

الشغل و الطاقة المرئية

Le travail et l'énergie cinétique

I. الطاقة المرئية

1. الطاقة المرئية لجسم صلب في إزاحة

نقول أن جسماً في إزاحة إذا حافظت متجهة \overline{AB} لنقطتين ما من هذا الجسم على نفس الاتجاه، و نفس المنحى خلال هذا الانتقال.

تعريف : نسمي الطاقة المرئية لجسم صلب في حركة إزاحة متجهة سرعته \vec{v} نصف

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

جاء كتلته m و مربع متجهة السرعة :
وحدة الطاقة المرئية في النظام العالمي للوحدات (SI) هي: الجول (J)

ملحوظة:

- من خلال تعبير الطاقة المرئية يتضح انه كلما كبرت كتلة الجسم وسرعته، تزداد طاقته المرئية.
- الطاقة المرئية مقدار سلمي ، وتتعلق بالجسم المرجعي الذي تم اختياره.

تطبيق : تمرين 2 ص 53

1. حساب الطاقة المرئية لنوترون : $E_C = \frac{1}{2} \cdot m \cdot V^2 = \frac{1}{2} \cdot 1,67 \cdot 10^{-27} \cdot (64 \cdot 10^3)^2 = 3,42 \cdot 10^{-18} \text{ J}$

2. حساب الطاقة المرئية لكرة القدم : $E_C = \frac{1}{2} \cdot m \cdot V^2 = \frac{1}{2} \cdot 0,43 \cdot \left(\frac{72}{3,6}\right)^2 = 86 \text{ J}$

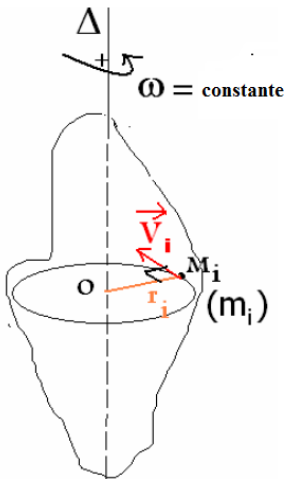
2. الطاقة المرئية لجسم صلب في دوران حول محور ثابت

في كل لحظة، يكون لنقط جسم صلب في دوران حول محور ثابت Δ نفس السرعة الزاوية ω .

الطاقة المرئية لجزء صغير كتلته m_i نعتبره نقطة M_i من الجسم

$$E_{Ci} = \frac{1}{2} \cdot m_i \cdot V_i^2$$


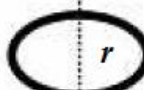


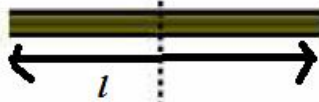
يبعد عن المحور Δ بالمسافة r_i تكتب:



الطاقة الحركية الكلية للجسم هي:

$$E_{Ci} = \Sigma E_{Ci} = \Sigma \frac{1}{2} \cdot m_i \cdot V_i^2 = \Sigma \frac{1}{2} \cdot m_i \cdot (r_i \cdot \omega)^2 = \frac{1}{2} \cdot (\Sigma m_i \cdot r_i^2) \cdot \omega^2$$

نضع: $J_{\Delta} = \Sigma m_i \cdot r_i^2$ مقدار يميز توزيع المادة المكونة للجسم حول المحور، يسمى عزم قصور الجسم بالنسبة للمحور Δ ، وحدته في النظام العالمي للوحدات هي $kg \cdot m^2$.
عزم القصور لبعض الأجسام المتجانسة:

				
كرة	حلقة	قرص	اسطوانة	ساق
$J_{\Delta} = \frac{2}{5} m r^2$	$J_{\Delta} = m r^2$	$J_{\Delta} = \frac{1}{2} m r^2$	$J_{\Delta} = \frac{1}{2} m r^2$	$J_{\Delta} = \frac{1}{12} m l^2$

خلاصة: الطاقة الحركية لجسم صلب في دوران حول محور ثابت Δ هي:

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

الدوران Δ

تطبيق: تمرين 4 ص 53

1. حساب عزم قصور الأرض بالنسبة لمحور القطبين :

$$J_{\Delta} = \frac{2}{5} M_T \cdot R_T^2 = \frac{2}{5} \cdot 6.10^{24} \cdot (6380.10^3)^2 = 9,77.10^{37} \text{ kg.m}^2$$

بما أن الأرض كرة متجانسة فإن :

حساب الطاقة الحركية :

$$E_{C_{rot}} = \frac{1}{2} \cdot J_{\Delta} \cdot \omega^2 = \frac{1}{2} \cdot J_{\Delta} \cdot \left(\frac{2\pi}{T} \right)^2 = \frac{1}{2} \cdot 9,77.10^{37} \cdot \left(\frac{2\pi}{86400} \right)^2 = 2,58.10^{29} \text{ J}$$

2. حساب الطاقة الحركية للأرض في حركتها حول الشمس باعتبار الأرض عبارة عن نقطة :

$$E_{C_{trans}} = \frac{1}{2} \cdot M_T \cdot V^2 = \frac{1}{2} \cdot M_T \cdot \left(\frac{2\pi \cdot R}{T'} \right)^2 = \frac{1}{2} \cdot 6.10^{24} \cdot \left(\frac{2\pi \cdot 1,5.10^{11}}{3,15.10^7} \right)^2 = 2,68.10^{33} \text{ J}$$

II. تغير الطاقة الحركية لجسم صلب

1. حالة جسم صلب في سقوط حر

1.1. النشاط 2 ص 43

نطلق كرية فولاذية من ارتفاع h بدون سرعة بدئية، و نسجل حركة مركز قصورها G خلال مدد زمنية متتالية و متساوية τ . نأخذ $g = 10 \text{ N/kg}$.
تأثير الهواء مهمل ، نعتبر الكرية في سقوط حر

1.2. حصيلة النشاط

1. إتمام الجدول :

الموقع	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅	A ₆	A ₇
الارتفاع h_i (m)	0,20	0,40	0,60	0,80	1,00	1,20	1,40
Δt (10 ⁻³ s)	8,700	6,38	5,18	4,48	4,05	3,70	3,48
V_i (m/s)	***	2,82	3,47	4,02	4,44	4,86	***
E_{ci} (10 ⁻¹ J)	***	0,95	1,44	1,94	2,36	2,83	***
$W(P)$ (10 ⁻¹ J)	***	0,47	0,94	1,41	1,88	2,35	***

مثال لحساب $W_{A1A2}(\vec{P})$:

$$W_{A1A2}(\vec{P}) = m \cdot g \cdot A_1 A_2 = m \cdot g (h_2 - h_1) = 0,024,9,81.(0,4 - 0,2) = 4,70.10^{-2} \text{ J}$$

2. تمثيل المنحنى $E_c = f [W_{A1A2}(\vec{P})]$:

3. يمثل الاحداثي عند الأصل الطاقة الحركية البدئية للكرية .

4. تحديد المعامل الموجه للمستقيم : $a = \frac{\Delta E_c}{\Delta W(\vec{P})} = \frac{0,95 - 2,36}{0,47 - 1,88} = 1$

5. استنتاج العلاقة المطلوبة:

بما أن المستقيم عبارة عن دالة ت معادلته تكتب على الشكل: $E_{ci} = aW_{A1A2}(\vec{P}) + b$

فإن : $E_{ci} = W_{A1A2}(\vec{P}) + E_{c1}$ ومنه : $E_{ci} - E_{c1} = W_{A1A2}(\vec{P})$

1.3. خلاصة: يساوي شغل القوة المطبقة على الجسم و هي الوزن بين تاريخين

t_2 و t_1 ، تغير الطاقة الحركية للجسم في سقوطه الحر بين هذين التاريخين:

$$\Delta E_c = W_{A1A2}(\vec{P})$$

2. حركة جسم صلب فوق مستوى مائل

2.1. النشاط 3 ص 45

نضع حاملا ذاتيا كتلته $m = 732 \text{ g}$ فوق منضدة مائلة بزاوية $\alpha = 10^\circ$ بالنسبة للمستوى الأفقي و نسجل حركة مركز قصوره خلال مدد زمنية متتالية ومتساوية $\tau = 60 \text{ ms}$.

2.2. حصيلة النشاط

1. يخضع الحامل الذاتي لوزنه P وتأثير السطح R .
2. لنحسب، بين موضعين، تغير كل من الطاقة الحركية للحامل وشغل القوى المطبقة عليه.

النقطة	M_1	M_2	M_3	M_4	M_5	M_6	M_7
d(m)	0	0.4	1.1	2.15	3.6	5.3	7.6
V (m/s) 10 ⁻²	***	9.1	14.5	20.8	26.2	33.3	40.8

➤ تغير الطاقة الحركية

$$E_{c5} = \frac{1}{2} \cdot 0,472 \cdot (0,33)^2 \text{ J} = 26,17 \cdot 10^{-3} \text{ J} ; E_{c2} = \frac{1}{2} \cdot 0,472 \cdot (0,145)^2 \text{ J} = 4,96 \cdot 10^{-3} \text{ J}$$

ومنه : $\Delta E_c \approx 21 \cdot 10^{-3} \text{ J}$

➤ شغل القوى المطبقة على الحامل

$$W(\vec{R})_{M2 \rightarrow M5} = 0$$

$$W(\vec{P})_{M2 \rightarrow M5} = m \cdot g \cdot \sin(\alpha) \cdot (x_5 - x_2) = 0,472 \cdot 10 \cdot 0,1 \cdot 4,2 \cdot 10^{-2} \text{ J} = 21 \cdot 10^{-3} \text{ J}$$

$$\Delta E_c = W(\vec{P})_{M2 \rightarrow M5} + W(\vec{R})_{M2 \rightarrow M5}$$

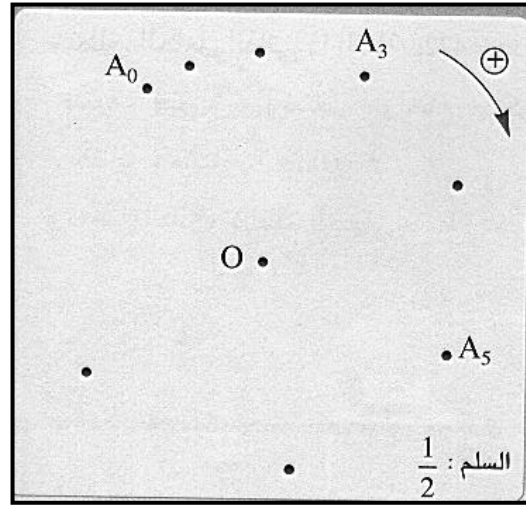
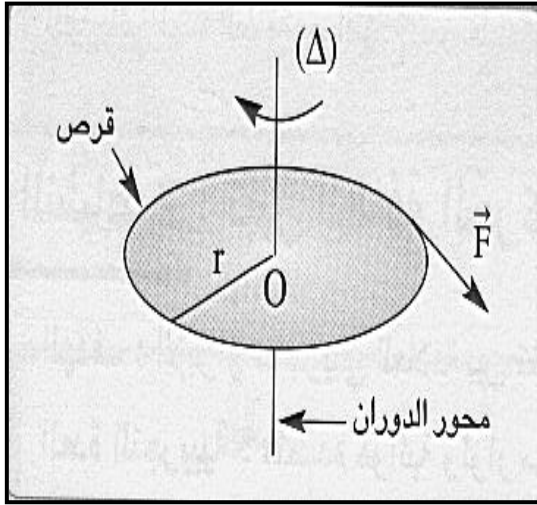
3. استنتاج:

2.3. خلاصة: يساوي تغير الطاقة الحركية للحامل، بين تاريخين t_1 و t_2 ، مجموع أشغال القوى المطبقة على الحامل.

3. دوران قرص تحت تأثير قوة عزمها ثابت

يدور قرص متجانس كتلته $m = 1,15 \text{ kg}$ و شعاعه r بدون احتكاك حول محور ثابت Δ يمر من

مركز قصوره G و هو عمودي على القرص و ذلك تحت تأثير قوة شدتها ثابتة $F = 1,20 \text{ N}$



يمثل الشكل أعلاه تسجيل بسلم $\frac{1}{2}$ لحركة نقطة من محيط القرص و ذلك خلال مدد متتالية ومتساوية $\tau = 60ms$.

■ النتائج التجريبية:

النقطة	A ₀	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅	A ₆	A ₇
θ (rad)	0	0.23	0.56	1.08	1.8	2.63	3.63	4.76
ω (rad/s)	0	4.66	7.08	10.33	12.9	15.25	17.75	***

■ حساب تغير الطاقة الحركية:

$$J_{\Delta} = \frac{1}{2} m \cdot r^2 = 14,37 \cdot 10^{-4} \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \quad , \quad E_C = \frac{1}{2} \cdot J_{\Delta} \cdot \omega^2$$

$$E_{C3} = 0,5 \cdot 14,37 \cdot (10,33)^2 \cdot 10^{-4} \text{ J} = 7,66 \cdot 10^{-2} \text{ J}$$

$$E_{C6} = 0,5 \cdot 14,37 \cdot (17,75)^2 \cdot 10^{-4} \text{ J} = 22,63 \cdot 10^{-2} \text{ J}$$

$$\Delta E_C = E_{C6} - E_{C3} = 22,63 \cdot 10^{-2} - 7,66 \cdot 10^{-2} = 15 \cdot 10^{-2} \text{ J}$$

حساب شغل القوى المطبقة على القرص :

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

$$W(\vec{R}) = 0 \text{ J}$$

$$W(\vec{F}) = F \cdot r \cdot (\theta_6 - \theta_3) = 1,25 \cdot 10^{-2} \cdot (3,63 - 1,08) \cdot \text{J} = 15 \cdot 10^{-2} \text{ J}$$

$$\Delta E_c = W_{A2A4}(\vec{P}) + W_{A2A4}(\vec{R}) + W_{A2A4}(\vec{F}_1, \vec{F}_2)$$

استنتاج:

خلاصة: يساوي تغير الطاقة الحركية للقرص، بين تاريخين t_1 و t_2 ، مجموع أشغال القوى المطبقة عليه.

III . نص مبرهنة الطاقة الحركية

يساوي تغير الطاقة الحركية لجسم صلب في إزاحة مستقيمة أو في دوران حول محور ثابت بين لحظتين، المجموع الجبري لأشغال كل القوى المطبقة على هذا

$$\Delta E_C = E_{cf} - E_{ci} = \Sigma W_{if}(\vec{F})$$

الجسم بين هاتين اللحظتين:

ملحوظة : الخطوات الواجب إتباعها لتطبيق مبرهنة الطاقة الحركية

- ❖ تحديد المجموعة المدروسة
- ❖ تحديد المعلم الذي تدرس في الحركة
- ❖ جرد القوى
- ❖ تحديد الحالة البدئية والحالة النهائية
- ❖ تطبيق م . ط . ح .

IV . تطبيقات

1. التطبيق 1

ينزل جسم (S) كتلته $m = 40 \text{ kg}$ على مستوى مائل بزاوية $\alpha = 12^\circ$ بالنسبة للخط الأفقي. علما أن الجسم انطلق بدون سرعة بدئية و أن سرعته أصبحت $V_2 = 40 \text{ km / h}$ بعد أن قطع المسافة $A_1A_2 = 80 \text{ m}$.

نعطي: $g = 10 \text{ N / kg}$

1. عين شدة قوة الاحتكاك علما أن القوة التي يطبقها السطح على الجسم ثابتة.
2. أوجد المسافة التي يقطعها الجسم قبل أن يتوقف إذا تابع، انطلاقا من النقطة A_2 ، مساره فوق مستوى أفقي.

الحل:

1.

❖ المجموعة المدروسة : { الجسم (S) }

❖ القوى المطبقة على المجموعة: \vec{P} وزن الجسم و \vec{R} تأثير السطح

❖ تطبيق مبرهنة الطاقة الحركية: $\Delta E_C = W(\vec{P}) + W(\vec{R})$: بذلك $\frac{1}{2} mV_2^2 = m.g.AB.\sin(\alpha) - f.AB$

$$f = \frac{m.g.AB.\sin(\alpha) - \frac{1}{2} m.V_2^2}{AB} = m. \left[g.\sin(\alpha) - \frac{V_2^2}{2.AB} \right] = 52,3 \text{ N}$$

$$W(\vec{R}) = -f.L \quad ; \quad W(\vec{P}) = 0 \quad \text{و} \quad \Delta E_c = W(\vec{P}) + W(\vec{R}) \quad : \text{ لدينا 2.}$$

$$\boxed{L = \frac{\frac{1}{2} m V_2^2}{f} = 47,2 \text{ m}} \quad \text{أي أن : } -\frac{1}{2} m V_2^2 = -f.L \quad \text{ومنه :}$$

2. التطبيق 2

بواسطة محرك قدرته ثابتة $\wp = 12 \text{ W}$ نجعل أسطوانة متجانسة، كتلتها $m = 1 \text{ kg}$ و شعاعها

$r = 25 \text{ cm}$ ، تدور حول محور ثابت (Δ) يمر بمركز قصورها.

(1) احسب المدة الزمنية Δt اللازمة ليصبح تردد الأسطوانة $N = 14 \text{ tr/s}$ نعتبر الاحتكاكات مهملة.

(2) عند التردد $N = 14 \text{ tr/s}$ ، نطبق مماسيا على محيط الأسطوانة قوة \vec{F} ثابتة، لتصبح حركتها منتظمة، عين شدة القوة \vec{F} .

الحل:

1.

❖ المجموعة المدروسة : { الأسطوانة }

❖ جرد القوى المطبقة على المجموعة: C المزدوجة المحركة و \vec{P} وزنها و \vec{R} تأثير محور الدوران

❖ تطبيق مبرهنة الطاقة الحركية: $\Delta E_c = W(\vec{P}) + W(\vec{R}) + W(C)$

$$\text{أي أن :} \quad \frac{1}{2} J_{\Delta} \omega_2^2 = \wp . \Delta t \quad \text{ونعلم أن} \quad \omega = 2\pi . N \quad \text{و} \quad J_{\Delta} = \frac{1}{2} m . r^2$$

$$\boxed{\Delta t = \frac{\pi^2 . m . N^2 . r^2}{\wp} = 10 \text{ s}} \quad \text{ومنه :}$$

$$2. \text{ لدينا :} \quad \Delta E_c = 0 = W(C) + W(\vec{F}) \quad \text{أي أن :} \quad M(C) + M_{\Delta}(\vec{F}) = 0$$

$$M_{\Delta}(\vec{F}) = -F.r \quad ; \quad M(C) = \frac{\wp}{\omega} \quad \text{ونعلم أن :}$$

$$\boxed{F = \frac{\wp}{2.\pi.N.r} = 0,55 \text{ N}} \quad \text{ومنه :}$$