

# 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  
 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 :

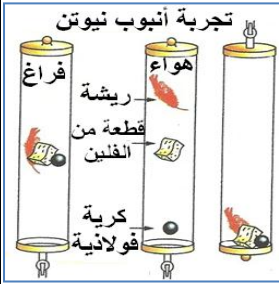
نقول إن جسما في حركة سقوط حر إذا كان لا يخضع إلا لتأثير وزنه فقط .


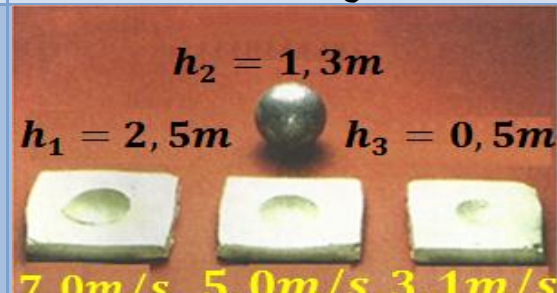
#### ملحوظة :

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

#### 1-3-1- الطاقة الحركية :

##### 1-3-1- نشاط :



نحرق ، من نفس الارتفاع ، ثلاث كريات مختلفة الكتل لتسقط في كل مرة على قطعة عجينة جديدة فنلاحظ تزايد أثر الكريات على قطع العجين بسبب تزايد كتلتها .	نطلق نفس الكرية من ارتفاعات مختلفة ، لتسقط في كل مرة على قطعة عجينة جديدة فنلاحظ تزايد أثر الكريات على قطع العجين بسبب تزايد ارتفاع سقوط الكرية .
<p>530g    230g    58g</p> 	<p><math>h_2 = 1,3m</math></p> <p><math>h_1 = 2,5m</math>    <math>h_3 = 0,5m</math></p>  <p>7,0m/s    5,0m/s    3,1m/s</p>

أ- كيف تتغير قيمة السرعة التي تأخذها الكرية مباشرة قبل اصطدامها بقطعة العجين مع تغير 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  $m$  .

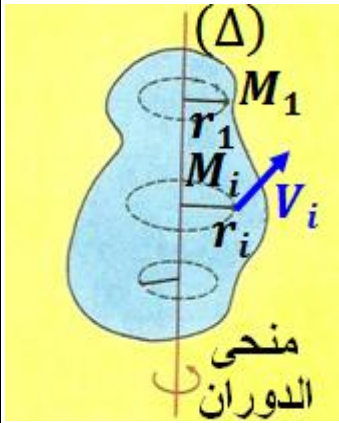
د- خلال سقوط الكرية ينجز وزنها شغلا  $W(\vec{P})$  يجعلها تكتسب طاقة تؤدي إلى تشويه قطعة العجين .  
 استنتج ، كيفيا ، ارتباط الطاقة المكتسبة من طرف الكرية مباشرة قبل اصطدامها بكتلتها وسرعتها .  
 تتناسب الطاقة المكتسبة من طرف الكرية اطرادا مع كتلتها  $m$  وسرعتها  $V$  .

### 1-2-3- خلاصة :

نسمي **الطاقة الحركية** لجسم صلب في حركة إزاحة ، كتلته  $m$  وسرعة  $V$  بالنسبة لجسم مرجعي ، المقدار :  $E_C = \frac{1}{2}m.V^2$  وحدتها في ( ن ، ع ) هي **ال جول J** .

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

نعتبر جسما صلبا في حركة دوران حول محور ثابت  $(\Delta)$  بسرعة زاوية  $\omega$  .  
 نعتبر نقطة  $M_i$  من الجسم الصلب ، كتلتها  $m_i$  توجد على مسافة  $r_i = OM_i$  من المحور  $(\Delta)$  وتدور بسرعة  $V_i$  حيث  $V_i = r_i \cdot \omega$  ، 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  $(\Delta)$  وهو يتعلق بالكتلة  $m_i$  والشعاع  $r_i$  وبتوزيع المادة المكونة له حول المحور  $(\Delta)$  ، 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  $(\Delta)$  ، المقدار :  $E_C = \frac{1}{2}J_{\Delta}.\omega^2$  حيث  $\omega$  هي **السرعة الزاوية اللحظية** للجسم الصلب ، و  $J_{\Delta}$  هو **عزم قصوره** بالنسبة للمحور  $(\Delta)$  .

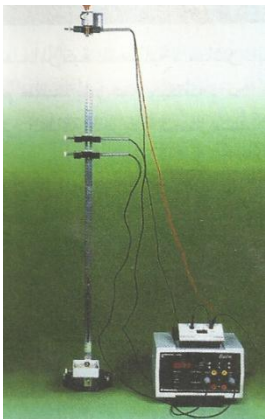
ساق	ساق	كرة	أسطوانة	حلقة	قرص
$J_{\Delta} = \frac{1}{3}ml^2$	$J_{\Delta} = \frac{1}{12}ml^2$	$J_{\Delta} = \frac{2}{5}mr^2$	$J_{\Delta} = \frac{1}{2}mr^2$	$J_{\Delta} = mr^2$	$J_{\Delta} = \frac{1}{2}mr^2$

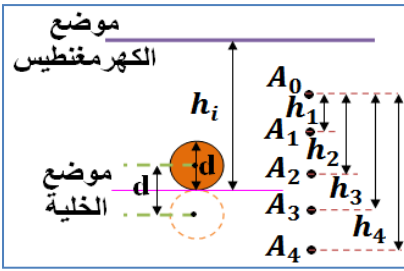
### 3- مبرهنة الطاقة الحركية :

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

#### 3-1-1- نشاط :

يبقي **الكهرمغناطيس 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 الكهرضونية ، ويتوقف عند اجتياز الطرف الأعلى للكرة هذا الشعاع . وبذلك يمكننا تعيين المدة الزمنية  $\Delta t$  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 .  
تغير ارتفاع السقوط  $h_i$  وذلك بتغيير موضع الخلية الكهروضوئية .

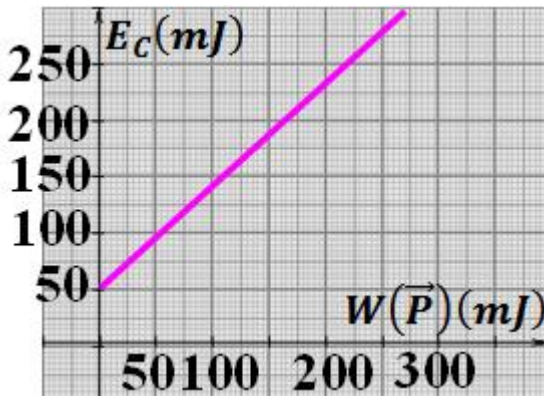
أ- أتم الجدول التالي بحيث  $E_{C_i} = \frac{1}{2} m \cdot V_i^2$  و شغل وزن الكرية

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

مركز ثقلها من الموضع  $A_1$  إلى الموضع  $A_i$  مع  $g = 10N/kg$

الموضع $A_i$	$A_7$	$A_6$	$A_5$	$A_4$	$A_3$	$A_2$	$A_1$	$A_i$
الارتفاع $h_i(m)$	1,40	1,20	1,00	0,80	0,60	0,40	0,20	$h_i(m)$
$\Delta t(ms)$	3,48	3,70	4,05	4,48	5,18	6,38	8,70	$\Delta t(ms)$
$V_i(m/s)$	5,17	4,86	4,44	4,02	3,47	2,82	2,07	$V_i(m/s)$
$E_{C_i}(J)$	0,321	0,283	0,237	0,194	0,144	0,095	0,051	$E_{C_i}(J)$
$W_{A_1 \rightarrow A_i}(\vec{P})(J)$	0,288	0,240	0,192	0,144	0,096	0,048	0	$W_{A_1 \rightarrow A_i}(\vec{P})(J)$

ب- مثل المنحنى  $E_C = f(W(\vec{P}))$  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 :

$E_C = \alpha \cdot W(\vec{P}) + \beta$  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  $E_C = W(\vec{P}) + E_{C_1}$

ه- استنتج العلاقة بين تغير الطاقة الحركية  $\Delta E_C$  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 :  $\Delta E_C = W(\vec{P})$

**2-1-3- 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 :

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

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

**1-2-3- نشاط :**

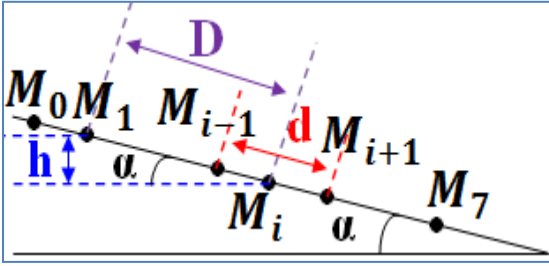
نضع حاملا ذاتيا كتلته  $m = 732g$  فوق منضدة مائلة بزاوية  $\alpha = 10^\circ$

بالنسبة للمستوى الأفقي .

نطلق الحامل الذاتي بدون سرعة بدئية ونسجل مواضع مركز قصوره خلال

مدد زمنية متساوية ومتتالية  $\tau = 60ms$  .





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  $E_{C_1}$  .

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

$$E_{C_1} = \frac{1}{2} m \cdot V_1^2 = \frac{1}{2} \times 0,732 \times (0,1)^2 = 3,66 \cdot 10^{-3} \text{ J} \quad \text{إذن}$$

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

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

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 .

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

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

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

العلاقة بين تغير الطاقة الحركية  $\Delta E_C$  و  $\sum W_{M_1 \rightarrow M_i}(\vec{F})$  .

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

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

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

$$\beta = E_{C_1} = 3,66 \cdot 10^{-3} \text{ J} \quad \text{إذن}$$

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

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

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

### 3-2-2- 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  $\omega_1$  إلى القيمة  $\omega_2$  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 ) .