

الجزء الأول : الشغل الميكانيكي
و الطاقة .
الدرس 3
ذ : عزيز العطور

الشغل و الطاقة الحركية

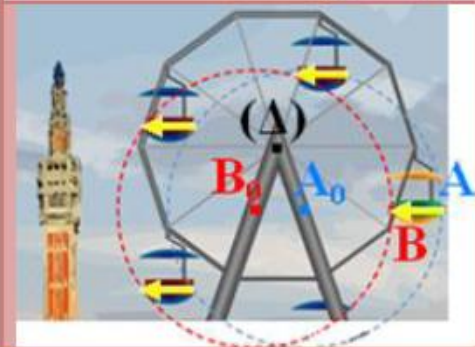
الأولى بكالوريا
جميع الشعب

1- الطاقة الحركية لجسم صلب في حركة إزاحة :

1-1- حركة الإزاحة :

نقول إن جسما في حركة إزاحة إذا حافظت متجه $\overrightarrow{AB}$ لنقطتين ما منه على نفس الاتجاه ونفس المنحى
طيلة مدة الانتقال $\overrightarrow{AB} = \overrightarrow{Cte}$.

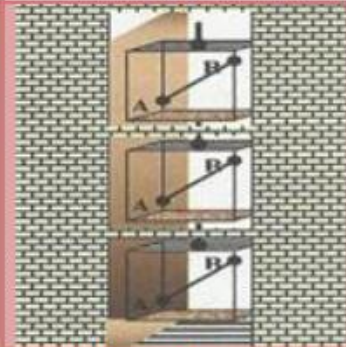
إزاحة دائرية : تكون مسارات كل نقط
الجسم دوائر مراكزها مختلفة ولها
نفس الشعاع



إزاحة منحنية : تكون مسارات كل
نقط الجسم منحنيات متوازية



إزاحة مستقيمة : تكون
مسارات كل نقط الجسم
خطوطا مستقيمة



1-2- حركة السقوط الحر :

نقول إن جسما في حركة سقوط حر إذا كان لا يخضع إلا لتأثير وزنه فقط .

ملحوظة :

نستعمل أنبوب نيوتن للتخلص من تأثير الهواء ، فتسقط الأجسام المادية في الفراغ وفي
نفس المكان ، وفق نفس الحركة .

1-3- الطاقة الحركية :

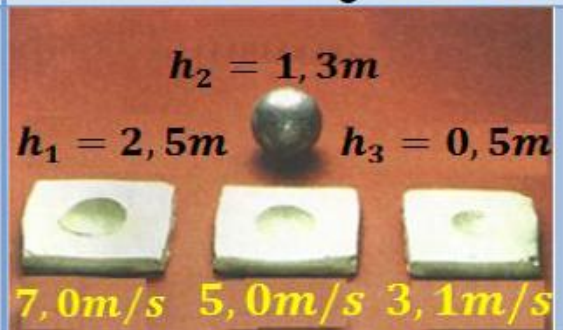
1-3-1- نشاط :



نحرر ، من نفس الارتفاع ، ثلاث كريات
مختلفة الكتل لتسقط في كل مرة على قطعة
عجين جديدة فنلاحظ تزايد أثر الكريات على
قطع العجين بسبب تزايد كتلتها .



نطلق نفس الكرة من ارتفاعات مختلفة ،
لتسقط في كل مرة على قطعة عجين جديدة
فنلاحظ تزايد أثر الكريات على قطع العجين
بسبب تزايد ارتفاع سقوط الكرة .



أ- كيف تتغير قيمة السرعة التي تأخذها الكرة مباشرة قبل اصطدامها بقطعة العجين مع تغير h ارتفاع
سقوط الكرة ؟

كلما ازداد h كلما ازدادت V قيمة السرعة التي تأخذها الكرة مباشرة قبل اصطدامها بقطعة العجين .

ب- قارن بين قيمة السرعة التي تأخذها الكرة مباشرة قبل اصطدامها بقطعة العجين ودرجة تشويهه .
نلاحظ تزايد تشويه قطعة العجين بسبب تزايد السرعة V .

- ج- قارن بين كتلة الكرة ودرجة تشويه قطعة العجين .
 نلاحظ تزايد تشويه قطعة العجين بسبب تزايد الكتلة m .
 د- خلال سقوط الكرة ينجز وزنها شغلا $W(P)$ يجعلها تكتسب طاقة تؤدي إلى تشويه قطعة العجين .
 استنتج ، كيفيا ، ارتباط الطاقة المكتسبة من طرف الكرة مباشرة قبل اصطدامها بكتلتها وسرعتها .
 تتناسب الطاقة المكتسبة من طرف الكرة اطرادا مع كتلتها m وسرعتها V .

1-2-3- خلاصة :

نسمي الطاقة الحركية لجسم صلب في حركة إزاحة ، كتلته m وسرعته V بالنسبة لجسم مرجعي ، المقدار : $E_c = \frac{1}{2} m \cdot V^2$ وحدتها في (ن ، ع) هي الجول J .

2- الطاقة الحركية لجسم صلب في حركة دوران حول محور ثابت :



نعتبر جسما صلبا في حركة دوران حول محور ثابت (Δ) بسرعة زاوية ω .
 نعتبر نقطة M_i من الجسم الصلب ، كتلتها m_i توجد على مسافة $r_i = OM_i$ من المحور (Δ) وتدور بسرعة V_i حيث $V_i = r_i \cdot \omega$ ، فإنها تتوفر على طاقة حركية $E_{c_i} = \frac{1}{2} m_i \cdot V_i^2$ أي $E_{c_i} = \frac{1}{2} m_i \cdot r_i^2 \cdot \omega^2$.
 نستنتج أن الطاقة الحركية للجسم الصلب هي $E_c = \sum E_{c_i} = \sum \frac{1}{2} m_i \cdot r_i^2 \cdot \omega^2$ نضع $J_{\Delta} = \sum m_i \cdot r_i^2$ يسمى عزم قصور الجسم بالنسبة للمحور (Δ) وهو يتعلق بالكتلة m_i والشعاع r_i وبتوزيع المادة المكونة له حول المحور (Δ) ،
 وحدته في (ن ، ع) هي $kg \cdot m^2$. إذن $E_c = \frac{1}{2} J_{\Delta} \cdot \omega^2$.

تعريف

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

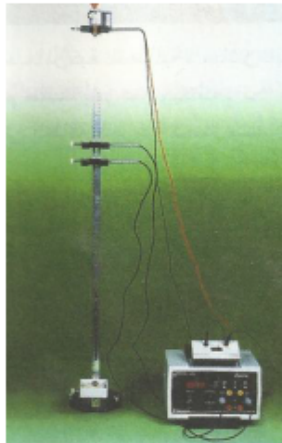
ساق	ساق	كرة	أسطوانة	حلقة	قرص
$J_{\Delta} = \frac{1}{3} ml^2$	$J_{\Delta} = \frac{1}{12} ml^2$	$J_{\Delta} = \frac{2}{5} mr^2$	$J_{\Delta} = \frac{1}{2} mr^2$	$J_{\Delta} = mr^2$	$J_{\Delta} = \frac{1}{2} mr^2$

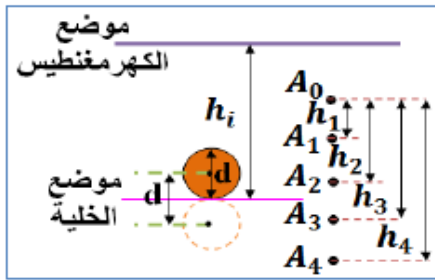
3- مبرهنة الطاقة الحركية :

1-3- حالة جسم صلب في سقوط حر بدون سرعة بدئية :

1-1-3- نشاط :

يبقى الكهرمغنطيس الكرية (ذات الكتلة $m = 24g$) في الموضع الأعلى وعند فتح قاطع التيار تتحرك الكرية فتسقط بدون سرعة بدئية أمام المسطرة الرأسية المدرجة .
 يبدأ اشتغال الميقت عندما يجتاز الطرف الأسفل للكرة الشعاع الضوئي المنبعث من الخلية الكهروضوئية ، ويتوقف عند اجتياز الطرف الأعلى للكرة هذا الشعاع . وبذلك يمكننا تعيين المدة الزمنية Δt التي يستغرقها مرور الكرية أمام الخلية . وبالتالي يمكن حساب سرعتها بالعلاقة $V = \frac{d}{\Delta t}$ مع $d = 1,8cm$ قطر الكرية .





نختار النقطة M_1 بحيث تكون السرعة V_1 عند هذه النقطة غير منعدمة .
نغير ارتفاع السقوط h_i وذلك بتغيير موضع الخلية الكهروضوئية .

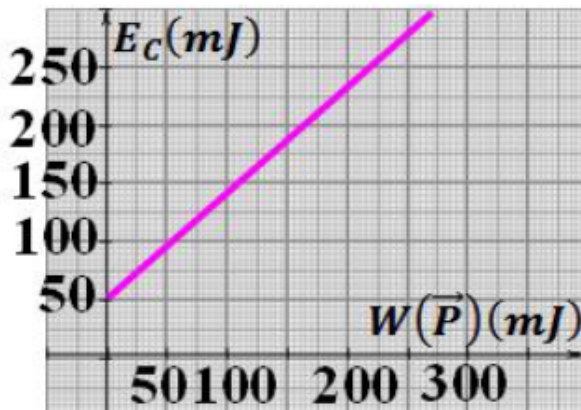
أ- أتمم الجدول التالي بحيث $E_{C_i} = \frac{1}{2} m \cdot V_i^2$ و شغل وزن الكرة

$$W_{A_1 \rightarrow A_i}(\vec{P}) = m \cdot g \cdot A_1 A_i = m \cdot g \cdot (h_i - h_1)$$

مركز ثقلها من الموضع A_1 إلى الموضع A_i مع $g = 10 \text{ N/kg}$.

الموضع	A_i	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	1,60
$\Delta t(ms)$	8,70	6,38	5,18	4,48	4,05	3,70	3,48	3,21
$V_i(m/s)$	2,07	2,82	3,47	4,02	4,44	4,86	5,17	5,48
$E_{C_i}(J)$	0,051	0,095	0,144	0,194	0,237	0,283	0,321	0,369
$W_{A_1 \rightarrow A_i}(\vec{P})(J)$	0	0,048	0,096	0,144	0,192	0,240	0,288	0,336

ب- مثل المنحنى $E_c = f(W(\vec{P}))$ الذي يمثل تغيرات الطاقة الحركية للكرة بدلالة شغل وزنها .



انظر جانبه .

ج- ماذا يمثل الإحداثي عند الأصل للمستقيم المحصل عليه ؟

الإحداثي عند الأصل يمثل E_{C_1} الطاقة الحركية للكرة عند

مرورها من الموضع A_1 .

د- حدد مبياناً قيمة المعامل الموجه للمنحنى .

المنحنى عبارة عن دالة تألفية تكتب على شكل :

$$E_c = \alpha \cdot W(\vec{P}) + \beta \quad \text{عند } W(\vec{P}) = 0 \text{ لدينا}$$

$$E_c(0) = E_{C_1} = \alpha \times 0 + \beta = \beta$$

$$\beta = E_{C_1} = 0,051 \text{ J} \quad \text{إذن}$$

$$\text{ولدينا} \quad \alpha = \frac{E_c - E_{C_1}}{W(\vec{P})} = \frac{0,095 - 0,051}{0,048} \approx 1 \quad \text{إذن } E_c = W(\vec{P}) + E_{C_1}$$

هـ- استنتج العلاقة بين تغير الطاقة الحركية ΔE_c للكرة وشغل وزنها $W(\vec{P})$.

$$\text{لدينا } E_c = W(\vec{P}) + E_{C_1} \quad \text{أي } E_c - E_{C_1} = W(\vec{P}) \quad \text{وبالتالي : } \Delta E_c = W(\vec{P})$$

3-2-1- خلاصة :

يساوي تغير الطاقة الحركية لجسم صلب أثناء سقوطه الحر وبدون سرعة بدئية ، بين لحظتين t_1 و t_2

، شغل القوة الوحيدة (وزنه $\vec{P}$) المطبقة على هذا الجسم بين هاتين اللحظتين :

$$\Delta E_c = \frac{1}{2} m \cdot V_2^2 - \frac{1}{2} m \cdot V_1^2 = W_{1 \rightarrow 2}(\vec{P})$$

3-2- حالة جسم صلب في حركة إزاحة مستقيمة :

3-2-1- نشاط :

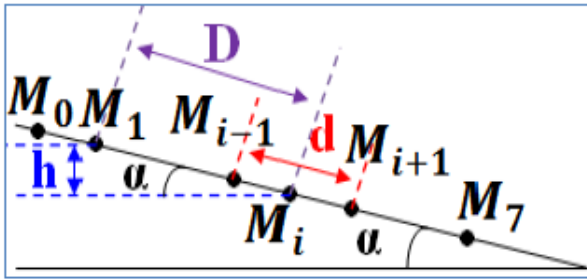
نضع حاملاً ذاتياً كتلته $m = 732 \text{ g}$ فوق منضدة مائلة بزاوية $\alpha = 10^\circ$

بالنسبة للمستوى الأفقي .

نطلق الحامل الذاتي بدون سرعة بدئية ونسجل مواضع مركز قصوره خلال

مدد زمنية متساوية ومتتالية $\tau = 60 \text{ ms}$.





نختار النقطة M_1 من المسار بحيث تكون السرعة V_1 عند هذه النقطة غير منعدمة .

أ- اوجد القوى المطبقة على الحامل الذاتي .

المجموعة المدروسة : {الحامل الذاتي} .

جهد القوى : $\vec{P}$ وزنه و $\vec{R}$ تأثير السطح .

ب- احسب قيمة السرعة V_1 واستنتج الطاقة الحركية E_{c1} .

$$V_1 = \frac{M_0 M_1}{2\tau} = \frac{1,2 \cdot 10^{-2}}{2 \times 60 \cdot 10^{-3}} = 0,1 \text{ m.s}^{-1} \quad \text{لدينا}$$

$$E_{c1} = \frac{1}{2} m \cdot V_1^2 = \frac{1}{2} \times 0,732 \times (0,1)^2 = 3,66 \cdot 10^{-3} \text{ J} \quad \text{إذن}$$

ج- أوجد تعبير الطاقة الحركية للمتحرّك E_{ci} بدلالة المسافة $d = M_{i-1} M_{i+1}$.

$$E_{ci} = \frac{1}{2} m \cdot V_i^2 = \frac{1}{2} m \cdot \left(\frac{M_{i-1} M_{i+1}}{2\tau} \right)^2 = \frac{1}{2} m \cdot \left(\frac{d}{2\tau} \right)^2 \quad \text{لدينا}$$

د- أوجد تعبير شغل وزن الحامل الذاتي $W_{M_1 \rightarrow M_i}(\vec{P})$ بدلالة المسافة $D = M_1 M_i$.

$$W_{M_1 \rightarrow M_i}(\vec{P}) = m \cdot g \cdot (z_1 - z_i) = m \cdot g \cdot h = m \cdot g \cdot D \cdot \sin \alpha \quad \text{لدينا}$$

هـ- استنتج $\sum W_{M_1 \rightarrow M_i}(\vec{F})$ مجموع أشغال القوى التي يخضع لها الحامل الذاتي .

بما أن الاحتكاكات مهملة فإن $W_{M_1 \rightarrow M_i}(\vec{R}) = 0$ إذن $\sum W_{M_1 \rightarrow M_i}(\vec{F}) = W_{M_1 \rightarrow M_i}(\vec{P})$.

و- أتمم ملأ الجدول .

M_6	M_5	M_4	M_3	M_2	M_1	الموضع M_i
7,2	5,9	4,7	3,6	2,4	1,2	المسافة $d(10^{-2} \text{ m})$
10,4	7,1	4,5	2,4	0,9	0	المسافة $D(10^{-2} \text{ m})$
131,76	88,47	56,14	32,94	14,64	3,66	$E_{ci}(10^{-3} \text{ J})$
132,19	90,25	57,20	30,51	11,44	0	$W_{M_1 \rightarrow M_i}(\vec{P})(10^{-3} \text{ J})$

ز- مثل المنحنى $E_c = f(W(\vec{P}))$ و اكتب معادلته ثم استنتج

العلاقة بين تغير الطاقة الحركية ΔE_c و $\sum W_{M_1 \rightarrow M_i}(\vec{F})$.
انظر جانبه ، المنحنى عبارة عن دالة تألفية تكتب على شكل :

$$E_c = \alpha \cdot W(\vec{P}) + \beta \quad \text{عند } W(\vec{P}) = 0 \quad \text{لدينا}$$

$$E_c(0) = E_{c1} = \alpha \times 0 + \beta = \beta$$

$$\beta = E_{c1} = 3,66 \cdot 10^{-3} \text{ J} \quad \text{إذن}$$

$$\alpha = \frac{E_c - E_{c1}}{W(\vec{P})} = \frac{14,64 - 3,66}{11,44} \approx 1 \quad \text{ولدينا}$$

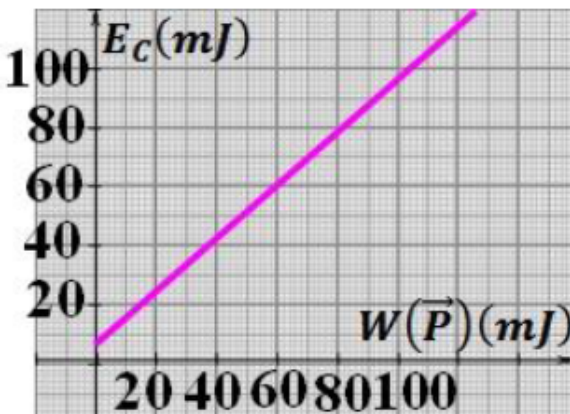
$$E_c - E_{c1} = W(\vec{P}) \quad \text{أي } E_c = W(\vec{P}) + E_{c1} \quad \text{إذن}$$

$$\Delta E_c = \sum W_{M_1 \rightarrow M_i}(\vec{F}) \quad \text{إذن } \Delta E_c = W(\vec{P}) \quad \text{وبالتالي :}$$

2-2-3- خلاصة :

في معلم غاليلي ، يساوي تغير الطاقة الحركية لجسم صلب في إزاحة مستقيمة بين لحظتين t_1 و t_2 ، مجموع أشغال كل القوى الخارجية المطبقة عليه بين هاتين اللحظتين . ويعبر عن هذه النتيجة في حالة انتقال مركز القصور للجسم الصلب من موضع A إلى موضع B بالعلاقة :

$$\Delta E_c = \frac{1}{2} m \cdot V_B^2 - \frac{1}{2} m \cdot V_A^2 = \sum W_{A \rightarrow B}(\vec{F}_{ext})$$



3-3- حالة جسم صلب في دوران حول محور ثابت :

تتحقق النتيجة السابقة كذلك في حالة دوران جسم صلب حول محور ثابت ، حيث يساوي تغير الطاقة الحركية ، المجموع الجبري لأشغال كل القوى المطبقة عليه .
ويعبر عنها عندما تنتقل السرعة الزاوية للجسم من القيمة ω_1 إلى القيمة ω_2 بالعلاقة :

$$\Delta E_C = \frac{1}{2} J_{\Delta} \cdot \omega_2^2 - \frac{1}{2} J_{\Delta} \cdot \omega_1^2 = \sum W_{1 \rightarrow 2}(\vec{F}_{ext})$$

3-4- نص مبرهنة الطاقة الحركية :

في معلم غاليلي ، يساوي تغير الطاقة الحركية لجسم صلب غير قابل للتشويه في إزاحة أو دوران حول محور ثابت ، بين لحظتين t_1 و t_2 ، المجموع الجبري لأشغال كل القوى الخارجية المطبقة عليه بين هاتين اللحظتين . ويعبر عن هذه المبرهنة بالعلاقة التالية :

$$\Delta E_C = E_{C_2} - E_{C_1} = \sum W_{1 \rightarrow 2}(\vec{F}_{ext})$$

ملحوظة :

عند تطبيق مبرهنة الطاقة الحركية يجب اتباع المراحل التالية :

- ✚ تحديد المجموعة المدروسة .
- ✚ تحديد الجسم المرجعي (معلم غاليلي) .
- ✚ تحديد الحالة البدئية والحالة النهائية للانتقال .
- ✚ جرد القوى الخارجية المطبقة على المجموعة خلال الانتقال .
- ✚ حساب شغل كل قوة خلال الانتقال .
- ✚ تطبيق مبرهنة الطاقة الحركية مع اعتبار حالة حركة المجموعة (إزاحة أو دوران) .