

# الشغل و الطاقة الحركية

## Le travail et l'énergie cinétique

الأستاذ: محمد المرابي ( السنة الأولى علوم تجريبية )

I. تغيير الطاقة الحركية لجسم صلب.

(1) جسم صلب في إزاحة.

\* تعريف: نقول أن جسماً في إزاحة إذا حافظت متجهة  $\overline{AB}$  لنقطتين ما من هذا

الجسم على نفس الاتجاه، و نفس المنحى خلال الانتقال.

أ- جسم صلب في سقوط حر.

نطلق كرية فولاذية من ارتفاع  $h$  بدون سرعة بدئية، و نسجل حركة مركز

قصورها  $G$  خلال مدد زمنية متتالية و متساوية  $\tau = 50 \text{ ms}$ . نأخذ  $g = 10 \text{ N/kg}$ .

تأثير الهواء مهم، نعتبر الكرية في سقوط حر.

لحدد تغيرات الأنسوب  $z$  و السرعة  $V$  للنقطة  $G$  بدلالة الزمن  $t$ .

$G_{11}$	$G_{10}$	$G_9$	$G_8$	$G_7$	$G_6$	$G_5$	$G_4$	$G_3$	$G_2$	$G_1$	$G_0$	النقطة
55	50	45	40	35	30	25	20	15	10	5	0	$t \text{ (s)} \cdot 10^{-2}$
3025	2500	2025	1600	1225	900	625	400	225	100	25	0	$t^2 \text{ (s}^2) \cdot 10^{-4}$
148	122	99	78	60	44	30.5	19	11	5	1	0	$z \text{ (m)} \cdot 10^{-2}$
***	49	44	39	34	29.5	25	19.5	14	9	5	***	$V \text{ (m/s)} \cdot 10^{-1}$

ملاحظات:  $\frac{z}{t^2} = Cte \approx \frac{1}{2} \cdot g$  و  $\frac{V}{t} = Cte \approx g$

$$z = \frac{1}{2} g \cdot t^2$$

$$V = g \cdot t$$

استنتاج: شغل وزن الجسم بين الموضعين  $G_1$  و  $G_2$  هو:

$$W(\vec{P})_{G_1 \rightarrow G_2} = m \cdot g \cdot (z_2 - z_1) = m \cdot g \left( \frac{1}{2} \cdot g \cdot t_2^2 - \frac{1}{2} \cdot g \cdot t_1^2 \right) = \frac{1}{2} \cdot m \cdot V_2^2 - \frac{1}{2} \cdot m \cdot V_1^2$$

\* تعريفه:

نسمي الطاقة الحركية لجسم صلب في حركة إزاحة، كتله  $m$  و سرعته  $V$

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

بالنسبة لجسم مرجعي، المقدار:

و وحدة الطاقة الحركية في النظام العالمي للوحدات (SI) هي: الجول (J)

خلاصة: يساوي شغل القوة المطبقة على الجسم و هي الوزن بين تاريخين  $t_1$  و  $t_2$ ،

تغير الطاقة الحركية للجسم في سقوطه الحر بين هذين التاريخين:  $\Delta E_C = W(\vec{P})_{G_1 \rightarrow G_2}$

ب- حركة جسم صلب فوق مستوى مائل.

نضع حاملاً ذاتياً كتلته  $m = 472 \text{ g}$  فوق منضدة مائلة بزاوية  $\alpha = 6^\circ$  بالنسبة للمستوى الأفقي

و نسجل حركة مركز قصوره خلال مدد زمنية متتالية و متساوية  $\tau = 60 \text{ ms}$ .

لنحسب، بين موضعين، تغير كل من الطاقة الحركية للحامل و شغل القوى المطبقة عليه.

M <sub>7</sub>	M <sub>6</sub>	M <sub>5</sub>	M <sub>4</sub>	M <sub>3</sub>	M <sub>2</sub>	M <sub>1</sub>	M <sub>0</sub>	النقطة
10.2	7.6	5.3	3.6	2.15	1.1	0.4	0	x(m) 10-2
***	40.8	33.3	26.2	20.8	14.5	9.1	***	V (m/s) 10-2

\*تغير الطاقة الحركية.

$$E_{C5} = \frac{1}{2} * 0.472 * (0.333)^2 J = 26.17 \cdot 10^{-3} J \quad ; \quad E_{C2} = \frac{1}{2} * 0.472 * (0.145)^2 J = 4.96 \cdot 10^{-3} J$$

$$\Delta E_C \approx 21 \cdot 10^{-3} J \quad \text{بذلك :}$$

\* شغل القوى المطبقة على الحامل.

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

$$W(\vec{P})_{M2 \rightarrow M5} = m \cdot g \cdot \sin(\alpha) \cdot (x_5 - x_2) = 0.472 * 10 * 0.1 * 4.2 \cdot 10^{-2} J = 21 \cdot 10^{-3} J$$

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

استنتاج:

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

(2) دوران جسم حول محور ثابت.

1- الطاقة الحركية لجسم صلب في دوران.

في كل لحظة، يكون لنقط جسم صلب في دوران حول محور ثابت  $\Delta$  نفس السرعة الزاوية  $\omega$ .

الطاقة الحركية لجزء صغير كتلته  $m_i$  نعتبره نقطة  $M_i$  من

$$E_{Ci} = \frac{1}{2} \cdot m_i \cdot V_i^2 \quad \text{تكتب: بالمسافة } r_i \text{ تكمن}$$

الطاقة الحركية للجسم بذلك 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 الكتلة للجسم حول المحور، يسمى عزم قصور الجسم بالنسبة للمحور  $\Delta$ .

\* عزم القصور لبعض الأجسام المتجانسة:

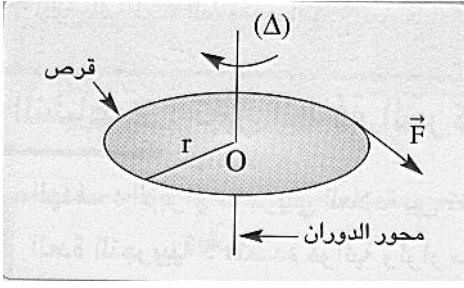
--	--	--	--	--	--

\* تعريف:

$$E_C = \frac{1}{2} \cdot J_\Delta \cdot \omega^2 \quad \text{الطاقة الحركية لجسم صلب في دوران حول محور ثابت } \Delta \text{ هي:}$$

$\omega$  السرعة الزاوية للجسم و  $J_\Delta$  عزم قصور الجسم بالنسبة لمحور الدوران  $\Delta$ .

ب- دوران قرص تحت تأثير قوة عزمها ثابت.



يدور قرص متجانس كتلته  $m=1.15\text{kg}$  و شعاعه  $r$  بدون احتكاك حول محور ثابت  $\Delta$  يمر من مركز قصوره  $G$  و هو عمودي على القرص و ذلك تحت تأثير قوة شدتها ثابتة  $F=1.20\text{N}$  مماسة لمحيط القرص.

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

\* النتائج التجريبية:

النقطة	$A_7$	$A_6$	$A_5$	$A_4$	$A_3$	$A_2$	$A_1$	$A_0$
$\theta$ (rad)	4.76	3.63	2.63	1.8	1.08	0.56	0.23	0
$\omega$ (rad/s)	***	17.75	15.25	12.9	10.33	7.08	4.66	0

\* تغير الطاقة الحركية:

$$J_{\Delta} = \frac{1}{2} m.r^2 = 14.37 \cdot 10^{-4} \text{kg.m}^2 \quad , \quad E_C = \frac{1}{2} . J_{\Delta} . \omega^2$$

$$E_{C3} = 0.5 * 14.37 * (10.33)^2 . 10^{-4} \text{J} = 7.66 . 10^{-2} \text{J}$$

$$E_{C6} = 0.5 * 14.37 * (17.75)^2 . 10^{-4} \text{J} = 22.63 . 10^{-2} \text{J}$$

$$\Delta E_C = E_{C6} - E_{C3} = 22.63 . 10^{-2} \text{J} - 7.66 . 10^{-2} \text{J} \approx 15 . 10^{-2} \text{J}$$

\* شغل القوى المطبقة على القرص.

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

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

$$W(\vec{F}) = F.r.(\theta_6 - \theta_3) = 1.2 * 5 . 10^{-2} * (3.63 - 1.08) . \text{J} \approx 15 . 10^{-2} \text{J}$$

$$\Delta E_C = W(\vec{P})_{A_2 \rightarrow A_4} + W(\vec{R})_{A_2 \rightarrow A_4} + W(\vec{F}_1, \vec{F}_2)_{A_2 \rightarrow A_4}$$

استنتاج:

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

(3) نص مبرهنة الطاقة الحركية

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

$$\Delta E_C = \sum W_{1 \rightarrow 2}$$

هاتين اللحظتين :

\* تطبيق 1 : ينزلق جسم (S) كتلته  $m = 60 \text{ kg}$  على مستوى مائل بزاوية  $\alpha = 15^\circ$  بالنسبة للخط الأفقي. علما أن الجسم انطلق بدون سرعة بدئية و أن سرعته أصبحت  $V_2 = 45 \text{ km/h}$  بعد أن قطع المسافة  $A_1A_2 = 100 \text{ m}$  ، 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.

حل:

(2)	(1)
لدينا : $\Delta E_C = W(\vec{P}) + W(\vec{R})$	- المجموعة المدروسة : الجسم (S)
$W(\vec{R}) = -f.L$ ; $W(\vec{P}) = 0$	- القوى المطبقة على المجموعة: $\vec{P}$ ; $\vec{R}$
$-\frac{1}{2}mV_2^2 = -f.L$	- مبرهنة الطاقة الحركية: $\Delta E_C = W(\vec{P}) + W(\vec{R})$ بذلك :
$L = \frac{\frac{1}{2}mV_2^2}{f} = 33m$	$\frac{1}{2}mV_2^2 = m.g.AB.\sin(\alpha) - f.AB$
	$f = \frac{m.g.AB.\sin(\alpha) - \frac{1}{2}m.V_2^2}{AB} = m.g.\sin(\alpha) - \frac{m.V_2^2}{2.AB} = 142N$

\* تطبيق 2 : بواسطة محرك قدرته ثابتة  $\wp = 10.W$  نجعل أسطوانة متجانسة، كتلتها  $m = 2.kg$  و شعاعها  $r = 20.cm$  ، تدور حول محور ثابت  $(\Delta)$  يمر بمركز قصورها.  
 (1) احسب المدة الزمنية  $\Delta t$  اللازمة ليصبح تردد الأسطوانة  $N = 10.tr/s$  نعتبر الاحتكاكات مهملة.  
 (2) عند التردد  $N = 10.tr/s$  ، نطبق مماسيا على محيط الأسطوانة قوة  $\vec{F}$  ثابتة، لتصبح حركتها منتظمة، عين شدة القوة  $\vec{F}$ .

حل:

(2) لدينا :	(1)
$\Delta E_C = 0 = W(C) + W(\vec{F})$	- المجموعة المدروسة : الأسطوانة
و بالتالي : $M(C) + M_\Delta(\vec{F}) = 0$	- القوى المطبقة على المجموعة:
$M_\Delta(\vec{F}) = -F.r$ ; $M(C) = \frac{\wp}{\omega}$	$\vec{P}$ ; $\vec{R}$ ; $C$
	- مبرهنة الطاقة الحركية: $\Delta E_C = W(\vec{P}) + W(\vec{R}) + W(C)$
	بذلك : $\frac{1}{2}J_\Delta \omega_2^2 = \wp.\Delta t$
	$J_\Delta = \frac{1}{2}m.r^2$ ; $\omega = 2\pi.N$
	$\Delta t = \frac{\pi^2.m.N^2.r^2}{\wp} = 7.9 \text{ s}$
	$F = \frac{\wp}{2.\pi.N.r} = 0.79.N$