

الموجات الميكانيكية

التمرين الأول:

بعد اهتزاز جميع نقط الحبل، نضيئه

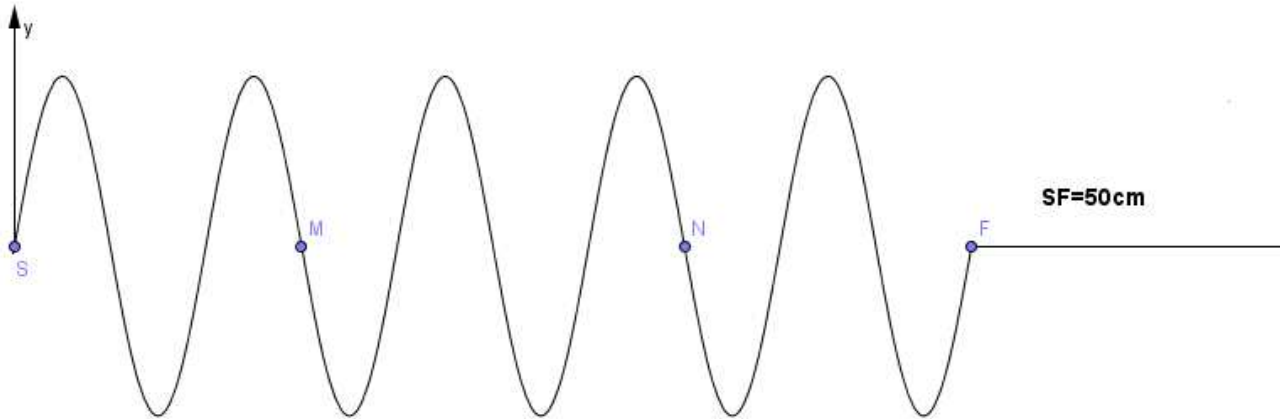
نحدث في لحظة $t=0$ تشوها في الطرف S لحبل مرن، حيث يمثل الشكل أسفله مظهر الحبل في لحظة $t'=28\text{ms}$. واحد متوقفا ظاهريا.



- 1- ما طبيعة الموجة علل جوابك.
- 2- احسب سرعة انتشار الموجة على طول الحبل.
- 3- حدد عند اللحظة t' النقط التي تنجز حركة نحو الأعلى و النقط التي تنجز حركة نحو الأسفل.
- 4- مثل مظهر الحبل في كل من اللحظتين $t_2=20\text{ms}$ و $t_3=40\text{ms}$
- 5- في أي لحظة ستصل الموجة إلى نقطة M_4 توجد على يمين النقطة M_3 و تبعد عنها بمسافة $M_3M_4=6\text{cm}$
- 6- في أي لحظة ستتوقف النقطة M_4 عن الحركة.

التمرين الثاني

عند اللحظة $t=0$ نشغل هزازا مرتبطا بالطرف S لخيط مرن موتر بواسطة قوة شدتها F_1 .
يمثل الشكل أسفله مظهر الحبل عند اللحظة $t_1=0,1\text{s}$



- 1- استنتج سرعة انتشار الموجة و تردد الهزاز.
- 2- ماذا يمكن القول حول النقطتين M و N من الحبل:
- هل تهتزان على توافق أم تعاكس في الطور؟
- هل تنتقلان خلال اللحظة t_1 نحو الأعلى أم نحو الأسفل؟
- 3- حدد اللحظة t_2 التي ستصل فيها الموجة إلى الطرف الثاني S' للحبل علما أن طول الحبل هو $L=72,5\text{cm}$
- 4- مثل مظهر الحبل عند اللحظة t_2 .

5- بعد اهتزاز جميع نقط الحبل، نضيئه بواسطة ومامض تردد ومضاته هو ν_e ، ما قيم تردد الومامض التي ستظهر حبلا واحد متوقفا ظاهريا.

6- نضبط تردد الومامض على القيمة $45,45\text{Hz}$

أ- ماذا سنشاهد؟

ب- حدد المسافتين الحقيقية و الظاهرية اللتين قطعتهما الموجة بين ومضتين متتاليتين.

ج- استنتج السرعة الظاهرية للموجة.

د- ماذا سنشاهد في حالة ضبط تردد ومضات الومامض على القيمة 52Hz ؟

7- نضبط الآن تردد الومامض على القيمة 50Hz ، ثم نضاعف توتر الحبل لتصبح قيمته هي $F_2=4F_1$

أ- ماذا سنلاحظ؟ (نذكر أن سرعة انتشار الموجة على طول حبل تتناسب اطراد مع \sqrt{F} حيث F توتر الحبل).

ب- احسب سرعة انتشار الموجة ν' و طول الموجة λ' .

التمرين الثالث:

- ترددات الموجات الصوتية المسموعة من قبل الإنسان تنتمي للمجال المحصور بين 20Hz و 20kHz.
- 1- حدد أطوال الموجات الصوتية المسموعة من قبل الإنسان في الهواء علما أن سرعة انتشار الصوت في الهواء هي 340ms^{-1} .
 - 2- أجب عن السؤال السابق باعتبار وسط الانتشار هو الماء الذي تنتشر فيه الموجة الصوتية بسرعة 1500ms^{-1} .

التمرين الرابع:

- نستعمل لفحص القلب موجات فوق صوتية ذات تردد $v=2,00\text{MHz}$ (l'échographie) ، حيث تنتشر هذه الموجات في نسيج القلب بسرعة $1,5\text{km.s}^{-1}$
- 1- لماذا لا يمكننا سماع هذه الموجات؟
 - 2- ما طبيعة الموجات الصوتية؟
 - 3- احسب طول الموجة داخل نسيج القلب.
 - 4- هل يمكن أن يحدث لهذه الموجات حيود على مستوى القلب؟ لماذا؟
 - 5- ما هي الخصائص التي ستتغير عند انتشار هذه الموجات في الهواء؟

الأجوبة



<http://phychi.voila.net>

التمرين الأول

- 1- موجة مستعرضة لأن اتجاه التشويه عمودي على اتجاه انتشار الموجة.
- 2- انطلقت مقدمة الموجة من المنبع S عند اللحظة $t=0$ لتصل إلى النقطة M_3 عند اللحظة $t'=28\text{ms}$ إذن:

$$v = \frac{SM_3}{\Delta t} = \frac{SM_3}{t'-0}$$

ت ع:

$$v = \frac{0,07}{0,028} = 2,5\text{m.s}^{-1}$$

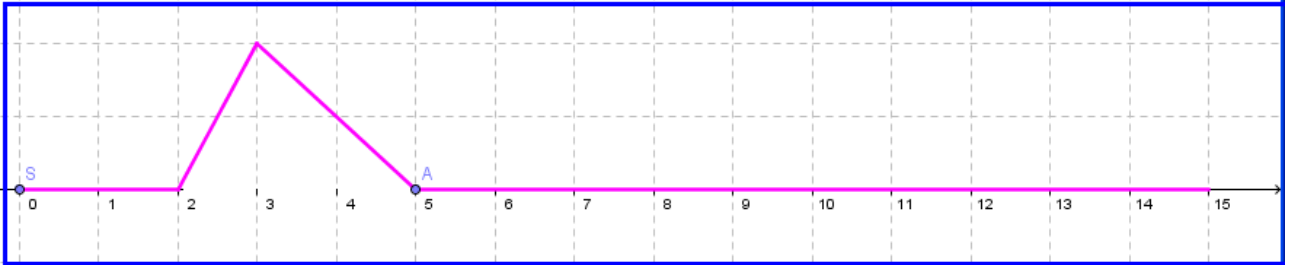
- 3- عند وصول الموجة إلى نقطة ما من الحبل، فإنها تهتز أولاً نحو الأعلى ثم تتوجه نحو الأسفل لتستقر في موضعها الأصلي؛ وهكذا فالنقط المحصورة بين M_2 و M_3 تتحرك نحو الأعلى بينما تتحرك النقط المحصورة بين M_1 و M_2 نحو الأسفل.

- 4- ستصل الموجة عند اللحظة $t_2=20\text{ms}$ إلى نقطة A تبعد عن المنبع S بالمسافة SA، حيث:

$$SA = v \cdot t_2$$

ت ع:

$$SA = 2,5 \cdot 0,02 = 0,05\text{m} = 5\text{cm}$$

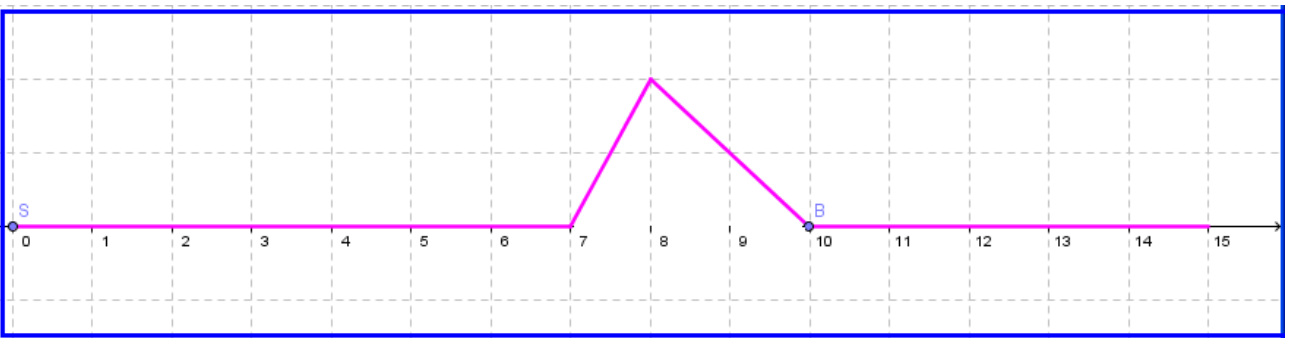


- ستصل الموجة عند اللحظة $t_3=40\text{ms}$ إلى نقطة B تبعد عن المنبع S بالمسافة SB، حيث:

$$SB = vt_3$$

ت ع:

$$SB = 2,5 \cdot 0,04 = 0,1\text{m} = 10\text{cm}$$



5- نرّمز للحظة وصول الموجة إلى النقطة M_4 بالرمز t_4 .
التأخر الزمني لحركة النقطة M_4 بالنسبة لحركة النقطة M_3 هو:

$$\tau = \frac{M_3 M_4}{v} = t_4 - t'$$

إذن:

$$t_4 = t' + \tau = t' + \frac{M_3 M_4}{v}$$

ت ع:

$$t_4 = 0,028 + \frac{0,06}{2,5} = 0,052s = 52ms$$

6- مدة الموجة هي :

$$\tau' = \frac{M_1 M_3}{v}$$

و هكذا، فالنقطة M_4 ستتوقف عن الحركة عند اللحظة t'_4 :

$$t'_4 = t_4 + \tau' = t_4 + \frac{M_1 M_3}{v}$$

ت ع:

$$t'_4 = 0,052 + \frac{0,03}{2,5} = 0,064s = 64ms$$

التمرين الثاني:

-1

تحديد السرعة:

لدينا:

$$v = \frac{SF}{\Delta t} = \frac{SF}{t_1}$$

ت ع:

$$v = \frac{0,5}{0,1} = 5m.s^{-1}$$

تحديد التردد:

باعتبار λ طول الموجة، نجد حسب الشكل أن:

$$SF = 5\lambda$$

و هكذا نجد أن:

$$\lambda = \frac{SF}{5} = 0,1m = 10cm$$

و بالتالي فإن التردد ν هو:

$$\nu = \frac{v}{\lambda}$$

ت ع:

$$\nu = \frac{5}{0,1} = 50Hz$$

-2

- بما أن $MN=2\lambda$ ، إذن فالنقطتان تهتزتان على توافق في الطور.
- أثناء انتقال الموجة تعمل كل نقطة على احتلال رأسيا موقع النقطة المتواجدة قبلها مباشرة، و بما أن النقط المتواجدة مباشرة قبل النقطتين M و N توجد أعلى هاتين النقطتين، إذن فإن النقطتين M و N تنتقلان خلال اللحظة t_1 نحو الأعلى.

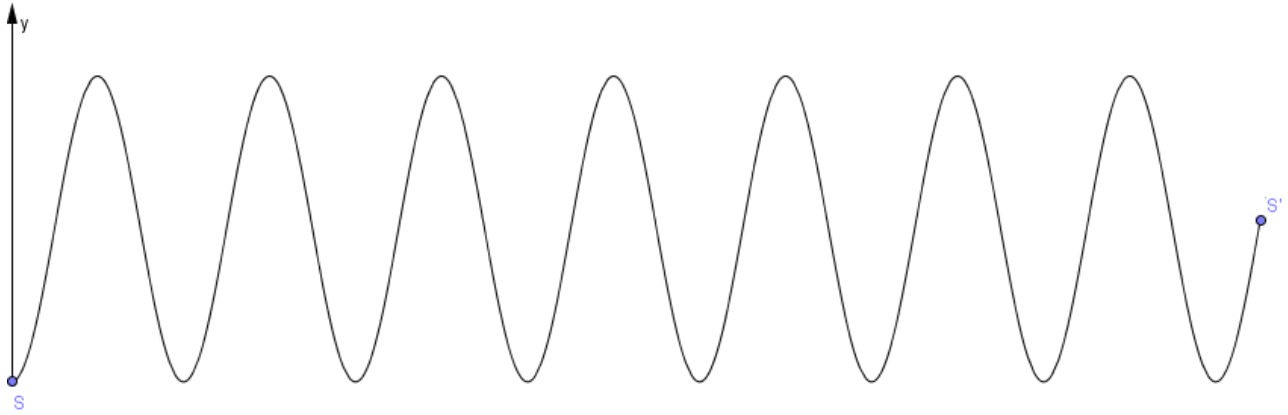
3- لدينا:

$$t_2 = \frac{SS'}{v} = \frac{L}{v}$$

ت ع:

$$t_2 = \frac{0,725}{5} = 0,145s = 145ms$$

4- ستصل مقدمة الموجة عند اللحظة t_2 إلى الطرف الثاني S' للحبل بحيث $SS'=7,25\lambda$



5- لكي نشاهد حبلا واحد متوقفا ظاهريا ينبغي أن نتحقق لنا العلاقة التالية:

$$v_e = \frac{v}{n}; n \in \mathbb{N}^*$$

بحيث:

$$10Hz \leq v_e \leq 50Hz$$

قيم الترددات التي تحقق مشاهدة حبل واحد متوقفا ظاهريا هي:

$$v_{e1} = 50Hz (n=1); v_{e2} = 25Hz (n=2); v_{e3} = 16,7Hz (n=3); v_{e4} = 12,5Hz (n=4)$$

-6

أ- بما أن تردد الموجة أكبر بقليل من تردد الوماض، فإننا سنشاهد حركة ظاهرية بطيئة لها نفس منحى انتشار الموجة.

ب- المدة الزمنية الفاصلة بين ومضتين متتاليتين هي:

$$\Delta t = T_e = \frac{1}{v_e}$$

ت ع:

$$\Delta t = \frac{1}{45,45} = 0,022s = 22ms$$

- المسافة الحقيقية d التي تقطعها الموجة خلال هذه المدة الزمنية هي:

$$d = v \cdot \Delta t$$

ت ع:

$$d = 5 \cdot 0,022 = 0,11 \text{ m} = 11 \text{ cm}$$

- المسافة الظاهرية d_a التي تقطعها الموجة خلال هذه المدة الزمنية هي:

عندما تقطع الموجة المسافة $\lambda = 10 \text{ cm}$ تعود كل نقطة من الحبل إلى موضعها ، فيظهر للعين كأن كل نقطة من الحبل تحركت بالمسافة d_a عندما تقطع الموجة المسافة d :

$$d_a = d - \lambda = 1 \text{ cm}$$

طريقة ثانية:

تعبير التردد الظاهري هو:

$$v_a = v - v_e$$

و تعبیر المسافة الظاهرية باعتبار رمز السرعة الظاهرية v_a :

$$d_a = v_a \cdot \Delta t = \lambda \cdot v_a \cdot \Delta t = \lambda v_a T_e = \lambda (v - v_e) T_e = \lambda v T_e - \lambda v_e T_e = v T_e - \lambda = d - \lambda$$

ج- لدينا:

$$d_a = v_a \cdot \Delta t$$

إذن:

$$v_a = \frac{d_a}{\Delta t}$$

ت ع:

$$v_a = \frac{0,01}{0,022} = 0,45 \text{ m.s}^{-1}$$

د- بما أن تردد الومضات أكبر بقليل من تردد الموجة، فإن الحبل يظهر في حركة بطيئة في المنحى المعاكس لمنحى انتشار الموجة.

7- نرسم لسرعة انتشار الموجة بعد مضاعفة توتر النايبض أربع مرات بالرمز v' لدينا:

أ- لن يطرأ أي شيء على تردد الموجة (تردد الهزان) بتغيير توتر الحبل، وبما أن $v = v_e$ فإننا سنلاحظ

ب- لدينا:

$$v = k \sqrt{F_1}$$

$$v' = k \sqrt{F_2} = k \sqrt{4F_1} = 2k \sqrt{F_1} = 2v$$

ت ع:

$$v' = 10 \text{ m.s}^{-1}$$

لدينا:

$$\lambda' = \frac{v'}{v} = \frac{2v}{v} = 2\lambda$$

ت ع:

$$\lambda' = 2 \cdot 0,1 = 0,2 \text{ m} = 20 \text{ cm}$$

التمرين الثالث:

1- لدينا:

$$\lambda = \frac{v}{\nu}$$

$$20\text{Hz} \leq \nu \leq 20\text{kHz}$$

$$\frac{1}{20000} \leq \frac{1}{\nu} \leq \frac{1}{20}$$

$$\frac{\nu}{20000} \leq \frac{\nu}{\nu} \leq \frac{\nu}{20}$$

$$\frac{\nu}{20000} \leq \lambda \leq \frac{\nu}{20}$$

$$0,017\text{m} \leq \lambda \leq 17\text{m}$$

2- بنفس الطريقة نحصل على:

$$\frac{\nu'}{20000} \leq \frac{\nu'}{\nu} \leq \frac{\nu'}{20}$$

$$\frac{\nu'}{20000} \leq \lambda' \leq \frac{\nu'}{20}$$

$$0,075\text{m} \leq \lambda' \leq 75\text{m}$$

التمرين الرابع:

1- لا يمكننا سماع هذه الموجات الصوتية لكون ترددها لا ينتمي إلى المجال الموسوع من قبل أذن الإنسان ([20Hz ; 20kHz]).

2- الموجات الصوتية عبارة عن موجات ميكانيكية طولية.

3- لدينا:

$$\lambda = \frac{v}{\nu}$$

$$\lambda = \frac{1500}{2.10^6} = 750.10^{-6} = 750\mu\text{m} = 0,75\text{mm}$$

ت ع:

- 4- لا تحدث ظاهرة الحيود للموجات فوق صوتية على مستوى نسيج القلب، حيث أن مبدأ الفحص بواسطة صدى الموجات فوق صوتية يعتمد أساساً على تبدد هذه الموجات على مستوى النسيج المفحوص و بالمقابل فإن طول أصغر جزء يمكن معاينته بهذه التقنية يقارب 1mm أي أكبر بعض الشيء من طول الموجة.
- 5- عند انتشار موجة في وسط آخر فإن تردد الموجة و دورها ينحفظان ، حيث يميزان الموجة، بينما يتغير كل من طول الموجة و سرعة الانتشار.