الأستاذ أيوب مرضي	مـــــادة الـــــفـــــيـــــزيـــــاء	4 صفحات
مستوى الثانية بكالوريا علوم تجريبية	الـجـــزء الأول: الـــــمـــــوجـــــات	
شعبة : علوم الحياة و الأرض – العلوم الفيزيائية – ع ر	مدة الإنجاز (درس+تمارين): 4 س + 1 س	

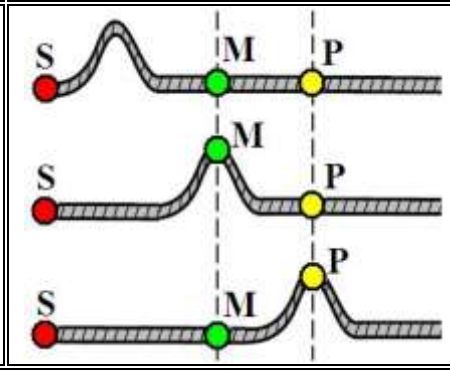
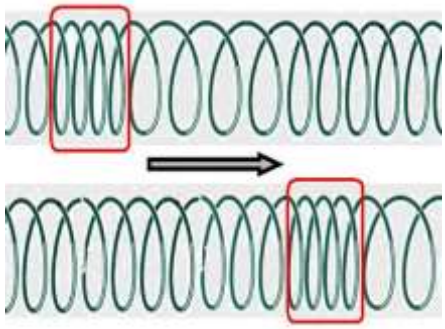
الدرس الأول

الموجات الميكانيكية المتوالية

Les ondes mécaniques progressives

I. الموجات الميكانيكية.

1. نشاط تجريبي 1:

التجربة الأولى	التجربة الثانية	التجربة الثالثة
نأخذ حبلا و نضعه على الأرض، نتبث أحد طرفيه ثم نقوم بتحريك الطرف الآخر من النقطة S.	نضع نابضا لفاته غير متصلة على سطح الأرض ثم نكبس بعضها ونحررها فجأة.	نقوم بإسقاط قطرة ماء على سطح ماء راكد.
		

1) أتمم ملأ الجدول التالي:

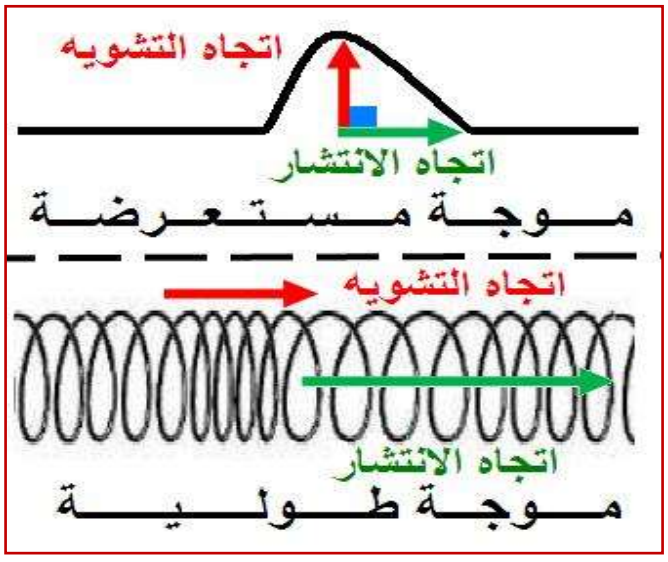
التجربة	الوسط	طبيعته	حالته	اتجاه الانتشار	اتجاه التشويه
الأولى	الحبل	مادي مرن	مشوه	أفقي	عمودي على الحبل
الثانية	النابض	مادي مرن	مشوه	أفقي	موازي لمحور النابض
الثالثة	سطح الماء	مادي مرن	مشوه	أفقي	عمودي على سطح الماء

2) هل يصاحب انتشار التشويه انتقال للمادة؟ علل جوابك.

من خلال التجربة الأولى نلاحظ أن النقطتين M و P من وسط الانتشار تنجزان حركة رأسية خلال مرور التشويه بهما و تستقران بعد اجتيازه لهما. و منه فإنه خلال انتشار موجة ليس هناك انتقال للمادة المكونة للوسط.

2. خلاصة:

- **التشويه:** تغير محلي ومؤقت لخاصية أو عدة خصائص فيزيائية لوسط معين.
- **المنبع:** الحيز الذي ينطلق منه التشويه و عادة ما يندمج هذا الحيز بنقطة يرمز لها بالحرف S.
- **وسط الانتشار:** هو الوسط الذي ينتشر فيه التشويه.
- **الموجة الميكانيكية:** ظاهرة انتشار تشوه في وسط مادي مرن ,دون انتقال للمادة التي تكون هذا الوسط.
- **الموجة الميكانيكية المتوالية:** تتابع مستمر لإشارات ميكانيكية ,ناتجة عن اضطراب مصان ومستمر لمنبع الموجات.
- **الموجة المستعرضة:** يكون فيها اتجاه تشويه الوسط عمودي على اتجاه الانتشار.(أنظر الشكل جانبه)
- **الموجة الطولية:** يكون فيها اتجاه تشويه الوسط على استقامة واحدة مع اتجاه الانتشار.(أنظر الشكل أعلاه)



3. الموجة الصوتية:

أ. نشاط تجريبي 2:

التجربة الأولى	التجربة الثانية
نشغل الجرس الكهربائي بواسطة مشغل الجرس، ثم نفرغ تدريجيا الإناء الزجاجي بواسطة المفرغ (المضخة). فنلاحظ أن صوت الجرس يتناقص تدريجيا إلى أن يختفي.	نقوم بالنقر على الطبلة الأولى فنلاحظ تحرك لهب الشمعة أفقيا نحو الخلف (الجهة اليمنى للصورة).
ماذا يحدث للصوت المنبعث من الجرس الكهربائي بعد تفريغ الإناء الزجاجي من الهواء؟ ماذا تستنتج؟ بعد تفريغ الإناء الزجاجي من الهواء كليا أي حصلنا على الفراغ نلاحظ أن صوت الجرس قد اختفى. وهذا يدل على أن الصوت لا ينتشر في الفراغ أي انه موجة ميكانيكية يتطلب انتشارها وسطا ماديا مرنا سواء كان صلبا أو سائلا أو غازيا.	فسر ما يحدث للهب الشمعة بعد النقر على الطبلة الأولى. ثم استنتج طبيعة الموجة الصوتية. عند النقر على الطبلة الأولى تنتشر موجة صوتية تؤدي إلى اهتزاز غشاء الطبلة الثانية و الذي بدوره يحرك لهب الشمعة أفقيا نحو الخلف مما يدل على أن اتجاهي الانتشار و التشويه يوجدان على استقامة واحدة، و منه نستنتج أن الموجة الصوتية هي موجة طـــولـــيـــة.

ب. خلاصة:

الصوت عبارة عن **موجة ميكانيكية متوالية طولية** ، وهذا راجع لكونها تحتاج لانتشارها إلى وسط مادي مرن سواء كان صلبا أو سائلا أو غازيا، كما أن هذا الانتشار ناتج عن انضغاط و تمدد وسط الانتشار.

II. الخواص العامة للموجات الميكانيكية.

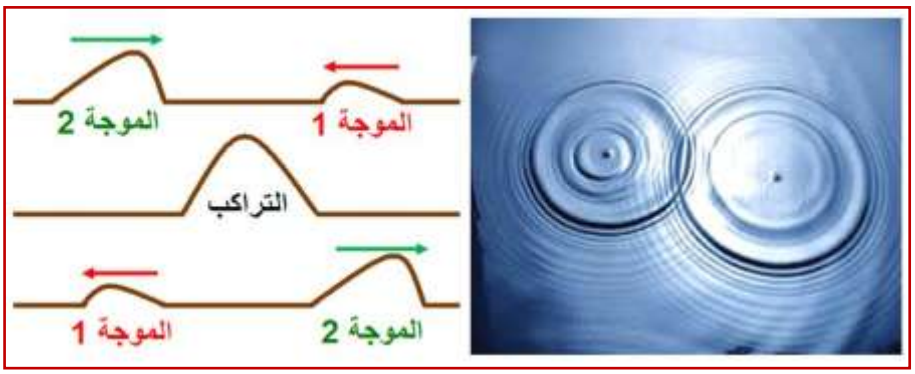
1. اتجاه انتشار الموجة:

تنتشر الموجات انطلاقا من منبعها في جميع الاتجاهات المتاحة لها، و نميز بين ثلاث موجات ميكانيكية:

- **موجة ميكانيكية أحادية البعد:** و ذلك إذا كان اتجاه الانتشار مستقيميا (الموجة المنتشرة طول الحبل أو النابض).
- **موجة ميكانيكية ثنائية البعد:** و ذلك إذا تم انتشارها وفق مستوى وحيد (الموجة المنتشرة على سطح الماء).
- **موجة ميكانيكية ثلاثية البعد:** و ذلك إذا انتشرت في جميع الاتجاهات (الموجة الصوتية).

2. تراكب موجتين ميكانيكيتين:

عند التقاء موجتين ميكانيكيتين، فإنهما تتراكبان، و بعد الالتقاء يستمر انتشار كل منهما دون تأثير ناتج عن تراكبهما، بحيث تحتفظ كل موجة بنفس المظهر و سرعة الانتشار. (أنظر الشكل جانبه)(**تتحقق هذه الظاهرة بالنسبة لموجات ذات تشوه جد ضعيف.**)

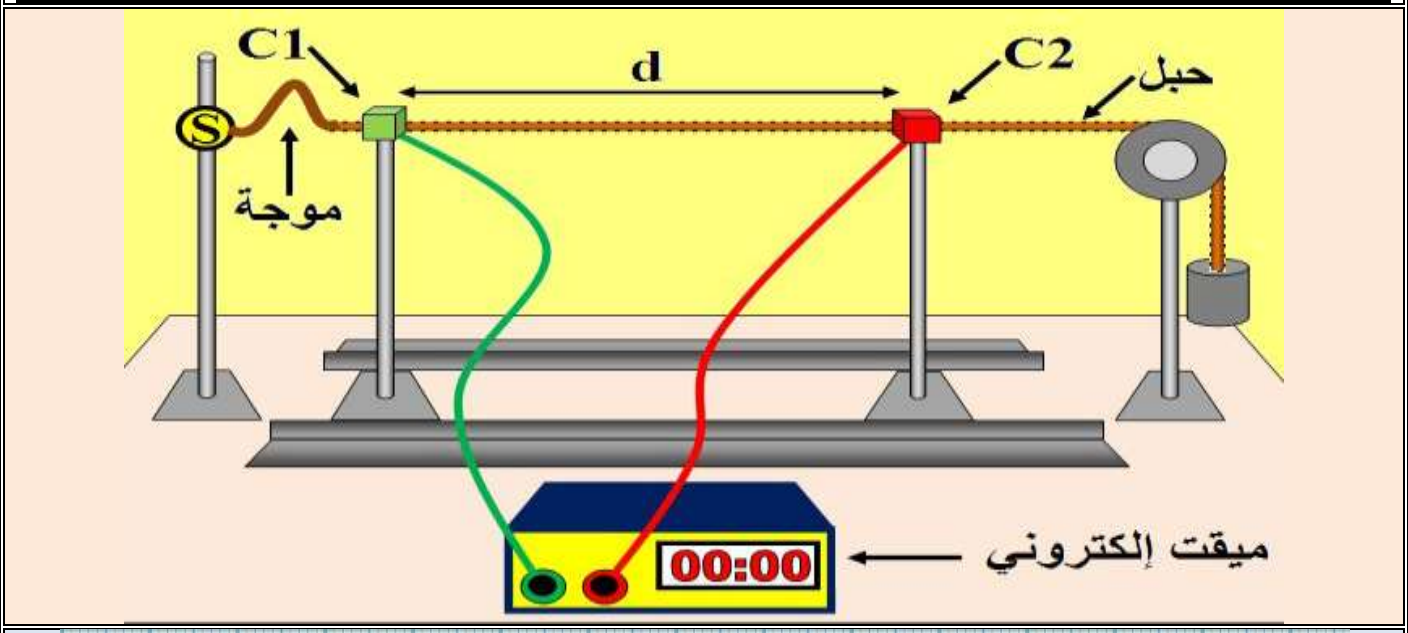


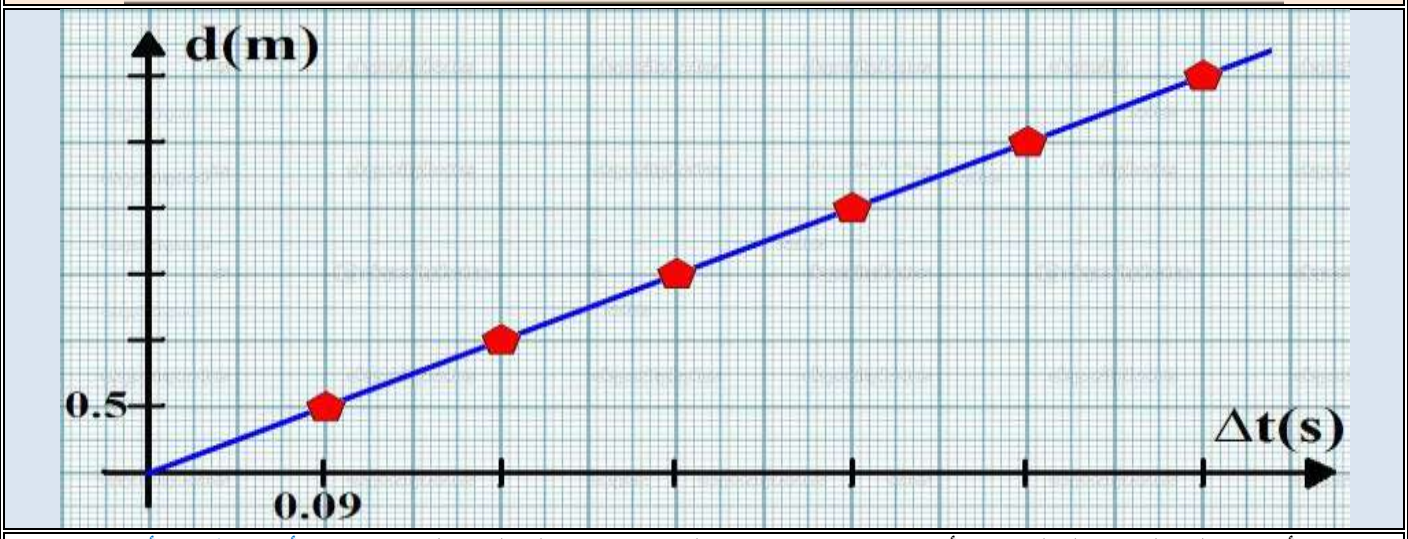
III. سرعة انتشار موجة.

1. نشاط تجريبي 3:

نستعمل لاقطان للحركة C_1 و C_2 مرتبطان بميقت إلكتروني و تفصل بينهما مسافة d قابلة للتغيير.
نحدث عند الطرف S لحبل مرن موجة ميكانيكية، عند وصول مقدمتها إلى لاقط الحركة C_1، يشتغل الميقت ويتوقف عند وصول هذه الأخيرة إلى لاقط الحركة C_2. (أنظر الشكل أسفله)
نقيس المدة الزمنية Δt التي يستغرقها انتشار الموجة بين C_1 و C_2 لمختلف قيم المسافة d، و ندون النتائج المحصل عليها في الجدول التالي:

d(m)	0	0.5	1	1.5	2	2.5	3
Δt(s)	0	0.09	0.18	0.27	0.36	0.45	0.45





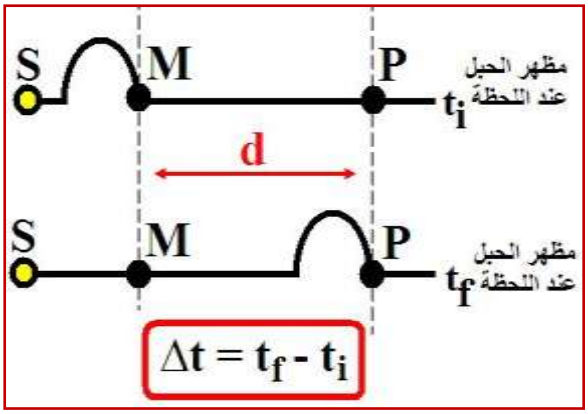
1) أرسم على الورق الميليمتري أعلاه منحنى تغيرات المسافة d بدلالة المدة الزمنية Δt. (أنظر الرسم أعلاه)
2) أوجد العلاقة بين d و Δt .
نلاحظ حسب الرسم أعلاه أن المنحنى $d=f(\Delta t)$ عبارة عن دالة خطية تمر من أصل المعلم حيث تكتب كما يلي:
$d=\alpha.\Delta t$ مع α المعامل الموجه للمستقيم، حيث $\alpha = \frac{d}{\Delta t}$.
3) هل المقدار $\frac{\mathbf{d}}{\mathbf{\Delta t}}$ ثابت أم متغير؟ ماذا يمثل؟
لدينا $\alpha = \frac{d}{\Delta t} = \frac{0.5}{0.09} = \frac{1.5}{0.27} = \cdots = 5.55\ m.s^{-1} = cte$.
يمثل هذا المقدار سرعة انتشار الموجة الميكانيكية طول الحبل و يرمز له بالحرف v ووحدته في النظام العالمي للوحدات هي $m.s^{-1}$.

2. خلاصة:

في وسط مادي مرن تنتشر موجة ميكانيكية بسرعة ثابتة تسمى **سرعة الانتشار** وحدتها $m.s^{-1}$ ، و يعبر عنها بالعلاقة التالية:

$$v = \frac{d}{\Delta t}$$

حيث : d المسافة التي تقطعها الموجة بالمتر (m) خلال المدة الزمنية Δt بالثانية (s).



3. العوامل المؤثرة على سرعة الانتشار:

بالنسبة لوسط مادي متجانس تكون سرعة انتشار موجة مستقلة عن شكل التشويه و عن مدته، فهي تتعلق بطبيعة وسط الانتشار، من حيث:

- **مرونته:** ترتفع سرعة انتشار موجة طول حبل إذا ازداد توتره F و انخفضت كتلته الطولية $\mu = \frac{m}{L}$ و ذلك حسب العلاقة التالية: $v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$.
- **حالته الفيزيائية:** كلما ازدادت كثافة الوسط ازدادت سرعة انتشار الصوت أي: $v_{solide} > v_{liquide} > v_{gaz}$.
- **درجة حرارته:** ترتفع سرعة انتشار الصوت في الهواء مع ارتفاع درجة حرارته.

IV. التأخر الزمني:

نعتبر موجة ميكانيكية تنتشر في وسط مادي مرن و متجانس، دون خمود، كالموجة المنتشرة طول حبل مثلا.

عند إحداث تشويه في النقطة S في لحظة نعتبرها أصلا للتواريخ $t_0=0$، ينتشر هذا التشويه بسرعة v، ليصل إلى نقطة M في لحظة t.

في لحظة t'، يصل التشوه إلى النقطة M'، فتعيد هذه النقطة نفس حركة النقطة التي قبلها M **بتأخر زمني** τ.
ونقول، أن τ **هي التأخر الزمني لحركة النقطة M' من وسط الانتشار بالنسبة لحركة النقطة M**، حيث:

$$\tau = \frac{MM'}{v}$$