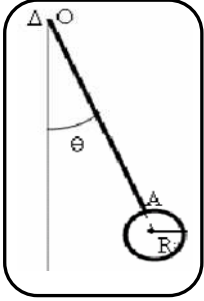


| | | |
|--------------------|------------------------------|---------------------------------|
| الدعم و التقوية | مؤسسة عبدالله الشفشاوني | الأستاذ: بنساعد |
| المادة: الفيزيائية | المستوى: الأولى بكالوريا ع ر | الموضوع: الشغل و الطاقة الحركية |

تمرين 1:

نعتبر مجموعة (S) مكونة من كرة متجانسة شعاعها $R=10\text{ cm}$ و كتلتها $m=100\text{ g}$ وساق متجانسة لها نفس الكتلة و طولها $l=10R$ ، طرفها الأسفل ملحم بالكرة عند النقطة A. المجموعة (S) قابلة للدوران حول محور أفقي Δ يمر من النقطة O. نهمل جميع الاحتكاكات. عزم قصور المجموعة (S) بالنسبة للمحور $J_{\Delta} = 10^{-2}\text{ kg.m}^2$



نزيح المجموعة عن موضع توازنها بزاوية $\theta_m = 30^\circ$ ثم نحررها بدون سرعة بدئية
1. حدد مركز قصور المجموعة

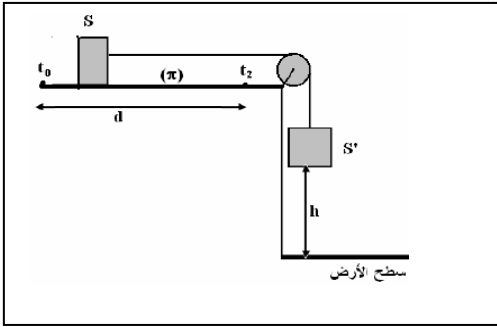
2: بتطبيق م ط ح أوجد سرعة الزاوية للمجموعة عندما تكون مع الخط الرأسى الزاوية $\theta_m = 15^\circ$

ثم استنتج السرعة الخطية في هذا الموضع

3 في الواقع السرعة الزاوية $w = 4,5\text{ rad/s}$ كيف تفسر ذلك ثم حدد قيمة المقدار المسؤول

تمرين 2:

نعتبر جسمين S و S' كتلتها على التوالي M و M' مرتبطين بواسطة خيط قابل للامتداد و كتلته مهملة يمر من مجرى بكرة P بدون احتكاك و كتلتها مهملة. عند اللحظة $t_0 = 0$ المجموعة {S', S} في حالة سكون و يوجد S' على ارتفاع h من السطح الأفقي. نترك S' في سقوط حر بدون سرعة بدئية فينزل الجسم S على المستوى (Pi). نعتبر أن حركة الجسم على المستوى (Pi) تتم باحتكاك و أن القوة المقرونة بالاحتكاك تبقى ثابتة خلال الحركة.



و أن المسافة المقطوعة من طرف الجسم S قبل توقفه نتيجة الاحتكاكات هي $d (d > h)$.

1- صف ما سيحدث خلال سقوط S' نحو السطح الأفقي.

2- أجرد القوى المطبقة على الجسم S' خلال السقوط. بتطبيق مبرهنة الطاقة

الحركية بين اللحظتين t_0 و t_1 [لحظة وصول الجسم الى السطح الأفقي]

أوجد تعبير السرعة v بدلالة h, T, M', g .

3- سرعة الجسم S' عند وصوله الى السطح الأفقي. T شدة توتر الخيط قبل توقف الجسم S'.

أجرد القوى المطبقة على الجسم S خلال انزلاقه على المستوى (Pi) في كل مرحلة

بتطبيق مبرهنة الطاقة الحركية بين اللحظتين t_0 و t_1 . و بين t_1 و t_2 بين أن شدة قوة الاحتكاك المطبقة من طرف المستوى على الجسم

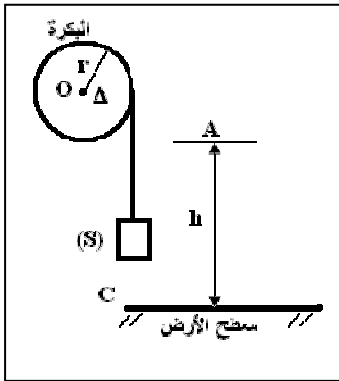
ابحث أن اللحظة التي سيتوقف فيها الجسم S على المستوى (Pi) نتيجة الاحتكاكات خلال حركة S هي كالتالي:

$$f = \frac{MM'gh}{m'(d-h) + Md}$$

تمرين تتكون المجموعة الممثلة في الشكل أسفله من: نعطي $J_{\Delta} = \frac{1}{2} M r^2$

- بكرة متجانسة شعاعها r و كتلتها M قابلة للدوران حول محور Δ أفقي منطبق مع محور تماثلها، عزم قصورها بالنسبة لمحور الدوران J_{Δ} .
- جسم صلب S نقطي، كتلته m معلق بطرف خيط غير ممدود، ملفوف على مجرى البكرة، و نعتبر أن الخيط لا ينزلق على مجرى البكرة أثناء الحركة و أن كتلته مهملة.

نحرر S بدون سرعة بدئية انطلاقا من النقطة A و التي توجد على ارتفاع h من سطح الأرض عند اللحظة $t_0 = 0$ نعتبرها أصلا للتواريخ.



1 - أوجد النسبة $b = \frac{E_{c2}}{E_{c1}}$ حيث E_{c1} و E_{c2} الطاقة الحركية عند اللحظة t بالتتابع للجسم S و البكرة.

2- أوجد تعبير الطاقة الحركية للمجموعة {بكرة، S} عند اللحظة t بدلالة E_{c1}, M, m .

3- بتطبيق مبرهنة الطاقة الحركية على البكرة تم على S بين اللحظتين t_A و t_B ، أوجد تعبير

سرعة الجسم S عند اللحظة t_B بدلالة AB, g, M, m .

4- نفصل الجسم S عن الخيط و نطلقه من النقطة A بدون سرعة بدئية فيسقط و يصطدم بسطح

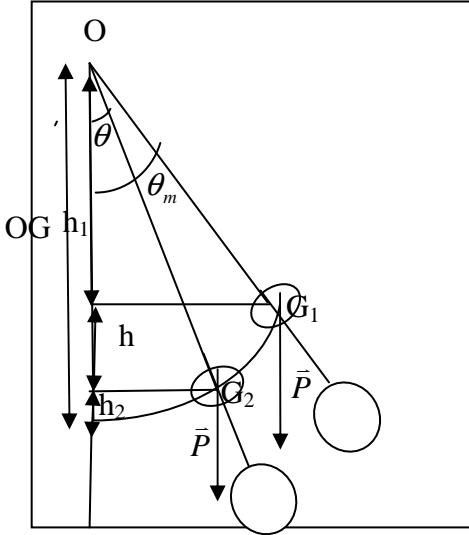
الأرض عند النقطة C بسرعة v_{i-1} حيث يرتد نحو الأعلى بسرعة $v_i = -ev_{i-1}$ مع $0 < e < 1$.

5- أوجد بدلالة e, h الارتفاع القصوي h_1 الذي يصل إليه الجسم S بعد الارتداد الأول.

6- أوجد بدلالة e, h الارتفاع القصوي h_2 الذي يصل إليه الجسم بعد الارتداد الثاني.

7 - استنتج بدلالة e, h, n الارتفاع القصوي الذي يصل إليه الجسم بعد الارتداد رقم n. أحسب h_3 في حالة $n = 5$ علما أن $e = 0,5$ و $h = 1\text{ m}$.

عناصر الإجابة



التمرين 1

1- بتطبيق العلاقة المرجحية نجد

$$OG = \frac{mOG_1 + MOG_2}{(M + m)}$$

حيث M كتلة العارضة و m كتلة الكرة
A1 مركز قصور الكرة و A2 مركز قصور العارضة

$$OA_1 = (l + R) = 11R$$

$$OA_2 = \frac{l}{R} = 5R$$

$$\boxed{OG = 8R} \quad \text{ادن}$$

2- بتطبيق مبرهنة الطاقة الحركية بين الموضع G1 الموافق ل theta_m والموضع G2 الموافق theta نجد

$$\frac{1}{2} J_{\Delta} \omega^2(\theta) - \frac{1}{2} J_{\Delta} \omega^2(\theta_m) = W(\bar{R}) + W(\bar{P})$$

السرعة البدئية منعدمة اذن $\omega(\theta_m) = 0$ والاحتكاكات مهملة $W(\bar{R}) = 0$ وبالتالي

$$\frac{1}{2} J_{\Delta} \omega^2(\theta) = W(\bar{P}) = (M + m)gh = 2mgh$$

$$h = OG - (h_1 + h_2) = OG(\cos \theta - \cos \theta_m)$$

$$\omega^2(\theta) = \frac{4mg}{J_{\Delta}} (\cos \theta - \cos \theta_m)$$

$$\omega(\theta) = 5,48m/s$$

حساب السرعة الخطية

$$v(\theta) = OG \cdot \omega(\theta)$$

لدينا $v = r \cdot \omega$ ومنه فان

3- بما أن $w_{\text{exp}} < w_{\text{the}}$ فان الحركة تتم بالاحتكاك والمقدار المسؤول عن الاحتكاكات هو عزم مزدوجة الاحتكاك و الذي نرسم له

M_c

بتطبيق مبرهنة الطاقة الحركية بين الموضع theta_m والموضع theta نجد

$$\frac{1}{2} J_{\Delta} \omega^2(\theta) - \frac{1}{2} J_{\Delta} \omega^2(\theta_m) = W(f_c) + W(\bar{P})$$

$$\frac{1}{2} J_{\Delta} \omega_{\text{exp}}^2 = M_{\Delta} \cdot \Delta\theta + 2mgOG(\cos \theta - \cos \theta_m)$$

avec

$$\Delta\theta = \theta_m - \theta = 0,26\text{rad}$$

$$\omega_{\text{exp}} = 4,5\text{rad/s}$$

donc

$$M_{\Delta} = 4,89 \cdot 10^{-2} \text{ N.m}$$

التمرين 2

1- خلال سقوط الجسم يتحرك الجسم S بنفس سرعة الجسم S' و يقطع نفس المسافة التي يقطعها لان الخيط غير قابل الامتداد و البكرة تغير المنحى فقط دون التأثير على سرعة الجسم

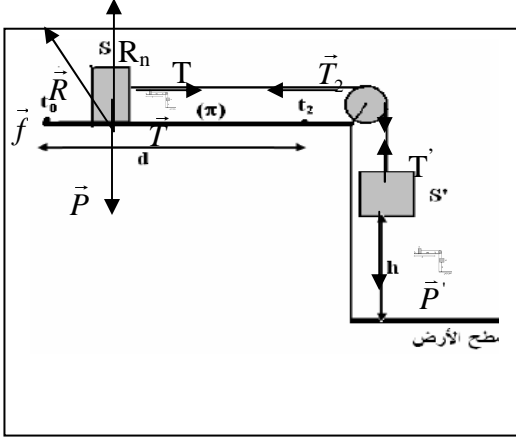
إذا نزل الجسم S' بالمسافة h يقطع الجسم S نفس المسافة AB حيث $h = AB$

2- سرعة الجسم عند قطعه للمسافة h

يخضع الجسم S' في المرحلة الأولى (أنظر الشكل)

- \vec{P}' وزن الجسم S'

- \vec{T}' توتر الخيط



بتطبيق مبرهنة الطاقة الحركية على الجسم S' بين اللحظتين

t_0 و t_1 نجد

$$\frac{1}{2}M'v_1^2(S') - \frac{1}{2}M'v_0^2(S') = W(\vec{T}') + W(\vec{P}')$$

نحذر الجسم بدون سرعة بدئية ادن $v_0(S') = 0$ ونضع $h = AB$

ومنه

$$\frac{1}{2}M'v_1^2(S') = W(\vec{T}') + W(\vec{P}')$$

$$W(\vec{P}') = M'gh$$

$$W(\vec{T}') = \vec{T}' \cdot \vec{AB} = T \cdot AB \cdot \cos \pi = -T'AB = -T'h$$

$$\frac{1}{2}M'v_1^2(S') = -T'h + M'gh$$

donc

$$v_1^2(S') = \frac{2h(M'g - T')}{M'}$$

ادن نحصل العلاقة 1

$$v_1^2(S') = \frac{2h(M'g - T')}{M'}$$

3- جرد القوى المطبقة على الجسم S (أنظر الشكل)

- \vec{P} وزن الجسم S

- \vec{R} تأثير السطح حيث $\vec{R} = \vec{f} + \vec{R}_n$

- \vec{T} توتر الخيط

بتطبيق مبرهنة الطاقة الحركية على الجسم S بين اللحظتين t_0 و t_1 نجد

$$\begin{aligned} \frac{1}{2} M v^2_1(S) &= W(\vec{R}) + W(\vec{P}) + W(\vec{T}) \\ W(\vec{T}) &= \vec{T} \cdot \vec{AB} = T \cdot h \cdot \cos 0 = T \cdot h \\ W(\vec{P}) &= 0 \\ W(\vec{f}) &= \vec{f} \cdot \vec{AB} = T h \cdot \cos \pi = -f \cdot h \\ \frac{1}{2} M \cdot v^2_1(S) &= -f \cdot h + T \cdot h \\ T \cdot h &= \frac{1}{2} M v^2_1(S) + f h \end{aligned}$$

ادن نحصل على العلاقة 2

$$T \cdot h = \frac{1}{2} M v^2_1(S) + f \cdot h$$

عند وصول الجسم S' الى سطح الأرض يندعم تأثير الخيط على الجسم S و يستمر هذا الأخير في الحركة ليتوقف بعد قطعه لمسافة $d_1 = A_1 B_1$ تحت تأثير

- \vec{P} وزن الجسم S

- $\vec{R} = \vec{f} + \vec{R}_n$ تأثير السطح حيث

- بتطبيق مبرهنة الطاقة الحركية على الجسم S بين اللحظتين t_1 و t_2 نجد

$$\frac{1}{2} M \cdot v^2_1(S) = W(\vec{R}) + W(\vec{P})$$

$$W(\vec{P}) = 0$$

$$W(\vec{f}) = (\vec{f} + \vec{R}_n) \cdot A_1 \vec{B}_1 = f \cdot A_1 B_1 \cos \pi = -f \cdot A_1 B_1$$

$$-\frac{1}{2} M \cdot v^2_1(S) = -f \cdot A_1 B_1$$

نضع $d = d_1 + h$ أي $d - h = d_1$ حيث

d هي المسافة التي يقطعها الجسم بين اللحظتين t_0 و t_2

$d_1 = A_1 B_1$ هي المسافة التي يقطعها الجسم بين اللحظتين t_1 و t_2

$h = AB$ هي المسافة التي يقطعها الجسم بين اللحظتين t_0 و t_1

$$\frac{1}{2} M \cdot v^2_1(S) = f \cdot (d - h)$$

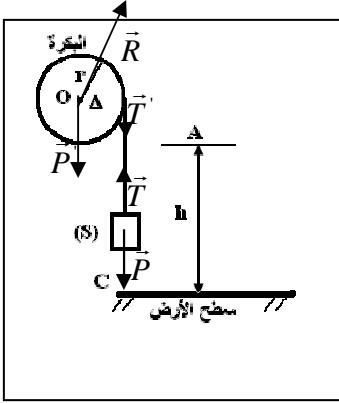
و بالتالي تصبح المعادلة الأخيرة

من خلال العلاقة 1 و العلاقة 2 و المعادلة الأخيرة نحصل على العلاقة التالية

$$f = \frac{M M' g h}{m'(d - h) + M d}$$

التمرين 3

جرد القوى (أنظر الشكل)



$$1- \text{تحديد النسبة } b = \frac{E_{c2}}{E_{c1}}$$

لنحسب الطاقة الحركية E_{c1} بالنسبة للجسم S

$$\text{لدينا } E_{c1} = \frac{1}{2}mv^2$$

لنحسب الطاقة الحركية E_{c2} بالنسبة للبكرة P

$$\text{لدينا } E_{c1} = \frac{1}{2}J_{\Delta}w^2 \text{ مع } v = r.w \text{ و } J_{\Delta} = \frac{1}{2}Mr^2 \text{ ومنه نجد}$$

$$b = \frac{E_{c2}}{E_{c1}} = \frac{m}{M}$$

2- تعبير الطاقة الحركية الكلية بالنسبة للمجموعة (البكرة P و الجسم S) لنحدد مركز قصور المجموعة

بتطبيق العلاقة المرجحة نجد $(m+M)OG = mOG_S + MOG_P$ و باعتبار النقطة O منطبقة مع G_P نجد

$$OG = \frac{m}{m+M}OG_S$$

حساب سرعة مركز القصور G

$$\text{لدينا } v_G = \frac{OG}{\Delta t} \text{ اذن } \frac{1}{\Delta t}OG = \frac{m}{m+M} \frac{1}{\Delta t}OG_S \text{ ومنه } v_G = \frac{m}{m+M}v_S \text{ أي } (v_G)^2 = \left(\frac{m}{m+M}\right)^2(v_S)^2$$

$$\text{بضرب طرفي المعادلة الأخيرة في المقدار } \frac{1}{2}(m+M) \text{ تصبح } \frac{1}{2}(m+M)(v_G)^2 = \frac{1}{2}(M+m) \cdot \left(\frac{m}{m+M}\right)^2(v_S)^2$$

$$E_{C_T} = \frac{m}{M+m}E_{C_E}$$

ومنه نجد

$$\text{حيث } E_{C_T} = \frac{1}{2}(m+M)(v_G)^2 \text{ و } E_{C_1} = \frac{1}{2}m(v_S)^2$$

3- تحديد تعبير سرعة الجسم S عند اللحظة t_B بدلالة AB ، g ، M ، m .

بتطبيق مبرهنة الطاقة الحركية على الجسم S بين اللحظتين t_A و t_B نجد

$$\frac{1}{2}mv_B^2 - \frac{1}{2}mv_A^2 = W(\vec{T}) + W(\vec{P})$$

نحرر الجسم S بدون سرعة بدنية اذن $v_A = 0$ ولدينا

$$W(\vec{T}) = \vec{T} \cdot \vec{AB} = T.h.\cos\pi = -T.AB$$

و بالتالي

$$\frac{1}{2} m.v^2_B = -T.AB + mgAB$$

$$T = mg - \frac{1}{2AB} mv^2_B$$

بتطبيق مبرهنة الطاقة الحركية على البكرة P بين اللحظتين t_A و t_B نجد:

$$\frac{1}{2} J_{\Delta} \omega^2_B - \frac{1}{2} J_{\Delta} \omega^2_A = W(\vec{T}') + W(\vec{P}') + W(\vec{R})$$

السرعة البدئية منعدمة اذن $\omega_A = 0$ و $W(\vec{R}) = W(\vec{P}') = 0$ لان خطا تأثيرهما يقطعان محور الدوران و منه

$$\frac{1}{2} J_{\Delta} \omega^2_B = W(\vec{T}')$$

$$\frac{1}{2} J_{\Delta} \omega^2_B = \vec{T}' \cdot \vec{AB} = T' AB$$

$$T' = \frac{1}{2AB} J_{\Delta} \omega^2_B$$

و منه نحصل على العلاقة 1

حسب مبدأ التأثيرات البينية نجد $T = T'$ و نعلم أن $v_B = r.\omega_B$ اذن

$$\frac{1}{2} m.v^2_B = -T.AB + mgAB$$

$$\frac{1}{2AB} J_{\Delta} \left(\frac{v_B}{r} \right)^2 = mg - \frac{1}{2AB} mv^2_B$$

$$v^2_B = \frac{4.AB.mg}{M + 2m}$$

تعبير السرعة يصبح :

4- الارتفاع القصوي h_1 الذي يصل إليه الجسم S بعد الارتداد الأول

لنحسب سرعة الارتداد الأول

السرعة v_0 سرعة السقوط

السرعة v_1 سرعة الارتداد الأول

h_1 الارتفاع القصوي بعد الارتداد الأول

بتطبيق مبرهنة الطاقة الحركية على الجسم S بين لحظة الاصطدام و لحظة الارتداد

$$\frac{1}{2} mv^2_f - \frac{1}{2} mv^2_1 = W(\vec{P}')$$

و شغل وزن الجسم

$$W(\bar{P}) = -mgh_1$$

عند الارتفاع القصوي يغير الجسم منحاه وبالتالي تنعدم سرعته ادن
 $v_f = 0$

تعبير الارتفاع القصوي يصبح

$$-\frac{1}{2}mv_1^2 = -mgh_1$$
$$h_1 = \frac{v_1^2}{2g}$$

لنحسب سرعة الاصطدام v_0

بتطبيق مبرهنة الطاقة الحركية على الجسم S بين لحظة السقوط و لحظة الاصطدام

لدينا $\frac{1}{2}mv_0^2 - \frac{1}{2}mv_0'^2 = mgh$ حيث ثم تحرير الجسم بدون سرعة بدئية $v_0' = 0$ ادن

$$v_1 = ev_0 \quad \text{حيث} \quad v_0^2 = 2gh \quad \text{ادن نجد:} \quad \frac{1}{2}mv_0^2 = mgh$$

و حسب العلاقة بين سرعة الاصطدام v_{i-1} وسرعة الارتداد v_i نجد: $v_1^2 = 2e^2gh$

v_1 سرعة الارتداد الأول

و بالتالي يكون الارتفاع القصوي عند الارتداد الأول هو $h_1 = e^2h$

5- الارتفاع القصوي h_2 الذي يصل إليه الجسم S بعد الارتداد الثاني

بنفس الطريقة نجد $h_2 = e^3h$

من خلال معادلة الارتفاع القصوي لارتداد الأول h_1 و معادلة الارتفاع القصوي لارتداد الثاني h_2 يمكن استنتاج المعادلة التالية
بنسبة n ارتداد ادن

$$h_n = e^{n+1}h$$

ت ع بالنسبة ل $n = 5$

صلاح الدين بنساعد