

الشغل والطاقة الحركية

I – الطاقة الحركية لجسم صلب في حركة إزاحة

– مفهوم الطاقة الحركية

نسمي الطاقة الحركية لجسم صلب في حركة إزاحة ، كتلته m و سرعته V بالنسبة لجسم مرجعي ، المقدار

$$E_C = \frac{1}{2}mV^2$$

وحدة الطاقة في النظام العالمي للوحدات هي الجول J .

ملحوظة : الطاقة الحركية مقدار سلمي موجب $V^2 = V^2$ ومستقل عن اتجاه متجهة السرعة .
تتعلق الطاقة الحركية ، كما هو الشأن بالنسبة للسرعة ، بالجسم المرجعي الذي تم اختياره .

تمرين تطبيقي 1 :

أحسب الطاقة الحركية لشاحنة كتلتها $M = 15\text{tonnes}$ تتحرك على طريق مستقيمي بسرعة ثابتة
 $V = 80\text{km/h}$

نعلم أن جزيئة ثنائي الأوكسجين في حركة إزاحة لها سرعة متوسطة $V = 400\text{m/s}$ أحسب طاقتها الحركية .

نعطي : $M(O) = 16\text{g/mol}$ وعدد أفوكادرو : $\mathcal{N} = 6,023 \times 10^{23}/\text{mol}$

II – الطاقة الحركية لجسم صلب في دوران حول محور ثابت

1 – تعريف :

إذا اعتبرنا جسما صلبا في دوران حول محور ثابت Δ ، بسرعة زاوية ω . فإن كل نقطة من هذا الجسم تتحرك بسرعة خطية معينة ، نقول أنها تتوفر على طاقة حركية للدوران .

نعلم أن الجسم الصلب هو مجموعة من نقط مادية m_i, A_i كتلة النقطة المادية و V_i سرعتها ، ولدينا كذلك $V_i = r_i\omega$ بحيث أن r_i المسافة بين النقطة A_i و النقطة O_i المنتمية لمحور الدوران .
الطاقة الحركية للنقطة A_i هي :

$$E_{c_i} = \frac{1}{2}m_iV_i^2$$

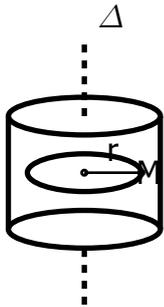
$$E_{c_i} = \frac{1}{2}m_i r_i^2 \omega^2$$

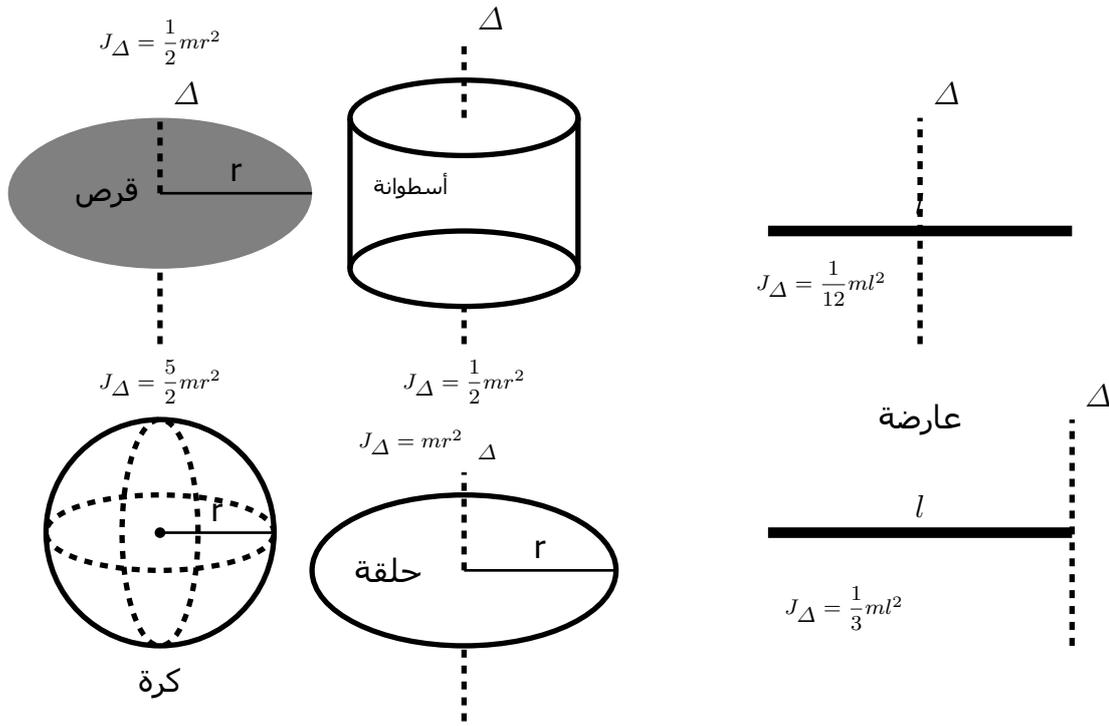
ومنه نستنتج الطاقة الحركية للجسم الصلب وهي مجموع الطاقة الحركية لجميع النقط المادية للجسم . أي

$$E_c = \sum E_{c_i} = \sum \frac{1}{2}m_i r_i^2 \omega^2 = \frac{1}{2}J_{\Delta} \omega^2$$

بحيث أن $J_{\Delta} = \sum m_i r_i^2$ يسمى عزم قصور الجسم الصلب بالنسبة للمحور Δ . و يتعلق بكتلة الجسم وتوزيع المادة المكونة له حول المحور Δ

وحدة قياس عزم القصور في النظام العالمي للوحدات هي kg.m^2
2 – عزم قصور بعض الأجسام الصلبة





عزم القصور لبعض الأجسام ذات أشكال هندسية بسيطة

خلاصة :

تساوي الطاقة الحركية لجسم صلب في دوران حول محور ثابت المقدار $E_c = \frac{1}{2} J_{\Delta} \omega^2$ ، حيث ω السرعة الزاوية اللحظية للجسم الصلب، و J_{Δ} عزم قصوره بالنسبة و للمحور .

تمرين تطبيقي 2 :

أحسب الطاقة الحركية لقرص (D) كتلته $M = 1kg$ وشعاعه $R = 10cm$ ، في حركة دوران منتظم حول محور (Δ) بسرعة زاوية $\omega = 45rad/s$.
نفترض أن الأرض كرة متجانسة كتلتها $M = 5,97 \times 10^{24}kg$ وشعاعها $R = 6400km$ لها حركة دوران حول محورها المار من قطبيها الشمالي والجنوبي . أحسب الطاقة الحركية للأرض في هذه الحالة علما أن دورها $T = 24h$

III - مبرهنة الطاقة الحركية

1 - حالة جسم صلب في حركة إزاحة مستقيمة
نشاط تجريبي 1 :

من ارتفاع h نطلق كرة كولف بدون سرعة بدئية كتلتها $m = 29,6g$ ونقوم بتصوير حركتها بواسطة آلة فوتوغرافية وبواسطة برنم خاص نسجل مواضع مركز قصور الكرة خلال مدد زمنية متوالية ومتساوية فنحصل على النتائج المدونة في الجدول أسفله

- 1 - أجرد القوى المطبقة على الكرة أثناء سقوطه.
 - 2 - أكتب تعبير شغل القوى عندما ينتقل مركز القصورالكرة بين الموضعين H_1 و H_6 . استنتج مجموع أشغال هذه القوى بين نفس الموضعين
 - 3 - أحسب الطاقة الحركية للكرة في الموضعين H_1 و H_6 .
 - 4 - قارن بين $\sum W(\vec{F}_i)$ و ΔEc تغير الطاقة الحركية للكرة بين H_1 و H_6 .
- نأخذ $g = 9,8N/kg$

	H_1	H_2	H_3	H_4	H_5	H_6	H_7
$h(m)$	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7
$V(m/s)$	1.4	1.98	2.42	2.8	3.13	3.43	3.7
$Ec(J)$	0.029	0.58	0.087	0.116	0.145	0.174	0.203

في الموضع H_1 :

$$Ec_1 = \frac{1}{2}mV_1^2 = 0,029J$$

في الموضع H_6

$$Ec_6 = \frac{1}{2}mV_6^2 = 0,1748J$$

وبالتالي فإن :

$$\Delta Ec = Ec_6 - Ec_1 = 0.1458J$$

مقارنة مع شغل وزن الجسم :

$$W_{H_1 \rightarrow H_6} = mg(z_6 - z_1) = 0.1458J$$

من خلال هذه التجربة نستنتج أن :

$$\Delta Ec = W(\vec{P})$$

و تعمم هذه النتيجة كمبرهنة الطاقة الحركية في حالة حركة جسم في إزاحة أو في دوران :

نص مبرهنة الطاقة الحركية

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

نعبر عن هذه المبرهنة بالتعبيرين التاليين :

$$\frac{1}{2}mv_f^2 - \frac{1}{2}mv_i^2 = \sum W(\vec{F}_i)$$

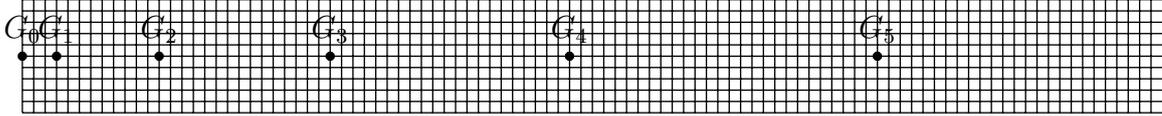
في حالة حركة الدوران :

$$\frac{1}{2}J\Delta\omega_f^2 - \frac{1}{2}J\Delta\omega_i^2 = \sum W(\vec{F}_i)$$

$J\Delta$ عزم قصور الجسم بالنسبة لمحور الدوران Δ
 ω_i و ω_f السرعة الزاوية للجسم الصلب عند انتقاله من الحالة البدئية i إلى الحالة النهائية f

نشاط تجريبي 2 :

تطبيق مبرهنة الطاقة الحركية في حالة حركة جسم صلب على مستوى مائل بدون احتكاك
نطلق خيال كتلته $m = 442g$ من أعلى نضد هوائي بزاوية $\alpha = 5,52^\circ$ بالنسبة للمستوى الأفقي ، بدون سرعة بدئية ونسجل مواضع مركز قصوره G خلال مدد زمنية متتالية ومتساوية $\tau = 80ms$. فنحصل على التسجيل التالي وهو بالسلم الحقيقي :



- 1 - أجرد القوى المطبقة على الخيال أثناء انزلاقه .
 - 2 - أكتب تعبير شغل كل قوة عندما ينتقل مركز القصور للخيال بين الموضعين G_2 و G_4 . استنتج $\Sigma W(\vec{F}_i)$ مجموع أشغال هذه القوى بين نفس الموضعين
 - 3 - أحسب الطاقة الحركية للخيال في الموضعين G_2 و G_4 .
 - 4 - قارن بين $\Sigma W(\vec{F}_i)$ و $\Delta Ec = Ec_4 - Ec_2$ تغير الطاقة الحركية للخيال بين G_2 و G_4 . نأخذ $g = 9,8N/kg$
- 1 - جرد القوى المطبقة على الخيال :
 - * وزن الخيال
 - * تأثير السطح المائل على الخيال
 - 2 - تعبير الشغل لكل القوى المطبقة على الخيال :

$$W_{G_2 \rightarrow G_4}(\vec{P}) = mg(x_4 - x_2)\sin\alpha = 0,0150J$$

$$W_{G_2 \rightarrow G_4}(\vec{R}) = 0$$

أي أن الشغل الكلي للقوى المطبقة على الخيال :

$$\sum W_{G_2 \rightarrow G_5} = 0,0149J$$

3 - تعبير تغير الطاقة الحركية بين الموضعين :

$$\Delta Ec = 1,989 \times 10^{-2} - 4,9725 \times 10^{-3} = 0.0149J$$

أي أن

$$\Delta Ec = \sum W_{G_2 \rightarrow G_4}$$

تطبيق مبرهنة الطاقة الحركية في حالة حركة جسم صلب في دوران حول محور ثابت

- نعتبر أسطوانة شعاعها $r = 10cm$ وعزم قصورها بالنسبة للمحور Δ هو $J_\Delta = 2 \times 10^{-2}kg.m^2$ تدور بدون احتكاك بواسطة محرك حول محور تماثلها Δ بسرعة زاوية ثابتة : $\omega = 20rad/s$. لتوقيف الأسطوانة تدريجيا ، نكبها في لحظة تاريخها $t = 0$ بتطبيق مزدوجة احتكاك عزمها بالنسبة للمحور Δ ثابت \mathcal{M}_f بحيث أن $|\mathcal{M}_f| = 8 \times 10^{-2}N.m$ عند اللحظة t_0 ، زاوية الدوران $\theta_0 = 0rad$ تكون السرعة الزاوية $\omega_0 = 400rad/s$ و عند اللحظة t_1 حيث زاوية الدوران $\theta_1 = 16\pi rad$ تتوقف الأسطوانة نهائيا عن الدوران .
- 1 - بتطبيق مبرهنة الطاقة الحركية على الأسطوانة بين اللحظتين t_0 و t_1 ، أحسب الشغل المنجز من طرف المحرك . استنتج عزم المزدوجة المحركة \mathcal{M}_m بالنسبة للمحور Δ
 - 2 - استنتج \mathcal{M} عزم المزدوجة الاحتكاك التي يجب تطبيقها على الأسطوانة لكي تتوقف بعد إنجاز دورتين من بداية تطبيقها .