \frac{8-0}{0.4-0} = 20 \text{ N/m}$$

طاقة الوضع المرونية المخزنة في نابض = المساحة تحت المنحنى

$$PE_{sp} = \frac{1}{2} \times 0.8 \times 14 = 5.6 \text{ J}$$

**حركة النابض :**

عند سحب الجسم بقوة إلى أسفل فإنه عند لحظة تحرر الجسم تكون:

القوة المحصلة المؤثرة في الجسم والتسارع أكبر مايمكن والسرعة المتجهة تساوى صفرا

عندما يمر الجسم بنقطة الإلتزان تكون:

كلا من القوة المحصلة المؤثرة في الجسم والتسارع يساوى صفرا والسرعة المتجهة أكبر ما يمكن السيارات: تعتمد مقدرة السيارة على تحمل الصدمات على مقدار الطاقة الحركية للسيارة قبل التصادم والتي تتحول إلى طاقة وضع مرونية في الهيكل بعد التصادم لذلك تزود السيارات بنوابض ماصة للصدمات

**تمرين 1:** احسب ثابت نابض استطال بمقدار 25cm عندما علق به جسم كتلته 0.500kg ثم احسب طاقة الوضع المرونية المخزنة في النابض

( تسارع الجاذبية الأرضية =  $9.80 \text{ m/s}^2$  )

$$F = mg = (0.500 \text{ kg})(9.80 \text{ m/s}^2) = 4.90 \text{ N}$$

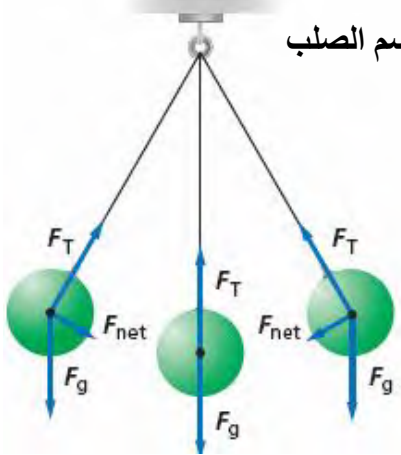
$$k = \frac{F}{x} = \frac{4.90 \text{ N}}{0.250 \text{ m}} = 19.6 \text{ N/m}$$

$$PE_{sp} = \frac{1}{2} kx^2 = \frac{1}{2} (19.6 \text{ N/m})(0.250 \text{ m})^2 = 0.612 \text{ J}$$

**تمرين 2:** إذا كانت طاقة الوضع المرونية المخزنة في النابض = 4.39J وثابت النابض 135 N/m احسب مقدار انضغاط النابض

$$PE_{sp} = \frac{1}{2} kx^2$$

$$x = \sqrt{\frac{2PE_{sp}}{k}} = \sqrt{\frac{2(4.39 \text{ J})}{135 \text{ N/m}}} = 0.255 \text{ m}$$



**البندول البسيط:** يتكون البندول البسيط من جسم صلب معلق بخيط – عند سحب الجسم الصلب وتركه يتحرك فإنه يتأرجح

عند الموضعين الأيمن والأيسر

تكون القوة المحصلة والتسارع أكبر ما يمكن وتكون السرعة المتجهة تساوى صفرا

في الموضع الوسط عند الإلتزان

كلا من القوة المحصلة المؤثرة في الجسم والتسارع يساوى صفرا

والسرعة المتجهة أكبر ما يمكن

ملاحظة : القوة المحصلة هي قوة إرجاع وتكون دائما معاكسة لإتجاه إزاحة

ثقل البندول وتعمل على إرجاع الثقل إلى موضع الإلتزان

**الزمن الدوري للبندول البسيط : (T)**

الزمن الدوري للبندول البسيط يساوى  $2\pi$  مضروبة في الجذر التربيعي لحاصل طول الخيط  $l$  علي تسارع

الجاذبية الأرضية  $g$

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

الزمن الدوري للبندول البسيط يعتمد على **طول الخيط  $l$**  للبندول وتسارع الجاذبية الأرضية  $g$

الزمن الدوري للبندول البسيط لا يعتمد على كتلة البندول أو سعة الإهتزازة

يستخدم البندول البسيط لحساب تسارع الجاذبية الأرضية  $g$

إذا زاد الزمن الدوري للضعف فإن الطول يزداد أربع أمثال

إذا قل الزمن الدوري للنصف فإن الطول يقل للربع

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

$$l = g \left( \frac{T}{2\pi} \right)^2 = (9.80 \text{ m/s}^2) \left( \frac{1.22 \text{ s}}{2\pi} \right)^2 = 1.85 \text{ m}$$

تمرين 4: احسب تسارع الجاذبية الأرضية إذا كان طول بندول بسيط 75cm و الزمن الدوري له 1.8s

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

$$g = l \left( \frac{T}{2\pi} \right)^2 = 0.75 \left( \frac{1.8}{2\pi} \right)^2 = 9.138 \text{ m/s}^2$$

**الرنين:** يحدث عندما تؤثر قوة صغيرة في جسم متذبذب ( مهتز ) في فترات زمنية منتظمة بحيث تؤدي إلى زيادة سعة الإهتزازة وتكون الفترة الزمنية الفاصلة بين تطبيق القوة على الجسم المهتز مساوية للزمن الدوري للإهتزازة

**من الأمثلة الشائعة على الرنين:**

أرجحة السيارة للأمام والخلف لتحريك عجلاتها

حركة الجمهور في شرفة المسرح قد تؤدي إلى تحطيم هيكل الشرفة إذا كان الزمن الدوري لحركة الجمهور مساو للزمن الدوري الطبيعي لإهتزاز هذه الشرفة

علل: إذا كانت عجلات السيارة غير متوازنة فسوف تهتز السيارة بقوة عند سرعة محددة ولا يحدث ذلك عند سرعات أقل أو أكبر

### خصائص الموجات:

**الموجة:** هي اضطراب يحمل الطاقة خلال الفراغ أو المادة دون أن تنتقل مادة الوسط

الموجات الميكانيكية: هي الموجات التي تحتاج لوسط مادي للإنتشارها

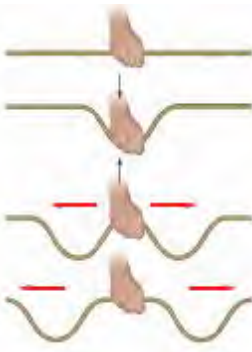
مثل موجات الصوت – موجات الماء- الموجات المنتقلة خلال نابض أو حبل أو ...

من الممكن أن تتكون من أمواج طولية – أو أمواج مستعرضة – أو من كليهما معا

الموجات الكهرومغناطيسية: هي الموجات التي لا تحتاج إلى وسط مادي للإنتشارها (يمكن أن تنتشر في الفراغ وفي

الأوساط المادية) وتتكون من أمواج مستعرضة مثل موجات الضوء – الأشعة السينية - ...

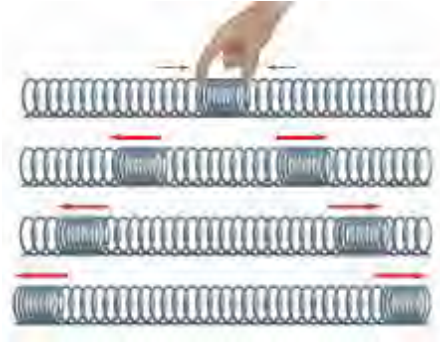
**الموجة المستعرضة:** هي إهتزاز جزيئات الوسط عموديا على اتجاه انتشار الموجة



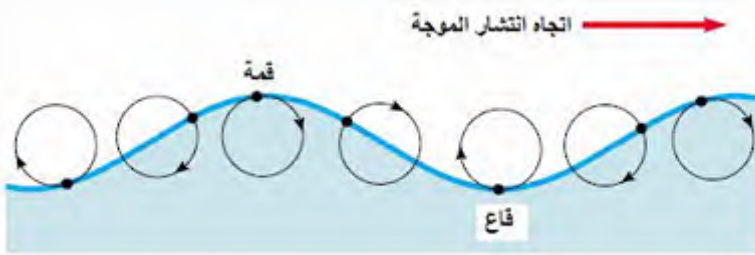
في الشكل المقابل تؤثر اليد عموديا على الحبل باضطراب ما

فيتحرك الحبل رأسيا

لكن تتولد نبضتين تتحركان في الحبل في اتجاهين أفقيين متعاكسين

**الموجة الطولية:** هي إهتزاز جزيئات الوسط في نفس اتجاه انتشار الموجة

في الشكل المقابل عند تجميع مجموعة من حلقات النابض وتركها فجأة فإن الإضطرابات والنبضات تنتشران في كلا الإتجاهين بحيث أنه في كل إتجاه تكون الإضطرابات والنبضات في نفس الإتجاه

**الموجات السطحية البحرية:****الموجات في أعماق البحيرات والمحيطات موجات طولية**

بينما تتحرك الجزيئات على سطح الماء في اتجاه مواز وعمودي على اتجاه حركة الموجة حيث تتحرك الجزيئات التي على السطح في مسار دائري (ويكون إتجاه حركة الجزيئات في نفس اتجاه انتشار الموجة عند القمة وفي عكس اتجاه انتشار الموجة عند القاع) وتزاح الجزيئات أفقيا وعموديا بعيدا عن مواضع اتزانها مما يؤدي إلى تكوين **موجة سطحية** لها خصائص كل من الموجات الطولية والمسنعة مصدر طاقة موجات الماء يأتي من العواصف البعيدة

**سرعة الموجة v:** هي المسافة d التي تقطعها الموجة خلال وحدة الزمن t

$$v = \frac{\Delta d}{\Delta t} \quad m/s$$

تعتمد سرعة الموجة الميكانيكية الطولية والمسنعة على الوسط التي تنتقل خلاله فقط لاتعتمد سرعة الموجة الميكانيكية الطولية والمسنعة على سعة الموجة أو ترددها

**مثال:** يؤثر عمق الماء في سرعة موجات الماء المتكونة فيه

تؤثر درجة حرارة الهواء في سرعة الصوت في الهواء

تعتمد سرعة الموجات المنتشرة في نابض أو وتر على (قوة الشد - كتلة وحدة الأطوال)

**سعة الموجة A:** هي أقصى إزاحة للموجة بعيدا عن موضع سكونها

تعتمد سعة الموجة على كيفية توليدها

لاتعتمد سعة الموجة على سرعة الموجة

يجب أن يبذل شغل أكبر لتوليد موجة سعتها كبيرة

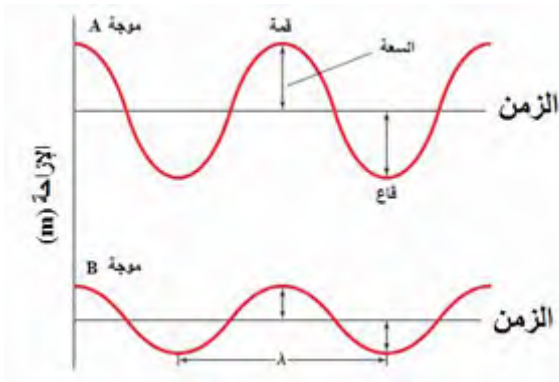
تنقل الموجة ذات السعة الكبيرة طاقة أكبر من التي تنقلها

الموجة التي سعتها قليلة

في الشكل المقابل موجتان مختلفتان في السعة

طاقة الموجة تتناسب طرديا مع مربع السعة

(إذا زادت سعة الموجة للضعف فإن طاقة الموجة تزداد أربع أمثال)



**طول الموجة  $\lambda$**  : هو أقصر مسافة بين أى نقطتين بحيث يتكرر نمط الموجة نفسه مثل المسافة بين قمتين متتاليتين أو قاعين متتاليين

يعتمد طول الموجة على كلا من **تردد الموجة** و **سرعة الموجة**

**الطور** : أى نقطتين فى الموجة تكونان فى الطور نفسه إذا كانت المسافة بينهما تساوى طولاً موجياً واحداً أو مضاعفاتة يعد جسيمان فى وسط ما فى الطور نفسه إذا كان :

الجسمان لهما الإزاحة نفسها عن موضع الإتزان ولهما السرعة المتجهة نفسها يكون فرق الطور بين جسيمان فى وسط ما **180 درجة** إذا كان :

الجسمان فى الوسط متعاكسين فى الإزاحة وفى السرعة المتجهة

**الزمن الدورى  $T$**  : هو الزمن اللازم للجسم المهتز حتى يكمل دورة كاملة

**التردد  $f$**  : هو عدد الإهتزازات الكاملة التى يصنعها الجسم المهتز فى الثانية الواحدة ويقاس بالهيرتز ( Hz )

**الهيرتز ( Hz )** : هو تردد موجة زمنها الدورى واحد ثانية

**العلاقة بين التردد والطول الموجى**  $f = \frac{1}{T}$  (تردد الموجة يساوى مقلوب زمنها الدورى)

**العلاقة بين الطول الموجى والتردد والسرعة**  $\lambda = \frac{v}{f}$  ( طول الموجة يساوى سرعتها مقسومة على ترددها )

يعتمد الزمن الدورى للموجة وترددها على **مصدرها فقط**

لا يعتمد الزمن الدورى للموجة وترددها على **الوسط الذى تنتقل خلاله** أو على **سرعة الموجة**

**تمرين 5 :**

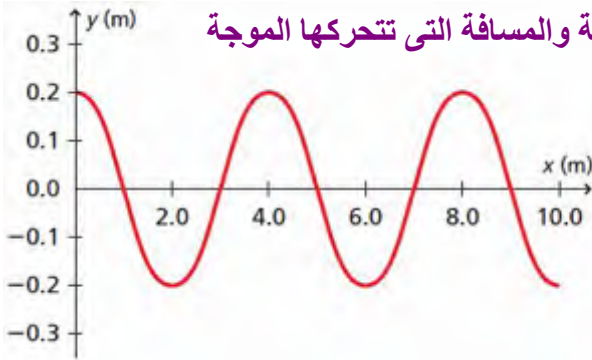
فى الشكل المقابل تم تمثيل موجة بالعلاقة البيانية بين إزاحة الموجة والمسافة التى تتحركها الموجة

وكان الزمن الدورى للموجة  $0.5s$

احسب

سعة الموجة – طول الموجة – التردد – سرعة الموجة

المسافة التى تحركتها الموجة بعد  $20s$



سعة الموجة  $A = 2m$

طول الموجة  $\lambda = 4m$

التردد  $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0.5} = 2Hz$

سرعة الموجة  $v = \lambda f = 4 \times 2 = 8 m/s$

المسافة التى تحركتها الموجة  $d = v t = 8 \times 20 = 160 m$

**تمرين 6 :**

فى الشكل المقابل تم تمثيل موجة بالعلاقة البيانية بين إزاحة الموجة والزمن

وكان طول الموجة  $8m$

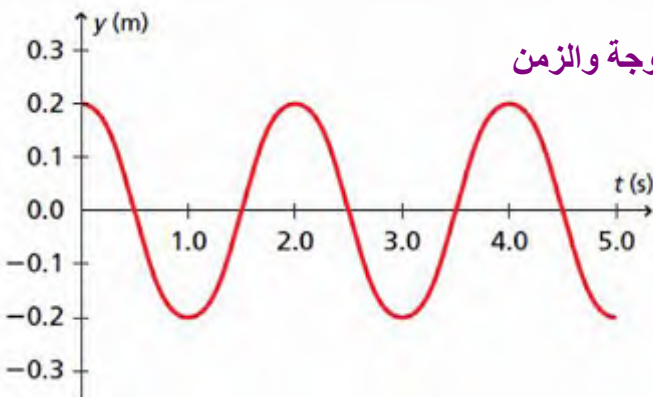
احسب

سعة الموجة – الزمن الدورى – التردد – سرعة الموجة

المسافة التى تحركتها الموجة بعد  $20s$

سعة الموجة  $A = 2m$

الزمن الدورى  $T = 2s$



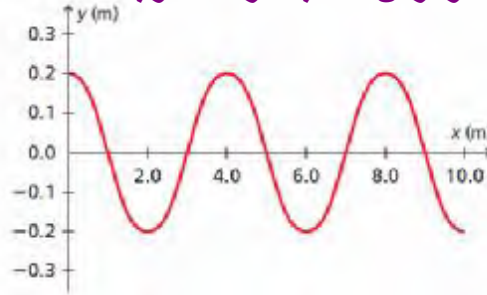
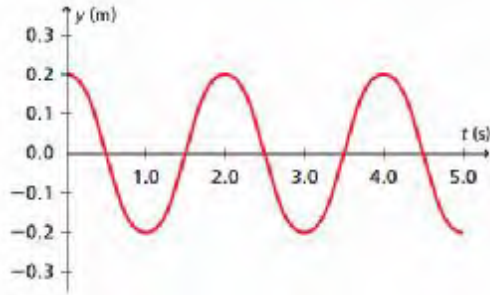
$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{2} = 0.5 \text{ Hz} = \text{التردد}$$

$$v = l f = 8 \times 0.5 = 4 \text{ m/s} = \text{سرعة الموجة}$$

$$d = v t = 4 \times 20 = 80 \text{ m} = \text{المسافة التي تحركتها الموجة}$$

تمرين 7 :

في الشكل المقابل تم تمثيل نفس الموجة بالعلاقة البيانية إزاحة الموجة والمسافة التي تتحركها كما تم تمثيلها بالعلاقة البيانية بين إزاحة الموجة والزمن احسب سرعة الموجة



$$l = 4 \text{ m} = \text{طول الموجة}$$

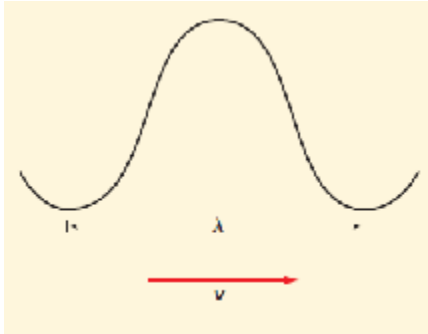
$$T = 2 \text{ s} = \text{الزمن الدوري}$$

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{2} = 0.5 \text{ Hz} = \text{التردد}$$

$$v = l f = 4 \times 0.5 = 2 \text{ m/s} = \text{سرعة الموجة}$$

تمرين 8 : قطعت موجة صوتية ترددها 192 Hz ملعب كرة قدم طوله 91.4 m خلال 0.271 s

احسب : سرعة الموجة – الزمن الدوري – طول الموجة – طول الموجة والزمن الدوري عندما يكون التردد 192 Hz



$$v = \frac{d}{t} = \frac{91.4 \text{ m}}{0.271 \text{ s}} = 337 \text{ m/s}$$

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{337 \text{ m/s}}{192 \text{ Hz}} = 1.76 \text{ m}$$

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{192 \text{ Hz}} = 0.00521 \text{ s}$$

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{337 \text{ m/s}}{442 \text{ Hz}} = 0.762 \text{ m}$$

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{442 \text{ Hz}} = 0.00226 \text{ s}$$

تمرين 9 : أطلق صوتا عاليا في اتجاه مبنى مرتفع يبعد 465 m وسمع صدى الصوت بعد زمن 2.75 s

احسب سرعة الصوت في الهواء – تردد موجة الصوت إذا كان طولها الموجي 0.750 m – الزمن الدوري للموجة

$$d = 2 \times 465 = 930 \text{ m} = \text{المسافة التي تحركتها الموجة}$$

$$v = \frac{d}{t} = \frac{930}{2.75} = 338.18 \text{ m/s} = \text{سرعة الموجة}$$

$$f = \frac{v}{l} = \frac{338.18}{0.750} = 450.9 \text{ Hz} = \text{تردد موجة الصوت}$$

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{450.9} = 2.217 \text{ s} = \text{الزمن الدوري}$$

تمرين 10: تتولد خمس نبضات في خزان ماء كل 0.100s احسب سرعة انتشار الموجة إذا كان طولها 1.20cm

$$f = \frac{5}{0.100} = 50 \text{ Hz} = \text{التردد}$$

$$v = l f = 1.20 \times 50 = 60 \text{ cm/s} = 0.6 \text{ m/s} = \text{سرعة الموجة}$$

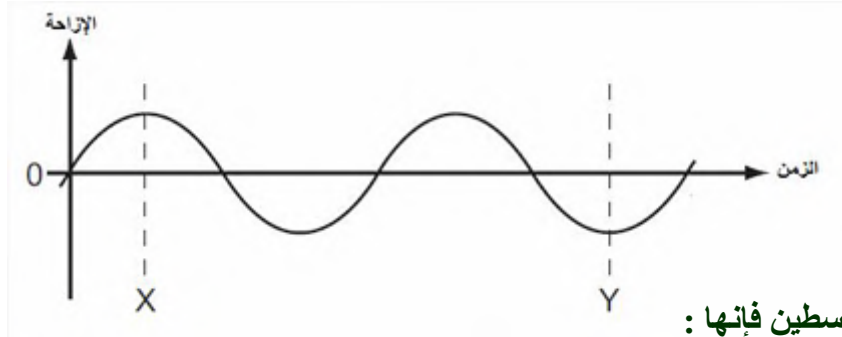
الزمن الكلي  
عدد الإهتزازات

الزمن النوري

عدد الإهتزازات  
الزمن الكلي

التردد

ملاحظة :



تمرين 11:

احسب عدد الموجات بين (X) و (Y)

**سلوك الموجات:**

عندما تصل موجة إلى الحد الفاصل بين وسطين فإنها :

من الممكن أن تنعكس وترتد إلى الوسط نفسه

أو أن تمر كلها أو جزء منها خلال الحد الفاصل إلى وسط آخر ويتغير اتجاهها عند الحد الفاصل بين الوسطين

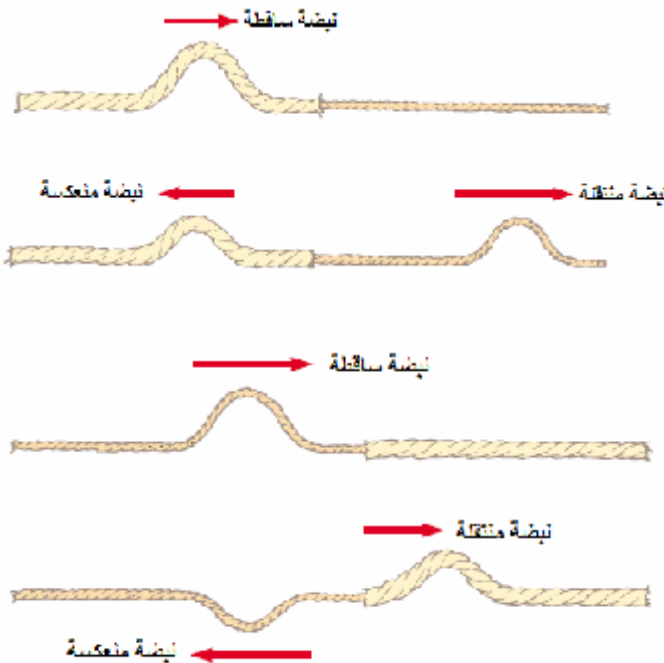
**الموجات عند الحواجز:**

عندما تتحرك نبضة من النابض الأكثر سمكا

إلى النابض الأقل سمكا

فإن جزء من النبضة ينعكس (معتدلا)

والجزء الآخر ينتقل في النابض الأقل سمكا

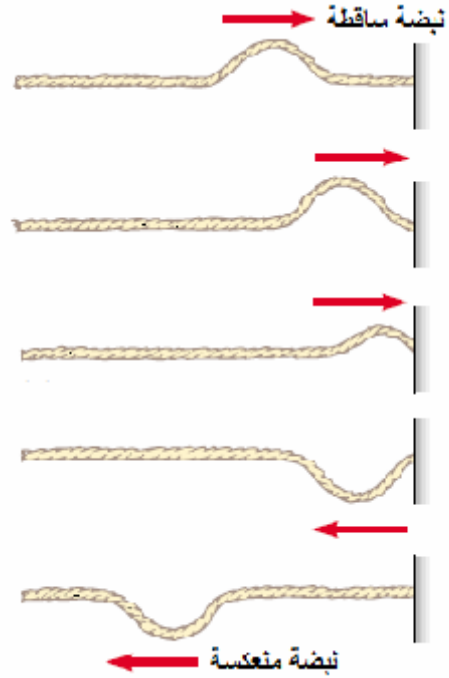
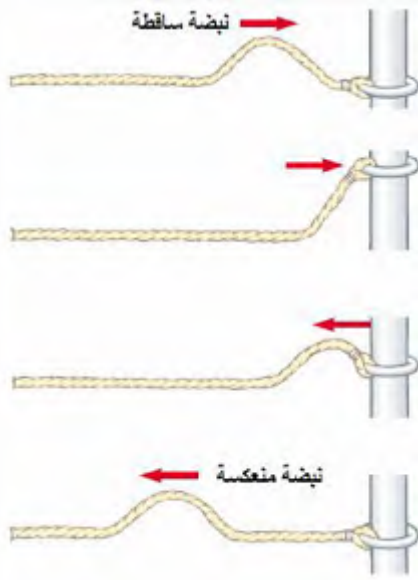


عندما تتحرك نبضة من النابض الأقل سمكا

إلى النابض الأكثر سمكا

فإن جزء من النبضة ينعكس (مقلوبا)

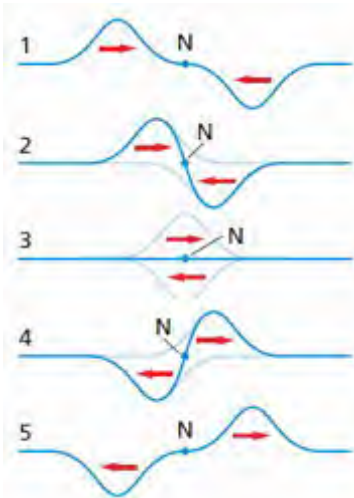
والجزء الآخر ينتقل في النابض الأقل سمكا



نابض متصل بحلقة حرة الحركة حول قضيب  
تكون النبضة المنعكسة معتدلة وتكون سعة النبضة  
المنعكسة مساوية تقريبا لسعة الموجة الساقطة

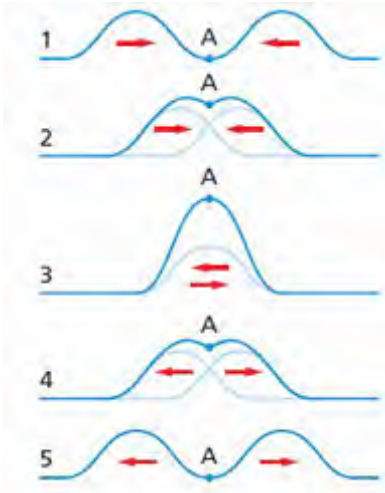
نابض مثبت في حائط صلب  
تكون النبضة المنعكسة مقلوبة وتكون سعة النبضة  
المنعكسة مساوية تقريبا لسعة الموجة الساقطة

**تراكم الموجات:** ينص مبدأ التراكب على أن الإزاحة الحادثة في وسط والناجمة عن نبضتين أو أكثر تساوى المجموع الجبري للإزاحات الناتجة عن كل موجة على حدة

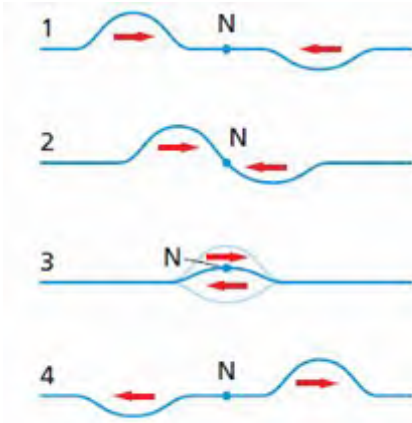


**تداخل الموجات :** هو الأثر الناتج عن تراكب موجتين أو أكثر  
**التداخل الهدمي:** ينتج عندما تلتقي نبضتان تنتشران في اتجاهين متعاكسين  
وقمة الموجة الأولى تلتقي مع قاع الموجة الثانية  
فتقل إزاحة الوسط عند النقاط كلها في منطقة التداخل  
ويكون التداخل هدميا  
إذا كانت الموجتان متساويتان في السعة والتردد كما بالشكل المقابل  
يكون التداخل هدميا تماما  
وتسمى النقطة N التي لم تتحرك مطلقا العقدة  
وتستعيد النبضات شكلها الأصلي بعد التداخل وتواصل حركتها  
**العقدة N:** هي النقطة التي عندها تكون سعة الموجة الناتجة من تراكب  
موجتين = صفر

**التداخل البناء:** ينتج عندما تلتقي نبضتان تنتشران في اتجاهين متعاكسين وقمة الموجة الأولى تلتقي مع قمة الموجة الثانية فتزداد إزاحة الوسط عند النقاط كلها في منطقة التداخل ويكون التداخل بناء

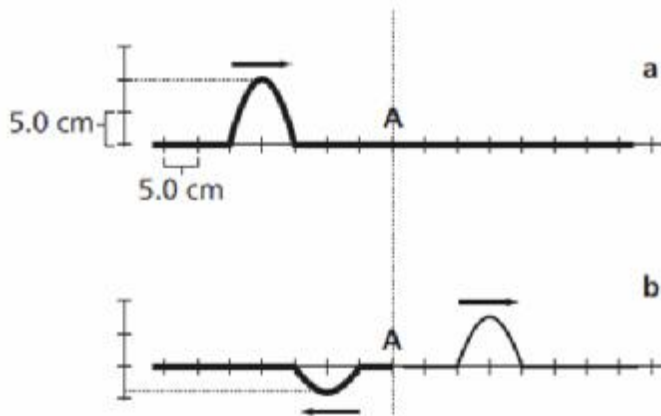


إذا كانت الموجتان متساويتان في السعة والتردد كما بالشكل المقابل يكون التداخل بناء تاما وتسمى النقطة A البطن وتستعيد النبضات شكلها الأصلي بعد التداخل وتواصل حركتها **البطن A:** هي النقطة التي عندها تكون سعة الموجة الناتجة من تراكب موجتين أكبر ما يمكن



**التداخل الهدمي الغير تام:**

ينتج عندما تلتقي نبضتان غير متساويتان في السعة تنتشران في اتجاهين متعاكسين وقمة الموجة الأولى تلتقي مع قاع الموجة الثانية ويكون التداخل هدميا غير تام وتستعيد النبضات شكلها الأصلي بعد التداخل وتواصل حركتها وتكون سعة الموجة الناتجة عن تداخل النبضتين تساوى المجموع الجبري لإزاحتي النبضتين



تمرين 12: في الشكل المقابل (a) تنتشر نبضة ساقطة قابلتها نبضة منعكسة عند (A) في الشكل (b) صورة لما حدث في النابض بعد تراكب النبضتين (نبضة منعكسة وأخرى منتقلة) في النابض نفسه احسب سعة النبضة الساقطة إذا كانت سرعة الموجة الساقطة  $1.0 \text{ m/s}$  احسب سرعة الموجة المنعكسة وسرعة الموجة المنتقلة سعة الموجة الساقطة  $0.1 \text{ m}$  سرعة الموجة المنعكسة = سرعة الموجة الساقطة الزمن الذي أخذته الموجة المنعكسة بعد مرورها بالنقطة (A)

$$t = \frac{d}{v} = \frac{0.1}{1.0} = 0.1 \text{ s}$$

$$v = \frac{d}{t} = \frac{0.15}{0.1} = 1.5 \text{ m/s} \quad \text{سرعة الموجة المنتقلة} =$$

تمرين 13: إذا كانت سعة موجة ساقطة  $0.53 \text{ m}$  في نابض تتحرك ناحية اليمين وقابلتها نبضة منعكسة سعتها  $-0.24 \text{ m}$  كم تكون سعة الموجة الناتجة عن تراكب الموجتين لحظة مرورهما ببعض

$$A = A_1 + A_2 = 0.53 \text{ m} + (-0.24 \text{ m}) = 0.29 \text{ m}$$

تمرين 14: تنتقل موجات ماء في بركة مسافة  $3.4 \text{ m}$  في  $1.8 \text{ s}$  إذا كان الزمن الدوري للإهتزازة الواحدة  $1.1 \text{ s}$  احسب سرعة الموجة - طول الموجة

تمرين 15: إذا كانت سرعة الموجة في وتر قيثارة  $265 \text{ m/s}$  وكان طول الوتر  $63 \text{ cm}$  وقد حركته من مركزه بسحبه لأعلى ثم تركه فتحررت نبضتين في اتجاهين ثم انعكست عند نهايتي الوتر احسب الزمن اللازم للنبضة للوصول إلى نهاية الوتر والعودة إلى نفس النقطة هل يكون الوتر أعلى موضع سكونه أم أسفله عندما تعود النبضتان إذا حركت الوتر من نقطة تبعد  $15 \text{ cm}$  من أحد طرفيه ثم ترك أين تلتقي النبضتان

تمرين 16: تبث إشارات راديو موجات ترددها بين  $(550 \text{ kHz}$  و  $1600 \text{ kHz})$  وتنتقل بسرعة  $3 \times 10^8 \text{ m/s}$  احسب مدى الطول الموجي لهذه الإشارات

تمرين 17: المسافة بين أربع عقد منتشرة في نابض ما  $42 \text{ cm}$  احسب طول الموجة

$$1.5l = 0.42$$

$$l = 0.28 \text{ m}$$

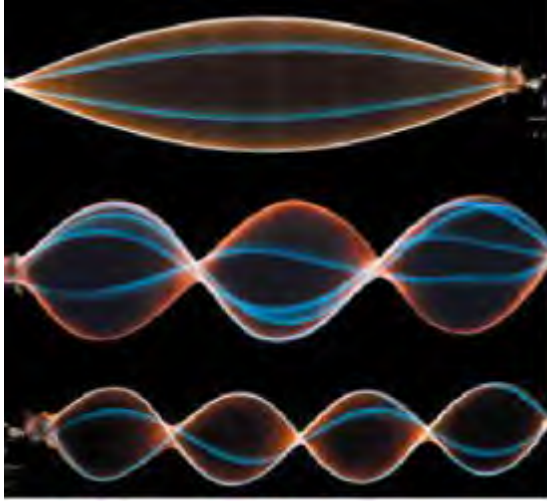
تمرين 18: إذا كان معدل ضربات القلب  $\text{beats}$  يتراوح من  $1.0 \text{ beat/s}$  إلى  $1.6 \text{ beats/s}$  احسب تردد ضربات القلب

$$f_1 = \frac{1}{T_1} = \frac{1}{1.0 \text{ s}} = 1.0 \text{ Hz}$$

$$f_2 = \frac{1}{T_2} = \frac{1}{1.6 \text{ s}} = 0.63 \text{ Hz}$$

$$f = 0.63 - 1.0 \text{ Hz}$$

**الموجات الموقوفة:** هي الموجات الناتجة عن تراكب موجتين إحداهما ساقطة والأخرى منعكسة في خيط وتتكون من عقد ويطون



عند ربط أحد طرفي حبل أو نابض في حائط صلب والطرف الآخر في اليد - والعمل على إهتزاز الطرف الملامس لليد فإن الموجات تترك اليد وتصل إلى الجدار ثم تنعكس مقلوبة مكونة الموجة الموقوفة - وبعد ملامسة اليد تنعكس وتنقلب مرة ثانية في نفس اتجاه وإزاحة الموجة الأولى

**بزيادة التردد لحركة اليد يزداد عدد العقد والبطون كما بالشكل** إذا كان الزمن الدوري لحركة اليد يساوي الزمن اللازم للنمضة حتى تكمل دورة كاملة (من يدك للباب ثم العودة) عندئذ سوف تضاف الإزاحة التي تولدها يدك في كل مرة إلى إزاحة الموجة المنعكسة

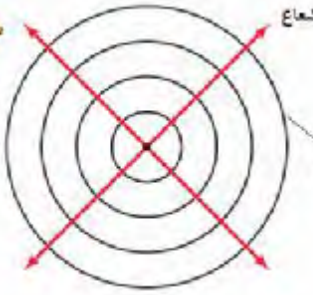
ويتولد رنين ميكانيكي عندما تكون العقدتان في طرفي الحبل في حين يكون البطن في وسطه

**تمثيل الموجات في بعدين:**

a



b



عندما تضع رأس إصبعك في الماء وتحركه بتردد ثابت ستنتج دوائر متتابعة متحدة مراكزها ويكون إصبعك مركز تلك الدوائر التي تسمى صدور الموجات

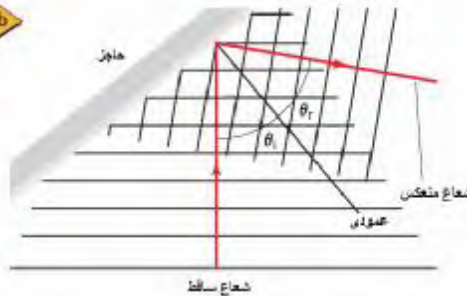
**صدر الموجة:** هو الخط الذي يمثل قمة الموجة في بعدين ومهما يكن شكل الموجات التي تتحرك في بعدين فإنها تتحرك في اتجاه متعاقد مع صدور هذه الموجات

ويمثل هذا الإتجاه بشعاع على شكل خط يصنع زاوية قائمة مع صدر الموجة (a) موجات الماء هي موجات دائرية تنتشر للخارج مبتعدة عن مصدرها (b) يمكن التعبير عن الموجات بدوائر ترسم عند قممها

a



b



**انعكاس الموجات في بعدين:**

عند سقوط شعاع من الموجة على سطح عاكس فإنه ينعكس

يمكن توضيح انعكاس الموجة في بعدين بحوض الموجات

( حوض به ماء- ألواح أهتزاز تولد موجات بتردد ثابت - حاجز-لوح كرتون أبيض في قاع الحوض- مصباح فوق الحوض )

عندما تنتشر موجات ناحية الحاجز تنعكس في اتجاه محدد

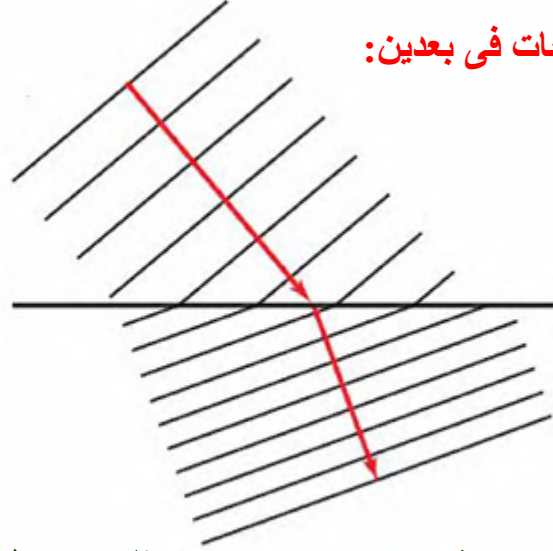
وعند إضاءة المصباح يتكون ظل تحت الحوض يبين موقع قمم الموجات وقيعانها

**زاوية السقوط:** هي الزاوية المحصورة بين الشعاع الساقط والعمود المقام من نقطة السقوط على السطح العاكس

**زاوية الانعكاس:** هي الزاوية المحصورة بين الشعاع المنعكس والعمود المقام من نقطة السقوط على السطح العاكس

**قانون الانعكاس:** زاوية السقوط = زاوية الانعكاس

**صدى الصوت:** هو تكرار سماع الصوت الأصلي نتيجة انعكاسه



### انكسار الموجات في بعدين:

تنكسر الموجات (تنحرف عن مسارها) عندما تنتقل من وسط إلى آخر  
 يمكن تمثيل انكسار الموجات بحوض الموجات  
 (حوض موجات - ألواح اهتزاز تولد موجات بتردد ثابت في قاع الحوض - لوح زجاجي بحيث تكون كمية الماء فوقه أقل من تحته)  
 حيث يمثل لوح الزجاج كسطح فاصل بين وسطين  
 عندما تنتقل الموجة من منطقة الماء العميق إلى منطقة الماء الضحل  
 تقل سرعتها ويتغير اتجاهها  
 ولأن الموجات في منطقة المياه الضحلة (أعلى اللوح) تولدت من الموجات القادمة من منطقة الماء الأعمق  
 فإن ترددها لن يتغير  
 وبناء على المعادلة  $v = l f$  فإنه عندما تقل السرعة يقل الطول الموجي (التردد ثابت)  
 لذلك يقصر الطول الموجي في منطقة المياه الضحلة  
 (إذن الموجات في منطقة الماء الضحل تتباطأ ويقل طولها الموجي)  
 تكون قوس قزح أثناء المطر ناتج من انكسار الضوء

يتغير طول الموجة وسرعتها عندما تنتقل من وسط لآخر لكن ترددها يظل ثابتا

**الفصل الثاني: الصوت**

الموجة الصوتية: هي الموجة التي تنتقل في مادة نيجة اختلاف الضغط المنتقل خلالها والناتج عن الصوت في الشكل عند قرع الجرس تحدث الحافة المهتزة مناطق ذات ضغط مرتفع (المناطق الداكنة) ومناطق ضغط منخفض (المناطق الفاتحة)

علل: موجة الصوت تكون موجة طولية ؟

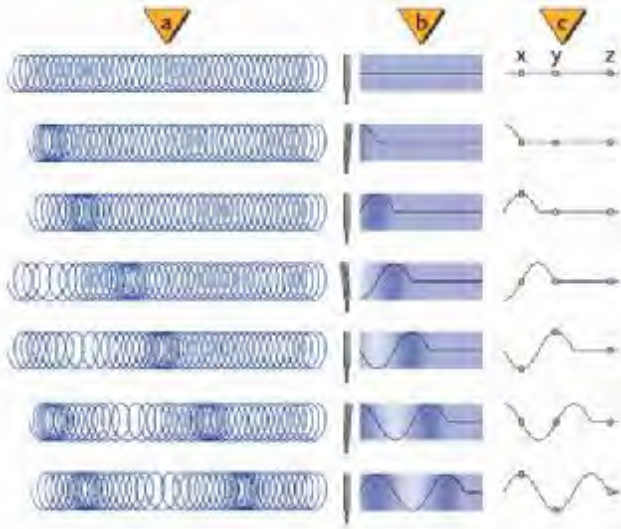
لأن جزيئات الهواء تهتز موازية لإتجاه حركة الموجة

**تردد الموجة الصوتية:** هو عدد الإهتزازات ( التغيرات في قيمة الضغط ) في الثانية الواحدة

**طول الموجة الصوتية:** هو المسافة بين مركزي ضغطين مرتفعين متتاليين (تضاغطين) أو المسافة بين مركزي ضغطين منخفضين متتاليين (تخلخين)

تمثيل موجات الصوت بحركة نابض:

الشكل (a) يمثل انتقال التضاغطات والتخلخلات لموجات الصوت  
الشكل (b) يمثل ارتفاع وانخفاض الضغط في الموجة المنتشرة  
الشكل (c) تمثل موجة جيبيية للتعبير عن موجة الصوت  
النقاط (x,y,z) تبين أن الموجة هي التي تتحرك للأمام وليست المادة



تعتمد سرعة الصوت في الهواء على درجة الحرارة

تزداد سرعة الصوت في الهواء بزيادة درجة الحرارة

(تزداد سرعة الصوت في الهواء بمعدل  $0.6 \text{ m/s}$  لكل ارتفاع في درجة الحرارة مقداره  $1^\circ\text{C}$  )

سرعة الصوت عند درجة حرارة  $(0^\circ\text{C})$  هي  $331 \text{ m/s}$

سرعة الصوت عند درجة حرارة  $(20^\circ\text{C})$  هي  $(343 \text{ m/s})$  وذلك بتطبيق المعادلة  $(v = 331 + 0.6T)$  عند درجة حرارة  $T$

سرعة الصوت في المواد الصلبة أكبر منها في السوائل أكبر منها في الغازات

لموجات الصوت خصائص الموجات مثل الإنعكاس – الإنكسار – التداخل .....

قد تتداخل موجتان صوتيتان مما يؤدي إلى بقاء تدعى البقع الميتة (ينعدم عندها الصوت) عند العقد

وبقع يزداد عندها الصوت تسمى البطنون

صدى الصوت : هو تكرار سماع الصوت الأصلي نتيجة إنعكاسه

ويمكن استعمال الزمن الذي يحتاج إليه الصدى حتى

يعود إلى مصدر الصوت في إيجاد المسافة بين مصدر

الصوت والجسم الذي انعكس عنه

ويستعمل هذا المبدأ الخفافيش وبعض الكاميرات

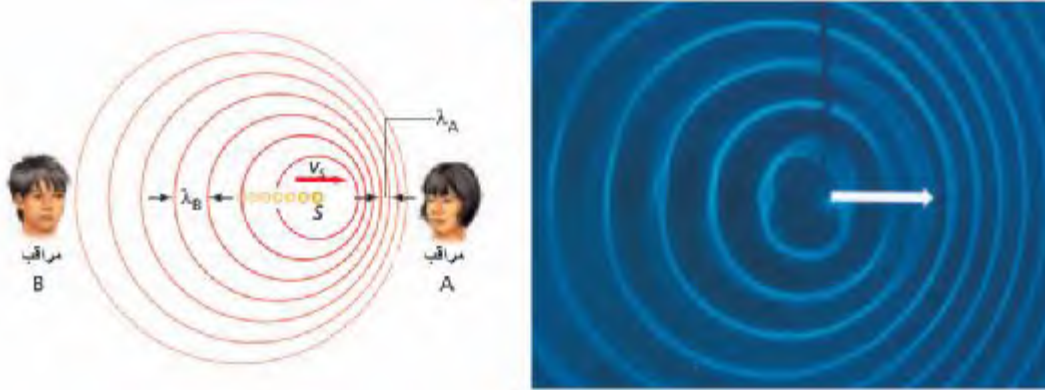
وبعض السفن التي تستعمل السونار



**تأثير دوبلر:** هو تغير التردد الناتج عن حركة مصدر الصوت أو المراقب أو كلاهما

التردد الذي يدركه المراقب  $f_d$  يساوي تردد الموجة  $f_s$  مضروباً في السرعة المتجهة للمراقب بالنسبة للسرعة المتجهة للموجة  $(v - v_d)$  مقسوماً على السرعة المتجهة للمصدر بالنسبة إلى السرعة المتجهة للموجة  $(v - v_s)$

$$f_d = f_s \left( \frac{v - v_d}{v - v_s} \right)$$



عند تحرك المصدر في اتجاه مراقب ساكن  
تتقارب الموجات في المنطقة بين المصدر والمراقب فيقل الطولى الموجى ويزداد التردد ( لثبات السرعة)

عند تحرك المصدر بعيداً عن مراقب ساكن  
تتباع الموجات في المنطقة بين المصدر والمراقب فيزداد الطولى الموجى ويقل التردد ( لثبات السرعة)

تمرين 1: يتحرك مصدر صوتى تردده 510Hz بسرعة 18m/s ناحية مراقب ساكن ماتردد الصوت الذى يسمعه المراقب إذا كانت سرعة الصوت فى الهواء 343m/s

$$\begin{array}{c} \xrightarrow{v} \quad v_d = 0 \\ \text{18 m/s} \quad \text{d} \end{array} \quad f_d = f_s \left( \frac{v - v_d}{v - v_s} \right) = (510 \text{ Hz}) \frac{343 \text{ m/s} - 0}{343 \text{ m/s} - 18 \text{ m/s}} = 538.246 \text{ Hz}$$

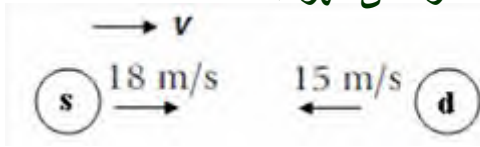
تمرين 2: يتحرك مصدر صوتى تردده 510Hz بسرعة 18m/s مبتعداً عن مراقب ساكن ماتردد الصوت الذى يسمعه المراقب إذا كانت سرعة الصوت فى الهواء 343m/s

$$\begin{array}{c} \xrightarrow{v} \quad v_d = 0 \\ 18 \text{ m/s} \leftarrow \text{s} \quad \text{d} \end{array} \quad f_d = f_s \left( \frac{v - v_d}{v - v_s} \right) = (510 \text{ Hz}) \frac{343 \text{ m/s} - 0}{343 \text{ m/s} - (-18 \text{ m/s})} = 484.57 \text{ Hz}$$

تمرين 3: يتحرك مصدر صوتى تردده 510Hz بسرعة 18m/s مبتعداً عن مراقب يتحرك بسرعة 15m/s فى عكس اتجاه حركة المصدر ماتردد الصوت الذى يسمعه المراقب إذا كانت سرعة الصوت فى الهواء 343m/s

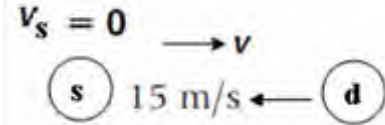
$$\begin{array}{c} \xrightarrow{v} \\ 18 \text{ m/s} \leftarrow \text{s} \quad \text{d} \rightarrow 15 \text{ m/s} \end{array} \quad f_d = f_s \left( \frac{v - v_d}{v - v_s} \right) = (510 \text{ Hz}) \frac{343 \text{ m/s} - 15 \text{ m/s}}{343 \text{ m/s} - (-18 \text{ m/s})} = 463.379 \text{ Hz}$$

تمرين 4: يتحرك مراقب بسرعة  $15\text{ m/s}$  ناحية مصدر صوتي تردده  $510\text{ Hz}$  يتحرك في اتجاه معاكس له بسرعة  $18\text{ m/s}$  ماتردد الصوت الذي يسمعه المراقب إذا كانت سرعة الصوت في الهواء  $343\text{ m/s}$



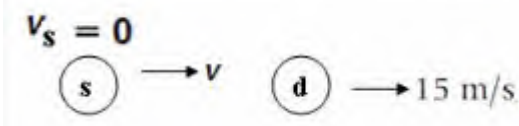
$$f_d = f_s \left( \frac{v - v_d}{v - v_s} \right) = (510 \text{ Hz}) \frac{343 \text{ m/s} - (-15 \text{ m/s})}{(343 \text{ m/s} - 18 \text{ m/s})} = 561.78 \text{ Hz}$$

تمرين 5: يتحرك مراقب بسرعة  $15\text{ m/s}$  ناحية مصدر صوتي ساكن تردده  $510\text{ Hz}$  ماتردد الصوت الذي يسمعه المراقب إذا كانت سرعة الصوت في الهواء  $343\text{ m/s}$



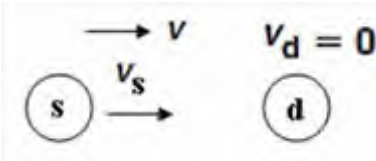
$$f_d = f_s \left( \frac{v - v_d}{v - v_s} \right) = (510 \text{ Hz}) \frac{343 \text{ m/s} - (-15 \text{ m/s})}{343 \text{ m/s} - 0} = 532.3 \text{ Hz}$$

تمرين 6: يتحرك مراقب بسرعة  $15\text{ m/s}$  مبتعدا عن مصدر صوتي ساكن تردده  $510\text{ Hz}$  ماتردد الصوت الذي يسمعه المراقب إذا كانت سرعة الصوت في الهواء  $343\text{ m/s}$



$$f_d = f_s \left( \frac{v - v_d}{v - v_s} \right) = (510 \text{ Hz}) \frac{343 \text{ m/s} - 15 \text{ m/s}}{343 \text{ m/s} - 0} = 487.696 \text{ Hz}$$

تمرين 7: يتحرك مصدر صوتي تردده  $510\text{ Hz}$  ناحية مراقب ساكن إذا كان تردد الصوت الذي يسمعه المراقب  $540\text{ Hz}$  ماهي سرعة المصدر الصوتي إذا كانت سرعة الصوت في الهواء  $343\text{ m/s}$



$$f_d = f_s \left( \frac{v - v_d}{v - v_s} \right)$$

$$540 = 510 \left( \frac{343 - 0}{343 - v_s} \right)$$

$$v_s = 19.055 \text{ m/s}$$

**يحدث تأثير دوبلر في كل حركة موجية ويستخدم في:**

**الطب :** لقياس سرعة حركة ضربات قلب الجنين باستخدام جهاز الموجات فوق الصوتية

**الفلك :** لمراقبة الضوء المنبعث من المجرات البعيدة

قياس سرعة المجرات

استنتاج بعد المجرات عن الأرض

**الرادار:** نستخدم كواشف الرادار تأثير دوبلر في قياس سرعة المركبات وكرات البيسبول

**الخفافيش:** تستخدم الخفافيش تأثير دوبلر في الكشف عن الحشرات الطائرة وافتراسها حيث أنه:

عندما تطير الحشرة بسرعة أكبر من سرعة الخفاش يكون تردد الموجة المنعكسة قليل

عندما يلحق الخفاش بالحشرة ويقترب منها يكون تردد الموجة المنعكسة أكبر

**الرنين في الأعمدة الهوائية:****الأعمدة الهوائية المغلقة:**

تولد الشوكة الرنانة موجات صوتية تتكون من إهتزازات مرتفعة ومنخفضة الضغط تتحرك هذه الموجات إلى أسفل العمود وعندما تصطدم بسطح الماء تنعكس مرتدة إلى الشوكة الرنانة وعندما تصل موجات الضغط المرتفع إلى الشوكة الرنانة في نفس الوقت الذي تنتج فيه الشوكة الرنانة موجات ضغط مرتفع يحدث الرنين ويكون ضغط الموجة المنعكسة معتدلاً إذا وصلت موجات ضغط مرتفع إلى الطرف المغلق فإنها ترتد موجات ضغط مرتفع الأعمدة الهوائية المفتوحة:

تولد الشوكة الرنانة موجات صوتية تتكون من إهتزازات مرتفعة ومنخفضة الضغط تتحرك هذه الموجات إلى أسفل العمود ونيجة لإصطدامها بجدران الأنبوب تنعكس مرتدة إلى الشوكة الرنانة وعندما تصل موجات الضغط المرتفع إلى الشوكة الرنانة في نفس الوقت الذي تنتج فيه الشوكة الرنانة موجات ضغط مرتفع يحدث الرنين ويكون ضغط الموجة المنعكسة مقلوباً إذا وصلت موجات ضغط مرتفع إلى الطرف المفتوح فإنها ترتد موجات ضغط منخفض

**تمثيل الموجات في الإعمدة:**

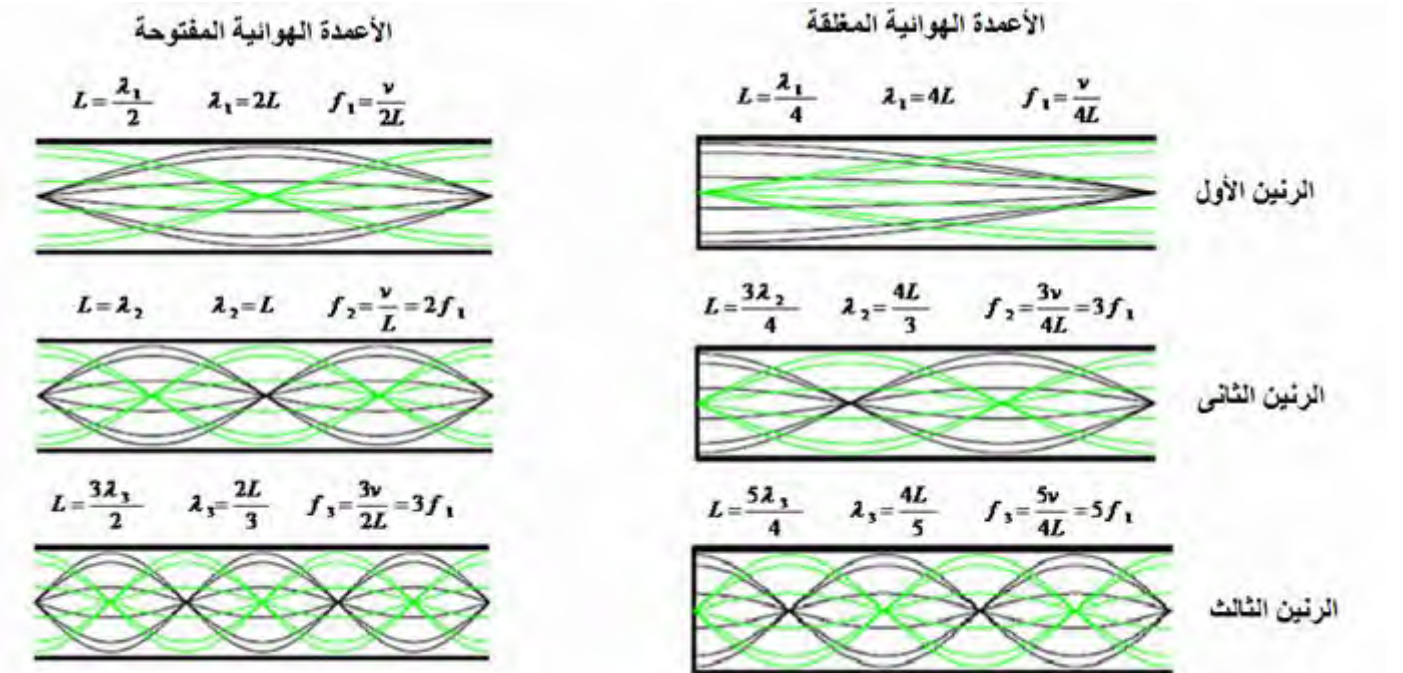
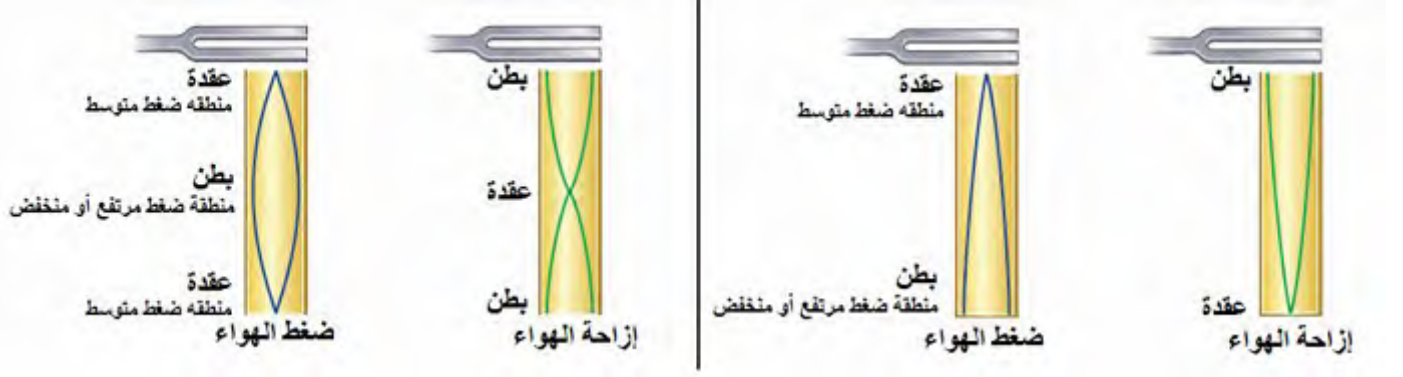
يمكن تمثيل الموجة الموقوفة في عمود بموجة جيبيه وتمثل الموجة الجيبية إما بتغير ضغط الهواء - أو إزاحة جزيئات الهواء

**1- التمثيل البياني لتغير الضغط**

تكون العقد هي مناطق الضغط الجوى المتوسط أما البطون فيتذبذب عندها الضغط بين قيمته العظمى والصغرى في الأعمدة الهوائية المغلقة تتكون بطن عند الطرف المغلق وعقدة عند الطرف المفتوح في الأعمدة الهوائية المفتوحة تتكون عقدة عند كل طرف مفتوح

**2- عند التمثيل البياني لتغير إزاحة جزيئات الهواء**

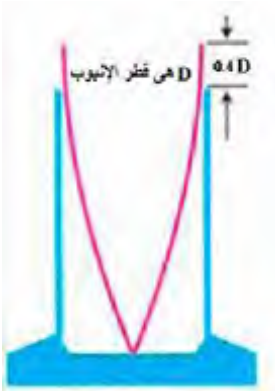
تكون العقد هي مناطق الإزاحة القليلة أما البطون فتكون هي مناطق الإزاحة الكبيرة وفي كلتا الحالتين تكون المسافة بين عقدتين متتاليتين أو بطنين متتاليين تساوى نصف طول الموجة في الأعمدة الهوائية المغلقة تتكون عقدة عند الطرف المغلق وبطن عند الطرف المفتوح في الأعمدة الهوائية المفتوحة تتكون بطن عند كل طرف مفتوح



عند اختلاف طول عمود الهواء وثبات التردد فإنه لكل من الأعمدة الهوائية المغلقة والمفتوحة

$$L_B - L_A = \frac{1}{2} l$$

$$\therefore v = 2f(L_B - L_A)$$



حيث أن  $L_A$  و  $L_B$  طولى عمود هواء عند رنينين متتاليين  
إذا استعملنا عمودين أحدهما مفتوحاً والآخر مغلقاً ولهما الطول نفسه وكانا في حالة رنين فإن:

الطول الموجي لصوت الرنين في العمود الهوائي المفتوح

يكون نصف الطول الموجي للعمود المغلق

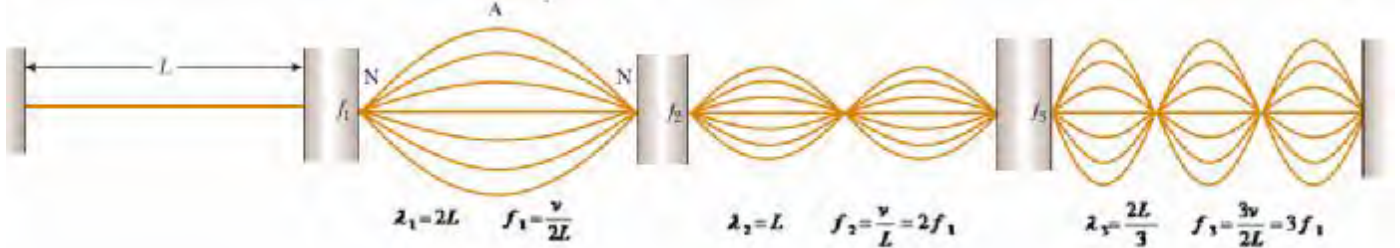
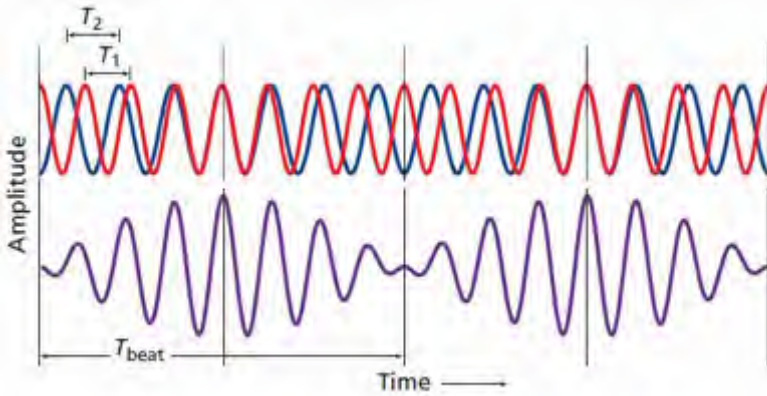
لذا يكون التردد في العمود الهوائي المفتوح ضعف التردد للعمود المغلق

لا تتكون بطن الموجة عند نهاية الأنبوبة تماماً بل يمتد

قليلاً خارج الأنبوب بمقدار (0.4) من قطر الأنبوب

**الرنين في الأوتار:**

تعتمد سرعة الموجة في الوتر على كل من :  
 قوة الشد فيه - كتلة وحدة الأطوال للوتر  
 لذلك نضبط الآلة الوترية بتغيير الشد في أوتارها  
 لأنه كلما كان الوتر مشدودا أكثر كانت سرعة حركة الموجة أكبر  
 لذا تزداد قيمة تردد موجات الوتر الموقوفة  
 وتوصل الأوتار بصندوق الصوت لزيادة مساحة السطح المهتز فنسمع الصوت بوضوح

**الضربات:**

عندما تكون النسبة بين ترددين أو أكثر نسبة عددية صحيحة وبسيطة  
 يقال أن هناك تناغما في الأصوات  
 وعندما تصبح النسبة قريبة من 1:1  
 تكون الترددات متقاربة جدا ويتداخل ترددان  
 متقاربان جدا لينتج مستويات صوت مرتفعة  
 ومنخفضة كما بالشكل  
 ويسمى اهتزاز سعة الموجة (الضربة)

$$f_{\text{الضربة}} = |f_2 - f_1|$$

وعندما يكون الفرق أقل من 7 Hz فإن الأذن تلتقط هذا على أنه نبضة صخب  
 وتضبط الآلات الموسيقية عادة بتعديل تردداتها حتى تختفى مثل هذه الضربات

تمرين 8: احسب تردد شوكة رنانة تسبب الرنين الأول في عمود هوائي مغلق عندما يكون طوله 32.7 cm والرنين الثاني عندما يكون طوله 98.2 cm إذا كانت سرعة الصوت في الهواء 343 m/s

$$L_B - L_A = \frac{1}{2}\lambda$$

$$\lambda = 2(L_B - L_A) = 2(0.982 \text{ m} - 0.327 \text{ m}) = 1.31 \text{ m}$$

$$v = \lambda f$$

$$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{343 \text{ m/s}}{1.31 \text{ m}} = 262 \text{ Hz}$$

مدرسة مدينة عيسى الثانوية للبنين مقرر ( فيز 218 ) إعداد الأستاذ / محمود مصطفى 36076049  
 تمرين 8: احسب تردد شوكة رنانة تسبب الرنين الثاني في عمود هوائى مفتوح عندما يكون طوله  $32.7\text{cm}$  والرنين الثالث عندما يكون طوله  $98.2\text{cm}$  إذا كانت سرعة الصوت في الهواء  $343\text{m/s}$

$$L_B - L_A = \frac{1}{2}\lambda$$

$$\lambda = 2(L_B - L_A) = 2(0.982\text{ m} - 0.327\text{ m}) = 1.31\text{ m}$$

$$v = \lambda f$$

$$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{343\text{ m/s}}{1.31\text{ m}} = 262\text{ Hz}$$

تمرين 9: احسب البعد بين رنينين متتاليين في عمود هوائى مفتوح إذا استخدمنا شوكة رنانة ترددها  $440\text{Hz}$  وكانت سرعة الصوت في الهواء  $343\text{m/s}$

$$L_B - L_A = \frac{\lambda}{2} = \frac{v}{2f} = \frac{343\text{ m/s}}{(2)(440\text{ Hz})} = 0.39\text{ m}$$

تمرين 10: آلة موسيقية تعمل كأنبوب هوائى مفتوح إذا كان تردد الرنين الأول  $370\text{Hz}$  احسب ترددي الرنينين التاليين

$$f_2 = 2f_1 = (2)(370\text{ Hz}) = 740\text{ Hz}$$

$$f_3 = 3f_1 = (3)(370\text{ Hz}) = 1110\text{ Hz}$$

تمرين 11: آلة موسيقية تعمل كأنبوب هوائى مغلق إذا كان تردد الرنين الأول  $370\text{Hz}$  احسب ترددي الرنينين التاليين

$$f_2 = 3f_1 = (3)(370\text{ Hz}) = 1110\text{ Hz} = 1100\text{ Hz}$$

$$f_3 = 5f_1 = (5)(370\text{ Hz}) = 1850\text{ Hz} = 1800\text{ Hz}$$

تمرين 12: مانسبة طول عمود هوائى مغلق إلى عمود هوائى مفتوح عندما يصدر العمود الهوائى المغلق رنينا ثانيا والعمود الهوائى المفتوح يصدر رنينا ثالثا عند نفس التردد

تمرين 13: احسب طول عمود هوائى مغلق يعطى الرنين الثالث باستخدام شوكة رنانة ترددها  $512\text{Hz}$  إذا كانت سرعة الصوت في الهواء  $343\text{m/s}$

تمرين 14: احسب التردد الذى يحدث رنينا أولا لعمود هوائى مغلق طوله  $50\text{cm}$  إذا كانت سرعة الصوت في الهواء  $343\text{m/s}$

تمرين 15: احسب التردد الذى يحدث رنينا ثانيا لعمود هوائى مفتوح طوله  $80\text{cm}$  إذا كانت سرعة الصوت في الهواء  $343\text{m/s}$

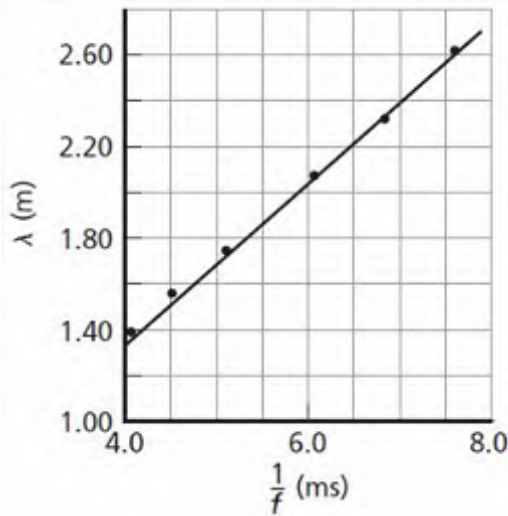
مدرسة مدينة عيسى الثانوية للبنين مقرر ( فيز 218 ) إعداد الأستاذ / محمود مصطفى 36076049  
 تمرين 15: وتر طوله 65cm يعطى أقل تردد مقداره 196Hz احسب سرعة الموجة المنتشرة في الوتر – احسب تردد  
 الرنينين التاليين للتردد السابق

$$\lambda_1 = 2L = (2)(0.650 \text{ m}) = 1.30 \text{ m}$$

$$v = \lambda f = (1.30 \text{ m})(196 \text{ Hz}) = 255 \text{ m/s}$$

$$f_2 = 2f_1 = (2)(196 \text{ Hz}) = 392 \text{ Hz}$$

$$f_3 = 3f_1 = (3)(196 \text{ Hz}) = 588 \text{ Hz}$$



تمرين 16: في الشكل علاقة بيانية بين الطول الموجي  $\lambda$  ومقلوب التردد  $\frac{1}{f}$  احسب سرعة الموجة

تمرين 17: أعطى وتر آلة موسيقية وشوكة رنانة ترددان لنغمتين في نفس الوقت فتكونت ضربة ترددها 4Hz احسب تردد الوتر إذا كان تردد الشوكة الرنانة 262Hz

$$f_{\text{الضربة}} = |f_A - f_B|$$

$$f_A = f_{\text{الضربة}} + f_B = 4.0 \text{ Hz} + 262.0 \text{ Hz} = 266.0 \text{ Hz}$$

**الفصل الثالث : أساسيات الضوء****كيف تثبت أن الضوء يسير في خطوط مستقيمة**

عندما تدخل حزمة ضيقة من الضوء عبر النافذة فإن دقائق الغبار المنتشرة في الهواء تجعل الضوء مرئيا وترى مسار الضوء على شكل خط مستقيم

عندما يعترض جسمك ضوء الشمس ترى هيئة جسمك في صورة ظل  
عندما تضع جسما أمام عينيك وتحرك في اتجاهه فإنك تتحرك في خط مستقيم

**نموذج الشعاع الضوئي:**

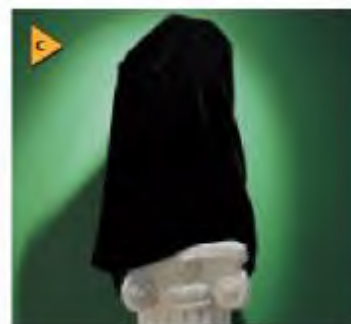
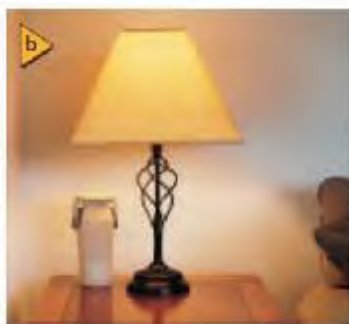
اعتقد إسحق نيوتن أن الضوء سيل من جسيمات متناهية في الصغر (كريات ضوئية) تتحرك بسرعة كبيرة جدا في خطوط مستقيمة استطاع نيوتن تفسير انعكاس وانكسار الضوء لكنه لم يستطع تفسير الحيود والتداخل والإستقطاب

**مصادر الضوء:**

- 1- مصدر مضيء بذاته : ينبعث منه الضوء مثل الشمس – المصباح .....
- 2- مصدر مستضاء : هو جسم يصبح مرئيا نتيجة انعكاس الضوء عنه مثل القمر

**الأوساط الضوئية:**

- 1- الوسط الشفاف : هو وسط يمر الضوء من خلاله مثل الهواء – الزجاج - ... (a)
- 2- الوسط شبه الشفاف : هو وسط يمر الضوء من خلاله ولكن الأجسام من خلاله لا ترى بوضوح (b)
- 3- الوسط المعتم : هو وسط لا يمر الضوء من خلاله ويعكس بعض الضوء (c)



**كمية الضوء:**

التدفق الضوئي (p): هو معدل انبعاث طاقة الضوء من المصدر الضوئي ويقلس بوحدة لومن (lm)  
 الإستضاءة (E): هي معدل اصطدام الضوء بوحدة المساحات للسطح وتقاس بوحدة (lx) وتكافىء (lm/m<sup>2</sup>)  
 شدة الإضاءة (C): هي التدفق الضوئي الذى يسقط على مساحة 1m<sup>2</sup> من مساحة السطح الداخلى لكرة نصف قطرها 1m وتقاس بوحدة (cd) وتكافىء (lm/4p)

$$C = \frac{P}{4p}$$

قانون التربيع العكسى : شدة استضاءة سطح (E) تتناسب عكسيا مع مربع المسافة بين مصدر الضوء والسطح (r<sup>2</sup>)  
 وتتناسب طرديا مع التدفق الضوئي لمصدر الضوء (p)

$$E = \frac{P}{4p r^2}$$

تمرين 1: يسقط تدفق ضوئي (2500 lm) على سطح إذا كان البعد العمودى بين مصدر الضوء والسطح (2.8m)  
 احسب شدة استضاءة السطح – شدة إضاءة المصدر الضوئي

$$E = \frac{P}{4\pi r^2} = \frac{2500 \text{ lm}}{4\pi(2.8 \text{ m})^2} = 25.375 \text{ lx}$$

$$C = \frac{P}{4\pi} = \frac{2500 \text{ lm}}{4\pi} = 198.94 \text{ cd}$$

تمرين 2: إذا كان التدفق الضوئي لمصدر ضوئي (1500 lm) يسبب شدة استضاءة لسطح (3.32lx) احسب البعد العمودى بين مصدر الضوء والسطح

$$E = \frac{P}{4\pi r^2}$$

$$r = \sqrt{\frac{P}{4\pi E}} = \sqrt{\frac{1500 \text{ lm}}{4\pi(3.32 \text{ lx})}} = 6.0 \text{ m}$$

تمرين 3: مصدر ضوئي على بعد عمودى من سطح (4.89m) يسبب شدة استضاءة للسطح (3.32lx) احسب كلا من التدفق الضوئي لمصدر الضوء وشدة الإضاءة له

$$E = \frac{P}{4\pi r^2}$$

$$P = 4\pi E r^2 = 4\pi(3.32 \text{ lx})(4.89 \text{ m})^2 = 997.62 \text{ lm}$$

$$C = \frac{P}{4\pi} = \frac{997.62 \text{ lm}}{4\pi} = 79.388 \text{ cd}$$

تمرين 4: مصدر ضوئي على بعد عمودى من سطح (2.1m) يسبب شدة استضاءة للسطح (4.21lx)  
 احسب شدة إضاءة المصدر الضوئي

$$C = \frac{P}{4\pi}$$

$$E = \frac{P}{4\pi r^2}$$

$$P = 4\pi E r^2$$

$$C = \frac{4\pi E r^2}{4\pi} = E r^2 = (4.21 \text{ lx})(2.1 \text{ m})^2 = 18.566 \text{ cd}$$

### الطبيعة الموجية للضوء:

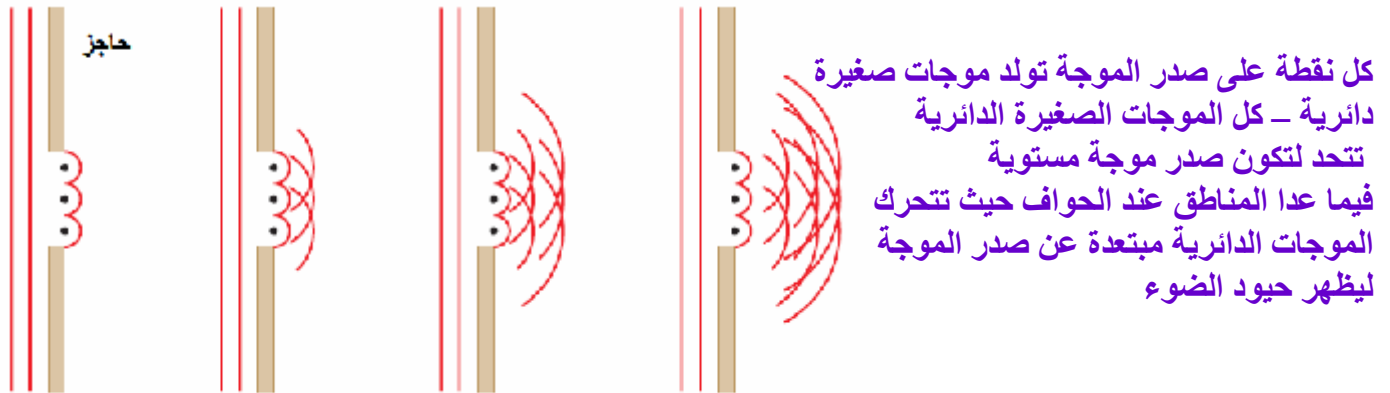
**الحيود:** هو انحناء الضوء حول حواف الحواجز

**جريمالدي:** لاحظ أن حواف الظلال ليست حادة تماما

أدخل حزمة ضيقة من الضوء إلى داخل غرفة مظلمة وأمسك بقضيب أمام الضوء

فكان ظل القضيب أعرض من الظل الذي ينبغي أن يكون لو كان الضوء يسير في خطوط مستقيمة

**هيجنز:** كل نقطة على صدر الموجة تمثل مصدرا جديدا مستقلا لموجات صغيرة تنتشر للأمام بسرعة الموجة نفسها



الوان الطيف : قام نيوتن بتحليل الضوء بواسطة منشور ثلاثي

الى الوان الطيف

وعندما وضع منشور ثلاثي معكوس في طريق ألوان الطيف اتحدت

لتكون اللون الأبيض مرة أخرى

مما سبق:

الضوء له خصائص موجية

لكل لون من الوان الضوء طول موجي محدد

أكبر هذه الأطوال الموجية (طول موجة اللون الأحمر)

أقل هذه الأطوال الموجية (طول موجة اللون البنفسجي)

يتراوح طول الموجات المرئية من (400nm) إلى (700nm)

لكل لون من ألوان الضوء زاوية انكسار محددة عندما ينتقل الضوء من وسط شفاف إلى وسط شفاف آخر مختلف عنه



**الألوان الأساسية (الأولية):**

الأحمر - الأخضر - الأزرق

**الألوان الثانوية :**

أصفر - أزرق داكن - أرجواني

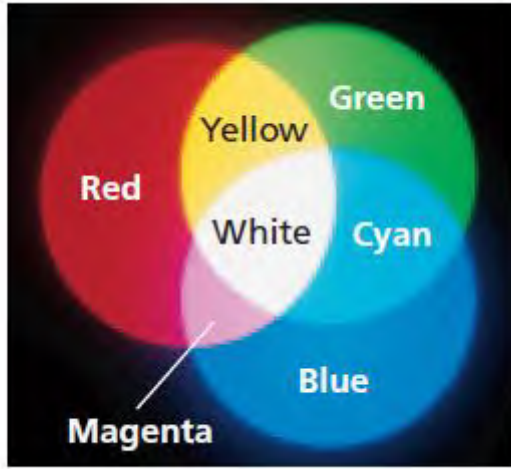
الألوان بواسطة جمع أشعة الضوء

مجموع أي لونين أساسيين يساوي لون ثانوي

أحمر + أخضر = أصفر

أزرق + أخضر = أزرق داكن

أحمر + أزرق = أرجواني

**الألوان المتتامة :**

هي كل لوانان يتراكبان معا لإنتاج اللون الأبيض

الأصفر + الأزرق = متتم للأزرق

الأزرق الداكن + الأحمر = متتم للأحمر

الأرجواني + الأخضر = متتم للأخضر

علل : يمكن تبيض الملابس المصفرة باستخدام عامل أزرق اللون

لأن اللون الأزرق يتمم اللون الأصفر ( ينتج لون أبيض )

**اللون بواسطة اختزال أشعة الشمس:**

المواد الملونة عبارة عن جزيئات لها القدرة على امتصاص ألوان أطوال موجية معينة للضوء وتسمح لأطوال موجية

أخرى بالنفاذ خلالها أو تعكسها

الجسم الأحمر لونه أحمر

لأنه يمتص جميع الألوان الساقطة عليه ويعكس اللون الأحمر

الجسم الأبيض لونه أبيض

لأنه يعكس جميع الألوان الساقطة عليه

الجسم الأسود لونه أسود

لأنه يمتص جميع الألوان



في الشكل (a) يسقط ضوء أبيض على قطع حجر النرد

في الشكل (b) يسقط ضوء أحمر على قطع حجر النرد

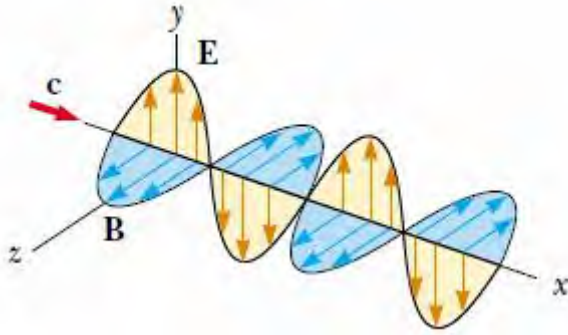
( الحجران الأزرق والأخضر امتصا اللون الأحمر وبدا لونهما أسود )

في الشكل (c) يسقط ضوء أزرق على قطع حجر النرد

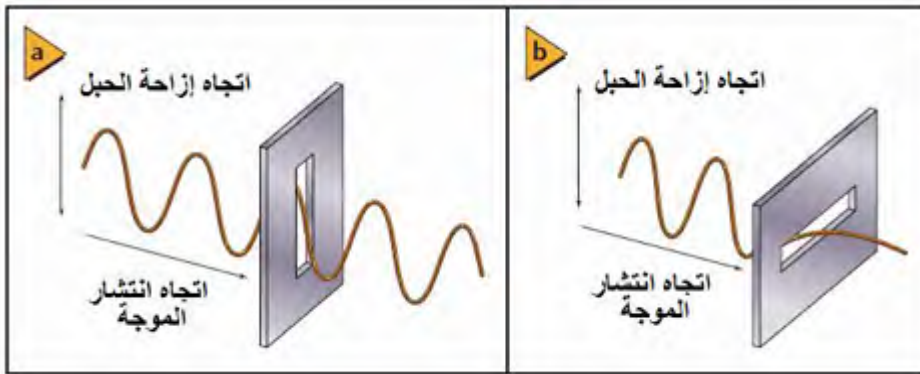
( الحجران الأحمر والأصفر امتصا جزءا كبيرا من اللون الأزرق وعكسا جزءا قليلا )

**استقطاب الضوء:**

**الإستقطاب :** هو انتاج ضوء يتذبذب فى مستوى واحد



فى الشكل رسم تخطيطى للموجة الكهرومغناطيسية  
والتي تتكون من مجالين متعامدين يولد كل منهما الآخر  
مجال كهربائى E يهتز فى مستوى (xy)  
مجال مغناطيسى B يهتز فى مستوى (xz)



فى الشكل جزء من موجة الضوء  
تهتز فى المستوى الرأسى  
تمر من المستقطب الرأسى  
ولا يمكن أن تمر من المستقطب الأفقى

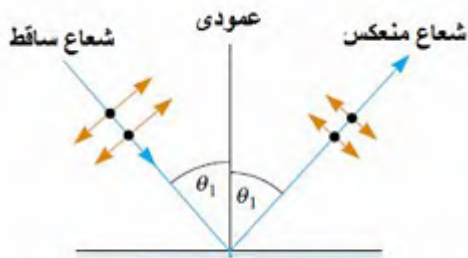
**الإستقطاب بالترشيح:**

عندما يسقط الضوء على مرشح الإستقطاب  
فإن الإلكترونات تمتص الموجات الضوئية التي تهتز فى اتجاه اهتزاز الإلكترونات نفسه  
وتمر الموجات الضوئية المهتزة عموديا على مستوى اهتزاز الإلكترونات

**الإستقطاب بالانعكاس:**

عندما يسقط الضوء  
بزاوية سقوط محددة  
فإن جزء الموجة الضوئية

الموازى للسطح لا ينعكس

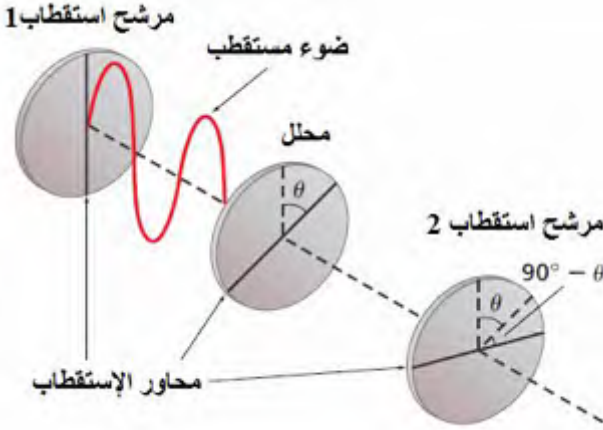


بينما ينعكس جزء الموجة العمودى على السطح العاكس ●  
ويصبح الضوء المنعكس مهتزا فى مستوى واحد (مستقطب)

**قانون مالوس:**

شدة الضوء الخارج من مرشح الإستقطاب الثانى  $I_2$   
 تساوى شدة الضوء الخارج من مرشح الإستقطاب الأول  $I_1$   
 مضروباً فى مربع جيب تمام الزاوية المحصورة  
 بين محورى استقطاب المرشحين  $q$

$$I_2 = I_1 \cos^2 q$$



تمرين 6: إذا كانت شدة الضوء الخارجة من مرشح الإستقطاب الثانى تساوى 0.75 من شدة الضوء الخارجة من مرشح الإستقطاب الأول احسب الزاوية بين محورى استقطاب المرشحين

$$I_2 = I_1 \cos^2 \theta$$

$$I_2 = (0.750)I_1$$

$$\frac{I_2}{I_1} = \cos^2 \theta$$

$$\frac{I_2}{I_1} = 0.750$$

$$\theta = \cos^{-1} \left( \sqrt{\frac{I_2}{I_1}} \right) = \cos^{-1} (\sqrt{0.750}) = 30.0^\circ$$

**سرعة الموجات الضوئية:**

سرعة موجات الضوء فى الفراغ مقدار ثابت ويساوى  $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$

يمكن حساب طول أى موجة من الضوء من العلاقة

$$l_0 = \frac{c}{f}$$
**تأثير دوبلر:**

تردد الضوء المراقب من مصدر يساوى التردد الحقيقى لمصدر الضوء  
 مضروباً فى حاصل جمع واحد إلى السرعة النسبية على طول المحور بين المصدر والمراقب إذا تحرك كل منهما فى اتجاه الآخر مقسوماً على سرعة الضوء  
 أو مضروباً فى حاصل طرح السرعة النسبية على طول المحور بين المصدر والمراقب من الواحد إذا تحرك كل منهما مبتعداً عن الآخر مقسوماً على سرعة الضوء

$$f_{obs} = f \left( 1 \pm \frac{v}{c} \right)$$

**انزياح دوبلر:**

الفرق بين الطول الموجى الذى يسجله مراقب للضوء والطول الموجى الحقيقى للضوء  
 يساوى الطول الموجى الحقيقى للضوء مضروباً فى السرعة النسبية للمصدر والمراقب مقسوماً على سرعة الضوء

$$l_{obs} - l = \Delta l = \pm \frac{v}{c} l$$

تمرين 7: احسب التغير في طول موجة الضوء البرتقالي الذي طوله الموجي  $590 \text{ nm}$  عندما يتحرك مصدر الضوء في اتجاه المراقب بسرعة  $3.66 \times 10^5 \text{ m/s}$  إذا كانت سرعة الضوء  $3.00 \times 10^8 \text{ m/s}$

$$\Delta\lambda = -\frac{v}{c}\lambda = \left(-\frac{5.66 \times 10^5 \text{ m/s}}{3.00 \times 10^8 \text{ m/s}}\right)(590 \times 10^{-9} \text{ m}) = -1.11 \times 10^{-9} \text{ m}$$

تمرين 8: احسب سرعة المراقب إذا كانت حركته في اتجاه مقتربا من مصدر ضوئي بحيث يظهر الضوء الأحمر  $\lambda = 590 \text{ nm}$  كأنه ضوء أصفر  $\lambda = 585 \text{ nm}$  إذا كانت سرعة الضوء  $3.00 \times 10^8 \text{ m/s}$

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

$$v = (c) \frac{\lambda_{\text{obs}} - \lambda}{\lambda} = (3.00 \times 10^8) \left( \frac{470 \times 10^{-9} - 670 \times 10^{-9}}{670 \times 10^{-9}} \right) = -8.95 \times 10^7 \text{ m/s}$$

تمرين 9: مصدر ضوئي تردده  $5.45 \times 10^{12} \text{ Hz}$  ماهو تردد المراقب إذا كان يتحرك مبتعدا عن المصدر بسرعة  $2.60 \times 10^4 \text{ m/s}$  إذا كانت سرعة الضوء  $3.00 \times 10^8 \text{ m/s}$

$$f_{\text{obs}} = f \left(1 \pm \frac{v}{c}\right) = (5.45 \times 10^{12} \text{ Hz}) \left(1 - \frac{2.60 \times 10^4 \text{ m/s}}{3.00 \times 10^8 \text{ m/s}}\right) = 5.40 \times 10^{12} \text{ Hz}$$

التغير (+) في الطول الموجي يعني أن الضوء مزاح ناحية الضوء الأحمر وهذا يحدث عندما تكون السرعة المتجهة النسبية للمصدر في اتجاه مبتعدا عن المراقب  
التغير (-) في الطول الموجي يعني أن الضوء مزاح ناحية الضوء الأزرق وهذا يحدث عندما تكون السرعة المتجهة النسبية للمصدر في اتجاه مقتربا من المراقب  
يستطيع الباحثون تحديد كيفية تحرك الأجسام الفلكية مثل المجرات بالنسبة إلى الأرض وذلك بمراقبة انزياح دوبلر للضوء