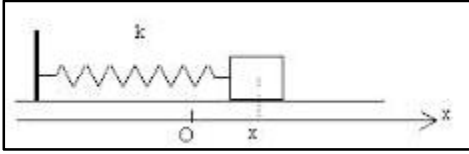


تمارين المظاهر الطاقية

تمرين 1 :

نعتبر نواسا أفقيا ذا لفات غير متصلة و كتلة مهملة وثابتة صلابته $K = 40 \text{ N.m}^{-1}$ نثبت طرفيه الثاني بجسم صلب (S) كتلته $m=100\text{g}$.



عند أصل التواريخ $t=0$ نزيح الجسم عن موضع توازنه O أص $d=2\text{cm}$ ، ثم نحرره بدون سرعة بدنية .
 عند t لمة (O, \vec{i}) ور (S) بالأفصول x على المحور (O, \vec{i}) .
 1- أثبت ، بالإعتماد على الدراسة الطاقية ، المعادلة التفاضلية التي يحققها x .

2- يكتب حل المعادلة التفاضلية على الشكل التالي : $x(t) = x_n \cos\left(\frac{2\pi}{T_0}t + \varphi\right)$.

1-2 أعط تعبير الدور الخاص T_0 ، k ، m . أحسب قيمته .

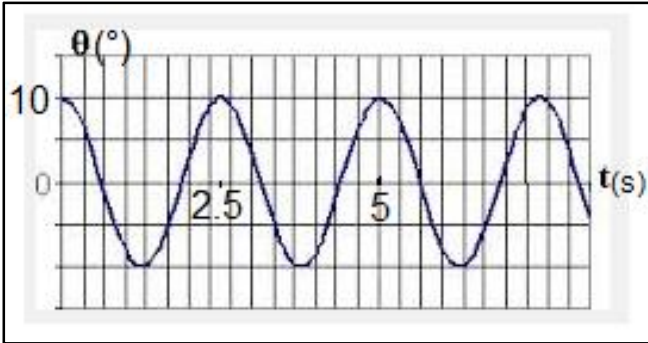
2-2 حد باستعمال الشروط البدنية ، قيمة كل من الوسع القصوي x_m عند أصل التواريخ $t = 0$.

3-2 استنتج بدلالة الزمن ، التعبير العددي ل $\dot{x}(t)$ و احسب قيمتها القصوية \dot{x}_n .

4-2 أحسب قيمة طاقة الوضع المرنة p_1 لمذب t_1 التي تأخذ فيها سرعة الجسم (S) القيمة $\dot{x}_1 = 0,3 \text{ m.s}^{-1}$.

يمكن اعتبار الحالة التي يكون فيها النابض غير مشوه الحالة المرجعية لطاقة الوضع المرنة واعتبار طاقة الوضع الثقالية منعدمة .

تمرين 2 :



يمثل المبيان أسفله المخطط $\theta = f(t)$ لنواس لي يتكون من سلك وقضيب فلزي . حيث θ يمثل الأفصول الزاوي ، نعطي ثابتة لي السلك $C = 2 \cdot 10^{-3} \text{ N.m/rad}$.

1- عين الدور الخاص T_0 ، واستنتج قيمة J_L عزم قصور القضيب .

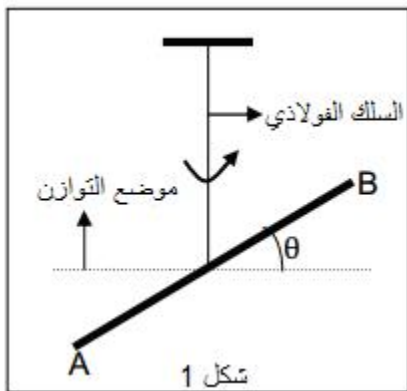
2- هل الإحتكاكات مهمة أثناء مدة التسجيل .

3- أحسب السرعة الزاوية عند مرور القضيب من موضع توازنه .

4- ساقعة وضع اللي E_{pt} والطاقة الحركية E_c القيمة $\theta = 0,1 \text{ rad}$.

5- تتنا E_n الطاقة الميكانيكية للنواس .

تمرين 3 :



يمثل الشكل 1 نواس لي ، رأسه ثابتة ليه C وقضيب

مجاوس عزم قصوه بالنسبة لمحور () هو

$J_{\Delta} = 1,6 \cdot 10^{-3} \text{ kg.m}^2$.

ندير القضيب أفقيا حول المحور () في المنحنى الموجب بالزاوية θ_m ، ثم

بدون سرعة بدنية لمة $t = 0$. نهمل الإحتكاكات ونأخذ $\pi^2 = 10$.

ي ل د ، موضع القضيب بأفصوله الزاوي θ الذي نقيسه

لموضع التوازن حيث $\theta = 0$.

1- حدد تعبير الطاقة الميكانيكية E_m لل { ك اللم + القضيب }

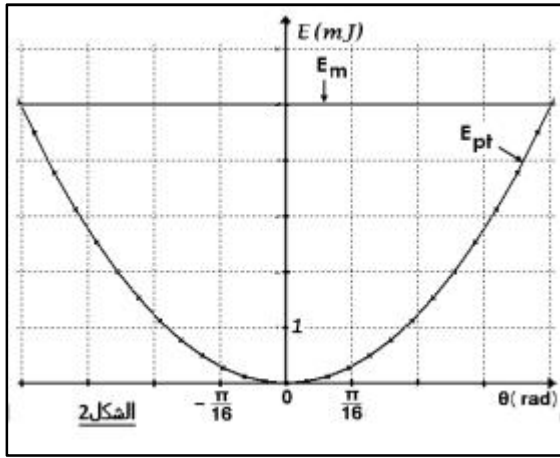
السرعة الزاوية للقضيب $\dot{\theta}$ $C J_L$.

نختار موضع توازن القضيب مرجعا لطاقة الوضع لي $pt = 0$.

2- انطلاقا من الدراسة الطاقية ، جد المعادلة التفاضلية لحركة المتذبذب ،

ثم استنتج تعبير الدور الخاص بدلالة $C J_L$.

3- يمثل المبيان الممثل في الشكل 2 مخططي الطاقة الميكانيكية وطاقة وضع



الشكل 2

1-3- عين مبيانيا θ_n وسع الحركة و القيمة الق لطاق

2-3- اللر C واحسب قيمة الدور الخاص T_0 .

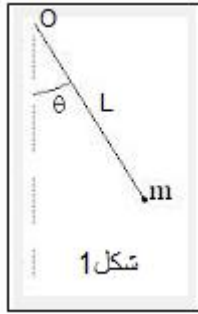
4- اعط التعبير العددي $\theta = f(t)$ للمعادلة الزمنية لحركة القضيب .

5- أحسب القيمة القصوى $\dot{\theta}_n$ للسرعة الزاوية للقضيب .

تمرين 4:

يتكون نواس بسيط من خيط كتلته مهملة و طوله

1 $L = 30cm$ وجسم صلب كتلته $m = 215g$.



شكل 1

يمثل 2 مخطط الطاقة لهذا النواس بدلالة الزمن .

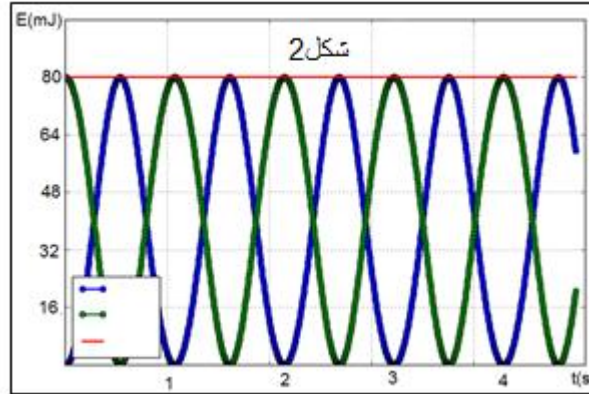
لما $t = 0$ بدون سرعة بدنية حيث كان الخيط يحدد الزاوية θ_0

1- المنحنيات الممثلة لاشكال الثلاثة لطاقة النواس .

2- عين الدور الخاص T_0 ات

3- باعتبار الوسع ضعيف ما هو L ط

4- حدد قيمة θ_0 باستعمال قيمة L المحصل عليها في السؤال 3.



شكل 2

تصحيح تمارين المظاهر الطاقية

تمرين 1:

1-المعادلة التفاضلية باستعمال الدراسة الطاقية :
الطاقة الميكانيكية تكتب:

$$E_m = E_c + E_{pe} + E_{pp}$$

باعتبار المستوى الذي يمر من مركز قصور الجسم حالة مرجعية لطاقة الوضع الثقالية يكون : $E_{pp} = 0$

واعتبار النابض غير مشوه الحالة المرجعية ل E_{pe} فإن تعبير طاقة الوضع المرنة تكتب :

$$E_{pe} = \frac{1}{2} Kx^2$$

تعبير الطاقة الحركية : $E_c = \frac{1}{2} m\dot{x}^2$

$$E_m = \frac{1}{2} m\dot{x}^2 + \frac{1}{2} Kx^2$$

بما أن الإحتكات مهملة ، فإن الطاقة الميكانيكية تنحفظ أي : $E_m = cte$
وبالتالي : $\frac{dE_m}{dt} = 0$

$$\frac{1}{2} \times 2m\dot{x}\ddot{x} + \frac{1}{2} \times 2Kx\dot{x} = 0$$

$$\dot{x} (m\ddot{x} + Kx) = 0$$

المعادلة التفاضلية :

$$\ddot{x} + \frac{K}{m}x = 0$$

1-2-لدينا حل المعادلة التفاضلية يكتب :

$$x(t) = X_m \cos\left(\frac{2\pi}{T_0}t + \varphi\right) \Rightarrow \dot{x}(t) = -\frac{2\pi}{T_0} X_m \sin\left(\frac{2\pi}{T_0}t + \varphi\right) \Rightarrow$$

$$\ddot{x}(t) = -\left(\frac{2\pi}{T_0}\right)^2 X_m \cos\left(\frac{2\pi}{T_0}t + \varphi\right)$$

نعوض في المعادلة التفاضلية نحصل على :

$$-\left(\frac{2\pi}{T_0}\right)^2 X_m \cos\left(\frac{2\pi}{T_0}t + \varphi\right) + \frac{K}{m} X_m \cos\left(\frac{2\pi}{T_0}t + \varphi\right) = 0$$

$$X_m \cos\left(\frac{2\pi}{T_0}t + \varphi\right) \left[-\left(\frac{2\pi}{T_0}\right)^2 + \frac{K}{m}\right] = 0$$

بما أن $x(t) \neq 0$ مهما كانت t ، فإن :

$$-\left(\frac{2\pi}{T_0}\right)^2 + \frac{K}{m} = 0$$

نستنتج :

$$T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{m}{K}}$$

$$T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{0,1}{40}} = 0,31s$$

2-2- حساب X_m و φ :

حسب الشروط البدئية :

عند $t=0$ لدينا : $x(0) = -d$ و $\dot{x}(0) = 0$

$$\begin{cases} x(0) = X_m \cos\varphi \\ \dot{x}(0) = -\frac{2\pi}{T_0} X_m \sin\varphi \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} X_m \cos\varphi = -d \\ \sin\varphi = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \cos\varphi = -\frac{d}{X_m} < 0 \\ \varphi = 0 \text{ أو } \varphi = \pi \end{cases}$$

بما أن $\cos\varphi < 0$ فإن $\varphi = \pi$ ومنه : $\cos\pi = -\frac{d}{X_m} = -1$

الوسع :

$$X_m = d = 2cm$$

النبض الخاص :

$$\omega_0 = \frac{2\pi}{T_0} = \frac{2\pi}{\frac{\pi}{10}} = 20 \text{ rad.s}^{-1}$$

المعادلة الزمنية تكتب :

$$x(t) = 2.10^{-2} \cos(20t + \pi)$$

2-3- تعبير السرعة :

$$\dot{x}(t) = -2.10^{-2} \times 20 \sin(20t + \pi)$$

$$\dot{x}(t) = -0,4 \sin(20t + \pi) = 0,6 \sin(20t + \pi)$$

تكون السرعة قصوية عندما يكون $\sin(20t + \pi) = 1$ أي :

$$\dot{x}_m = 0,6 \text{ m. s}^{-1}$$

4-2-قيمة طاقة الوضع المرنة عندما تكون $\dot{x} = 0,42 \text{ m. s}^{-1}$
بما أن الإحتكاكات مهملة ، فإن الطاقة الميكانيكية تنحفظ : $E_m = cte$
نعلم أن : $E_m = \frac{1}{2} K X_m^2$

$$E_m = E_C + E_{Pe} \Rightarrow E_{Pe} = E_m - E_C$$

$$E_{Pe} = \frac{1}{2} K X_m^2 - \frac{1}{2} m \dot{x}^2$$

ت.ع:

$$E_{Pe} = \frac{1}{2} \times 40 \times (2.10^{-2})^2 - \frac{1}{2} \times 0,1 \times (0,3)^2 = 3,5.10^{-3} J$$

تمرين 2 :

1-مبيانيا الدور الخاص T_0 هو: $T_0 = 0,5 \text{ s}$
استنتاج عزم قصور الساق :
لدينا:

$$T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{J_\Delta}{C}}$$

$$T_0^2 = 4\pi^2 \frac{J_\Delta}{C}$$

$$J_\Delta = \frac{C \cdot T_0^2}{4\pi^2} = \frac{2.10^{-3} \times 0,5^2}{4\pi^2} = 1,26.10^{-5} \text{ kg.m}^2$$

2-نلاحظ أن وسع الذبذبات يبقى ثابتا خلال الزمن نستنتج أن الإحتكاكات مهملة أثناء مدة التسجيل.

3-حساب الطاقة الحركية للنواس عند مرور القضيب من موضع توازنه :
الطاقة الميكانيكية تكتب:

$$E_m = E_{pt} + E_c = \frac{1}{2} C \theta^2 + \frac{1}{2} J_\Delta \dot{\theta}^2$$

باعتبار المستوى الأفقي المار من G مركز قصور القضيب مرجعا لطاقة الوضع الثقالية $E_{pp} = 0$
عند موضع التوازن $\theta = 0$ تكون السرعة الزاوية قصوية $\dot{\theta} = \dot{\theta}_m$.

$$E_m = \frac{1}{2} J_{\Delta} \dot{\theta}_m^2 \text{ : نكتب}$$

عندما يكون $\theta = \theta_m$ فإن السرعة تكون منعدمة $\dot{\theta} = 0$ وبالتالي:

$$E_m = \frac{1}{2} C \theta_m^2$$

بما أن الطاقة الميكانيكية تنحفظ ، فإن :

$$\frac{1}{2} J_{\Delta} \dot{\theta}_m^2 = \frac{1}{2} C \theta_m^2$$

$$\dot{\theta}_m = \theta_m \sqrt{\frac{C}{J_{\Delta}}}$$

ت.ع:

$$\theta_m = 10^\circ = \frac{\pi}{18} \text{ rad} \text{ : لدينا}$$

$$\dot{\theta}_m = \frac{\pi}{18} \sqrt{\frac{2.10^{-3}}{1.26.10^{-5}}} = 2,19 \text{ rad.s}^{-1}$$

4-حساب طاقة الوضع اللي E_{pt} والطاقة الحركية E_c عند $\theta = 0,1 \text{ rad}$:

$$E_{pt} = \frac{1}{2} C \theta^2 = \frac{1}{2} \times 2.10^{-3} \times 0,1^2 = 10^{-5} \text{ J}$$

نعلم أن :

$$E_m = E_{pt} + E_c \Rightarrow E_c = E_m - E_{pt}$$

$$E_c = \frac{1}{2} C \theta_m^2 - \frac{1}{2} C \theta^2 = \frac{1}{2} C (\theta_m^2 - \theta^2)$$

$$E_c = \frac{1}{2} \times 2.10^{-3} \left[\left(\frac{\pi}{18} \right)^2 - 0,1^2 \right] = 2.10^{-5} \text{ J}$$

5-استنتاج الطاقة الميكانيكية E_m :

$$E_m = E_{pt} + E_c = 10^{-5} + 2.10^{-5} = 3.10^{-5} \text{ J}$$

تمرين 3 :

1- تعبير الطاقة الميكانيكية :
لدينا :

$$E_m = E_C + E_{pt}$$

مع:

$$E_{Pt} = \frac{1}{2}C\theta^2 + cte = \frac{1}{2}C\theta^2 \quad \text{و} \quad E_C = \frac{1}{2}J_{\Delta}\dot{\theta}^2$$
$$E_m = \frac{1}{2}J_{\Delta}\dot{\theta}^2 + \frac{1}{2}C\theta^2$$

2- باعتبار الاحتكاكات مهملة فإن: $E_m = cte$ وبالتالي: $\frac{dE_m}{dt} = 0$

$$\frac{dE_m}{dt} = \frac{1}{2}J_{\Delta} \frac{d\dot{\theta}^2}{dt} + \frac{1}{2}C \frac{d\theta^2}{dt}$$

$$\frac{1}{2}J_{\Delta}(2\dot{\theta}\ddot{\theta}) + \frac{1}{2}C \times (2\theta\dot{\theta}) = 0$$

$$J_{\Delta}\dot{\theta}\ddot{\theta} + C\theta\dot{\theta} = 0$$

$$\dot{\theta}(J_{\Delta}\ddot{\theta} + C\theta) = 0$$

بما أن $\dot{\theta} \neq 0$ فإن: $J_{\Delta}\ddot{\theta} + C\theta = 0$
المعادلة التفاضلية:

$$\ddot{\theta} + \frac{C}{J_{\Delta}}\theta = 0$$

1-3 مبيانيا الوسع :

$$\theta_m = \frac{\pi}{4} \text{rad}$$

القيمة القصوى لطاقة وضع اللي :

$$E_{Ptmax} = 5.10^{-3} \text{J}$$

2-3 استنتاج ثابتة اللي C :

$$E_{Ptmax} = \frac{1}{2}C\theta_m^2 \Rightarrow C = \frac{2E_{Ptmax}}{\theta_m^2}$$

$$C = \frac{2 \times 5.10^{-3}}{\left(\frac{\pi}{4}\right)^2} = 1,62.10^{-2} \text{ N.m.rad}^{-1}$$

حساب T_0 الدور الخاص للمتذبذب :

$$T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{J_{\Delta}}{C}} = 2\pi \sqrt{\frac{1,6.10^{-3}}{1,62.10^{-2}}} = 1,97 \text{ s}$$

4-المعادلة الزمنية لحركة القضيب :

$$\theta(t) = \theta_m \cos\left(\frac{2\pi}{T_0}t + \varphi\right)$$

حسب الشروط البدئية:

$$\dot{\theta}(0) = 0 \text{ و } \theta(0) = \theta_m$$

$$\begin{aligned}\theta_m &= \theta_m \cos\varphi \\ \cos\varphi &= 1 \Rightarrow \varphi = 0\end{aligned}$$

$$\theta(t) = \frac{\pi}{4} \cos\left(\frac{2\pi}{1,97}t\right)$$

$$\theta(t) = 0,785 \cos(3,19t)$$

5-السرعة الزاوية القصوى $\dot{\theta}_m$:

عند موضع التوازن : $\theta = 0$ فإن $\dot{\theta} = \dot{\theta}_m$ الطاقة الميكانيكية تكتب : $E_m = \frac{1}{2}J_\Delta \dot{\theta}_m^2$

عندما يكون : $\theta = \theta_m$ فإن $\dot{\theta} = 0$ الطاقة الميكانيكية تكتب : $E_m = \frac{1}{2}C\theta_m^2$

نكتب :

$$\frac{1}{2}J_\Delta \dot{\theta}_m^2 = \frac{1}{2}C\theta_m^2 \Rightarrow \dot{\theta}_m = \theta_m \sqrt{\frac{C}{J_\Delta}} = \theta_m \left(\frac{2\pi}{T_0}\right)$$

$$\dot{\theta}_m = 0,785 \times \frac{2\pi}{1,97} = 2,5 \text{ rad. s}^{-1}$$

تمرين 4:

1-التعرف على المنحنيات :

عند اللحظة $t = 0$ السرعة البدئية للنواس منعدمة وبالتالي الطاقة الحركية منعدمة ، يمثل المنحنى

اللون الأزرق الطاقة الحركية E_C . منحنى اللون الأخضر يمثل طاقة الوضع الثقالية E_{pp} .

الطاقة الميكانيكية للمجموعة E_m ثابتة فهي ممثلة بالمنحنى ذي اللون الأحمر.

2-الدور الخاص :

خلال الدور الخاص T_0 تنعدم كل من الطاقة الحركية وطاقة الوضع الثقالية مرتين ، وتأخذ قيمة قصوى مرتين ، وبالتالي دور الطاقة الحركية يساوي نصف الدور الخاص .

$$\frac{T_0}{2} = T$$

$$T_0 = 2T = 2 \times 1 = 2s$$

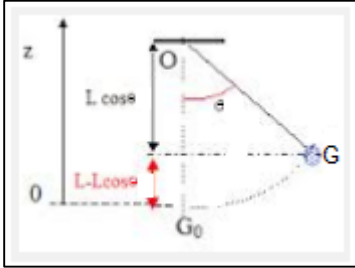
3- طول النواس L :

تعبير الدور الخاص للنواس البسيط في حالة تذبذبات ذات وسع ضعيف :

$$T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}} \Rightarrow T_0^2 = 4\pi^2 \frac{L}{g}$$

$$L = \frac{g \cdot T_0^2}{4\pi^2} = \frac{9,8 \times 2^2}{4\pi^2} = 0,99m$$

$$L \approx 1m$$



4- تحديد θ_0 الأفصول الزاوي البدئي :

طاقة الوضع الثقالية للنواس : $E_{pp} = mgz$

حسب الشكل : $z = L(1 - \cos\theta)$

$$E_{pp} = mgL(1 - \cos\theta)$$

في الموضع البدئي θ_0 تكون طاقة الوضع الثقالية قصوى : $E_{ppmax} = m \cdot g \cdot L(1 - \cos\theta_0)$

$$1 - \cos\theta_0 = \frac{E_{ppmax}}{mgL} \Rightarrow \cos\theta_0 = 1 - \frac{E_{ppmax}}{mgL}$$

$$\cos\theta_0 = 1 - \frac{80 \cdot 10^{-3}}{0,215 \times 9,8 \times 1} = 0,96$$

$$\theta_0 = 15,8^\circ$$