# الوحدة التعلمية الثانية: العمل والطاقة الحركية

**الكفاءات المستهدفة:**

- يعبر و يحسب عمل قوة ثابتة و الطاقة الحركية لجسم صلب في حركة انسحابية

يستعمل مبدأ انحفاظ الطاقة لتحديـــد سرعة جســـم صلب في حركة انسحابـــية

## تصميم الدرس

- الدرس
- أسئلة التصحيح الداتي
- أجوبة اللتصحيح الداتي

# الدرس

## I – عبارة عمل قوة ثابتة: حالة حركة انسحابية

### 1 – مفهوم العمل في الميكانيك

يتطلب مفهوم العمل في الميكانيك وجود قوة و انتقال نقطة تطبيقها.

### 2 – نشاط : تأثير قوة على سرعة جسم في حركة انسحابية مستقيمة

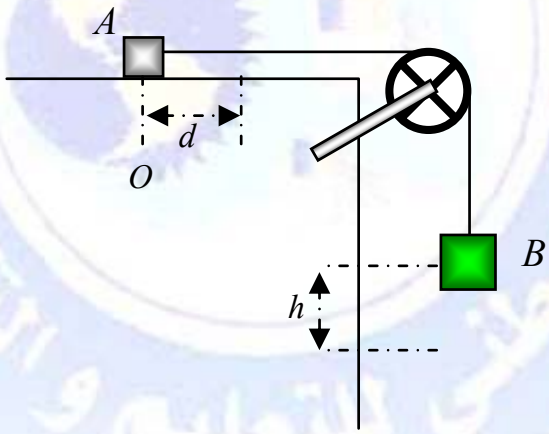
### أ – القوة موازية للحركة و في نفس جهتها

**الهدف:**

نبين من خلال هذه الدراسة أن القوة المؤثرة على جملة إذا كانت في نفس جهة الحركة فإنها تحدث تزايدا في سرعة هذه الجملة.

**الأدوات المستعملة:**

نحقق التركيب المبين على الشكل. الجسم ( A ) ينسحب على الطاولة ذات الوسادة الهوائية بدون احتكاك. نعتبر الخيط خفيفا و عديم الإمتطاط.

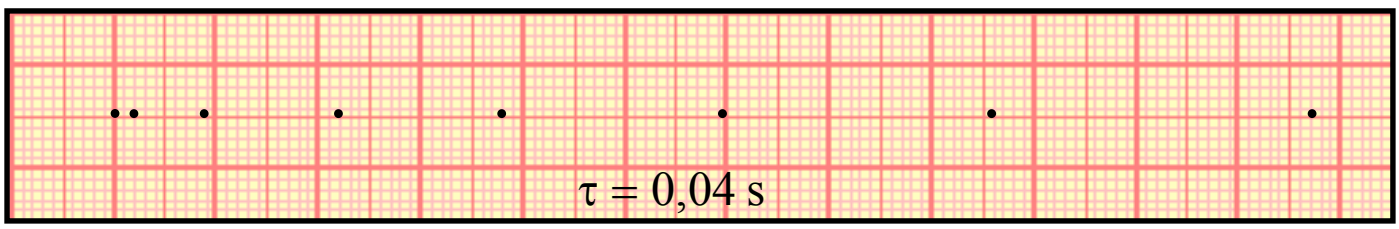



**التجربة:**

نعتبر الجملة المدروسة هي ( البكرة ، الخيط ، A ، B ) .

نحرر الجملة بدون سرعة ابتدائية و يكون مركز عطالة ( A ) في الوضع ( O ) كما هو مبين على الشكل.

نسجل مختلف الأوضاع التي يشغلها مركز عطالة ( A ) على الطاولة ذات الوسادة الهوائية فنحصل على الوثيقة التالي:




-

**أسئلة التحليل**

1 – رقم مختلف الأوضاع المبينة على الوثيقة و هذا بأخذ ( $A_0$ ) عند الوضع ( O ).

نعتبر هذا الوضع مبدأ للفواصل.

2 – أحسب السرعة ( $V_i$ ) للجسم ( A ) في مختلف الأوضاع ( $A_i$ ) ثم رتب النتائج في الجدول التالي:

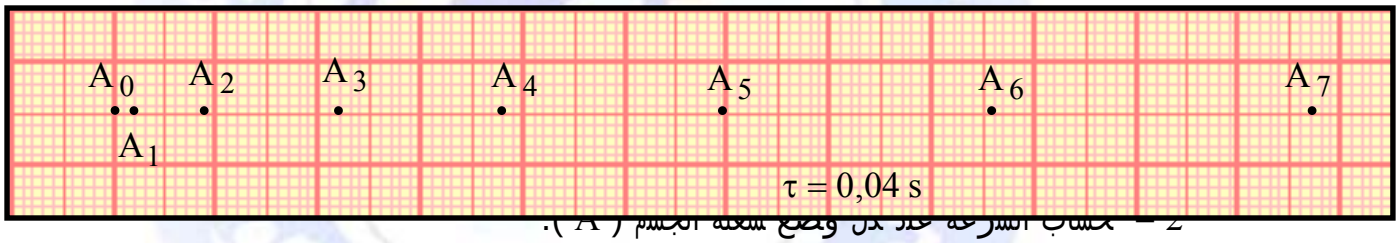
| $A_i$ | $A_0$ | $A_1$ | $A_2$ | $A_3$ | $A_4$ | $A_5$ | $A_6$ | $A_7$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $X_i$ (cm) | | | | | | | | |
| $V_i$ ( m/ s ) | | | | | | | | |

3 – ما هي القوة الخارجية المتسببة في حركة الجملة؟ كيف هو شعاعها بالنسبة لجهة الحركة؟

4 – ماذا تستنتج من خلال هذه الدراسة؟

**نتائج التحليل:**

1 – ترقيم الأوضاع مبين على الوثيقة.




2 – حساب السرعة عند كل وضع لمركز عطالة الجسم ( A ).

لحساب السرعة عند وضع $A_i$ نطبق القانون التالي: $V_i = \frac{A_{i+1} - A_{i-1}}{2.\tau}$

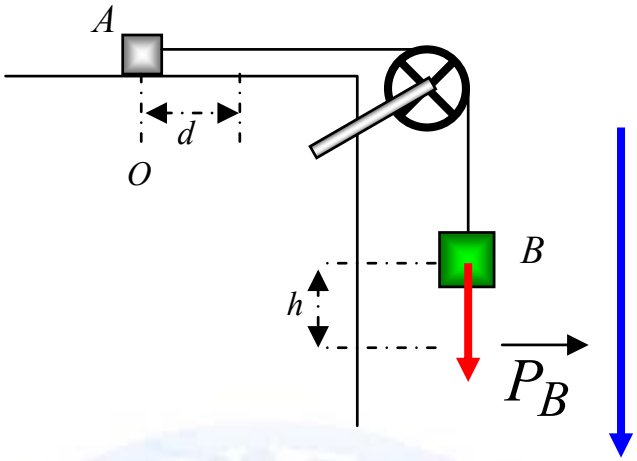
مثلا السرعة ( $V_5$ ) في الوضع ( $A_5$ ) :

$$V_5 = \frac{A_6 - A_4}{2.\times 40.10^{-3}} = \frac{\left\|\overrightarrow{A_4 A_6}\right\|}{2 \times 40.10^{-3}} = \frac{4,8.10^{-2}}{2 \times 40.10^{-3}} = 0,6\ m/s$$

نتائج الحسابات ملخصة في الجدول التالي:

| $A_i$ | $A_0$ | $A_1$ | $A_2$ | $A_3$ | $A_4$ | $A_5$ | $A_6$ | $A_7$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $X_i$ ( cm ) | 0 | 0,24 | 0,96 | 2,20 | 3,80 | 6,00 | 8,60 | 11,80 |
| $V_i$ ( m/ s ) | / | 0.12 | 0,24 | 0,35 | 0,47 | 0,60 | 0,72 | / |

3 – القوة الخارجية المطبقة على الجملة و المتسببة في الحركة هي قوة ثقل الجسم (B) . هذه القوة مبينة على الشكل. كما أن جهة هذه القوة هي نفس جهة الحركة




4 – نستنتج من هذه الدراسة ما يلي:

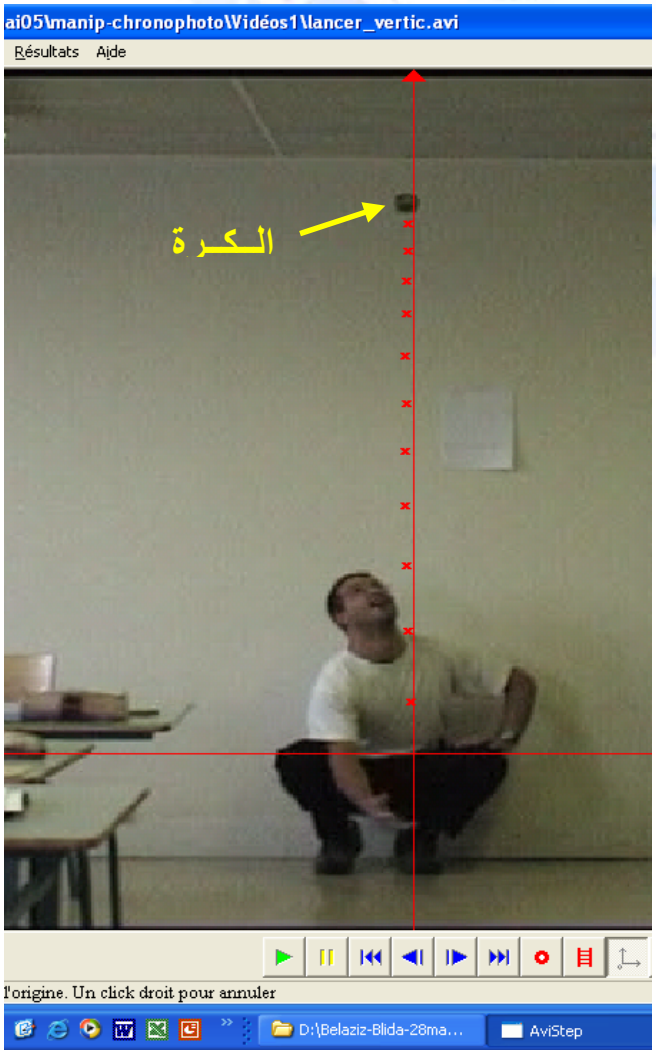
عندما تؤثر قوة خارجية على جملة و تكون هذه القوة موجهة في نفس جهة حركة الجملة فإنها تحدث تزايدا في سرعة الجملة. نقول إن القوة تقوم بعمل محرك

**ب – القوة موازية للحركة و معاكسة لجهتها.**

لتحقيق هذه التجربة نستعمل logiciel AVISTEP

**التجربة:**

تقذف كرة نحو الأعلى كما هو مبين على الصورة. بواسطة البرنامج نسجل مختلف الأوضاع التي تشغلها الكرة و هذا كل 40 ms .



**أسئلة التحليل:**

1 – أطلب من البرنامج أن يمنحك جدول القياسات الذي يحتوي على سرعة الكرة في مختلف الأوضاع التي تشغلها.

2 – أطلب من الحاسوب رسم البيان $V = f(t)$

3 – هل سرعة الكرة في تزايد أم هي في تناقص؟

4 – باعتبار أن الاحتكاكات مع الهواء مهملة، مثل القوى الخارجية المطبقة على الجملة : كـ ـرة.
كيف هو شعاعها بالنسبة لجهة الحركة؟

5 – ماذا تستنتج من خلال الدراسة التي قمت بها.

**نتائج التحليل:**

1 – جدول

Tableau des valeurs

chier Edition Affichage Calculs Résultats

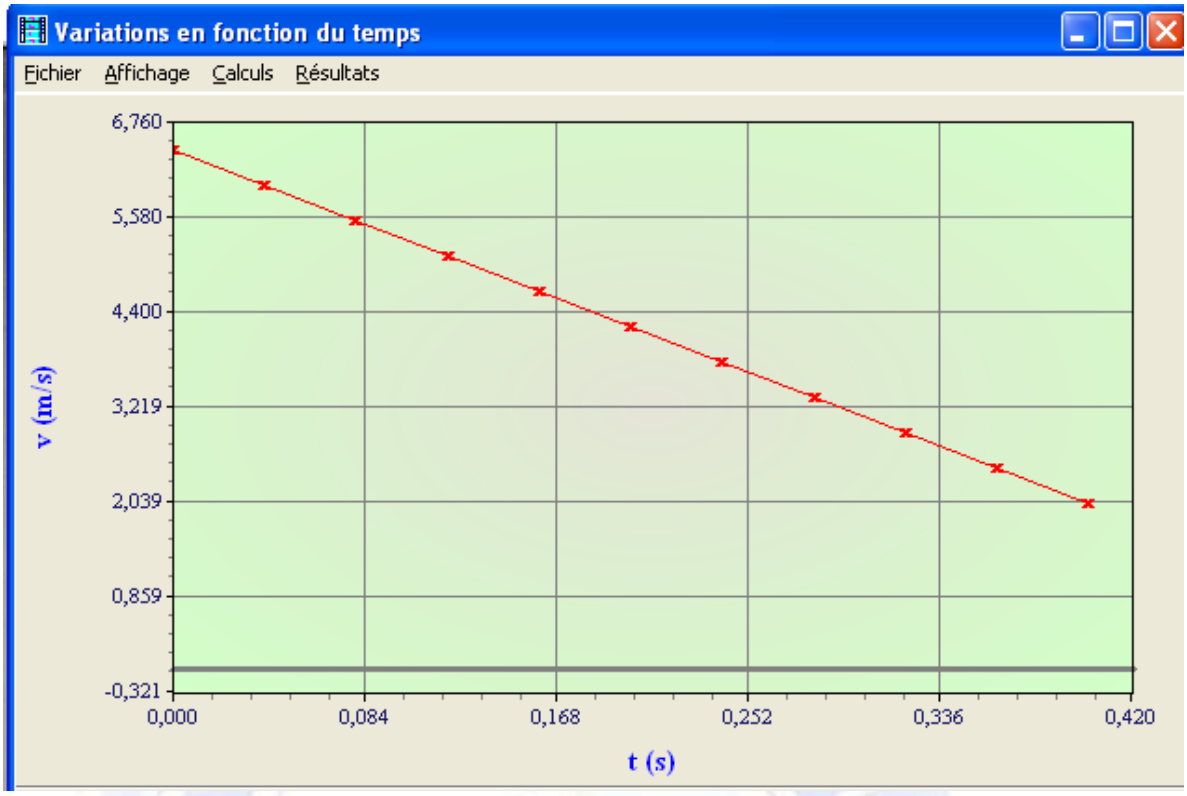
| Numéro | Date (s) | x1 (m) | y1 (m) | vx1 (m/s) | vy1 (m/s) | v1 (m/s) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0 | -0,008 | 0,184 | -0,249 | 6,418 | 6,423 |
| 2 | 0,04 | -0,016 | 0,435 | -0,15 | 5,981 | 5,982 |
| 3 | 0,08 | -0,02 | 0,667 | -0,099 | 5,543 | 5,544 |
| 4 | 0,12 | -0,024 | 0,88 | -0,051 | 5,106 | 5,106 |
| 5 | 0,16 | -0,024 | 1,074 | 0,051 | 4,668 | 4,669 |
| 6 | 0,2 | -0,02 | 1,243 | 0,000 | 4,231 | 4,231 |
| 7 | 0,24 | -0,024 | 1,412 | -0,001 | 3,794 | 3,794 |
| 8 | 0,28 | -0,02 | 1,562 | 0,051 | 3,356 | 3,357 |
| 9 | 0,32 | -0,02 | 1,678 | 0,049 | 2,919 | 2,92 |
| 10 | 0,36 | -0,016 | 1,784 | 0,05 | 2,482 | 2,482 |
| 11 | 0,4 | -0,016 | 1,881 | -0,05 | 2,044 | 2,045 |

السرعة الموافقة لكل وضع من الأوضاع التى شغلتها الكرة

2 – رسم البيان $V = f(t)$ .

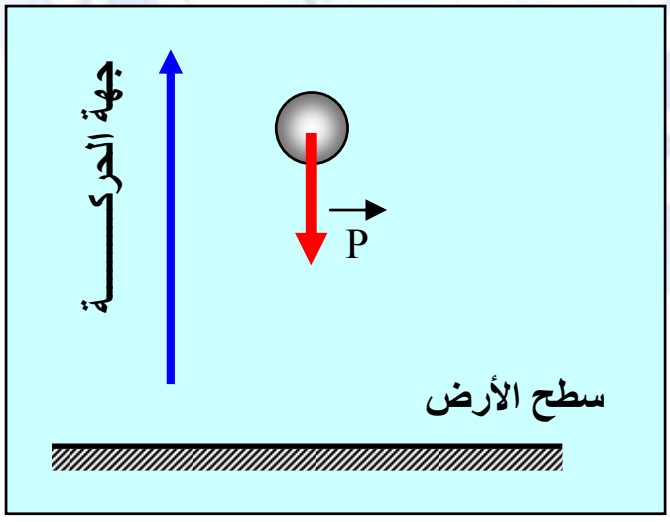


-




3 – نلاحظ من خلال هذا البيان أن سرعة المتحرك تتناقص من لحظة لأخرى.

4 – إذا اعتبرنا أن الجملة المدروسة هي : الكرة و إذا اعتبرنا أن الاحتكاكات مع الهواء مهملة فإن القوة الخارجية التي تخضع لها الكرة هي قوة جذب الأرض لها و التي تتمثل في شعاع الثقل كما هو مبين على الرسم.




نلاحظ أن القوة الخارجية التي تخضع لها الكرة حاملها يوازي محور الحركة بينما جهتها تعاكس جهة الحركة.

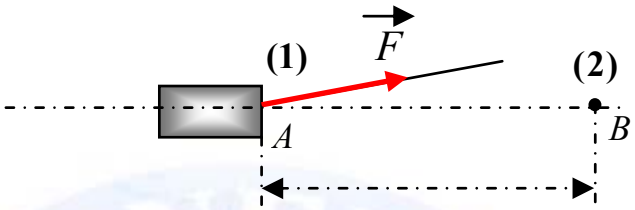
5 – نستنتج من خلال هذه الدراسة ما يـ ـلي:

عندما تؤثر قوة خارجية على جملة، و يكون حامل هذه القوة يوازي محور الحركة و جهتها معاكسة لجهة الحركة فإن سرعة الجسم تتناقص من لحظة لأخرى. نقول إن القوة تقوم بعمل مقـــاوم

## 3 – عبارة العمل

### أ / عمل قوة ثابتة في حالة حركة انسحابية

يمثل الشكل المقابل خيطا يجر جسما صلبا. يقوم هذا الأخير بحركة انسحابية مستقيمة تحت تأثير قوة $\vec{F}$




نعتبر أن هذه القوة تبقى ثابتة على كل المسار ( AB ) الذي طوله يساوي d .

العمل الذي تقوم به القوة ( $\vec{F}$ ) من أجل هذا الانتقال تعطى بالعلاقة:

$$W\ (\vec{F}) = F \cdot AB \cdot \cos\ \alpha$$

F هي شدة القوة المطبقة على الجسم. وحدتها النيوتن [ N ]

AB هي شدة شعاع الانتقال بين الموضعين ( A ) و ( B )، و هو مقدرا بالمتر.

الزاوية ( $\alpha$ ) هي الزاوية التي يحصرها شعاع القوة $\vec{F}$ مع شعاع الانتقال $\overrightarrow{AB}$

يقدر العمل في جملة الوحدات الدولية بالجول.

### ب / العمل المحرك و العمل المقاوم.

كما رأينا من خلال النشاط السابق، فإن عمل قوة قد يساعد على التغير في سرعة متحرك، يقوم بحركة انسحابية تحت تأثير قوة ثابتة. و كما سبق و أن رأينا، يمكن أن يكون هذا التغير في سرعة المتحرك

موجبا و بالتالي تتزايد سرعته من لحظة لأخرى، و يمكن أن يكون هذا التغير في السرعة سالبا و بالتالي تتناقص سرعة المتحرك من لحظة لأخرى. و على هذا الأساس نعرف ما يلي:

**– العمل المحرك:**

نقول عن عمل قوة إنه عملا محركا إذا كان عمل هذه القوة يجعل سرعة المتحرك تتزايد من لحظة لأخرى، في هذه الحالة تكون الزاوية $0 \leq \alpha < \frac{\pi}{2}$ . أي أن جهة القوة تكون في جهة الحركة. في هذه الحالة يكون عمل القوة موجبا.



-

**- العمل المقاوم:**

نقول عن عمل قوة أنه عملا مقاوما إذا كان عمل هذه القوة يجعل سرعة المتحرك تتناقص من لحظة لأخرى، في هذه الحالة تكون الزاوية $\frac{\pi}{2} < \alpha \leq \pi$ . أي أن جهة القوة تكون عكس جهة الحركة.

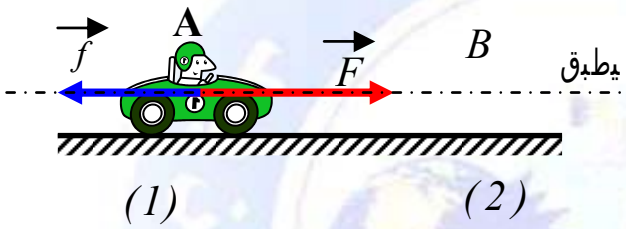
في هذه الحالة يكون عمل القوة سـ ـ ـالبا.

**ملاحظة:**

إذا كانت الزاوية $\alpha = \frac{\pi}{2}$ فإن عمل القوة يكون معدوما ( لأن $cos\frac{\pi}{2} = 0$ ).

في هذه الحالة القوة لا تغيرمن سرعة الجسم المتحرك.

**تطبيق:**




يمثل الشكل المقابل سيارة تقوم بحركة مستقيمة. يطبق محرك هذه السيارة قوة جر $\vec{F}$ ثابتة و أثناء الحركة تحتك السيارة مع الهواء فيطبق الهواء على السيارة قوة مقاومة $\vec{f}$ نعتبرها ثابتة كما هو مبين على الشكل.

من بين القوتين الممثلتين على الشكل، ما هي القوة التي تساعد على الزيادة في سرعة السيارة و ما هي القوة التي تجعل سرعة السيارة تتناقص

**الإجابة**

- القوة التي تجعل سرعة السيارة تتزايد هي القوة التي يكون عملها موجبا لما تنتقل نقطة تأثير هذه القوة بين النقطتين ( A ) و ( B )، بينما القوة التي تجعل سرعة السيارة تتناقص يكون عملها عملا سالبا.

- بالنسبة لقوة جر المحرك:

$$W\ (\vec{F}) = F\ .\ AB\ .\ cos\ \alpha$$

$$W\ (\vec{F}) = F\ .\ AB\ .\ cos\ (0)$$

$$W\ (\vec{F}) = F\ .\ AB\ > 0$$

النتيجة و هي أن قوة جر المحرك هي قوة محركة تساعد على الزيادة في سرعة السيارة.



-

$$W\ (\ \vec{f}\ ) = f\ .\ AB\ .\cos\ \alpha$$

$$W\ (\ \vec{f}\ ) = f\ .\ AB\ .\cos\ (\pi\ )$$

$$W\ (\ \vec{f}\ ) = f\ .\ AB\ < 0$$

النتيجة و هي أن مقاومة الهواء هي قوة مقاومة تساعد على التناقص في سرعة السيارة.

**II – الطاقة الحركية لجسم صلب في حالة الحركة الإنسحابية**

**1 – نشاط: دراسة تغير سرعة متحرك خاضع لقوة ثابتة، بدلالة عمل هذه القوة**

**– الهدف من التجربة:**

الوصول إلى العلاقة: $Ec = \frac{1}{2} m.V^2$

**– الأدوات المستعملة**

نستعمل من أجل تحقيق هذا الهدف جهازا مناسبا يسمح لنا بقياس السرعة اللحظية لمتحرك يقوم بحركة سقوط حر. نستعمل كجسم كرية صغيرة ملساء من الفولاذ، كتلتها m = 100 g

**– مبدأ التجربة التجربة**

لتحقيق هذا الهدف، نقوم بدراسة تغير مربع السرعة بدلالة عمل ثقل الجسم

نترك الجسم يسقط من ارتفاع ( h ) معين ثم نقيس بواسطة الجهاز السرعة اللحظية التي يكتسبها لما يقطع هذا الارتفاع.

نكرر التجربة من أجل عدة قيم للارتفاع و في كل مرة نقيس السرعة المناسبة.

نتائج هذه التجربة نلخصها في الجدول التالي:

| h( m ) | 0,0 | 0,5 | 1,0 | 1,5 | 2,0 |
|---|---|---|---|---|---|
| V ( m/ s ) | 0,0 | 3,1 | 4,4 | 5,4 | 6,3 |
| W(P) ( j ) | 0,00 | 0,49 | 0,98 | 1,47 | 1,96 |
| $V^2$ ( m/ s)$^2$ | 0,0 | 9,6 | 19,4 | 29,2 | 39,7 |

**العمل المطلوب**

– رسم البيان $V^2 = f\ (\ m.g.h\ )$

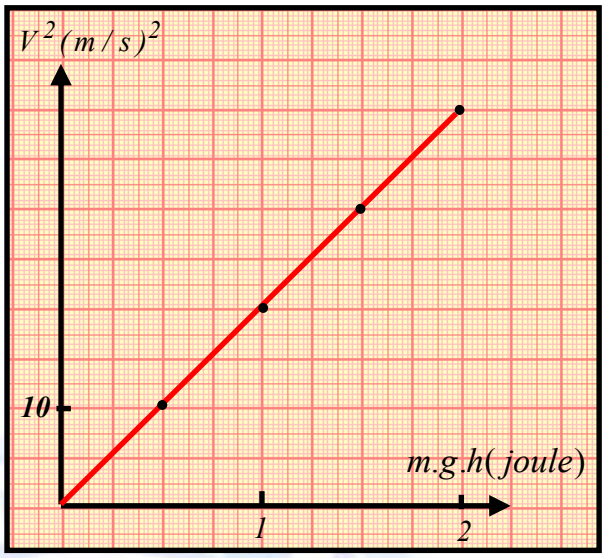
– استنتاج العلاقة التي تربط $V^2$ بعمل الثقل ( m.g.h ) .

– استنتاج عبارة الطاقة الحركية

**النتائج:**



نقوم برسم البيان المطلوب فنحصل على الشكل التالي:




البيان عبارة عن خط مستقيم يمر من المبدأ، إذن العلاقة التي تربط مربع السرعة بعمل الثقل هي:

$$V^2 = a.(m.g.h)$$

حيث ( a ) هو معامل توجيه المستقيم، حسابه يعطي القيمة: a = 20

نلاحظ أن هذه القيمة تتفق تماما مع $a = \frac{2}{m} = \frac{2}{0,1} = 20$

إذن، يمكن كتابة عبارة مربع السرعة على الشكل التالي:

$$V^2 = \frac{2}{m}.m.g.h$$

و منه تكون عبارة عمل القوة على الشكل التالي:

$$W(\overrightarrow{P}) = m.g.h = \frac{1}{2}m.V^2 :$$

**<u>استنتاج عبارة الطاقة الحركية:</u>**

لحظة تحرير الجسم كانت سرعته الابتدائية تساوي الصفر، إذن الطاقة الحركية الابتدائية له لحظة تحريره: $E_{c_i} = 0$

عند نهاية السقوط ( أي عندما ينقطع الارتفاع h ) تصبح سرعته V و بالتالي تكون له طاقة حركية نهائية $Ec_f$

بما أن الاحتكاكات مع الهواء مهملة ، و حسب مبدأ انحفاظ الطاقة الخاص بالجملة ( جسم) ، يمكن كتابة



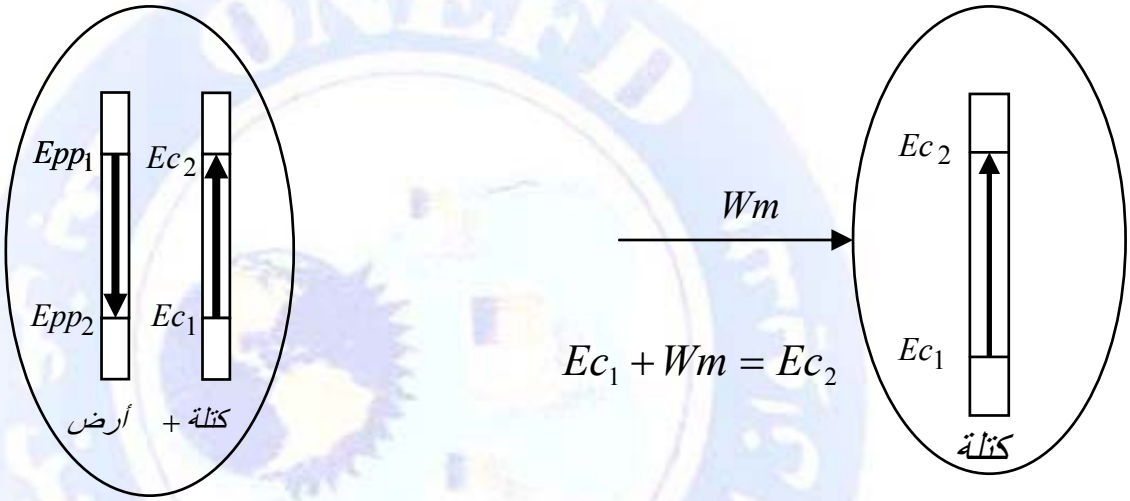
$$E_2 - E_1 = Wm + Q = Wm + 0 = Wm$$

من هذه العلاقة نستنتج أن

$$Ec_f - Ec_i = W(\vec{P}) \Rightarrow Ec_f - 0 = m.g.h = \frac{1}{2}m.v^2$$

نستنتج أن عبارة الطاقة الحركية لما تبلغ سرعته القيمة V تعطى بالعلاقة:

$$Ec = \frac{1}{2}m.v^2$$



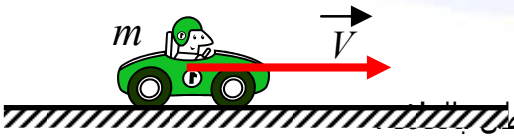

$$Ec_1 + Epp_1 = Ec_2 + Epp_2$$

$$Ec_1 + Wm = Ec_2$$

**جـ / الطاقة الحركية لجسم صلب:**

يتكون الجسم الصلب من مجموعة من النقط المادية المتماسكة. عند دراسة حركة جسم صلب يقوم بحركة انسحابية مستقيمة، نكتفي بدراسة حركة مركز عطالة هذا الجسم. وبالتالي وضع الجسم الصلب يكون وضع مركز عطالته و سرعة الجسم الصلب هي سرعة مركز عطالته.

إذا كانت كتلة الجسم الصلب ( m ) و شدة شعاع سرعة مركز عطالته عند لحظة ( t ) هي ( v ) فإن مركز عطالة الجسم الصلب يملك طاقة حركية تعطى بالعلاقة:




$$E_c = \frac{1}{2}m.v^2$$

m كتلة الجسم الصلب بـ Kg

V سرعة مركز عطالته بـ m/ s



-

Ec الطاقة الحركية بـ ـ joule

نلاحظ من خلال هذا القانون أن الطاقة الحركية لجسم صلب تتناسب طرديا مع:

- كتلة الجسم
- مربع سرعته اللحظية

**تطبيق:**

نعتبر جملة تتكون من ( شخص + سيارة ). كتلة هذه الجملـ ـ ـة تقدر بـ $m = 2080\ kg$ . عند لحظة ( ز ) تكون سرعتها اللحظية $V = 20\ m/s$ بالنسبة لمرجع معين.

ما هي الطاقة الحركية التي تملكها الجملة.

**الإجابة**

الطاقة الحركية التي تملكها هذه الجملة عند هذه اللحظة هي:

$$E_c = \frac{1}{2} m.v^2 = \frac{1}{2} \times 2080 \times (20)^2 = 416.10^3\ joule$$

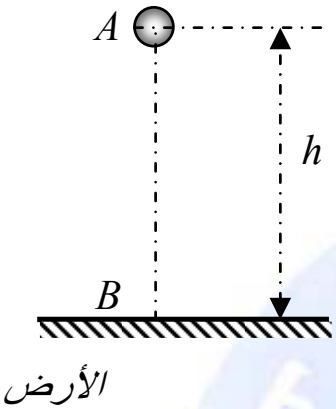


-

# أسئلة التصحيح الذاتـــــــي

**تمرين 1:**

جسم كتلته $m = 200\ g$ يسقط سقوطا حرا ( مقاومة الهواء مهملة) من ارتفاع $h = 10\ m$ بدون سرعة ابتدائية.



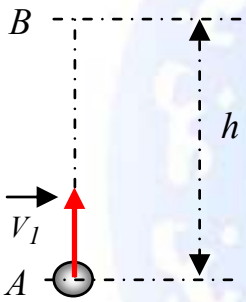

1 – مثل القوة الخارجية المطبقة على الجملة: جســـم

2 – أحسب عمل هذه القوة من أجل انتقال يساوي ( h ).

3 – بتطبيق قانون مبدأ انحفاظ الطاقة، استنتج التغير في الطاقة الحركية لهذه الجملة.

4 – استنتج قيمة السرعة التي يلامس بها الجسم سطح الأرض.

**تمرين 2:**




نقذف جسم نحو الأعلى بسرعة ابتدائية قيمتها $V_1$ من وضع ( A ) كما هو مبين على الشكل. عندما يصل إلى الوضع ( B ) يتوقف قبل أن يعود نازلا.

نعتبر أن صعود هذا الجسم يتم بدون احتكاكات مع الهواء.

1 – مثل القوة الخارجية المطبقة على الجملة جســـم

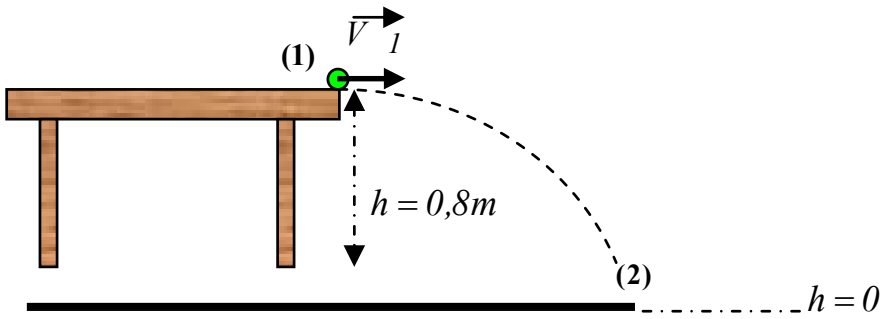
2 – أكتب عبارة عمل هذه القوة من أجل الانتقال ( h ).

3 – بتطبيق قانون مبدأ انحفاظ الطاقة على الجملة : جسم، أوجد علاقة تربط بين الطاقة الحركية للجسم في الوضع ( A ) و عمل القوة الخارجية.

4 – علما أن $V_1 = 1{,}5\ m/s$ ، استنتج الارتفاع ( h ) الذي يصل إليه هذا الجسم.

**تمرين 3:**

نقذف كرية صغيرة، نعتبرها نقطة مادية، من وضع ( 1) بسرعة ابتدائية قيمتها $V_1 = 3\ m/s$ . فتطير في الهواء و تسقط سقوطا حرا ( الاحتكاكات مهملة مع الهواء ) وفق المسار المبين بنقاط متقطعة على الشكل التالي:

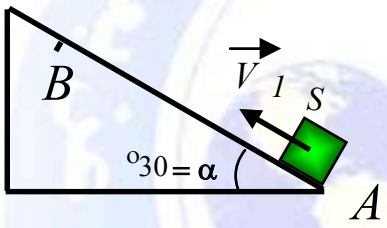



1 – مثل القوى الخارجية التي تؤثـ ـ ـ ر على الكرية أثناء سقوطها.

2 – بتطبيق قانون مبدأ انحفاظ الطاقة على الكرية بين الوضعين ( 1 ) و ( 2 )، أحسب سرعة الكرية عندما تصل إلى الوضع ( 2 ). نأخـ ـ ـ ذ $g = 10\ N/kg$ .

**تمرين 4 :**

نقذف جسم صلب ( ص) من نقطـ ـة ( أ ) تقع أسفل مستوي مائل، بسرعة ابتدائية شدتها $V_A = 5\ m/s$ ، فيقطع مركز عطالة (ص) المسافة AB ثم يتوقف عند النقطة ( B ) . لا ندرس الحالة التي يعود فيها ( ص) نازلا.




تتم الحركة على المستوي المائل بدون احتكاكات.

نأخـ ـ ـ ذ $g = 10\ N/kg$ .

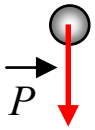
1 – مثل القوى الخارجية المؤثرة على الجملة ( ص).

2 – بتطبيق قانون مبدأ انحفاظ الطاقة بين الوضعين ( A ) و ( B )، أحسب قيمة ( AB ).

# أجوبة التصحيح الذاتي

**تمرين 1:**

1 – تمثيل القوة الخارجية المطبقة على الجملة : جسم




2 – حساب عمل القوة

$$W(\vec{P}) = P.h.\cos(\vec{P},\overrightarrow{AB})$$

$$W(\vec{P}) = 0,2 \times 10 \times 10 \times \cos(0)$$

الأرض

$$W(\vec{P}) = 20\,joule$$

3 – استنتاج التغير في الطاقة الحركية لهذه الجملة:

$$\Delta E = E_2 - E_1 = \Delta Ec + \Delta Ep + \Delta Ei = Wm + Q + Er + We$$

$$\Delta E = E_2 - E_1 = \Delta Ec + 0 + 0 = Wm + 0 + 0 + 0$$

$$\Delta Ec = Wm \Rightarrow Ec_2 - Ec_1 = W(\vec{P}) = 20\,joule$$

4 – استنتاج قيمة السرعة التي يصل بها الجسم إلى سطح الأرض.

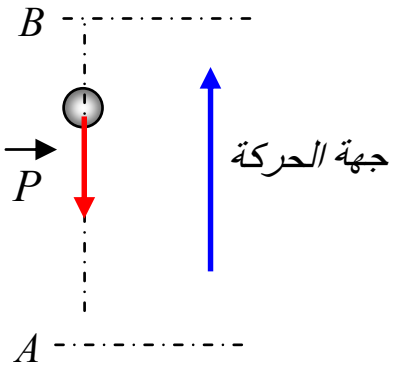
$$\Delta Ec = Wm \Rightarrow Ec_2 - 0 = W(\vec{P}) = 20\,joule \Rightarrow \frac{1}{2} m.V^2 = 20$$

$$V = 14,1\ {}^{m}/_{s}$$



-

**تمرين 2:**




1 – تمثيل القوة الخارجية المطبقة على الجملة: جسـ ـم

2 – عمل هذه القوة:

$$W(\vec{P}) = P.h.\cos(\vec{P},\overrightarrow{AB})$$

$$W(\vec{P}) = -P.h.$$

3 – إيجاد علاقة تربط الطاقة الحركية في الوضع ( A ) بعمل القوة

$$\Delta E = E_2 - E_1 = \Delta Ec + 0 + 0 = Wm + 0 + 0 + 0$$

$$\Delta Ec = W(\vec{P}) \Leftrightarrow Ec_B - Ec_A = -m.g.h$$

عندما يصل إلى الوضع (B ) يتوقف، إذن طاقته الحركية عند الوضع ( B ) تكون معدومة. و عليه تكون العلاقة التي تربط الطاقة الحركية عند الوضع ( A ) و عمل القوة هي:

$$Ec_A = m.g.h$$

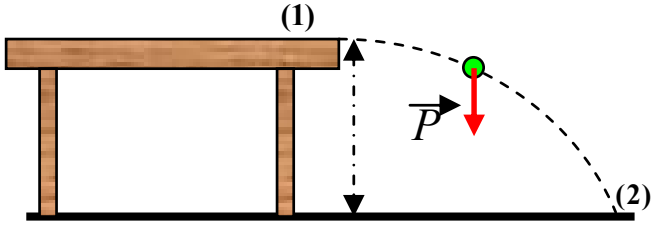
4 – استنتاج الارتفاع ( h ) الذي يصل إليه الجسـ ـ ـم.

$$\frac{1}{2}m.V_1^2 = m.g.h \Rightarrow h = \frac{V_1^2}{2.g}$$

$$h = 11,25 \quad m$$

**تمرين 3:**

1 – تمثيل القوى الخارجية المطبقة على الجسم




2 – بتطبيق قانون مبدأ انحفاظ الطاقة على الجملة ( كرية ):



-

$$\Delta E = E_2 - E_1 = \Delta Ec + \Delta Ep + \Delta Ei = Wm + Q + Er + We$$

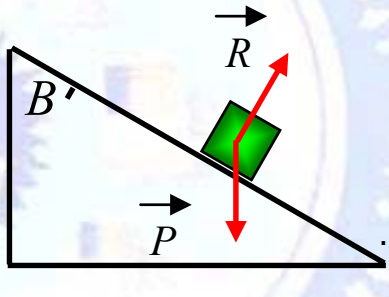
$$= W(\vec{P}) \Rightarrow Ec_2 - Ec_1 = m.g.h \Rightarrow \frac{1}{2} m.V_2^{\,2} = \frac{1}{2} m.V_1^{\,2} + m.g.h$$

$$V_2 = \sqrt{V_1^{\,2} + 2.g.h}$$

$$V_2 = 5\ m\ /\ s$$

**تمرين 4:**

1 – تمثيل القوى الخارجية المؤثرة على الجسم ( ص )




2 – ايجاد قيمة AB .

$$\Delta E = E_2 - E_1 = \Delta Ec + \Delta Ep + \Delta Ei = Wm + Q + Er + We$$

$$\Delta E = E_2 - E_1 = \Delta Ec + 0 + 0 = Wm + 0 + 0 + 0$$

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

$$\frac{1}{2} m.V_B^{\,2} - \frac{1}{2} m.V_A^{\,2} = P.AB.\cos(\vec{P}, \overrightarrow{AB}) + R.AB.\cos(\vec{R}, \overrightarrow{AB})$$

$$0 - \frac{1}{2} m.V_A^{\,2} = P.AB.\cos(150) + R.AB.\cos(90)$$



-

$$AB = \frac{V_A^{\,2}}{2.g} \Rightarrow AB = \frac{25}{2 \times 10}$$

$$AB = 1,25\ m$$