بسم الله الرحمن الرحيم
الصلاة والسلام على رسول الله وعلى آله وصحبه ومن والاه

الأولى باكالوريا
الفيزياء

الشغل والطاقة الحركية

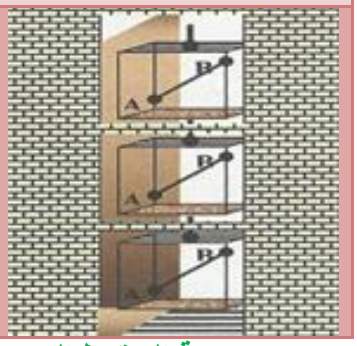
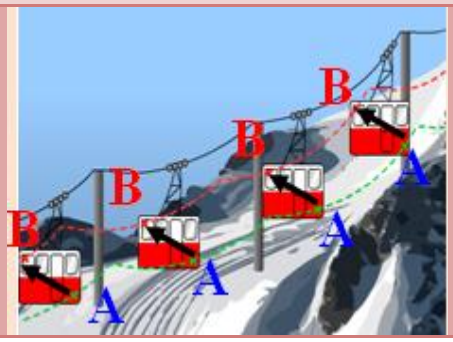
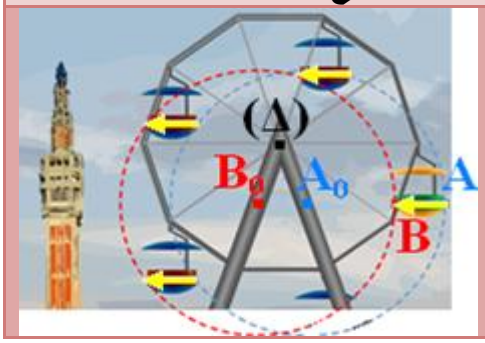
Travail et l'énergie cinétique

الجزء الأول : الشغل الميكانيكي والطاقة
الوحدة 3
5 – 6 س

1- الطاقة الحركية لجسم صلب في حركة إزاحة :

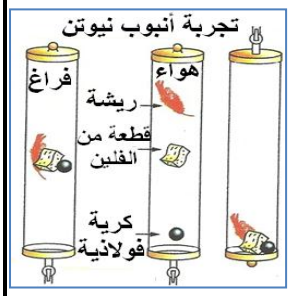
1-1- حركة الإزاحة :

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

إزاحة مستقيمية : تكون مسارات كل نقط الجسم خطوطا مستقيمية	إزاحة منحنية : تكون مسارات كل نقط الجسم منحنيات متوازية	إزاحة دائرية : تكون مسارات كل نقط الجسم دوائر مراكزها مختلفة ولها نفس الشعاع
		

1-2- حركة السقوط الحر :

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

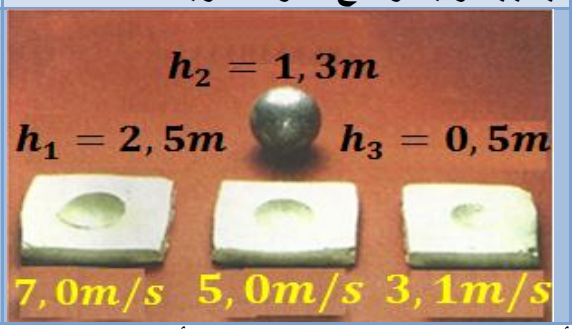


ملحوظة :

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 :

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

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

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

ب- قارن بين قيمة السرعة التي تأخذها الكرية مباشرة قبل اصطدامها بقطعة العجين ودرجة تشويهه .

نلاحظ تزايد تشويه قطعة العجين بسبب تزايد السرعة V .

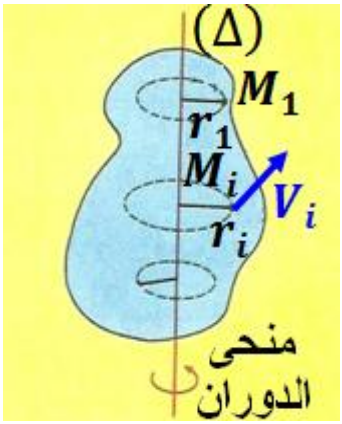
ج- قارن بين كتلة الكرية ودرجة تشويه قطعة العجين .
نلاحظ تزايد تشويه قطعة العجين بسبب تزايد الكتلة m .

د- خلال سقوط الكرية ينجز وزنها شغلا $W(\vec{P})$ يجعلها تكتسب طاقة تؤدي إلى تشويه قطعة العجين .
استنتج ، كيفيا ، ارتباط الطاقة المكتسبة من طرف الكرية مباشرة قبل اصطدامها بكتلتها وسرعتها .
تتناسب الطاقة المكتسبة من طرف الكرية 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 : $E_C = \frac{1}{2}m.V^2$ وحدتها في (ن ، ع) هي الجول J .

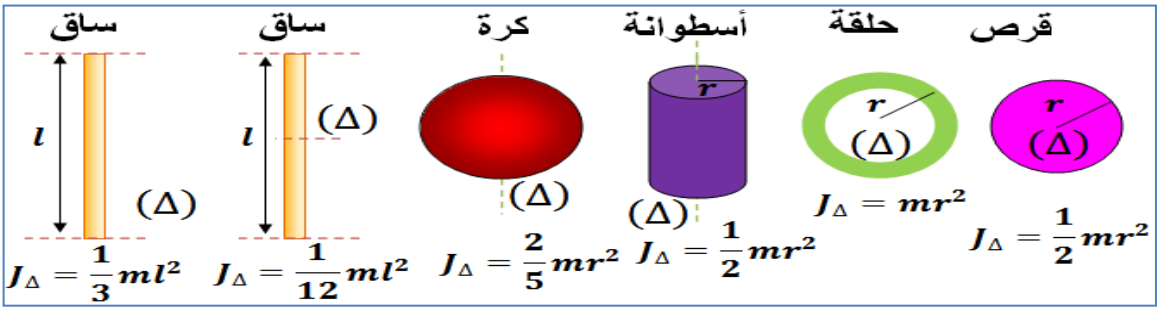
2- الطاقة الحركية لجسم صلب في حركة دوران حول محور ثابت :



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 $V_i = r_i.\omega$ ، فإنها تتوفر على طاقة حركية $E_{C_i} = \frac{1}{2}m_i.V_i^2$ أي $E_{C_i} = \frac{1}{2}m_i.r_i^2.\omega^2$.
نستنتج أن الطاقة الحركية للجسم الصلب هي $E_C = \sum E_{C_i} = \sum \frac{1}{2}m_i.r_i^2.\omega^2$
نضع $J_\Delta = \sum m_i.r_i^2$ يسمى **عزم قصور الجسم بالنسبة للمحور (Δ)** وهو يتعلق بالكتلة m_i والشعاع r_i وبتوزيع المادة المكونة له حول المحور (Δ) ، ووحدته في (ن ، ع) هي $kg.m^2$. إذن $E_C = \frac{1}{2}J_\Delta.\omega^2$.

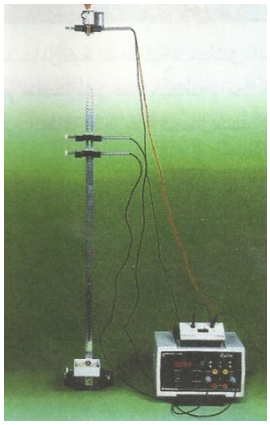
تعريف

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



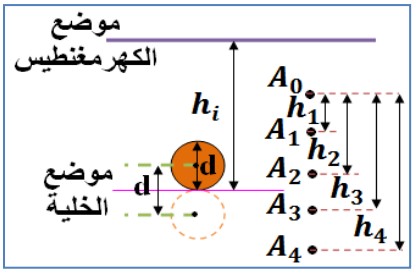
3- مبرهنة الطاقة الحركية :

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



1-1-3- نشاط :

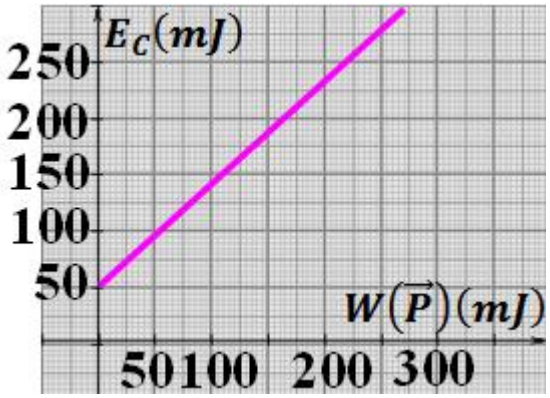
يبقي **الكهرمغنطيس** الكرية (ذات الكتلة $m = 24g$) في الموضع الأعلى وعند فتح قاطع التيار تتحرك الكرية فتسقط بدون سرعة بدئية أمام المسطرة الرأسية المدرجة .
يبدأ اشتغال الميقت عندما يجتاز الطرف الأسفل للكرة الشعاع الضوئي المنبعث من **الخلية الكهرضوئية** ، ويتوقف عند اجتياز الطرف الأعلى للكرة هذا الشعاع . 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 الكهرضوئية .
أ- أتمم الجدول التالي بحيث $E_{C_i} = \frac{1}{2}m.V_i^2$ و شغل وزن الكرية $W_{A_1 \to A_i}(\vec{P}) = m.g.A_1A_i = m.g.(h_i - h_1)$ عندما ينتقل مركز ثقلها من الموضع A_1 إلى الموضع A_i مع $g = 10N/kg$.

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

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



انظر جانبه .
ج- ماذا يمثل الإحداثي عند الأصل للمستقيم المحصل عليه ؟
الإحداثي عند الأصل يمثل E_{C_1} الطاقة الحركية للكرية عند مرورها من الموضع A_1 .
د- حدد مبيانيا قيمة المعامل الموجه للمنحنى .
المنحنى عبارة عن دالة تألفية تكتب على شكل :
$E_C = \alpha.W(\vec{P}) + \beta$ عند $W(\vec{P}) = 0$ لدينا
$E_C(0) = E_{C_1} = \alpha \times 0 + \beta = \beta$
إذن $\beta = E_{C_1} = 0,051\,J$
ولدينا $\alpha = \frac{E_C - E_{C_1}}{W(\vec{P})} = \frac{0,095 - 0,051}{0,048} \approx 1$ إذن $E_C = W(\vec{P}) + E_{C_1}$.
هـ- استنتج العلاقة بين تغير الطاقة الحركية ΔE_C للكرية وشغل وزنها $W(\vec{P})$.
لدينا $E_C = W(\vec{P}) + E_{C_1}$ أي $E_C - E_{C_1} = W(\vec{P})$ وبالتالي : $\Delta E_C = W(\vec{P})$

3-1-2- خلاصة :

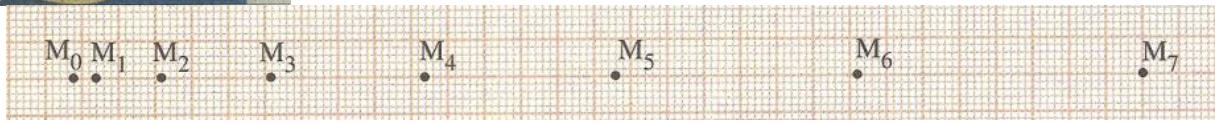
يساوي **تغير الطاقة الحركية** لجسم صلب أثناء سقوطه الحر وبدون سرعة بدئية ، بين لحظتين t_1 و t_2 ، **شغل القوة الوحيدة** (وزنه $\vec{P}$) المطبقة على هذا الجسم بين هاتين اللحظتين :

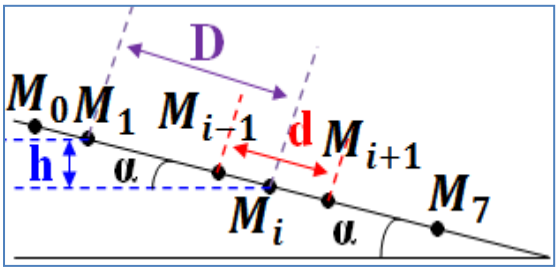
$$\Delta E_C = \frac{1}{2}m.V_2^2 - \frac{1}{2}m.V_1^2 = W_{1 \to 2}(\vec{P})$$

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

3-2-1- نشاط :

نضع حاملا ذاتيا كتلته $m = 732g$ فوق منضدة مائلة بزاوية $\alpha = 10°$ بالنسبة للمستوى الأفقي .
نطلق الحامل الذاتي بدون سرعة بدئية ونسجل مواضع مركز قصوره خلال مدد زمنية متساوية ومتتالية $\tau = 60ms$.





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

أ- اجرد القوى المطبقة على الحامل الذاتي .

المجموعة المدروسة : {الحامل الذاتي} .

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

ب- احسب قيمة السرعة V_1 واستنتج الطاقة الحركية E_{C_1} .

لدينا $V_1 = \frac{M_0M_1}{2\tau} = \frac{1,2.10^{-2}}{2\times60.10^{-3}} = 0,1m.s^{-1}$

إذن $E_{C_1} = \frac{1}{2}m.V_1^2 = \frac{1}{2}\times0,732\times(0,1)^2 = 3,66.10^{-3}J$

ج- أوجد تعبير الطاقة الحركية للمتحرك E_{C_1} بدلالة المسافة $d = M_{i-1}M_{i+1}$.

لدينا $E_{C_i} = \frac{1}{2}m.V_i^2 = \frac{1}{2}m.\left(\frac{M_{i-1}M_{i+1}}{2\tau}\right)^2 = \frac{1}{2}m.\left(\frac{d}{2\tau}\right)^2$

د- أوجد تعبير شغل وزن الحامل الذاتي $W_{M_1\to M_i}(\vec{P})$ بدلالة المسافة $D = M_1M_i$.

لدينا $W_{M_1\to M_i}(\vec{P}) = m.g.(z_1 - z_i) = m.g.h = m.g.D.\sin\alpha$

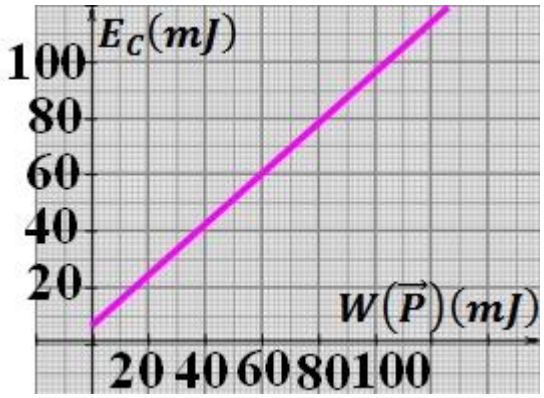
ه- استنتج $\sum W_{M_1\to M_i}(\vec{F})$ مجموع أشغال القوى التي يخضع لها الحامل الذاتي .

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

و- أتمم ملأ الجدول .

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

ز- مثل المنحنى $E_C = f\left(W(\vec{P})\right)$ و اكتب معادلته ثم استنتج العلاقة بين تغير الطاقة الحركية ΔE_C و $\sum W_{M_1\to M_i}(\vec{F})$.



انظر جانبه ، المنحنى عبارة عن دالة تألفية تكتب على شكل :

$E_C = \alpha.W(\vec{P}) + \beta$ عند $W(\vec{P}) = 0$ لدينا

$E_C(0) = E_{C_1} = \alpha\times0 + \beta = \beta$

إذن $\beta = E_{C_1} = 3,66.10^{-3}\ J$

ولدينا $\alpha = \frac{E_C - E_{C_1}}{W(\vec{P})} = \frac{14,64-3,66}{11,44} \approx 1$

إذن $E_C = W(\vec{P}) + E_{C_1}$ أي $E_C - E_{C_1} = W(\vec{P})$

وبالتالي : $\Delta E_C = W(\vec{P})$ إذن $\Delta E_C = \sum W_{M_1\to M_i}(\vec{F})$

3-2-2- خلاصة :

في معلم غاليلي ، يساوي **تغير الطاقة الحركية** لجسم صلب في إزاحة مستقيمية 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 :

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

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 :

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

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 :

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

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) .