بسم الله الرحمن الرحيم

الموجات الميكانيكية المتوالية الدورية الجيبية

I الموجة الميكانيكية المتوالية الدورية

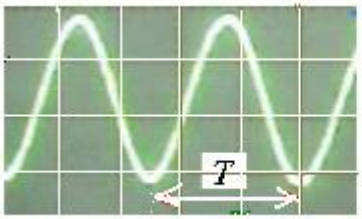
1) تعريف:

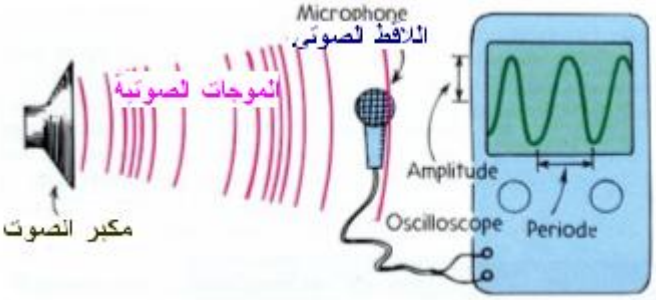
الظاهرة الدورية هي التي تتكرر بكيفية مماثلة وتتميز بالدور T والتردد $\upsilon = \frac{1}{T} \quad \begin{matrix} Hz \leftarrow \\ \rightarrow s \end{matrix}$

تكون الموجة المتوالية دورية إذا كان التطور الزمني الحاصل لكل نقطة من نقط وسط الإنتشار دوريا.

2) مثال :

نحدث بواسطة مكبر الصوت مرتبط بمولد GBF صوتا أمام ميكروفون مرتبط بمربطي راسم التذبذب فنحصل على الرسم التذبذبي التالي:





الكسح الأفقي المستعمل: $0,5ms/div$

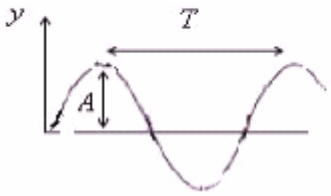
وبما أن الدور T ممثل ب : $2,5div$ فإن: دور الموجة الصوتية: $T = 2,5div \times 0,5ms/div = 1,25ms$

والتردد: $N = \frac{1}{T} = \frac{1}{1,25 \times 10^{-3} s} = 800Hz$

II الموجة الميكانيكية المتوالية الجيبية

1) تعريف :

الموجة المتوالية الدورية الجيبية هي موجة يكون المقدار الفيزيائي المقرون بها دالة جيبية بالنسبة للزمن واستطالة نقطة من وسط الإنتشار تكتب كما يلي :



$$y(t) = A\cos(\frac{2\pi}{T}t + \varphi)$$

A :وسع الدالة الجيبية.

T :دورها ويميز الدورية الزمانية.

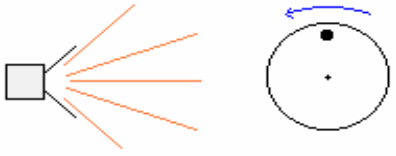
φ : الطور عند أصل التاريخ يحدد من خلال الشروط البدئية.

2) الموجة المتوالية الجيبية طول حبل

أ) تجربة

*الدراسة بالوماض:

لتوضيح طريقة استعمال الوماض نستعمل قرصا أبيض توجد عليه بقعة سوداء ومثبت على مرود محرك.
خلال الدوران بالعين المجردة يبدو القرص رماديا وعند إضاءته بالوماض نشاهد:توقفا ظاهريا أو حركة ظاهرية بطيئة لها نفس منحى أوعكس منحى دوران القرص. وذلك حسب إيقاع الومضات الضوئية .



υ_e :تردد الوماض

υ : تردد دوران القرص.

* التوقف الظاهري. $Te = kT$ أي : $\upsilon = k.\upsilon_e$

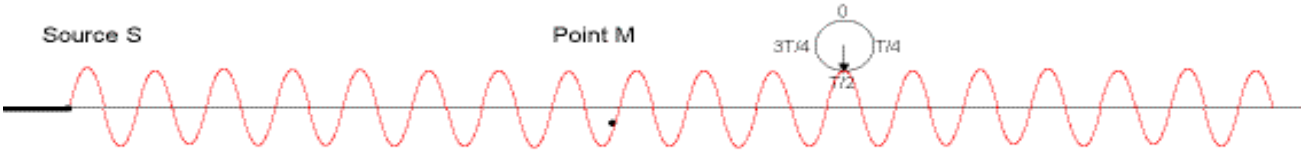
* نحصل على الحركة الظاهرية البطيئة في نفس منحى دوران القرص إذا كانت υ_e أصغر بقليل من υ.

* نحصل على الحركة الظاهرية البطيئة في عكس منحى دوران القرص إذا كانت υ_e أكبر بقليل من υ.

*الموجة المتوالية طول حبل:

نستعمل حبلا مرنا مدوترا من أحد طرفيه وطرفه الآخر مثبت بشفرة مهتزة لها حركة اهتزازية مصانة بواسطة كهرمغناطيس.

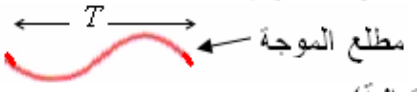
عندما تهتز الشفرة بتردد ثابت $\upsilon = 100Hz$ يبدو الحبل ضبابيا الشيء الذي يدل على أنه في حركة اهتزاز.
باستعمال الوماض وضبطه على تردد قيمته $\upsilon_e = 99Hz$ أصغر بقليل من تردد الشفرة نحصل على حركة ظاهرية بطيئة للموجة المتوالية، في نفس منحى الإنتشار(وفي عكس منحى الإنتشار بالنسبة ل $\upsilon_e = 101Hz$ أكبر بقليل من تردد الشفرة).



وبصفة عامة عند ما يكون: $\upsilon = k.\upsilon_e$ $k \in N^*$ نحصل على التوقف الظاهري.
وأكبر قيمة لتردد الوماض التي تمكن من الحصول على التوقف الظاهري هي: $\upsilon_e = \upsilon = 100Hz$ تبدو الشفرة والحبل متوقفين ففي هذه الحالة كل نقط من نقط الحبل لها دور مساو لدور حركة المنبع S. (التوقف الظاهري).

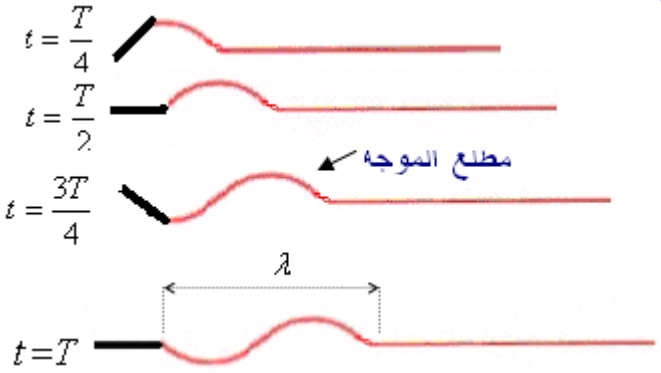
التوقف الظاهري

شكل الموجه المتواليه :



T: الدورية الزمانية (دور الموجة المتوالية)

عندما نحلل حركة المنبع S اعتمادا على تبيانات متتالية تمثل مظهر الحبل في مدد زمنية متتالية متساوية $\frac{T}{4}$ حيث T هو دور اهتزاز المنبع نحصل على ما يلي:



λ: طول الموجة المتوالية. (أي الدورية المكانية).
ملحوظة: مطلع الموجة يتعلق باهتزاز الشفرة عند اللحظة $t = 0$
إذا اهتزت الشفرة عند اللحظة $t = o$ نحو الأعلى يكون شكل الموجة المتوالية كما يلي:

و إذا اهتزت الشفرة عند اللحظة $t = o$ نحو الأسفل يكون شكل الموجة المتوالية كما يلي:

ب)طول الموجة المتوالية

■ تعريف طول الموجة λ هي المسافة التي تقطعها الموجة خلال مدة زمنية تساوي دور اهتزاز المنبع T. $\lambda = v.T = \frac{v}{\upsilon}$

λ :طول الموجة المتوالية. (m)
v : سرعة انتشار الموجة. (m/s)
υ: تردد الموجة المتوالية =تردد المنبع S. (Hz)

■ تطبيق :

علما أن في التجربة السابقة الشفرة تهتز عند اللحظة $t = 0$ نحو الأعلى ودور اهتزاز المنبع $T = 20ms$.

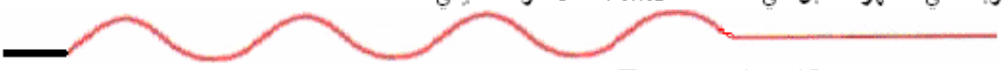
١)مثل مظهر الحبل عند اللحظة $t = 70ms$.

٢) مثل مظهر الحبل عند اللحظة $t' = 45ms$.

الحل

١) $\frac{t}{T} = \frac{70}{20} = 3,5$ إذن : $t = 3,5T$

وبالتالي مظهر الحبل في اللحظة $t = 70ms$ هو كما يلي:



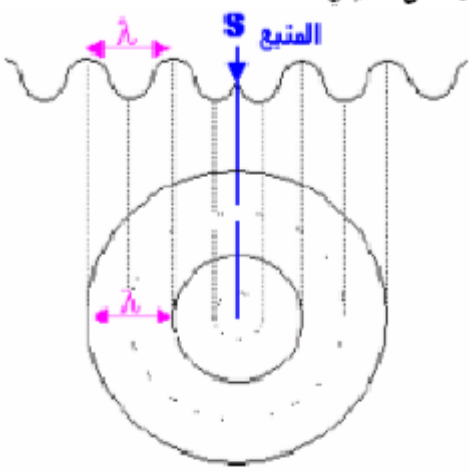
لدينا: $\frac{t'}{T} = \frac{45ms}{20ms} = 2,25$ <= $t' = 2,25T = 2T + \frac{T}{4}$ ومنه نستنتج شكل مظهر الحبل في اللحظة $t' = 5ms$.

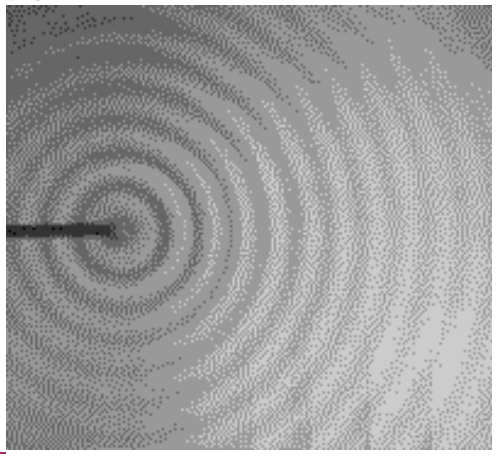
نعتبر حبلا مرنا مثبتا في طرف شفرة لها حركة اهتزازية مصانة بواسطة كهرمغنطيس .

(3) الموجة المتوالية الجيبية على سطح الماء:

(أ) الموجة الدائرية:

تحدث موجة دائرية في حوض الموجات مع إضاءة سطح الماء بواسطة وماض نضبط تردده على قيمة تساوي تردد الموجة المتوالية(أي تردد المنبع S) فنحصل على ما يلي:





حوض الموجات

(ب) تطبيق: استثمار نتائج التجربة

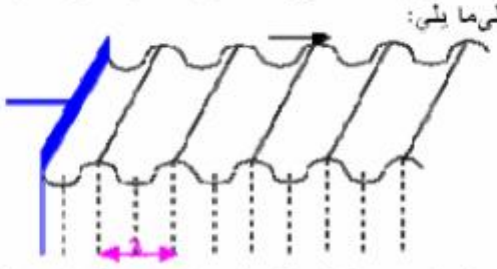
عند التردد: $\upsilon = \upsilon_e = 250Hz$ نحصل على التوقف الظاهري للموجة المتوالية. ثم نقيس طول الموجة المتوالية فنحصل على: $\lambda = 1cm$.

ما قيمة سرعة انتشار الموجة المتوالية على سطح الماء؟

إجابة: $\lambda = vT = \frac{v}{\upsilon}$ إذن: $v = \lambda\upsilon = 10^{-2}m \times 250s^{-1} = 2,5m/s$

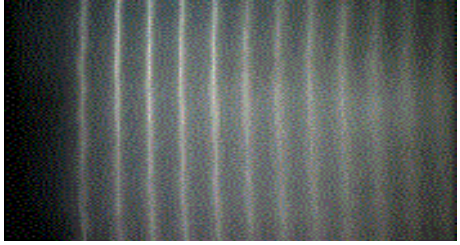
(ج)الموجة المستقيمية

تحدث موجة مستقيمية في حوض الموجات مع إضاءة سطح الماء بواسطة وماض نضبط تردده على قيمة تساوي تردد الموجة المتوالية(أي تردد المنبع S) فنحصل على ما يلي:

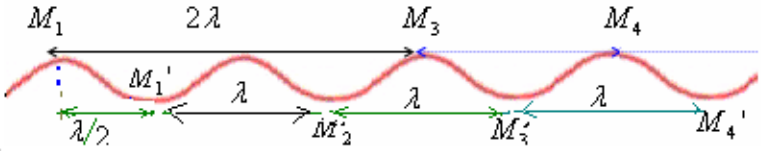


ثم نقيس طول هذه الموجة المتوالية فنحصل على: $\lambda = 0,8cm$. أوجد تردد حركة المنبع الذي يمكن من مشاهدة التوقف الظاهري للموجة المتوالية علما سرعة انتشارها قد تم تحديدها في التجربة السابقة.

إجابة: $\upsilon = \frac{v}{\lambda} = \frac{2,5m/s}{0,8.10^{-2}m} = 3125Hz$



د)مقارنة حركة نقطتين من وسط الانتشار



$M_1M_3 = 2\lambda$ M_1 و M_3 تهتزان على توافق في الطور.(تقومان بنفس الحركة في نفس الوقت).

$M_3M_4 = \lambda$ M_3 و M_4 تهتزان على توافق في الطور.

$M_1M_4 = 3\lambda$ M_1 و M_4 تهتزان على توافق في الطور.

بصفة عامة، نقطتان M و M' من وسط الإنتشار تهتزان على توافق في الطور إذا كانت المسافة بينهما تساوي عددا صحيحا لطول الموجة λ. $MM' = k\lambda$ مع $k \in \mathbb{N}^*$.

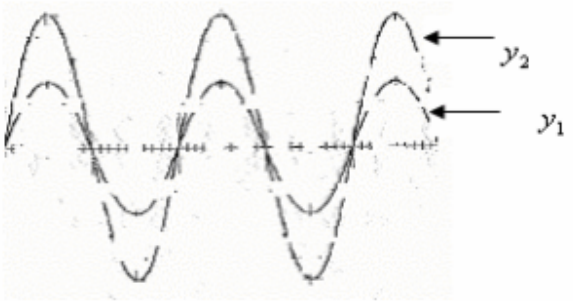
$M_1M'_1 = 2\lambda$ M_1 و M_1' تهتزان على تعاكس في الطور .

$M_1M'_2 = 3\frac{\lambda}{2}$ M'_2 و M_1 تهتزان على تعاكس في الطور.

$M_1M'_3 = \frac{5\lambda}{2}$ M_1 و M'_3 تهتزان على تعاكس في الطور.

بصفة عامة، نقطتان N و N' من وسط الإنتشار تهتزان على تعاكس في الطور إذا كانت المسافة بينهما تساوي عددا فرديا لنصف طول الموجة λ. $NN' = (2k'+1)\frac{\lambda}{2}$ مع: $k' \in \mathbb{N}$.

كما نقول أن دالتين جيبيتين على توافق في الطور إذا كانت تنعدمان في نفس الوقت وتبلغان قيمتيهما القصوية والدنوية في نفس الوقت، وتكونان على النحو التالي:



الدالتان y_1 و y_2 على توافق في الطور.

تطبيق:

نعتبر موجة متوالية جيبية تنتشر طول حبل متوتر بسرعة $v = 20m/s$، علما أن تردد المنبع: $\gamma = 100Hz$.

1) أحسب طول الموجة المتوالية.

2) قارن حركة النقطتين M_1 و M_2 بحيث: $M_1M_2 = 60cm$.

3) قارن حركة النقطتين: M_2 و M_3 بحيث: $M_2M_3 = 50cm$.

4) استنتج كيفية اهتزاز النقطتين: M_1 و M_3.

---

4) الموجة المتوالية الجيبية الصوتية

1.4)تعريف

الموجات الصوتية عبارة موجات ميكانيكية طولية تنتشر في الأوساط المادية نتيجة انضغاط وتمدد لمكونات وسط الإنتشار وبصفة عامة تنتشر الموجات الصوتية بسرعة أكبر في الاجسام الصلبة أو في السوائل مقارنة مع الهواء.

أمثلة: سرعة انتشار الصوت في الهواء $340m/s$.

سرعة انتشار الصوت في الماء $1480m/s$.

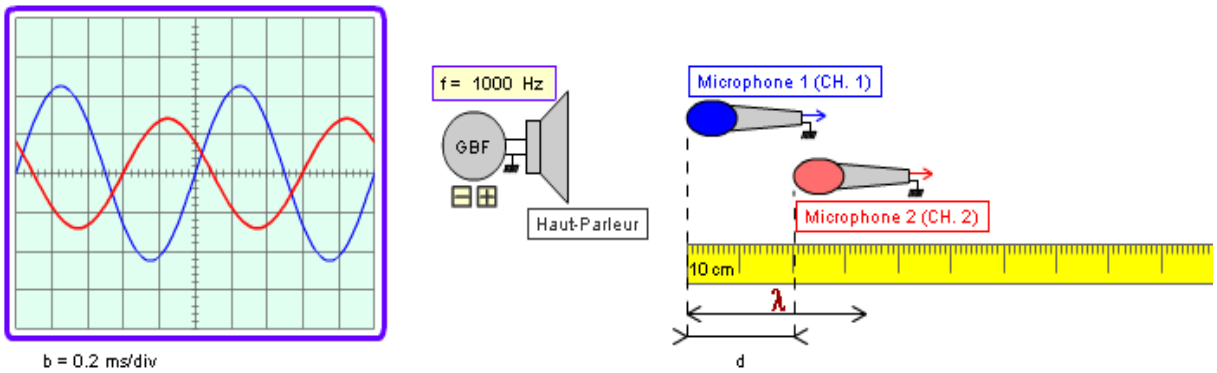
وسرعة انتشار الصوت في الفولاذ $5000m/s$.

انتقال الصوت في الأوساط المادية ناتج عن كون دقائق المادة قادرة على تمرير الاهتزازات عبرها.

فكلما كانت المادة أكثر كثافة كلما كانت سرعة انتشار الصوت عبرها مهمة.

2-4) قياس سرعة الصوت في الهواء:

ننجز التركيب التالي:



بعد تشغيل مكبر الصوت نبقي المكروفون M_1 عند الأفصول $x=0$ ونغير المسافة d بإزاحة M_2 وفق المحور ox فنحصل على شاشة راسم التذبذب على الشكلين التذبذبيين .(انظر الشاشة).

نسجل المسافة d التي توافق التوافق في الطور للدالتين ، فنحصل على النتائج التالية :

d (cm)	34	68	102	136

نقطتين من وسط الإنتشار تهتزان على توافق في الطور إذا كانت المسافة بينهما $d = k\lambda$

إذن بالنسبة ل: $k = 1$ $d = \lambda = 13,5cm$

بالنسبة ل: $k = 2$ $d = 2\lambda = 27cm$

بالنسبة ل: $k = 3$ $d = 3\lambda = 40,5cm$

ثم نستنتج قيمة طول الموجة الصوتية λ المنبعثة من مكبر الصوت.

نحصل على: $\lambda = 13,5cm$ وهي توافق أقصر مسافة d بين المكرفونين في التركيب السابق غير منعدمة نحصل فيها على التوافق في الطور.

كلما كان التردد أكبر كلما كانت λ أصغر أي قابلة للقياس تجريبيا.

* تحديد الدورية الزمانية للموجة الصوتية : الكسح الأفقي المستعمل : $0,2ms/div$ والدور T ممثل ب: $5div$.

إذن : الدور : $T=0,2ms/div.5div=1ms=10^{-3}s$

* إذن سرعة انتشار الموجة الصوتية المنبعثة من المكروفون هي :

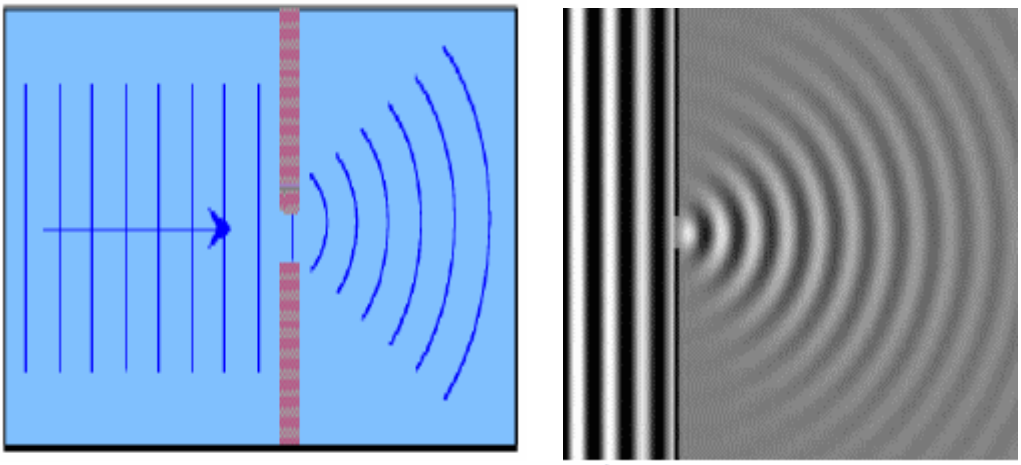
$$v = \frac{\lambda}{T} = \frac{0,34m}{10^{-3}s} = 340m/s$$

III ظاهرة الحيود:

1) تعريف:

الحيود ظاهرة تميز الموجات ، وتحدث عندما تمر الموجة عبر فتحة ضيقة عرضها أصغر أو مساو لطول الموجة .

باستعمال حوض الموجات نلاحظ أن والموجتين الواردة والمحيدة لهما نفس طول الموجة ونفس التردد.



الفتحة تتصرف كمنبع وهمي.

حيود موجات الماء= انتشار موجات الماء في جميع الاتجاهات بعد اجتيازها الفتحة.

ملحوظة: حيود موجة صوتية:

يمكن سماع صوت وارد من خارج حجرة بحيث يمكن للمستقبل أن يكون موجودا في أية نقطة من نقط الحجرة وذلك رغم عدم وجود ممر مستقيم من المصدر إلى الأذن ويعزى ذلك إلى حيود الصوت عند اجتيازه الباب.(طول الموجة الصوتية في هذه الحالة هو: حوالي 1m).

VI) ظاهرة التبدد

2)تعريف

يكون وسط الإنتشار مبددا للموجات المتوالية إذا كانت سرعة انتشارها في هذا الوسط تتعلق بتردد المنبع.

3)تجربة

نحدث موجة مستقيمية أو دائرية في حوض الموجات.

نغير تردد المنبع S، و نضيء سطح الماء بوماض مع ضبط تردده على قيم تمكن من مشاهدة التوقف الظاهري لجميع نقط سطح الماء، ثم نقيس طول الموجة λ الموافق في كل حالة.

ندون النتائج في الجدول التالي:

$\upsilon(Hz)$	20	27	30
$\lambda(cm)$			
$v(m/s)$			

أ)اعط العلاقة بين سرعة انتشار الموجة v وترددها وطول موجتها λ.

ب) انقل الجدول السابق وأتمم ملأه.

ج) علما أن الوسط المبدد هو الذي تتعلق فيه سرعة انتشار الموجة بترددها.

هل الماء وسط مبدد؟علل جوابك.

الإجابة : أ) $\lambda = v.T = \frac{v}{\upsilon}$ <==== $v = \lambda\upsilon$

ب)

$\upsilon(Hz)$	20	27	30
$\lambda(cm)$	1,5	1,2	1,1
$v(m/s)$	0,3	0,32	0,36

ج) نلاحظ أن سرعة انتشار الموجة تتغير بتغير التردد.

إذن الماء وسط مبدد.

4)استنتاج:

الماء وسط مبدد للموجات المنتشرة على سطحه والحبل كذلك لأن سرعة الإنتشار تتعلق بتردد المنبع. بينما الهواء ليس بمبدد للموجات الصوتية لأن سرعة انتشار الصوت في الهواء تابثة لا تتعلق بالتردد.(عند نفس درجة الحرارة والضغط).