الظواهر الطاقية

1) شغل قوة ثابتة :

1.1) تعريف:

نعبر عن شغل قوة ثابتة $\vec{F}$ عند انتقال نقطة تأثيرها من A إلى النقطة B بالعلاقة التالية :

$$W_{A\to B}(\vec{F})=\vec{F}.\vec{AB}=F.AB.\cos\alpha$$

بحيث α الزاوية بين $\vec{AB}$ و $\vec{F}$

AB المسافة الفاصلة بين النقطة A والنقطة B .

$W_{A\to B}(\vec{F})$ يعبر عنه بالجول (J).

2.1) أمثلة لشغل قوة ثابتة :

☜ *شغل وزن الجسم :*

نعرف شغل وزن الجسم بالعلاقة التالية :

$$W_{A\to B}(\vec{P}) = \mp mgh$$

m : كتلة الجسم

g : شدة مجال الثقالة .

h : فرق الإرتفاع بين النقطتين A و B .

يكون شغل وزن الجسم P موجبا إدا كان الجسم فى حالة نزول .

يكون شغل وزن الجسم P سالبا إدا كان الجسم فى حالة صعود

☜ *شغل تأثير السطح :*

نعرف شغل تأثير السطح R بالعلاقة التالية:

$$W_{A\to B}(\vec{R}) = -f.AB$$

f : شدة قوة الإحتكاك .

AB : المسافة التى إنتقل بها الجسم

ملحوظة:

فى حالة إهمال الإحتكاكات تكون f=0 وبالتالى يكون : $W_{A\to B}(\vec{R}) = 0$

2) شغل قوة غير ثابتة :

1.2) الشغل الجزئى :

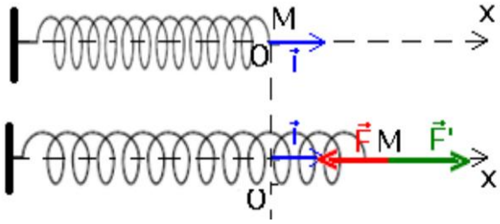
الشغل الجزئى لقوة F هو شغل هده القوة فى حالة إنتقال جزئى dl . نرمز للشغل الجزئى : $dW(\vec{F})$

تعبير الشغل الجزئى : ....

2.2) الشغل الكلى :

الشغل الكلى هو مجموع الأشغال الجزئية:

3.2) مثال لشغل قوة غير ثابتة: شغل قوة مطبقة من طرف نابض :



نشاط 1 : نعتبر نابضا دا لفات غير متصلة صلابته K وكتلته مهملة في وضع أفقي.

نطبق على النابض عند طرفه الحر M قوة $\vec{F}$ فيتمدد بمسافة OM=x .

1. بتطبيق القانون الثالث لنيوتن بين أن : F=Kx .

....
....
....
....

2. إعط تعبير الشغل الجزئي للقوة $\vec{F}$.

....
....

3. بإستعمال التكامل إعط تعبير الشغل الكلي للقوة $\vec{F}$ عندما ينتقل النابض من نقطة A حيث تمدده هو x_A إلى نقطة B حيث تمدده هو x_B. ثم إستنتج أن تعبير شغل $\vec{T}$ توتر النابض هو: $\boxed{W_{A\to B}(\vec{T})=\frac{1}{2}k(x_A^2-x_B^2)}$

....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....

4. لماذا لانستعمل لحساب هدا الشغل العلاقة $W_{A\to B}(\vec{F})=F.AB$

....
....

3) مبرهنة الطاقة الحركية :

1.3) تعبير الطاقة الحركية :

☜ في حالة حركة إزاحة عندما ينتقل جسم صلب كتلته m بسرعة V يكون له طاقة حركية E_C تعبيرها يكون كالتالي:

$$\boxed{E_C=\frac{1}{2}mV^2}$$

☜ في حالة حركة دوران عندما ينجز جسم صلب عزم قصوره J_Δ حركة دوران بسرعة زاوية $\dot{\theta}$ يكون له طاقة حركية E_C تعبيرها يكون كالتالي:

$$\boxed{E_C=\frac{1}{2}J_\Delta\dot{\theta}^2}$$

وحدة E_c هي الجول (J)

2.3) مبرهنة الطاقة الحركية :

☜ *في حالة إزاحة:*

عندما ينتقل جسم S كتلته m من نقطة A حيث سرعته V_A إلى نقطة B حيث سرعته V_B فإن العلاقة التالية و التي تسمى مبرهنة الطاقة الحركية تتحقق :

$$\boxed{\frac{1}{2}mV_B^2 - \frac{1}{2}mV_A^2 = \sum \underset{A\to B}{W}(\vec{F})}$$

☜ في حالة الدوران:

$\dot{\theta}_B$ السرعة الزاوية للجسم عند نقطة B.

$\dot{\theta}_A$ السرعة الزاوية للجسم عند نقطة A.

$$\boxed{\frac{1}{2}J_\Delta\dot{\theta}_B^2 - \frac{1}{2}J_\Delta\dot{\theta}_A^2 = \sum \underset{A\to B}{W}(\vec{F})}$$

4) الدراسة الطاقية للنواس المرن في وضع أفقي :

1.4) الطاقة الحركية:

أثناء حركته يمتلك الجسم (S) المعلق بطرف نابض طاقة حركية E_c تعبيرها:

مع: $V = \dot{x}$ و $x(t) = X_m\cos(\frac{2\pi}{T_0}t + \varphi)$

2.4) طاقة الوضع المرن:

عندما يكون النابض مضغوطا أو مطالا فإنه يختزن طاقة ترتبط بحالة تشوهه تسمى طاقة الوضع المرنة نرمز لها ب E_{pe} في الحالة التي يكون فيها النابض لا مطالا و لا مضغوطا فإن طاقة الوضع المرنة تكون منعدمة

$$\boxed{E_{pe} = 0}$$

نعرف طاقة الوضع المرنة للمجموعة (جسم – نابض) في وضع أفقي كالطاقة التي تختزنها هذه المجموعة نتيجة تشوهها.

تعبيرها يكون كالتالي:

حيث k صلابة النابض و x إطالته عند لحظة معينة. وحدة Epe هي الجول (J).

C ثابتة تحدد باستعمال الحالة المرجعية $E_{pe} = 0$. وغالبا ما نأخذ الحالة المرجعية عندما يكون النابض غير مشوه حيث x=0 . في هذه الحالة تكون k=0 و يكون تعبيرطاقة الوضع المرنة على الشكل:

مع: $x(t) = X_m\cos(\frac{2\pi}{T_0}t + \varphi)$

وبالتالي:

$$E_{pe} = \frac{1}{2}kx^2 = \frac{1}{2}k\,(X_m\cos(\frac{2\pi}{T_0}t + \varphi))^2$$

ملحوظة:

يساوي تغير طاقة الوضع المرنة مقابل شغل قوة توتر النابض

$$\boxed{\Delta E_{pe} = -\underset{A\to B}{W}(\vec{T})}$$

3.4) الطاقة الميكانيكية:

الطاقة الميكانيكية للنواس المرن هى مجموع طاقته الحركية E_C وطاقة وضعه الثقالية E_{pe} :

$$\boxed{E_m = E_c + E_{pe}}$$

نشاط: إنحفاظ الطاقة الميكانيكية فى غياب الإحتكاكات.

1) بين فى غياب الإحتكاكات أن الطاقة الميكانيكية تنحفظ.

$$\boxed{E_m = \frac{1}{2} k x_m{}^2 = C^{te}}$$

....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....

2) بين أنه يمكن الحصول فى غياب الإحتكاكات على المعادلة التفاضلية للنواس المرن بإستعمال انحفاظ الطاقة:

....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....

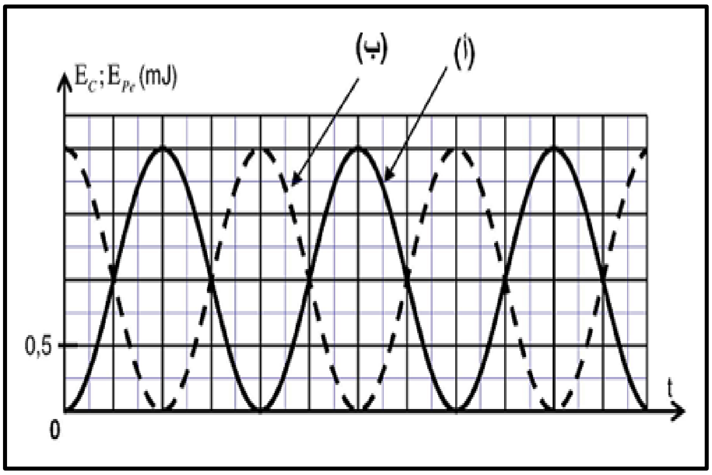
ملحوظة:

فى حالة وجود الإحتكاكات تتناقص الطاقة الميكانيكية E_m لنواس المرن بحيث تتحول إلى طاقة حرارية نتيجة الإحتكاكات.
فى حالة إهمال الإحتكاكات لدينا $E_m = C^{te}$ إدا كبرت E_C فإن E_{pe} تزداد نقول أن هناك تبادل للطاقة.

***نشاط 2* :**

نعتبر المجموعة {الجسم الصلب . النابض} حيث الجسم الصلب كتلته m والنابض لفاته غير متصلة صلابته K=30N/kg وكتلته مهملة.نهمل جميع الإحتكاكات .ونعتبر أن الحالة المرجعية لطاقة الوضع تتطابق مع أصل المعلم.
نزيح الجسم عن موضع توازنه المستقر بمسافة x_m ثم نحرره بدون سرعة بدئية عند t=0 .
يعطى المنحنى أسفله تمثيل الطاقات الثلاث E_{pe} و E_C بدلالة الزمن t .

1) عين، من بين المنحنيين (أ) و (ب) ، المنحنى الذي يمثل تغيرات الطاقة الحركية E_C. علل جوابك.



2) حدد قيمة الطاقة الميكانيكية E_m للمجموعة المتذبذبة.

3) إستنتج قيمة المسافة x_m

4) باعتماد تغير طاقة الوضع المرنة للمجموعة المتذبذبة، أوجد الشغل $W_{A\rightarrow O}(\vec{T})$ لقوة الارتداد $\vec{T}$ المطبقة من طرف النابض على (S) عند انتقال G من موضع A أفصول $x_A = x_m$ إلى الموضع O.

3. إستنتج أن صيغة السرعة القصوية للجسم تكتب كالتالى :

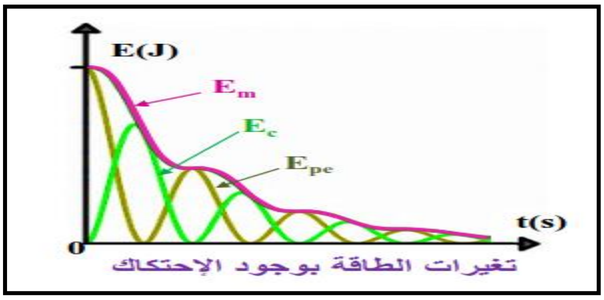
$$\boxed{V_m = x_m\sqrt{\frac{K}{m}}}$$

....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....

5) فى الواقع توجد هناك إحتكاكات حيث تمثيل الطاقات الثلاث يكون كالتالى (الشكل 2). بمادا تسمى هده الظاهرة . سم نظام الدبدبات.

....
....
....
....

الشكل2



6) نمثل الأن الطاقات الثلاث بدلالة الأفصول x :حيث نحصل على المنحنى أسفله .(الشكل3)

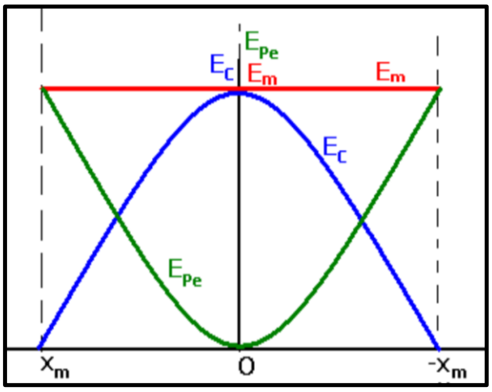
1.1 إعط تعبير الطاقة الميكانيكية E_m .

....
....
....

1.2 بين أن السرعة القصوية للجسم تكتب كالتالى :

$$\boxed{V_m = x_m\sqrt{\frac{k}{m}} = x_m\frac{2\pi}{T_0}}$$

الشكل3



....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....

5) الدراسة الطاقية للنواس اللي:

1.5) الطاقة الحركية:

نعتبر المجموعة { السلك , القضيب }. بما أن قطر السلك صغير جدا بالنسبة لطوله فإن طاقته الحركية مهملة ($J_\Delta=0$) وبالتالى الطاقة الحركية للمجموعة تساوى الطاقة الحركية للقضيب.

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

2.5) طاقة وضع اللى:

لطاقة وضع اللى E_{pt} الصيغة الرياضية التالية:

C^{te} تتعلق بالحالة المرجعية. في حالة أخذ الحالة المرجعية لطاقة الوضع $Ep=0$ هى حالة التوازن المستقر للقضيب $(\theta=0)$ فإن $C^{te}=0$. وبالتالى:

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

ملحوظة: يساوى تغير طاقة وضع اللى مقابل شغل مزدوجة اللى $\underset{\theta_1\to\theta_2}{Wc}$

$$\boxed{\Delta E_{pt}=-\underset{\theta_1\to\theta_2}{Wc}}$$

3.5) الطاقة الميكانيكية:

أ) تعريف:

الطاقة الميكانيكية E_m للنواس المرن هى مجموع طاقته الحركية E_C وطاقة الوضع المرنة E_p.

$$\boxed{E_m=E_c+E_{pt}}$$

ب) انحفاظ الطاقة الميكانيكية:

نشاط:

1) بين فى غياب الإحتكاكات أن الطاقة الميكانيكية تنحفظ.

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

....
....
....
....
....
....
....
....

....
....
....
....
....
....
....
....

2) بين أنه يمكن الحصول فى غياب الإحتكاكات على المعادلة التفاضلية للنواس المرن بإستعمال انحفاظ الطاقة:

....
....
....
....
....
....
....
....
....
....

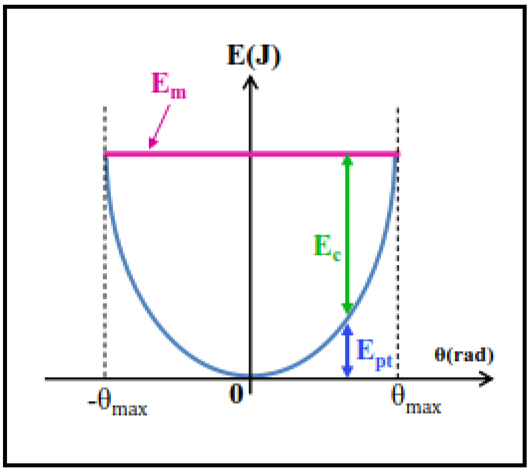
ملحوظة2:

فى حالة وجود الإحتكاكات تتناقص الطاقة الميكانيكية E_m لنواس اللى بحيث تتحول إلى طاقة حرارية نتيجة الإحتكاكات.

فى حالة إهمال الإحتكاكات لدينا $E_m = C^{te}$ إدا كبرت E_c فإن E_{pe} تزداد نقول أن هناك تبادل للطاقة.

4.5) مخطط الطاقات:

فى غياب الإحتكاكات نمثل الطاقات التلات بدلالة الزاوية θ فنحصل على الشكل جانبه:



☜ **طاقة وضع اللى:** ....
....

☜ **الطاقة الميكانيكية:** ....
....

☜ **الطاقة الحركية:** ....
....
....

كلما ازدادت θ كلما تناقصت E_C حيث تنعدم عند $\theta=\theta_m$ و $\theta=-\theta_m$.

6) الدراسة الطاقية للنواس الوازن

1.6) الطاقة الحركية:

نعرف الطاقة الحركية للنواس الوازن بالصيغة التالية:

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

2.6) طاقة الوضع الثقالية:

نعرف طاقة وضع الثقالية بتغييرها فنكتب:

$$\boxed{\Delta E_{pp} = -W(\vec{P})}$$

مع:

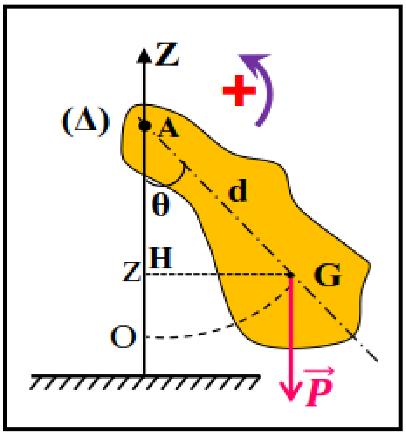
$$\boxed{E_{pp} = mgz + C^{te}}$$

C^{te} تتعلق بالحالة المرجعية. في حالة أخذ الحالة المرجعية لطاقة الوضع **Epp=0** هى حالة التوازن المستقر للجسم **(θ=0)** فإن **$C^{te} = 0$** .

$$\boxed{E_{pp} = mgz}$$

m : كتلة الجسم.
z : أنسوب الجسم.
g : شدة الثقالة.

نشاط:



بين بالنسبة النواس الوازن و بالنسبة للدبدبات الصغيرة أن تعبير طاقة الوضع الثقالية تكتب كالتالى:

$$\boxed{E_{pp} = mgd\frac{\theta^2}{2}}$$

مع: **d=AG**

في حالة الدبدبات دات وسع صغير نقبل بتقدير مقبول أن: $\cos\theta \simeq 1 - \frac{\theta^2}{2}$

....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....

3.6) الطاقة الميكانيكية:

أ) تعريف:

الطاقة الميكانيكية E_m للنواس المرن هى مجموع طاقته الحركية E_C وطاقة الوضع المرنة E_p.

$$\boxed{E_m = E_c + E_{pe}}$$

ب) انحفاظ الطاقة الميكانيكية:

1) بين أن فى غياب الإحتكاكات أن الطاقة الميكانيكية للنواس المرن تنحفظ. حيث:

$$\boxed{E_m = \frac{1}{2}mgd\,\theta_m^{\ 2} = C^{te}}$$

....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....

2) بين أنه يمكن الحصول فى غياب الإحتكاكات على المعادلة التفاضلية للنواس الوازن بإستعمال انحفاظ الطاقة:

....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....

<u>ملحوظة:</u>

فى حالة وجود الإحتكاكات تتناقص الطاقة الميكانيكية E_m لنواس اللى بحيث تتحول إلى طاقة حرارية نتيجة الإحتكاكات.

4.6) مخطط الطاقات:

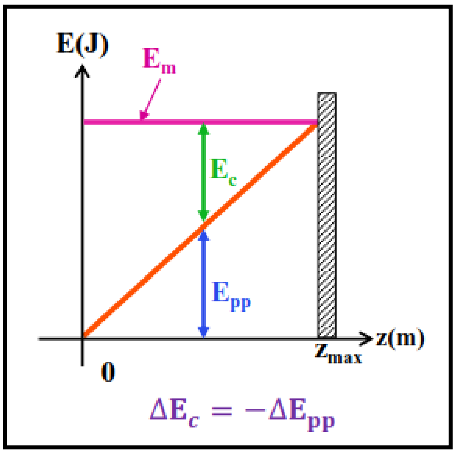
أ) بدلالة الأنسوب z:

نمثل الطاقات الثلاث للنواس الوازن بدلالة الأنسوب z فنحصل على مخطط الطاقات التالى: حيث :

☜ **طاقة الوضع الثقالية:** ....
....

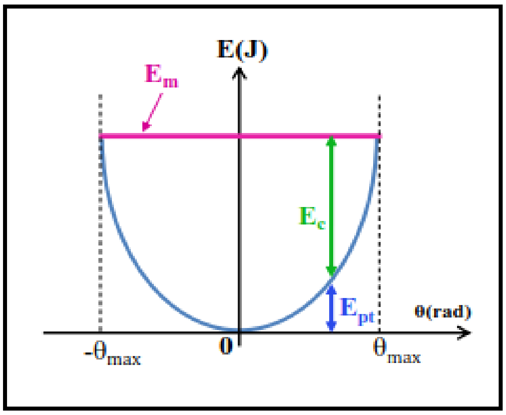
☜ **الطاقة الميكانيكية:** ....
....

☜ **الطاقة الحركية:** ....
....



ب) بدلالة الأفصول الزاوي:

نمثل الطاقات الثلاث للنواس الوازن بدلالة الأنسوب z في حالة دبدبات صغيرة فنحصل على مخطط الطاقات التالي: حيث :



☜ طاقة الوضع الثقالية: ....
....

☜ الطاقة الميكانيكية: ....
....

☜ الطاقة الحركية: ....
....

7) الدراسة الطاقوية للنواس البسيط:

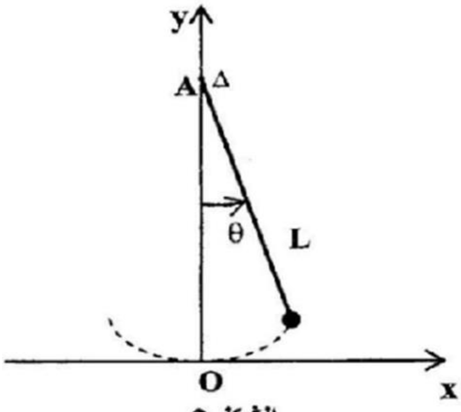
نشاط:

يتكون نواس بسيط من كرية كتلتها m وأبعادها مهملة، معلقة بطرف خيط غير قابل للامتداد كتلته مهملة وطوله L. الطرف الآخر للخيط مشدود إلى حامل ثابت في النقطة A. نزيح النواس عن موضع توازنه المستقر بزاوية θ_m ثم نحرره بدون سرعة بدئية عند اللحظة t=0، فينجز تذبذبات حرة في المستوى (O ;x ;y) حول محور ثابت Δ أفقي يمر من النقطة A.

ندرس حركة النواس في مرجع أرضي نعتبره غاليليا ونعلم موضع النواس في كل لحظة t بأفصوله الزاوي θ. (الشكل 2)

نختار المستوى الأفقي المار من النقطة O، موضع التوازن المستقر للنواس مرجعا لطاقة الوضع الثقالية.

نهمل جميع الاحتكاكات وندرس حركة النواس في حالة التذبذبات الصغيرة.



الشكل 2

المعطيات:

- كتلة الكرية : m=350g.
- طول الخيط : L=58cm.
- شدة الثقالة : $g=9,81m.s^{-1}$.
- عزم قصور النواس: $J_\Delta=mL^2$,
- بالنسبة للزوايا الصغيرة: $\sin\theta \simeq \theta$ و $\cos\theta \simeq 1-\dfrac{\theta^2}{2}$.

1- أكتب عند لحظة t تعبير الطاقة الميكانيكية E_m في حالة التذبذبات الصغيرة بدلالة m، g، L، θ والسرعة الزاوية $\dot{\theta}$.

2- يمثل الشكل 3 مخطط الطاقة للنواس المدروس.

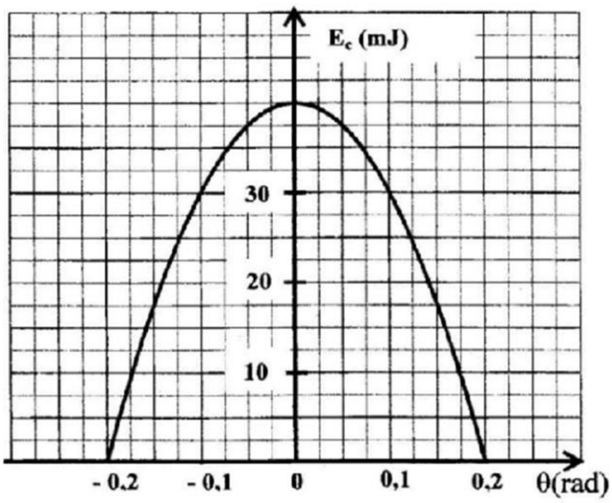
حدد قيمة كل من:

2.1. الأفصول الزاوي الأقصى θ_{max} للنواس.

2.2. الطاقة الميكانيكية E_m للنواس.

2.3. السرعة الخطية القصوى v_{max} للنواس.

3- أحسب الأفصولين الزاويين θ_1 و θ_2 اللذين تكون فيهما طاقة الوضع تساوي الطاقة الحركية.



الشكل 3

أجوبة: