الحركة التوافقية البسيطة

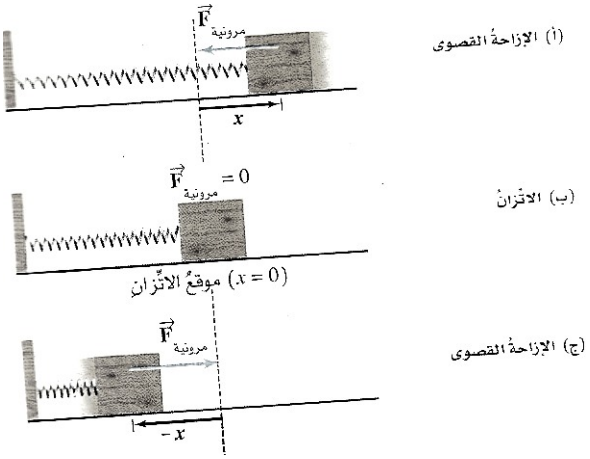
قانون هوك

" تتناسب قوة الإرجاع في النابض تناسبا طرديا مع الإزاحة وفي اتجاه معاكس لها "

$$F = - K x$$

الإشارة السالبة تعني ان القوة دائماً معاكسة لاتجاه الإزاحة

K :- ثابت يعتمد على نوع النابض
x :- الإزاحة (مقدار الاستطالة او الانضغاط للنابض)
F :- قوة الإرجاع للنابض



نظام الكتلة – الزنبرك

عند تعليق كتلة بطرف زنبرك تتأثر الكتلة بقوتان متساويتان في المقدار ومتعاكستان في الاتجاه هما وزن الكتلة الى الأسفل وقوة الإرجاع في الزنبرك أما إذا كان الزنبرك في وضع أفقي كما هو في الشكل جانبا وتم تثبيت كتلة في طرفه الحر فإن النظام يبقى متزنا دون ان يتحرك وبالتالي محصلة القوى على النظام تساوي صفراً

عند التأثير على الكتلة بقوة خارجية لزيادة طول الزنبرك عندها يبدأ الزنبرك والكتلة بالحركة ذهابا وإيابا بحيث :-

- تبلغ سرعة الجسم المعلق بالزنبرك أقصى قيمة لها عند موضع الاتزان عندها تكون العجلة صفراً وبالتالي قوة الإرجاع تساوي صفرا كما هو في الموضع (ب)
- تبلغ سرعة الجسم المعلق بالزنبرك صفرا عندما يكون عند أقصى بعد له عن موضع الاتزان وبالتالي قوة الإرجاع أكبر ما يمكن كما هو في الموضعين (أ،ج)

مثال :- يعلق ثقل 45 N الى زنبرك يتدلى رأسياً وقد استطال مسافة 0.14 m ما ثابت الزنبرك ؟

$$F = - K x$$
$$-45 = -k\ (0.14)$$
$$K = 45 / 0.14 = 321.4 \quad N/m$$

الطاقة في نظام الكتلة – الزنبرك

- طاقة الوضع المرونية للزنبرك في حالة الاستطالة والانضغاط

عند انضغاط الزنبرك او عند استطالته الى أقصى حد تتخزن فيه طاقة وضع مرونية يعطى مقدارها بالعلاقة التالية $P.E_e = 1/2\ K\ x^2$

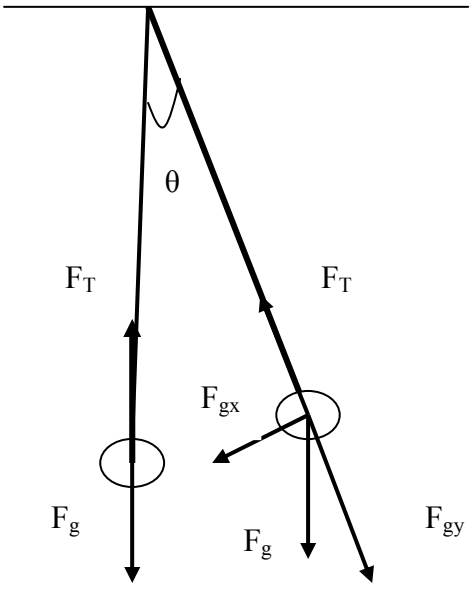
- عند عودة النابض الى وضع الاتزان تتحول طاقة الوضع المرونية الى طاقة حركية

$$K.E = P.E_e$$

الحركة التوافقية البسيطة :- اهتزاز جسم حول موقع اتزان بحيث تتناسب فيه قوة الإرجاع طرديا مع الإزاحة من موقع الاتزان وباتجاه معاكس

- **من الامثلة على الحركة التوافقية البسيطة**

اولاً :- البندول البسيط



يتألف البندول البسيط من كتلة أو كرة موصولة الى طرف خيط رفيع (مهمل الكتلة) متأرجح حول محور ثابت

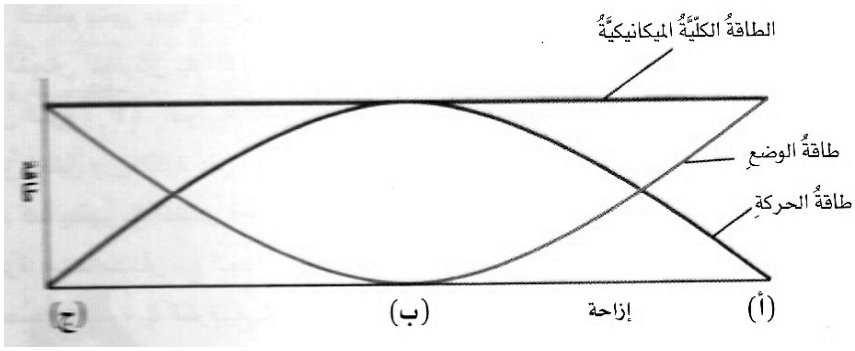
$$F_T = F_g \cos(\theta)$$
$$\Sigma F_y = 0.0$$
$$\Sigma F_x = F_g \sin(\theta)$$

إن قوة الإرجاع في البندول البسيط هي إحدى مركبتي وزن كرته

- لاحظ ان F_{gx} هي قوة إرجاع للبندول الى وضع اتزانه
- عند موضع الاتزان تختفي F_{gx} ويصبح $F_T = F_g$ عندها $\Sigma F = 0.0$

أي لا يوجد قوى إرجاع تؤثر على الكرة لكن تكون سرعتها اكبر ما يمكن

- تتناسب قوة الإرجاع للبندول مع الإزاحة طردياً (مع زوايا صغيرة نسبيا) أي اقل من 15°



- تتغير الطاقة في البندول من طاقة وضع جذبية عند أقصى ارتفاع له الى طاقة حركية عندما يكون البندول في وضع الاتزان

الاهتزازة الكاملة :- هي حركة توافقية بسيطة كاملة ذهاباً وإيابا حتى يعود الجسم المهتز الى النقطة التي بدأ منها وبنفس الاتجاه .

السعة :- هي الإزاحة القصوى عن موقع الاتزان

الزمن الدوري T :- الزمن المستغرق لتنفيذ اهتزازة كاملة (حركة دورية كاملة)

التردد f :- عدد الدورات أو الاهتزازات الكاملة في وحدة الزمن

الزمن الدوري لبندول بسيط $$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{a_g}}$$

a_g :- عجلة السقوط الحر في المكان المعلق فيه البندول

ℓ :- طول الخيط

يعتمد الزمن الدوري للبندول على

1- طرديا مع الجذر التربيعي لطول الخيط ℓ

2- عكسيا مع الجذر التربيعي لعجلة السقوط الحر في المكان المعلق فيه البندول a_g

سؤال :-

- 1- لماذا لا تؤثر الكتلة في الزمن الدوري للبندول ؟

لأنه عند اختلاف الكتلة في بندولين لهما نفس طول الخيط تحدث للكتلة الأكبر قوة إرجاع أكبر لكنها تحتاج الى نفس العجلة وهذا يشبه الأجسام الساقطة سقوطاً حرا وبالعجلة نفسها على الرغم من اختلاف كتلها

- 2- لماذا لا تؤثر السعة في الزمن الدوري للبندول في حالة الزوايا الصغيرة

لأنه إذا زادت السعة تزداد قوة الإرجاع ($mg \sin\theta$) بتناسب طردي وبما ان القوة تتناسب طرديا مع العجلة فإن العجلة الابتدائية تكون أكبر ما يمكن وبالتالي تزداد المسافة التي يقطعها البندول أي أنه كلما زادت الزاوية زادت المسافة وبالتالي تكون العجلة اكبر يلغي تأثير المسافة تأثير العجلة بحيث يبقى الزمن الدوري للبندول نفسه

ثانياً : نظام الكتلة ـ الزنبرك

- يعتمد الزمن الدوري لنظام الكتلة والزنبرك على

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$$

1- طرديا مع الجذر التربيعي لكتلة الجسم المعلق

2- عكسيا مع الجذر التربيعي لثابت المرونة للزنبرك

علل :- تؤثر الكتلة على الزمن الدوري لنظام النابض والكتلة بينما لا تؤثر على البندول ؟

الجواب :- لان الكتلة في البندول تزيد من قوة الإرجاع عند زيادتها وبالتالي يزداد قصورها الذاتي بينما في الزنبرك ليس لها علاقة بقوة الإرجاع لذلك عند زيادتها يزداد قصورها الذاتي وزيادة القصور الذاتي تعني عجلة أقل وبالتالي تستغرق زمن أطول لإكمال الدورة الكاملة (الاهتزازة الكاملة)

سؤال :- كيف تتغير قوة الإرجاع المؤثرة في كرة البندول خلال تأرجح الكرة في اتجاه موقع الاتزان ؟ وكيف تتغير عجلة الكرة وسرعتها (في اتجاه الحركة)

مثال يخطط لتصميم ساعة حائط ذات زمن دوري 1.0 s كم يجب ان يكون طول بندولها ؟

الحل :-

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

$$1.0 = 2\pi\sqrt{\frac{l}{9.81}}$$

$$1.0 = 4\pi^2 \times \frac{l}{9.81}$$

$$\frac{1.0 \times 9.81}{4\pi^2} = l$$

$$l = 0.25$$

مثال :- يهتز جسم وزنه 125 N بزمن دوري 3.56 s عند تعليقه بزنبرك . ما ثابت الزنبرك

الحل :-

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$$

$$3.56 = 2\pi\sqrt{\frac{12.74}{k}}$$

$$12.67 = 4\pi^2 \times \frac{12.74}{k}$$

$$k = 4\pi^2 \times \frac{12.74}{12.67}$$

$$k = 40 N/m$$

مثال :- يتأرجح طفل على أرجوحة طول حبلها 2.5 m

1- ما الزمن الدوري لحركة الطفل ؟

2- ما تردد الاهتزازة ؟

الحل :- 1-

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

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{2.5}{9.81}} = 3.17 s$$

2-

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{3.17} = 0.315 Hz$$

سؤال :- كم مرة يتأرجح طفل على أرجوحة مرورا بموقع الاتزان خلال زمن دوري واحد

سؤال :- ما المسافة الكلية التي يقطعها جسم متحرك ذهابا وإيابا بحركة توافقية بسيطة خلال فترة زمنية تساوي الزمن الدوري وعندما تكون السعةِ A ؟

سؤال:- ماذا يحصل للزمن الدوري لبندول بسيط عند مضاعفة طوله الى أربعة إضعاف ؟ وعند مضاعفة الكتلة الى ثلاثة أضعاف

سؤال :- هل تعطي ساعة بندولية التوقيت الصحيح اذا نقلت من أسفل جبل الى اعلى نقطة في الجبل ؟ علل اجابتك

سؤال :- اذا كانت ساعة حائط تتأخر عن التوقيت الصحيح فكيف تغير من طول البندول بهدف تصحيح التوقيت ؟

سؤال :- هل يختلف الزمن الدوري لنظام الكتلة –الزنبرك المهتز على سطح الأرض عن الزمن الدوري لمثيله على سطح القمر ؟ علل ؟

الحركة الموجية

الموجة :- هي اضطراب ينتشر

الوسط :- هو المادة التي يعبرها الاضطراب الموجي

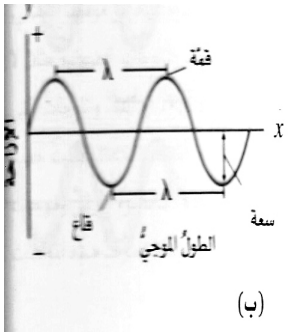
الموجة الميكانيكية :- هي اضراب ينتشر في وسط مادي ينتقل من خلاله

- تهتز جزيئات الوسط الذي يحدث فيه الاضطراب دون ان تغير من مكانها حيث يكون اهتزازها عبارة عن حركة توافقية بسيطة
- تسمى الموجة التي يهتز مصدرها حركة توافقية بسيطة موجه جيبيه وهي حالة خاصة للموجة الدورية التي تكون فيها الحركة الدورية توافقية بسيطة

مثال :- الموجة المتشكلة في حبل يهتز طرفه الى الأعلى والأسفل تسمى هذه الموجة موجة جيبيه لان الرسم البياني للدالة الجيبية $y = \text{Sin } \theta$ يعطي نفس شكل الموجة عند رسمه

الموجة المستعرضة :- هي الموجة التي تهتز فيها جسيمات الوسط في اتجاه متعامد مع اتجاه حركة الموجة

- شكل الموجة المستعرضة

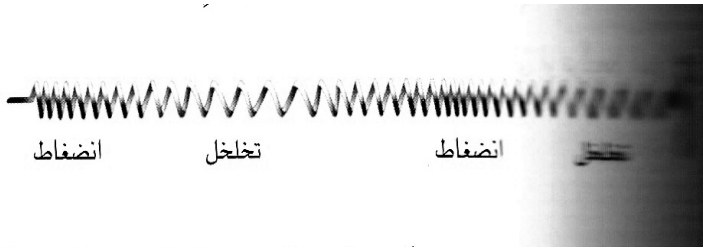


(أ)

الشكل 11-1
(أ) صورةٌ لموجةٍ مستعرِضةٍ في لحظة ما t يمكن تحويلُها إلى (ب) منحنى حيثُ يمثِّلُ المحورُ x خطَّ اتِّزانِ الحبلِ، ويظهرُ المنحنى إزاحاتِ الحبلِ في زمنٍ t.

- النقاط التي يقطع فيها المنحنى محور X تكون الإزاحة تساوي صفر
- النقاط العليا والدنيا للمنحنى تكون فيها قيم Y المطلقة هي القيمة القصوى
- **القمة** :- هي النقطة الواقعة عند أقصى إزاحة **موجبة** من موقع الاتزان
- **القاع** :- هي النقطة الواقعة عند أقصى إزاحة **سالبة** من موقع الاتزان
- **الطول الموجي (λ)** :- هي المسافة بين أي نقطتين متتاليتين تتحركان بالسرعة نفسها مقدارا واتجاها

الموجة الطولية :- هي الموجة التي تهتز فيها جسيمات الوسط في اتجاه مواز لاتجاه حركة الموجة كالموجة الموضحة بالشكل التالي



الشكل 1-12
عندَ انتقالِ الموجةِ يمينًا تتقاربُ الحلقاتُ، ويصبحُ الزنبركُ مشدودًا في بعضِ المناطقِ ومرخيًّا في مناطقَ أخرى. بما أنَّ إزاحةَ الحلقاتِ متوازيةٌ مع اتِّجاهِ حركةِ الموجةِ، فالموجةُ طوليَّةٌ.

- تتشابه القمة في الموجة المستعرضة مع الانضغاط في الموجة الطولية
- يتشابه القاع في الموجة المستعرضة مع التخلخل في الموجة الطولية

الزمن الدوري والتردد والسرعة الموجية

- **التردد** :- هو عدد الموجات التي تمر في نقطة معينة خلال وحدة الزمن
- **الزمن الدوري** :- هو الزمن اللازم لاتمام إهتزازة واحدة كاملة لجسيمات الوسط
- **سرعة الموجة** :- هي المسافة التي تقطعها الموجة في وحدة الزمن .
-

$$\upsilon = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{\lambda}{T}$$

$$\upsilon = \lambda \times \frac{1}{T} = \lambda f$$

- سرعة الموجة في وسط معين هي مقدار ثابت مهما اختلف التردد أو الطول الموجي عند نفس درجة الحرارة
- تنتقل الطاقة مع انتشار الموجة من جزيء لآخر داخل الوسط المهتز دون أن تغير الجزيئات أماكنها
- معدل انتقال الطاقة يعتمد على سعة الاهتزازة لجسيمات الوسط
- تتناسب الطاقة المنقولة عبر الموجات الميكانيكية تناسب طرديا مع مربع سعة الموجة

مثال :- يصدر جهاز انذار أصواتا بترددات تتراوح بين 28Hz و 4200 Hz جد المدى الذي يتغير ضمنه الطول الموجي في الهواء ، اذا كانت سرعة الصوت في الهواء 340m/s

$$\upsilon = \lambda f \Rightarrow 340 = \lambda \times 28$$

$$\lambda = \frac{340}{28} \approx 12m$$

$$\upsilon = \lambda f \Rightarrow 340 = \lambda \times 4200$$

$$\lambda = \frac{340}{4200} = 0.081m$$

$$\Rightarrow 0.081m \le \lambda \le 12m$$

سؤال :- عند مرور موجة بطائر البط العائم في بحيرة ، يتحرك البط الى اعلى والى أسفل لكنه يبقى في موقعه . لماذا لا تنقل الموجة البط على طول خط انتشارها ؟

سؤال :- ما الميزة المشتركة لجميع الموجات

سؤال :- بم تختلف الموجات المستعرضة عن الموجات الطولية ؟

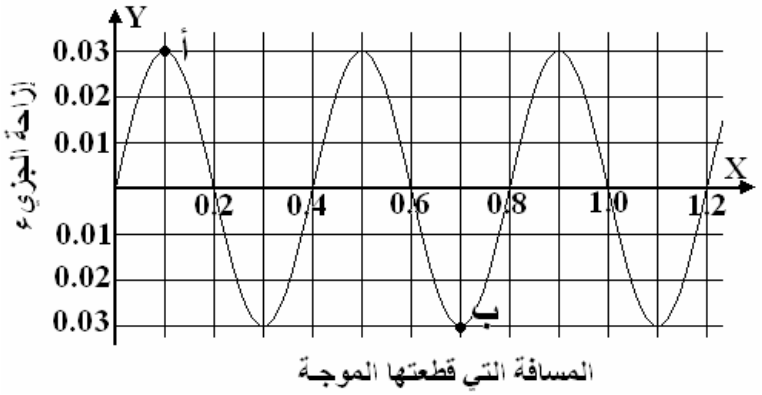
سؤال :- كم تبلغ مسافة انتقال الموجة خلال زمن دوري واحد

سؤال :- اذا حركت طرف زنبرك الى اعلى وأسفل ثلاث مرات كل ثانية فما الزمن الدوري لاهتزازة الموجات ؟ وما ترددها ؟

سؤال :- ماذا يحصل للطول الموجي لموجة على خيط عند مضاعفة التردد ؟ وماذا يحصل لسرعتها ؟

سؤال :- طرقت شوكتان رنانتان بترددين 256 Hz و 512 Hz أي الترددين أسرع في الهواء ؟

سؤال :- اعتمادا على الشكل المجاور اذا كان تردد الموجة المرسومة 20 Hz اجب عن الأسئلة التي تليها ؟



1- ما سعة الموجة

2- ما الطول الموجي

3- احسب سرعة الموجة

4- ما الزمن الدوري للموجة

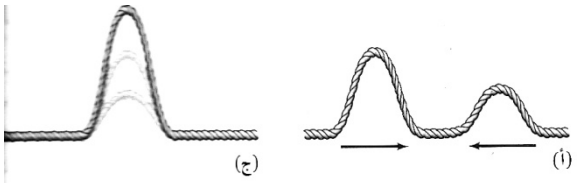
5- كم من الزمن تحتاج الموجة حتى تصل الى النقطة 1.2 m

التفاعلات الموجية
التداخل الموجي

- عند تلاقي موجتان فإنهما تتصرفان بطريقة تختلف عن تصادم او تلاقي الأجسام المادية التي لا تستطيع ان تشغل الحيز نفسه في نفس الوقت
- تستطيع الأمواج ان تشغل نفس الحيز في نفس الوقت ويسمى هذا المبدأ تراكب الموجات

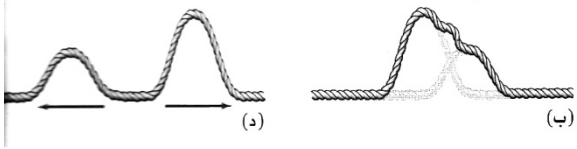
<u>تراكب الموجات</u> :- عندما تلتقي موجتان أو أكثر في وسط واحد ،فإن إزاحة جسيمات الوسط تساوي مجموع إزاحات الجسيمات الناتجة عن كل موجة على حدة

- عندما تلتقي النبضتان الظاهرتان في الشكل فان الازاحتان تجمعان عند كل نقطة لتشكلان نبضة محصلة ثم تكمل كل نبضة طريقها دون ان يحدث لها أي تغير في السرعة او التردد او اتجاه الحركة

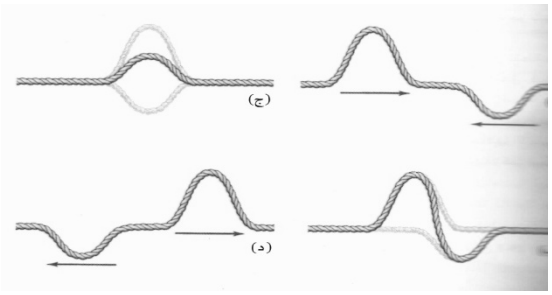


أنواع التداخل :-

1- **<u>التداخل البناء</u>** :- هو التداخل الذي يحصل عند التقاء إزاحات الوسط التي تقع في الجهة نفسها من موقع الاتزان لتشكل إزاحة محصلة أكبر من كل إزاحة منفردة لكل جسيم



2- **<u>التداخل الهدام</u>** :- هو التداخل الذي يحصل عند التقاء إزاحات جسيمات الوسط التي تقع على جهتين متعاكستين من موقع الاتزان لتشكل إزاحة محصلة أصغر من كل إزاحة منفردة لكل جسيم



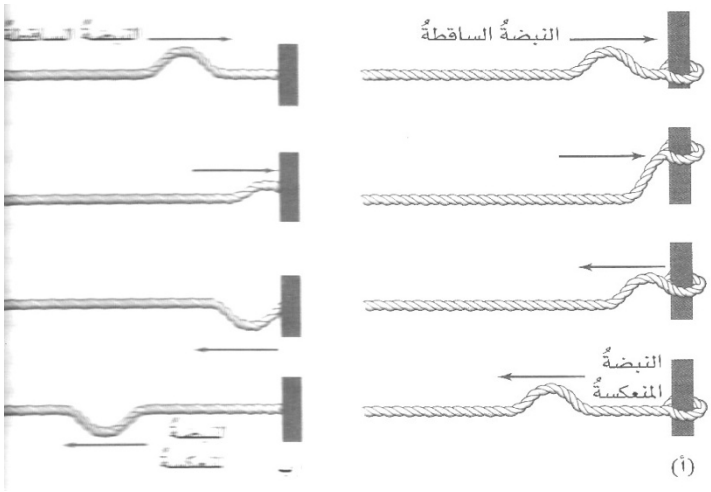
- ينطبق التداخل (مبدأ التراكب) على الموجات الطولية أيضا

- يتعلق الانضغاط بالقوة المؤثرة على الجسيم في اتجاه معين بينما التخلخل تكون القوة المؤثرة على الجسيم في الاتجاه المعاكس

- عند تداخل الانضغاط مع التخلخل تكون القوتان المؤثرتان على الجسيم في اتجاهين متعاكسين ومقدارهما متساوي وبالتالي محصلتهما تساوي صفرا

الانعكاس

الانعكاس :- هو ارتداد للموجة عند اصطدامها بحاجز



- يحدث الانعكاس لجميع أنواع الموجات الميكانيكية وغير الميكانيكية
- انعكاس نبضة متكونة على خيط طرفه الأخير طليق (حر الحركة) يكون على شكل نبضة منعكسة بنفس السعة السابقة مقدارا واتجاها ولكن اتجاه الانتشار هو الذي ينعكس
- انعكاس نبضة متكونة على خيط طرفه الأخير ثابت (غير حر) يكون على شكل نبضة منعكسة تماما حيث تكون سعة النبضة المنعكسة لها نفي المقدار ولكن باتجاه معاكس وكذلك اتجاه الانتشار يكون منعكسا أيضا

الموجات الواقفة

الموجة الواقفة :- هو نمط ينتج عن تداخل موجتين لهما التردد والطول الموجي والسعة نفسها وتنتقلان في اتجاهين متعاكسين

- تتكون في الموجات الواقفة ما يسمى العقد والبطون
- العقد هي نقطة في موجة واقفة تنتج من تداخل هدام بين الموجتين بحيث تلتقي فيها القمة مع القاع في الموجات المستعرضة وبالتالي تكون الإزاحة تساوي صفرا ويلتقي الانضغاط مع التخلخل في الموجات الطولية
- البطون هي نقطة في موجة واقفة تنتج من تداخل بناء بين الموجتين بحيث تلتقي فيها القمة مع القمة أو القاع مع القاع في الموجات المستعرضة ويلتقي الانضغاط مع الانضغاط أو التخلخل مع التخلخل في الموجات الطولية
- يشترط لحدوث نمط الموجات الواقفة في الحبل (للموجات المستعرضة) او في أنبوب مغلق من الطرفين لموجات الصوت (موجات طولية) ان يكون طول الأنبوب او الحبل مساويا لعدد صحيح من أنصاف الأطوال الموجية

$$L = n\frac{\lambda}{2}$$

مثال :- تتداخل موجتان سعة الاولى 0.30 m وسعة الثانية 0.20 m ما أكبر إزاحة محصلة قد تنتج وما أصغر إزاحة يمكن ان تنتج ؟

الحل في حالة التداخل البناء $y = 0.30 + 0.20 = 0.50\ m$

وفي حالة التداخل الهدام $y = 0.30 - 0.20 = 0.10\ m$

مثال :- طول خيط مشدود بين نقطتين 2.0 m ما الأطوال الموجية الثلاثة التي تحدث موجات واقفة على هذا الخيط ؟ اذكر طولا موجيا واحدا على الأقل لا يحدث نمطا لموجة واقفة وعلل إجابتك ؟

الحل :-

الأطوال الموجية التي تشكل أمواج واقفة يمكن ان تكون 4.0 m , 2.0 m , 4/3 m

أما الأطوال التي لا تشكل أمواجا واقفة فهي أي طول موجي لا يشكل عقدة عند طرف الحبل الثابت يعد مقبولا

سؤال :- يرسل أحمد سلسلة من النبضات ذات السعة 24cm عبر خيط طرفه موصول بحاجز ثابت افترض ان النبضات تنعكس دون ان تفقد من سعتها ، ما السعة على نقطة في الخيط تتقاطع فيها نبضتان ويكون فيها

أ- الخيط مشدوداً وموصولا بحاجز

ب- طرف الخيط حيث يحصل الانعكاس حر الحركة الى أعلى وأسفل

سؤال :- كتلة مقدارها (0.25 Kg) تستقر على سطح افقي لا احتكاكي وتتصل بزنبرك ثابته (25.0 N/m) غير مشدود ولا مضغوط تؤثر في الكتلة قوة خارجية (F) لليسار فتزيحها مسافة (0.080 m) اجب عما يلي .

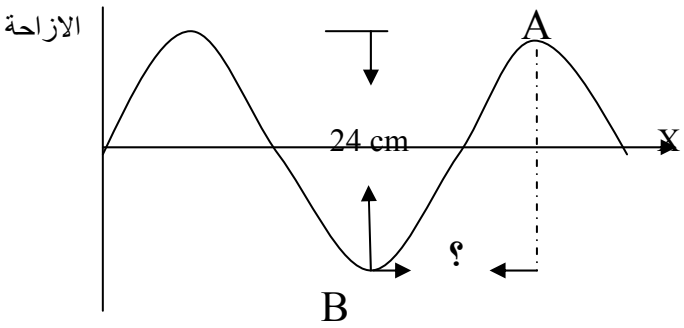
1- ارسم الشكل وحدد عليه اتجاه القوة الخارجية وقوة الارجاع المؤثرة في الكتلة

2- احسب مقدار القوة الخارجية F التي تؤثر في الكتلة

3- اذا ازيل تأثير القوة الخارجية المؤثرة في الكتلة وترك النظام يتحرك حركة توافقية بسيطة فاحسب الزمن الدوري لنظام (الكتلة – الزنبرك)

4- اذا نقل النظام الى سطح القمر فما التغير الذي يطرأ على الزمن الدوري ؟ ولماذا ؟

سؤال :- يوضح الشكل المجاور موجة طولها (0.25 m) تنتقل عبر حبل باتجاه محور x بسرعة 0.50 m/s اجب عما يلي :-

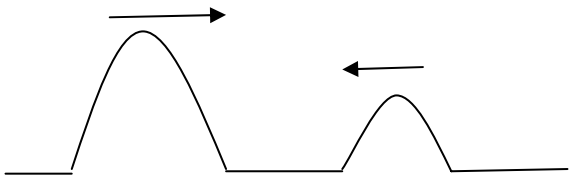


1- جد المسافة الأفقية بين النقطتين (A , B)

2- ما سعة الموجة ؟

3- احسب تردد الموجة

سؤال :- تنتشر نبضتان في حبل كما في الشكل المجاور اجب عما يلي

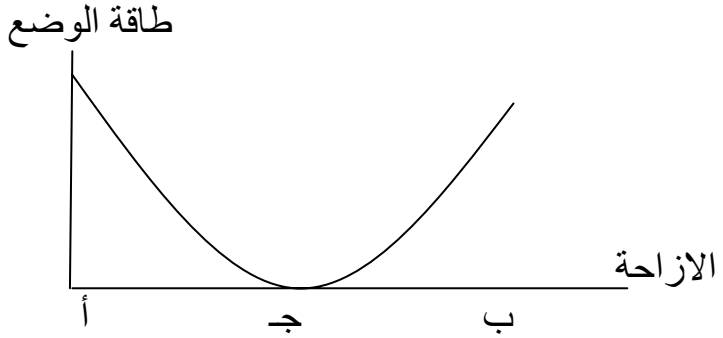


1- ارسم على الشبكة شكل الحبل لحظة تطابق النبضتين تماماً

2- ما نوع التداخل الذي يحدث بين النبضتين ؟

سؤال :-

أ- يظهر الشكل المجاور تغير طاقة الوضع الجذبية لكتلة بندول حين يتأرجح في حركة توافقية بسيطة اجب عما يلي



1- ارسم على نفس الشكل الخط البياني الذي يظهر تغيرات طاقة حركة كتلة البندول

2- عبر عن نفس المسافة بين الموضعين (أ ، ب) بدلالة سعة الاهتزازة (A)

3- اي من المواضع (أ ، ب ، جـ) تمثل موضع الاتزان لكتلة البندول ؟ ولماذا ؟

ب- في الجدول التالي قارن بين الموجة الميكانيكية الطولية والموجة الميكانيكية المستعرضة التي تنتشرفي زنبرك

وجه المقارنة	الموجة الميكانيكية المستعرضة	الموجة الميكانيكية الطولية
اتجاه اهتزاز حلقات الزنبرك بالنسبة لاتجاه انتقال الموجة		
الرسم الذي يبين شكل الزنبرك عندما تنتشر فيه الموجة		

اختيار من متعدِّد

اكتب إلى يمين السؤال الحرف الدالّ على الجواب الأصح:

1. _____ أي مما يلي لا يُعد مثالاً قريبًا على الحركة التوافقية البسيطة؟

أ. كرة ترتد عن الأرض.
ب. طفل يتأرجح.
ج. وتر بيانو بعد ضربه.
د. هوائي راديو سيارة يتماوج جيئةً وذهابًا.

2. _____ كتلة معلّقة بزنبرك تهتزُّ جيئةً وذهابًا. عند موقع الاتزان، تبلغ:

أ. العجلة أقصاها.
ب. السرعة أقصاها.
ج. محصِّلة القوة أقصاها.
د. السرعة صفرًا.

3. _____ يهتز بندول بسيط بحركة توافقية بسيطة. عند أقصى إزاحة:

أ. تصل العجلة إلى أقصى قيمة لها.
ب. تصل السرعة إلى أقصى قيمة لها.
ج. تكون العجلة صفرًا.
د. تكون قوة الإرجاع صفرًا.

4. _____ تُسمّى الزاوية بين خيط البندول وهو في موقع الاتزان وبينه وهو في موقع إزاحته القصوى:

أ. زمنه الدوري.
ب. تردُّده.
ج. اهتزازته.
د. سعته.

5. _____ إذا كان لدينا كتلة معلّقة بزنبرك، تكون الإزاحة القصوى من موقع الاتزان للزنبرك الذي استطال أو انضغط هي لنظام الكتلة–الزنبرك:

أ. سعته.
ب. زمنه الدوري.
ج. تردُّده.
د. عجلته.

6. _____ لنظام في حركة توافقية بسيطة، أي مما يلي الزمن اللازم لإكمال دورة كاملة من الحركة؟

أ. السعة
ب. الزمن الدوري
ج. التردُّد
د. الدورة

7. _____ أي مما يلي يمثِّل عدد الاهتزازات في وحدة الزمن لنظام يهتز بحركة توافقية بسيطة؟

أ. السعة
ب. الزمن الدوري
ج. التردُّد
د. الدورة

8. _____ أي من سمات البندول التالية تتغيَّر عند نقله من سطح الأرض إلى القمر؟

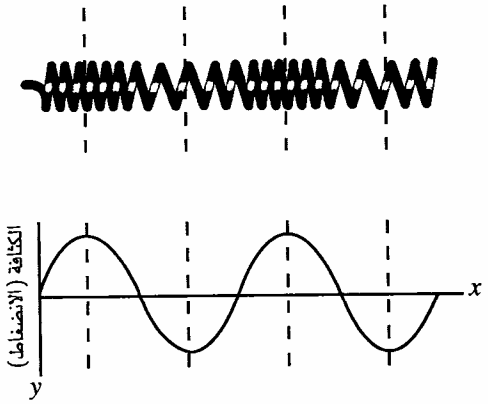
أ. الكتلة
ب. الطول
ج. موقع الاتزان
د. قوة الإرجاع

9. _____ تنتقل موجة عبر وسط معيّن. عند مرورها تهتزُّ جسيمات الوسط في اتجاه متعامد مع اتجاه حركة الموجة. الموجة إذن:

أ. طولية.
ب. نبضية.
ج. كهرومغنطيسية.
د. مستعرضة.

10. _____ ثُبِّت أحد طرفَي حبل مشدود إلى عمود. ما نوع الموجة الحاصلة إذا ما حُرِّك طرف الحبل الطليق مرة واحدة؟

أ. نبضة
ب. موجة دورية
ج. موجة بشكل منحنٍ جيبي
د. موجة طولية



11. _____ أيٌّ من سمات الموجة المستعرضة أدناه يقابل مراكز الانضغاط في الشكل الموجي للموجة الطولية الظاهرة أعلاه؟

أ. الطول الموجي
ب. القمم
ج. القيعان
د. السعة

12. _____ أي مما يلي الأكثر تأثيرًا في الطول الموجي لموجة ميكانيكية تتحرَّك عبر وسط؟ (افترض ثبات التردُّد.)

أ. طبيعة الوسط
ب. السعة
ج. ارتفاع القمة
د. الطاقة التي تحملها الموجة

13. ـــــــ عندما تزداد سعة موجة ميكانيكية إلى ثلاثة أمثال قيمتها، فبأي عامل تزيد الطاقة التي تحملها الموجة خلال فترة زمنية معيَّنة؟

أ. 3 ج. 9
ب. 6 د. 18

14. ـــــــ عندما تتطابق موجتان ميكانيكيتان تكون سعة الموجة المحصِّلة:

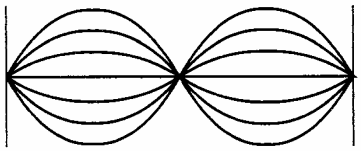
أ. أكبر من سعة أي منهما. ج. تساوي مجموع سعتَيهما.
ب. أقلّ من سعة أي منهما. د. صفرًا.

15. ـــــــ الموجات التي تصل إلى طرف ثابت:

أ. لا تنعكس أو تنقلب. ج. تنعكس وتنقلب.
ب. تنعكس لكن لا تنقلب. د. تنقلب لكن لا تنعكس.

16. ـــــــ الموجات الواقفة تنشأ من موجات دورية لها:

أ. سعة وطول موجي، وتتحرَّك في الاتجاه نفسه.
ب. السعة والطول الموجي أنفسهما، وتتحرَّك في الاتجاه نفسه.
ج. سعة وطول موجي وتتحرَّك في اتجاهات متعاكسة.
د. التردُّد والسعة والطول الموجي أنفسها وتتحرَّك في اتجاهات متعاكسة.



17. ـــــــ ما عدد العقد والبطون في الموجة الواقفة الظاهرة أعلاه؟

أ. عقدتان وثلاثة بطون ج. ثلاث عقد وبطن
ب. عقدة وبطنان د. ثلاث عقد وبطنان

اسئلة الثانوية العامة

السؤال 1 :- موجة صادرة عن مصدر تردده (2.5Hz) تنتشر في حبل. إذا كانت قمّة معيّنة في الموجة تنتقل مسافة (3.75 m) خلال (8.0 s). **فأجب عمّا يلي**:

1- احسب سرعة انتقال الموجة.

2- احسب الطول الموجي للموجة.

3- إذا قُصّرَ طول الحبل وحافظ المصدر على تردده، فماذا يطرأ على الطول الموجي؟ ولماذا؟

السؤال 2:- يقع مدى ترددات موجات **FM** الراديوية بين (88×10^6 Hz) و (108×10^6Hz). احسب أكبر طول موجي في مدى هذه الترددات.

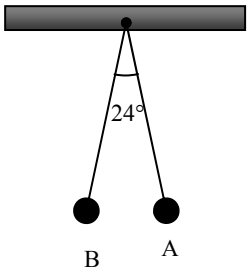
السؤال 3:- عُلّقت كتلة (0.60Kg) بزنبرك معلّق بشكل رأسي فاستطال مسافة (0.030m) من موقع اتزانه الأصلي. **أجب عمّا يلي**:

1- احسب ثابت الزنبرك .

2- إذا جُعِلَ نظام (الكتلة – الزنبرك) يهتز في حركة توافقية بسيطة فاحسب الزمن الدوري للإهتزاز.

3- لنظام (كتلة – زنبرك) يهتز في حركة توافقية بسيطة إذا أستبدل الزنبرك بآخر أقل قساوةً مع عدم تغيير السعة والكتلة، ماذا يطرأ على الزمن الدوري للإهتزاز؟ **ولماذا؟**

السؤال 4:- استخدم مُتَعلّم بندولاً طوله (1.55 m) وكتلته (0.15Kg) لإيجاد عجلة السقوط الحر في مُختبر مدرسته. فإذا جُعل البندول يتأرجح بتردد مقداره (0.40Hz) بين الموضعين (A ، B) كما في الشكل المجاور. بإهمال قوى الاحتكاك **<u>أجب عمّا يلي:</u>**



1- ما سعة الاهتزازة للبندول؟ .
2- هل حركة البندول هي حركة توافقية بسيطة؟ ولماذا؟

3- احسب عجلة السقوط الحر التي حصل عليها المُتَعَلّم.

4- إذا استبدلت الكتلة بكتلة أخرى بحيث أصبحت كتلة البندول (0.075Kg) وترك البندول يتأرجح تماما كما كان سابقاً، فكم يصبح الزمن الدوري للبندول؟ ولماذا؟

السؤال 5:- **ضع علامة (√) أمام أنسب إجابة لما يلي**

1. كتلة موصولة بزنبرك وتهتز بحركة توافقيّة بسيطة على سطح أفقي لا احتكاكي. إن شكل طاقة النظام لحظة بلوغ الكتلة موضع أقصى إزاحة:
طاقة وضع جذبية. طاقة حركة.
طاقة حركة وطاقة وضع مرونيّة طاقة وضع مرونيّة.
2. السمة من سمات البندول التالية والتي تتغيّر عند نقله من سطح الأرض إلى سطح القمر هي:
الكتلة الطول موقع الاتزان قوة الارجاع

3. تتداخل موجتان لهما الطول الموجي نفسه، إذا كانت سعة أحداهما (0.46 m) وسعة الأخرى (0.32 m) فإنّ أقل مقدار لسعة الموجة المحصلة الناتجة عن تداخل الموجتين بوحدة (m) يساوي:
0.14 0.78 0.46 0.32

4- في نظام (كتلة - زنبرك) يهتز في حركة توافقية بسيطة على سطح أفقي لا احتكاكي ، عندما نزيد كتلة النظام مع بقاء سعة الاهتزاز ثابتة:
يقل مقدار القيمة العظمى للعجلة. تزداد القيمة العظمى للسرعة.
تزداد الطاقة الكلية للنظام. يقل مقدار القيمة العظمى لقوة الإرجاع.

5- يُوَضِح الشكل وتراً مشدوداً يهتز بحيث يتكون فيه موجة واقفة. إذا كان طول الموجة المتكونة في الوتر (0.30m) فإن طول الوتر يساوي:

0.45m　　0.90m　　0.10m　　0.20m

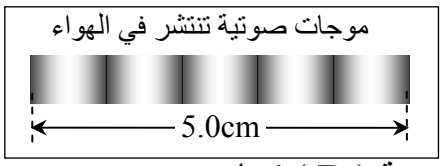
6- ضُبطت ساعة بندولية لتعمل بشكل دقيق عند مستوى سطح البحر، فإذا نُقلت هذه الساعة لقمة جبل عالٍ فإن توقيتها:

يبقى مضبوطاً (دقيقاً).　　يتأخر　　يتقدم　　يتأخر أحياناً ويتقدم أحياناً أخرى

4. عندما يهتز وتر مشدود في الهواء بزمن دوري (2.5×10^{-2}s) فإن طول موجة الصوت الصادرة عن الوتر يساوي:

2.1×10^{-3}m　　290m　　1.4×10^{5}m　　8.5m

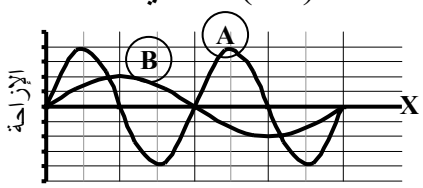
5. اعتماداً على الشكل المجاور والبيانات عليه، الطول الموجي للموجات الصوتية يساوي :



1.0cm　　5.0cm

0.83cm　　0.50cm

6. اعتماداً على الشكل المجاور النسبة بين طول الموجة (A) إلى طول الموجة (B) تساوي:



$\frac{2}{1}$　　$\frac{1}{2}$

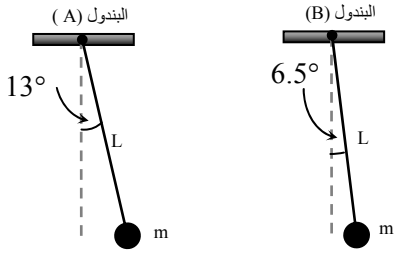
$\frac{1}{4}$　　$\frac{1}{1}$

7. في الحركة التوافقية البسيطة يكون مسار الحركة:

مستقيماً وتتناسب القوة عكسياً مع الإزاحة.　　دائرياً وتتناسب القوة عكسياً مع الإزاحة.

مستقيماً وتتناسب القوة طردياً مع الإزاحة.　　دائرياً وتتناسب القوة طردياً مع الإزاحة.

8. يوضح الشكل المجاور بندولين يتأرجحان. إن النسبة بين تردد البندول (A) إلى تردد البندول (B) تساوي :



$\frac{1}{2}$　　$\frac{1}{1}$

$\frac{2}{1}$　　$\frac{4}{1}$

9. يمكن أن ينهار جسر عندما يتحرك طابور جند بخطوة منتظمة عليه بسبب حدوث ظاهرة:

θ دوبلر　　θ الرنين　　θ الانكسار　　θ الانعكاس

10. إحدى الحركات الدورية التالية حركة توافقية بسيطة :

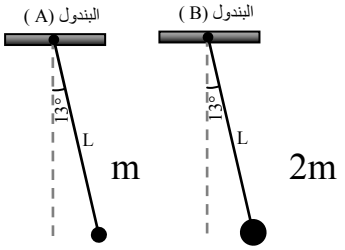
دوران القمر حول الأرض. اسطوانة تدور حول محور.

كرة ترتد عن سطح الأرض. حركة رقاص ساعة توقيت.

11. عندما تزداد سعة موجة ميكانيكية إلى (3) أمثال قيمتها فإن الطاقة التي تحملها الموجة خلال فترة زمنية تتغير بعامل :

3 $\frac{1}{3}$ $\frac{1}{6}$ 9

12. يوضح الشكل المجاور بندولين. إن النسبة بين تردد البندول (A) إلى تردد البندول (B) تساوي :



$\frac{1}{2}$ θ $\frac{1}{1}$ θ

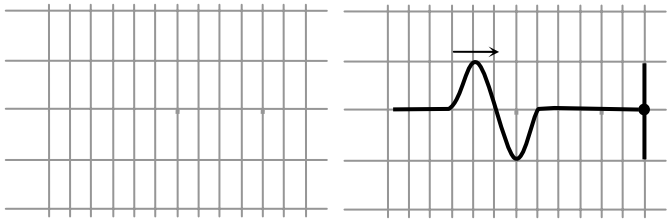
$\frac{2}{1}$ θ $\frac{4}{1}$ θ

13. تبث إذاعة القرآن الكريم من أبو ظبي على موجة FM ترددها (94.9MHz). فإن الطول الموجي لموجات الإذاعة بوحدة المتر (m) يساوي:

3.95×10^{8} 3.1×10^{-1} 2.85×10^{16} 3.16

السؤال 6 :-

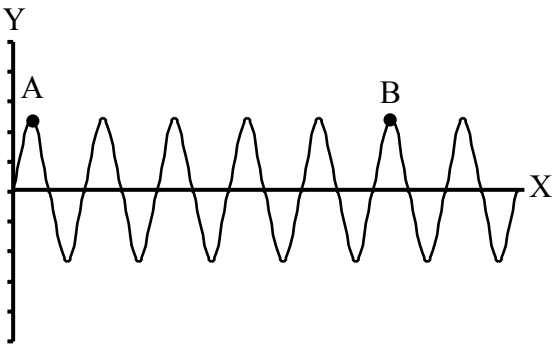
الشكل المجاور يُبَيّن موجة منتقلة عبر حبل مشدود وطرفه مثبت بحاجز.



1- ما نوع الموجة؟ **ولماذا؟**

2- ارسم شكل الحبل بعد فترة زمنية كافية من انعكاس الموجة عن الحاجز

السؤال 7 :- يُبَيِّن الشكل المجاور موجات تنتشر باتجاه محور x الموجب بتردد (20.0 Hz) وطول موجي (16.0m).

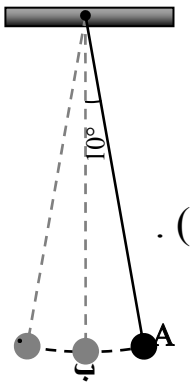


<u>أجب عمّا يلي</u>:

1- احسب سرعة انتشار الموجة.

2- ما المسافة بين النقطتين (A) و (B) على الشكل؟

السؤال 8 :- أ) يُبَيّن الشكل بندولا يتأرجح بين الموضعين (A) مروراً بالموضع (B) . أجب عمّا يلي :



1- ما القوى التي تؤثر في كتلة البندول؟

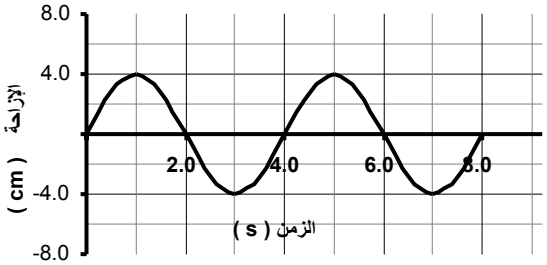
2- بَيِّن على الشكل اتجاه قوة الإرجاع المؤثرة في كتلة البندول عند الموضع (A) .

3- هل حركة البندول حركة توافقية بسيطة؟ ولماذا؟

4- ما نوع الطاقة التي يمتلكها البندول لحظة مرور الكتلة بالموضع (B)؟

ب) بندول بسيط طول خيطه (1.80m) يهتز على سطح القمر في حركة توافقية بسيطة زمنها الدوري 6.60) s) احسب مقدار عجلة السقوط الحر على سطح القمر.

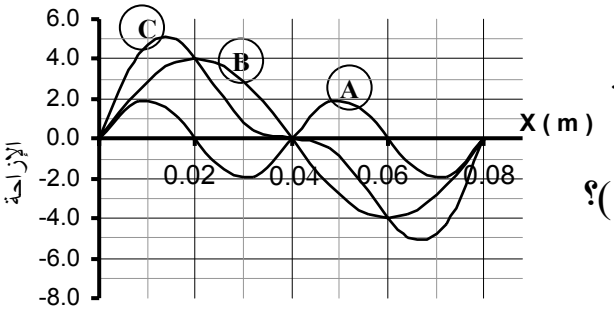
السؤال9 :- أ) تنتشر موجة طولها (0.25m) في وسط وتُمَثَّلُ إزاحة جزيء من الوسط مقابل الزمن كما بالشكل المجاور. مستخدماً البيانات على الشكل احسب :



1- تردد الموجة.

2- سرعة انتشار الموجة في الوسط.

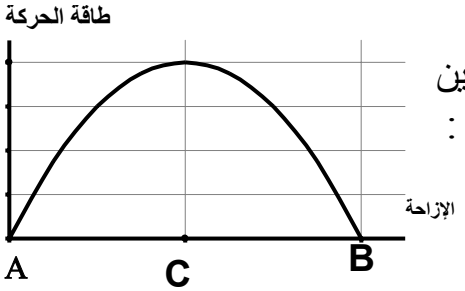
ب) الشكل المجاور يُبَيّن انتشاراً موجياً في وسط ما. أجب عمّا يلي :



1- أيُّ الأشكال يُمَثِّلُ الموجة المحصلة للموجتين الأخريتين.

2- ما نسبة تردد موجة الشكل (A) إلى تردد موجة الشكل(B)؟

3- ما نوع التداخل عند الموضع (x = 0.05m) .



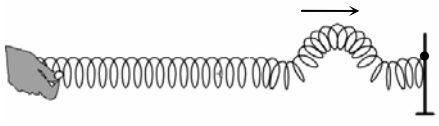
السؤال 10 :- يُظهر الشكل المجاور تَغَيُّر طاقة حركة كتلة متصلة بزنبرك حين تهتز في حركة توافقية بسيطة على سطح أفقي لا احتكاكي. أجب عمّا يلي :

2- ارسم على نفس الشكل الخط البياني الذي يظهر تغيرات الطاقة الكلية لنظام (الكتلة – الزنبرك).

3- ما المسافة التي تقطعها الكتلة خلال دورة كاملة بدلالة البعد بين الموضعين (A ، B) ؟

4- أيُّ من المواضع [A ، B ، C] تُمَثِّل موضع الاتزان للكتلة؟ **ولماذا؟**

السؤال 11 :- تنتقل نبضة عبر زنبرك مثبت من أحد طرفيه بحاجز كما في الشكل المجاور. أجب عمّا يلي:



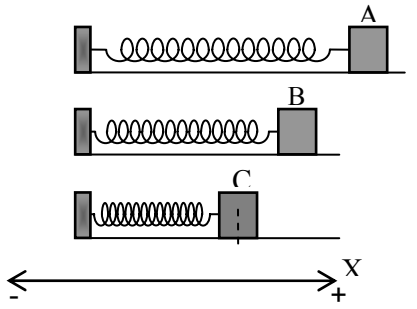
1- ما نوع النبضة؟ ولماذا؟

الرسم

2- بَيّن بالرسم شكل الزنبرك بعد ارتداد النبضة عن حاجز.

السؤال 12 :-

يُبَيِّن الشكل المجاور نظام (كتلة – زنبرك) يهتز في حركة توافقية بسيطة بين الموضعين **A** (x = +5.0cm) و **C** (x = -5.0cm) مروراً بالموضع **B** (x = 0.0)، فإذا كانت الكتلة المتصلة بالزنبرك (0.50Kg) والزمن الدوري للنظام (2.0s) فأجب عمّا يلي :



1- عند أي موضع تكون طاقة حركة الكتلة أكبر ما يمكن؟

2- حدد على الشكل اتجاه قوة الإرجاع عند الموضع **C** .

3- احسب ثابت الزنبرك.

4- جد المسافة التي تقطعها الكتلة خلال (2.0s) ؟

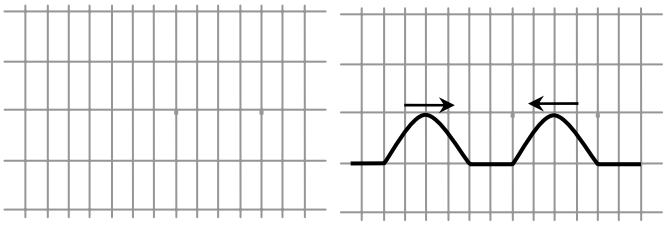
5- إذا زيدت سعة الاهتزاز وبقي النظام متحركاً حركة توافقية بسيطة فما تأثير ذلك على الزمن الدوري للنظام؟ **ولماذا؟**

السؤال 13 :-
أكمل الجدول التالي معتمدا على البيانات التي تحويه:

نوع الموجات	اهتزاز جسيمات الوسط	شكل الموجات
		تتكون من قمم وقيعان
	تهتز جسيمات الوسط باتجاه يوازي اتجاه انتشار الموجات	

السؤال 14 :- زنبرك ثابته (150N/m) مُثبت من أحد طرفيه بوضع رأسي. احسب استطالته إذا عُلّقت بطرفه الآخر كتلة مقدارها (0.50Kg).

السؤال 15 :- يُبَيِّن الشكل نبضتين تتنقلان في حبل. اجب عما يلي



3- أرسم على الشبكة شكل الحبل لحظة تطابق النبضتين تماماً.

4- ما نوع التداخل ؟

السؤال 16 :- أ) ساعة حائط بندولية في دبي طول بندولها (0.99m) تُعطي توقيتاً صادقاً. إذا كان زمنها الدوري 2.0s) (. أجب عمّا يلي :

1- احسب عجلة السقوط الحر في دبي.

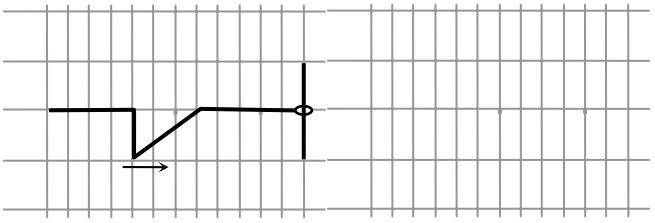
2- كم مرة في الدورة الواحدة تمر كتلة البندول من موقع الاتزان؟

3- إذا نُقلت الساعة إلى قمة جبل حفيت، فهل يتقدم توقيت الساعة أم يتأخر أم يبقى صادقاً؟ ولماذا؟

ب) علل: لا يَتَغَيَّر الزمن الدوري لبندول بسيط يتحرك حركة توافقية بسيطة عند زيادة كتلة البندول مع بقاء السعة ثابتة.

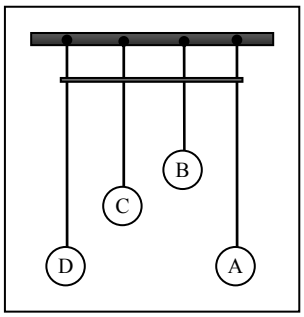
السؤال 17 :-

أ) الشكل المجاور يُبَيِّن نبضة تنتقل عبر حبل مشدود يشكل طرفه حلقة لا احتكاكية حول حاجز ثابت.



1- ما نوع النبضة؟ ولماذا؟

2- ارسم شكل الحبل بعد فترة زمنية كافية من انعكاس الموجة عن الحاجز.



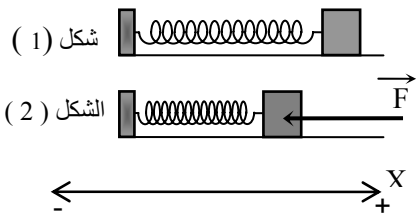
ب) يُبَيِّن الشكل المجاور أربعة بندولات كتلها متماثلة معلّقة بـقضيب ويصل بينها رباط مطاطي غير مشدود. عند تأرجح البندول (**D**) تهتز باقي البندولات (**A**) و (**B**) و (**C**)، لكنَّ البندول (**A**) يتأرجح بسعة أكبر بكثيرمن سعة اهتزاز كل من البندولين (**B**) و (**C**). **<u>أجب عمّا يلي</u>** :

1- ماذا تُسَمّى ظاهرة انتقال الاهتزاز عبر الرباط للبندولات (**B** ، **C**، **A**)؟

2- فسِّر تأرجح البندول (**A**) بسعة أكبر من سعة اهتزاز كل من البندولين (**B** ، **C**).

السؤال 18 :-

كتلة (0.25Kg) تستقر على سطح أفقي لا احتكاكي وتتصل بزنبرك ثابته (25.0N/m) غير مشدود ولا مضغوط كما في الشكل (1)، تؤثر في الكتلة قوة خارجية ($\vec{F}$) لليسار فتزيحها مسافة (0.080m) كما في الشكل (2).



أجب عمّا يلي :

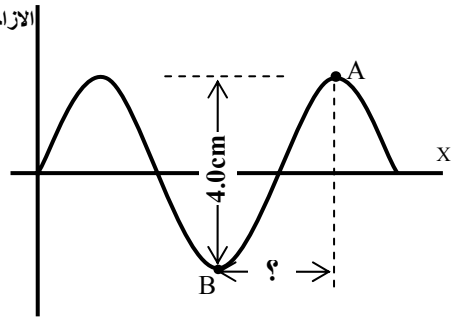
1- حدد على الشكل (2) اتجاه قوة الإرجاع المؤثرة في الكتلة.

2- احسب القوة الخارجية ($\vec{F}$) التي تؤثر في الكتلة؟

3- إذا أزيل تأثير القوة الخارجية المؤثرة في الكتلة وترك النظام يتحرك حركة توافقية بسيطة فاحسب الزمن الدوري لنظام (الكتلة – الزنبرك).

4- إذا نقل النظام إلى سطح القمر، فما التغيُّر الذي يطرأ على الزمن الدوري؟ ولماذا؟

السؤال 19 :- يُوَضِّح الشكل المجاور موجة طولها (0.25m) تنتقل عبر حبل باتجاه محور x الموجب بسرعة (0.50m/s). أجب عمّا يلي :



1- جد المسافة الأفقية بين النقطتين (A ، B).

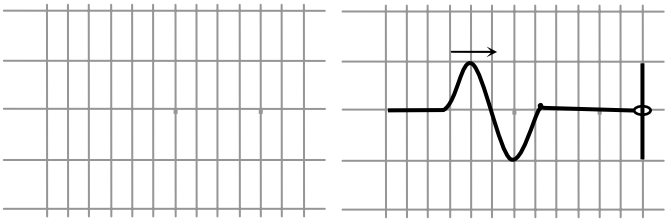
2- ما سعة الموجة؟

3- احسب تردد الموجة.

السؤال 20 :- أ- في الجدول التالي قارن بين الموجة الميكانيكية الطولية والموجة الميكانيكية المستعرضة التي تنتشر في زنبرك.

وجه المقارنة	الموجة الميكانيكية المستعرضة	الموجة الميكانيكية الطولية
اتجاه اهتزاز حلقات الزنبرك بالنسبة لاتجاه انتقال الموجة		
الرسم الذي يُبَيِّن شكل الزنبرك عندما تنتشر فيه الموجة		

ب) الشكل المجاور يُبَيِّن موجة منتقلة عبر حبل مشدود يشكل طرفه حلقة لا احتكاكية حول حاجز ثابت.



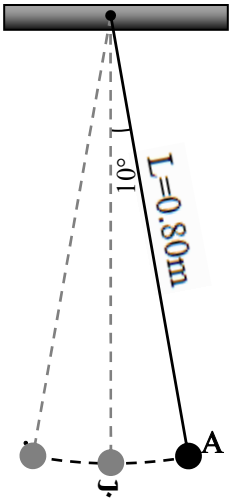
1- ما نوع الموجة؟ ولماذا؟

2- ارسم شكل الحبل بعد فترة زمنية كافية من انعكاس الموجة عن الحاجز.

ج) خفّاش ساكن يصدر موجات فوق سمعية في اتجاه حشرة فترتد الموجات ويلتقطها الخفاش بعد($0.80\ s$) ويحدد موقع الحشرة. احسب بُعْد الحشرة عن الخفاش.

د) إذا كان الطول الموجي للضوء القادم من أحد النجوم ($1.50\times10^{-6}\ m$) فاحسب تردد ضوء النجم.

السؤال 21 :- يُبيّن الشكل المجاور بندولاً بسيطاً يتأرجح بين الموضعين (A ، C) مرورا بالموضع (B) في حركة توافقية بسيطة. أجب عمّا يلي :



1- حدد على الشكل القوى المؤثرة في كتلة البندول عند الموضع (A)

2- عند أي من المواضع (A ، ب ، C) تكون سرعة كتلة البندول أكبر ما يمكن؟

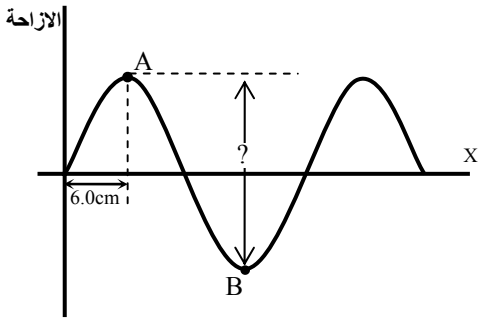
3- حدد بالرسم اتجاه قوة الإرجاع المؤثرة في كتلة البندول عند الموضع (C).

4- احسب الزمن الدوري لحركة البندول.

5- إذا زيدت زاوية تأرجح البندول من (10°) إلى (13°) ، فهل يتغير الزمن الدوري لحركة البندول؟ **ولماذا؟**

السؤال 22 :- أ)

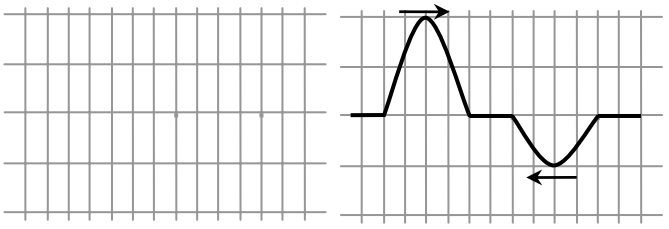
يُبيّن الشكل المجاور موجة سعتها (2.0cm) تنتشر باتجاه محور x الموجب بتردد (10.0Hz) . **أجب عمّا يلي** :



1- جد طولها الموجي.

2- احسب سرعة انتشار الموجة.

3- جد المسافة الرأسية بين النقطتين (A ، B).



ب) تنتشر نبضتان في حبل كما في الشكل المجاور. أجب عمّا يلي

1- ارسم على الشبكة شكل الحبل لحظة تطابق النبضتين تماماً.

2- ما نوع التداخل الذي يحدث بين النبضتين؟ .

ج) **:** زنبرك ثابته (20.0N/m) مُثبَّت من أحد طرفيه إلى دعامة ثابتة ومربوط بطرفه الحر كتلة (0.50Kg) تستقر على سطح أفقي لا احتكاكي. أثرت في النظام (الكتلة – الزنبرك) قوة شد فاستطال الزنبرك مسافة (0.030m) . أجب عمّا يلي :

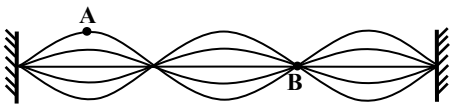
1- احسب قوة الشد المؤثرة في النظام .

2- إذا تُرك النظام يهتز في حركة توافقية بسيطة فاحسب كلاً من:

3- الزمن الدوري للنظام.

3- المسافة التي تقطعها الكتلة خلال فترة زمنية تساوي الزمن الدوري.

السؤال 23 :-



أ) يُظهر الشكل المجاور نمط لموجات واقفة على وترٍ مشدودٍ ومهتزٍ. أجب عمّا يلي :

1- ماذا تُمثّل كل من النقطتين (A ، B) في النمط.

2- فسِّر كيف تَشَكَّلَ نمط الموجات الواقفة على الوتر.

3- إذا كان طول الوتر (1.20m) وسرعة انتشار الاهتزاز فيه (4.00m/s) فاحسب تردد اهتزاز الوتر.