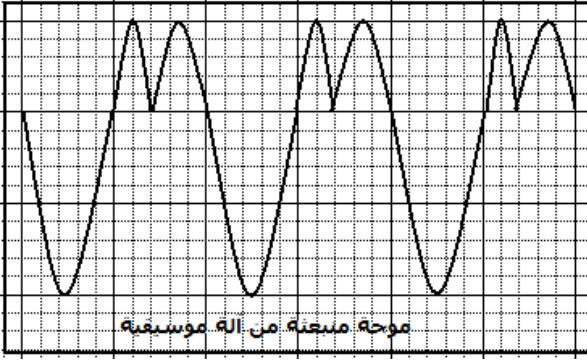


الموجات الميكانيكية المتوالية الدورية

الموجات الميكانيكية المتوالية الدورية Les ondes mecaniques progressives periodiques



I – الموجة الميكانيكية المتوالية الدورية النشاط التجريبي 1 الموجات الصوتية

بواسطة راسم التذبذب و ميكروفون نعاين موجتين صوتيتين:

– موجة منبعثة من آلة موسيقية :

– موجة منبعثة من مرنان Diapason

1 – هل هذه الموجات دورية ؟

الموجة المنبعثة من آلة موسيقية دورية

ونفس الشيء بالنسبة

للموجة المنبعثة من المرنان .

الموجات الصوتية موجات ميكانيكية متوالية ودورية .

لأن التشوه الحاصل لكل نقطة من وسط الانتشار يتغير بشكل دوري مع الزمن .

2 – قارن بين الرسمين التذبذبيين المحصلين .

الموجة المنبعثة من الآلة الموسيقية موجة ميكانيكية

متوالية دورية بينما الموجة المنبعثة من المرنان هي

موجة متوالية دورية **جيبية** . لأن تغير التشوه هو

عبارة عن دالة زمنية بالنسبة للزمن t .

3 – 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 .

* الموجة الصوتية المنبعثة من الآلة الموسيقية :

$$T=2,0,5 \cdot 10^{-3}s=10^{-3}s$$

* الموجة المنبعثة من المرنان : $T=2 \cdot 10^{-3}s$.

نسمي T بالدورية الزمنية للموجة الميكانيكية المتوالية .

II – الموجة الميكانيكية المتوالية الجيبية

1 – الدورية المكانية لموجة صوتية

نشاط تجريبي :

يعطي الباعث E موجات فوق صوتية متوالية وجيبية ، بحيث ضبط تردده على قيمة تساوي $N=40kHz$.

نضع المستقبلين R_1 و R_2 جنبا إلى جنب .

نثبت المستقبل R_1 و نبعد المستقبل R_2 من الباعث E طول المسطرة المدرجة ، ماذا نلاحظ على

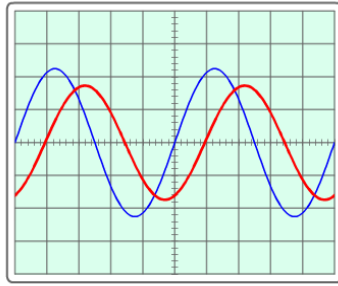
شاشة راسم التذبذب :

1 – عندما يكونا المستقبلين جنبا إلى جنب ؟

2 – عندما نبعد المستقبل R_2 من الباعث بشكل تدريجي ؟

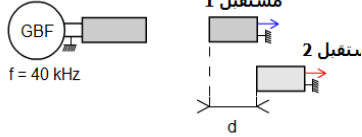
الموجات الميكانيكية المتوالية الدورية

عندما يكونا المستقبلين جنباً إلى جنب نلاحظ :
عندما نبعث المستقبل R_2 من الباعث بشكل تدريجي ، نلاحظ

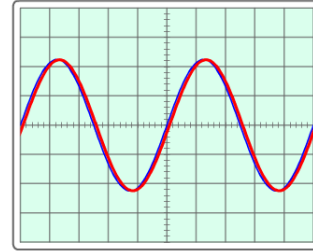


$b = 5 \mu\text{s/div}$

باعث لموجات
فوق صوتية

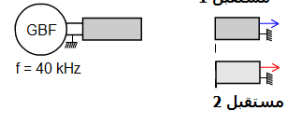


عندما نبعث المستقبل 2 عن الباعث أفقياً نلاحظ أن المنحنى 2 يتراج أفقياً وأن هذا الإنترياج يزداد و المسافة d



$b = 5 \mu\text{s/div}$

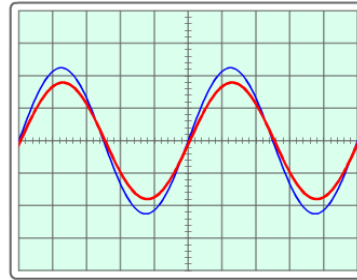
باعث لموجات
فوق صوتية



المنحنيين 1 و 2 على توفيق ، يأخذان نفس القيمة القصوية والذنوية

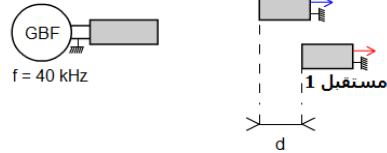
نتابع إبعاد المستقبل R_2 عن الباعث

إلى أن يصبح المنحنيين على توافق في الطور مرة ثانية ، ثم مرة ثالثة فنلاحظ :



$b = 5 \mu\text{s/div}$

باعث لموجات
فوق صوتية



نتابع إبعاد المستقبل 2 عن الباعث إلى أن يصبح المنحنيين 1 و 2 على توافق في المرة الثانية بحيث أن $d_1=8,6\text{mm}$ وفي المرة الثالثة تكون $d_2=17,2\text{mm}$ و $d_3=25,6\text{mm}$

$$d_1 = \lambda$$

الموجات الميكانيكية المتوالية الدورية

يلاحظ أن $d_3 = 3\lambda$ و $d_2 = 2\lambda$

نستنتج أن المنحنيين يكونا على توافق في الطور عندما تكون المسافة الفاصلة بين المستقبلين مضاعف ل λ . والتي تلعب دور ، **الدورية المكانية** وبالتالي فإن الموجة الصوتية لها كذلك دورية مكانية λ تسمى **بطول الموجة** : خلاصة :

للموجة الصوتية المتوالية الجيبية دورية مزدوجة :

– دورية زمانية T

– دورية مكانية λ تسمى **بطول الموجة**

2 – **الدور وطول الموجة والتردد**

النشاط التجريبي 2

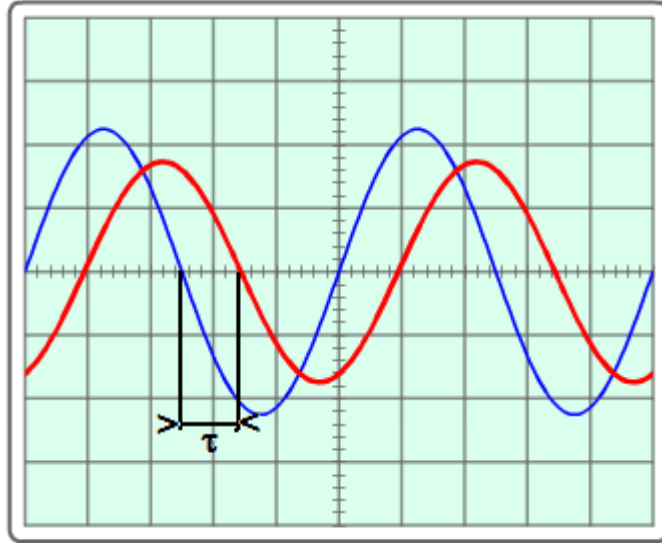
عندما نزيح المستقبل R_2 بالمسافة d عن المستقبل R_1 فإن R_2 يلتقط الموجة الصوتية

بتأخر زمني τ بالنسبة ل R_1 وباعتبار V سرعة انتشار الموجة لدينا العلاقة $V = d/\tau$

عندما يكون هذا التأخر الزمني $\tau = T$ فإن $d = \lambda$ وبالتالي فإن $V = \lambda/T$ أي أن :

$$\lambda = V \cdot T$$

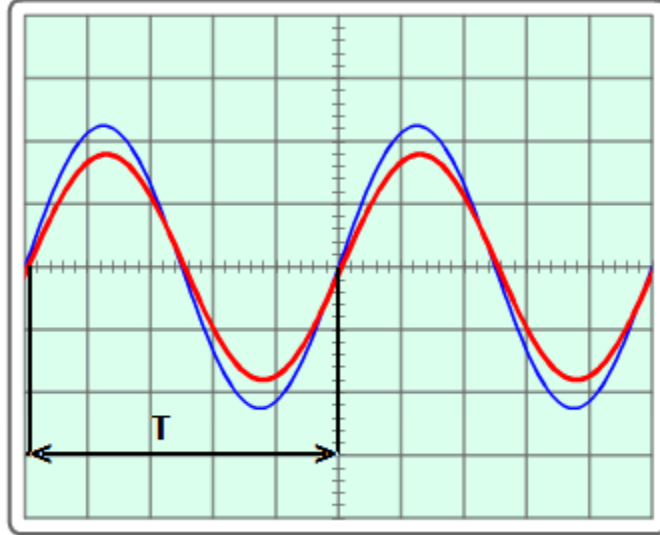
من خلال الشكل :



$b = 5 \mu\text{s/div}$

لدينا $d = V \cdot \tau$

الموجات الميكانيكية المتوالية الدورية



$$b = 5 \mu\text{s/div}$$

لدينا : $\lambda = v \cdot T$

تعريف طول الموجة λ :

نعرف طول الموجة λ بالمسافة المقطوعة من طرف الموجة خلال الدور T : $\lambda = v \cdot T$

ملحوظة :

تتعلق سرعة انتشار موجة بوسط الانتشار ،
بالمقابل فإن التردد N أو الدور T لا يتعلق بوسط الانتشار
وبما أن $\lambda = v \cdot T = v / N$ ، فإن طول الموجة تتعلق بالسرعة وبالتالي بوسط الانتشار .

3 - خاصيات موجة دورية على سطح الماء

1 - دراسة تجرسة : الموجة المتوالية الدورية على سطح الماء .

1 - 1 الموجة المتوالية الدائرية

تجربة :

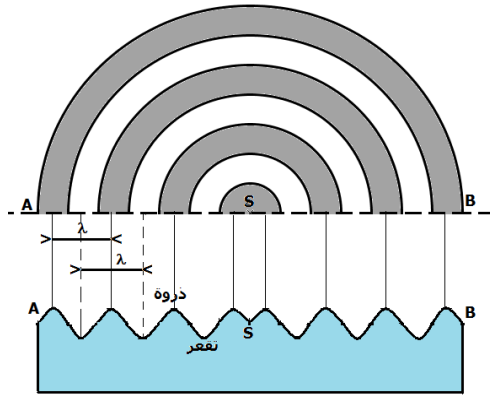
في حوض للموجات يحتوي على ماء سمكه ثابت ،

نحدث بواسطة مسمار متصل بهزاز كهربائي ،

حركة اهتزازية دائمة أو مصونة ترددها 100Hz .

وتفاديا لانعكاس الموجة نكسو جوانب الحوض

بالقطن التي يمتصها .



الموجات الميكانيكية المتوالية الدورية

نضيء سطح الماء بوماض ، ما هو الوماض ؟
هو جهاز إلكتروني يصدر ومضات ضوئية سريعة في مدد زمنية متتالية ومتساوية T_e ، ويحتوي على زر يمكن من تغيير وضبط تردد الومضات N_e .

عندما نضبط التردد N_e للومضات على أكبر قيمة نلاحظ توقف ظاهري للظاهرة . في هذه الحالة تردد الومضات هو تردد الحركة الاهتزازية .

$$N = kN_e$$

عندما نغير قيمة تردد الوماض قليلا بالنسبة للقيمة N_e : $N_e + \epsilon$ و $N_e - \epsilon$

$N_e - \epsilon$ نلاحظ حركة ظاهرية بطيئة في منحنى انتشار الموجة

$N_e + \epsilon$ نلاحظ حركة ظاهرية بطيئة في المنحنى المعاكس لمنحنى انتشار الموجة

بصفة عامة : عندما تكون لدينا حركة ظاهرية بطيئة : $N_a = N - N_e$

N : تردد الظاهرة الإهتزازية

N_e : تردد الوماض

N_a : التردد الظاهري للحركة الاهتزازية

1 - ماذا نلاحظ في غياب الوماض ؟

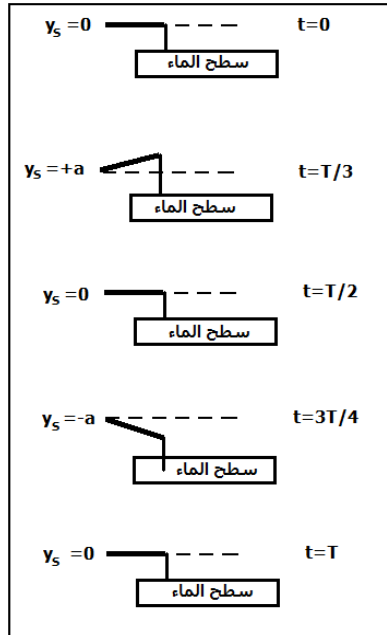
نلاحظ على سطح الماء تموجات دائرية تنشأ عند رأس المسمار وتنتشر على سطح

الماء . لدينا موجات ميكانيكية متوالية دورية

1 - 2 نضيء سطح الماء باستعمال الوماض حيث نضبط تردده على أكبر قيمة $N_e = 100\text{Hz}$ يمكننا من الحصول على التوقف الظاهري للموجات الدائرية والمسمار .

بين أن حركة كل نقطة M من سطح الماء لها حركة جيبية ، ترددها مساو لتردد المسمار المتصل بالهزاز الكهربائي .

المنبع S له استطالة دورية دورها T وحركتها حركة مستقيمة رأسية محصورة بين $-a$ و $+a$

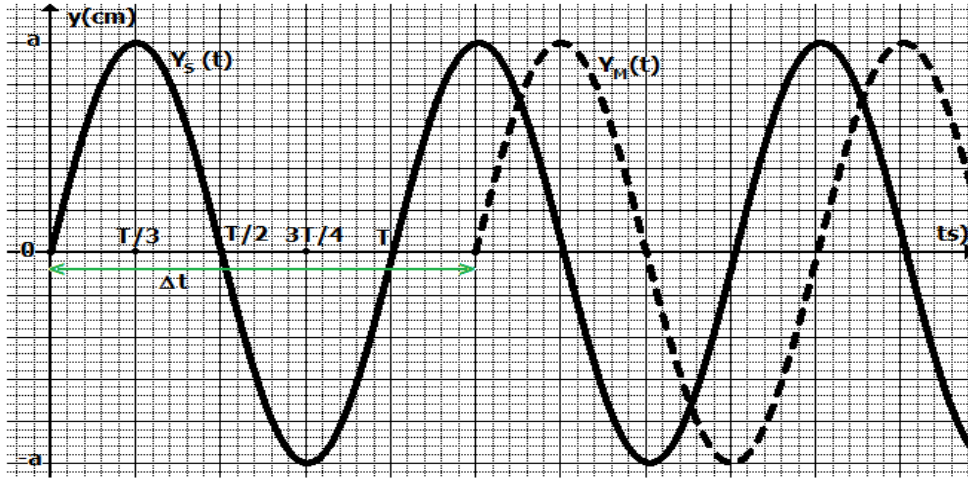


الموجات الميكانيكية المتوالية الدورية

أي أن الدالة $Y_s=f(t)$ دالة جيبية بالنسبة للزمن t ، نفس الشيء بالنسبة لجميع النقاط المنتمية لسطح الماء فهي تعيد نفس حركة المنبع S بتأخر زمني . نقول أن الموجة المتوالية جيبية

$$T_M = T_e = T$$

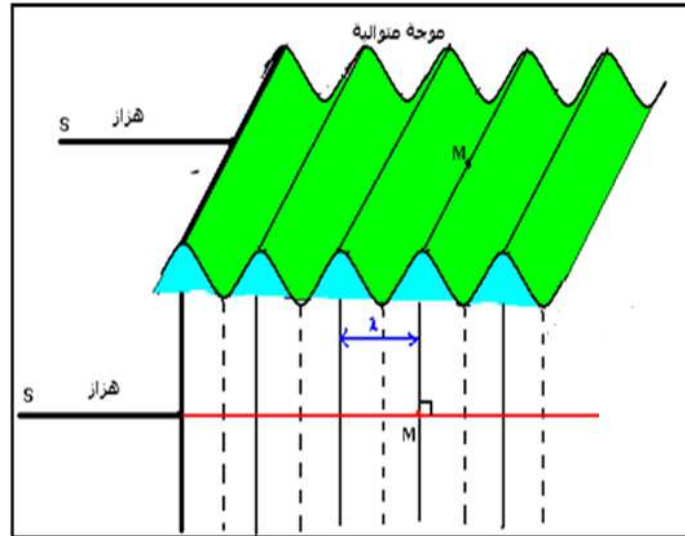
3 - 1 مثل على ورق مليمتري الدالة $Y_s=f(t)$ و $Y_M=g(t)$



خلاصة : الدورية الزمانية

للموجة المتوالية على سطح الماء دورية زمانية T_M تساوي دور المنبع S أي أن $T_M = T_S$. وهذا الدور T_S يساوي دور الوماض T_e في حالة توقف ظاهري للموجة .

2 - 1 الموجة المتوالية المستقيمة



الموجات الميكانيكية المتوالية الدورية

تجربة

في حوض للموجات يحتوي على ماء سمكه ثابت ،
تحدث بواسطة صفيحة أفقية متصلة بهزاز كهربائي
حركة اهتزازية دائمة ترددها 100Hz. ونقاديا لانعكاس الموجة ، نكسو جوانب الحوض بالفطن يمكن
من امتصاصها .عند ضبط الوماض على 100Hz

**نلاحظ توقف ظاهري للموجات المتوالية المستقيمة . المسافة الفاصلة بين قمتين
متتاليتين أو قعرين متتالين تبقى ثابتة ، تمثل هذه المسافة الدورية المكانية λ**

للموجة المتوالية الدورية على سطح الماء دورية مزدوجة :

– الدورية الزمنية T

– الدورية المكانية λ

تمرين تطبيقي :

نشغل البرنم ونضبط تردد سقوط قطرة الماء ووسعها .

نقيس المدة الزمنية المستغرقة خلال سقوط خمس قطرات .

استنتج دور الموجة المنتشرة على سطح الماء

وطول الموجة λ

استنتج سرعة انتشار الموجة على سطح الماء

4 _ الموجة الميكانيكية المتوالية الحسية طول الحبل :

النشاط التحريسي 2 الموجات الميكانيكية طول الحبل

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

نضيء الخيط بواسطة الوماض ونضبط التردد N

للموجات على أكبر قيمة تمكن من ملاحظة توقف

ظاهري للحبل في هذه الحالة تردد الوماضات هو

تردد حركة الحبل .

1 – تعريف بالموجة المتوالية الجيبية

الشكل أسفله يمثل مظهر الحبل في لحظة t

بالسلم الحقيقي . بحيث يكون على شكل جيبية

(دالة جيبية) والتي تمثل مظهر الحبل في

لحظة t

– الشكل جانبه يمثل مظهر الحبل في لحظة t

بالسلم الحقيقي . بحيث يكون على شكل جيبية f(x):

(دالة جيبية) والتي تمثل مظهر الحبل في لحظة t .

يتميز هذا المنحنى بدورية مكانية تسمى طول

الموجة ويرمز لها ب λ

4 – مثل على ورق مليمتري مظهر الحبل في اللحظات

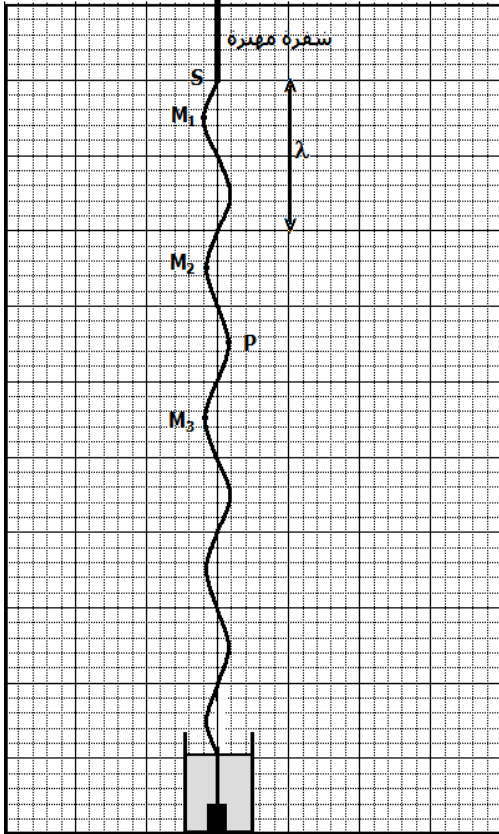
التالية :

– t = 0

– t = T / 4

– t = T / 2

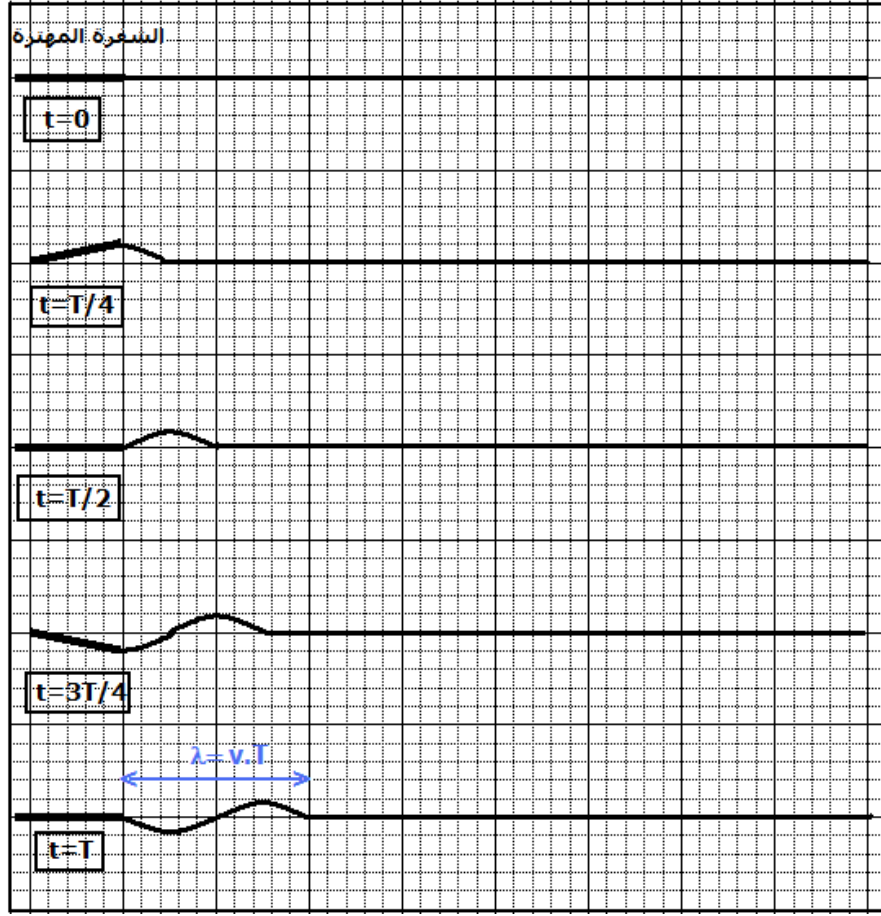
– t = 3T / 4



الموجات الميكانيكية المتوالية الدورية

$$t = T$$

بحيث أن T دور المنبع (الشفرة المهتزة) .
مظهر في اللحظات التالية أعلاه :



5 _ أحسب المسافة التي تقطعها الموجة المتوالية الجيبية خلال المدة الزمنية $\Delta t = T$

6 _ قس المسافتين M_1M_2 و M_1P و M_1M_3

$$M_1M_3 = 8\text{cm} \text{ و } M_1P = 7\text{cm} \text{ و } M_1M_2 = 4\text{cm}$$

7 _ قارن الحالات الاهتزازية للنقط M_1 ، M_2 ، M_3 .

هذه النقط لها نفس الحركة الاهتزازية .

8 _ أكتب المسافات M_1M_2 و M_1P و M_1M_3 بدلالة λ .

$$\text{حسب الشكل } \lambda = 4\text{cm} = 4 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

$$M_1M_2 = \lambda \text{ و } M_1M_3 = 2\lambda \text{ و } M_1P = 3\lambda/2$$

الموجات الميكانيكية المتوالية الدورية

صفة عامة إذا كانت المسافة التي تفصل بين نقطتين M و N من الحبل تساوي عددا صحيحا لطول الموجة λ أي أن

$$SN - SM = k\lambda \quad k \in \mathbb{N}^*$$

فإن النقطتين تهتزتان على توافق في الطور .
وإذا كانت المسافة التي تفصل بين نقطتين من الحبل P و M تساوي عددا فرديا لنصف طول الموجة :

$$SM - SP = \frac{(2k+1)\lambda}{2} \quad k \in \mathbb{N}$$

فإن النقطتين تهتزتان على تعاكس في الطور .

III - الإبراز التجريبي لظاهرة حيود موجة ميكانيكية متوالية جيبية

1- ظاهرة الحيود

2 - 1 حيود الموجات الميكانيكية على سطح الماء بواسطة فتحة صغيرة

تجربة :

2 - 2 ظاهرة الحيود

2 - 1 حيود الموجات الميكانيكية على سطح الماء بواسطة فتحة صغيرة

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 .

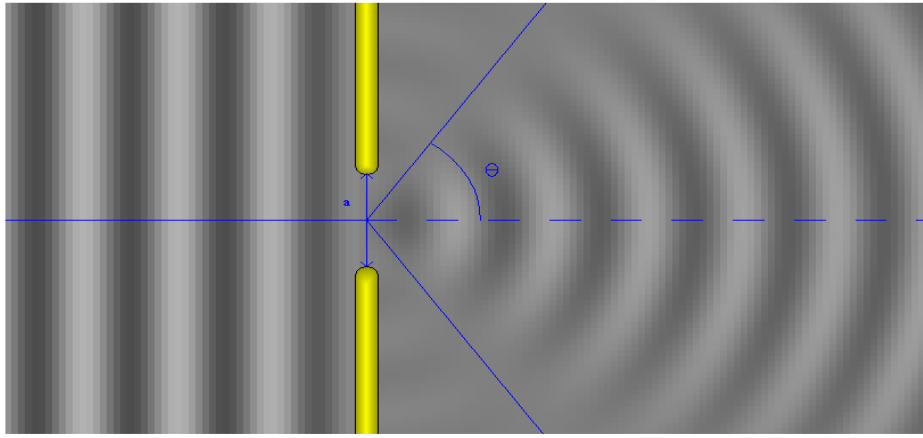
نحدث على سطح الماء ، بواسطة هزاز ، موجة مستقيمة واردة موازية لسطح الصفيحتين .
([animation](#))

نضبط التردد على 20Hz نغير عرض الفتحة :

الحالة الأولى : $\ell = 200mm$

الحالة الثانية : $\ell = 100mm$

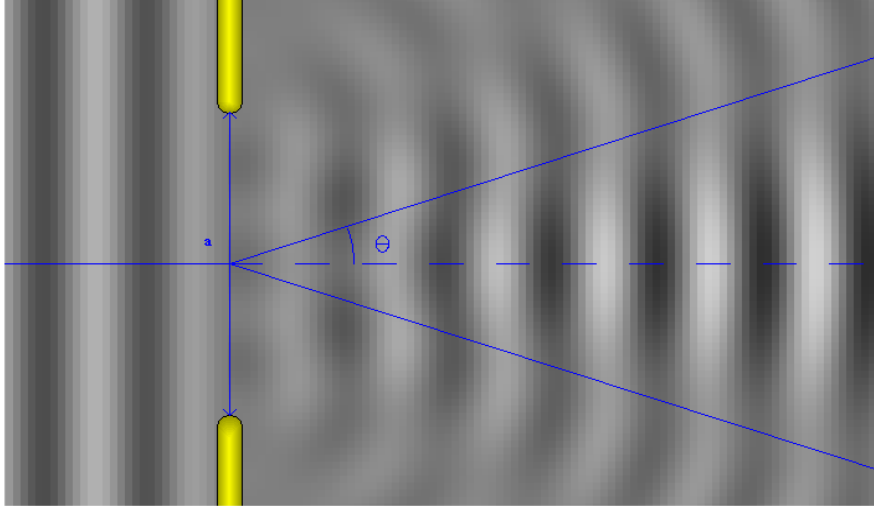
ماذا نلاحظ في كل حالة وقارن طول الموجة وعرض الفتحة .
الحالة الأولى :



$$\alpha = 100mm \quad N = 12Hz \\ \lambda = 83,7mm$$

الحالة الثانية :

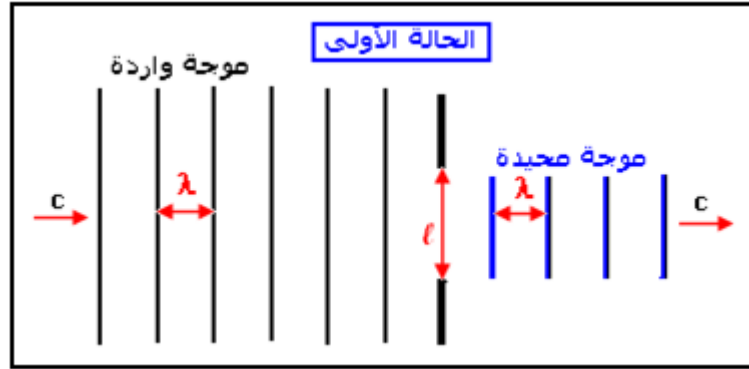
الموجات الميكانيكية المتوالية الدورية



$$a=260\text{mm} \quad N=12\text{Hz}$$
$$\lambda=83,7\text{mm}$$

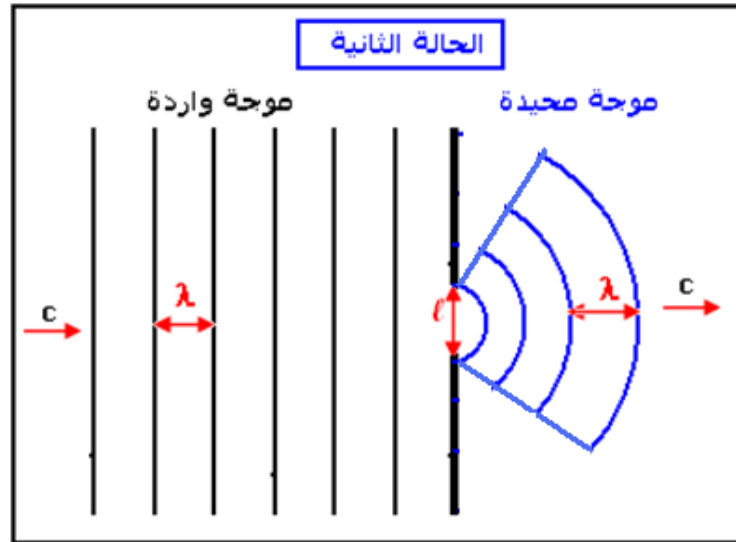
ملاحظات

الحالة الأولى: $\ell \gg \lambda$. يلاحظ عند إضاءة سطح الماء بومضض ضبط على تردد الومضات التي تظهر توقف الموجات الواردة ، نلاحظ موجة تجتاز الفتحة الصغيرة لتنتشر وراء الصفيحتين الحاجزتين . الفتحة تحد من انتشار الموجة المستقيمة في الوسط الثاني على عرض الفتحة . نقول إن الفتحة تحجب الموجة الواردة .



الحالة الثانية: $\ell \approx \lambda$ نلاحظ تحت الومض ، تولد موجة دائرية عن الموجة المستقيمة الواردة على مستوى الفتحة . فتبدو كأن موجة دائرية منبعثة من منبع وهمي يوجد في الفتحة : نسمي هذه الموجة **بالموجة المحيطة** وهذه التجربة تبرز **ظاهرة الحيود** .

الموجات الميكانيكية المتوالية الدورية

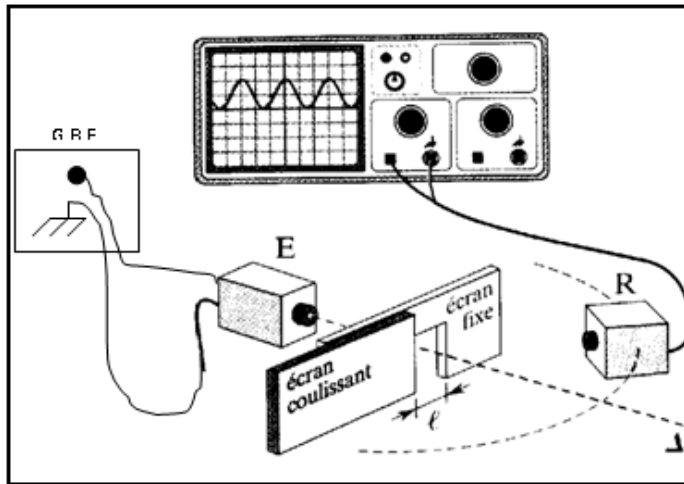


خصائص الموجة المحيطة
 * التوقف الظاهري للموجتين الواردة والمحيدة تحت ضوء الوماض ، يدل على أن لهما نفس التردد N
 * وبما أنهما ينتشران في نفس الوسط إذن لهما نفس سرعة الانتشار C وبالتالي فلهما نفس طول الموجة λ .

خلاصة :

يحدث حيود موجة واردة على مستوى فتحة عندما يكون عرض الفتحة l وطول الموجة λ من نفس رتبة القدر .

للموجتين الواردة والمحيدة نفس سرعة الانتشار c ونفس التردد N ونفس طول الموجة λ



2 - 2 حيود الموجات الصوتية
لسماع ضئيج من خارج الحجرة
لا نحتاج الا لنافذة شبه مفتوحة
كيف نفسر هذه الظاهرة ؟

تجربة : حيود الموجات فوق الصوتية
 ننجز التركيب التجريبي جانبه بحيث
 أن E مولد باعث للموجات فوق
 الصوتية مرتبط بولد لترددات
 المنخفضة GBF و R مستقبل
 بإمكانه التقاط الموجات فوق
 الصوتية ومرتبطة براسم التذبذب
 والذي يمكن من معاينة هذه
 الموجات .

الموجات الميكانيكية المتوالية الدورية

نثبت التردد على القيمة $\nu = 40\text{KHz}$

1 - أحسب طول الموجة λ إذا علمت أن سرعة انتشار الموجة فوق الصوتية في الهواء هي $V = 340\text{m/s}$

$$\lambda = \frac{V}{\nu} = \frac{340}{40.10^3} = 8,5\text{mm}$$

الحالة الأولى ، غياب الحاجز

نضع الباعث E و المستقبل R على نفس الاستقامة حيث $\theta = 0$ ونسجل وسع التذبذبات المعايين على الشاشة A ونضبطه على القيمة القصوية .

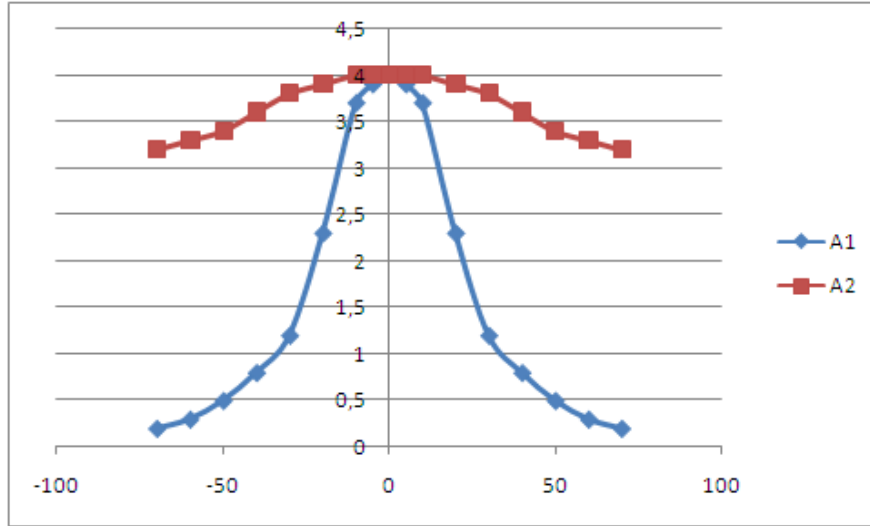
نحرك المستقبل على قوس من دائرة مدرج بالدرجات ونقيس بالنسبة لكل زاوية α_i الوسع A_i ونسجل النتائج في الجدول التالي :

| α_i (°) | 0 | 5 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 |
|----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| A_i | 4,0 | 3,9 | 3,7 | 2,3 | 1,2 | 0,8 | 0,5 | 0,3 | 0,2 |

1 - هل من الضروري القيام بالقياسات بالنسبة للزوايا المنتمية إلى المجال $[0; -70^\circ]$ ؟

لا داعي للقيام بالقياسات للزوايا المنتمية إلى المجال $[0; -70^\circ]$ لكون أن القوس من الدائرة متماثل بالنسبة للمحور $x'x$ ، أي أننا سنحصل على نفس القيم بالنسبة للزوايا السالبة .

2 - مثل على ورق مليمتري المنحنى $A_i = f(\alpha_i)$ بالنسبة للمجال $[+70^\circ; -70^\circ]$ ماذا تستنتج ؟



تنتشر الموجات فوق الصوتية داخل مخروط ضيق وحسب التمثيل البياني ل $A_i = f(\alpha_i)$ تكون قمته ضيقة . أي أن انتشار الموجات فوق الصوتية موجهة .

الموجات الميكانيكية المتوالية الدورية

الحالة الثانية : نضع الحاجز بين E و R حيث يحتوي على فتحة عرضها قابل للتغيير
 نضبط عرض الفتحة على القيمة $l = 9\text{mm}$
 ونعيد نفس التجربة السابقة وندون النتائج في الجداول التالية :
 $l = 9\text{mm}$

| | | | | | | | | | |
|-----------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| $\alpha_i (^{\circ})$ | 0 | 5 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 |
| A_i | 4.0 | 4.0 | 4.0 | 3.9 | 3.8 | 3.6 | 3.4 | 3.3 | 3.2 |

1 - مثل على ورق مليمترى المنحنى $A_i = f(\alpha_i)$ بالنسبة للمجال $[-70^{\circ}; +70^{\circ}]$ بالنسبة لكل حالة
 ماذا تستنتج ؟

نستنتج أنه بالنسبة ل $\lambda \approx l$ تصبح انتشار الموجة غير موجه أي أن هناك حدوث ظاهرة حيود
 الموجة فوق الصوتية

2 - أحسب $\frac{\lambda}{l}$. ماذا تستنتج ؟

$$\frac{\lambda}{l} = \frac{8,5}{9} = 0,94\text{rad} = 53,8^{\circ}$$

3 - متى يمكن القول أن الموجات فوق الصوتية موجهة ؟ ومحيدة ؟
 تكون الموجات فوق الصوتية موجهة إذا كانت $\lambda \gg l$. وبالتالي فلا يحدث لها حيود .

وتكون محيدة إذا كانت $\lambda = l$ حيث تتحقق العلاقة التالية : $\theta = \frac{\lambda}{l}$ أنظر الدرس حيود موجة ضوئية

3 - ظاهرة تبدد موجة ميكانيكية Phénomène de dispersion

تجربة :

في حوض للموجات يحتوي على ماء سمكه ثابت ، نترك قطرة من ماء تسقط خلال مدد زمنية
 متتالية ومتساوية .

نقيس المدة المستغرقة خلال سقوط عشر قطرات من الماء ونستنتج التردد N
 نقيس المسافة الفاصلة بين ذروتي موجتين متتاليتين والتي تمثل طول الموجة λ
 ونحسب V سرعة انتشار الموجة على سطح الماء
 ونعيد نفس العملية بالنسبة لترددات مختلفة .

| | | | |
|---------------------|-------|-------|--------|
| N(Hz) | 0,882 | 0,80 | 0,523 |
| $\lambda(\text{m})$ | 0,025 | 0,021 | 0,0141 |
| V(m/s) | 0,022 | 0,016 | 0,074 |

1 - أتمم الجدول أعلاه

2 - نعرف الوسط المبدد بكونه وسطا تتعلق فيه سرعة انتشار الموجة بترددها . هل الماء وسط
 مبدد ؟ علل إجابتك .

من خلال الجدول يتبين أن سرعة انتشار الموجة تتعلق بترددها وبالتالي فإن الماء وسطا مبددا
 للموجات الميكانيكية .

الموجات الميكانيكية المتوالية الدورية

استنتاج : عندما تتعلق v سرعة انتشار موجة متوالية على سطح الماء بالتردد N و هو يساوي تردد المنبع . نقول أن الوسط مبدد .