الطاقة الكامنة

الطاقة الكامنة الثقالية لجسم في تأثير متبادل مع الأرض:

الطاقة الكامنة الثقالية لجسم ما وهو تحت تأثير ثقله, هي الطاقة التي يمتلكها هذا الجسم نتيجة موضعه بالنسبة للأرض.

مدلول الطاقة الكامنة الثقالية :

نترك جسما يسقط من النقطة A نحو النقطة B من سطح الأرض حيث AB = z فكلما كانت A أبعد عن B كلما كانت الطاقة الحركية للجسم أكبر عند وصوله إلى B. هذه الطاقة الحركية لم تكن سوى طاقة مخزنة فيه تسمى الطاقة الكامنة الثقالية .

عبارة الطاقة الكامنة الثقالية :

نعتبر انتقال جسم صلب تحت تأثير ثقله.

ان عمل قوة ثقل الجسم أثناء انتقال مركز عطالته من G_1 إلى G_2 يكون بالعبارة التالية :

$$W_{G_1 \to G_2}(\vec{P}) = mg(z_1 - z_2) = mgz_1 - mgz_2$$

أن عمل ثقل الجسم يظهر على شكل حدين, وحدة كل حد هي (J), إذن كل حد هو عبارة عن طاقة.

mgz_1: طاقة تتعلق بالأرتفاع z_1 (الموضع G_1) وتسمى الطاقة الكامنة الثقالية للجسم (S) عند الأرتفاع z_1 ونرمز لها ب: $E_{PP}(z_1)$.

mgz_2: طاقة تتعلق بالارتفاع z_2 (الموضع G_2) وتسمى الطاقة الكامنة الثقالية للجسم (S) عند الأرتفاع z_2 ونرمز لها ب: $E_{PP}(z_2)$.

بصفة عامة تعطي عبارة الطاقة الكامنة الثقالية لجسم في تأثير متبادل مع الأرض وموجود على ارتفاع z بالعلاقة: $E_{PP}(z) = mgz + C$

مع: C: ثابت يتعلق بالمستوي المرجعي للطاقة الكامنة الثقالية وعادة مايكون سطح الأرض..

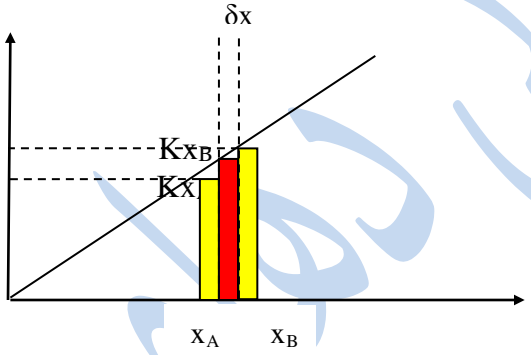
الطاقة الكامنة المرونية لنابض حلزوني:

عمل قوة توتر النابض :

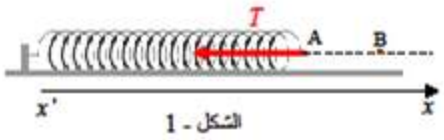
عندما نسحب أو نضغط طرف نابض تنشأ فيه قوة $\vec{T}$ تدعى قوة توتر النابض وهي قوة شدتها غير ثابتة حيث T= Kx

عمل هذه القوة اذن هو في هذه الحالة مجموع الأعمال العنصرية δW حيث العمل العنصري يساوي. $\delta W = T.\delta x$

حيث δx عبارة عن انتقال عنصري (انتقال صغير جدا) .



البيان-1-



الشكل - 1

إن العمل $W_{AB}(\vec{T})$ للقوة $\vec{T}$ المطبقة على طرف نابض عندما تنتقل استطالته من x_A نحو x_B يحسب بطريقة بيانية .

العمل العنصري يمثل بيانيا مساحة المستطيل الذي طوله Kx وعرضه δx (الملون بالأحمر في البيان-1-).

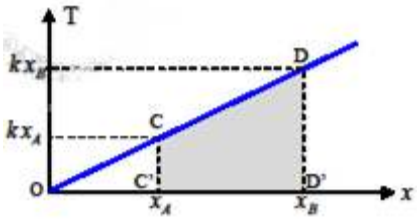
العمل من الفاصلة x=0 الى الفاصلة x يصبح مجموع المستطيلات اي مساحة مثلث قاعدته x وارتفاعه Kx ومنه يصبح العمل الكلي

$$W_{AB}(\vec{T}) = \frac{Kxx}{2} = \frac{1}{2}Kx^2$$

ومنه فإن عمل قوة التوتر عند الانتقال من النقطة A الى النقطة B هي مساحة شبه منحرف في البيان-2-

$$W_{AB}(\vec{T}) = Kxx_B/2 - Kxx_A/2$$

$$W_{AB}(\vec{T}) = \frac{1}{2}K(X_B^2 - X_A^2)$$



البيان-2-

عبارة الطاقة الكامنة المرونية :

من عبارة العمل السابقة نجد أن $W_{AB}(\vec{T}) = -\frac{1}{2}K(X_B^2 - X_A^2) = \frac{1}{2}KX_A^2 - \frac{1}{2}KX_B^2$

نسمي $\frac{1}{2}KX_A^2$ و $\frac{1}{2}KX_B^2$ على الترتيب الطاقتين الكامنتين المرونيتين في النابض عند الفاصلتين x_A و x_B ونكتب

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

حيث : E_{Pe}: بالجول J ، x بالمتر m ، K بـ N/m

التغيرفي الطاقة الكامنة المرونية :

مما سبق يمكن كتابة العبارة التالية : $W_{AB}(\vec{T}) = \frac{1}{2}KX_A^2 - \frac{1}{2}KX_B^2 = E_{PeA} - E_{PeB}$

أي : $$W_{AB}(\vec{T}) = -(E_{PeA} - E_{PeB})$$

ومنه يصبح :

$$\Delta E_{Pe} = -W_{AB}(\vec{T})$$

3- الطاقة الكامنة الفتلية:

من الدراسة العملية عبارة الطاقة الكامنة المرونية الفتلية لنابض حلزوني هي : $E_{Pe} = \frac{1}{2}C\theta^2$

حيث C ثابت فتل النابض الحلزوني و θ زاوية الدوران تقدر ب dar و C يقدر ب $J/^2dar$

بطاقة التلميذ

1- الطاقة الكامنة الثقالية :(عمل مخبري):

الوسائل المستعملة:

خيط مطاطي، كتل عيارية (100g ;50g ;20g,10g)،مسطرة طويلة مدرجة تثبت شاقوليا.
نابض مرن، كاميرا، جهاز اعلام آلي مع برنامج Avistep .
بماذا تتعلق الطاقة الكامنة لجسم في الجملة (جسم+أرض)؟ .

نشاط1:

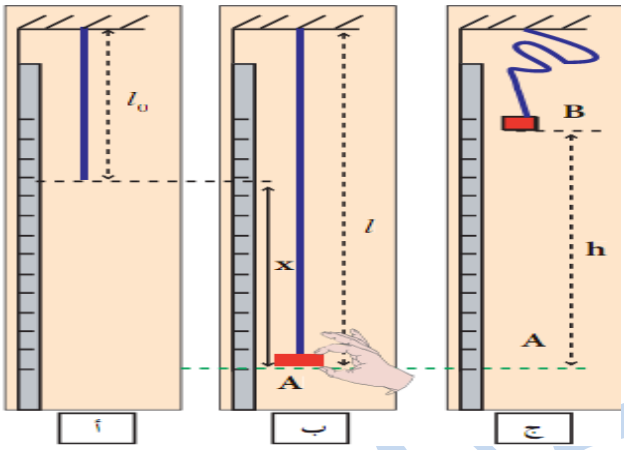
نترك مطرقة كتلتها1kg تسقط دون سرعة ابتدائية على قطعة طباشير من علو 80cm فنلاحظ القطعة تتفتت.
نترك نفس المطرقة السابقة تسقط من علو 5cm على قطعة الطباشير فلا تتفتت .
نترك مسمار حديدي يسقط على قطعة طباشير من علو 80cm فلا يحدث أي شيء لقطعة الطباشير.

التفسير: تفتت قطعة الطباشير يعود الى الطاقة الحركية التي تتلقاها من المطرقة بعد اصطدامها بها ،مما يدل على أن المطرقةتكون لها القدرة على تفتيت قطعة الطباشير بازدياد ارتفاعها عن قطعة الطباشير.

النتيجة:

تتعلق الطاقة الكامنة لجسم في الجملة (جسم + أرض) بكل من كتلة الجسم وارتفاع الجسم عن سطح الأرض.
ما هي العلاقة التي تربط E_{pp} بكل من الكتلةm والارتفاع h ؟ .

نشاط 2 : مقاربة أولية لعبارة الطاقة الكامنة الثقالية:



نثبت في إحدى نهايتي خيط مطاطي كتلة عيارية Mوالنهاية الأخرى تثبت في نقطة ثابتة، فيتدلى الخيط شاقوليا أمام مسطرة شاقوليه ومدرجة.
نترك الجملة تستقر ثم نزيح الكتلة شاقوليا بمسافة معينة وحتى الموضع A ثم نحررها فنلاحظ بأنها تصعد نحو الأعلى فنغير جهة حركتها عند الموضع B.ثم نقيس المسافة الشاقولية h=AB.
نغير الكتلة العيارية ونعيد نفس الخطوات السابقة ونسجل النتائج التالية :

M(kg)	h(m)	1/M	$1/M^2$	$1/M^{½}$
0,050	0,85	20	400	4,47
0,100	0,40	10	100	3,16
0,200	0,15	5	25	2,24

1- مثل الحصيلة الطاقوية للجملة (جسم+مطاط+أرض) بين الموضعين A و B.
2- ما هو شكل الطاقة المخزنة في الجملة عند الموضعA؟
3- ما هو شكل الطاقة المخزنة في الجملة عند الموضع B؟
4- ما هو نمط التحويل الطاقي الذي حدث في الجملة بين الموضعين A و B؟
5- هل قيمة التحويل نفسها في كل الحالات الموافقة لمختلف الكتل؟ علل.
6- كيف تتغير قيمة الارتفاع h بازديادقيمة الكتلة؟
7- أرسم المنحنى البياني الممثل لتغيرات الارتفاع h بدلالة مقلوب الكتلة (1/M) ثم بدلالة مقلوب مربع الكتلة$(1/M^2)$ ثم بدلالة مقلوب الجذر التربيعي للكتلة$(1/M^{½})$.ماذا تستنتج؟ .
8- استنتج من السؤال السابق العبارة من العبارات الثلاثة التالية: Mh ، M^2h ، Mh^2 التي تناسب التحويل الطاقي الذي حدث في الجملة في مختلف الحالات.
9- استنتج عبارة الطاقة الكامنة الثقالية E_{pp}.

نشاط 3 : إيجاد قيمة الثابت K_{pp}

نترك كرة كتلتها m=30g تسقط دون سرعة ابتدائية في الهواء ومن نقطة توجد على ارتفاع h= 0,933 m من سطح الأرض.
نقوم بتسجيل حركة الكرة ونحللها ببرمجية Avistep فنحصل على الجدول التالي:

الموضع	M_0	M_1	M_2	M_3	M_4	M_5	M_6	M_7	M_8	M_9	M_{10}
t(s)	0	0,04	0,08	0,12	0,16	0,20	0,24	0,28	0,32	0,36	0,40
Y(m)	0	0,027	0,059	0,126	0,183	0,277	0,388	0,499	0,617	0,758	0,933
ϑ(m/s)	0,46	0,833	1,205	1,577	1,949	2,321	2,694	3,066	3,438	3,81	4,182
h(m)	0,933	0,906	0,874	0,807	0,750	0,656	0,545	0,434	0,316	0,175	0
$½Mϑ^2$(J)											
Mh(kg.m)											0

1- أكمل الجدول بحساب الطاقة الحركية E_cوالجداء Mh في اللحظات الموافقة للمواضع المعطاة في الجدول.

الأستاذ التيجاني دهام أستاذ العلوم الفيزيائية

2- أرسم المنحنى الممثل لتغيرات E_c بدلالة المقدار Mh.

سلم الرسم: $1cm \rightarrow 0.02(m/s)$ و $1cm \rightarrow 0,002(kg.m)$

3- تحقق من أن البيان معادلته من الشكل: $E_c = U_0 - K_1 Mh$ واستنتج قيمة K_1.

4- استنتج قيمة K_1.

5- تحقق من أن معادلة انحفاظ الطاقة بين الموضعين الموافقين للارتفاعين h و h_0 تكتب على الشكل: $E_c + E_{pp} = E_{pp0}$

6- استنتج العلاقة بين K_1 و K_{pp} ثم عبارة الطاقة الكامنة الثقالية E_{pp}.

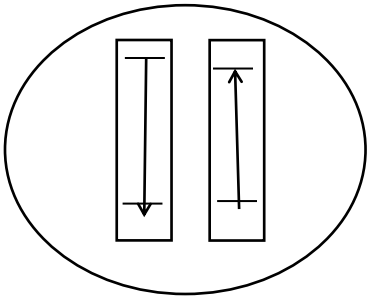
الأستاذ التيجاني دهام

بطاقة الأستاذ

نشاط 2 : مقاربة أولية لعبارة الطاقة الكامنة الثقالية:

1- تمثيل الحصيلة الطاقوية للجملة (جسم+مطاط+أرض) بين الموضعين A و B.

كون الكتلة العيارية ساكنة في الموضعين A وB لذلك التغير يكون للطاقة الكامنة المرونية للخيط والطاقة الكامنة الثقالية للكتلةM.



2- شكل الطاقة المخزنة في الجملة عند الموضعA هي طاقة كامنة مرونية.

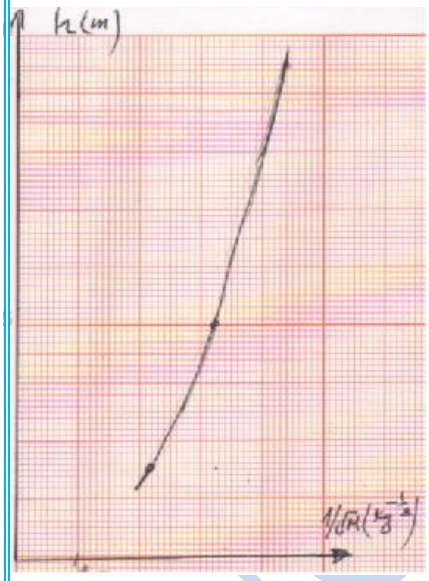
3- شكل الطاقة المخزنة في الجملة عند الموضع B هي طاقة كامنة ثقالية.

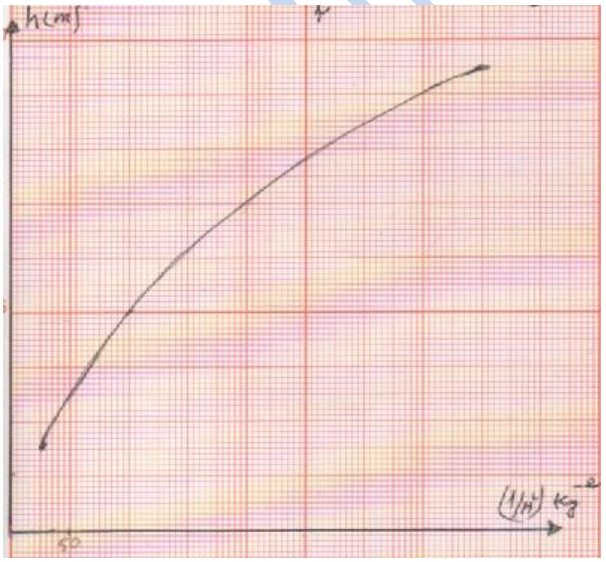
4- نمط التحويل الطاقوي الذي حدث في الجملة بين الموضعين A و B : المطاط يؤثر بقوة على الجسم لذلك التحويل ميكانيكي.

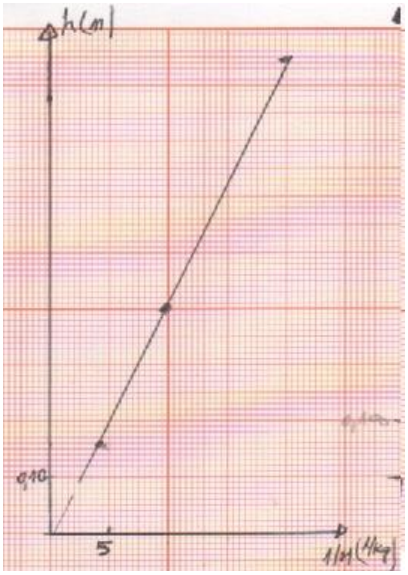
5- نعم قيمة التحويل نفسها في كل الحالات الموافقة لمختلف الكتل . التعليل : كون مقدار الاستطالة نفسها في كل الحالات لذلك قيمة التحويل نفسها.

6- بازدياد الكتلة ينقص الارتفاع.

7- رسم المنحنى البياني الممثل لتغيرات الارتفاع h بدلالة مقلوب الكتلة (1/M) ثم بدلالة مقلوب مربع الكتلة$(1/M^2)$ ثم بدلالة مقلوب الجذر التربيعي للكتلة$(1/M^{½})$.







بيان تغيرات الارتفاع h بدلالة 1/M عبارة عن خط مستقيم وهو الدال على تناسب الارتفاع h مع مقلوب الكتلة، أما البيانين الآخرين ليسا مستقيمات.

8- استنتاج من السؤال السابق العبارة من العبارات الثلاثة التالية: Mh ، M^2h ، Mh^2 التي تناسب التحويل الطاقي الذي حدث في الجملة في مختلف الحالات.

من البيان ① وهو مستقيم يمر بالمبدأ معادلته من الشكل: $h/(1/M)=a$ أي أن $hM=a$ (مقدار ثابت)وهي العبارة التي تناسب التحويل الطاقوي الثابت لمختلف الحالات.

9- استنتاج عبارة الطاقة الكامنة الثقالية E_{pp}.

النتيجة:

تتعلق الطاقة الكامنة الثقالية لجسم في الجملة (جسم +أرض) بكل من M كتلة الجسم وh ارتفاع الجسم عن الأرض، وتتناسب طردا مع المقدار Mh وتكون عبارتها: $E_{pp}=K_{pp}\ Mh$.

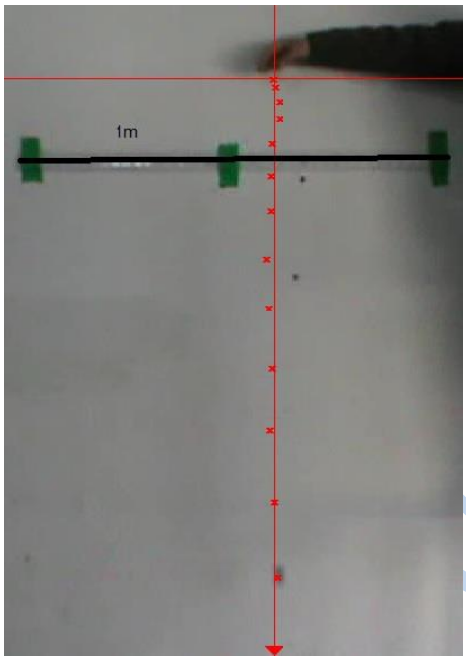
نشاط 3 : إيجاد قيمة الثابت K_{pp}

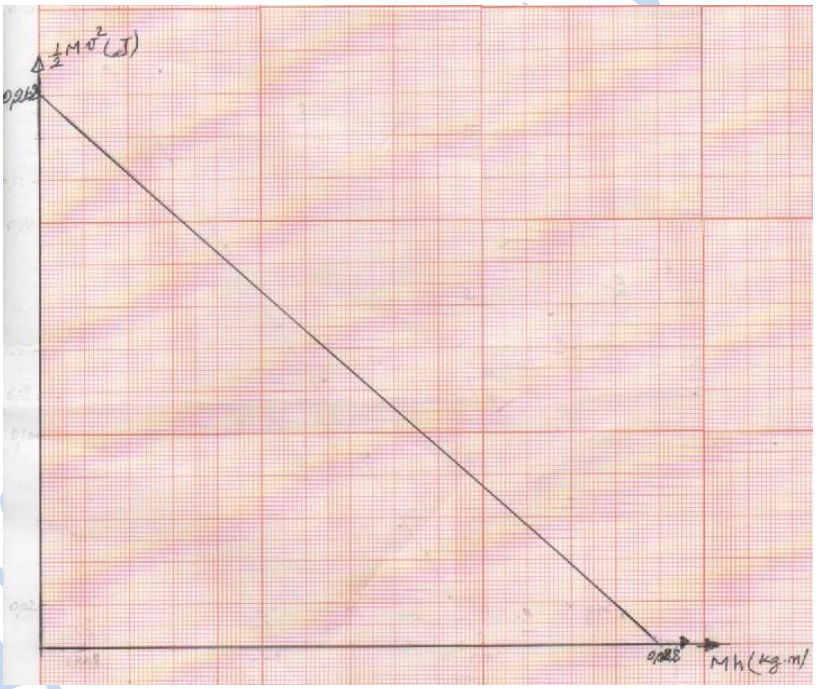
1- أكمل الجدول بحساب الطاقة الحركية E_c والجداء Mh في اللحظات الموافقة للمواضع المعطاة في الجدول :

الموضع	M_0	M_1	M_2	M_3	M_4	M_5	M_6	M_7	M_8	M_9	M_{10}
t(s)	0	0,04	0,08	0,12	0,16	0,20	0,24	0,28	0,32	0,36	0,40
Y(m)	0	0,027	0,059	0,126	0,183	0,277	0,388	0,499	0,617	0,758	0,933
ϑ(m/s)	0,46	0,833	1,205	1,577	1,949	2,321	2,694	3,066	3,438	3,81	4,182
h(m)	0,933	0,906	0,874	0,807	0,750	0,656	0,545	0,434	0,316	0,175	0
$\frac{1}{2}M\vartheta^2$(J)	0,003	0,010	0,022	0,037	0,057	0,081	0,110	0,141	0,177	0,218	0,262
Mh(kg.m)	0,028	0,027	0,026	0,024	0,022	0,020	0,016	0,013	0,009	0,005	0

2- رسم المنحنى الممثل لتغيرات E_c بدلالة المقدار Mh.

سلم الرسم: 1cm → 0.02(m/s) و 1cm → 0,002(kg.m)





البيان عباره عن مستقيم لا يمر بالمبدأ .

3- التحقق من أن البيان معادلته من الشكل: $E_c= U_0-K_1Mh$ واستنتج قيمة K_1.

البيان عبارة عن مستقيم لا يمر بالمبدأ معادلته من الشكل: $E_c=a(Mh)+b$

4- استنتاج قيمة K_1:

بمقارنة العلاقة النظرية والعلاقة البيانية نجد بأن K_1 هو ميل البيان وقيمته تقدر ب 10 وتمثل قيمة الجاذبية الأرضية g.

5- التحقق من أن معادلة انحفاظ الطاقة بين الموضعين الموافقين للارتفاعين h وh_0 تكتب على الشكل: $E_c+E_{pp}=E_{pp0}$

حيث E_{pp0} هي الطاقة الكامنه الثقالية عند الموضع الموافق للارتفاع h_0 و E_{pp} الطاقة الكامنه الثقالية عند الموضع الموافق للارتفاع h و E_c الطاقة الحركية عند الموضع الموافق للارتفاع h.

6- استنتج العلاقة بين K_1 و K_{pp} ثم عبارة الطاقة الكامنة الثقالية E_{pp}.

مما سبق نجد بأن $K_{pp}=K_1=g=\frac{0,262}{0,028}=9,4SI$ ومنه فعبارة الطاقة الكامنة الثقالية هي: $E_{pp}=Mgh$

نتيجة:

عندما يكون جسم ذو كتلة M على ارتفاع h من سطح الأرض، وباختيار الجملة (جسم +أرض) تكون الطاقة الكامنة الثقالية للجسم هي:

$E_{pp}=Mgh$

بطاقة التلميذ

2- الطاقة الكامنة المرونية (عمل مخبري).

عند إطلاق السهم بالقوس يبتعد أكثر كلما كانت استطالة القوس أكبر. فماهي علاقة الطاقة الكامنة بمقدار الاستطالة المحدثة في الوسط المرن للقوس؟ .

عندما يريد الطفل أن تقطع سيارة لعبه مسافة أطول يضغط نابضها بمقدار أكبر. فما علاقة الطاقة الكامنة بمقدار الانضغاط؟ .

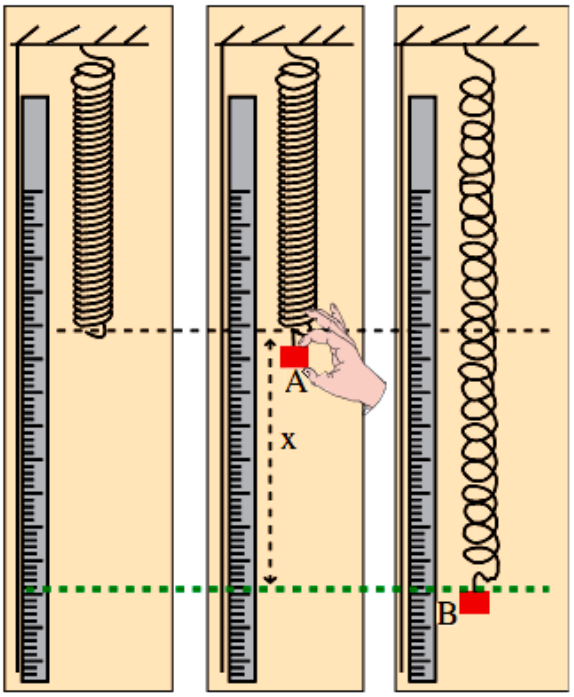
كلتا الحالتين التناسب طردي. لكن هل هذا التناسب له علاقة بخواص الوسط المادي؟

نعم هذا التناسب يتعلق بخواص الوسط المادي المرن (أي الذي تتغير أبعاده بالمؤثر الخارجي وتعود لحالها بزواله).

لذلك الطاقة الكامنة تسمى الطاقة الكامنة المرونية، وتصنف حسب نوع المسار إلى: كامنة مرونية في حالة المسار المستقيم، وكامنة فتلية في حالة المسار الدائري.

نشاط1: مقاربة أولية لعبارة الطاقة الكامنة المرونية:

نربط جسما كتلتهm الى أحد طرفي نابض مرن معلق شاقوليا، ونتركه يسقط من الموضع Aالى الموضعBدون سرعة ابتدائية فتحدث استطالة أعظمية بمقدار x_{max} في النابض.



1- بتطبيق مبدأ انحفاظ الطاقة بين الموضعين A وB على الجملة (جسم + نابض+الأرض) أثبت أن $E_{pe}=E_{ppA}-E_{ppB}$

حيث E_{pe} هي الطاقة الكامنة المرونية للنابض.

2- كرر التجربة من أجل عدة قيم ل m وقس قيم الاستطالة الأعظمية x_{max}.

وأكمل الجدول التالي: باعتبار $g=10N/kg$

m(kg)	0,050	0,060	0,070	0,080	0,100
$X_{max}(m)$	0,365	0,460	0,490	0,575	0,765
$Mgx_{max}(J)$					
$X^2_{max}(m^2)$					

3- أرسم المنحنى البياني الممثل لتغيرات $E_{pe}=mgx$ بدلالة المقدار x^2.

ماذا تلاحظ؟

يعطى سلم الرسم: $1cm\rightarrow 0,010m^2$

$1cm\rightarrow 0,010(J)$

4- أحسب ميل المنحنى واستنتج أن عبارة الطاقة الكامنة المرونية تكتب على الشكل: $E_{pe}=K_eX^2$

نشاط 2: قياس ثابت مرونة النابض kومقارنة قيمته مع قيمة الثابت K_e:

بنفس التجهيز السابق نعلق الجسم ذي الكتلةm في النهاية الحرة للنابض ونتركه يسقط فيهتز فنجعله يتزن، عندها نقيس مقدار الاستطالة x_0 (العملية تسمى معايرة النابض)،نكرر التجربة ونسجل النتائج التالية :

P(N)	0,50	0,60	0,70	0,80	1,0
$X_0(m)$	0,20	0,24	0,28	0,33	0,42

5- أرسم منحنى معايرة النابض (أي بيان تغيرات القوة المطبقة على النابض بدلالة مقدار الاستطالة. ماذا تلاحظ؟ .

يعطى سلم الرسم : $0,10(m)\rightarrow 1cm$; $0,10(N)\rightarrow 1cm$

6- أحسب ميل البيان. ماذا يمثل؟ .

7- قارن قيمة k مع قيمة K_e . وماذا تستنتج ؟ .

نشاط1: مقاربة أولية لعبارة الطاقة الكامنة المرونية :

1- مبدأ انحفاظ الطاقة ينص على أن:

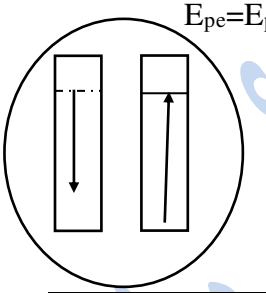
$E_f=E_i+E_{recu}-E_{perdu}$

$E_{recu}=0$ (الجملة لا تستقبل طاقة)

$E_{perdu}=0$(الجملة لا تقدم طاقة)

أشكال الطاقة المتغيرة هي E_{pp}وE_{pe} لذلك $E_f=E_i$

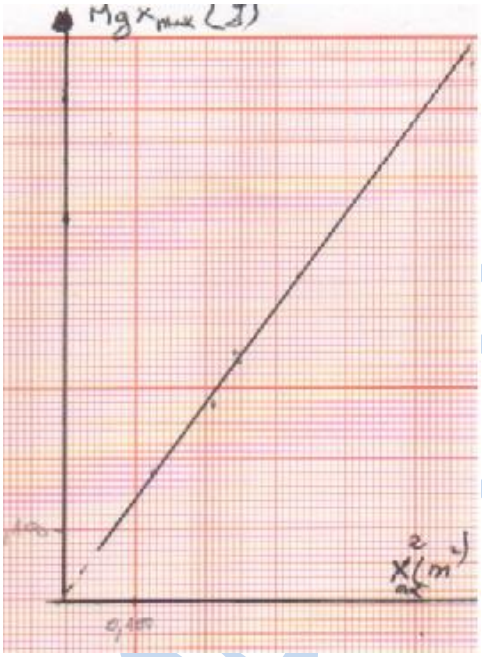
أي أن $E_{ppA}=E_{peB}+E_{ppB}$ ومنه $E_{pe}=E_{ppA}-E_{ppB}$



2- اكمال الجدول :

m(kg)	0,050	0,060	0,070	0,080	0,100
X_{max}(m)	0,365	0,460	0,490	0,575	0,765
Mgx_{max}(J)	0,183	0,276	0,343	0,460	0,765
X^2_{max}(m^2)	0,133	0,212	0,240	0,331	0,585

3- أرسم المنحنى البياني الممثل لتغيرات $E_{pe}=mgx$ بدلالة المقدار x^2 :



البيان عبارة عن مستقيم يمر بالمبدأ معادلته من الشكل : $E_{pe}=ax^2$ لأن $E_{pe}=mgh_A$

$mgh_B=mg(h_A-h_B)=mgx$

4- معامل توجيه البيان هو $a=$**Error!** $(J/m^2)=1,27(J/m^2)$ إذن عبارة الطاقة الكامنة المرونية هي: $E_{pe}=K_ex^2$

نتيجة: تتعلق الطاقة الكامنة المرونية لنابض مرن في الجملة (نابض+جسم) بمقدار استطالة أو تقلص النابض.

نشاط 2: قياس ثابت مرونة النابض kومقارنة قيمته مع قيمة الثابت K_e:

5- رسم منحنى معايرة النابض (أي بيان تغيرات القوة المطبقة على النابض بدلالة مقدار الاستطالة.

سلم الرسم : $0,10(N)\rightarrow 1cm$; $0,10(m)\rightarrow 1cm$

الملاحظة : البيان عبارة عن مستقيم يمر بالمبدأ معادلته من الشكل $P=à.x_0$ حيث à هو معامل توجيه البيان.

6- ميل البيان(N/m) 2,5= à وهو عبارة عن ثابت يميز النابض يسمى ثابت مرونة النابض ويرمز له بالرمز k.

7- المقارنة بين قيمة k مع قيمة K_e .

بحساب النسبة K_e/k **Error!**=0,5. ومنه $K_e=½k$.

نتيجة: عندما يستطيل (أو ينضغط) نابض ثابت مرونته k بمقدار x فإن عبارة طاقته الكامنة المرونية تكتب بالشكل: $Epe=½kx^2$