

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.

ملول 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 بالعلاقة التالية :

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

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

mgz_1 : طاقة تتعلق بالارتفاع z_1 (الموضع G_1) وتسمى الطاقة الكامنة الثقالية للجسم (S)

عند الارتفاع 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 الارتفاع 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..

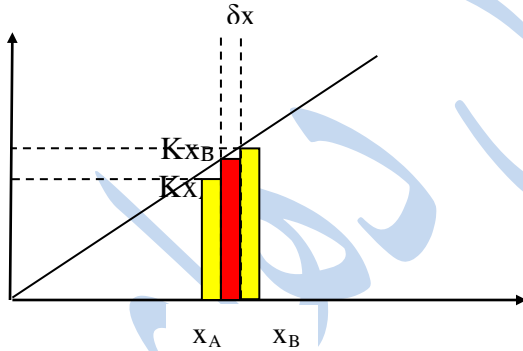
الطاقة الكامنة المرونية لنابض حلزوني:

عمل قوة توتر النابض :

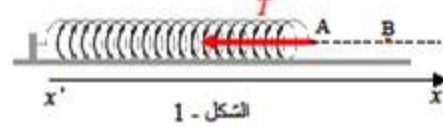
عندما نسحب أو نضغط طرف نابض تنشأ فيه قوة $\vec{T}$ تدعى قوة توتر النابض وهي قوة شدتها غير ثابتة حيث $T = Kx$

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

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



البيان-1-



الشكل - 1

x

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

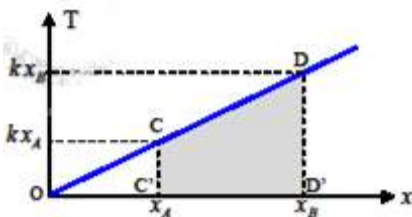
$$W_{AB}(\vec{T}) = \frac{Kxx}{2} = \frac{1}{2} Kx^2$$

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
نسمي $\frac{1}{2}KX_B^2$ و $\frac{1}{2}KX_A^2$ على الترتيب الطاقتين الكامنتين المرونتين 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

التغير في 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 قتل النابض الحلزوني و θ زاوية الدوران تقدر بـ dar و C يقدر بـ J^2/dar

بطاقة التلميذ

1- الطاقة الكامنة الثقالية: (عمل مخبري): الوسائل المستعملة:

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

نشاط 1:

نترك مطرقة كتلتها 1kg تسقط دون سرعة ابتدائية على قطعة طباشير من علو 80cm فنلاحظ القطعة تنفتت. نترك نفس المطرقة السابقة تسقط من علو 5cm على قطعة الطباشير فلا تنفتت .

نترك مسمار حديدي يسقط على قطعة طباشير من علو 80cm فلا يحدث أي شيء لقطعة الطباشير.

التفسير: تنفتت قطعة الطباشير يعود الى الطاقة الحركية التي تتلقاها من المطرقة بعد اصطدامها بها، مما يدل على أن المطرقة تتكون لها القدرة على تفكيك 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 الكتلة m والارتفاع h ؟ .

نشاط 2 : مقارنة أولية لعبارة الطاقة الكامنة الثقالية:

نثبت في إحدى نهايتي خيط مطاطي كتلة عيارية M والنهية الأخرى نثبت في نقطة ثابتة، فينتلي الخيط شاقوليا أمام مسطرة شاقولية ومدرجة.

نترك الجملة تسقط ثم نزيح الكتلة شاقوليا بمسافة معينة وحتى الموضع A ثم نحركها فنلاحظ بأنها تصعد نحو الأعلى فتغير 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 ^{1/2}
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 الموضع A ؟

3- ما هو شكل الطاقة المخزنة في الجملة عند الموضع B ؟

4- ما هو نمط التحويل الطاقوي الذي حدث في الجملة بين الموضعين A و B ؟

5- هل قيمة التحويل نفسها في كل الحالات الموافقة لمختلف الكتل؟ عل.

6- كيف تتغير قيمة الارتفاع h بازدياد قيمة 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 $(1/M^{1/2})$. ماذا تستنتج؟ .

8- استنتج من السؤال السابق العبارة من العبارات الثلاثة التالية: Mh ، M^2h ، Mh^2 التي تناسب التحويل الطاقوي 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
$\frac{1}{2}M\vartheta^2$ (J)											
Mh(kg.m)											0

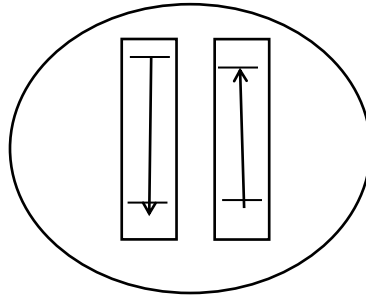
1- أكمل الجدول بحساب الطاقة الحركية E_c والجداء Mh في اللحظات الموافقة للمواضع المعطاة في الجدول.

- 2- أرسم المنحنى الممثل لتغيرات E_c بدلالة المقدار Mh .
سلم الرسم: $1\text{ cm} \rightarrow 0.02(\text{m/s})$ و $1\text{ cm} \rightarrow 0.002(\text{kg.m})$
- 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_0 و h 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} .

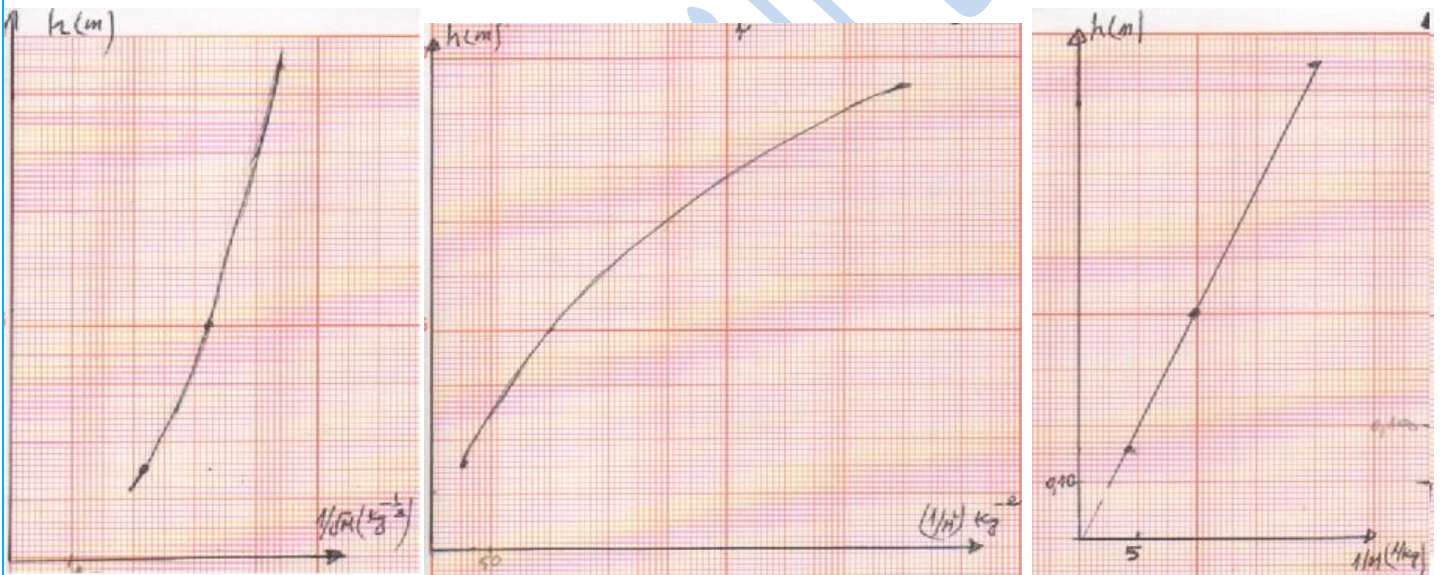
بطاقة الأستاذ

نشاط 2 : مقارنة 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 و B لذلك التغير يكون للطاقة الكامنة المرورية للخيوط والطاقة الكامنة الثقالية للكتلة M.



- 2- شكل الطاقة المخزنة في الجملة عند الموضع A 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/M²) ثم بدلالة مقلوب الجذر التربيعي للكتلة (1/M^{1/2}).



- بيان تغيرات الارتفاع h بدلالة 1/M عبارة عن خط مستقيم وهو الدال على تناسب الارتفاع h مع مقلوب الكتلة، أما البيانيين الآخرين ليسا مستقيمتين.
- 8- استنتاج من السؤال السابق العبارة من العبارات الثلاثة التالية: Mh^2 ، M^2h ، Mh التي تناسب التحويل الطاقوي 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 كتلة الجسم M وارتفاع الجسم عن الأرض، وتتناسب طرذا مع المقدار Mh وتكون عبارتها: $E_{pp} = K_{pp} Mh$.

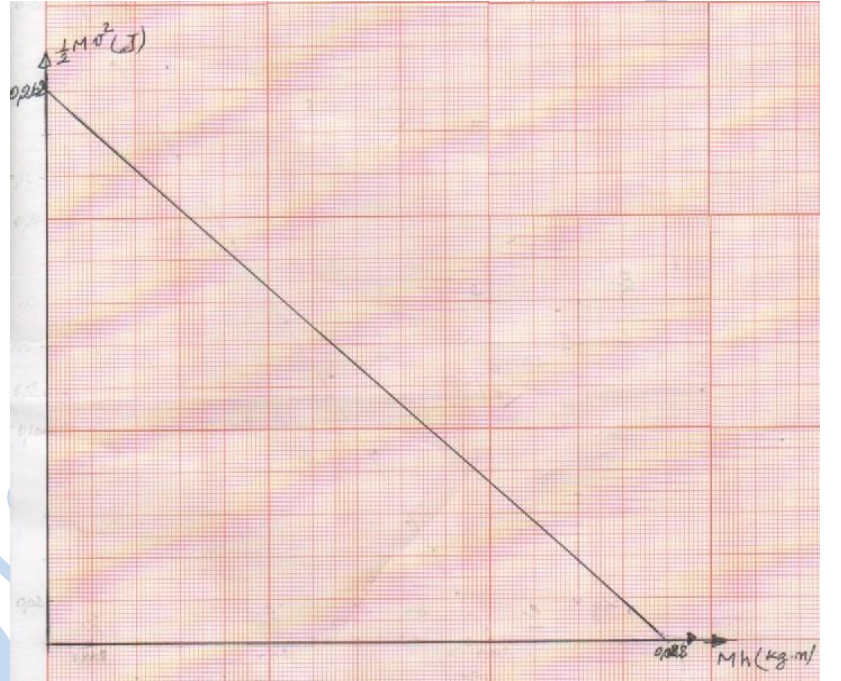
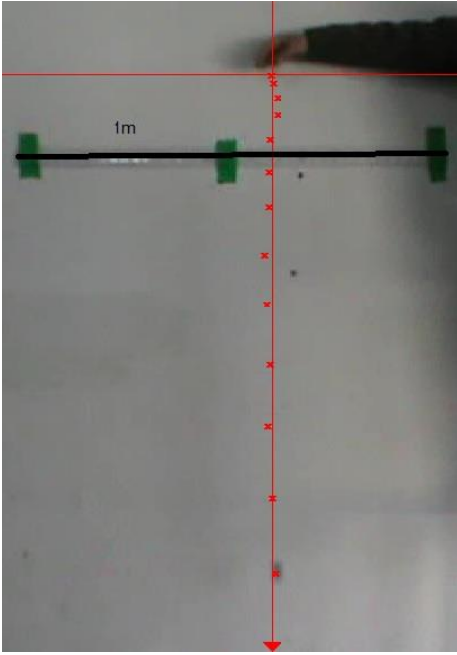
نشاط 3 : إيجاد قيمة الثابت K_{pp}

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
g(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
$\frac{1}{2}Mg^2(J)$	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: $1\text{cm} \rightarrow 0,002(\text{kg.m})$ و $1\text{cm} \rightarrow 0,02(\text{m/s})$



البيان عبارته عن مستقيم لا يمر بالمبدأ .

3- التحقق من أن البيان معادلته من الشكل: $E_c = U_0 - K_1 Mh$ واستنتاج 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_0 و h تكتب على الشكل: $E_c + E_{pp} = E_{pp0}$

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

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

مما سبق نجد بأن $K_{pp} = K_1 = g = \frac{0,262}{0,028} = 9,4 \text{ SI}$ 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. فما هي علاقة الطاقة الكامنة بمقدار الاستطالة المحدث في الوسط المرن للقوس؟ .

عندما يريد الطفل أن تقطع سيارة لعبة 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.

نشاط 1: مقارنة أولية لعبارة الطاقة الكامنة المرونية:

نربط جسماً كتلته m إلى أحد طرفي نابض مرن معلق شاقولياً، ونتركه يسقط من الموضع A إلى الموضع B دون سرعة ابتدائية فتحدث استطالة أعظمية بمقدار x_{max} في النابض.

1- بتطبيق مبدأ انحفاظ الطاقة بين الموضعين A و B 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 لـ m وقس قيم الاستطالة الأعظمية x_{max} . وأكمل الجدول التالي: باعتبار $g = 10 \text{ N/kg}$

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
$Mgx_{max}(J)$					
$x_{max}^2(m^2)$					

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

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

$1 \text{ cm} \rightarrow 0,010 (J)$

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

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

بنفس التجهيز السابق نعلق الجسم ذي الكتلة m 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: $0,10(m) \rightarrow 1 \text{ cm}$; $0,10(N) \rightarrow 1 \text{ cm}$

6- أحسب ميل البيان. ماذا يمثل؟ .

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

بطاقة الأستاذ

نشاط 1: مقارنة أولية لعبارة الطاقة الكامنة المرونية :

1- مبدأ انحفاظ الطاقة ينص على أن:

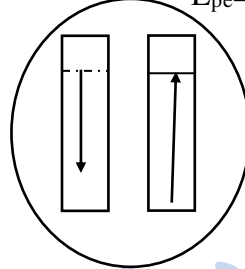
$$E_f = E_i + E_{recu} - E_{perdu}$$

(الجملة لا تستقبل طاقة) $E_{recu} = 0$

(الجملة لا تقدم طاقة) $E_{perdu} = 0$

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

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



2- اكمل 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
$X_{max}^2(m^2)$	0,133	0,212	0,240	0,331	0,585

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

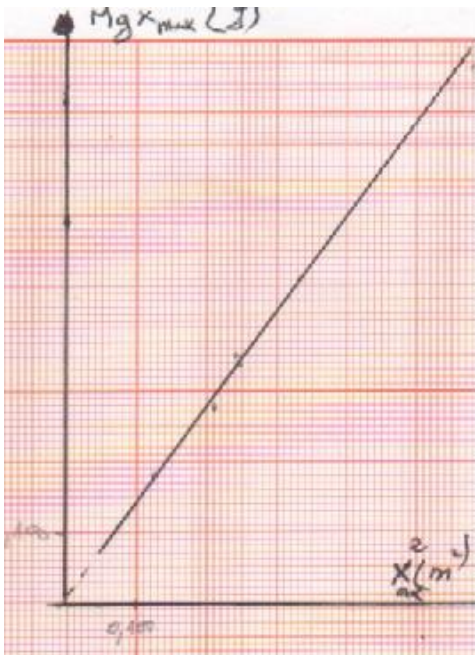
البيان عبارة عن مستقيم يمر بالمبدأ معادلته من الشكل: $E_{pe} = ax^2$ لأن $E_{pe} = mgh_A - mgh_B = mg(h_A - h_B) = mgx$

معامل توجيه البيان هو $a = \text{Error! (J/m}^2\text{)} = 1,27 \text{ (J/m}^2\text{)}$ إذن عبارة الطاقة

الكامنة المرونية هي: $E_{pe} = K_e x^2$

نتيجة: تتعلق الطاقة الكامنة المرونية ل نابض مرن في الجملة (نابض + جسم) بمقدار

استطالة أو تقلص النابض.



من الشكل $P = a \cdot x_0$ حيث a هو معامل توجيه

النابض يسمى ثابت مرونة النابض ويرمز له

بمقدار k فإن عبارة طاقته الكامنة المرونية تكتب

نشاط 2: قياس ثابت مرونة النابض k ومقارنة 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

البيان.

6- ميل البيان $a = 2,5(N/m)$ وهو عبارة عن ثابت يميز

بالرمز k .

7- المقارنة بين قيمة k مع قيمة K_e .

بحساب النسبة $K_e/k = 0,5$ ومنه $K_e = 1/2 k$.

نتيجة: عندما يستطيل (أو ينضغط) نابض ثابت مرونته k

بالشكل: $E_{pe} = 1/2 kx^2$

