الشغــل و الطــاقة الحــركـية

Le travail et l'énergie cinétique

Vidéo

I) مفهوم الطاقة الحركية :

❑ النشاط 1 :

- عندما نضع جسما صلبا (S) كتلته m بدون سرعة بدئية على زجاجة مستوية نلاحظ أنها لا تنكسر.
- عندما نلقي بنفس الكتلة m بسرعة V باتجاه الزجاجة فأن هذه الأخيرة تنكسر.
- نلقي من جديد بجسم اخر كتلته m’ أصغر بكثير من الكتلة m بنفس السرعة V باتجاه الزجاجة فنلاحظ أنها لم تتكسر.

1- ما هو المقدار الفيزيائي المسؤول عن تكسير الزجاجة ؟
2- بماذا يتعلق هذا المقدار ؟
3- اقترح اسم له.

❑ استثمار :

1- المقدار الفيزيائي المسؤول عن تكسير الزجاجة هو الطاقة التي يحملها الجسم الصلب (S)

2- يتعلق هذا المقدار الفيزيائي بكتلة الجسم m و بسرعته V

3- اسم الطاقة التي يحملها الجسم أثناء حركته : الطاقة الحركية.

II- الطـاقة الحـركية لجسم صلب في إزاحـة

❑ تعريف :

نسمي الطـاقة الحـركية لجسم صـلـب في حركة إزاحــة, كتـلـه m و سـرعته V بالنسبة لجسم مرجعــي, المقـدار:

$$E_C = \frac{1}{2}.m.V^2$$

و حـدة الطـاقة الحـركية في النظـام العـالمي للوحدات (SI) هــي: الجـول (J)

❑ تطبيق :

نعتبر جسما صلب (S) كتلته m = 500 g ينتقل فوق مستوى أفقي باحتكاك فنسجل حركة نقطة منه M خلال نفس المدد الزمنية المتتالية τ = 40 ms فنحصل على التسجيل التالي :

1- أحسب V_1 عند النقطة M_1 ثم V_2 عند النقطة M_2.

2- أحسب الطاقة الحركية عند النقطة M_1 ثم عند النقطة M_2.

3- استنتج قيمة تغير الطاقة الحركية $\Delta E_c = E_c(M_2) - E_c(M_1)$

❑ جواب :

1- حساب V_1:

$$V_1 = \frac{M_0M_2}{2\tau}$$

ت.ع

$$V_1 = \frac{7.10^{-2}}{2\times 40.10^{-3}} \cong 0{,}875\,\mathrm{m/s}$$

حساب V_2:

$$V_2 = \frac{M_1M_3}{2\tau}$$

ت.ع

$$V_2 = \frac{5.10^{-2}}{2\times 40.10^{-3}} \cong 0{,}625\,\mathrm{m/s}$$

2- حساب $E_c(M_1)$:

$$E_c(M_1) = \frac{1}{2} \times m \times V_1^{\,2}$$

ت.ع

$$E_c(M_1) = \frac{1}{2} \times 500.10^{-3} \times 0{,}875^2 \cong 0{,}191\ \mathrm{J}$$

حساب $E_c(M_2)$:

$$E_c(M_2) = \frac{1}{2} \times m \times V_2^{\,2}$$

ت.ع

$$E_c(M_2) = \frac{1}{2} \times 500.10^{-3} \times 0{,}625^2 \cong 0{,}097\ \mathrm{J}$$

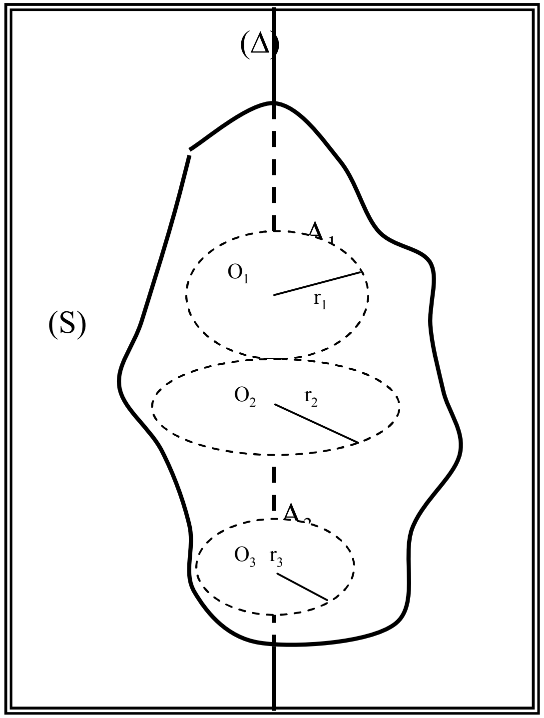
3- استنتج تغير الطاقة الحركية :

$$\Delta E_c = E_c(M_2)\ -\ E_c(M_1)$$

ت.ع

$$\Delta E_c = 0{,}097 - 0{,}191 \cong -0{,}09\ \mathrm{J}$$

III- الطاقة الحركية لجسم صلب في دوران حول محور :



نعتبر جسما صلبا (S) متكونا من عدة نقط مادية , A_1
A_n , ……., A2 كتلتها على التوالي $m_1, m_2, ……., m_n$
تنتقل بسرعة خطية V_n ,……., V_1, V_2 و بنفس السرعة الزاوية ω .

الطاقة الحركية للنقطة Ai نرمز لها ب .

$$E_c(A_i) = \frac{1}{2} \times m \times V_i^2$$

الطاقة الحركية Ec لجميع النقطة المادية المكونة للجسم (S) نكتبها كالتالي:

$$E_c = \sum Ec(A_i) = \sum \frac{1}{2} \times m \times V_i^2 \quad ①$$

و نعلم أن :

$$V_i = r_i \times \omega$$

اذن تصبح العلاقة ①

$$E_c = \sum \frac{1}{2} \times m \times (r_i \times \omega)^2 = \sum \frac{1}{2} \times m \times r_i^2 \times \omega^2$$

$$E_c = \frac{1}{2}\times\left(\sum m\times r_i^{\,2}\right)\times\omega^2$$

المقدار $\sum m\times r_i^{\,2}$ **يميز الجسم، وهو يتعلق** **بكتلة** الجسم و **بتوزيع المادة** المكونة له حول المحور (Δ) ،

و يسمى عزم قصور الجسم الصلب و نرمز له ب J_Δ.

L'image

❑ تعريف :

تساوي الطـاقة الحـركية لجسم صلـب في دوران حول محور ثابت (Δ) المقدار: $E_C = \frac{1}{2}.J_\Delta.\omega^2$

حيث w هي السرعة الزاوية اللحظية للجسم الصلب و J_Δ هو عزم قصور بالنسبة للمحور (Δ).

عزم قصور $(kg.m^2)$

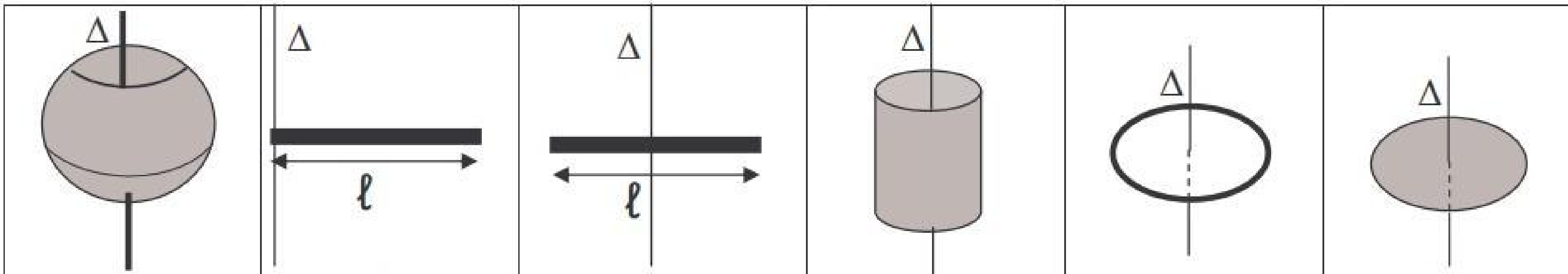
$$E_C = \frac{1}{2}.J_\Delta.\omega^2$$

الطـاقة الحـركية (J)

سرعة زاوية (rad/s)

Animation 1 Animation 2

❑ صيغ عزوم القصور لبعض الأجسام المتجانسة :

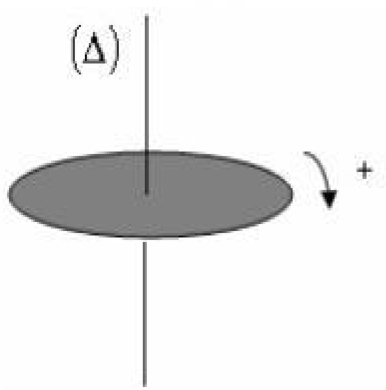


كـــرة	ســـاق	ســـاق	أسـطـوانـة	حـلـقـة	قـرص
$J_\Delta = \frac{2}{5} \cdot m \cdot r^2$	$J_\Delta = \frac{1}{3} \cdot m \cdot \ell^2$	$J_\Delta = \frac{1}{12} \cdot m \cdot \ell^2$	$J_\Delta = \frac{1}{2} \cdot m \cdot r^2$	$J_\Delta = m \cdot r^2$	$J_\Delta = \frac{1}{2} \cdot m \cdot r^2$

تمرين تطبيقي:

نعتبر قرصا متجانسا عزم قصوره بالنسبة لمحور الدوران (Δ) المار من مركز تماثله هو $J_\Delta = 3.10^{-2}\,Kg.m^2$.

يدور القرص بسرعة زاوية ثابتة قيمتها $\frac{100}{3}\,tr.min^{-1}$، احسب الطاقة الحركية للقرص.



جواب :

$$E_C = \frac{1}{2}.J_\Delta.\omega^2$$

لـديـنا :

$$J_\Delta = 3.10^{-2}\,kg.m^2$$

لنحسب ω :

$$\omega = \frac{100}{3}\,tr/min \xrightarrow{\text{SI تحويل}} \omega = \frac{100}{3} = \frac{100 \times 2\pi}{3*60} = \frac{10\pi}{9}$$

$$E_C = \frac{1}{2}.J_\Delta.\omega^2 = 0,5 \times 3.10^{-2} \times \left(\frac{10\pi}{9}\right)^2 = 1,83\,J$$

IV) مبرهنة الطاقة الحركية :

1- السقوط الحر :

❑ **تعريف :**

نسمي سقوط الحر حركة جسم صلب تحت تأثير وزنه فقط

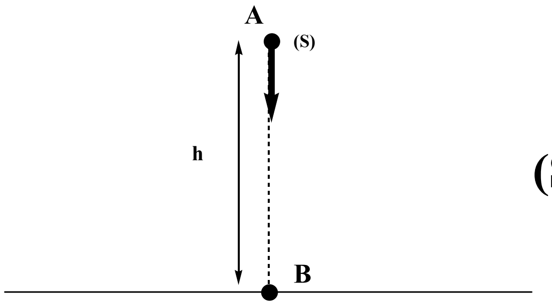
❑ **النشاط 2 :**

نحرر بدون سرعة بدئية جسما صلبا نقطيا (S) كتلته $m = 100\ g$ من نقطة A توجد على ارتفاع $h = 20\ cm$ من سطح الأرض ليسقط الجسم الصلب (S) رأسيا في نقطة B بسرعة $V_B = 2\ m/s$. (نهمل تأثير الهواء)

1- أجرد القوى المطبقة على الجسم (S) أثناء حركته من A الى B.
2- أحسب شغل وزن الجسم أثناء انتقاله من A الى B.
3- أحسب الطاقة الحركية للجسم (S) في الموضع A ثم في الموضع B و استنتج تغيرها ΔEc
4- قارن تغير الطاقة الحركية مع المجموع الجبري للأشغال جميع القوى المطبقة على للجسم (S) أثناء انتقاله من A الى B.

نعطي : $g = 10\ N/kg$

❑ استثمار :



1- المجموعة المدروسة : { الجسم (S) }

جرد القوى المطبقة على الجسم (S) : $\vec{P}$ وزن الجسم **(S)**

2- شغل وزن الجسم أثناء انتقاله من A الى B

$$W_{A\to B}(\vec{P}) = m.g.h$$

ت.ع

$$W_{A\to B}(\vec{P}) = 100.10^{-3}.10.20.10^{-2}$$

$$\boxed{W_{A\to B}(\vec{P}) = 0,2\ J}$$

3- حساب $E_c(A)$:

$$E_c(A) = \frac{1}{2}\times m\times V_A^{\ 2}$$

ت.ع

$$E_c(A) = 0\ J$$

حساب $E_c(B)$:

$$E_c(B) = \frac{1}{2}\times m\times V_B^{\ 2}$$

ت.ع

$$E_c(B) = \frac{1}{2}\times 100.10^{-3}\times 2^2 = 0,2\ J$$

-4 ◄ تغير الطاقة الحركية :

$$\Delta E_c = E_c f \ - \ E_c i = 0,2 - 0$$

$$\boxed{\Delta E_c = \ 0,2 \ J}$$

◄ المجموع الجبري للأشغال جميع القوى :

$$\boxed{\sum W\left(\vec{F}\right) = W\left(\vec{P}\right) = 0,2 \ J}$$

استنتج :

في حالة السقوط الحر، تغير الطاقة الحركية بين موضعين يساوي شغل وزن هذا الجسم بين الموضعين

بصفة عامة :

$$\boxed{\Delta E_c = E_c(B) \ - \ E_c(A) = \sum W_{A \to B}\left(\vec{F}\right)}$$

ملحوظة :

تبقى هذه العلاقة صالحة عند صعود الجسم كما في نزوله

2- حالة جسم صلب في حركة إزاحة مستقيمية:

❑ نشاط تجريبي :

نحرر خيال كتلته $m = 408\ g$ من أعلى نضد هوائية مائلة بزاوية $\alpha = 8.15\ °$ بالنسبة للمستوى الأفقي بدون سرعة بدئية، فنسجل مواضع مركز قصوره G خلال مدد زمنية متساوية $\tau = 60\ ms$ فنحصل على التسجيل التالي وهو بالسلم الحقيقي.

1- أجرد القوى المطبقة على الخيال أثناء انزلاقه.

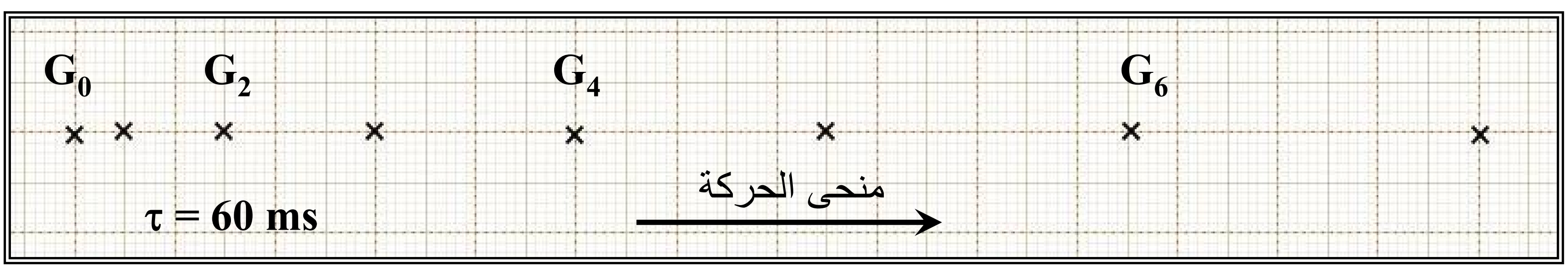
2- أكتب تعبير شغل كل قوة عندما ينتقل مركز قصور الخيال بين الموضعين G_2 و G_6 .

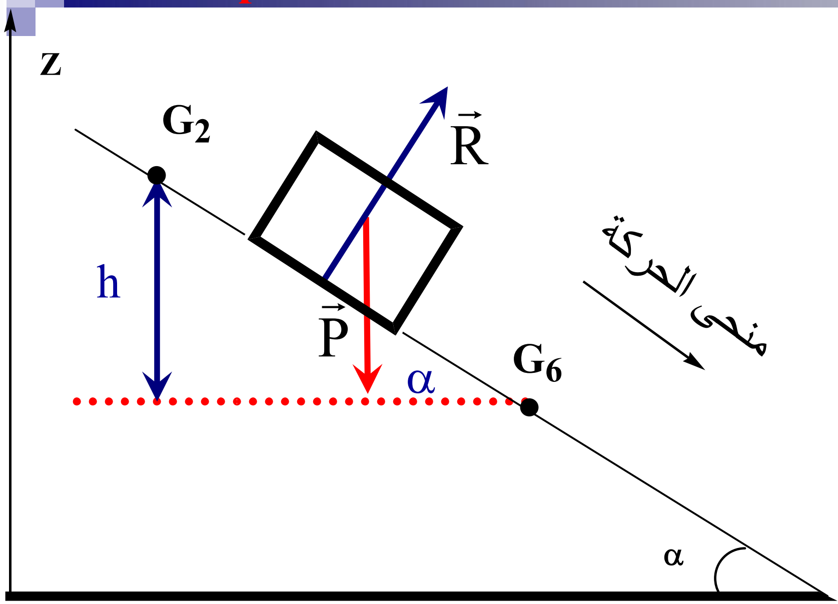
3- استنتج مجموع أشغال هذه القوى بين نفس الموضعين $\sum W_{G2 \to G6}$

4- أحسب الطاقة الحركية لخيال في الموضعين G_2 و G_6.

5- قارن بين $\sum W_{G2 \to G6}$ و $\Delta E_c = E_c(G_6) - E_c(G_2)$ تغير الطاقة الحركية .

نعطي : $g = 9,8\ N/kg$





❑ **استثمار :**

1- المجموعة المدروسة : { الخيال }

جرد القوى المطبقة على الجسم (S) :

$\vec{P}$ **وزن الخيال**

$\vec{R}$ **تأثير السطح**

2- شغل وزن الجسم أثناء انتقاله من A الى B

$$W_{G2\to G6}(\vec{P}) = m.g.h$$

لنحسب h:

$$h = G_2G_6 \times \sin(\alpha)$$

$$W_{G2\to G6}(\vec{P}) = m \times g \times G_2G_6 \times \sin(\alpha)$$

$$W_{G2\to G6}(\vec{P}) = 408.10^{-3} \times 9{,}8 \times 9.10^{-2} \times \sin(8.15)$$

$$\boxed{W_{G2\to G6}(\vec{P}) \cong 51{,}01.10^{-3}\ J}$$

بما أن : خط تأثير القوة $\vec{R}$ متعامد مع المسار فأن :

$$\boxed{W_{G2\to G6}(\vec{R}) = 0\ J}$$

3- مجموع أشغال هذه القوى بين نفس الموضعين

$$\sum_{G2\to G6} W\left(\vec{F}_{ext}\right) = \underset{G2\to G6}{W}(\vec{P}) + \underset{G2\to G6}{W}(\vec{R}) = \underset{G2\to G6}{W}(\vec{P})$$

$$\sum_{G2\to G6} W\left(\vec{F}_{ext}\right) \cong 51,01.10^{-3}\ J$$

4 - حساب $E_c(G_2)$:

$$E_c(G_2) = \frac{1}{2} \times m \times V_2^{\ 2}$$

لنحسب V_2:

$$V_2 = \frac{G_1G_3}{2\tau} \Rightarrow V_2 = \frac{2,5.10^{-2}}{2\times 60.10^{-3}} = \frac{5}{24} \cong 0,21$$

$$E_c(G_2) = 8,85.10^{-3}\ J$$

حساب $E_c(G_6)$:

$$E_c(G_6) = \frac{1}{2} \times m \times V_6^{\ 2}$$

لنحسب V_6:

$$V_6 = \frac{G_5G_7}{2\tau} \Rightarrow V_6 = \frac{6,5.10^{-2}}{2\times 60.10^{-3}} = \frac{13}{24} \cong 0,54$$

$$E_c(G_6) = 59,85.10^{-3}\ J$$

5- ◄ تغير الطاقة الحركية :

$$\Delta E_c = E_c(G_6) - E_c(G_2)$$

$$\Delta E_c = 59{,}85.10^{-3} - 8{,}85.10^{-3} \Rightarrow \quad \boxed{\Delta E_c = 51.10^{-3}\ J}$$

◄ المجموع الجبري للأشغال جميع القوى :

$$\boxed{\sum_{G2\to G6} W\left(\vec{F}_{ext}\right) \cong 51{,}01.10^{-3}\ J}$$

استنتج :

$$\boxed{\Delta E_c = E_c(G_6) - E_c(G_2) = \sum_{G2\to G6} W\left(\vec{F}\right)}$$

❑ نص مبرهنة الطاقة الحركية :

في معلم غاليلي، يساوي تغير الطاقة الحركية لجسم صلب في إزاحة أو في دوران حول محور ثابت بين لحظتين t_1 و t_2، المجموع الجبري لأشغال القوى المطبقة على الجسم بين هاتين اللحظتين.

$$\Delta E_C = E_{C_2} - E_{C_1} = \sum_i W_{1\to 2}(\vec{F}_i)$$

Référentiel Galiléen

❑ تعبير مبرهنة الطاقة الحركية :

في حــالــة ازاحــة:

$$\frac{1}{2}m_B V_B^2 - \frac{1}{2}m_A V_A^2 = \sum_i W_{A\to B}(\vec{F}_i)$$

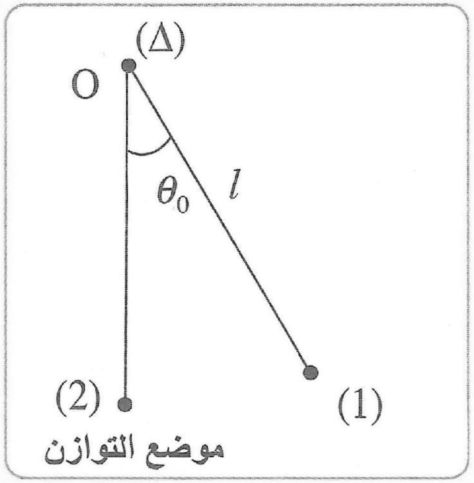
في حــالــة دوران حول محور :

$$\frac{1}{2}J_\Delta \omega_B^2 - \frac{1}{2}J_\Delta \omega_A^2 = \sum_i W_{A\to B}(\vec{F}_i)$$

❑ **تطبيق :**

تدور ساق ، طولها $l = 30cm$ وكتلتها $m = 200g$ حول محور (Δ) يمر عموديا من طرفها O. عزم قصور الساق بالنسبة للمحور (Δ) هو : $J_\Delta = \frac{1}{3} m l^2$.

نزيح الساق عن موضع توازنها الرأسي بالزاوية $\theta_0 = 20°$ ونحررها بدون سرعة بدئية.



1 - أحسب قيمة السرعة الزاوية للساق عند مرورها بموضع توازنها المستقر. نعتبر أن التماس بين العارضة والمحور يتم باحتكاكات مهملة.

2 - في الواقع، نلاحظ أن السرعة الزاوية ω للساق لا تتجاوز القيمة : $\omega' = 2rad.s^{-1}$. أوجد قيمة شغل قوى الاحتكاكات، التي نعتبرها مكافئة لمزدوجة C عزمها ثابت، بين الحالة البدئية وحالة المرور بموضع التوازن.

نأخذ : $g = 10N.kg^{-1}$ شدة الثقالة.

Fin

En serrant ses bras le long du corps, cette patineuse diminue son moment d'inertie, augmentant sa vitesse de rotation.