

## الموجات الميكانيكية المتوالية الدورية

## الدرس الثاني

## Les ondes mécaniques progressives périodiques

## I. الظواهر الدورية.

## 1. تعريف ظاهرة دورية:

نسمي **ظاهرة دورية** هي كل ظاهرة تعيد أو تستعيد نفس الخصائص بعد مضي نفس المدة الزمنية التي تسمى **دور** الظاهرة و نرسم له بالرمز **T**، وحدته في النظام العالمي للوحدات هي الثانية (s). فمثلا ظاهرة تعاقب الليل و النهار...

## أمثلة أخرى :

دوران الأرض حول الشمس :  $T = 365 \text{ j}$   
 دوران الأرض حول نفسها :  $T = 24 \text{ h}$   
 حركة المد و الجزر : ب  $T = 6 \text{ h}$   
 دوران العقرب الصغير للساعة :  $T = 12 \text{ h}$

## 2. تحليل ظاهرة دورية سريعة:

في بعض الحالات تكون الظاهرة الدورية سريعة حيث يصعب تحديد دورها، لذلك وجب الاستعانة بجهاز يسمى **الوماض (stroboscope)**، و هو عبارة عن جهاز كهربائي يصدر ومضات سريعة خلال مدد زمنية متساوية، تسمى **دور الوماض  $T_s$** ، قابلة للضبط بالتحكم في **تردد الومضات  $N_s$**  عن طريق مجموعة من الأزرار.



و كمثال لتفسير مبدأ اشتغال هذا الجهاز، نقوم بتسليط ضوء الوماض على قرص أسود به بقعة بيضاء، حيث يقوم هذا القرص بحركة دوران ترددها  $N$  و دورها  $T$ ، حول محور دوران عمودي عليه و يمر من مركزه. فنميز بين الثلاث حالات التالية:

## الحالة الأولى



♦ **الحالة الأولى ( إذا كان  $T_s = k.T$  أي  $N_s = k.N$  حيث  $k$  عدد صحيح طبيعي):**

عند اللحظة  $t=0$  يصدر الوماض الومضة الأولى لحظة انطلاق البقعة، و خلال المدة الزمنية  $T_s$  تكون البقعة قد أنهت  $k$  من الدورات الكاملة بين الومضة الأولى و الثانية، مما يظهر البقعة متوقفة، و هذا ما ينعت **بالتوقف الظاهري**.

## الحالة الثانية



♦ **الحالة الثانية ( إذا كان  $T_s > k.T$  أي  $N_s > k.N$ ):** في هذه الحالة تظهر البقعة وكأنها تدور وفق المنحنى الموافق لدوران القرص بتردد يساوي فرق التردد  $N$  و  $N_s$ .

## الحالة الثالثة



♦ **الحالة الثالثة ( إذا كان  $T_s < k.T$  أي  $N_s < k.N$ ):** في هذه الحالة تظهر البقعة وكأنها تدور وفق المنحنى المعاكس لدوران القرص بتردد يساوي فرق التردد  $N$  و  $N_s$  (أنظر جانبه التفسير البياني للحالات الثلاث)

## II. الموجات الميكانيكية المتوالية الدورية.

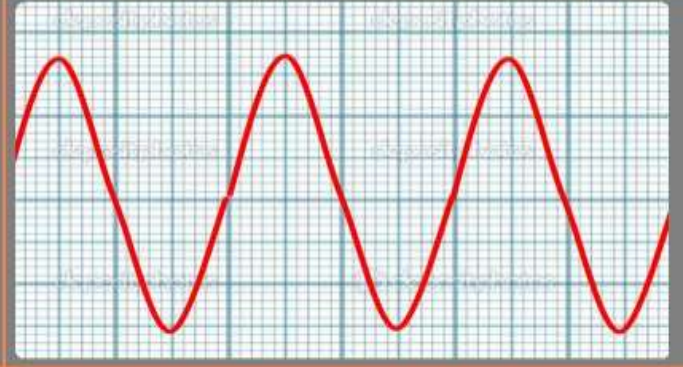
### 1. نشاط تجريبي 1:



نصل مربي ميكر وفون بمربي راسم التذبذب، ثم نحدث بواسطة آلة موسيقية صوتا أمام الميكر وفون فنحصل على الرسم التذبذي المبين أسفله، ثم نعيد نفس التجربة بتعويض الآلة الموسيقية بممران فنحصل بعد النقر عليه، على الرسم التذبذي الممثل أسفله.



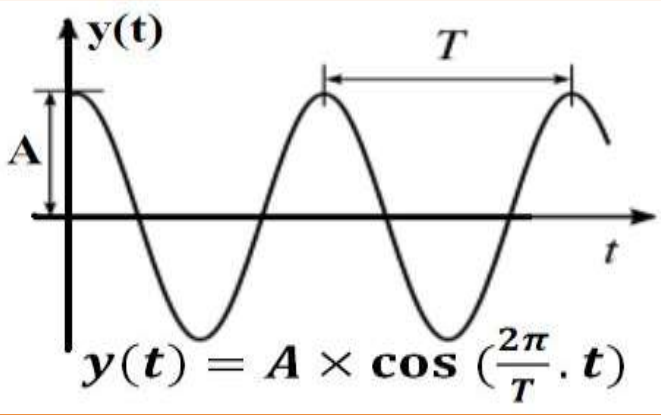
موجة منبعثة من آلة موسيقية



موجة منبعثة من الممران

- هل الموجات المحصل عليها دورية؟ علل جوابك.  
نعم الموجات المحصل عليها دورية، لأن التشوه الحاصل لكل نقطة من وسط الانتشار يتغير بشكل دوري مع مرور الزمن.
- قارن بين الرسمين التذبذبيين المحصل عليهما.  
الموجة المنبعثة من الآلة الموسيقية هي موجة ميكانيكية متوالية دورية بينما الموجة المنبعثة من الممران هي موجة ميكانيكية متوالية دورية و جيبيية، لأن تغير التشوه هو دالة جيبيية بالنسبة للزمن.
- علما أن زر الحساسية الأفقية لرسم التذبذب ضبط على القيمة  $0.5\text{ms/div}$  عند معاينة الموجة المنبعثة من الممران و  $1\text{ms/div}$  عند معاينة الموجة المنبعثة من الآلة الموسيقية، أحسب دور كل موجة.  
بالنسبة للموجة المنبعثة من الممران:  $T = 2 \times 0.5 = 1\text{ms} = 1.10^{-3}\text{s}$   
بالنسبة للموجة المنبعثة من الآلة الموسيقية:  $T = 2 \times 1 = 2\text{ms} = 2.10^{-3}\text{s}$
- أحسب تردد الموجة المنبعثة من الممران.  
نعلم أن التردد هو مقلوب الدور أي:  $N = \frac{1}{T} = \frac{1}{1 \times 10^{-3}} = 1000\text{Hz}$

### 2. خلاصة:



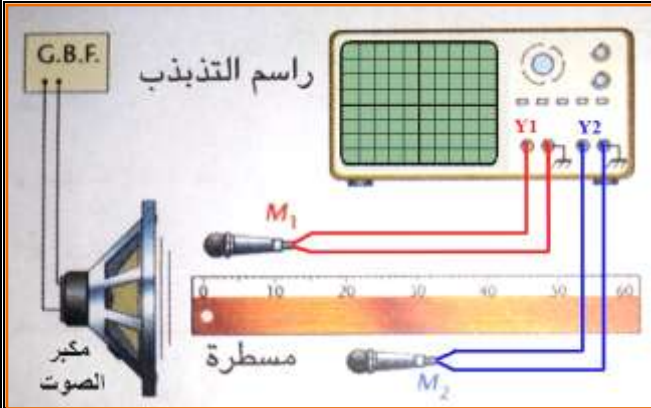
- الموجة الميكانيكية المتوالية الدورية: يكون فيها التطور الزمني للتشوه الحاصل لكل نقطة من وسط الانتشار دوريا، كموجة البحر و صوت نوتة واحدة ...
- الموجة الميكانيكية المتوالية الدورية الجيبيية: هي موجة يكون المقدار الفيزيائي المقرون بها دالة جيبيية بالنسبة للزمن، حيث تكتب استطالة نقطة على الشكل التالي:  $y(t) = A \times \cos\left(\frac{2\pi}{T} \cdot t\right)$ ، مع A وسع الحركة للنقطة و T دورها. (أنظر الشكل جانبه)

### 3. الدورية الزمانية (الدور T):

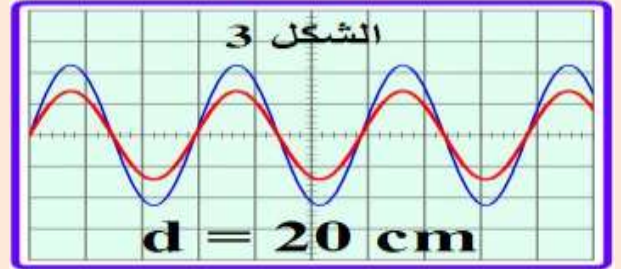
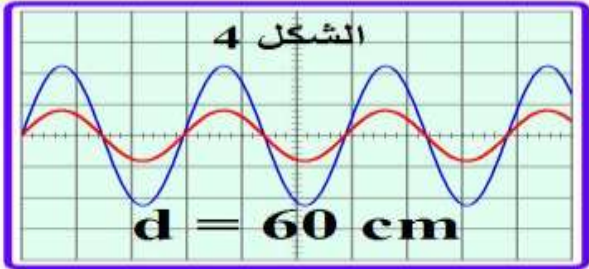
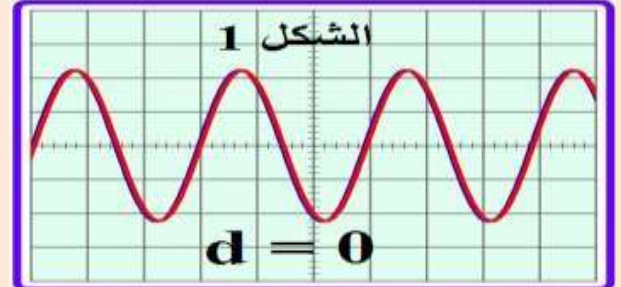
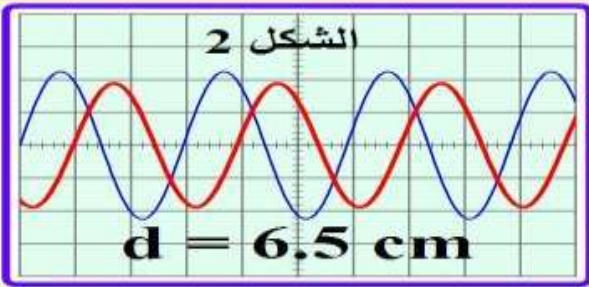
الدور T هو أصغر مدة زمنية تعود خلالها نقطة من وسط الانتشار إلى نفس الحالة الاهتزازية، أي هو المدة الزمنية اللازمة لتكرار الظاهرة.



## 4. الدورية المكانية: أ. نشاط تجريبي 2:



نصل مكبر الصوت بمولد للتردد المنخفض للحصول على موجة صوتية دورية جيبية ترددها  $N=1700\text{Hz}$ . نربط ميكروفونين  $M_1$  و  $M_2$  على التوالي بالمدخلين  $Y_1$  و  $Y_2$  لرأس التذبذب، ثم نضعهما على استقامة واحدة طول مسطرة مدرجة بحيث يستقبلان الموجة الصوتية المنبعثة من مكبر الصوت. نثبت الميكروفون  $M_1$  ونزيح عنه الميكروفون  $M_2$  ببطء، فنحصل على المنحنيات أسفلة على شاشة رأس التذبذب لقيم مختلفة للمسافة  $d$  بين  $M_1$  و  $M_2$ .



(1) أحسب الدور  $T$  للموجة الصوتية.

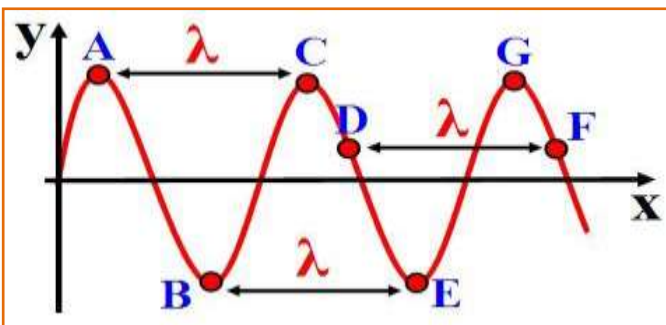
$$T = \frac{1}{N} = \frac{1}{1700} = 6.10^{-4} \text{ s} = 0.6 \text{ ms}$$

(2) حل الرسوم التذبذبية المحصل عليها.

بالنسبة للشكل 1: المنحنيين منطبقين مع بعضهما البعض أي أنهما على توافق. بالنسبة للشكل 2: عندما نبعد  $M_2$  عن مكبر الصوت أفقياً وفق المسطرة المدرجة، تزداد قيمة  $d$ ، و نلاحظ أن المنحنى 2 ينزاح أفقياً، كما يختل التوافق بين المنحنيين. نتابع إبعاد  $M_2$  عن مكبر الصوت إلى أن نحصل على أول توافق يوافق المسافة  $d=20\text{cm}$ ، وهكذا نواصل إلى أن نحصل على التوافق الثاني و الثالث ... على قيم  $d$  محددة. ماذا تستنتج؟

(3) إذا رمزنا لأول مسافة تمكننا من الحصول على توافق في المنحنيين بـ  $\lambda$  أي  $d(3) = \lambda = 20 \text{ cm}$  فسيمكننا أن نكتب أن  $d(4) = 3\lambda = 3 \times 20 = 60 \text{ cm}$ .

و منه يمكننا أن نستنتج أن المنحنيين يكونان على توافق في الطور عندما تكون المسافة الفاصلة بين الميكروفونين مضاعف لـ  $\lambda$ . حيث تلعب هذه الأخيرة دور الدورية المكانية و التي تسمى طول الموجة.



### ب. خلاصة:

♦ **الدورية المكانية أو طول الموجة  $\lambda$ :** هي المسافة الفاصلة بين نقطتين متتاليتين من وسط الانتشار لهما نفس الحالة الاهتزازية، كما تعرف كذلك بأنها المسافة التي تقطعها الموجة لهتوائية الجيبية خلال مدة زمنية تساوي دورها  $T$ ، و وحدة  $\lambda$  في النظام العالمي للوحدات هي المتر (m). (أنظر الشكل)

- ♦ **التوافق في الطور:** نقول أن نقطتين من وسط الانتشار تهتزان على توافق في الطور، إذا كانت المسافة  $d$  بينهما تكتب على الشكل  $d = k \cdot \lambda$  حيث  $k$  عدد نسبي. (مثال: A و D - G و F ...)
  - ♦ **التعاكس في الطور:** نقول أن نقطتين من وسط الانتشار تهتزان على تعاكس في الطور، إذا كانت المسافة  $d$  بينهما تكتب على الشكل  $d = \left(k + \frac{1}{2}\right) \cdot \lambda$  حيث  $k$  عدد نسبي. (مثال: A و B - E و G ...)
- 5. سرعة الانتشار:**

**حيث:**

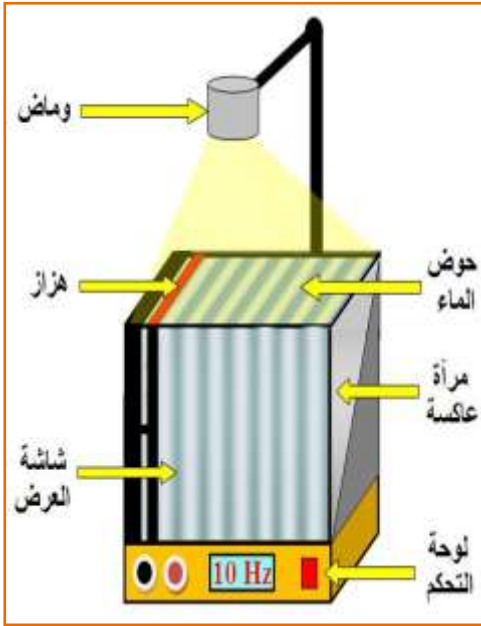
- $v$  سرعة انتشار الموجة بـ (m/s)
- $\lambda$  طول الموجة بالمتري (m)
- $T$  الدور بالثانية (s)
- $N$  التردد بالهرتز (Hz)

إذا انتشرت الموجة بمسافة تساوي طول الموجة  $\lambda$  في مدة زمنية تساوي الدور  $T$ ، فإن سرعة انتشار هذه الموجة، تعرف كما يلي:

$$v = \frac{\lambda}{T} = \lambda \cdot N$$

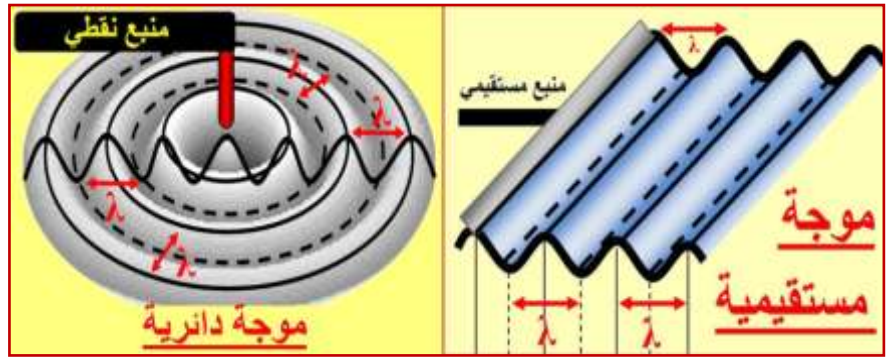
### III. ظاهرة الحيود.

#### 1. حوض الموجات:



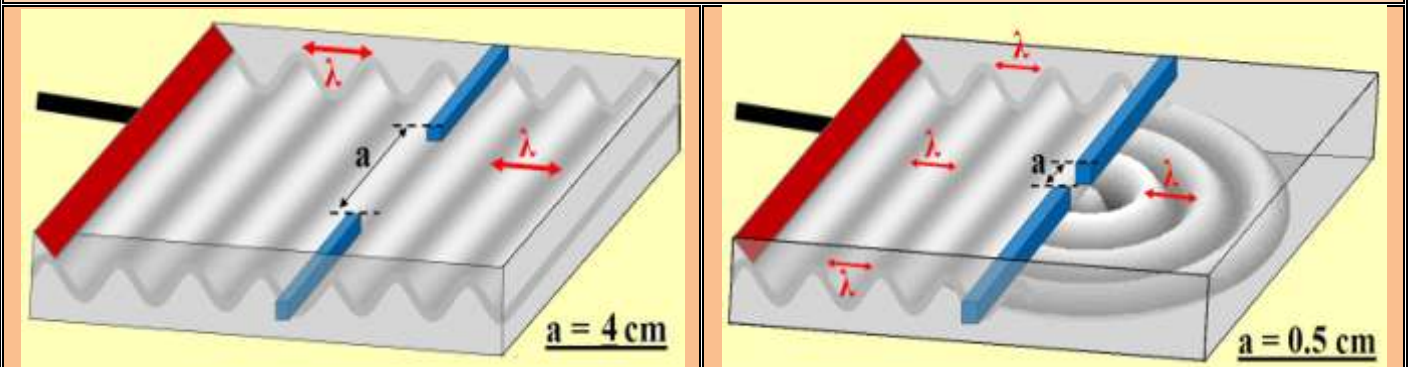
**حوض الموجات** (أنظر الرسم التوضيحي جانبه) عبارة عن حوض

مملوء بالماء لسمك معين، يمكننا من إنشاء و دراسة موجات ميكانيكية متوالية دورية و جيبية على سطح الماء، كما انه يسمح لنا بالتحكم في تردد الموجة وشكلها. و فيما يلي صورتين لنوعين من الموجات الممكن إنشاءها:



#### 2. نشاط تجربي 3:

في حوض الموجات، نحدث موجة ميكانيكية مستقيمة (أو دائرية) جيبية، تنتشر بسرعة  $v = 0.4 \text{ m/s}$ . ثم نضيء سطح الماء بومض تردده يساوي تردد الموجة ( $N=20\text{Hz}$ )، فنشاهد توقفا ظاهريا للموجات. نضع في الحوض حاجزا به فتحة عرضه  $a$  قابل للضبط على استقامة واحدة مع الموجة الواردة من جهة المنبع. نغير  $a$  فنحصل على الشكلين التاليين أسفله:



(1) أحسب  $\lambda$  طول الموجة الواردة و قارنه بعرض الفتحة  $a$  في كل حالة؟

نعلم أن:  $v = \lambda \times N \Leftrightarrow \lambda = \frac{v}{N} = \frac{0.4}{20} = 0.02 \text{ m} = 2 \text{ cm}$  أي  $\lambda = 2 \text{ cm}$

نلاحظ بالنسبة للحالة الأولى أن  $a \ll \lambda$  و بالنسبة للحالة الثانية فإن  $a > \lambda$ .

- (2) صف بالنسبة لكل شكل ما يحدث للموجات عند اجتيازها للفتحة؟  
في الشكل (1) نحصل على موجات دائرية بعد اجتيازها للفتحة بينما في الشكل (2) تبقى الموجات مستقيمة بعد عبورها للفتحة.
- (3) فسر سبب تغير شكل الموجة في الحالة الأولى من موجة مستقيمة إلى موجة دائرية.  
نلاحظ في هذه الحالة أن شكل الموجة الواردة على الفتحة قد تغير إلى موجة دائرية متولدة من منبع وهمي يوجد في الفتحة. وهذا راجع إلى عرض الفتحة حيث  $a \ll \lambda$ .
- (4) سم الظاهرة المحصل عليها في الحالة الأولى.  
تسمى هذه الظاهرة بظاهرة الحيود وتسمى الموجة المتولدة بالموجة المحيدة.
- (5) قارن طول الموجة للموجة المحيدة مع الموجة الواردة.  
للموجة المحيدة و الموجة الواردة نفس طول الموجة  $\lambda$

### 3. خلاصة:

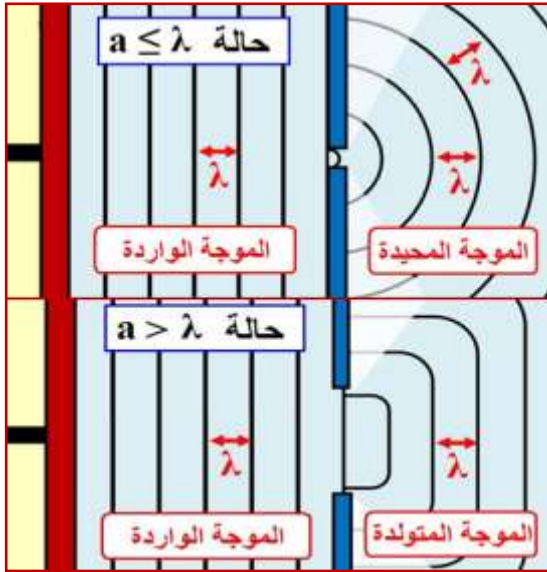
#### ♦ شرط حدوث ظاهرة الحيود:

■ في حالة  $a \leq \lambda$ : عند ورود موجة متوالية جيبيية على حاجز به فتحة عرضها  $a$  أصغر أو مساو لطول الموجة  $\lambda$  لهذه الموجة، تحدث **ظاهرة الحيود** وتولد عن هذه الظاهرة موجة لها نفس خصائص الموجة الواردة، تسمى **الموجة المحيدة**.

■ في حالة  $a > \lambda$ : عند ورود موجة متوالية جيبيية على حاجز به فتحة عرضها  $a$  أكبر من طول الموجة  $\lambda$  لهذه الموجة، لا تحدث ظاهرة الحيود.

#### ♦ خصائص الموجة الواردة و المحيدة:

والمحيدة نفس وسط الانتشار، و نفس طول الموجة، و نفس التردد، لأن التردد يفرضه المنبع أي لهما نفس الدور.



### IV. الوسط المبدد.

#### 1. نشاط تجريبي 4:

نحدث موجة ميكانيكية متوالية دائرية في حوض الموجات، نضبط تردد الموجة الدائرية على قيم مختلفة و نقيس في كل مرة طول الموجة  $\lambda$  فنحصل على الجدول التالي:

39.4	30.6	25.2	15.1	N(Hz)
7.77	8.98	9.33	14.6	$\lambda$ (mm)
0.306	0.274	0.235	0.220	v(m/s)

(1) أتمم ملاً الجدول. (أنظر أعلاه)

(2) ماذا تلاحظ؟

(3) نلاحظ أنه كلما تغيرت قيمة التردد تتغير قيمة طول الموجة ومنه فإن سرعة الانتشار تتغير.  
نعرف الوسط المبدد بكونه وسط تتعلق فيه سرعة انتشار الموجة بتردداتها. هل الماء وسط مبدد؟  
بما أن تغير سرعة الانتشار يتعلق بتردد الموجة، فإن الماء وسط مبدد.

### 2. خلاصة:

نقول إن **الوسط مبدد**، إذا تعلق سرعة انتشار الموجة داخل هذا الوسط بتردداتها.

### مثال :

بعض قيم سرعة الموجة الصوتية في الهواء عند درجة الحرارة  $\theta = 20^\circ\text{C}$  بالنسبة لترددات مختلفة

16000	6000	400	100	20	N(Hz)
343.56	343.56	343.56	343.54	343.47	v(m/s)

نلاحظ أن سرعة انتشار الموجة الصوتية لا تتغير بتغير التردد إذن الهواء وسط غير مبدد للموجات الصوتية