المـــــادة : فيـــزيـــــاء
المجـــــال : الميكانيك و الطاقة .

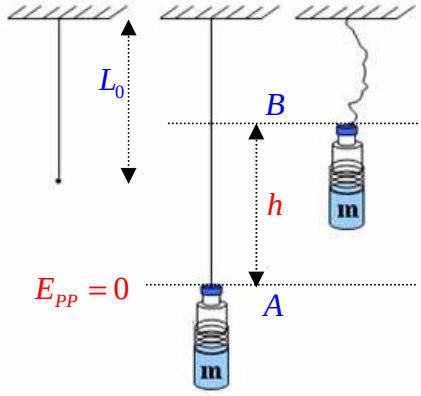
المستـــوى : السنة الثانية علوم تجريبية .
الأستـــــاذ : عايب كمال

الوحدة 3 : الطاقة الكامنة

1- الطاقة الكامنة الثقلية E_{PP} :

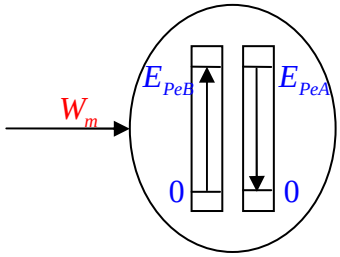
1-1- مقاربة كيفية لعبارة الطاقة الكامنة الثقلية E_{PP} :

أ- تجربة 1 : نحقق التجريب الموضح في الشكل فنتحصل على النتائج المدونة في الجدول التالي :



$m(Kg)$	0,10	0,15	0,20
$h(m)$	0,50	0,33	0,25
$1/m$	10	6,67	5

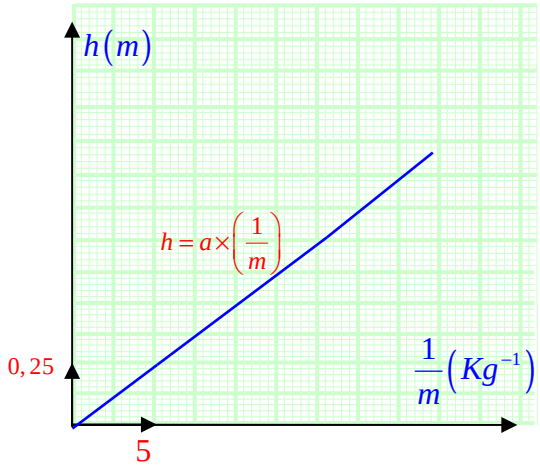
1- الحصيلة الطاقوية للجملة (المطاط ، الجسم ، الأرض) بين الموضعين A و B . (الشكل المقابل) .



(المطاط ، الجسم ، الأرض)

2- الطاقة المخزنة في الجملة في الموضع : $(A) \leftarrow E_{Pe}$ و $(B) \leftarrow E_{PP}$.

6- رسم المنحنى البياني $h=f\left(\frac{1}{m}\right)$.



** نستنتج أن $h=a\times\left(\frac{1}{m}\right)$ أي أن : $m\times h=a$

بحيث $a=C^{te}$: يمثل ميل البيان .

7- عبارة E_{PP} : مما سبق طاقة الجسم لوحده : $E_A=E_B \Leftarrow E_{PP}=W$ و لدينا $W=P\times h$ و منه $E_{PP}=W=P\times h$

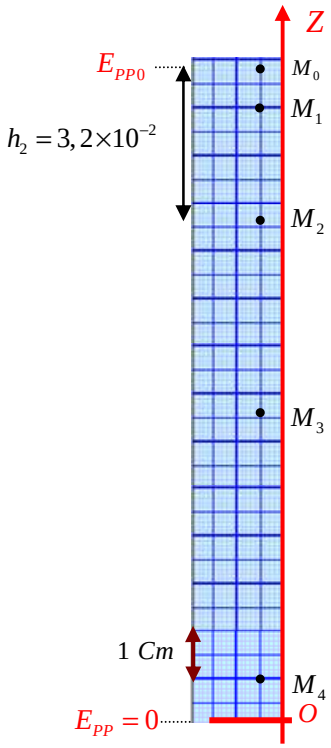
فنجد أن : $E_{PP}=W=P\times a\times\left(\frac{1}{m}\right)=\left(\frac{P}{m}\right)\times m\times h$ بحيث : $\left(\frac{P}{m}\right)=K_{pp}$ يبحث عنه في التجربة الموالية .

ومنه : $\boxed{E_{PP}=K_{pp}\times m\times h}$ .....(1)

ب– التجربة 2 : الشكل المقابل يمثل تسجيل حركة الجسم ، كتلته $m = 0,05\ Kg$

حيث الزمن الفاصل بين كل تسجيلين متعاقبين $\tau = 0,04\ s$.

1– نتحصل على النتائج التالية :



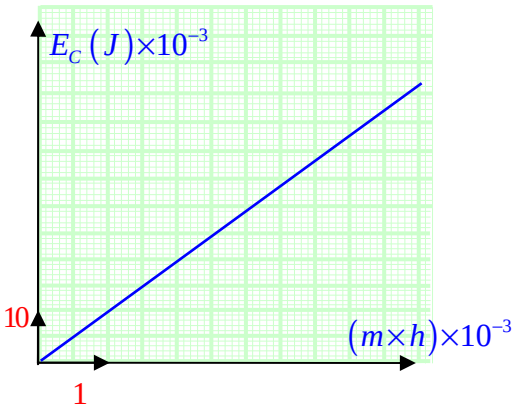
الموضع	$v(m/s)$	$h(m)$	$E_C = \frac{1}{2}m\times v^2\,(J)$	$m\times h\,(Kg.m)$
M_0	$v_0 = 0$	$0,0$	$0,00$	$0,0$
M_1	$0,4$	$0,8\times10^{-2}$	4×10^{-3}	$0,4\times10^{-3}$
M_2	$0,8$	$3,2\times10^{-2}$	16×10^{-3}	$1,6\times10^{-3}$
M_3	$1,2$	$7,2\times10^{-2}$	36×10^{-3}	$3,6\times10^{-3}$
M_4	$1,6$	$12,8$	64×10^{-3}	$6,4\times10^{-3}$

بحيث : $v_i = \frac{M_{i-1}M_{i+1}}{2\tau}$ و $h_i = M_0M_i$ و تؤخذ : $v_0 = 0$

2– رسم المنحنى $E_C = f\,(m\times h)$

3– البيان : $E_C = f\,(m\times h)$ عبارة عن خط مستقيم يمر بالمبدأ

معادلته من الشكل : $E_C = a\times(h\times m)$



a : معامل توجيه البيان : بيانيا : $a = \frac{(64-4)\times10^{-3}}{(6,4-0,4)\times10^{-3}} \Leftarrow a = 10$

و منه : $\boxed{E_C = 10.h\times m}$ .....(2)

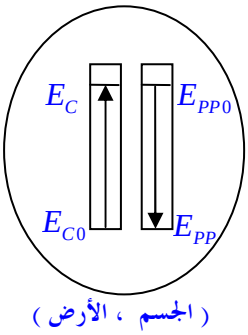
4– الحصيلة الطاقوية للجملة (الجسم + الأرض) بين الموضعين M_0 , O :

5– معادلة انحفاظ الطاقة للجملة (الجسم + الأرض) بين الموضعين M_0 , O :

$$E_{C_0} + E_{PP_0} = E_C + E_{PP}$$

لأنه لما : $\{\ E_{C0} = 0 \leftarrow v_0 = 0\ ,\ E_{PP} = 0 \leftarrow h = 0\ \}$

فتصبح : $E_{PP_0} = E_C$ .....(3)



(الجسم ، الأرض)

6– استنتاج K_{pp} و عبارة الطاقة الكامنة الثقلية E_{pp} :

بمقارنة العلاقات (1) و (2) و (3) :

$$\boxed{K_{pp} = 10} \Leftarrow \{\ E_C = E_{PP}\ ;\ E_C = 10.h\times m\ ;\ E_{PP} = K_{pp}\times m\times h\ \}$$

$K_{pp} = 10$: قيمة تسارع الجاذبية الأرضية g في مكان التجربة $\left(g_{Paris/Frankfurt} = 9,81\ N/Kg,\ g_{Alger/Madrid} = 9,80\ N/Kg\right)$

** النتيجة :

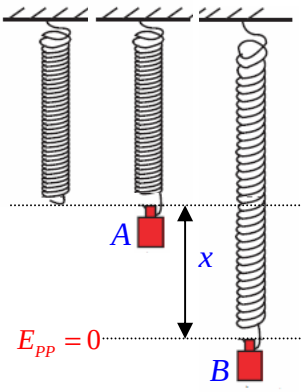
** عبارة الطاقة الكامنة الثقلية تكون : $\boxed{E_{PP} = m.g.h}$

** من معادلة انحفاظ الجملة المعزولة يكون : $E_{C_0} + E_{PP_0} = E_C + E_{PP} \Leftarrow -E_{PP} + E_{PP_0} = E_C - E_{C_0} \Leftarrow \boxed{\Delta E_{PP} = -\Delta E_C}$

1- الطاقة الكامنة المرونية E_{Pe} :

1-1- مقاربة كيفية لعبارة الطاقة الكامنة الثقلية E_{PP} :

أ- التجربة 1 :نحقق التجريب الموضح في الشكل فنتحصل على النتائج التالية

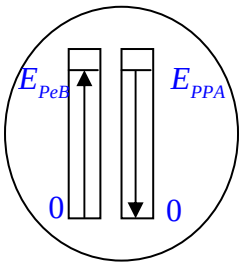


$m(Kg)$	$x(m)$	$m.g.x(j)$	$x^2(m^2)$
0,10	0,04	0,04	0,0016
0,15	0,06	0,09	0,0036
0,20	0,08	0,16	0,0064
0,25	0,10	0,25	0,0100

1- الحصيلة الطاقوية للجملة (النابض ، الجسم ، الأرض) بين الموضعين A و B .

2- معادلة انحفاظ الطاقة بين الموضعين A و B :

$E_{PeA}+E_{PPA}=E_{PeB}+E_{PPB}$ و منه $\boxed{E_{PPA}=E_{PeB}}$ $\Leftarrow$ $E_{PeB}=m.g.x$



(النابض ، الجسم ، الأرض)

4- رسم البيان : $E_{Pe}=f(x^2)$

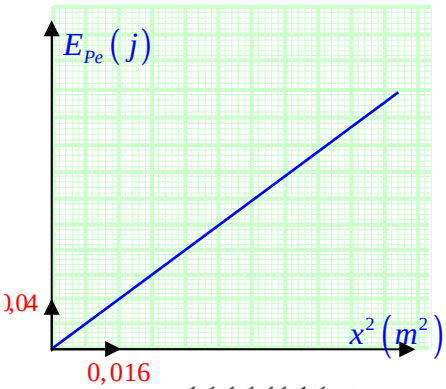
نلاحظ أن البيان عبارة عن خط مستقيم يمر من المبدأ

معادلته من الشكل $E_{Pe}=K_e.x^2$ ،

بحيث K_e : معامل توجيه البيان $K_e=\dfrac{(0,25-0,04)}{(0,01-0,0016)}$

$\Leftarrow$ $\boxed{K_e=25\ N/m}$

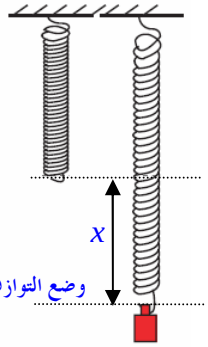
** عبارة الطاقة الكامنة المرونية تكون : $E_{Pe}=25.x^2$



** التجربة 2 :

** نعلق في نهاية النابض أجساما مختلفة الكتلة فنتحصل على النتائج التالية.

$m(Kg)$	$x(m)$	$m.g(N)$
0,10	0,02	1,0
0,15	0,03	1,5
0,20	0,04	2,0
0,25	0,05	2,5



1- رسم منحنى المعايرة الممثل $T=f(x)$.

** نلاحظ أن البيان عبارة عن خط مستقيم يمر بالمبدأ معادلته من الشكل $T=K.x$

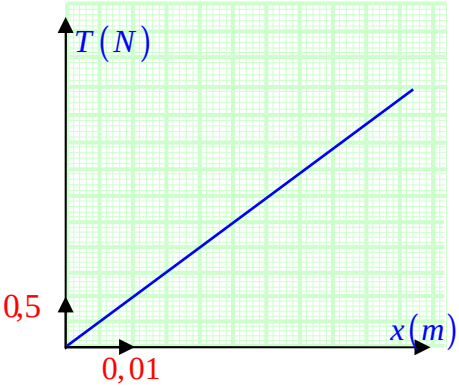
3- ميل المنحنى (مرونة النابض K) : من البيان أو من جدول القيم

$K=\dfrac{\Delta T}{\Delta x}$ $\Leftarrow$ $K=\dfrac{2,5-1,5}{0,05-0,03}=\dfrac{1}{0,02}$ $\Leftarrow$ $K=50\ N/m$

** نلاحظ أن : $K=50$ و $K_e=25$ ومنه : $K_e=\dfrac{1}{2}K$.

6- استنتاج عبارة الطاقة الكامنة المرونية : لدينا : $E_{Pe}=K_e.x^2$ $\Leftarrow$

$\boxed{E_{Pe}=\dfrac{1}{2}K.x^2}$



تقويم الوحدة : تمارين الكتاب الدرسي

الطاقة الكامنة المرونية

**** تمرين 2 :**

** العبارة " الطاقة الكامنة الثقالية معرّفة بتقريب ثابت " تعني أن مرجع حساب الطاقة الكامنة الثقالية اختياري .

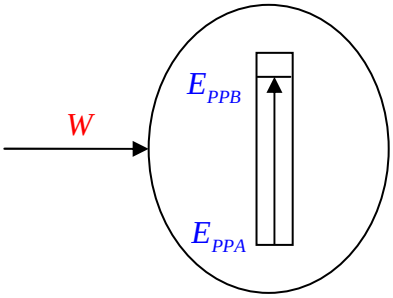
** باختيار محور التراتيب موجه نحو الأعلى نكتب في الحالة العامة عبارة الطاقة الكامنة الثقالية على الشكل : $E_{PP} = m.g.z + C^{te}$

** باختيار الطاقة الكامنة الثقالية تساوي صفرا عندما $z = 0$ تصبح العبارة : $E_{PP} = m.g.z$

**** تمرين 3 :**

إذا اخترنا الجملة هي الجسم دون الأرض فإنه لا يمكن التحدث عن طاقة كامنة ثقالية ، لأن الطاقة الكامنة الثقالية هي طاقة تتعلق بموضع الجسم بالنسبة للأرض داخل الجملة .

**** تمرين5 :**



(الصندوق ، الأرض)

1- الحصيلة الطاقوية للجملة بين A و B .

2- معادلة انحفاظ الطاقة $W + E_{PPA} = E_{PPB}$

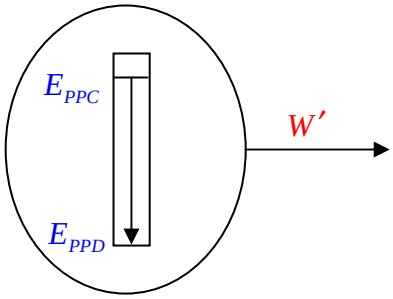
باختيار $E_{PPA} = 0$ تكتب المعادلة $W = E_{PPB}$

3- عمل قوة الكابل من A إلى B : $W_{AB} = E_{PPB} = m.g.h = m.g.AB$

$W_{AB} = 500 \times 9,8 \times 6$ $\Leftarrow$ $W_{AB} = 29400\ j$ $\Leftarrow$

4- عمل قوة الكابل من B الى C :

العمل معدوم لأن القوة عمودية على الانتقال :



(الصندوق ، الأرض)

5- عمل قوة الكابل من C الى D :

$E_{PPC} - W' = E_{PPD} = 0$ نضع $-W' = W_{CD}$

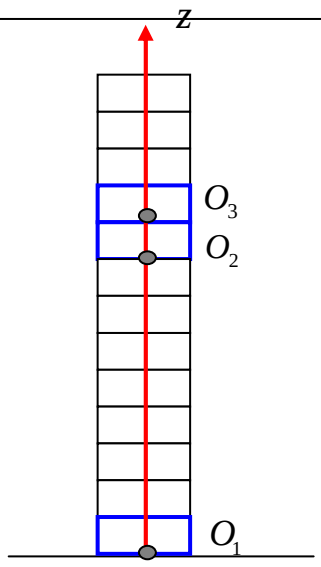
$-E_{PPC} = -W' = W_{CD}$

بما أن : $E_{PPB} = E_{PPC}$ $E_{PPB} = E_{PPC}$

إذن : $W_{CD} = -W_{AB} = -29400\ j$

6- عمل هذه القوة من A الى D يكون معدوما .

**** تمرين 7 :**



يستحسن كتابة عبارة الطاقة الكامنة الثقالية باستعمال المتغير z بدلا من h

نكتب : $E_{PP} = m.g.z$ (باختيار محور التراتيب موجه نحو الأعلى)

1- الطاقة الكامنة للجملة في حالة :

أ- المرجع في O_1 (سطح الأرض)

$E_{PP1} = m.g.z_1$ مع $z_1 = 3 \times 9 = 27$ حيث علو كل طابق هو $3\ m$

$E_{PP1} = 1025 \times 9,8 \times 39$ $\Leftarrow$ $E_{PP1} = 2,7 \times 10^5\ j$ $\Leftarrow$

ب- المرجع في O_2 (الطابق التاسع)

$E_{PP1} = m.g.z_2 = 0$ لأن : $z_2 = 0$

ج- المرجع في O_3 (الطابق العاشر)

$E_{PP1} = m.g.z_3$ هنا $z_3 = -3\ m$ $\Leftarrow$ $E_{PP1} = 1025 \times 9,8 \times (-3)$ $\Leftarrow$ $\boxed{E_{PP1} = -0,3 \times 10^5\ j}$

2- عمل قوة الكابل من الطابق الأرضي الى الطابق التاسع

نكتب معادلة الانخفاظ $W = E_{PPB}$ $\Leftarrow$ $W = E_{PPB} = E_{PP1}$ $\Leftarrow$ $\boxed{W = 2,7 \times 10^5\ j}$

3- استطاعة القوة $P = \frac{E}{t} = \frac{W}{t}$ بما أن المصعد له حركة مستقيمة منتظمة إذن $t = \frac{z}{v}$ بالتعويض في عبارة P نحصل على :

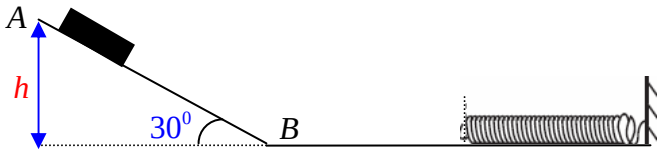
$P = W/t = W\ v\ /z$ $\Leftarrow$ $P = \frac{W}{t} = \frac{W \times v}{z} = \frac{2,7 \times 10^5 \times 1,2}{27}$ $\Leftarrow$ $\boxed{P = 0,12 \times 10^5 Watt}$

الطاقة الكامنة المرونية

**** تمرين 12 :**

1- باختيار الجملة (عربة + الأرض + النابض) تتحول الطاقة الكامنة الثقالية للجملة في الوضع A الى طاقة حركية في الوضع B ثم الى طاقة كامنة مرونية تظهر في النابض عندما ينضغط كلية في الوضع D .

2- الحصيلة الطاقوية بين الوضعين A و D .



3- معادلة انحفاظ الطاقة : $E_{PPA} = E_{PeD}$ $\Leftarrow$ $\boxed{m.g.h = \frac{1}{2}K.x^2}$

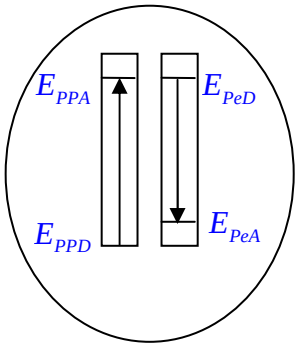
4- أقصى انضغاط للنابض

$m.g.AB.\sin 30^0 = \frac{1}{2}K.x^2$ $\Leftarrow$ $\boxed{x = 12,5\ Cm}$

5- شدة القوة المطبقة من طرف النابض في هذا الوضع

$T = K.x$ $\Leftarrow$ $T = 400 \times 12,5 \times 10^{-2}$ $\Leftarrow$ $\boxed{T = 50\ N}$

6- بالاعتماد على مبدأ انحفاظ الطاقة و بإهمال قوى الاحتكاك تصعد العربة حتى الموضع A بعد استطالة النابض حيث تتحول كل الطاقة الكامنة المرونية إلى طاقة كامنة ثقالية .



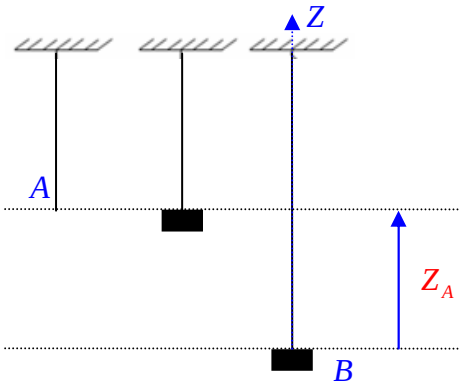
(النابض ، العربة ،الأرض)

7- الهدف من هذا السؤال هو تمثيل الحصيلة الطاقوية ثم إيجاد الطاقة الحركية للعربة لحظة ملامستها النابض ثم دراسة تحويل الطاقة من العربة إلى النابض .

**** تمرين 13 :**

نختار النقطة B مبدأ التراتيب التي توافق أقصى استطالة للنابض مرجعا لحساب الطاقة الكامنة الثقالية .

عبارة الطاقة الكامنة الثقالية تكون: $\boxed{E_{PP} = m.g.z}$



1 الحصيلة الطاقوية و معادلة انحفاظ الطاقة في الحالات:

أ- الجملة (الجسم + النابض + الأرض) : $\boxed{E_{PPA} = E_{PeB}}$

ب- الجملة (الجسم + النابض)

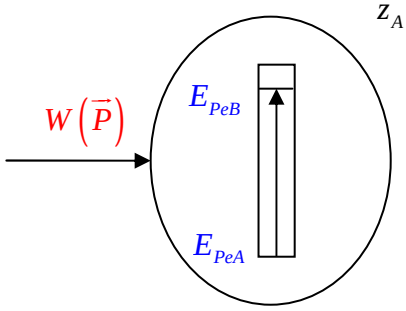
$W(\vec{P}) = E_{PeB}$ حيث $W(\vec{P})$: هو عمل قوة الثقل

3- حساب أقصى استطالة : $E_{PPA} = E_{PeB} \Leftarrow m.g.z_A = \frac{1}{2}K.z_A^2 \Leftarrow z_A = \frac{2.m.g}{K}$

$$z_A = \frac{2\times 0,2\times 9,8}{10} \Leftarrow \boxed{z_A = 39\ Cm}$$

4- الطاقة الكامنة المرونية للنابض :

$$E_{Pe} = \frac{1}{2}K.z_A^2 \Leftarrow E_{Pe} = \frac{1}{2}\times 10\times (0,39)^2 \Leftarrow \boxed{E_{Pe} = 0,76\ j}$$



(الجملة ب)