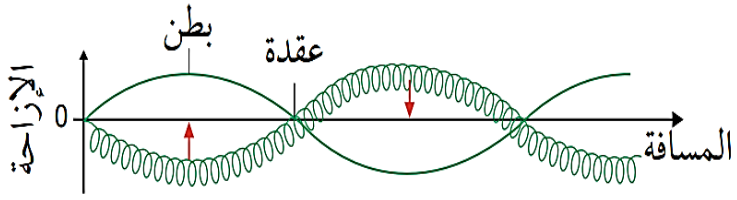
ملخص الوحدة الثانية (تراكب الموجات) للأستاذة / هدى الفيشاوي

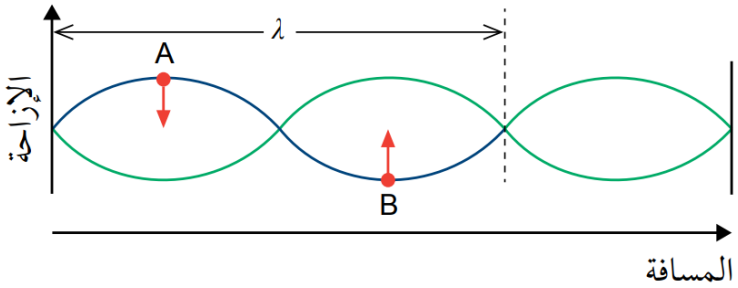
الموجة المستقرّة (الموجة الواقفة)

هي نمط اهتزازي مستقر ناتج عن تراكب موجتَين مسافرتين لهما التردد نفسه وتنتقلان باتجاهين متعاكسين ،وللموجة المستقرة عقد وبطون قد تحدث في الاوتار أو الأعمدة الهوائية

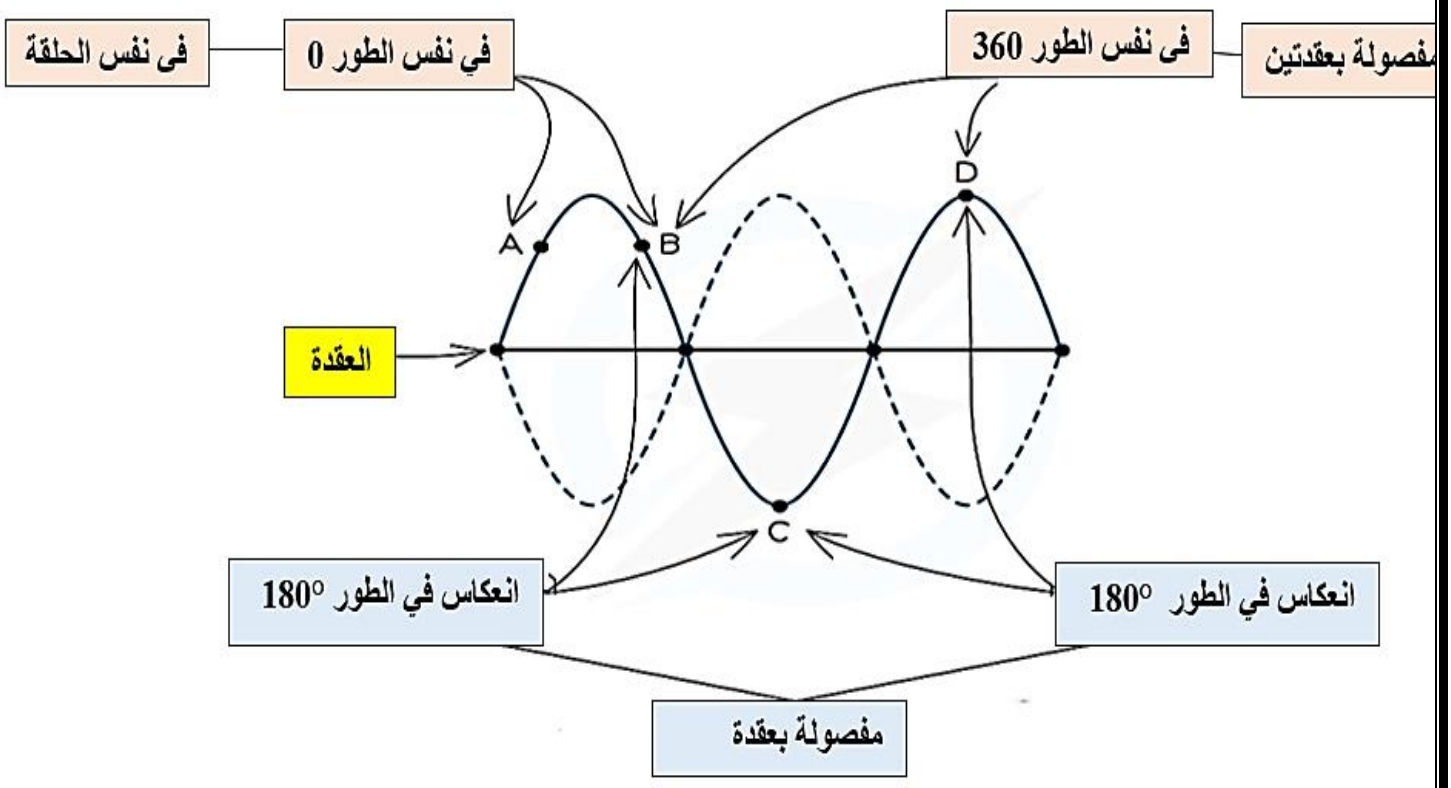
التكوين :



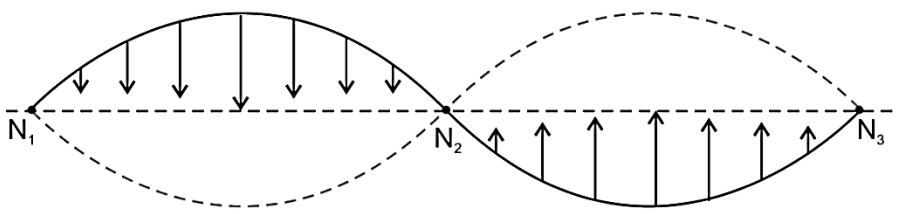
وجه المقارنة	العقدة (Node)	البطن (Antinode)
التعريف	هي نقطة على الموجة المستقرة ذات سعة صفرية	هو نقطة على الموجة المستقرة ذات سعة قصوى
الموقع	ويفصل بين عقدة واخري نصف طول موجي $\frac{\lambda}{2}$	تقع فى المنتصف بين عقدتين
سرعة الجسيمات	العقدة ثابتة في أماكنها سرعة الجسيمات صفر	تتأرجح في الاتجاه الرأسي لأعلى ولأسفل عند البطن الجسيمات لها أقصى سرعة
كيفية التكوين	تتكون نتيجة تداخل هدام حيث تكون الموجة الاصلية والمنعكسة متعاكستان في الطور فالازاحات تلغي بعضها البعض	تتكون نتيجة تداخل بناء حيث تكون الموجة الاصلية والمنعكسة في الطور نفسة لذا تجمع الازاحات
التغير في الضغط	التغير في الضغط أقصى ما يمكن	التغير في الضغط أدنى ما يمكن
أمثلة	نهايات وتر الجيتار أو العود نهايات الاعمدة الهوائية المغلقة	في وتر الجيتار بين عقدتين



- يظهر الزنبرك كسلسلة من الحلقات يفصل بينها عقد. تتحرك النقطة A في هذا المخطط إلى أسفل.
- تتحرك النقطة B في الوقت نفسه إلى أعلى.
- فرق الطور بين النقطتين A و B يساوي 180^{o} (نصف دورة)



<u>في البطون الجزيئات بالاسفل تتحرك للأعلى والجزيئات بالاعلى تتحرك للأسفل</u>



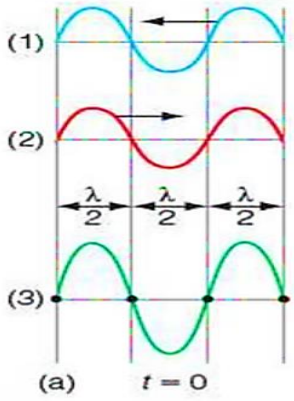
طبيعة الموجات المستقرة (الواقفة)

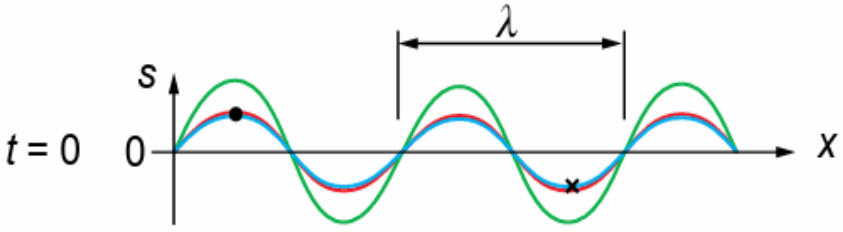
- تتشكل الموجات المستقرة من مبدأ التراكب ، عندما تتحرك موجتان في إتجاهين متعاكسين بشرط :
- لهما نفس التردد والسعة والطول الموجي والموجة المسافرة والمنعكسة نفس السرعة
- فإنهما تتراكبان حيث يتم جمع أو طرح الازاحات لإنتاج موجة محصلة
- ينطبق مبدأ التراكب على جميع أنواع الموجات المستعرضة والطولية

تمثيل لكيفية تشكل الموجات المستقرة (الواقفة) حيث الخط الأخضر يمثل الموجة المحصلة

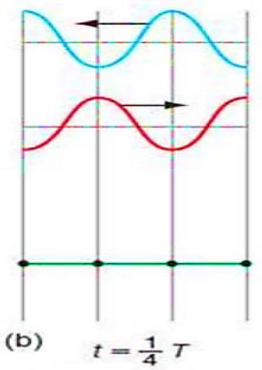
هناك موجتان تقدميتان تتحركان في اتجاهين متعاكسين كلاهما له نفس التردد والسعة :
(الخط الأخضر يمثل الموجة المستقرة وهي محصلة الموجتين التقدميتين المتعاكستين)

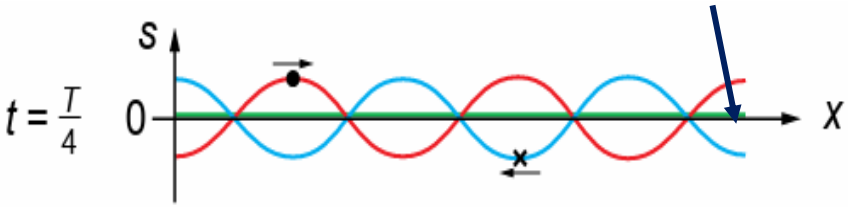
1-عند t=0 الموجتان التقدميتان المتعاكستان لهما نفس الطور وبالتالي فإن ازاحتيهما تجمع لذا الازاحة المجمعة ضعف الازاحة الاصلية (تداخل بناء).



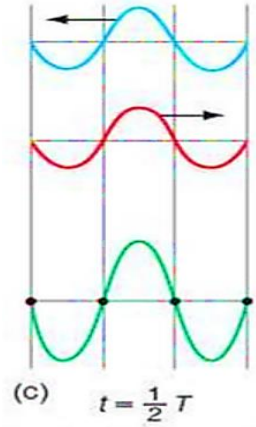


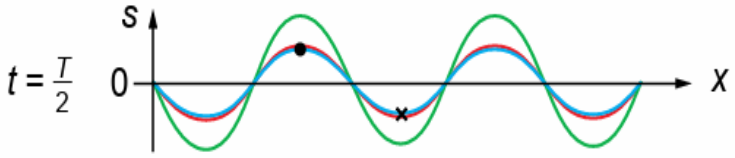
2-عند $t=\frac{T}{4}$ إنتقلت كل موجة لليمين أو اليسار ربع موجة فأصبحتا متعاكستين فرق الطور اصبح 180° الازاحات تلغى بعضها تداخل هدام



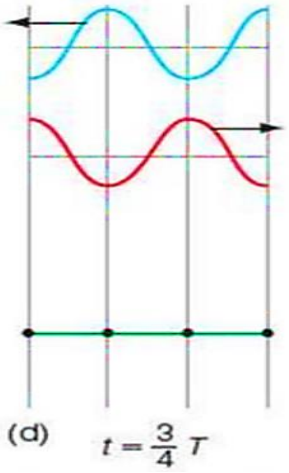


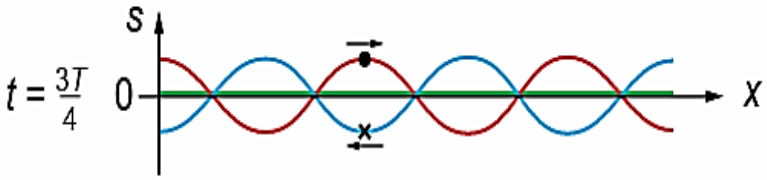
3-عند $t = \frac{T}{2}$ تصبح الموجتان لهما نفس الطور وفرق الطور صفر وتتداخلا تداخلا بناءاً



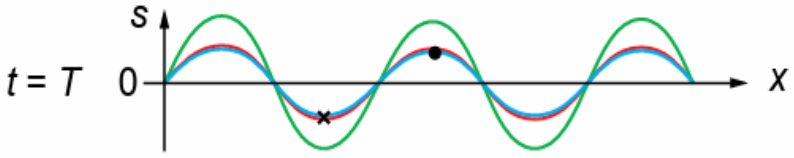


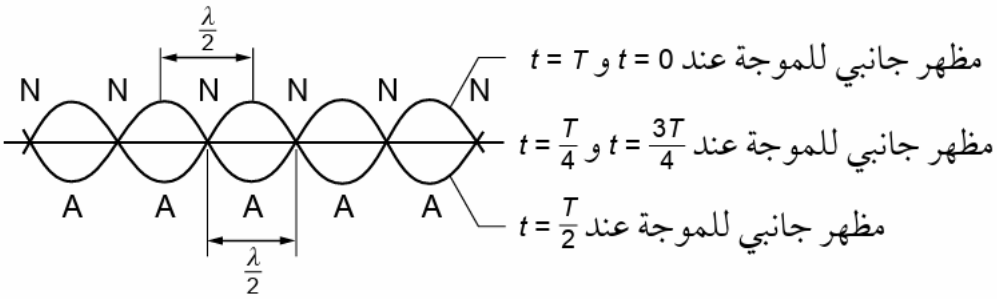
2-عند $t=\frac{3T}{4}$ إنتقلت كل موجة لليمين أو اليسار ربع موجة فأصبحتا متعاكستين فرق الطور اصبح 180° الازاحات تلغي بعضها تداخل هدام



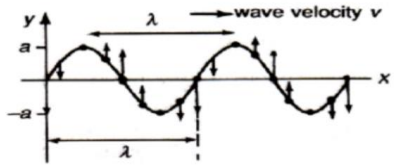
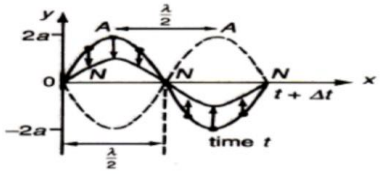
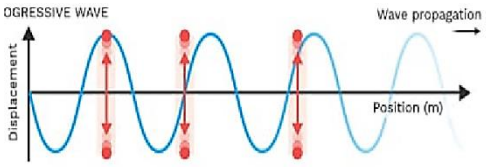
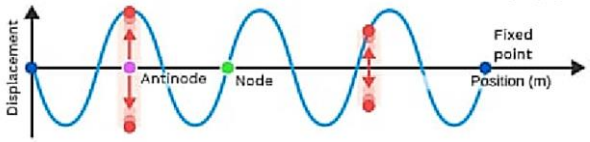
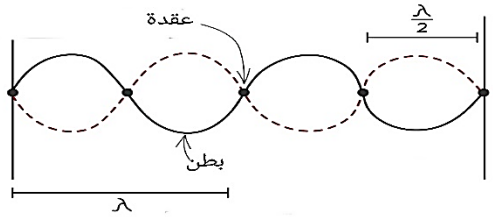


3-عند $t = T$ تصبح الموجتان لهما نفس الطور وفرق الطور صفر وتتداخلا تداخلا بناءاً





مقارنة بين الموجة التقدمية المسافرة والموجة المستقرّة (الموجة الواقفة)

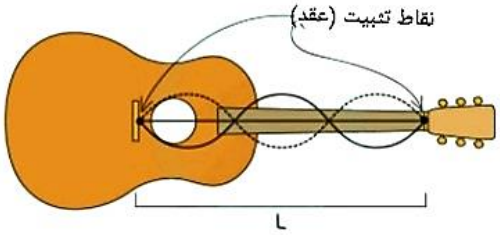
وجه المقارنة	الموجة التقدمية (المسافرة)	الموجة المستقرة (الواقفة)
التمثيل البياني		
شكل الموجة	مسافرة مع سرعة الموجة	لا تنتقل (يصبح الخيط المنحني مستقيماً مرتين في كل زمن دوري)
السعة	نفسها لجميع الجسيمات في مسار الموجة A=a 	تختلف تبعاً للموقع السعة صفر عند العقد الى الحد الأقصى 2a عند البطن (سعة الموجة 2a) اتساع البطن 4a 
التردد	تهتز جميع الجسيمات مع تردد الموجة حركة توافقية بسيطة	تهتز جميع الجسيمات بنفس تردد الموجة عدا نقاط العقدحركة توافقية بسيطة
الطول الموجى	المسافة بين الجسيمات المتجاورة التي لها نفس الطور	ضعف المسافة بين اثنين من العقد المتجاورة أو ضعف المسافة بين اثنين من البطون المتجاورة = 2AA أو 2NN 
الطور	جميع الجسيمات ضمن طول موجي واحد لها أطوار مختلفة	طور جميع الجسيمات بين العقدتين المتجاورتين هي نفسها لذا فرق الطور صفر جميع الجسيمات الى العقدة المجاورة متعاكسة في الطور 180
الطاقة	تنقل الطاقة في إتجاه انتقال الموجة	لا يحدث نقل للطاقة
السرعة	V	ليس لها سرعة لان الطاقة لا تنتقل

الاستاذة / هدى الفيشاوي 96479472

أنواع الموجات المستقرة (الواقفة)

موجات مستقرة على الاوتار	موجات مستقرة في الاعمدة الهوائية
مستعرضة	طولية

مثال : أوتار الجيتار - القيثارة – العود



- يعتمد التردد الذي يُصدره الوتر على كتلة وحدة الاطوال لذا بالجيتار أوتار مختلفة السمك
- لابد أن يكون الوتر مثبت من الطرفين
- عند ترددات معينة تُعرف بالترددات الطبيعية يتناسب
- طول الوتر مع عدد صحيح من أنصاف الاطوال الموجية
- عندما يتم ارسال موجة مسافرة على طول الوتر تنعكس مشكلة موجة مستقرة بعقد وبطون أعداد مختلفة حسب التردد

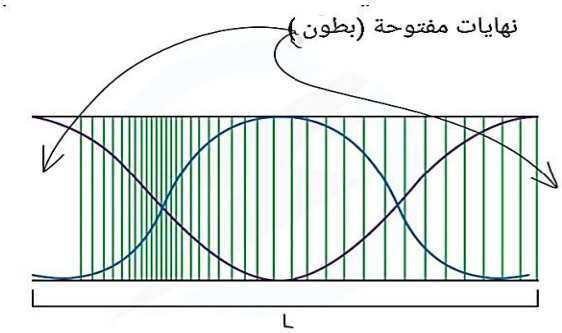
مثال : الارغن –الناي – اجراس الكنائس

عندما يهتز الهواء داخل الانبوب ، تنتقل موجات طولية على طول الانبوب تنعكس محدثة موجة مستقرة

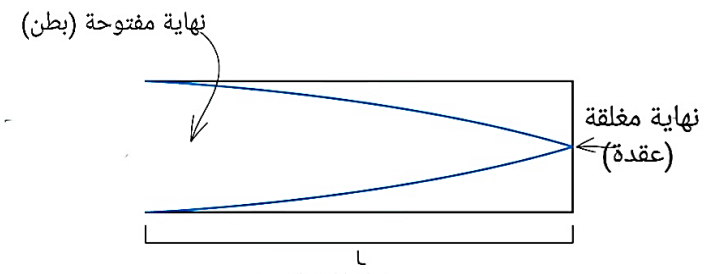
أنواع الانابيب (مغلق من أحد الطرفين – مفتوح الطرفين)

أولا : مفتوح الطرفين :

- **عندما تنتقل موجة مسافرة نحو النهاية المفتوحة للأنبوب يحدث اختلاف في ضغط الهواء خارج الانبوب وداخلة فتنعكس (تكون الموجة المنعكسة في طور التقدمية تجمع السعات وتتكون البطن عند النهايتين المفتوحتين)**



- **ثانياً : مغلق من احدى نهايتيه :**
- **عندما تنتقل موجة مسافرة نحو نهاية الانبوب المعلقة تنعكس في طور معاكس لذا تتكون عقدة عند الطرف المغلق ، بينما النهاية المفتوحة تكون الموجة الساقطة والمعكسة نفس الطور لذا تتكون بطن**



ملاحظة الموجات المستقرة (الواقفة)

1- الموجات المستقرة للموجات الميكانيكية في الأوتار المشدودة (تجربة ميلد)

الاهتزازات الناتجة عن الموجة المستقرة على وتر تنتج صوت وبهذي الطريقة تعمل الالات الوترية مثل الجيتار أو الكمان

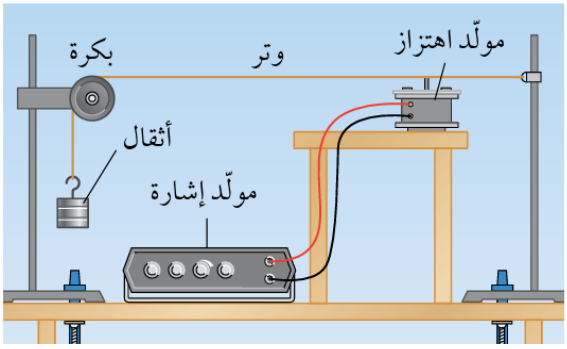
الادوات :

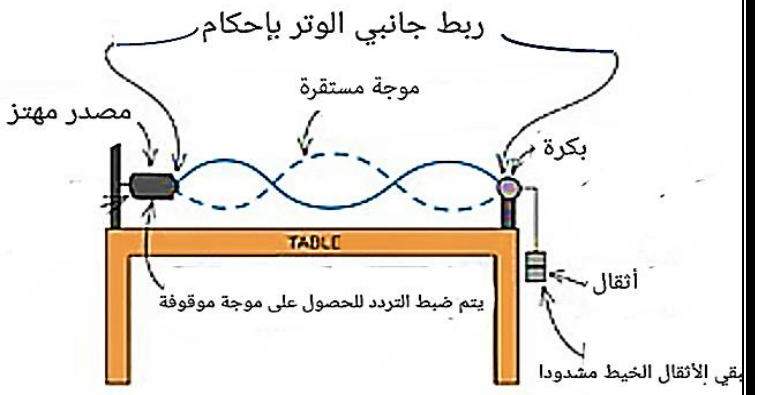
وتر مشدود مثبت عند أحد طرفيه مع المتذبذب (يشكل عقدة) والطرف الاخر يمر على بكرة (يشكل عقدة) مهملة الاحتكاك تربط أثقال مع نهاية الخيط

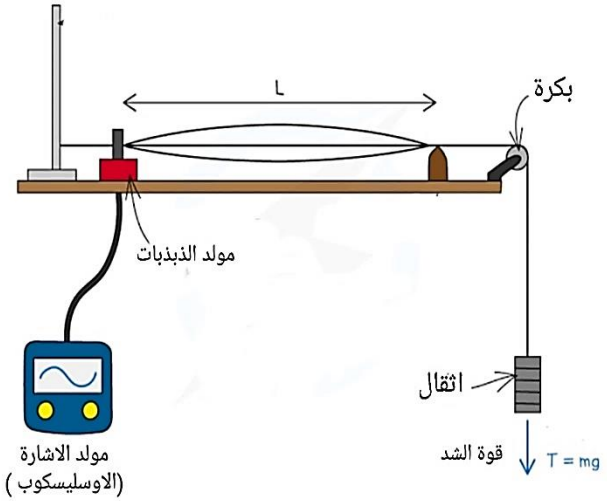
.

ملحوظة هامة : مع تغيير تردد المصدر المهتز تتشكل موجة مستقرة مختلفة من الحد الادنى (العقد) والحد الاقصى (البطون)

- بزيادة التردد يقل الطول الموجي ويزداد عدد العقد
- لحساب الطول الموجي نستخدم العلاقة : $\lambda^2 = \frac{Mg}{\mu f^2}$
- تزداد سرعة الموجات بالوتر بزيادة قوة الشد (كتلة الاثقال ، واستخدم وتر أقل سمكا واكثر طولاً)







يتأثر التردد الاول الذى يحدث عنده الرنين الاول بالمتغيرات التالية

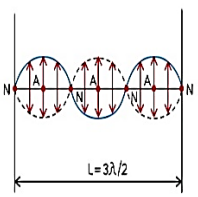
1- طول الوتر

2- التردد بالوتر

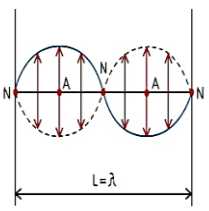
3- استخدام أوتار ذات كتل وحدة أطوال مختلفة

(يقل التردد بزيادة طول الوتر) $f = \frac{v}{2L} = \frac{v}{2}\left(\frac{1}{L}\right)$

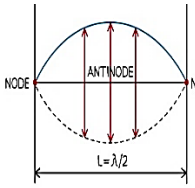
(يقل التردد بزيادة كتلة وحدة الاطوال) m/L للحبل $f = \frac{1}{2L}\sqrt{\frac{T}{\mu}}$



$\lambda = \frac{2L}{3}$ $f = \frac{3v}{2L}$



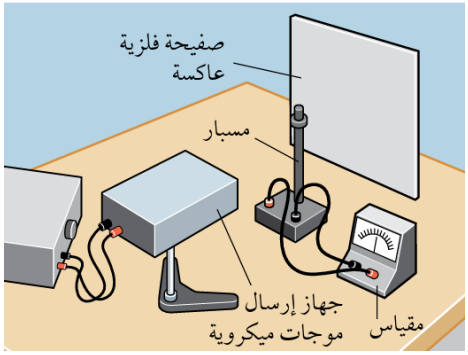
$\lambda = L$ $f = \frac{v}{L}$

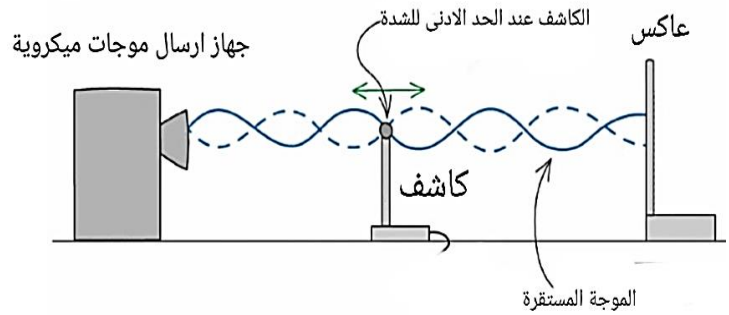


$\lambda = 2L$ $f = \frac{v}{2L}$

2- الموجات المستقرة للموجات الميكروية

- يتم وضع مصدر جهاز إرسال موجات ميكروية في صف واحد أمام سطح عاكس حيث يوجد كاشف صغير بين المصدر والسطح العاكس
- يتم نقل العاكس من والى المصدر لتغيير نمط الموجة المستقرة المتكونة
- من خلال تحريك الكاشف يمكنه التقاط الحد الادنى للشدة(العقد) والحد الاقصى للشدة (البطون لنمط الموجات





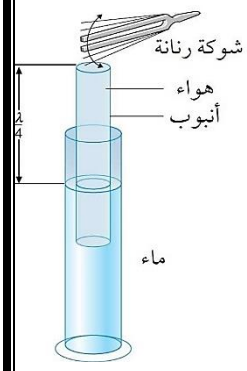
ملحوظة : يمكن تعيين تردد الموجات الميكروية حيث عن طريق الكاشف نحدد الطول الموجي للموجات وحيث أن سرعة الموجات الكهرومغناطيسية في الهواء $3 \text{ X } 10^8 \text{ m/s}$

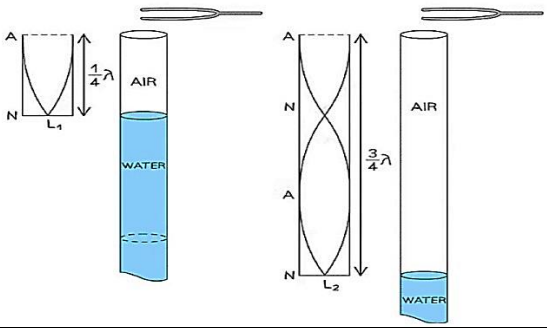
نعين التردد من معادلة الموجات $f = \frac{c}{\lambda}$

2- الموجات المستقرة في الاعمدة الهوائية :

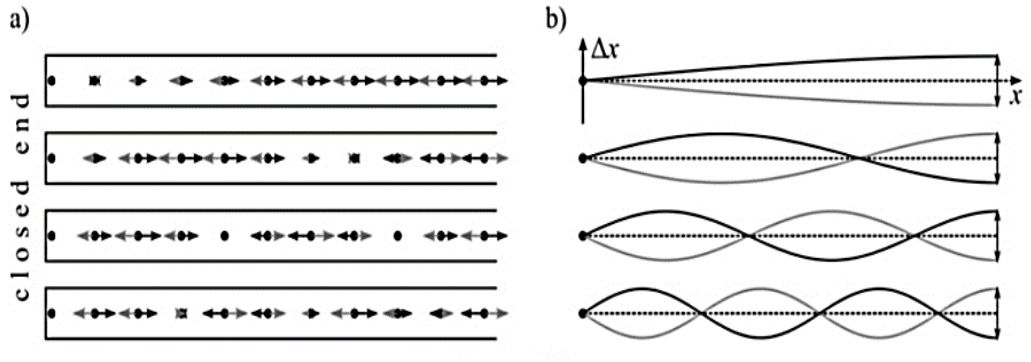
الرنين : هو تطابق تردد مصدر مهتز مع التردد الطبيعي لاهتزاز جسم ما ، الامر الذي يؤدي الى اهتزاز ذلك الجسم بسعة أكبر

- يمكن ضبط عمود الهواء عن طريق تثبيت شوكة رنانة فوق الطرف المفترح
- طول معين من عمود الهواء له تردد طبيعي معين من الاهتزاز ، اذا كان تردد الشوكة الرنانة يطابق التردد الطبيعي لاهتزتز عمود الهواء يحدث الرنين وليس أي طول
- يتم رفع الانبوب الداخلى ببطء لزيادة طول عمود الهواء والحصول على رنين اخر
- تتكون عقدة عند الطرف المغلق (سطح الماء) وبطن عند الطرف المفتوح
- الفرق بين طول عمود الهواء لرنينين متتالين نصف طول موجي $L_2 - L_1 = \frac{\lambda}{2}$
- أقصر طول لعمود هوائي ربع طول موجي



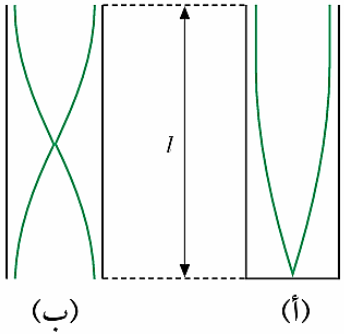


الموجات بالعمود موجات طولية

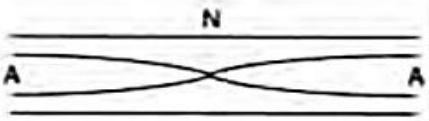
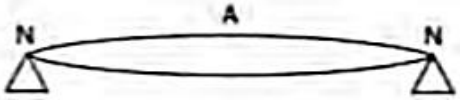
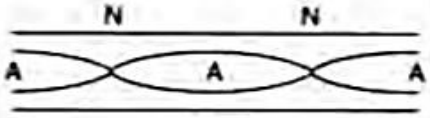
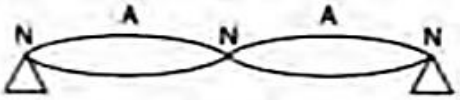
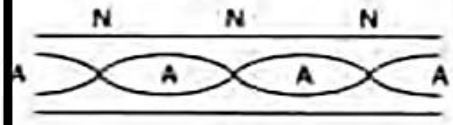
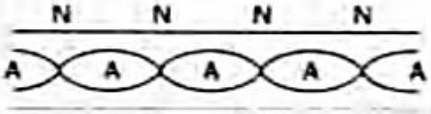
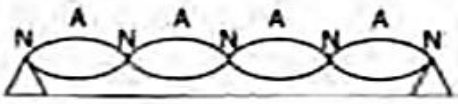


اذا كان الانبوب مفتوح الطرفين : يكون له بطن عند كلا الطرفين بينهم عقدة لذا أول طول لعمود هوائي يحدث عنده رنين :

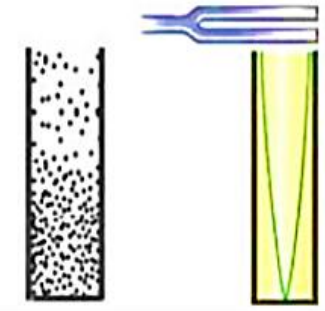
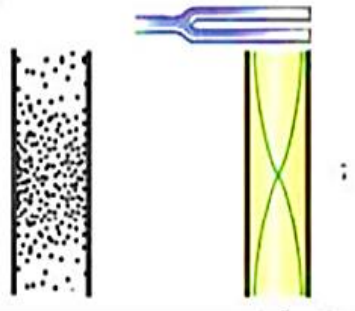
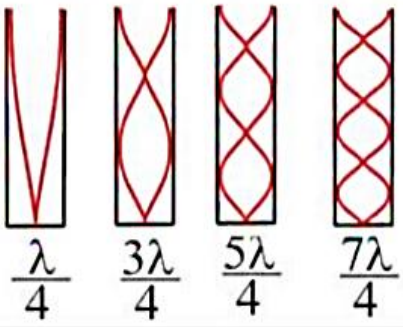
طول الانبوب في الانبوب المغلق $\frac{\lambda}{4}$ بينما في المفتوح $\frac{\lambda}{2}$



مقارنة بين الرنين في نوعي الاعمدة الهوائية (مفتوحة الطرف) و (مفتوحة الطرفين) والوتر

العمود المفتوح	العمود المغلق	الوتر
$\lambda_1 = 2l$ 	$\lambda_1 = 4l$	$\lambda_1 = 2l$ 
$\lambda_2 = l$ 	يستحيل ان يساوي طول عمود هواء الطول الموجي	$\lambda_2 = l$ 
$\lambda_3 = 2l/3$ 	$\lambda_3 = 4l/3$	$\lambda_3 = 2l/3$
$\lambda_4 = l/2$ 	بستحيل وجود عمود هوائي طوله = ضعف الطول الموجي	$\lambda_4 = l/2$ 

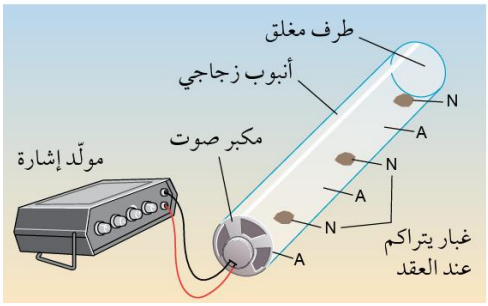
مقارنة بين الرنين في نوعي الاعمدة الهوائية (مفتوحة الطرف) و (مفتوحة الطرفين)

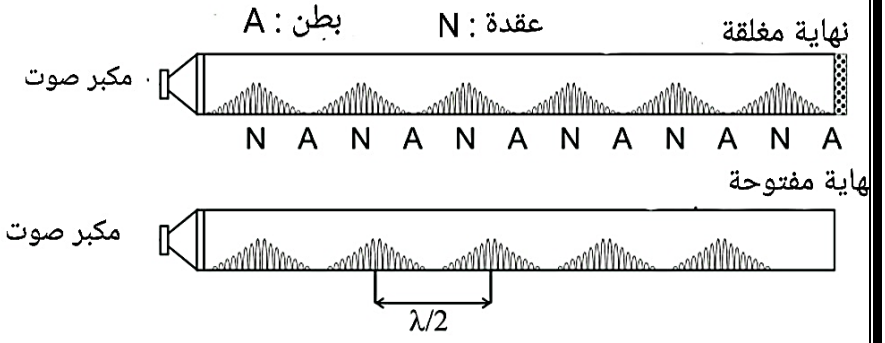
نوع العمود الهوائي	أنبوبة (عمود هوائي) مغلق أحد الطرفين	أنبوبة (عمود هوائي) مفتوح الطرفين
شكل توضيحي		
شرط حدوث الرنين	أن يكون طول العمود الهوائي المقفل مساوياً لربع طول موجي أو مضاعفات فردية لربع طول موجي	أن يكون طول العمود الهوائي مساوياً لنصف الطول الموجي أو مضاعفات عددية صحيحة له
أشكال توضيحية أخرى	 $\frac{\lambda}{4}$ $\frac{3\lambda}{4}$ $\frac{5\lambda}{4}$ $\frac{7\lambda}{4}$	$\frac{\lambda}{2}$ λ $\frac{3\lambda}{2}$ 2λ
النغمة الأساسية	بطن وعقدة متتاليتين بطن عند الطرف المغلق وعقدة عند الطرف المفتوح	بطنين متتاليين بطن عند كل طرف مفتوح
تردد النغمة	$f_n = \frac{(2n+1)v}{4L} = (2n+1)f_0$ $n = 0, 1, 2, 3, \ldots$	$f_n = \frac{n.v}{2L} = n.f_0$ $n = 1, 2, 3, \ldots$
طول العمود	عدد فردي × مضاعفات ربع الطول الموجي	عدد زوجي × مضاعفات ربع الطول الموجي
المسافة بين كل رنينين متتاليين = نصف الطول الموجي		

تحديد طول موجة الصوت وسرعته باستخدام الموجات المستقرة بطريقين :

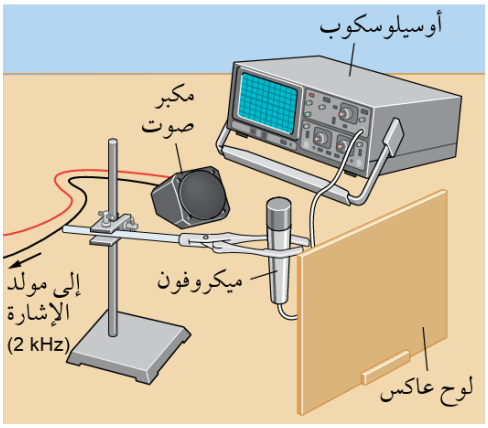
- 1 -عن طريق وضع مسحوق ناعم (غبار) داخل عمود هوائي ووضع مكبر صوت عند الطرف المفتوح ، عند ترددات معينة يشكل الغبار أكواماً متباعدة بشكل متساوي على طول الانبوب
- مما يوضح عدم وجود اضطراب نتيجة لوجود عقدة
- عند مواقع البطون يهتز الغبار بشدة فيمكن تحديد العقد و البطون بسهولة
- المسافة بين عقدتين متتاليتين أو بطنين متتاليين نصف طول موجي

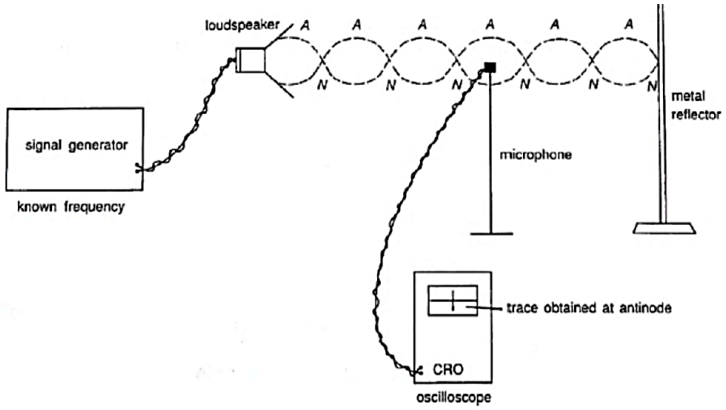
بمعلومية تردد المصدر المهتز والذي يساوي التردد الطبيعي لعمود الهواء يمكن حساب السرعة من العلاقة $V = f \lambda$





الطريقة الثانية لتحديد طول موجة الصوت وسرعته باستخدام الموجات المستقرة :





- يُصدر مكبر الصوت موجة صوتية تصل السطح العاكس وترتد يلتقطها الميكروفون المتصل بالاسليسكوب يتم تشغيل المقياس الراسى الخاص بالسعة فنلاحظ نقطة تتحرك رأسياً لاعلى ولاسفل ونوقف المقياس الافقي الخاص بالزمن
- يتم تحريك الميكروفون بين مكبر االصوت والشاشة لملاحظة الحد الاقصى والادنى لشدة الصوت لحساب الطول الموجي وبمعلومية التردد تعين السرعة

1- ما الذي يمكن أن يفسر تشكل الموجات المستقرة من الموجات التقدمية :

☐الحيود ☐ التراكب ☐تأثير دوبلر ☐الانكسار

2- أي الخيارات صحيحة حول السعة والطاقة المنقولة للموجات المستقرة :

	سعة الاهتزازة على طول الموجة المستقرة	الطاقة المنقولة في الموجة المستقرة
☐	مختلفة	لا يوجد
☐	ثابتة	لا يوجد
☐	مختلفة	بعض الطاقة تنقل
☐	ثابتة	بعض الطاقة تنقل

3- يحتوى الجدول على بيانات حول الموجات الثابتة والمتقدمة أي صف هو الصحيح :

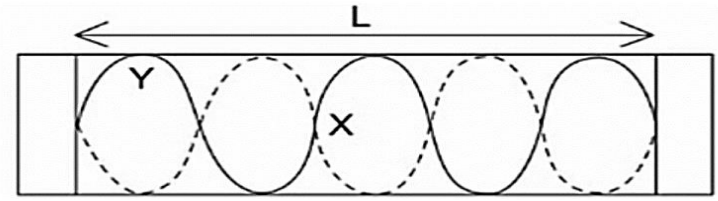
	موجة تقدمية	موجة ثابتة
☐	جميع الجسيمات تهتز بنفس السعة	جميع الجسيمات تهتز بنفس السعة
☐	يتم نقل الطاقة على طول الموجة	يتم نقل الطاقة على طول الموجة
☐	تهتز الجسيمات في الطور مع الجسيمات المجاورة لها	تهتز الجسيمات في الحلقات المجاورة في الطور المعاكس
☐	الجسيمات ذات الطول الموجي الواحد تهتز بنفس الطور	الجسيمات ذات الطول الموجي الواحد تهتز بنفس الطور

4-يوضح الشكل موجة مستقرة على وتر في نفس اللحظة P,Q,R ثلاث نقط على الوتر :

أي الخيارات صحيحة

☐	P و R متعاكستان في الطور	P, Q تهتز بنفس السعة
☐	هناك فرق في الطور بين P و R	P, R تهتز بنفس السعة
☐	P, Q لهما نفس الطور	P, R تهتز بنفس السعة
☐	هناك فرق في الطور بين P و Q	P تهتز بسعة أقل من Q

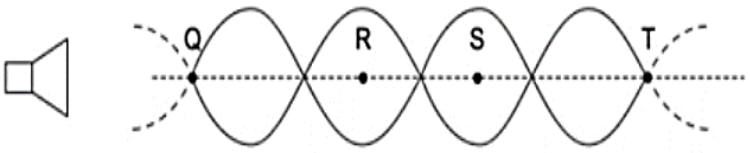
5- تم استخدام خيط مشدود لتكوين موجة مستقرة كما بالشكل التالي :



أي الخيارات التالية تعبر عن النقطتين X,Y والطول L

	النقطة Y	النقطة X	الطول L
☐	بطن	عقدة	5λ
☐	عقدة	بطن	$2\frac{1}{2}\lambda$
☐	بطن	عقدة	$2\frac{1}{2}\lambda$
☐	عقدة	بطن	5λ

6- يُصدر مكبر صوت موجة صوتية تنعكس باستخدام لوح معدني يوضح الشكل أدناه النمط المتكون من تراكب الموجات المنبعثة والمنعكسة



Q, R, S, Tهي أربع نقاط على الخط المار بمركز هذه الموجات:

أي العبارات التالية صحيحة :

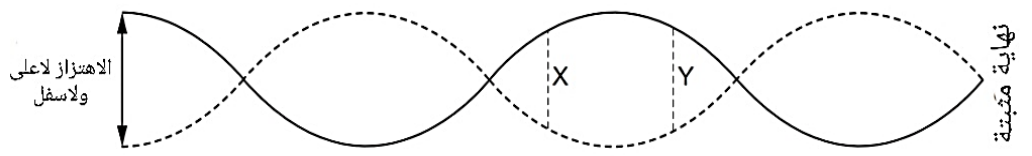
☐العقدة هي ربع الطول الموجي من البطن

☐تنقل الموجة المستقرة الطاقة على طول الخط QT

☐تتكون بطن عند سطح اللوح المعدني

☐اهتزاز النقطة R في نفس الطور للنقطة S

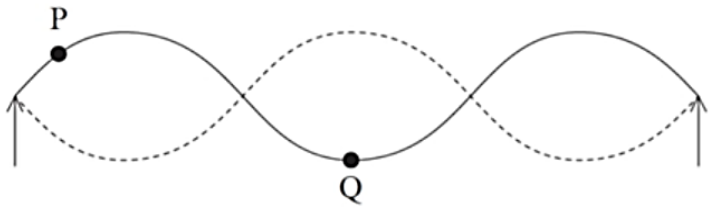
7- الشكل التالي يوضح حبل طويل مثبت من أحد نهايتيه ، و الطرف الاخر يتحرك لأعلى ولأسفل :



ما فرق الطور بين الاهتزازين X و Y

☐ 0 ☐ 45 ☐ 90 ☐ 135

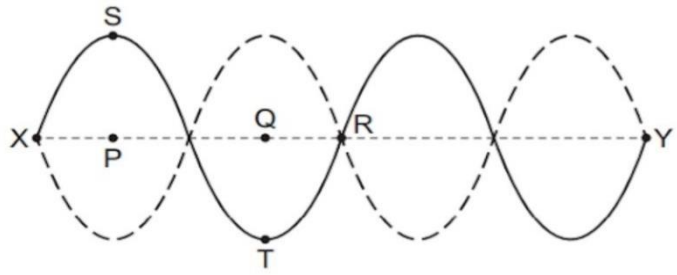
8- الشكل أدناه يمثل نقطتان P و Q على موجة مستقرة في لحظة معينة :



اي مما يلي يقارن بين فترة اهتزاز P و Q و متوسط سرعة P و Q

متوسط سرعة P و Q	فترة اهتزاز P و Q	
نفسها	نفسها	☐
مختلفة	نفسها	☐
نفسها	مختلفة	☐
مختلفة	مختلفة	☐

9- يوضح الشكل وتراً ممتدا مكوناً موجة مستقرة بين X و Y :



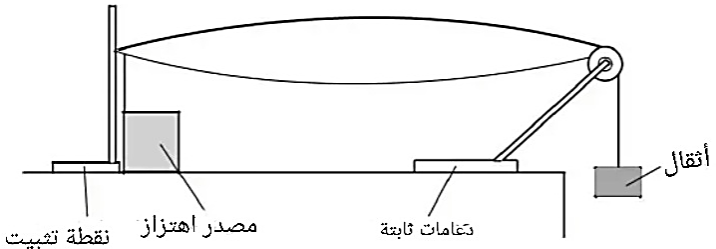
يُظهر المنحنى المتصل المواقع في أقصى إزاحة عند النقطة S ، ويُظهر الخط المتقطع المواضع الاخرى لأقصى ازاحة عند النقطة T ، النقاط P,Q,R تقطع على الخط الواصل بين XY أي العبارات صحيحة :

☐ بعد زمن قصير النقطة P على الوتر سيتم ازاحتها
☐ النقطتان S و T تتحرك في اتجاهين متعاكسين
☐ المسافة بين P و Q تمثل طول موجي
☐ تهتز نقطتان على الوتر على مسافة متساوية من النقطة R في الطور

10- يمكن لسماعات الرأس التي تحتوي على ميزة تقليل الضوضاء إلغاء الضوضاء الخارجية عن طريق إنتاج موجات خاصة ، وهي مزودة بميكروفون يكتشف تردد الصوت الخارجي ، يقوم مكبر الصوت بعد ذلك بإنتاج موجة بنفس التردد ولكن بطور مختلف
ما فرق الطور المطلوب لالغاء الصوت الخارجي :

☐ 90° ☐ 180° ☐ 270° ☐ 360°

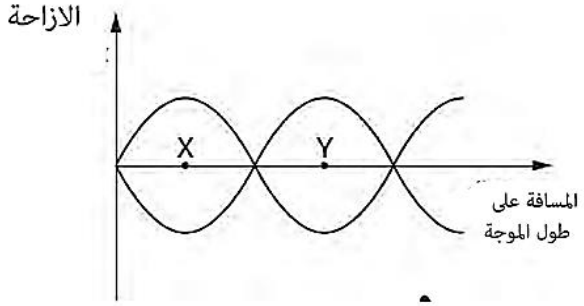
11- يُظهر الرسم البياني التالي سلكاً فولاذياً مثبتاً من أحد طرفيه ومشدود من الطرف الاخر بواسطة وزن معلق على بكرة :



يتم توصيل مولد ذبذبات بالسلك بالقرب من الطرف الثابت لانتاج موجة ثابتة بحلقة واحدة تردد الاهتزاز هو f ما التردد الذي ينبغي استخدامه لانتاج حلقتين

☐ $\frac{f}{4}$ ☐ $\frac{f}{2}$ ☐ $2f$ ☐ $4f$

12- الشكل التالي يوضح موجة موقوفة عند زمنين مختلفين
أي العبارات تعبر عن المسافة XY :

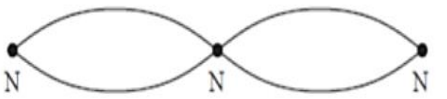


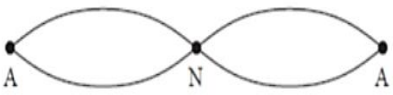
☐ نصف السعة ☐ نصف التردد

☐ نصف الزمن الدوري ☐ نصف الطول الموجي

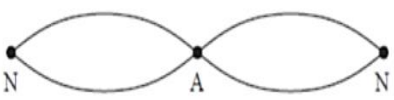
13- الشكل التالي يوضح موجة موقوفة على حبل :

أي الخيارات توضح المواقع الصحيحة للعقد والبطون :

☐ 

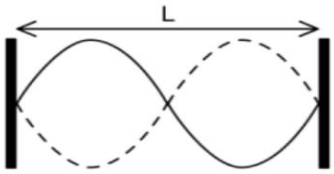
☐ 

☐

☐ 

14- ينفخ الطالب عبر أنبوب هوائي مفتوح من الطرفين ، أي مخطط يوضح نمط الموجة المستقرة لهذا الانبوب

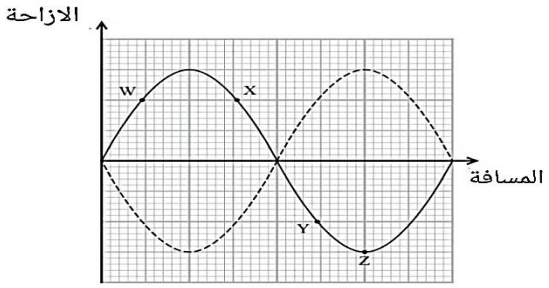
15- يتم إعداد موجة من تردد معين على سلسلة ذات نهايتين ثابتتين تعملان كعقد :



اذا تضاعف التردد مع ثبات باقي المتغيرات فكم عدد العقد المتكونة

2 ☐ 3 ☐ 5 ☐ 7 ☐

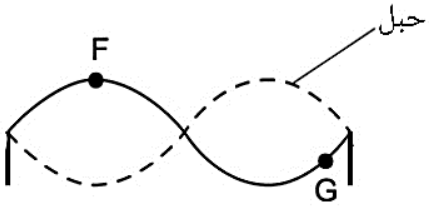
16- يوضح الشكل كيف تتغير الازاحة مع المسافة على طول موجة ثابتة عند لحظتين زمنيتين :



أي من العبارات التالية صحيحة ؟

☐ النقطتان XوW متعاكستان في الطور
☐ النقطتان W وY لهما نفس الطور
☐ النقطتان X و Y لهما نفس الطور
☐ النقطتان X وZ متعاكسان في الطور

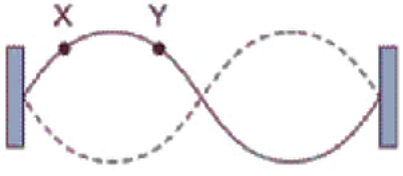
17- حبل منتظم يهتز بين نقطيتي تثبيت محدثاً موجة مستقرة كما في الشكل التالي :



ما فرق الطور عند اهتزاز الجسيمين F و G بالراديان

☐ صفر ☐ $\frac{5\pi}{4}$ ☐ π ☐ $\frac{\pi}{2}$

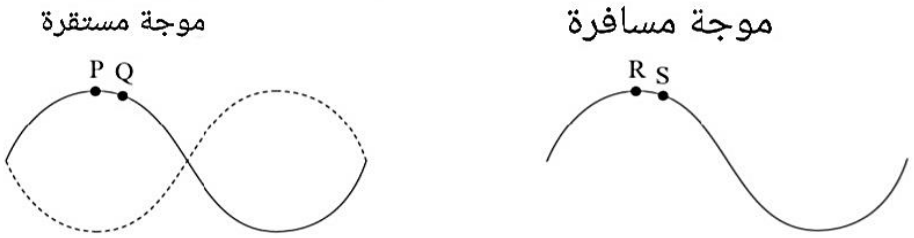
18- حبل منتظم يهتز بين نقطيتي تثبيت محدثاً موجة مستقرة كما في الشكل التالي :



ما فرق الطور عند اهتزاز الجسيمين

☐ صفر ☐ $\frac{\pi}{4}$ ☐ π ☐ $\frac{\pi}{2}$

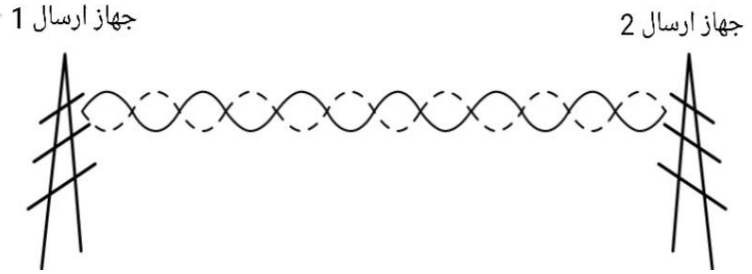
19- Q P نقطتان على موجة مستقرة ، S و R نقطتان على موجة مسافرة كما بالشكل:



أي مما يلي يمثل العلاقة بين سعة كل زوج من النقاط :

النقطتان P وQ	النقطتان S وR
نفس السعة	نفس السعة
سعة مختلفة	نفس السعة
نفس السعة	السعة مختلفة
سعة مختلفة	السعة مختلفة

20- تم اعداد جهازي ارسال راديو لبث موجات راديو بتردد 1.12MHz ، حيث يتم إنشاء موجة مستقرة بين جهازي الارسال كما بالشكل :



ما المسافة بين عقدتين متجاورتين في الموجة المستقرة :

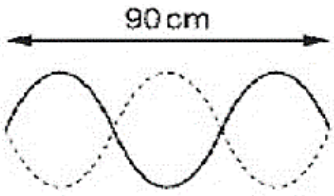
0.00373 m ☐ 134 m ☐ 0.00186 m ☐ 268 m ☐

21- سلك منتظم مثبت من نهايتيه تم احداث موجة مستقرة به كما بالشكل :

فرق الطور بين Q, p

صفر ☐ $\frac{3\pi}{4}$ ☐ $\frac{\pi}{2}$ ☐ $\frac{\pi}{2}$ ☐

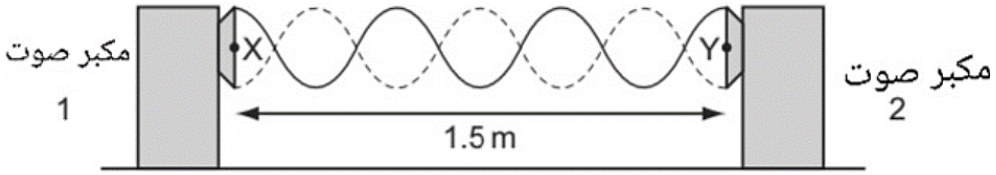
22- تشكلت موجة مستقرة على حبل بتردد 12Hz كما بالشكل :



ما سرعة الموجة ؟

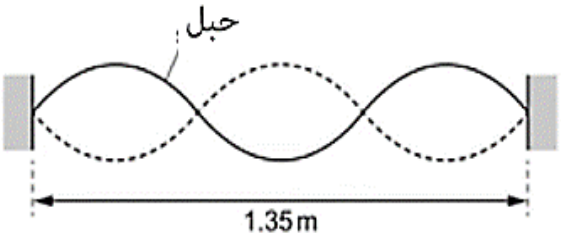
☐ $720\ m\ s^{-1}$ ☐ $360\ m\ s^{-1}$ ☐ $7.2\ m\ s^{-1}$ ☐ $3.6\ m\ s^{-1}$

23- يتم إنتاج موجات مستقرة بواسطة مكبري صوت يُصدران صوتاً بنفس التردد ، عندما يتم نقل الميكروفون بين X و Y مسافة 1.5 m تم اكتشاف 6 عقد و7 بطون ، ما الطول الموجي للموجة الصوتية :



☐ 0.21m ☐ 0.25 m ☐ 0.43 m ☐ 0.50 m

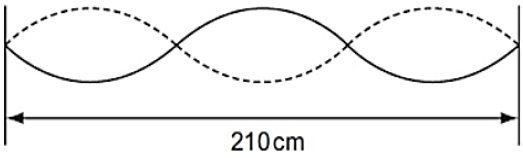
24- يتم إنتاج موجة مستقرة في حبل مشدود بين نقطتي تثبيت على مسافة 1.35m



سرعة الموجات في الحبل $458\ m\ s^{-1}$ ما تردد الموجة الموقوفة :

☐ 1000Hz ☐ 500Hz ☐ 405Hz ☐ 333Hz

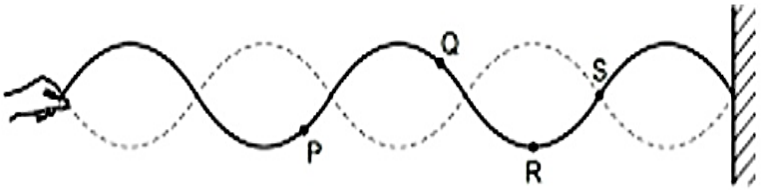
25- موجة مستقرة لها تردد 80.0 Hz على حبل وله 210 cm



سرعة الموجات المنتجة للموجة المستقرة تساوي

☐ 11200 m/s ☐ 5600 m/s ☐ 112 m/s ☐ 56 .0 m/s

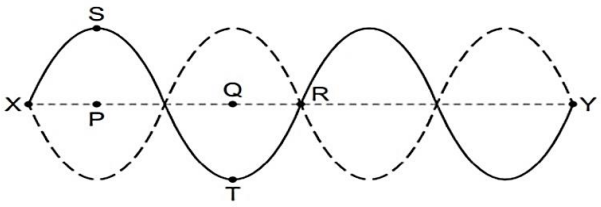
26 -يتم انتاج مستقرة ثابتة بسلسلة ممتدة كما هو موضح بالشكل أي العارات صحيحة حول النقاط في السلسلة:



☐ تهتز النقطة Q بأكبر سعة ☐ النقطتان P,B تهتز بنفس الطور

☐ النقطة S تمثل بطن ☐ المسافة الافقية بين S وR تمثل نصف طول موجي

27- يوضح الشكل وتراً ممتداً بين نقطتين ثابتتين X و Y على الوتر محدثا موجة مستقرة :



أي العبارات صحيحة :

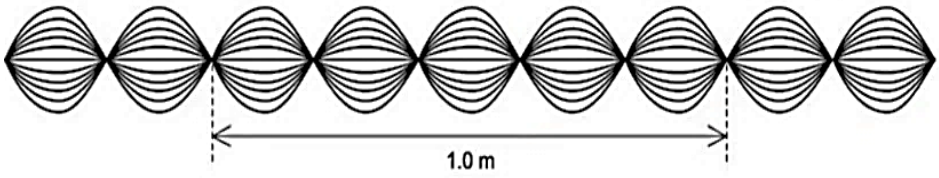
☐بعد فترة زمنية قصيرة النقطة R على الحبل سيكون لها ازاحة

☐النقاط S و T على الحبل تتحركان في اتجاهين متعاكسين

☐المسافة بين P و Q تمثل طول موجي واحد

☐الاهتزاز عند R تكون في الطور مع تلك الموجودة عند S

28- يوضح الرسم نمط الموجة خلال فترة زمنية قصيرة :



ما الوصف الصحيح لهذه الموجة :

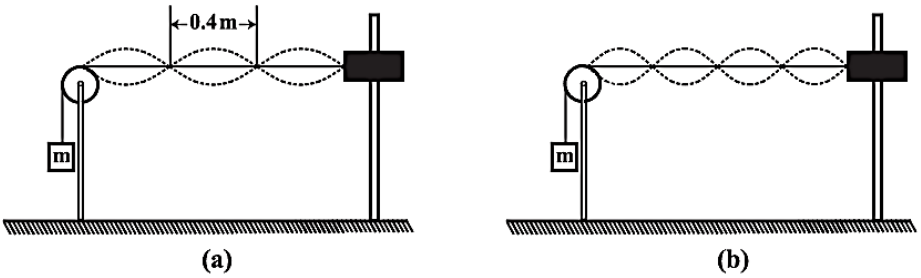
☐الموجة طولية لها طول موجي 20cm وهي أيضا مستقرة

☐الموجة مستعرضة ولها طول موجي 20 cm وهي أيضا مستقرة

☐الموجة مستعرضة ولها طول موجي 40 cm وهي أيضا تقدمية

☐الموجة مستعرضة ولها طول موجي 40 cm وهي أيضا مستقرة

29- موجتان مستقرتان مختلفتان كما في الشكل (a) و الشكل (b) باستخدام أدوات متماثلة ولكن مصدر الموجات له تردد مختلف في الحالتين حيث التردد في الشكل (a) يساوي 24Hz

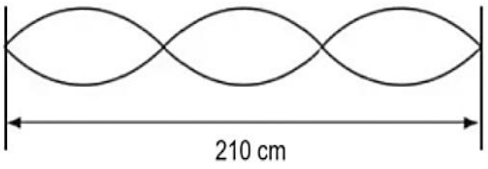


(a) (b)

ما الطول الموجي والتردد في الشكل (b)

الطول الموجي (m)	التردد (Hz)	
0.8	18	☐
0.8	32	☐
0.6	18	☐
0.6	32	☐

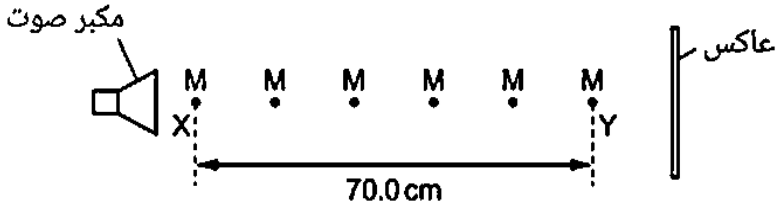
30- موجة ثابتة ترددها 80 Hz على وتر مشدود طوله 210 cm كما بالشكل :



ما سرعة الموجات التى تنتجت هذه الموجة الثابتة :

☐ 56.0 m/s ☐ 112 m/s ☐ 5600 m /s ☐ 11200 m/s

31- تنعكس الموجة الصوتية الصادرة من مكبر الصوت على طول مسارها الاصلي بواسطة عاكس حيث شدة عند النقطة X عند الحد الادنى كما هو موضح بالشكل :

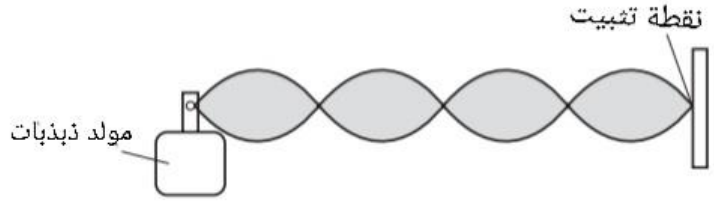


يتم تحريك الميكرفون نحو العاكس ويمر عبر أربعة مستويات دنيا عبر XY =70 cm حتى تصبح الشدة عند Y عند الحد الادنى

ما الطول الموجي للموجات :

☐ 28.0 cm ☐ 23.3 cm ☐ 14.0 cm ☐ 11..7cm

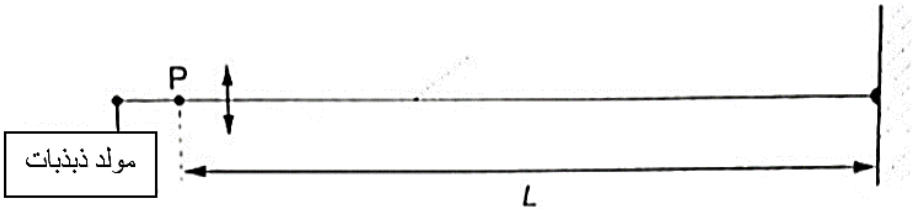
32- يتم مد خيط بين مولد ذبذبات ونقطة ثابتة ، عندما يهتز المولد بتردد f يتم إنشاء موجة ثابتة بخمس عقد على الوتر المشدود كما بالشكل التالي :



يتم زيادة وتيرة الاهتزاز ببطء ، ما التردد التالي الذي ينتج موجة ثابتة على الحبل :

☐ 2.00 f ☐ 1.75 f ☐ 1.50 f ☐ 1.25 f

33- يتم تثبيت خيط من أحد طرفيه ، ويتم ربط الطرف الاخر بمولد ذبذبات ويتم زيادة تردد الهزاز ببطء من الصفر حيث يتم تشكيل سلسلة من الموجات الثابتة ، افترض أنه بالنسبة للنوجة الثابتة توجد عقدة عند النقطة P

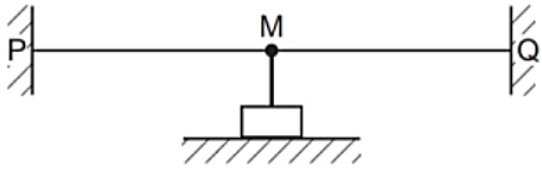


ما الأطوال الموجية الخمسة للموجات الثابتة التي يمكن أن تتشكل :

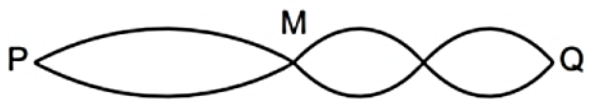
☐ $2\frac{L}{1}, 2\frac{L}{2}, 2\frac{L}{3}, 2\frac{L}{4}, 2\frac{L}{5}$ ☐ $4\frac{L}{1}, 4\frac{L}{2}, 4\frac{L}{3}, 4\frac{L}{4}, 4\frac{L}{5}$

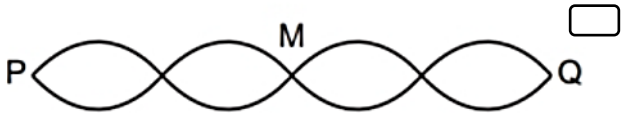
☐ $2\frac{L}{2}, 2\frac{L}{3}, 2\frac{L}{4}, 2\frac{L}{5}, 2\frac{L}{6}$ ☐ $4\frac{L}{1}, 4\frac{L}{3}, 4\frac{L}{5}, 4\frac{L}{7}, 4\frac{L}{9}$

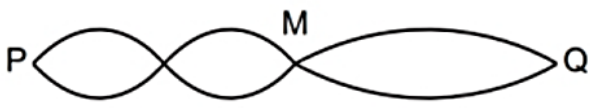
34- يتم تثبيت خيط بين النقطتين P,M وخيط آخر تم تثبته بين النقطتين M,Q حيث تتوسط M النقطتين P و Q

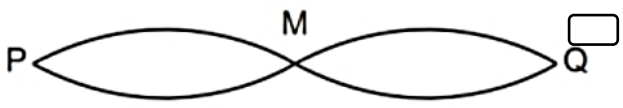


تم ضبط تردد المتذبذب حتى تتشكل موجة موقوفة على كل من السلسلتين حيث سرعة الموجة بين P و M ضعف سرعة الموجة بين M و Q أي رسم بياني يمثل نمط الموجة المستقرة

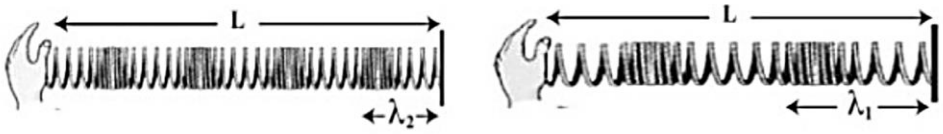
☐ 

☐ 

☐ 

☐ 

35- تنتشر موجات في زنبرك طوله (L) بتردد 3Hz كما في الشكل (a) ، ما مقدار التردد (f) بوحدة الهيرتز لتكوين موجات في الزنبرك نفسه كما في الشكل (b)

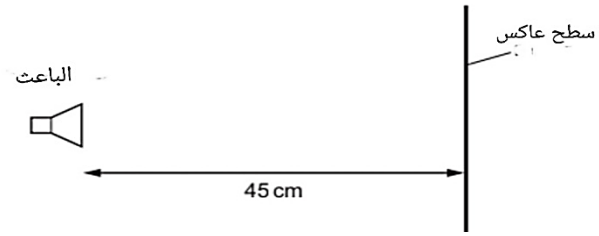


الشكل (a) الشكل (b)

0.56 ☐ 1.5 ☐

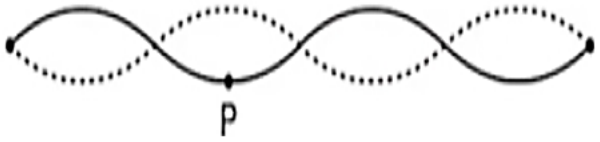
5.4 ☐ 6.0 ☐

36- وُضع جهاز إرسال للموجات الكهرومغناطيسية على مسافة 45 cm من سطح عاكس لها تردد 1.00GHz يتم إنتاج موجة مستقرة بعقدة عند الباعث وعقدة عند السطح ، ما عدد البطون الموجودة في الفراغبين المرسل والسطح :



1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐

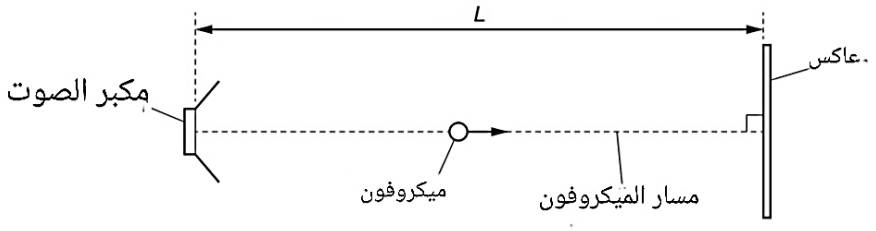
37- تكونت موجة مستقرة على وتر ، يوضح الشكل أدناه الموجة في لحظتين عند أقصى إزاحة لها :



اهتزاز النقطة P على الموجة المسافرة A ، ما المسافة التي تقطعها من موقعها الحالي حتى مرور نصف زمن دوري :

0 ☐ 2A ☐ A ☐ 4A ☐

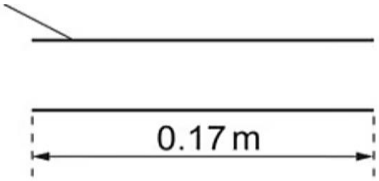
38- يتم وضع مكبر صوت يصدر موجة صوتية ذات تردد واحد على مسافة L من سطح عاكس كما هو موضح بالشكل



تتشكل موجة مستقرة لها بطن عند مكبر الصوت ، يتم نقل الميكروفون من مكبر الصوت الى العاكس قبل أن يصل الميكروفون الى العاكس ، فإنه يكتشف أربع نقاط يكون فيها شدة الصوت عند الحد الأدنى ما هو الطول الموجي للموجة الصوتية :

$\frac{2L}{9}$ ☐ $\frac{2L}{8}$ ☐ $\frac{4L}{9}$ ☐ $\frac{4L}{8}$ ☐

39- أنبوب مفتوح الطرفين تتشكل موجة مستقرة في الانبوب فإذا كان طول الأنبوب 0.17 m وسرعة الصوت في الهواء 340 m/s



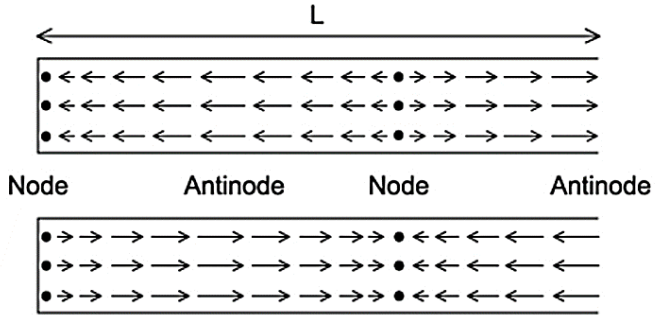
أي صف هو الصحيح لهذه الموجه المستقره :

عدد العقد	تردد الموجة المستقرة / Hz	
1	500	☐
1	1000	☐
2	1000	☐
2	2000	☐

40- يتم إنتاج موجات مستقرة في الهواء داخل انبوب مغلق من أحد طرفيه أي الانماط صحيحاً :

☐ ☐ ☐ ☐

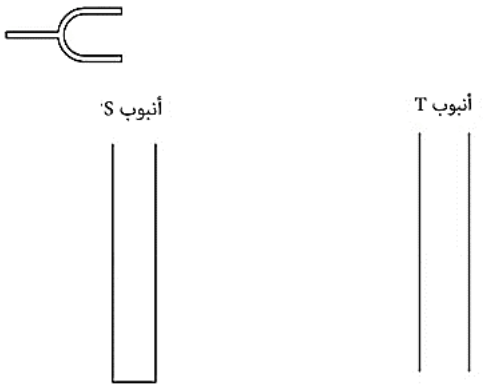
41- تم تشكيل موجة مستقرة فى العمود ، الرسم أدناه يوضح حركة جزيئات الهواء



الرسم البياني الثاني يمثل الازاحة بعد نصف دورة ، ما الموضع الذي سيتغير فيه الضغط بقدر أكبر وما قدر طول العمود بالنسبة للطول الموجي

الحد الأقصى للضغط	النقطتان S وR	
بطن	$\frac{3\lambda}{4}$	☐
عقدة	$\frac{3\lambda}{4}$	☐
بطن	$\frac{3\lambda}{2}$	☐
عقدة	$\frac{3\lambda}{2}$	☐

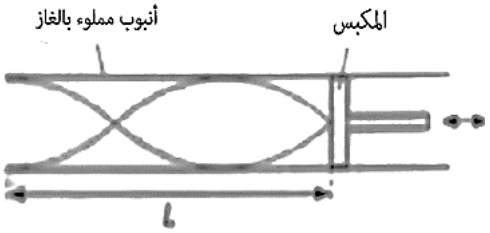
42- كان أحد الطلبة يفحص شوكة رنانة فوق أنبوبين متماثلان في الطول والحجم بإستثناء لأن S مغلق من احدى طرفيه و T مفتوح من الطرفين كما بالشكل



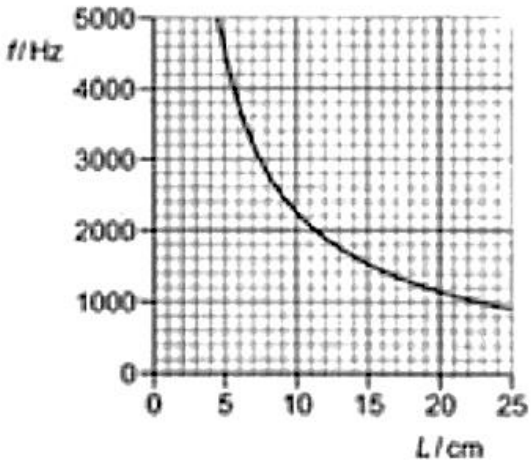
تسبب وضع الشوفة فوق الانبوب S في احداث رنين تردد الهواء بداخله f حيث لم يسجل أي تردد أقل من f ، أي تردد للشكوكة الرنانة يمكن استخدامه لاحداث زنين في الانبوب T

$\frac{3f}{2}$ ☐ 2f ☐ $\frac{2f}{3}$ ☐ $\frac{f}{2}$ ☐

43- تتشكل موجة صوتية مسيقرة في أنبوب مملوء بالغاز طوله L ومغلق من إحدى طرفيه بمكبس يمكن تغيير طول الانبوب عن طريق تحريك المكبس عند طول ما تشكلت موجة مستقرة بها عقدتين و بطنين كما بالرسم



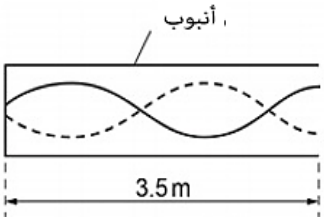
يوضح الرسم البياني تغير الطول مع التردد



ما سرعة الصوت بالانبوب :

340m/s ☐ 300 m/s ☐ 230 m/s ☐ 150 m/s ☐

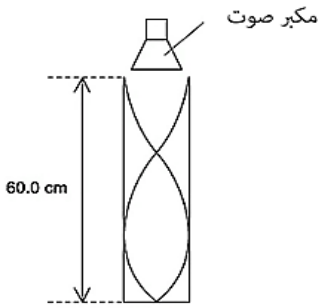
44-تكونت موجة مستقرة داخل أنبوب هوائي حيث كانت سرعة الصوت $340\ m\ s^{-1}$ كما بالشكل أدناه :



تردد الموجة الصوتية يساوي :

☐ 97Hz ☐ 486 Hz ☐ 240 Hz ☐ 120Hz

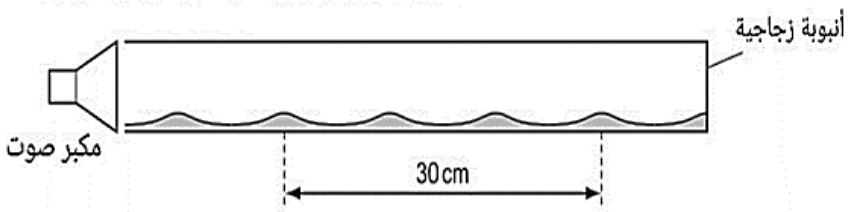
45- يوضح الرسم البياني أدناه موجة صوتية يتم انتاجها في عمود بواسطة مكبر صوت ، سرعة الصوت في الهواء $330\ m\ s^{-1}$ ما تردد الموجة :



☐ 830 Hz ☐ 1650 Hz

☐ 413 Hz ☐ 550 Hz

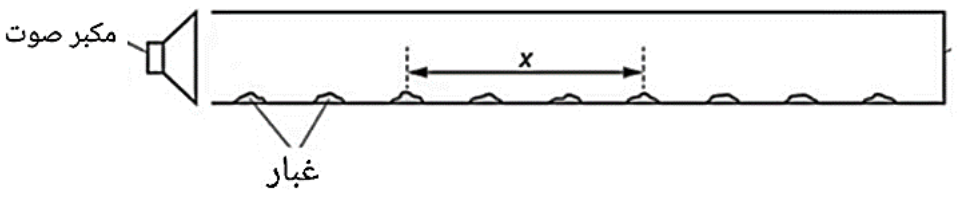
46- أنبوب زجاجي أفقي مغلق من أحد طرفيه ، به طبقة من الغبار موضوعة بداخلة على جانبه السفلي ينبعث صوت من مكبر الصوت الموجود بالقرب من الطرف المفتوح للأنبوب يتغير تردد الصوت وعند تردد واحد تشكلت موجة موقوفة في داخل الانبوب بحيث يشكل الغبار أكواماً صغيرة المسافة بين أربع أكوام 30cm ، سرعة الصوت بالانبوب $330m\ s^{-1}$



ما تردد الصوت المنبعث من مصدر الصوت :

☐ 6600Hz ☐ 3300Hz ☐ 2200Hz ☐ 1650Hz

47- يتم وضع مكبر صوت عند الطرف المفتوح لأنبوب مغلق يحتوي على غبار ، عندما يصدر مكبر الصوت صوتاً تردده 1200 هيرتز تتولد موجة ثابتة في الانبوب ، يتجمع الغبار عند عقد الموجة الثابتة كما هو موضح بالشكل :



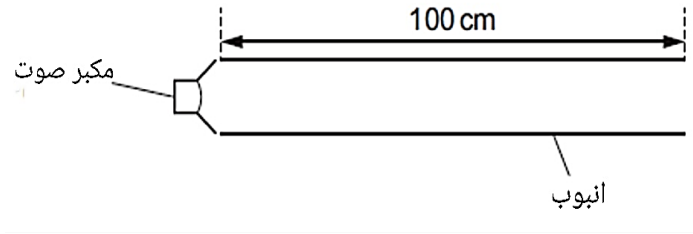
اذا علمت أن سرعة الصوت بالهواء 336m /s ما قيمة المسافة X

☐ 28 cm ☐ 42 cm ☐ 84 cm ☐ 112cm

48- غالبا ما تحتوي الكنائس على الاورجن وهي أنابيب ذات أطراف مفتوحة ومغلقة في أنبوب واحد له طول محدد ، ما نسبة التردد الاساسي الذي يكون كلا طرفيه مفتوحا الى التردد الاساسي عند اغلاق أحد الطرفين :

4:1 ☐ 2:1 ☐ 1:4 ☐ 1:2 ☐

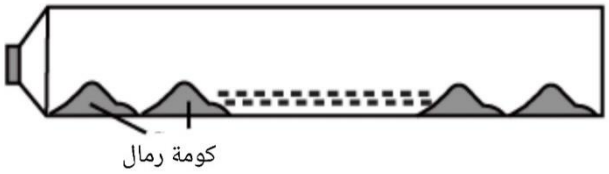
49- أنبوب طوله 100 cm مفتوح من كلا الطرفين ، يمكن لمكبر الصوت أن يصدر صوتاً بأطوال موجية مختلفة عند أي طول موجي يمكن انتاج موجة مستقرة في الانبوب :



300 cm ☐ 150 cm ☐ 75 cm ☐ 50 cm ☐

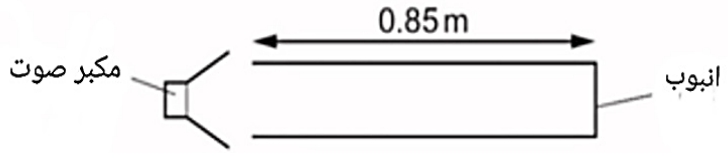
50- أنبوب مغلق طوله 300 cm يحتوي على بعض الرمال ، مكبر صوت اتصل عند احدى نهايتيه ، تردد مكبر الصوت تسبب في 20 كومة من الرمال داخل الانبوب المغلق من الطرف الاخر علما بأن سرعة الصوت بالهواء $300\ m\ s^{-1}$

ما تردد مكبر الصوت :



100KHz ☐ 1KHz ☐ 5 kHz ☐ 10 KHz ☐

51- أنبوب مغلق من أحد طرفيه ، ومكبر صوت من الطرف المفتوح ، تتشكل داخل الهواء بالانبوب موجة مستقرة مع تكون عقدة عند الطرف المغلق وبطن عند المفتوح

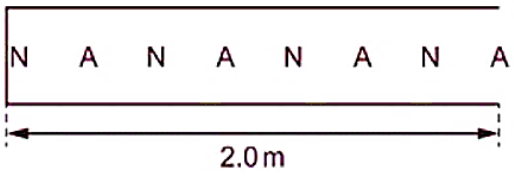


إذا كان طول الانبوب 0.85 m ، وسرعة الهواء داخله 340 m/ s

ما تردد الصوت الصادر من مكبر الصوت الذي لا ينتج موجة مستقرة :

100Hz ☐ 200Hz ☐ 300Hz ☐ 500Hz ☐

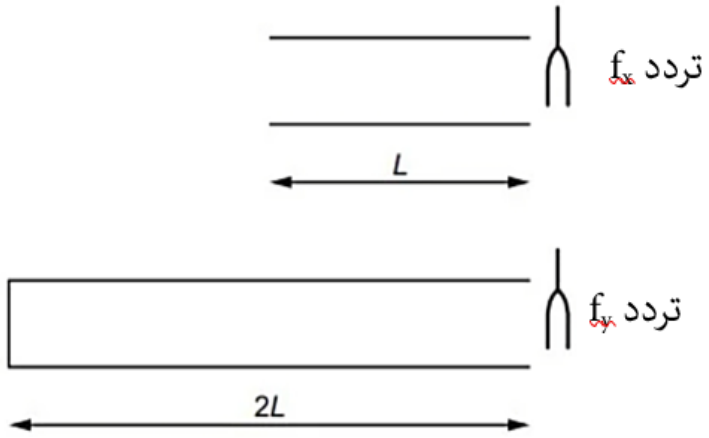
52- أنبوب طوله 2.0 m وهو مفتوح من جهه ومغلق من جهه أخرى ، يتم ‘إنشاء موجة صوتية موقوفة داخل الانبوب أربع عقد (N) وأربع بطون (A) على طول الانبوب :



ما الطول الموجي للموجة الصوتية :

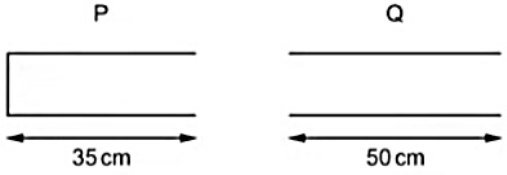
☐ 0.57 m ☐ 1.1 m ☐ 1.3 m ☐ 1.6 m

53- يتم إنشاء موجة مستقرة لها أدنى تردد في أنبوب طوله L عندما تهتز الشوكة بتردد f_x اذا كان مفتوح الطرفين ، أنبوب آخر طوله 2L مغلق من احدى نهايتيه تم إنشاء موجة مستقرة لها أدنى تردد بإستخدام شوكة رنانة ترددها f_y



☐ $f_x = 4f_y$ ☐ $f_x = \frac{f_y}{2}$ ☐ $f_x = 2f_y$ ☐ $f_x = \frac{f_y}{4}$

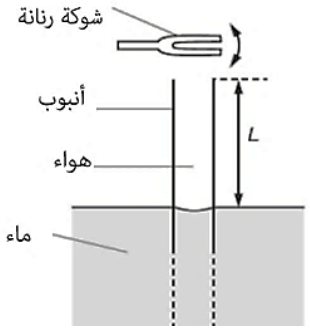
54- تدخل موجات صوتية لها طول موجي 20cm إلى أعمدة هوائية في أنبوب مغلق من أحد أطرافه P وأنبوب مفتوح من طرفيه Q كما بالشكل :



في أي الانابيب تتشكل موجة مستقرة :

☐ لا يتكون بكلاهما ☐ P ☐ Q ☐ P, Q

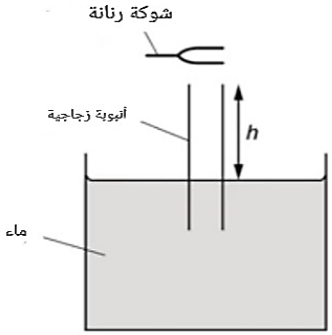
55- يتم وضع شوكة رنانة تهتو فوق الطرف المفتوح لأنبوب عمودي طويل ، ويتم غمر الطرف الاخر من الانبوب المفتوح في خزان ماء ، يتم تغيير طول عمود الهواء داخل الانبوب L عن طريق رفعه وخفضه



الطول الموجي للموجات الصادرة من الشوكة الرنانة 150 cm ما هو طول عمود الهواء L الذي لا ينتج عنه موجة مستقرة داخل الانبوب :

187.5 cm ☐ 112.5 cm ☐ 75 .0 cm ☐ 37.5 cm ☐

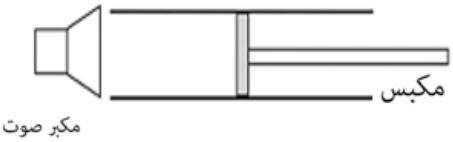
56- اذا تم سماع الرنين الاول عندما كان ارتفاع عمود الهواء 18.8 cm ويمكن سماع الرنين الثاني 56.4 cm علما بأن سرعة الصوت في الهواء $330\ m\ s^{-1}$



ما التردد الصادر من الشوكة الرنانة :

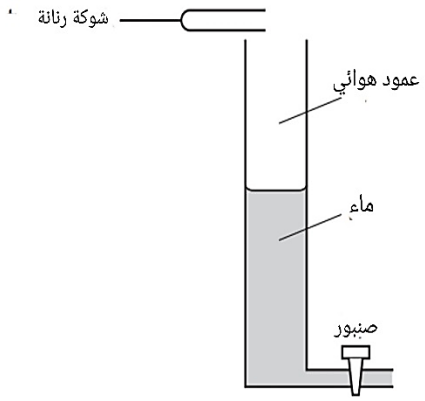
440Hz ☐ 220 Hz ☐ 880 Hz ☐ 660 Hz ☐

57- مكبر صوت يُصدر صوتاً بتردد 2000Hz عند الطرف المفتوح لعمود هوائي مغلق من طرفه الاخر بمكبس غاز ، أثناء تحريك المكبس داخل الانبوب سلسلة من 6 أصوات تم سماعها ، الصوت الاول عندما كان المكبس على بعد 4 cm من نهايه العمود المفتوحة والسادس على يعد 37 cm من النهاية المفتوحة ما سرعة الصوت بالانبوب :



270 $m\ s^{-1}$ ☐ 330 $m\ s^{-1}$ ☐ 370 $m\ s^{-1}$ ☐ 400 $m\ s^{-1}$ ☐

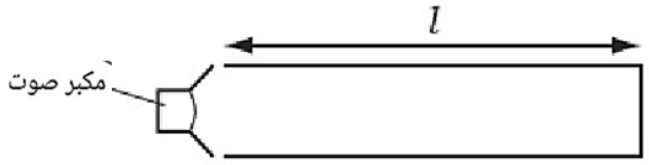
58- يوضح الشكل تجربة لانتاج موجة ثابتة في عمود هوائي ، تهتز الشوكة الموضوعة فوق العمود وتنتج موجة صوتية يمكن تغيير طول العمود الهوائي بتغيير حجم الماء في الانبوب :



يتم ملء الانبوب ، ثم يسمح للمياه بالخروج منه تحدث أول موجتين ثابتتين عندما يبلغ طول العمود الهوائي 0.14 m و 0.42 m ما هو الطول الموجي للموجات

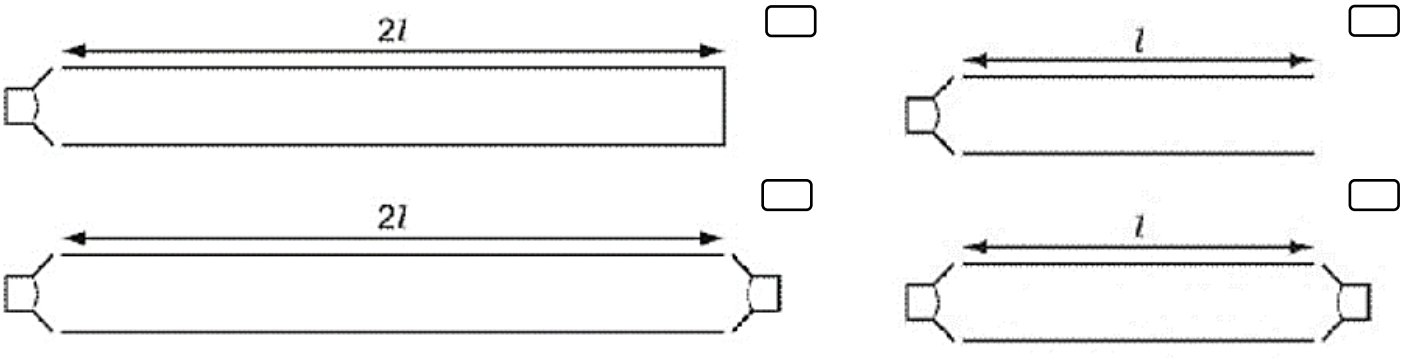
0.56 m ☐ 0.42 m ☐ 0.28 m ☐ 0.14 m ☐

59- مكبر صوت يصدر صوتاً بتردد f يتم وضعه في النهاية المفتوحة لانبوب بطول L مغلق من الطرف الاخر

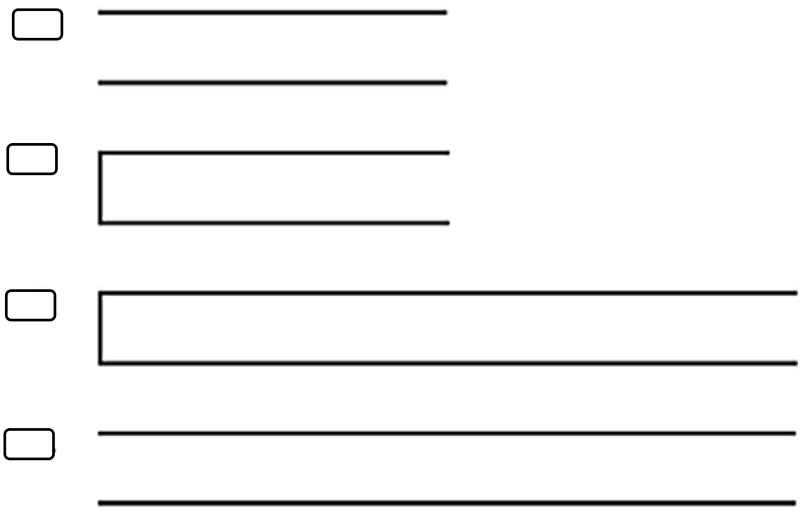


يتم بعد ذلك إعداد سلسلة من الانابيب بمكبر صوت واحد او اثنين من مكبرات الصوت لها تردد f تهتز المكبرات بنفس الطور

أي أنبوب يحتوي على موجة مستقرة

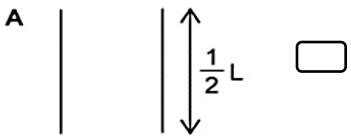


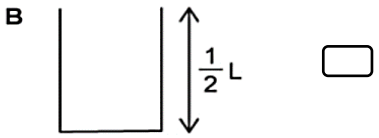
60- تُظهر الرسوم التالية أربعة قطع مختلفة من الارغن (اله موسيقية) تم تصميمها للحصول على موجة مستقرة (أول رنين) أي القطع تعطي أقل تردد ؟

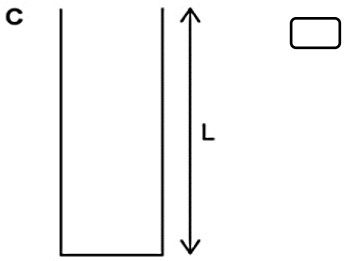


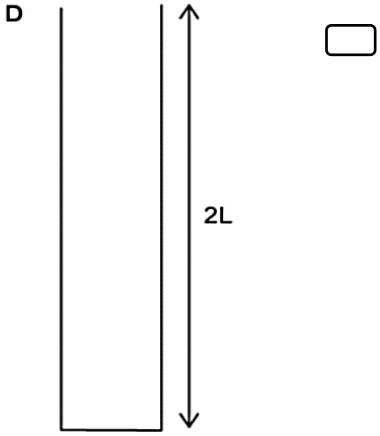
61- تم شد سلك رفيع طوله L بحيث تكون سرعة الموجات على السلك مساوية لسرعة الصوت بالهواء حيث أُنتج بالسلك أول رنين حيث تم استخدامه كمصدر صوت لانتاج نفس الرنين أحد الاعمدة الهوائية

أي الاعمدة تعطي نفس الرنين الحادث بالوتر :

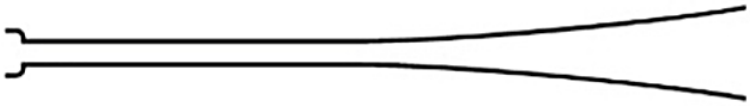








62- اله البوق من آلات النفخ عبارة عن أنبوب طويل ذو لسان طويل والطرف الاخر مفتوح كما هو موضح بالشكل :



تحدث به نغمة ثابتة حيث تتكون عقدة عند اللسان وبطن عند الطرف المفتوح أقل تردد يصدر من البوق هو 92 Hz ما الترددات المختلفة التي يمكن أن يصدرها البوق

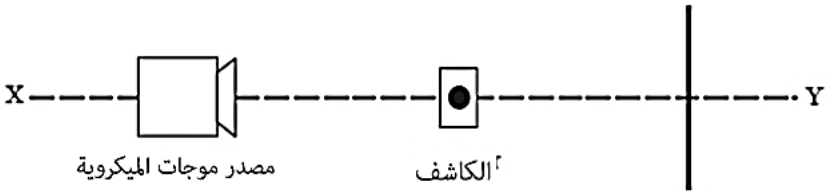
- ☐ 92 Hz, 138 Hz, 184 Hz, 230 Hz, 276 Hz
- ☐ 92 Hz, 184 Hz, 276 Hz, 368 Hz, 460 Hz
- ☐ 92 Hz, 276 Hz, 460 Hz, 644 Hz, 828 Hz
- ☐ 92 Hz, 276 Hz, 828 Hz, 2484 Hz, 7452 Hz

63- أنبوب طوله 2.0 m وهو مفتوح من جهه ومغلق من جهه أخرى ، يتم ٬إنشاء موجة صوتية موقوفة داخل الانبوب أربع عقد (N) وأربع بطون (A) على طول الانبوب :

ما الطول الموجي للموجة الصوتية :

☐ 0.57 m ☐ 1.1 m ☐ 1.3 m ☐ 1.6 m

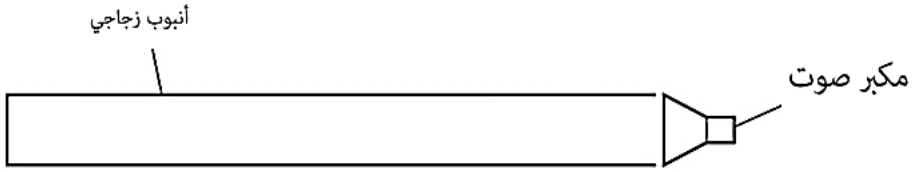
64- يُستخدم مصدر موجات الميكروية لارسال موجات ذات طول موجي 30 mm على طول الخط XY تم وضع عاكس معدني يصنع زاوية قائمة مع الخط XY عند منتصفها كما بالرسم :



عند تحريك الكاشف على طول الخط XY يلتقط حد أدني وحد أقصى من شدة الموجات ، اي العبارات التالية صحيحة :

- ☐ المسافة بين حدين أدنى 15mm
- ☐ المسافة بين حدين أقصى 30 mm
- ☐ المسافة بين حد أقصى وحد أدنى 30 mm
- ☐ المسافة بين حد أقصى وحد أدنى 37.5 mm

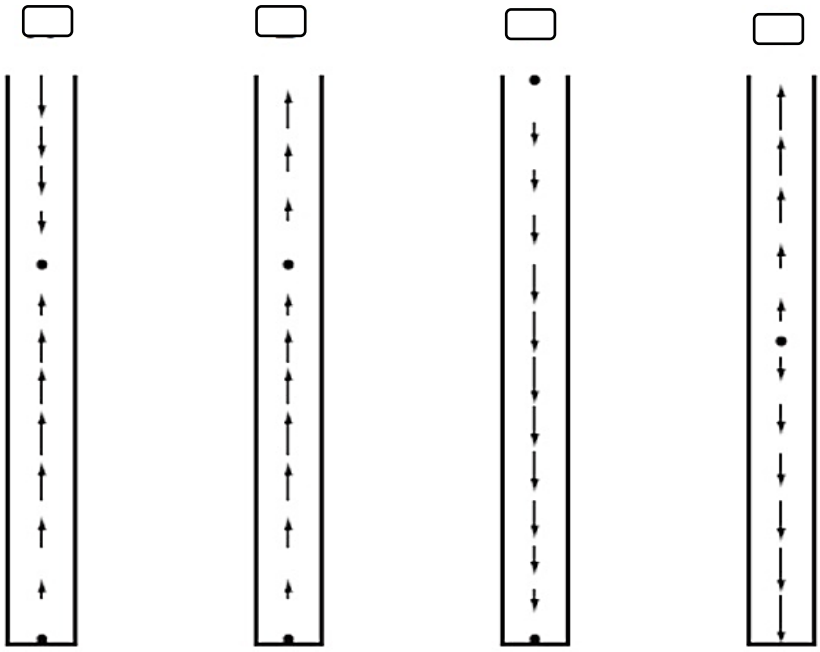
65- أنبوب زجاجي مغلق من أحد طرفيه ويوجد مكبر صوت عند الطرف الاخر كما بالشكل أدناه:



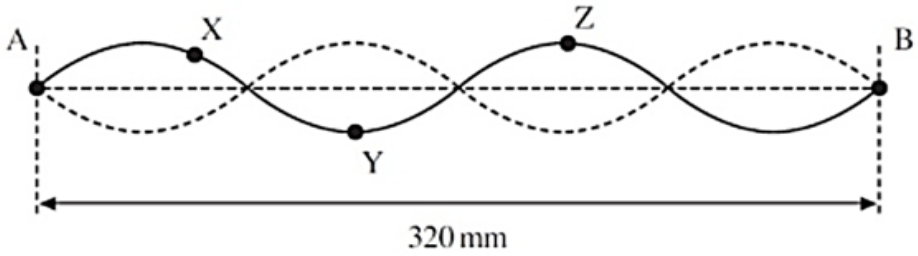
تتشكل موجة ثابتة بعقدة عند الطرف المغلق للأنبوب ، عندما لا توجد عقدة أخرى تردد الصوت f_0 ثم يتم زيادة تردد الصوت ببطئ ما تردد الموجة المستقرة التالية :

$1.25f_0$ ☐ $1.5f_0$ ☐ $2f_0$ ☐ $3f_0$ ☐

66- يتم إنشاء موجة طولية مستقرة في أنبوب مغلق من أحد طرفيه ، حيث يمثل طول كل سهم سعة جزئ من جزيئات الهواء وراسه لاتجاه الحركة في لحظة ما ، أي المخططات تمثل موجة مساقرة تحتوي على عقدتين وبطنين :



1-عندما يتم عزف نوته موسيقية على آله الكمان فإن الصوت الذي تنتجه لحدوث موجة مستقرة بالاوتار كما بالشكل :



I – صف حركة الجسيم X

II – صف فرق الطور بين

X و Y .....

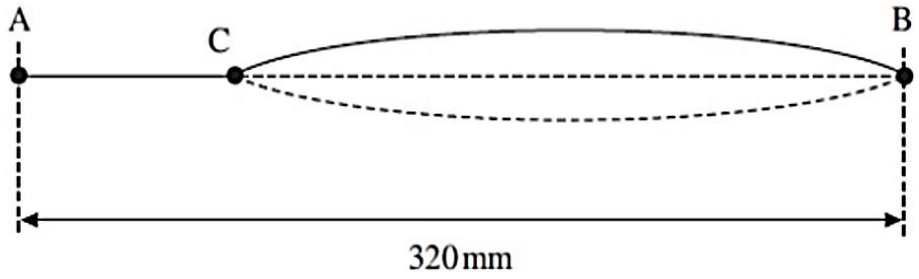
X و Z .....

III – إذا كان تردد النغمة بالشكل 780 Hz

أ- اثبت أن سرعة الموجة المسافرة $125\ m\ s^{-1}$

ب- احسب الزمن الذي تستغرقه النقطة Z على الحبل للتحرك من أقصى ازاحة الى ازاحة صفر

VI – يضغط عازف الكمان على الوتر عند النقطة C لتقصير الجزء الذي يهتز من الوتر يُظهر الشكل أدناه أن الوتر بين B,C يهتز بموجة مستقرة يبلغ طول الوتر كاملاً 320 mm والمسافة BC = 240mm

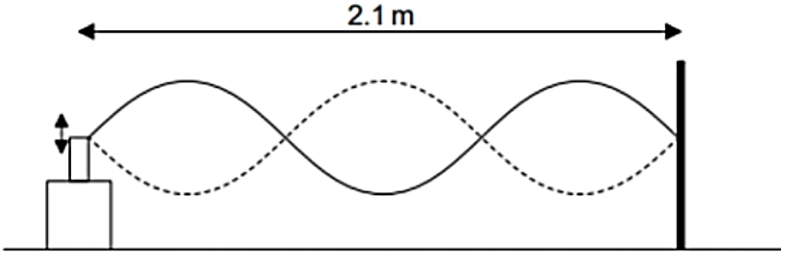


أ – ما اسم النقطة الواقعة على الموجة في منتصف المسافة BC

ب- احسب الطول الموجي للموجة المستقرة

ج- احسب التردد للموجة المسافرة إذا كانت السرعة 125m/s

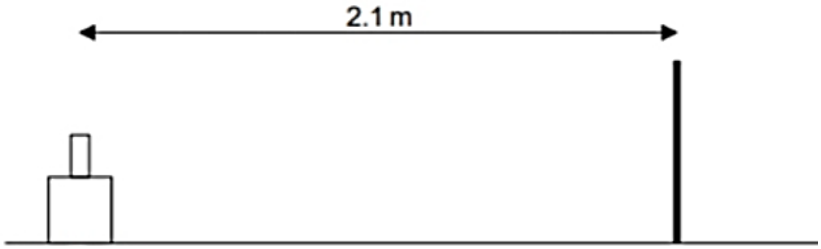
2- يتم توصيل أحد طرفي الخيط بمصدر مهتز والآخر مثبت في حائط ، إذا كان تردد المصدر 360 Hz تتكون موجة مستقرة كما بالشكل على الخيط :



النقطة X هي نقطة غير موضحة على الرسم وتبعد مسافة 10cm من مصدر الاهتزاز

I – اذكر عدد النقاط الاخرى على الموجة والتي لها نفس السعة والطور مثل النقطة X

II – اذا تم تقليل تردد المصدر الى 120 Hz ، ارسم الموجة المستقرة التى يتم تشكيلها على الخيط



2- تم ربط وتر أفقياً بين النقطتين X و Y عند اهتزاز الوتر يحدث موجة مستقرة به :

اذا كانت سرعة الموجة التقدمية 30m/s ، والزمن الدوري لها 40 m s :

I – اشرح كيف تكونت الموجة المستقرة بالوتر

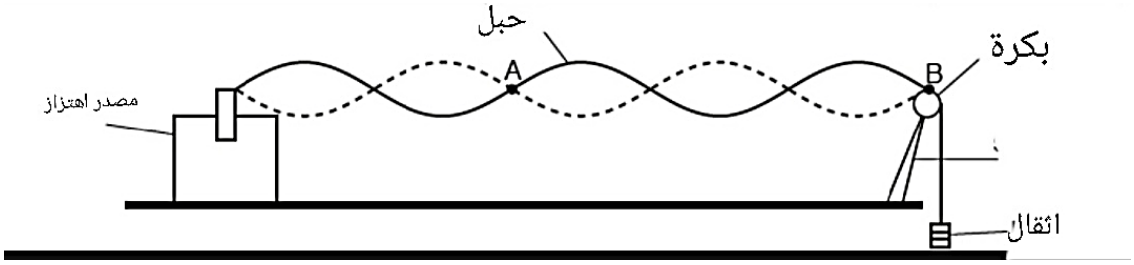
يهتز جرئ على الموجة بسعة 13 mm ، وعند زمن t تكون إزاحته صفر :

II – احسب الازاحة والمسافة عند (t + 100 ms)

III – حدد تردد الموجة VI – احسب المسافة الافقية XY

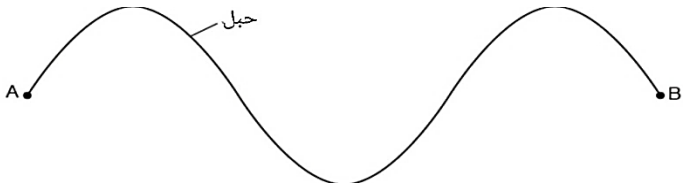
3- أ- اكر الشروط اللازمة لتكوين الموجات المستقرة .

ب- إحدى نهايتي حبل تم ربطها بمصدر اهتزاز و الطرف الاخر ببكرة وأثقال في نهايته كما هو موضح في الشكل 4.1



يتم ضبط اهتزاز المصدر على 250Hz فنتقلت موجة مستعرضة على طول الوتر بسرعة 12 m/s تنعكس الموجة على البكرة وتتشكل موجة مستقرة على الحبل

يُوضح الشكل 4.2 الموجة بين النقطتين A,B في الوقت $t = t_1$



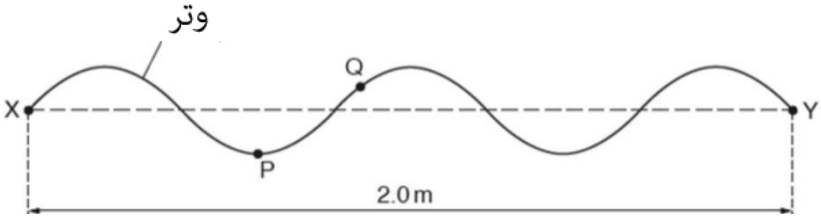
I - عند $t = t_1$ الحبل يحدث ازاحة عظمى ، احسب المسافة AB

II – في الشكل 4.2 حدد موقع الحبل بين A, B في الازمنة التالية:

أ- $t = t_1 + 2.0$ ms (سم الخط P)

ب - $t = t_1 + 5.0$ ms (سم الخط Q)

4- وتر أفقي يُمدد بين نقطتين ثابتتين X و Y وقد جُعل الوتر يهتز رأسياً لتتشكل موجة ثابتة ، في لحظة ما يكون كل جسيم في الموجة في أقصى إزاحة كما هو مبين بالشكل 4.1 :



الجسيمان P و Q على الحبل ، يهتز الحبل بتردد 40 Hz ، المسافة X,Y= 2.0 m

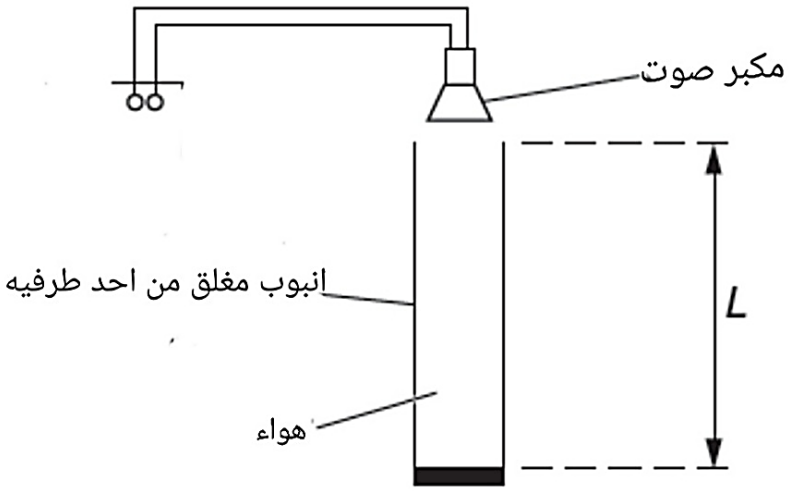
I – حدد عدد البطون في الموجة المستقرة.

II – احسب أقل فترة زمنية يأخذها الجزئ P لكي ينتقل من أدنى نقطة لأعلى نقطة

III – احسب فرق الطور بين اهتزاز الجسيمين P و Q

VI – احسب سرعة الموجة المسافرة في الحبل

5- الشكل أدناه يوضح ترتيباً لإنتاج موجات مستقرة في الهواء في أنبوب مغلق من أحد طرفيه :



مكبر الصوت يُنتج موجة بطول موجي 0.680 m عندقيمة معينة من L تتكون موجات مستقرة

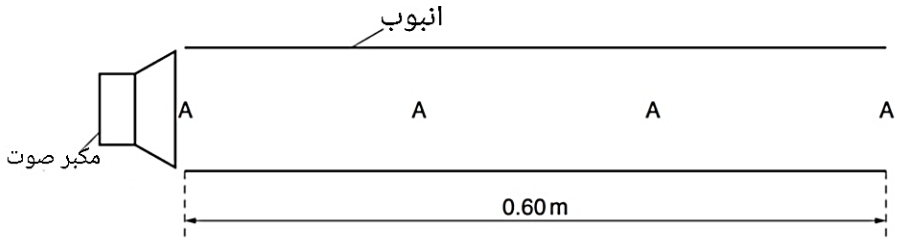
I – تشرح كيف تتكون الموجات المستقرة في العمود الهوائي

يتم ضبط الطول ما بين 0.20 m و 1.00 m

II – حدد قيم L التي يتكون عندها موجات مستقرة

III – في الشكل التالي حدد مواقع العقد والبطون لاقل قيمة للطول L التي تشكل موجة مستقرة

6- أنبوب مفتوح من كلا الطرفين ، يتم وضع مكبر صوت يصدر صوتاً بتردد واحد ، بالقرب من أحد طرفي الانبوب ، كما هو موضح بالشكل :

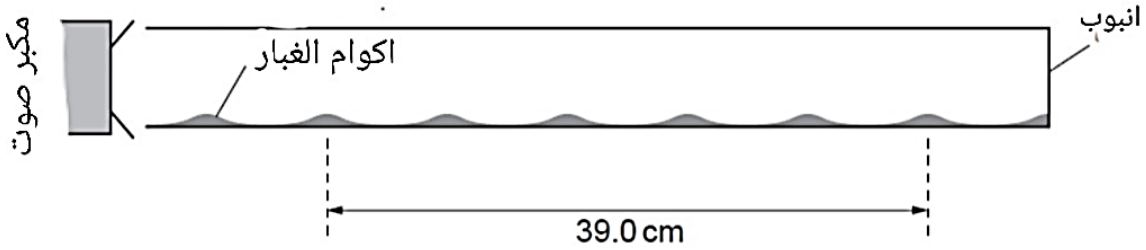


طول الانبوب 60 cm ، وسرعة الصوت فيه 340 m/s عند كل طرف بطن A وبطنين داخله

I – ما المقصود بالبطن
II – حدد المسافة بين البطن والعقدة المجاورة لها
III – حدد للصوت داخل الانبوب (الطول الموجي – التردد)
VI – الحد الأدنى للترد الذى يحدث موجة مستقرة بالانبوب

ب- اذكر الفرق بين الموجة المستقرة والموجة المسافرة من حيث :
I- نقل الطاقة على طول الموجة II- فرق الطور بين جسمين مهتزين متجاورين

7- أنبوب زجاجي مغلق من أحد طرفيه ويتناثر على طوله غبار ناعم ، يتم وضع مصدر صوتي بالقرب من الطرف المفتوح كما هو موضح بالشكل :

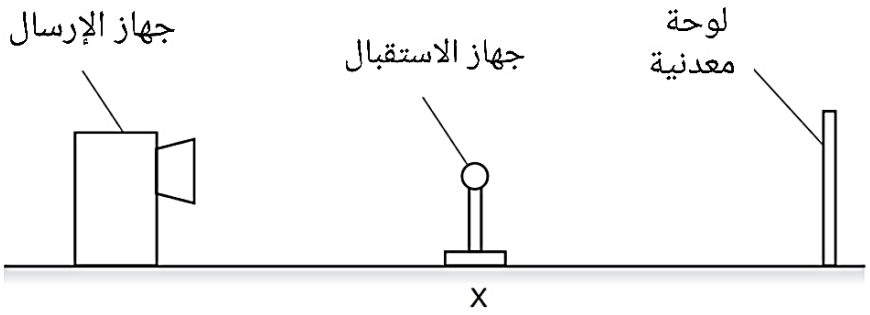


يتنوع تردد الضوء المنبعث من المصدر وعند تردد واحد يشكل الغبار أكواماً صغيرة في الانبوب

أ- اشرح سبب تكون أكوام الغبار
ب- تردد واحد تتكون عنده الاكوام 2.14 Hz ، المسافة بين ست أكوام 39 cm – احسب سرعة الصوت في الانبوب
ج ماذا تعرف عن السرعة المحسوبة في ب

8- أ- اذكر مبدأ التراكب.

ب- يُنتج جهاز الارسال موجات ميكروويف تنتقل في الهواء باتجاه لوحة معدنية، كما بالشكل:



يبلغ الطول الموجي لأفران الميكروويف 0.040 مترا، تتشكل موجة ثابتة بين المرسل واللوحة.

1- اذكر وظيفة اللوحة المعدنية.

2- احسب تردد الموجات الدقيقة بالجيجا هرتز.

التردد=..... جيجا هرتز.

3 - يتم وضع جهاز استقبال الموجات الدقيقة في البداية في الموضع X حيث يكتشف الحد الأدنى من الشدة. يتم نقل بعد ذلك نقل جهاز الاستقبال ببطء بعيدا مباشرة باتجاه اللوحة X .

a. حدد أقصر مسافة من X لجهاز الاستقبال عندما يكتشف حدا أدنى آخر للكثافة.

المسافة = ... مترا.

b. تحديد عدد الشدة القصوى التي يرصدها جهاز الاستقبال أثناء تحركه من X إلى موضع 9.1 سم بعيدا عن X.

الرقم =.....