الموجات الميكانيكية الدورية
أنشطة تجريبية

النشاط التجريبي 1 الموجات الصوتية

بواسطة راسم التذبذب و ميكروفون نعاين موجتين صوتيتين:

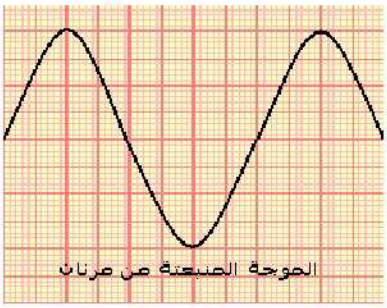
ـ موجة منبعثة من آلة موسيقية :

ـ موجة منبعثة من مرنان Diapason

1 ـ هل هذه الموجات دورية ؟

2 ـ قارن بين الرسمين التذبذبيين المحصلين .

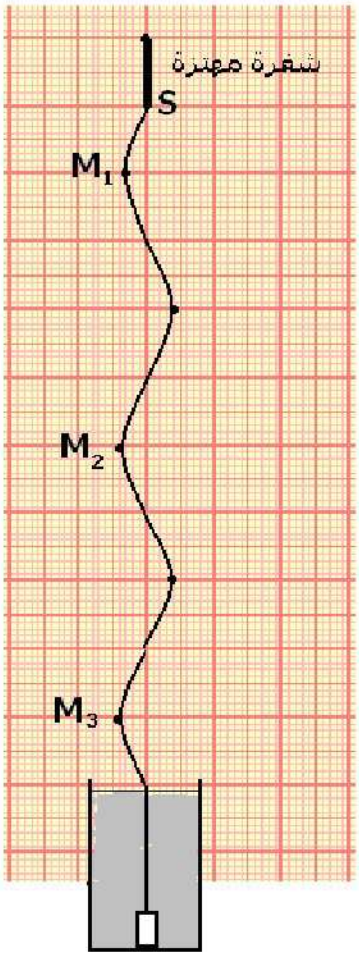
3 ـ علما أن زر الحساسية الأفقية لراسم التذبذب ضبط على القيمة 0,5ms ، أحسب الدور T لكل من الموجتين الصوتيتين واستنتج تردد الموجة الصوتية المنبعثة من المرنان .



النشاط التجريبي 2 الموجات المكانيكية طول الحبل

تتحرك شفرة معدنية تحت تأثير كهرمغنطيس بتردد 100Hz . يتكون وسط الانتشار من حبل مشدود تبث أحد طرفيه بنهاية الشفرة ، بينما يوضع على الطرف الثاني في كأس به ماء لامتصاص الموجة .

نستعمل في هذه التجربة جهاز كهربائي يسمى بالوماض : جهاز إلكتروني يصدر ومضات ضوئية سريعة في مدد زمنية متتالية ومتساوية T_e ، ويحتوي على زر يمكن من تغيير وضبط تردد الومضات ν_e .



نضيء الخيط بواسطة الوماض ونضبط التردد ν_e للومضات على أكبر قيمة تمكن من ملاحظة توقف ظاهري للحبل . في هاته الحالة تردد الوماضات هو تردد حركة الحبل .

نغير قيمة تردد الوماض قليلا بالنسبة للقيمة ν_e : $\nu_e+\varepsilon$ و $\nu_e-\varepsilon$

$\nu_e+\varepsilon$ نلاحظ حركة ظاهرية بطيئة للحبل في المنحى المعاكس لمنحى انتشار الموجة .

$\nu_e-\varepsilon$ نلاحظ حركة ظاهرية بطيئة للحبل في نفس منحى انتشار الموجة .

استثمار

1 ـ كيف هو شكل الحبل في غياب الوماض ؟

2 ـ عند إضاءة الحبل بالوماض وضبط تردد ومضاته على أكبر قيمة حيث نلاحظ توقف ظاهري للحبل . بين أن حركة كل نقطة M من الحبل مستقيمية جيبية ، ترددها مساو لتردد الشفرة المهتزة .

3 ـ الشكل جانبه يمثل مظهر الحبل في لحظة t بالسلم الحقيقي . بحيث يكون على شكل جيبي $y=f(x)$ (دالة جيبية)

والتي تمثل مظهر الحبل في لحظة t . يتميز هذا المنحنى **بدورية مكانية تسمى طول الموجة ويرمز لها ب** λ

1 ـ قس المسافتين M_1M_2 و M_2M_3 و M_1M_3

2 ـ قارن الحالات الاهتزازية للنقط M_1 ، M_2 ، M_3 .

3 ـ أكتب المسافات M_1M_2 و M_2M_3 و M_1M_3 بدلالة λ .

Moutamadris.ma

النشاط التجريبي 3

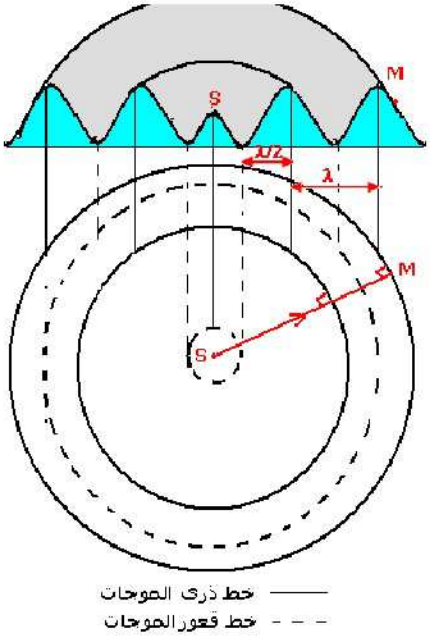
أ ـ الموجة المتوالية الجيبية الدائرية

1 ـ دراسة تجريبية : الموجة المتوالية على سطح الماء

في حوض للموجات يحتوي على ماء سمكه ثابت ، نحدث بواسطة مسمار متصل بهزاز كهربائي ، حركة اهتزازية دائمة أو مصونة ترددها 100Hz . وتفاديا لانعكاس الموجة نكسو جوانب الحوض بالقطن التي يمتصها .

1 ـ ماذا نلاحظ في غياب الوماض ؟

ماذا نلاحظ عندما نضيء سطح الماء بواسطة وماض بحيث نضبط ومضاته على $\nu+\varepsilon$ و $\nu-\varepsilon$ ؟

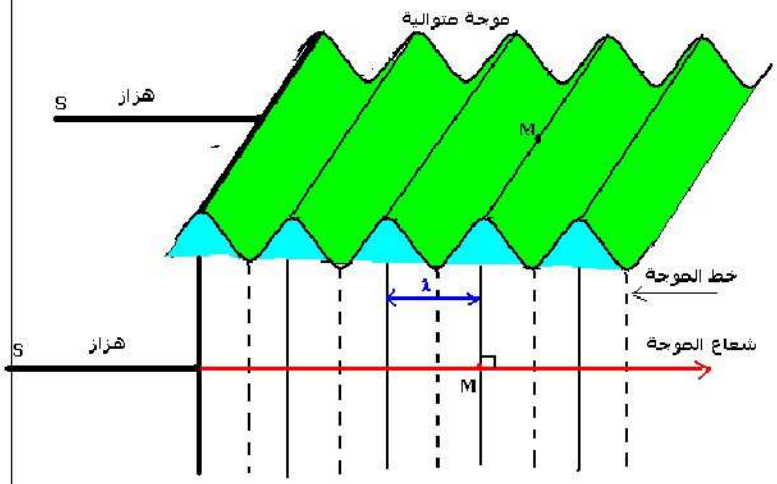


ب ـ الموجة المتوالية المستقيمية

في حوض للموجات يحتوي على ماء سمكه ثابت ، نحدث بواسطة صفيحة أفقية متصلة بهزاز كهربائي حركة اهتزازية دائمة . وتفاديا لانعكاس الموجة ، نكسو جوانب الحوض بالقطن من امتصاصها .

ماذا نلاحظ في غياب الوماض ؟

ماذا نلاحظ عندما نضيء سطح الماء بواسطة وماض بحيث نضبط ومضاته على $\nu+\varepsilon$ و $\nu-\varepsilon$ ؟



النشاط التجريبي 4 : ظاهرة الحيود

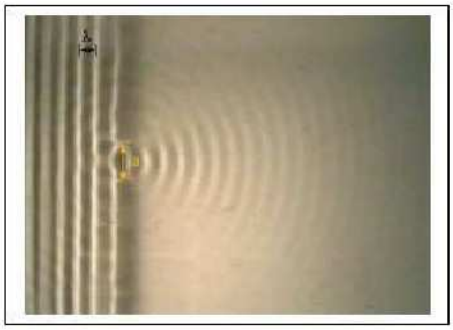
تجربة :

نضع رأسيا في حوض الموجات ، وعلى استقامة واحدة صفيحتين على شكل مستطيل ، مكسوتين بمادة (قطن أو إسفنج) ماصة للموجات الواردة . ونقرب الصفيحتين بحيث نحتفظ بفتحة بينهما عرض الفتحة هو ℓ .

نحدث على سطح الماء ، بواسطة هزاز ، موجة مستقيمية

Photographie 1

Photographie 2



الحالة الأولى : $\ell >> \lambda$.ماذا تلاحظ ؟

الحالة الثانية : $\ell \approx \lambda$. ماذا تلاحظ ؟

Moutamadris.ma

قارن بين طول الموجة الواردة وطول الموجة المحيدة . ماذا تستنتج .

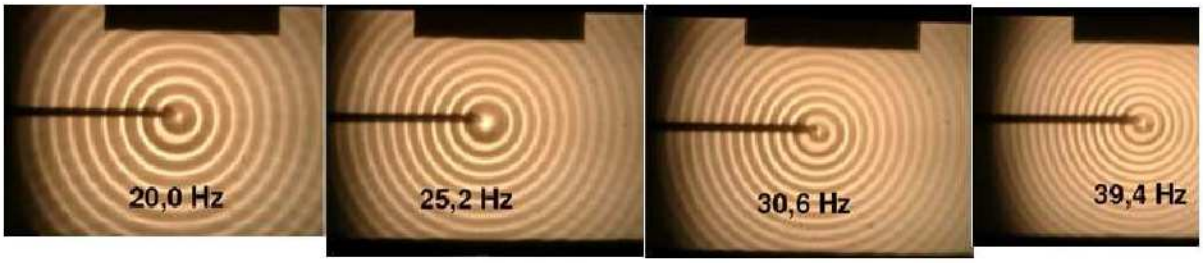
النشاط التجريبي 4 : ظاهرة التبدد

في حوض للموجات يحتوي على ماء سمكه ثابت ، نحدث بواسطة مسمار متصل بهزاز كهربائي ذي تردد قابل للضبط حركة اهتزازية دائمة .

نضيء سطح الماء بوماض ، نضبط تردد ومضاته على تردد يساوي تردد الهزاز فنحصل على توقف ظاهري للموجات المتوالية الدائرية .

نقيس طول الموجة λ بالنسبة لمختلف قيم التردد N ونحسب السرعة V سرعة انتشار الموجة على سطح الماء .

N(Hz)	20,0	25,0	30,0	35,0
4λ(m)	4	3,6	3,2	2,8
λ(m)				
V(m/s)				



ماذا تستنتج ؟

الموجة الميكانيكية المتوالية الدورية

سلسلة التمارين 2

تمرين 1

نعطي سرعة انتشار الصوت في الهواء V=340m/s .

1 ـ يتغير تردد موجة صوتية في الهواء بين قيمتين : $\nu_1 = 20\,Hz$ و $\nu_2 = 20\,kHz$.

حدد مجال تغير طول الموجة الصوتية λ في الهواء .

2 ـ يصدر مرنان صوتا يناسب النوطة الموسيقية La_3 ذات التردد 440Hz . ما طول موجة هذا الصوت .

3 ـ هل تقع ظاهرة الحيود ، للموجة الصوتية في الهواء عبر فتحة عرضها d=80cm في الحالتين التاليتين ؟

ـ موجة صوتية ذات تردد $\nu_1 = 3.10^3\,Hz$

ـ موجة صوتية ذات تردد $\nu_2 = 100\,Hz$

تمرين 2

يحدث هزاز في نقطة S من سطح الماء ، موجة متوالية جيبية ، ترددها $\nu = 200\,Hz$ وسرعة انتشارها V=12m/s .

نعتبر نقطتين M_1 و M_2 من سطح الماء ، موجودتين على التوالي على مسافة :

$d_1=SM_1=9cm$ و $d_2=SM_2=18cm$

1 ـ هل الموجة على سطح الماء طولية أم مستعرضة ؟ علل جوابك .

2 ـ أحسب طول الموجة λ.

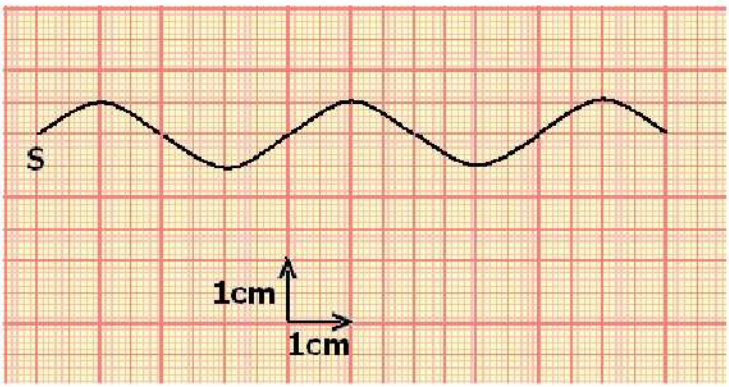
3 ـ قارن حركتي M_1 و M_2 مع حركة المنبع S .

Moutamadris.ma

4 ـ في لحظة تاريخها t توجد النقطة M_1 على مسافة 3mm تحت موضع سكونها ، ما موضع النقطة M_2 بالنسبة لموضع سكونها

تمرين 3

يحدث الطرف S لشفرة مهتزة ، موجة متوالية جيبية ، ترددها ν تنتشر طول الحبل .
نضيء الحبل بوماض، وضبط دور ومضاته على أصغر قيمة ليظهر الحبل متوقفا فنجد $s=0,04s$.
يمثل الشكل أسفله ، مظهر الحبل عند لحظة t .



1 ـ أحسب تردد الموجة
2 ـ أحسب سرعة انتشار الموجة
3 ـ نعتبر أصل التواريخ لحظة بداية اهتزاز المنبع S نحو الأعلى . مثل شكل الحبل عند اللحظتين :
ـ $t_1=40ms$
ـ $t_2=60ms$
4 ـ نضبط تردد الومضات على القيمتين $\nu_{1s} = 26Hz$ و بعد ذلك على القيمة $\nu_{2s} = 24Hz$. كيف يظهر شكل الحبل في كل حالة ؟ علل جوابك .

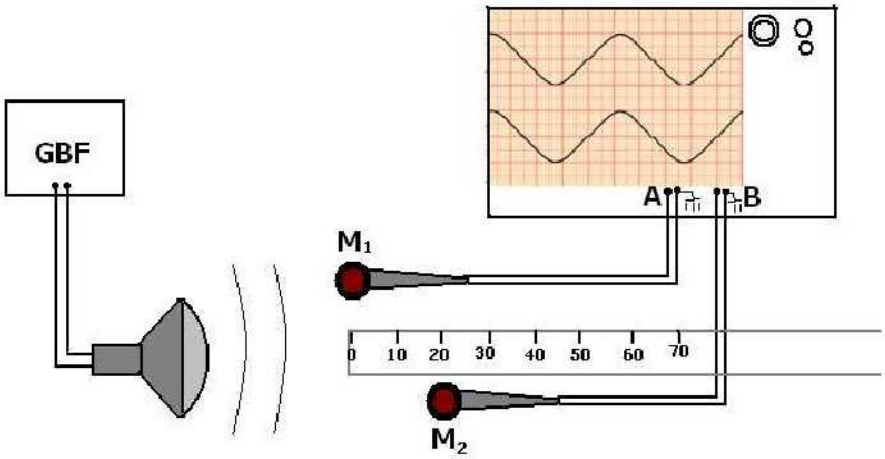
تمرين 4

يحدث هزاز مرتبط بصفيحة S ، موجة متوالية جيبية مستقيمية ، على سطح الماء لحوض الموجات . نضبط تردد الوماض على أكبر قيمة ، تمكن من الحصول على توقف ظاهري لـ الماء ، فنجد $\nu_s = 50Hz$ ونقيس المسافة d الفاصلة بين الخط الأول للموجة والخط الخامس للموجة ، اللذان يوجدان في نفس الحالة الاهتزازية فنجد $d=1,6cm$.
1 ـ أحسب قيم تردد الموجة ν و طول الموجة λ و V_1 سرعة الإنتشار .
2 ـ عند $t_0=0s$ تبدأ الصفيحة المتواجدة عند $x=0$ في الاهتزاز نحو الأسفل ، علما أن القيمة القصوى لوسع حركتها هو 0,2cm .
2 ـ 1 مثل في مستوى عمودي على سطح الماء ، مظهر سطح الماء عند $t=0,04s$.
باستعمال السلم : $1cm \leftrightarrow 0,2cm$ (على الورق المليمتري)
2 ـ 2 مثل مظهر سطح الماء عند اللحظات :
ـ $t_1=0,08s$
ـ $t_2=0,05s$
3 ـ نضع أمام الموجة السابقة حاجزا ، ذا فتحة عرضها ℓ قابل للضبط . حدد شكل والخصائص (λ, V, ν) للموجة بعد الحاجز في الحالتين :
3 ـ 1 $\ell_1 = 0,3cm$
3 ـ 2 $\ell_2 = 1cm$
4 ـ نضبط تردد الوماض على قيمة ν' حيث $(\nu' > \nu)$ فتصبح سرعة الانتشار $V'=0,15m/s$.
قارن قيم V و V' . ماذا تستنتج ؟

تمرين 5

لقياس سرعة انتشار في الهواء ننجز التركيب التالي :

Moutamadris.ma



الصوت المنبعث من مكبر الصوت يلتقطاه ميكروفونين M_1 و M_2 مرتبطين بالمدخلين A و B لراسم التذبذب . نحدد الأفصولين x_1 و x_2 على التوالي للميكروفونين على محور مطابق للمسطرة المدرجة .

1

الأفصول $x_1=x_2=0$.

أحسب تردد الصوت علما أن الحساسية الأفقية هي : 0,1ms/div .

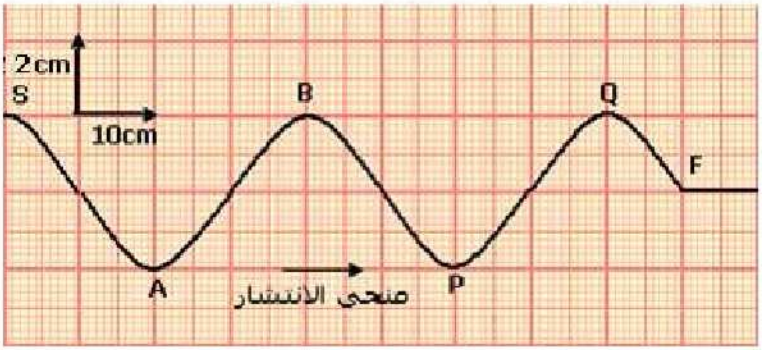
2 ـ نحتفظ بالميكروفون M_1 عند الأفصول $x_1=0$ ، ونحرك M_2 طول المسطرة المدرجة . يلخص الجدول أسفله قيم الأفصول x_2 للميكروفون M_2 ، عندما يظهر الرسمان التذبذبيان على توافق في الطور على الشاشة .

N°	1	2	3	4	5
x_2(cm)	17,0	34,0	51,0	68,0	85,0

2 ـ 1 ما هي قيمة طول الموجة التي يمكن استنتاجها من هذه القياسات ؟

2 ـ 2 استنتج قيمة السرعة المتوسطة للصوت في الهواء .

تمرين 6



تمثل الوثيقة جانبه مظهر حبل في لحظة تاريخها $t_1=45ms$.

1 ـ 1 أعط اسم النقطة F .

1 ـ 2 عين مبيانيا طول الموجة λ

1 ـ 3 أحسب سرعة انتشار الموجة طول الحبل واستنتج دورها .

1 ـ 4 حدد منحى S عند أصل التواريخ $t=0$.

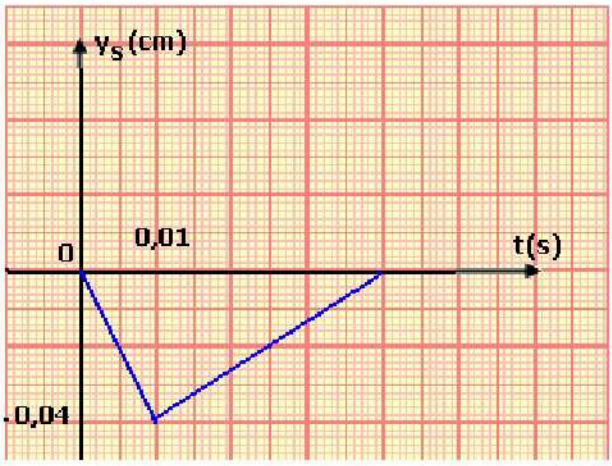
2 ـ قارن حركة النقطتين S و P ثم S و Q معللا جوابك .

3 ـ مثل في نفس نظمة المحورين تغيرات استطالتي النقطتين S و A .

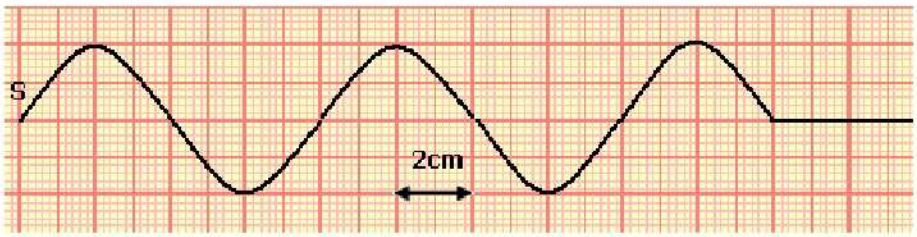
تمرين 7

I ـ نحدث في لحظة تاريخها $t=0$ ، بالطرف S لحبل مرن إشارة مستعرضة . تنتشر هذه الإشارة طول حبل بسرعة C=m/s . يمثل الشكل (1) تغير الاستطالة y_S للمنبع S بدلالة الزمن

Moutamadris.ma



1 ـ عين مدة هذه الإشارة .
2 ـ أحسب طول هذه الإشارة .
3 ـ مثل مبيانيا بدلالة الزمن ، الاستطالة y_M لنقطة M من الحبل تبعد عن الطرف S بمسافة d=32cm .
(نختار نفس السلم المستعمل في الشكل
II ـ نوصل الطرف S للحبل بهزاز يصدر موجات متوالية جيبية ترددها N . تنتشر هذه الموجات طول الحبل بدون إخماد وبدون انعكاس بسرعة C=4m/s
نتخذ اللحظة التي بدأت فيها حركة الهزاز أصلا للتواريخ t=0 .
يمثل الشكل (2) مظهر الحبل عند اللحظة التي تاريخها t_1 .



1 ـ عين طول الموجة λ ، واستنتج قيمة التردد N .
2 ـ حدد التاريخ t_1 .
3 ـ قارن حركتي النقطتين P و Q من الحبل حيث SP=8cm و SQ=20cm . علل جوابك .

Moutamadris.ma

تصحيح تمارين السلسلة 2
الموجة الميكانيكية المتوالية الجيبية

تمرين 1

1 ـ مجال تغير طول الموجة الصوتية في الهواء :

$$\nu_1 \le \nu \le \nu_2 \Rightarrow \frac{1}{\nu_2} \le \frac{1}{\nu} \le \frac{1}{\nu_1} \Rightarrow \frac{V}{\nu_2} \le \frac{V}{\nu} \le \frac{V}{\nu_1}$$

$$\lambda_2 \le \lambda \le \lambda_1 \Rightarrow 0,017m \le \lambda \le 17m$$

2 ـ طول موجة المرنان الذي يصدر صوتا يناسب La_3 :

$$\lambda = \frac{V}{\nu} \Rightarrow \lambda = \frac{340}{440} = 0,773m$$

3 ـ ظاهرة الحيود :

الحالة الأولى : $\nu_1 = 3.10^3 Hz$ وعرض الفتحة d=80cm

حساب $\lambda_1 = \frac{340}{3.10^3} = 0,113m$ يلاحظ أن $\lambda_1 \ll d$ أي لايحدث حيود الموجة الصوتية .

الحالة الثانية : $\nu_1 = 100Hz$ وعرض الفتحة d=80cm

حساب $\lambda_2 = \frac{340}{100} = 3,40m$ يلاحظ أن $\lambda_1 \gg d$ أي يحدث حيود الموجة الصوتية .

تمرين 2

1 ـ الموجة على سطح الماء مستعرضة (أنظر الدرس)

2 ـ حساب طول الموجة :

$$\lambda = \frac{V}{\nu} \Rightarrow \lambda = \frac{12}{200} = 0,06m = 6cm$$

3 ـ مقارنة حركتي M_1 و M_2 مع المنبع S :

$\frac{SM_1}{\lambda} = \frac{9}{6} = \frac{3}{2} \Rightarrow SM_1 = \frac{3\lambda}{2}$ لنحسب $SM_1 = 9cm$

أي أن M_1 و S يهتزان على تعاكس في الطور .

$\frac{SM_2}{\lambda} = \frac{18}{6} = 3 \Rightarrow SM_2 = 3\lambda$ لنحسب $SM_2 = 18cm$

أي أن M_2 و S يهتزان على توافق في الطور .

4 ـ موضع النقطة M_2 بالنسبة لموضع سكونها :

بما أن M_1 و M_2 يهتزان على تعاكس في الطور في لحظة t تكون استطالة النقطة M_1 عي $y_{M1}(t)=-3mm$ ، في نفس اللحظة تكون استطالة النقطة M_{M2} : $y_{M2}(t)=-y_{M1}(t)$ أي أن النقطة M_2 توجد على مسافة 3mm فوق موضع سكونها

تمرين 3

1 ـ حساب تردد الموجة :

بما أن الحبل يظهر متوقفا عند إضاءته بالوماض حيث دور ومضاته ضبطت على أصغر قيمة $_S$ والذي يساوي دور المنبع S أي أن $T=T_S$. وبالتالي فإن

$$\nu = \frac{1}{T_S} \Rightarrow \nu = 25Hz$$

2 ـ حساب سرعة انتشار الموجة :

نعلم أن $\lambda = \frac{V}{\nu} \Rightarrow V = \lambda.\nu$

نحدد طول الموجة انطلاقا من مظهر الحبل :

$$\lambda = 4 \times 1cm = 4cm = 0,04m$$

Moutamadris.ma

وبالتالي فإن سرعة انتشار الموجة :

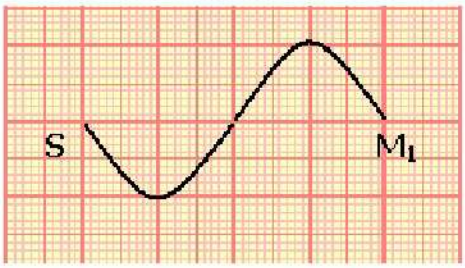
$$V = \lambda.\nu \Rightarrow V = 0,04 \times 25 = 1m/s$$

3 ـ نعتبر أصل التواريخ لحظة بداية اهتزاز المنبع S نحو الأعلى .

مظهر الحبل عند اللحظة $t_1=0,04s$ ، المسافة التي قطعتها الموجة خلال هذه المدة هي :

$$d_1 = V.t_1 \Rightarrow d_1 = 0,04m = 4cm$$

$$\frac{d_1}{\lambda} = 1 \Rightarrow d_1 = \lambda$$

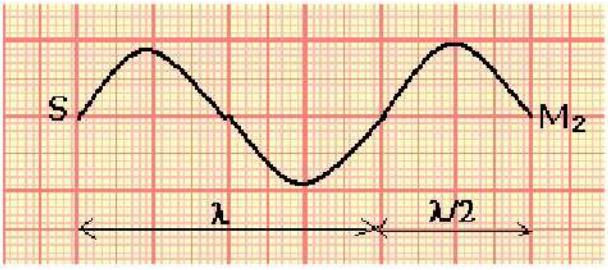


بما أن لحظة بداية اهتزاز المنبع S نحو الأعلى فإن مقدمة الموجة تعيد نفس حركة S بتأخر زمني وستهتز نحو الأعلى وبالتالي سيكون مظهر الحبل في هذه اللحظة .

مظهر الحبل عند اللحظة $t_2=0,06s$:

$$d_2 = V.t_2 \Rightarrow d_2 = 0,06m = 4cm$$

$$\frac{d_2}{\lambda} = 1,5 \Rightarrow d_2 = \lambda + \frac{\lambda}{2}$$



بنفس الطريقة نمثل مظهر الحبل في اللحظة t_2 :

4 ـ الحركة الظاهرية للحبل :

$\nu_{1S} = 26Hz > \nu_S$ فإن الحركة الظاهرية للحبل بطيئة وهي في منحى معاكس للمنحى الحقيقي لانتشار الموجة طول الحبل.

$\nu_{2S} = 24Hz < \nu_S$: نلاحظ حركة ظاهرية بطيئة للحبل بحيث تنتشر الموجة في نفس منحى انتشار الموجة.

تمرين 5 قياس سرعة انتشار الصوت في الهواء .

1 ـ حساب تردد الصوت باعتبار أن الحساسية الأفقية هي : 0,1ms/div لدينا حسب الشكل المحصل على شاشة راسم التذبذب :

$$T = 5 \times 0,1.10^{-3}s = 5.10^{-4}s$$

$$\nu = \frac{1}{T} = 2kHz$$

2 ـ طول الموجة الممكن استنتاجه من جدول القياسات :

حسب جدول القياسات لدينا :

$$d_2 = x_2 - x_1 = 17.0cm$$

$$d_3 = x_3 - x_1 = 34cm$$

.

.

$$d_5 = x_5 - x_1 = 85,0cm$$

في كل حالة يظهر الرسمان على شاشة راسم التذبذب على توافق في الطور أي أن

$$d_i = M_1M_i = k\lambda \quad 1 \le k \le 5$$

$$d_2 = M_1M_2 = \lambda = 17,0cm$$

$$d_3 = M_1M_3 = 2\lambda = 34,0cm$$

وبالتالي فإن $\lambda = 17cm$

3 ـ قيمة السرعة المتوسطة للصوت في الهواء :

$$V = \lambda\nu \Rightarrow V = 0,17 \times 2.10^3 = 340m/s$$

Moutamadris.ma

تمرين 6

1 ـ اسم النقطة F

تسمى النقطة F مقدمة الموجة .

2 ـ 1 تعيين طول الموجة :

حسب المبيان $\lambda = 40cm$

3 ـ 1 حساب سرعة انتشار الموجة والدور T :

عند اللحظة t_1 ، قطعت الموجة المسافة SF أي أن $C = \frac{SF}{t_1} = \frac{90.10^{-2}}{45.10^{-3}} = 20m/s$

يعبر عن دور اهتزازت الحبل بالعلاقة التالية :

$$T = \frac{\lambda}{C} \Rightarrow T = 20ms$$

4 ـ 1 منحى حركة S عند أصل التواريخ :

نلاحظ حسب مظهر الحبل أن F مقدمة الموجة تنتقل نحو الأعلى . وبما أن جميع نقط الحبل تعيد نفس حركة المنبع ، نستنتج أن منحى حركة S عند t=0 يكون نحو الأعلى .

2 ـ مقارنة حركتي S و P :

حسب الشكل المبياني لدينا : $SP = \frac{3\lambda}{2}$ أي أنها على شكل : $SP = \frac{(2k+1)\lambda}{2}$

إذن S و P يهتزان على تعاكس في الطور .

مقارنة حركتي S و Q

من خلال الشكل يتبين أن $SQ = 2\lambda$ أي على شكل $SQ = k\lambda$ وباتالي فإن S و Q يهتزان على توافق في الطور .

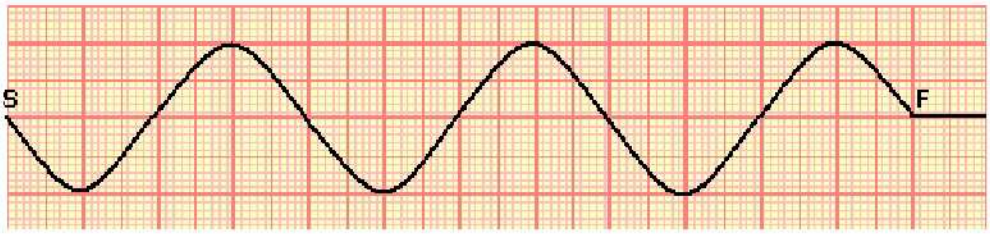
3 ـ تمثيل مظهر الحبل عند اللحظة t_2 :

عند اللحظة t_2 تقطع المقدمة الموجة المسافة

$$SF = C.t_2 = 1,2m = 120cm$$

$$SF = 3\lambda$$

وبالتالي يكون أعداد أطوال الموجة بين S و F هو 3



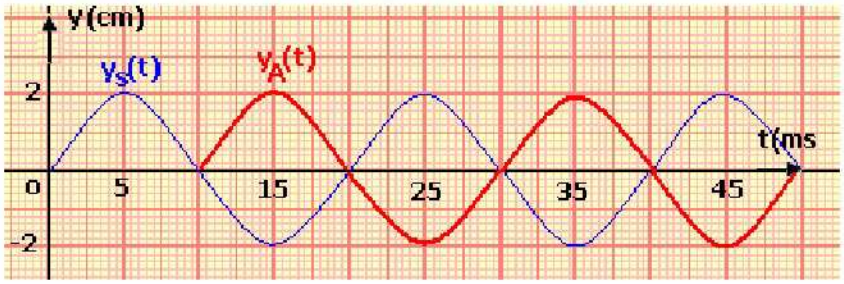
4 ـ تمثيل استطالتي

النقطتين S و A بدلالة الزمن :

يتطلب تمثيل استطالة S بدلالة الزمن معرفة :

- شكل المنحنى : جيبي
- وسع الحركة : مبيانيا a=2cm
- دور الحركة : T=20ms
- تاريخ بداية حركة S : t=0
- منحى انتقال S لحظة بداية حركته : نحو الأعلى .

Moutamadris.ma



بالنسبة للنقطة A فإنها تعيد نفس حركة S بعد مرور المدة

$$\theta = \frac{SA}{C} = 10ms$$

أي أن A تعيد نفس حركة S بتأخر زمني 10ms بالنسبة لـ S :

A و S يهتزان على تعاكس في الطور .

تمرين 7

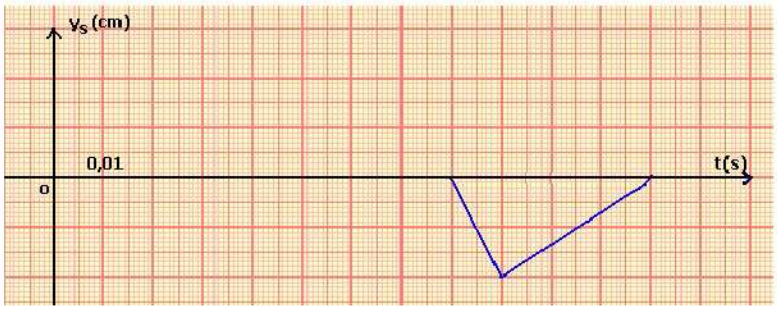
I ـ تعيين مدة الإشارة

حسب الشكل (1) ، المدة الزمنية التي تستغرقها الإشارة هي : $\tau = 0,01 \times 4 = 4.10^{-2} s$

2 ـ حساب طول الإشارة :

لدينا : $\ell = C.\tau$ أي أن $\ell = 1,6.10^{-1} m$

3 ـ تمثيل مبيان y_M بدلالة الزمن :



لدينا أن $y_M(t) = y_S(t-\theta)$ مع أن

$\theta = \frac{d}{C} = 8.10^{-2} s$ وهي تمثل التأخر الزمني .

نترجم هذه العلاقة مبيانيا بإزاحة المنحنى y_S بالتأخر الزمني θ .

II ـ 1 تعيين λ واستنتاج N :

حسب الشكل لدينا $\lambda = 4 \times 2cm = 8.10^{-2} m$

وحسب العلاقة $\lambda = \frac{C}{N} \Rightarrow N = \frac{C}{\lambda}$ وبالتالي فإن N=50Hz

2 ـ تحديد التاريخ t_1 :

حسب الشكل (2) الذي يمثل مظهر الحبل في اللحظة ذات التاريخ t_1 وباعتبار أن اللحظة التي بدأ فيها حركة الهزاز أصلا للتواريخ نلاحظ أن مطلع الإشارة قطع المسافة

$$d = 5.\frac{\lambda}{2} = C.t_1 \Rightarrow t_1 = \frac{5}{2}.\frac{\lambda}{C} \Rightarrow t_1 = \frac{5}{2N} = 5.10^{-2} s$$

3 ـ مقارنة حركتي P و Q

لمقارنة حركتي P و Q نقارن المسافة الفاصلة بينهما وطول الموجة λ :

لدينا SQ-SP=12cm و $\lambda = 8cm$

بحيث أن $SQ - SP = \frac{3\lambda}{2}$ على شكل $SQ - SP = (2k+1)\frac{\lambda}{2}$ مع k=1 وبالتالي نستنتج أن P و Q تهتزان على تعاكس في الطور .

Moutamadris.ma