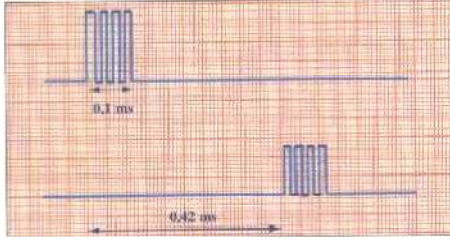


تمارين الموجات الميكانيكية المتوالية

تمرين 1:

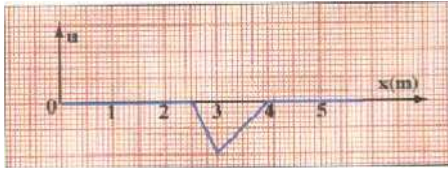
نضع أمام منبع S للموجات فوق الصوتية ، ميكروفون M_1 و M_2 يوجدان على استقامة واحدة حيث : $M_1M_2=d$ و M_1 أقرب الى منبع S .
نربط الميكروفونين بمدخلي راسم التذبذب ، فنلاحظ المنحنيات التالية :



- 1- حدد مدة تشويبه النقطة M من وسط الانتشار .
- 2- احسب التأخر الزمني τ بين M_1 و M_2 .
- 3- علما أن الموجة الصوتية تنتشر في الهواء بسرعة $V=340 \text{ m.s}^{-1}$ احسب المسافة d بين M_1 و M_2 .

تمرين 2:

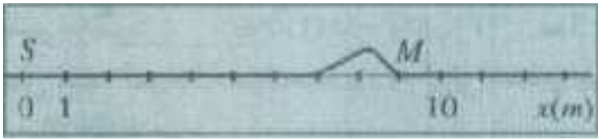
نحدث عند الطرف S لنابض لفاته غير متصلة ، موجة مستعرضة ، تنتشر بسرعة V . يمثل الشكل أسفله تغيرات الانتقال الطولي u(cm) للفة من النابض ب cm بدلالة أفصولها x عند لحظة $t=0,4\text{s}$.



- 1- احسب V سرعة الانتشار.
- 2- احسب المدة التي يستغرقها تأثير الموجة على لفة النابض .
- 3- مثل تغيرات استتالة لفة من النابض ذات التأخر الزمني $\tau = 0,6 \text{ s}$.

تمرين 3:

يمثل الشكل جانبه المقطع الرأسي لسطح الماء خلال انتشار موجة .
تغادر مقدمة الموجة النقطة S من سطح الماء عند اللحظة $t=0$.
عند اللحظة $t_1=4,5\text{s}$ يكون شكل سطح الماء ممثلا في الشكل أسفله حيث M مقدمة الموجة عند اللحظة t_1 .



- 1- هل الموجة طولية او مستعرضة علل جوابك ؟
- 2- احسب سرعة انتشار الموجة .
- 3- ما المدة التي تتحرك خلالها نقطة من سطح الماء عند انتشار الموجة .
- 4- ما موضع مقدمة الموجة عند اللحظة $t_2=3\text{s}$.
- 5- توجد النقطة N على بعد 12m من M ما التأخر الزمني لوصول مقدمة الموجة الى النقطة N ؟

تمرين 4:

ترتبط V سرعة انتشار موجة طول الحبل بالتوتر T لهذا الأخير (ب N) وبالكتلة الطولية μ للحبل (ب kg.m^{-1}) وفق العلاقة :

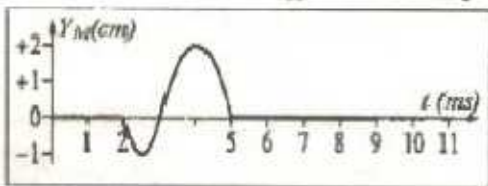
$$V = \sqrt{\frac{T}{\mu}}$$

- 1- نعتبر حبلًا موترًا ، ما قيمة توتر الحبل اذا علمت أنه يساوي وزن الكتلة المعلمة المعلقة في طرفه علما أن كتلتها $m=235\text{g}$ ؟
- 2- كتلة حبل طوله $L = 11\text{m}$ هي $M = 176 \text{ g}$. ما الكتلة الطولية للحبل ؟
- 3- احسب سرعة انتشار الموجة طول الحبل .
- 4- توجد بالحبل بقتان ملونتان A و B تفصل بينهما المسافة $d=8,2 \text{ cm}$ ما التأخر الزمني τ ل B بالنسبة ل A ؟
- 5- كيف تتغير قيمة السرعة عند تزايد الكتلة m للكتلة المعلمة .
- 6- ما الكتلة التي يجب اضافتها للكتلة m لتتضاعف سرعة انتشار الموجة ؟
نأخذ : $g=9,8 \text{ N.kg}^{-1}$

تمرين 5:

نعتبر تشويها ينتشر على حبل مرن ينطلق عند لحظة $t=0$ التشويه من نقطة O اتخذت كأصل لمحور (Ox).

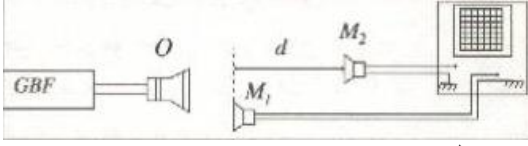
يمثل الشكل أسفله تغيرات أرتوب نقطة M أفصولها $x_M = 8 \text{ cm}$ حيث



- 1- عند أي لحظة t_1 يصل التشويه الى النقطة M .
- 2- احسب سرعة انتشار الموجة طول الحبل .
- 3- 1-3 كم يستغرق مرور التشويه بالنقطة M .
- 2-3 ما طول التشويه .
- 4- نعتبر نقطة N أفصولها $x_N = 32 \text{ cm}$.
- 1-4 احسب التأخر الزمني بين النقطتين N و M .
- 2-4 عند أي لحظة t_2 تصل الموجة الى N .
- 3-4 مثل تغيرات أرتوب N بدلالة الزمن .
- 5- مثل مظهر الحبل عند اللحظة t_2 أي اللحظة التي يصل فيها التشويه الى N .

تصحيح تمارين الموجة الميكانيكية المتوالية

تمرين 1:



- 1 - تحديد Δt مدة تشويبه نقطة M من وسط الانتشار :
نصل مكبر الصوت بمولد التردد المنخفض GBF و نصل
الميكروفونين M_1 و M_2 بكاشف التذبذب مبيانيا نجد :
 $\Delta t = 0,1 \text{ ms}$
- 2 - تستغرق الموجة فوق الصوتية لتقطع المسافة d بين الميكروفونين المدة $\Delta t = 0,42 \text{ ms}$.
- 3 - بما أن الموجة فوق الصوتية تنتشر بسرعة ثابتة فان :

$$V = \frac{d}{\Delta t} \Rightarrow d = V \cdot \Delta t = 340 \times 0,42 \cdot 10^{-3} = 0,14 \text{ m}$$

تمرين 2:

- 1 - تقطع الموجة خلال المدة $\Delta t = t_1 - t_0 = t_1 = 0,4 \text{ s}$ المسافة $d = 4 \text{ m}$ حيث :

$$V = \frac{d}{\Delta t} = \frac{4}{0,4} = 10 \text{ m.s}^{-1}$$

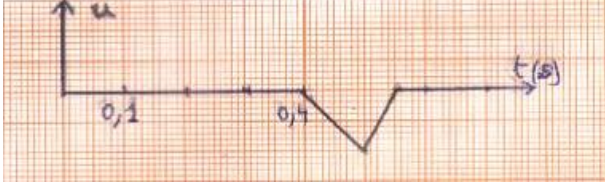
- 2 - كل نقطة من وسط الانتشار تتحرك رأسيا عندما يصلها التشويبه ثم تعود الى موضعها البدئي ,
لنكن $\Delta t'$ مدة التي يستغرقها التشويبه و L طول التشويبه .

$$V = \frac{L}{\Delta t'} \Rightarrow \Delta t' = \frac{L}{V} = \frac{1,5}{10} \Rightarrow \Delta t' = 0,15 \text{ s}$$

- 3 - اللفة N تعيد نفس الحركة المنبع S بعد تأخر زمني τ ،

$$Y_M(t) = Y_S(t - \tau)$$

- عند اللحظة $t_1 = 0,4 \text{ s}$ تصل مقدمة الموجة الى اللفة N
وتستغرق اللفة في الحركة مدة $0,15 \text{ s}$ أي تنتهي من
الحركة عند $t = 0,55 \text{ s}$ (انظر المبيان)



تمرين 3:

- 1 - انطلاقا من المقطع الرأسي لسطح الماء يتبين أن اتجاه التشويبه عمودي على اتجاه انتشار الموجة .
- 2 - مقدمة الموجة قطعت المسافة $d = SM = 9 \text{ m}$ خلال المدة $\Delta t = t_2 = 4,5 \text{ s}$ وبالتالي سرعة الانتشار نكتب :

$$V = \frac{SM}{t_1} = \frac{9}{4,5} = 2 \text{ m.s}^{-1}$$

- 3 - كل نقطة من سطح الماء تتحرك رأسيا عندما تصلها الموجة ثم تصبح ساكنة عندما تغادرها الموجة .

$$\text{لنكن } \Delta t' \text{ مدة حركة النقطة و } L \text{ طول التشويبه تربطهما العلاقة : } L = V \cdot \Delta t' \text{ أي : } \Delta t' = \frac{L}{V} = \frac{2}{2} = 1 \text{ s}$$

- 4 - عند اللحظة $t' = 2,5 \text{ s}$ تصل مقدمة الموجة الى نقطة P من سطح الماء تبعد عن المنبع S بالمسافة SP حيث :
 $SP = V \cdot t' = 2 \times 2,5 = 5 \text{ m}$

- 5 - التأخر الزمني τ لحركة النقطة N بالنسبة ل M يكتب :

$$\tau = \frac{MN}{V} = \frac{12}{2} = 6 \text{ s}$$

تمرين 4:

- 1 - بما أن توتر الحبل يساوي وزن الكتلة المعلمة فان $P = T$ مع $P = mg$

$$T = mg = 0,235 \times 9,8 = 2,3 \text{ N}$$

- 2 - الكتلة الطولية μ للحبل هي حاصل قسمة كتلته M على طوله L ، نكتب:

$$\mu = \frac{M}{L} = \frac{0,176}{11} = 16 \cdot 10^{-3} \text{ kg.m}^{-1} = 16 \text{ g.m}^{-1}$$

- 3 - سرعة انتشار الموجة نحددها بالعلاقة :

$$V = \sqrt{\frac{T}{\mu}} = \sqrt{\frac{2,3}{16 \cdot 10^{-3}}} = 12 \text{ m.s}^{-1}$$

- 4 - تنتشر الموجة طول الحبل بسرعة ثابتة حيث : $V = \frac{d}{\tau}$ حيث τ هي المدة التي استغرقتها الموجة لقطع المسافة $d = AB$

$$\tau = \frac{d}{V} = \frac{8,2 \cdot 10^{-2}}{12} = 6,8 \cdot 10^{-3} \text{ s} = 6,8 \text{ ms}$$

- نسمي τ التأخر الزمني ل B بالنسبة ل A .

- 5 - حسب تعبير السرعة : $V = \sqrt{\frac{T}{\mu}} = \sqrt{\frac{mg}{\mu}}$ يتبين أن تزايد الكتلة m يؤدي الى تزايد السرعة V .

- 6 - نبحت عن الكتلة m' المضافة ل m لتضاعف السرعة نكتب اذن :

$$V' = 2V = \sqrt{\frac{m+m'}{\mu}} \Rightarrow 4V^2 = \frac{(m+m')g}{\mu} \Rightarrow (m+m')g = 4\mu V^2 \Rightarrow m + m' = \frac{4\mu V^2}{g}$$

$$m' = \frac{4\mu V^2}{g} - m \Rightarrow m' = \frac{4 \times 16 \cdot 10^{-3} \times 12^2}{9,8} - 0,235 = 0,705 \text{ kg} = 705 \text{ g}$$

الطريقة الثانية :

$$2V = \sqrt{\frac{(m+m')g}{\mu}} \Leftrightarrow 2 \sqrt{\frac{mg}{\mu}} = \sqrt{\frac{(m+m')g}{\mu}}$$

$$4 \frac{mg}{\mu} = \frac{(m+m')g}{\mu} \Leftrightarrow 4m = m+m'$$

$$m' = 4m - m = 3m = 3 \times 235 = 705 \text{ g}$$

تمرين 5:

- 1 - عندما تصل الموجة الى النقطة M تبدأ هذه الأخيرة في الحركة (أي يتغير أرتوبها) حسب المبيان $t_1 = 2 \text{ ms}$
- 2 - تقطع الموجة المسافة : $OM = x_M = 8 \text{ cm}$ خلال المدة : $\Delta t = t_1 = 2 \text{ ms}$ ، سرعة انتشار الموجة نكتب :

$$V = \frac{OM}{t_1} = \frac{8 \cdot 10^{-2}}{2 \cdot 10^{-3}} = 40 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$
- 3 - 1-3 حسب المبيان تبدأ النقطة M الحركة عند اللحظة 2 ms وتتوقف عند اللحظة 5 ms وبالتالي مدة التشويه هي :

$$\Delta t' = 5 - 2 = 3 \text{ ms}$$
- 2-3 حسب سرعة انتشار الموجة نكتب : $V = \frac{L}{\Delta t}$ حيث L طول التشويه و $\Delta t'$ مدة التشويه .

$$L = V \cdot \Delta t' = 40 \times 3 \cdot 10^{-3} = 0,12 \text{ m}$$

- 4 - 1-4 التأخر الزمني للنقطة N بالنسبة للنقطة M هو المدة التي تستغرقها الموجة لقطع المسافة MN .

$$\tau = \frac{MN}{V} = \frac{x_N - x_M}{V} = \frac{(32 - 8) \cdot 10^{-2}}{40} = 6 \cdot 10^{-3} \text{ s} = 6 \text{ ms}$$

- 2-4 تصل الموجة الى النقطة N عند اللحظة t_2

حيث :

$$t_2 = t_1 + \tau = 2 + 6 = 8 \text{ ms}$$

- الطريقة الأولى : $t_2 = t_1 + \tau = 2 + 6 = 8 \text{ ms}$
- الطريقة الثانية : تقطع الموجة المسافة ON خلال المدة t_2 حيث :

$$t_2 = \frac{ON}{V} = \frac{32 \cdot 10^{-2}}{40} = 8 \cdot 10^{-3} \text{ s} = 8 \text{ ms}$$

- 3 4 نستنتج تغيرات النقطة N انطلاقا من تغيرات النقطة M وذلك بازاحة أفقية بمقدار τ .

5-تمثيل مظهر الحبل عند اللحظة t_2 :

- عند اللحظة $t_2 = 8 \text{ ms}$ تصل مقدمة

الموجة الى النقطة N ذات الأفضول x_N

$$x_N = 32 \text{ cm}$$

- طول التشويه هو $L = 12 \text{ cm}$ فنهيته P

$$x_P = x_N - L = 20 \text{ cm}$$

- طول الحبل ذي الأرتوب السالب :

حسب المنحنى يكون $Y < 0$ خلال المدة

$$\Delta t_1 = 1 \text{ ms}$$

$$L_1 = V \cdot \Delta t_1 =$$

$$40 \times 10^{-3} = 4 \cdot 10^{-2} \text{ m} = 4 \text{ cm}$$

- طول الحبل ذي الأرتوب الموجب :

حسب المنحنى يكون $Y > 0$ خلال المدة : $\Delta t_2 = 2 \text{ ms}$ حيث طول الحبل يكون :

$$L_2 = V \cdot \Delta t_2 = 40 \times 2 \cdot 10^{-3} = 8 \cdot 10^{-2} \text{ m} = 8 \text{ cm}$$

نستنتج أنه خلال 1 ms الأولى ينتقل التشويه بمسافة 4 cm بأرتوب سالب ثم يصبح موجبا خلال المسافة 8 cm المتبقية من طول التشويه .

