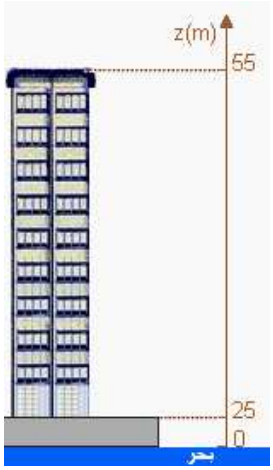
تمارين — الطاقة الميكانيكية

في جميع التمارين: $g = 9,8\ N.kg^{-1}$

تمرين 1



توجد كرة كتلتها $m = 0,5\ kg$ على سطح عمارة. أنظر الشكل جانبه.

1- أحسب طاقة الوضع الثقالية للكرة إذا اختيرت الحالة المرجعية لطاقة الوضع الثقالية عند:
أ- سطح البحر،
ب- سطح الأرض.

2- أحسب تغير طاقة الوضع للكرة عند سقوطها على سطح الأرض.

3- علما أن الكرة سقطت بدون سرعة بدئية و أن كل طاقة الوضع لديها تحولت إلى طاقة حركية، أحسب سرعتها عند وصولها سطح الأرض.

تمرين 2

خلال سقوط بدون سرعة بدئية لجسم كتلته $m = 3,00\ kg$ على الأرض، تغيرت طاقة الوضع لديه من القيمة $Ep_1 = 500\ J$ إلى القيمة $Ep_2 = -900\ J$.

1- على أي ارتفاع سقط ؟

2- ما موضع الحالة المرجعية لطاقة الوضع الثقالية بالنسبة لموضعه البدئي ؟

3- ما سرعته عند مروره من هذه الحالة المرجعية ؟

تمرين 3

في رياضة القفز العالي استطاع رياضي، كتلته $m = 85,0\ kg$ و طول قامته $L = 1,93\ m$، تجاوز العارضة على ارتفاع $h = 2,45\ m$. نقبل أن مركز قصور G الرياضي يطابق منتصف طول قامته، و خلال القفز يمر G على بعد $10\ cm$ من العارضة.

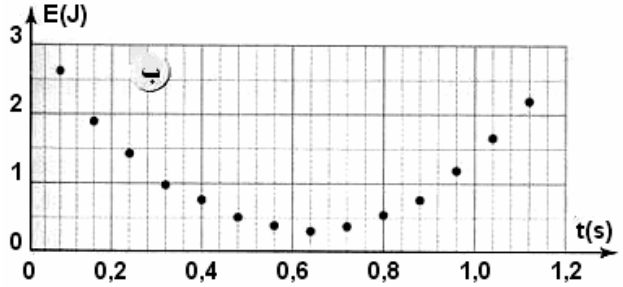
1- أحسب تغير طاقة الوضع الثقالية للرياضي خلال القفز.

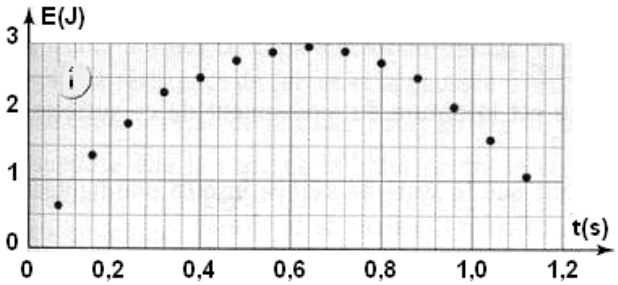
2- يصل الرياضي أمام العارضة بالسرعة $v = 21,6\ km.h^{-1}$. أحسب الارتفاع الأقصى النظري الذي يمكنه وصوله بافتراض أن طاقته الحركية تحولت كليا إلى طاقة وضع ثقالية.

3- في الواقع عندما يصل الرياضي العارضة بالسرعة $v = 21,6\ km.h^{-1}$، يتجاوزها بالسرعة $v' = 3,6\ km.h^{-1}$.
قارن مجموع الطاقة الحركية و طاقة الوضع الثقالية للرياضي قبل القفز و بعد تجاوز العارضة. أعط استنتاجا.

تمرين 4

المبيانان التاليان يمثلان التغيرات بدلالة الزمن للطاقة الحركية و طاقة الوضع الثقالية لكرية كتلتها $m = 100\ g$ قذفت نحو الأعلى عند اللحظة $t = 0$.





1- أ) أي المنحنيين يمثل مخطط الطاقة الحركية ؟ علل جوابك.
ب) أي المنحنيين يمثل مخطط طاقة الوضع الثقالية؟ علل جوابك.

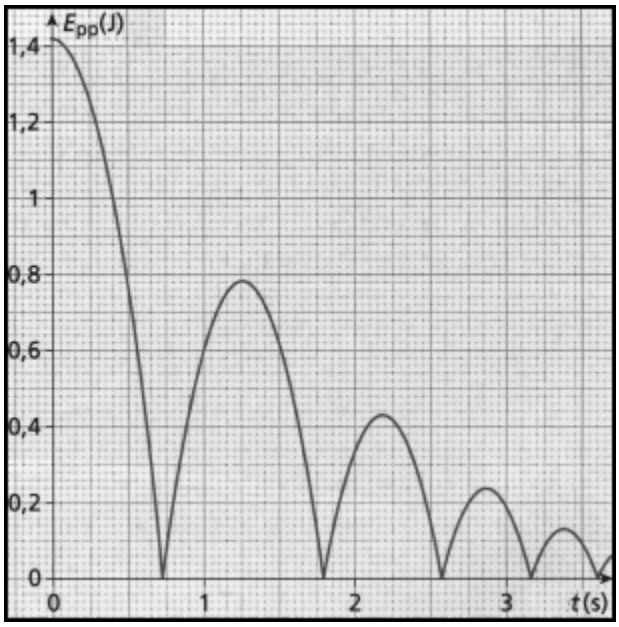
2- مثل مخطط الطاقة الميكانيكية. ماذا تستنتج ؟

3- حدد سرعة الكرية عندما تصل قمة مسارها.

4- ما هو ارتفاعها عند قمة مسارها بالنسبة لسطح الأرض الذي اتخذ حالة مرجعية لطاقة الوضع الثقالية ؟

تمرين 5

يمثل المبيان جانبه مخطط طاقة الوضع الثقالية لكرة مضرب كتلتها $m = 57\ g$ حررت بدون سرعة بدئية على ارتفاع z_0 من سطح الأرض.



1- في أي لحظة تصل الكرة سطح الأرض للمرة الأولى ؟ علل أن سطح الأرض اتخذ حالة مرجعية لطاقة الوضع الثقالية.

2- باستغلال المبيان حدد قيمة z_0.

3- في أي لحظة، بعد الارتداد الأول، تصل الكرة الارتفاع الأقصى ؟ حدد هذا الارتفاع.

4- أحسب قيمة الطاقة الميكانيكية E_0 البدئية للكرة، و قيمة طاقتها الميكانيكية E_1 بعد الارتداد الأول. استنتج النسبة المئوية لتناقص هذه الطاقة.

5- علما أن بعد كل ارتداد تتناقص الطاقة الميكانيكية للكرة بنسبة 45% ، أحسب قيمتها بعد 8 ارتدادات.
ما هي حالة الكرة حينئذ ؟

تمرين 6

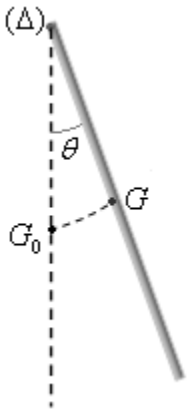
أطلق جسم صلب (S) كتلته $m = 1,0\ kg$ ، بدون سرعة بدئية، على سطح مستو و مائل بالزاوية $\alpha = 30°$ بالنسبة للمستوى الأفقي. تصل سرعة (S) القيمة $v = 4,7\ m.s^{-1}$ عندما ينقص ارتفاع مركز قصوره ب $2\ m$.

1- بين حسابيا أن الطاقة الميكانيكية للجسم (S) لا تنحفظ.

2- أحسب شدة قوة الاحتكاك باعتبارها ثابتة.

تمرين 7

يمكن لعارضة متجانسة، كتلتها $m = 0,400\ kg$ و طولها $\ell = 1,00\ m$ ، الدوران بدون احتكاك حول محور أفقي (Δ) يمر بطرفها.تعبير عزم القصور للعارضة بالنسبة للمحور (Δ) هو $J_\Delta = \frac{1}{3}m\ell^2$.



1- عبر عن طاقة الوضع الثقالية للعارضة بدلالة أفصولها الزاوي θ . يُتَّخَذُ الموضع $(\theta = 0)$ مرجعا لطاقة الوضع الثقالية.

2- حدد الموضع الذي تكون فيه طاقة الوضع الثقالية قصوى و احسب قيمتها.

3- تدار العارضة بالزاوية $\theta_0 = 45°$ ثم تحرر بدون سرعة بدئية.

أ- في أي موضع تكون السرعة الزاوية للعارضة قصوى ؟ علل جوابك.

ب- أحسب قيمتها بتطبيق مبدأ انحفاظ الطاقة الميكانيكية.

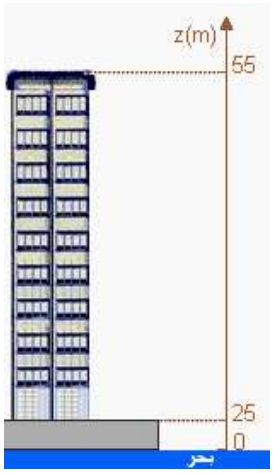
ت- بين أن السرعة الزاوية للعارضة تنعدم في موضعين حددهما.صف حركة العارضة.

4- تدار العارضة بنفس الزاوية $\theta_0 = 45°$ ثم ترسل بسرعة زاوية بدئية قيمتها $\omega = 15\ rad.s^{-1}$.

أ- بين في هذه الحالة أن الطاقة الحركية للعارضة لا تنعدم (نظريا بإهمال الاحتكاك). صف حركة العارضة.

ب- أحسب القيمتين القصوى و الدنيا للطاقة الحركية خلال حركة العارضة.

تمرين 1



1- طاقة الوضع الثقالية للكرة:

تعبير طاقة الوضع الثقالية لجسم هو: $E_p = mgz + Cte$

حيث z أنسوب مركز قصوره على محور رأسي موجه نحو الأعلى.

ليكن z_0 أنسوب المستوى الأفقي الذي اختير حالة مرجعية لطاقة الوضع الثقالية.

إذن عند $E_p = 0 : z = z_0$ $\leftarrow$ $0 = mgz_0 + Cte$ $\leftarrow$ $Cte = -mgz_0$

و بالتالي: $E_p = mg(z - z_0)$

أ- إذا اختيرت الحالة المرجعية لطاقة الوضع الثقالية عند سطح البحر:

$z_0 = 0$ $\leftarrow$ $E_p = mgz$

ت.ع. $E_p = 0,5 \times 9,8 \times 55 = \underline{269,5\ J}$

ب- إذا اختيرت الحالة المرجعية لطاقة الوضع الثقالية عند سطح الأرض:

$z_0 = 25$ $\leftarrow$ $E_p = mg(z - 25)$

ت.ع. $E_p = 0,5 \times 9,8 \times (55 - 25) = \underline{147\ J}$

2- تغير طاقة الوضع للكرة عند سقوطها على سطح الأرض:

تغير طاقة الوضع الثقالية مستقل عن اختيار الحالة المرجعية لطاقة الوضع و لا يتعلق إلا بارتفاع السقوط.

و هذا التغير يساوي مقابل شغل الوزن: $\Delta E_p = -W(\vec{P})$ $\leftarrow$ $\Delta E_p = -mgh$

ت.ع. $h = 55 - 25 = 30\ m$ $\leftarrow$ $\Delta E_p = -0,5 \times 9,8 \times 30 = \underline{-147\ J}$

خلال سقوطها تتناقص طاقة الوضع الثقالية للكرة و هذا ما تدل عليه الإشارة السالبة للتغير.

3- سرعتها عند وصولها سطح الأرض:

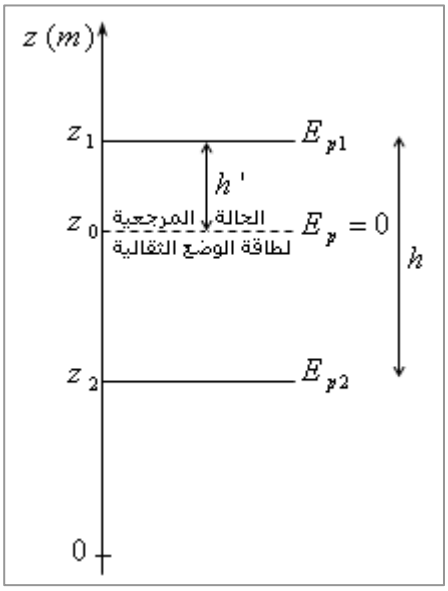
باعتبار أن كل طاقة الوضع الثقالية للكرة تحولت إلى طاقة حركية، فإن: $\Delta E_c = -\Delta E_p$

$\leftarrow$ $\frac{1}{2}mv^2 - 0 = -\Delta E_p$ $\leftarrow$ $v = \sqrt{-\frac{2\Delta E_p}{m}}$

الكرة سقطت بدون سرعة بدئية

ت.ع. $v = \sqrt{-\frac{2 \times (-147)}{0,5}} = \underline{24,2\ m.s^{-1}}$

تمرين 2



1- ارتفاع السقوط :

تغير طاقة الوضع الثقالية يساوي مقابل شغل الوزن:

$E_{p2} - E_{p1} = -mgh$ $\leftarrow$ $\Delta E_p = -W(\vec{P})$

ت.ع. $h = \frac{500 - (-900)}{3,00 \times 9,8} = \underline{47,6\ m}$ $\leftarrow$ $h = \frac{E_{p1} - E_{p2}}{mg}$

2- موضع الحالة المرجعية لطاقة الوضع الثقالية بالنسبة لموضعه البدئي :

ليكن z_0 أنسوب المستوى الأفقي الذي اختير حالة مرجعية لطاقة الوضع الثقالية.

تعبير طاقة الوضع الثقالية للجسم في الحالة البدئية هو:

$E_{p1} = mg(z_1 - z_0) = mgh'$

ت.ع. $h' = \frac{500}{3,00 \times 9,8} = \underline{17,0\ m}$ $\leftarrow$ $h' = \frac{E_{p1}}{mg}$

3- سرعة الجسم عند مروره من هذه الحالة المرجعية :

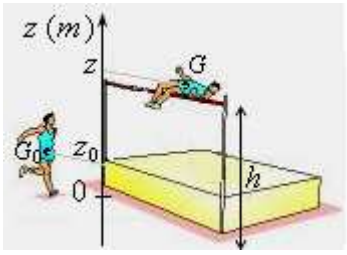
باعتبار السقوط حرا، الجسم لا يخضع إلا لوزنه، و طاقته الميكانيكية تنحفظ .

بتطبيق هذا الانحفاظ بين الموضع البدئي و الموضع الذي اختير حالة مرجعية لطاقة الوضع الثقالية لدينا:

$$E_{p1}=\frac{1}{2}mv^2 \quad \leftarrow \quad 0+E_{p1}=E_c+0 \quad \leftarrow \quad E_{c1}+E_{p1}=E_c+E_p$$

$$v=\sqrt{\frac{2\times 500}{3,00}}=\underline{18,3\ m.s^{-1}} \quad \text{ت.ع.} \qquad v=\sqrt{\frac{2E_{p1}}{m}} \quad \leftarrow$$

تمرين 3



1- تغير طاقة الوضع الثقالية للرياضي خلال القفز:

تغير طاقة الوضع الثقالية يساوي مقابل شغل الوزن:

$$\Delta E_p=-mg(z_0-z) \quad \leftarrow \quad \Delta E_p=-W(\vec{P})$$

$$\Delta E_p=+mg(z-z_0) \quad \leftarrow$$

و بملاحظة أن: $z_0=\frac{L}{2}$ و $z=h+0,10$ يستنتج: $\Delta E_p=+mg(h+0,10-\frac{L}{2})$

$$\Delta E_p=+85,0\times 9,8\times(2,45+0,10-\frac{1,93}{2})=\underline{+1,32.10^3\ J} \quad \text{ت.ع.}$$

2- الارتفاع الأقصى النظري الذي يمكن للرياضي وصوله:

بافتراض أن الطاقة الحركية للرياضي تحولت كليا إلى طاقة وضع ثقالية، فإن: $\Delta E_p=-\Delta E_c$

$$+mg(h_{th}+0,10-\frac{L}{2})=-(0-\frac{1}{2}mv^2) \quad \leftarrow$$

$$h_{th}=\frac{(21,6/3,6)^2}{2\times 9,8}+\frac{1,93}{2}-0,10=\underline{2,90\ m} \quad \text{ت.ع.} \qquad h_{th}=\frac{v^2}{2g}+\frac{L}{2}-0,10 \quad \leftarrow$$

يلاحظ أن الارتفاع النظري أكبر من الارتفاع الحقيقي.

3- مقارنة مجموع الطاقة الحركية و طاقة الوضع الثقالية للرياضي قبل القفز و عند تجاوز العارضة:

يختار سطح الأرض حالة مرجعية لطاقة الوضع الثقالية.

- قبل القفز مجموع الطاقة الحركية و طاقة الوضع الثقالية للرياضي هو:

$$E_{c0}+E_{p0}=\frac{1}{2}mv^2+mg\frac{L}{2}$$

$$E_{c0}+E_{p0}=\frac{1}{2}\times 85,0\times(21,6/3,6)^2+85,0\times 9,8\times\frac{1,93}{2}=\underline{+2,33.10^3\ J} \quad \text{ت.ع.}$$

- عند تجاوز العارضة مجموع الطاقة الحركية و طاقة الوضع الثقالية للرياضي هو:

$$E'_c+E'_p=\frac{1}{2}mv'^2+mg(h+0,10)$$

$$E'_c+E'_p=\frac{1}{2}\times 85,0\times(3,6/3,6)^2+85,0\times 9,8\times(2,45+0,10)=\underline{+2,17.10^3\ J} \quad \text{ت.ع.}$$

- مقارنة و استنتاج: $E'_c+E'_p<E_{c0}+E_{p0}$

الطاقة الميكانيكية للرياضي لا تبقى ثابتة. التغير الملاحظ ناتج عن مقاومة الهواء.

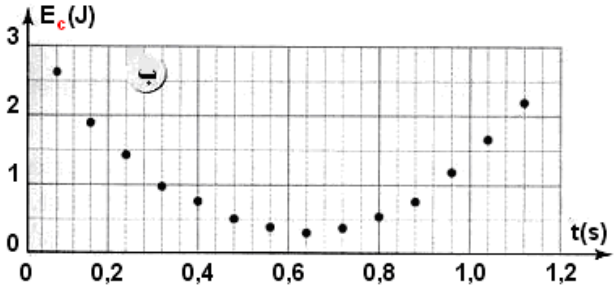
تمرين 4

1- أ) أي المنحنيين يمثل مخطط الطاقة الحركية ؟

حركة الكرة تتضمن مرحلتين:

- مرحلة صعود خلالها تتناقص سرعتها و بالتالي طاقتها الحركية تتناقص
- مرحلة هبوط خلالها تتزايد سرعتها و بالتالي طاقتها الحركية تتزايد

إذن المنحنى الذي يوافق تغيرات الطاقة الحركية هو المنحنى ب .

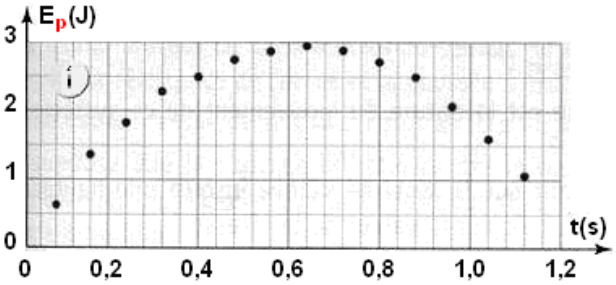


ب) أي المنحنيين يمثل مخطط طاقة الوضع الثقالية؟

تعبير طاقة الوضع الثقالية للكرة هو: $E_p = mgz$ (عند سطح الأرض: $z = 0$ و $E_p = 0$)

- خلال مرحلة الصعود تتزايد z و بالتالي طاقة الوضع الثقالية تتزايد،
- خلال مرحلة الهبوط تتناقص z و بالتالي طاقة الوضع الثقالية تتناقص،

إذن المنحنى الذي يوافق تغيرات طاقة الوضع الثقالية هو المنحنى أ .



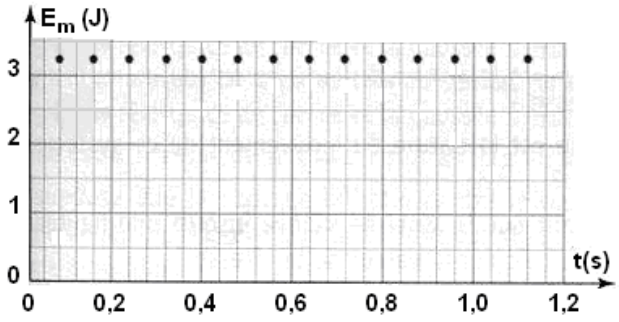
2- تمثيل مخطط الطاقة الميكانيكية:

في كل لحظة الطاقة الميكانيكية تساوي مجموع الطاقة الحركية و طاقة الوضع الثقالية: $E_m = E_c + E_p$

ت.ع. لنحسب قيم E_m عند بعض اللحظات باستغلال المخططين:

1,04	0,88	0,72	0,56	0,4	0,24	0,08	$t\,(s)$
1,625	0,75	0,375	0,375	0,75	1,375	2,625	$E_c\,(J)$
1,625	2,5	2,875	2,875	2,5	1,875	0,625	$E_p\,(J)$
3,25	3,25	3,25	3,25	3,25	3,25	3,25	$E_m\,(J)$

مخطط الطاقة الميكانيكية:



استنتاج: الطاقة الميكانيكية للكرة ثابتة.

3- سرعة الكرية عندما تصل قمة مسارها:

$$v = \sqrt{\frac{2E_c}{m}} \quad \leftarrow \quad E_c = \frac{1}{2}mv^2$$

ت.ع. قمة مسار الكرة توافق أدنى طاقة حركية، و قيمتها حسب مخطط الطاقة الحركية هي: $E_c = 0,25\ J$

$$v = \sqrt{\frac{2\times 0,25}{0,100}} = \underline{2,2\ m.s^{-1}} \quad \leftarrow$$

4- ارتفاع الكرة عند قمة مسارها:

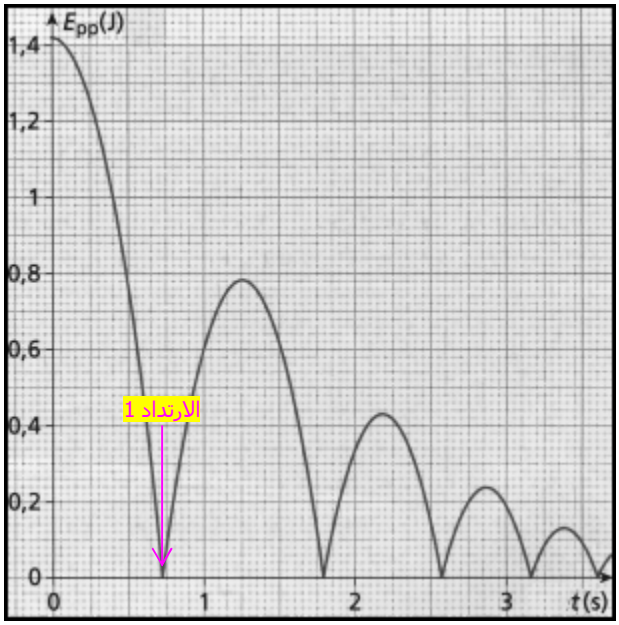
$$z = \frac{E_p}{mg} \quad \leftarrow \quad E_p = mgz$$

ت.ع. قمة مسار الكرة توافق أقصى طاقة وضع ثقالية، و قيمتها حسب مخطط طاقة الوضع الثقالية هي: $E_p = 3,00\ J$

$$z = \frac{3,00}{0,100 \times 9,8} = 3,1\ m \quad \leftarrow$$

تمرين 5

1- اللحظة التي تصل فيها الكرة سطح الأرض للمرة الأولى، و تعليل أن سطح الأرض اتخذ حالة مرجعية لطاقة الوضع الثقالية:



• حسب المخطط الطاقي عند كل ارتداد: $E_{pp} = 0$

و بما أن الارتدادات تتم على سطح الأرض، يستنتج أن عند سطح الأرض: $E_{pp} = 0$ ، إذن سطح الأرض اتخذ حالة مرجعية لطاقة الوضع الثقالية.

• الارتداد الأول حصل عند اللحظة: $t \approx 0,7\ s$

2- تحديد قيمة z_0 :

$$z_0 = \frac{E_{pp0}}{mg} \quad \leftarrow \quad E_{pp0} = mgz_0$$

ت.ع. حسب المخطط الطاقي: $E_{pp0} = 1,42\ J$

$$z_0 = \frac{1,42}{57 \times 10^{-3} \times 9,8} = 2,5\ m \quad \leftarrow$$

3- لحظة وصول الكرة الارتفاع الأقصى بعد الارتداد الأول و ارتفاعها:

• حسب المخطط : $t \approx 1,3\ s$

• ارتفاع الكرة : $z = \frac{E_{pp}}{mg}$

ت.ع. حسب المخطط الطاقي: $E_{pp} = 0,78\ J$ $\leftarrow$ $z = \frac{0,78}{57 \times 10^{-3} \times 9,8} = 1,4\ m$

4- حساب قيمة الطاقة الميكانيكية البدئية للكرة، و قيمة طاقتها الميكانيكية بعد الارتداد الأول. و استنتاج النسبة المئوية لتناقص هذه الطاقة:

• الطاقة الميكانيكية البدئية للكرة : $E_0 = E_{c0} + E_{pp0}$ ت.ع. $E_0 = 0 + 1,42 = 1,42\ J$

• الطاقة الميكانيكية للكرة بعد الارتداد الأول : $E_1 = E_{c1} + E_{pp1}$ ت.ع. $E_1 = 0 + 0,78 = 0,78\ J$

• النسبة المئوية لتناقص الطاقة الميكانيكية : $\% = \frac{E_0 - E_1}{E_0} \times 100$ ت.ع. $\% = \frac{1,42 - 0,78}{1,42} \times 100 = 45\ \%$

اصطدام الكرة بسطح الأرض يُفقدها 45% من طاقتها البدئية.

5- حساب قيمة الطاقة الميكانيكية بعد 8 ارتدادات. و حالة الكرة حينئذ :

- بعد الارتداد الأول الطاقة الميكانيكية المتبقية للكرة هي: $E_1 = E_0 - \frac{45}{100}E_0 = E_0\left(1 - \frac{45}{100}\right) = E_0\left(1 - \frac{45}{100}\right)^1$

- بعد الارتداد الثاني الطاقة الميكانيكية المتبقية للكرة هي: $E_2 = E_1 - \frac{45}{100}E_1 = E_1\left(1 - \frac{45}{100}\right) = E_0\left(1 - \frac{45}{100}\right)^2$

.
.
.

- إذن بعد الارتداد الثامن الطاقة الميكانيكية المتبقية للكرة هي: $E_8 = E_0\left(1-\frac{45}{100}\right)^8$

$E_8 = 1,42\times\left(1-\frac{45}{100}\right)^8 = \underline{0,01\ J}$ ت.ع.

بعد 8 ارتدادات الطاقة الميكانيكية للكرة منعدمة تقريبا: يمكن اعتبار الكرة في حالة سكون تقريبا.

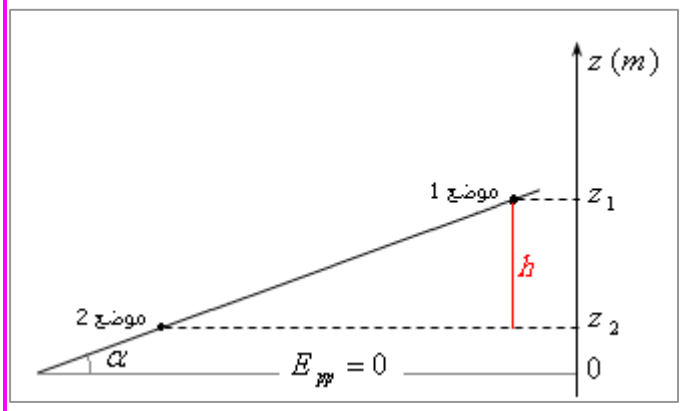
تمرين 6

1- بيان أن الطاقة الميكانيكية للجسم لا تنحفظ :

• الطاقة الميكانيكية البدئية للجسم : $E_{m1} = E_{c1} + E_{pp1} = 0 + mgz_1 = mgz_1$

• الطاقة الميكانيكية النهائية للجسم : $E_{m2} = E_{c2} + E_{pp2} = \frac{1}{2}mv^2 + mgz_2$

• تغير الطاقة الميكانيكية للجسم : $\Delta E_m = E_{m2} - E_{m1}$



$\Delta E_m = \frac{1}{2}mv^2 + mgz_2 - mgz_1$ ←

$\Delta E_m = \frac{1}{2}mv^2 - mgh$ ←

ت.ع.

$\Delta E_m = \frac{1}{2}\times 1,0\times 4,7^2 - 1,0\times 9,8\times 2 = \underline{-8,6\ J}$

$\Delta E_m < 0$: الطاقة الميكانيكية للجسم لا تنحفظ، بل تتناقص.

2- حساب شدة قوة الاحتكاك :

$\Delta E_m = W_f = -f\cdot d = -f\cdot\frac{h}{\sin\alpha}$

$f = -\frac{\Delta E_m\cdot\sin\alpha}{h}$ ←

$f = -\frac{(-8,6)\times\sin 30°}{2} = \underline{2,2\ N}$ ت.ع.

تمرين 7

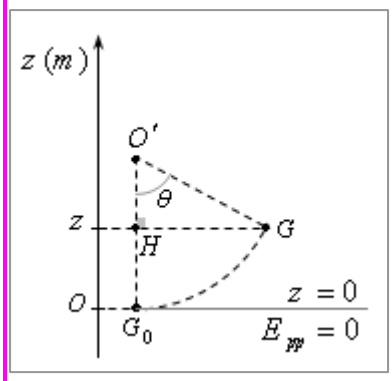
1- تعبير طاقة الوضع الثقالية للعارضة بدلالة أفصولها الزاوي:

تعبير طاقة الوضع الثقالية للعارضة هو: $E_{pp} = mgz + Cte$

باتخاذ الموضع $(\theta = 0)$ مرجعا لطاقة الوضع الثقالية فإن:

عند $z = 0$: $E_{pp} = 0 \leftarrow 0 = 0 + Cte \leftarrow Cte = 0$

و بالتالي: $E_{pp} = mgz$



من خلال الشكل التوضيحي الممثل جانبه: $z = G_0H = O'G_0 - O'H = \frac{\ell}{2} - \frac{\ell}{2}\cos\theta$

و يستنتج التعبير التالي: $E_{pp} = mg\frac{\ell}{2}(1-\cos\theta)$

2- تحديد الموضع الذي تكون فيه طاقة الوضع الثقالية قصوى و حساب قيمتها:

E_{pp} قصوى $\leftarrow$ $\cos\theta$ دنيا $\leftarrow$ $\cos\theta = -1$ $\leftarrow$ $\theta = \pm\pi$ (موضع التوازن غير المستقر)

و هذه القيمة القصوى هي: $E_{pp\max} = mg\frac{\ell}{2}(1-(-1)) \leftarrow E_{pp\max} = mg\ell$

$E_{pp\max} = 0,400 \times 9,8 \times 1,00 = 3,92\ J$ ت.ع.

3-

أ- الموضع الذي تكون فيه السرعة الزاوية للعارضة قصوى:

عند مرور العارضة من موضع توازنها المستقر $(\theta = 0)$ تنعدم طاقة الوضع الثقالية لديها، و بالتالي طاقتها الحركية تكون حينئذ قصوى، و بالتالي سرعتها الزاوية قصوى.

ب- حساب قيمة السرعة الزاوية:

• الطاقة الميكانيكية للعارضة في G :

$$E_m = E_c + E_{pp} = 0 + mg\frac{\ell}{2}(1-\cos\theta_0) = mg\frac{\ell}{2}(1-\cos\theta_0)$$

• الطاقة الميكانيكية للعارضة في G_0 :

$$E_{m0} = E_{c0} + E_{pp0} = \frac{1}{2}J_\Delta\omega^2 + 0 = \frac{1}{6}m\ell^2\omega^2$$

• بتطبيق مبدأ انحفاظ الطاقة الميكانيكية : $E_{m0} = E_m$

$$\frac{1}{6}m\ell^2\omega^2 = mg\frac{\ell}{2}(1-\cos\theta_0) \leftarrow$$

$$\omega = \sqrt{3\frac{g}{\ell}(1-\cos\theta_0)} \leftarrow$$

$$\omega = \sqrt{3\times\frac{9,8}{1,00}\times(1-\cos 45°)} = 2,9\ rad.s^{-1}$$ ت.ع.

ت- بيان أن السرعة الزاوية للعارضة تنعدم في موضعين مع تحديدهما.و وصف حركة العارضة:

$E_{pp} = mg\frac{\ell}{2}(1-\cos\theta_0) \leftarrow$ قصوى $E_{pp} \leftarrow E_c = 0 \leftarrow \omega = 0$

$$mg\frac{\ell}{2}(1-\cos\theta) = mg\frac{\ell}{2}(1-\cos\theta_0) \leftarrow$$

$$\theta = \pm\theta_0 \leftarrow \cos\theta = \cos\theta_0 \leftarrow$$

حركة العارضة تذبذبية بين الموضعين $\theta = +45°$ و $\theta = -45°$.

-4

أ- بيان أن الطاقة الحركية للعارضة لا تنعدم و وصف حركة العارضة:

بتطبيق انحفاظ الطاقة الميكانيكية بين الموضع البدئي ($\theta_0 = 45°$) و موضع التوازن غير المستقر ($\theta = \pm\pi$)، لدينا:

$$\underbrace{\frac{1}{2}J_{\Delta}\omega^2 + mg\frac{\ell}{2}(1-\cos\theta_0)}_{\text{الطاقة الميكانيكية في الموضع البدئي}} = \underbrace{E_c + mg\ell}_{\text{الطاقة الميكانيكية في موضع التوازن غير المستقر}}$$

نستنتج الطاقة الحركية في موضع التوازن غير المستقر: $E_c = \frac{1}{6}m\ell^2\omega^2 + mg\frac{\ell}{2}(1-\cos\theta_0) - mg\ell$

ت.ع. $E_c = \frac{1}{6}\times 0,400\times 1,00^2\times 15^2 + 0,400\times 9,8\times\frac{1,00}{2}\times(1-\cos 45°) - 0,400\times 9,8\times 1,00 = \underline{12,5\ J}$

و هي قيمة غير منعدمة.

بما أن الطاقة الحركية لا تنعدم في موضع التوازن غير المستقر، فإن العارضة تستمر في الدوران في نفس المنحى. حركتها ليست في هذه الحالة تذبذبية.

ب- القيمتان القصوى و الدنيا للطاقة الحركية خلال حركة العارضة:

- القيمة القصوى للطاقة الحركية توافق الموضع الذي تكون فيه طاقة الوضع الثقالية دنيا (منعدمة) و هو موضع التوازن المستقر ($\theta = 0$): $E_{c\max} + 0 = E_m \leftarrow E_{c\max} = \frac{1}{6}m\ell^2\omega^2 + mg\frac{\ell}{2}(1-\cos\theta_0)$

ت.ع. $E_c = \frac{1}{6}\times 0,400\times 1,00^2\times 15^2 + 0,400\times 9,8\times\frac{1,00}{2}\times(1-\cos 45°) = \underline{16,4\ J}$

- القيمة الدنيا للطاقة الحركية توافق الموضع الذي تكون فيه طاقة الوضع الثقالية قصوى و هو موضع التوازن غير المستقر ($\theta = \pm\pi$): $E_{c\min} + E_{pp\max} = E_m \leftarrow E_{c\min} = \frac{1}{6}m\ell^2\omega^2 + mg\frac{\ell}{2}(1-\cos\theta_0) - mg\ell$

ت.ع. $\underline{E_{c\min} = 12,5\ J}$