سلسلة دروس و تمارين في مادة العلوم الفيزيائية- ثانية ثانوي

إعداد الأستاذ : فرقاني فارس

02

عرض نظري مفصل

الميكانيك و الطاقة

العمل و الطاقة الحركية الإنسحابية

الشعب : علوم تجريبية
رياضيات ، تقني رياضي

****

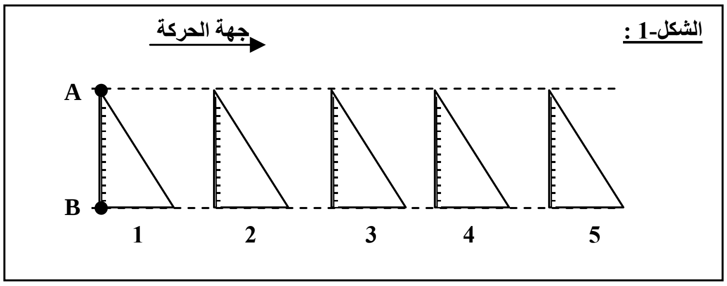
www.sites.google.com/site/faresfergani
تاريخ آخر تحديث : 2013/03/22

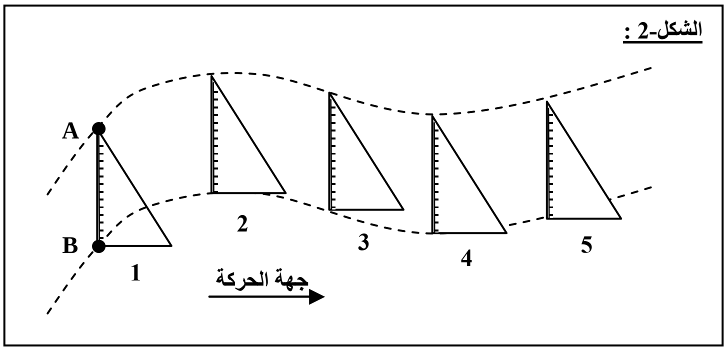
1- تذكير :

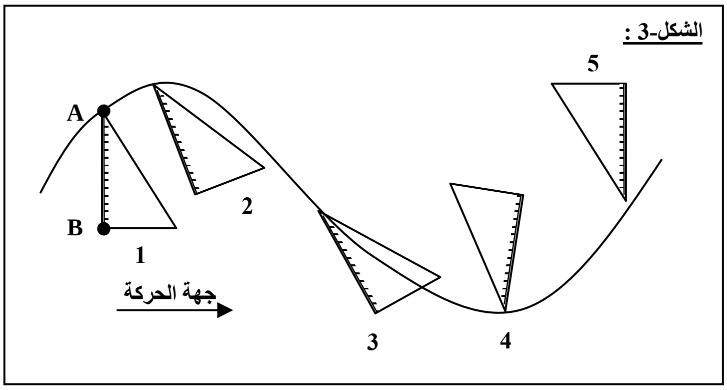
1- الحركة الإنسحابية لجسم صلب (تذكير) :

- نقول عن جسم أنه في حركة انسحابية بسرعة $\vec{v}$ في لحظة ما إذا كان لكل نقطة من نقاطه نفس شعاع السرعة $\vec{v}$.
- لدراسة حركة جسم صلب في حالة حركة انسحابية ، نختار نقطة كيفية منه و تعود دراسة هذا الجسم إلى دراسة حركة هذه النقطة .

مثال :







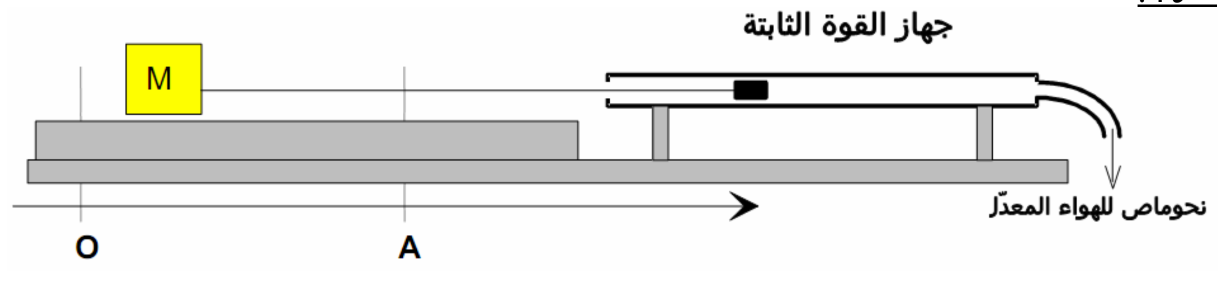
- ينسحب الضلع للكوس في (الشكلين-1، 2) موازيا لنفسه ، و مسارات كل نقاط الكوس متماثلة يمكن مطابقتها بالإزاحة : نقول أن للكوس **حركة انسحابية** .
- في (الشكل-3) مسار النقطة B يختلف عن مسار النقطة A و لايمكن مطابقتهما ، حركة الكوس في هذه الحالة ليست حركة انسحابية لأن الضلع المدرج لم يبق موازي لنفسه خلال الحركة .

ب- الطاقة الحركية :

نشاط :

نستعمل جهازا ندعوه جهاز القوة الثابتة وهو جهاز يسمح بالتأثير على حركة جسم صلب بقوة ثابتة خلال الزمن . لذا نعتبر متحركا يتحرك على مستوي أفقي بحيث تكون قوى الاحتكاك مهملة أمام القوة التي يؤثر بها الجهاز (الشكل).

الشكل-4 :



نشغل الجهاز و نترك المتحرك M بدون سرعة ابتدائية من النقطة O .

برأيك :

1- ما هو شكل التسجيل بالتصوير المتعاقب لحركة M ؟ مثل برسم و بصفة كيفية و دقيقة التصوير المتعاقب المفترض .

2- ما هي المقادير التي تتعلق بها سرعة M عند النقطة A ؟ كيف تؤثر هذه المقادير على قيمة السرعة ؟ علل .

3- نريد أن نعرف كيف تتغير قيمة السرعة v للمتحرك M في نقطة A بدلالة العمل W الذي تنجزه القوة بين النقطتين : O و A . من بين العبارات البسيطة المحتملة التالية و التي تربط W و M و v حيث a يمثل ثابت يطلب تحديده . ما هي التي تقبلها و بالتالي تتحقق منها تجريبيا ؟ أحذف الباقية مع التعليل .

4- اكتب بروتوكولا تجريبيا يسمح بالتحقق من العبارات المحتملة .

نتيجة :

السرعة المكتسبة من طرف متحرك كتلته M ، راجعة إلى أن المتحرك M تلقى عملا من طرف قوة $\vec{F}$ واحدة مطبقة عليه ، و هذا العمل يعبر عنه بالعلاقة : $W = \frac{1}{2}Mv^2$.

2- عمل قوة ثابتة :

أ- عمل قوة ثابتة في حركة انسحابية مستقيمة :

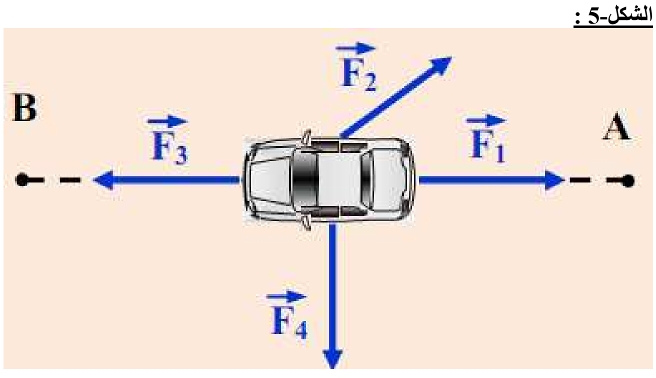
نشاط :

يمثل (الشكل-5) المقابل مساهمة أربعة أشخاص في نقل سيارة انطلاقا من السكون من الموضع A إلى الموضع B حيث يطبق كل واحد منهم قوة متساوية الشدة : F

1- ما هي القوة من بين القوى الأربع التي تجعل العربة تصل إلى النقطة B بأقصى سرعة إذا إثرت لوحدها ؟

2- رتب القوى الأربع حسب فعالية كل منها في نقل العربة من A إلى B .

الشكل-5 :



3- ما هي العلاقة من العلاقات التالية التي تميز احسن فعالية كل قوة و تسمح بشرح الترتيب السابق :

F.d.α ، F.d.sinα ، F.d.cosα ، F.d

<u>تحليل النشاط :</u>

1- القوة من بين القوى الأربع التي تجعل العربة تصل إلى النقطة B بأقصى سرعة إذا إثرت لوحدها هي القوة $\vec{F}_3$ لأنها تنجز أكبر عمل ممكن في نفس الزمن .

<u>2- ترتيب القوى الأربع حسب فعالية كل منها في نقل العربة من A إلى B :</u>

لدينا مما سبق حسب مفهوم العمل :

$$W(\vec{F}_3) = -W(\vec{F}_1) > 0 \quad , \quad W(\vec{F}_2) < 0 \quad , \quad W(\vec{F}_4) = 0$$

و بالتالي يكون :

$$W(\vec{F}_3) > W(\vec{F}_4) > W(\vec{F}_2) > W(\vec{F}_1)$$

3- العلاقة التي تميز احسن فعالية كل قوة و تسمح بشرح الترتيب السابق هي : $W(\vec{F}) = F.d.\cos\alpha$.

<u>ب- مفهوم عمل القوة :</u>

- نقول عن قوة أنها قامت بعمل إذا انتقلت نقطة تطبيقها من موضع إلى موضع آخر .

- عمل قوة $\vec{F}$ أثناء انتقال من موضع A إلى موضع B الذي يرمز له بـ $W_{AB}(\vec{F})$ وو حدته الجول هو مقدار جبري يكون موجب إذا كانت القوة $\vec{F}$ في جهة الحركة و يقال عنه **عمل محرك** بينما يكون سالبا إذا كانت القوة $\vec{F}$ معاكسة لجهة الحركة و يقال عنه في هذه الحالة **عمل مقاوم** .

<u>جـ- عمل قوة ثابتة في حالة حركة انسحابية مستقيمة :</u>

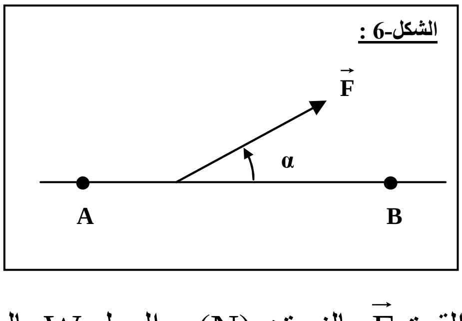
- عمل قوة $\vec{F}$ ثابتة عندما تنتقل نقطة تطبيقها وفق مسار مستقيم AB هو الجداء السلمي بين شعاع القوة $\vec{F}$ و شعاع الإنتقال $\overrightarrow{AB}$ أي :

$$\boxed{W_{AB}(\vec{F}) = \vec{F} \cdot \overrightarrow{AB}}$$

و هذا العلاقة تكافئ العلاقة التالية :

$$\boxed{W_{AB}(\vec{F}) = F\,AB\cos\alpha}$$

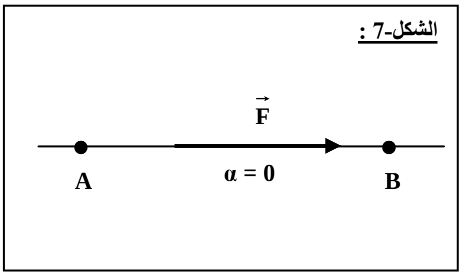
حيث α هي الزاوية التي يصنعها الشعاع $\overrightarrow{AB}$ مع شعاع القوة $\vec{F}$ (الشكل-6) .



- تقدر المسافة AB بالمتر (m) و شدة القوة $\vec{F}$ بالنيوتن (N) و العمل W بالجول (J) .

حالات خاصة :

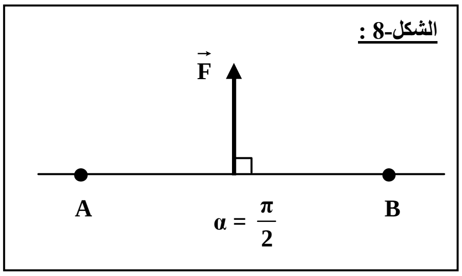
* القوة $\vec{F}$ أفقية في جهة الحركة(الشكل-7) :



- في هذه الحالة يكون : $\alpha = 0 \rightarrow \cos\alpha = 1$. ومنه تصبح عبارة العمل كما يلي :

$$\boxed{W_{AB}(\vec{F}) = F\,AB}$$

* القوة $\vec{F}$ عمودية على محور الحركة (الشكل-8) :

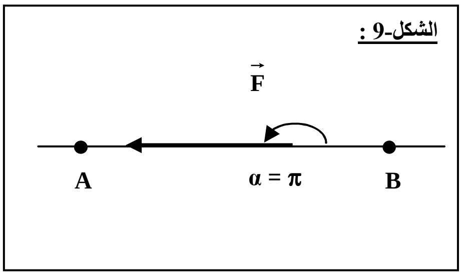


- في هذه الحالة يكون : $\alpha = \frac{\pi}{2} \rightarrow \cos\alpha = 0$. ومنه تصبح عبارة العمل كما يلي :

$$\boxed{W_{AB}(\vec{F}) = 0}$$

- نقول عن القوة في هذه الحالة أنها لا تعمل .

* القوة $\vec{F}$ أفقية و معاكسة لجهة الحركة (الشكل-9) :



- في هذه الحالة يكون : $\alpha = \pi \rightarrow \cos\alpha = -1$. ومنه تصبح عبارة العمل كما يلي :

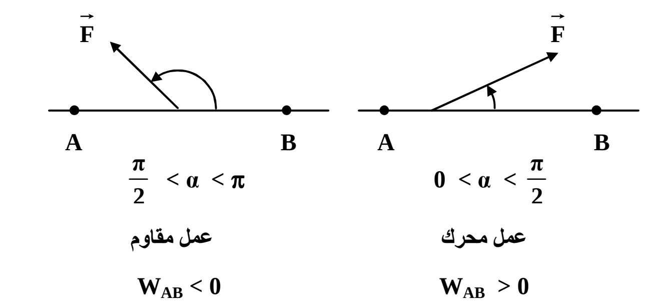
$$\boxed{W_{AB}(\vec{F}) = -\,F\,AB}$$

ملاحظة-1 :

- إذا كانت القوة المطبقة على متحرك في اتجاه الحركة ، أي $0 < \alpha < \frac{\pi}{2}$ تكون إشارة عمل هذه القوة موجبة $W > 0$، و بالتالي العمل هذه الحالة أنه **محرك** .

- إذا كانت القوة المطبقة على متحرك في الإتجاه المعاكس للحركة ، أي $\frac{\pi}{2} < \alpha < \pi$ تكون إشارة عمل هذه القوة سالبة $W < 0$، و بالتالي العمل هذه الحالة أنه **مقاوم** .

الشكل-10 :



ملاحظة-2 :

عمل قوة $\vec{F}$ أثناء انتقال من موضع A إلى الموضع A_n مرورا بمواضع أخرى A_1 ، A_2 ، ..... مساوي لمجموع الأعمال لكل الانتقالات أي :

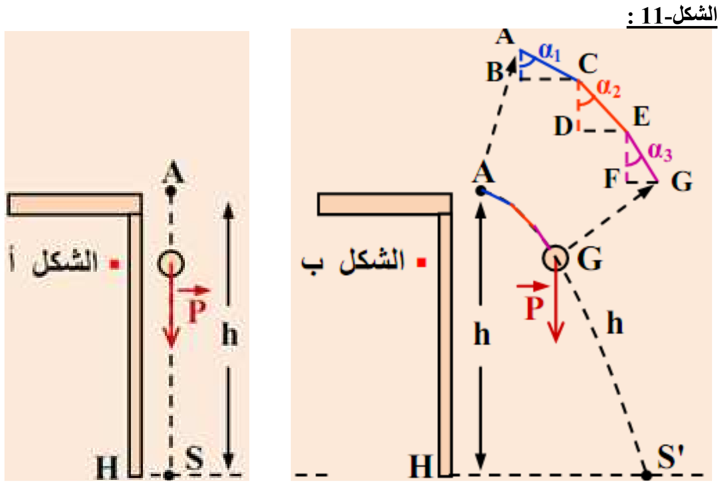
$$\boxed{W_{A_1A_n}(\vec{F}) = W_{A_1A_2}(\vec{F}) + W_{A_2A_3}(\vec{F}) + W_{A_3A_4}(\vec{F}) + \ldots\ldots + W_{A_{n-1}A_n}(\vec{F})}$$

د- عمل الثقل :

نشاط :

نترك كرية تسقط شاقوليا بدون سرعة ابتدائية من الموضع A إلى الموضع S (الشكل-11-أ) .

الشكل-11 :



1- جد عبارة عمل ثقل الكرية خلال السقوط .

2- كيف تكون هذه العبارة إذا قذفت الكرية أفقيا انطلاقا من نفس الموضع A لتسقط في الموضع S’ (الشكل-ب) .

4- في رأيك هل عمل قوة الثقل يتعلق بالمسار ؟

تحليل النشاط :

1- عبارة عمل ثقل الكرية خلال السقوط :

$$W_{A\text{-}S}(\vec{P}) = P.AS.\cos\alpha$$

و كون أن قوة الثقل ثابتة في الشدة و موازية لشعاع الانتقال ($\alpha = 0 \rightarrow \cos\alpha = 1$) و في جهة الحركة يكون :

$$W_{A\text{-}S}(\vec{P}) = P.h$$

2- لإيجاد عبارة العمل عندما تقذف الكرية أفقيا انطلاقا من نفس الموضع A لتسقط في الموضع S' نقوم أولا بتقسيم المسار (AS') إلى مجموعة من الانتقالات العنصرية (AC ، CE ، EG ، ....) و التي نعتبرها مستقيمة. و يكون :

$$W_{AS'}(\vec{P}) = \sum \delta W(\vec{P}) = P.(AC).\cos\alpha_1 + P.(CE).\cos\alpha_2 + P.(EG) + ...$$

من (الشكل-11-ب) و خلال انتقال AC يكون :

$$\cos\alpha_1 = \frac{h_1}{AC} \rightarrow \cos\alpha_1.(AC) = h_1$$

و بالمثل خلال انتقالات الأخرى يكون :

$$\cos\alpha_2 = \frac{h_2}{CE} \rightarrow \cos\alpha_2.(CE) = h_2$$

$$\cos\alpha_3 = \frac{h_3}{EG} \rightarrow \cos\alpha_3.(EG) = h_3$$

حيث h_1 ، h_2 ، h_3 الفرق في الارتفاع بين الموضع الابتدائي و الموضع النهائي في كل انتقال عنصري ، كما يكون :

$$h = h_1 + h_2 + h_3 + ...$$

كما أن h يمثل الفرق في ارتفاع بين الموضعين (A) و (S') (الشكل-11-ب) .

يصبح لدينا :

$$W_{AS'}(\vec{P}) = P.h_1 + Ph_2 + Ph_3 + ...$$

$$W_{AS'}(\vec{P}) = P\,(h_1 + h_2 + h_3 + ...\quad)$$

$$W_{AS'}(\vec{P}) = P\,h$$

$$W_{AS'}(\vec{P}) = m.g.h$$

$$W_{AS'}(\vec{P}) = P.h$$

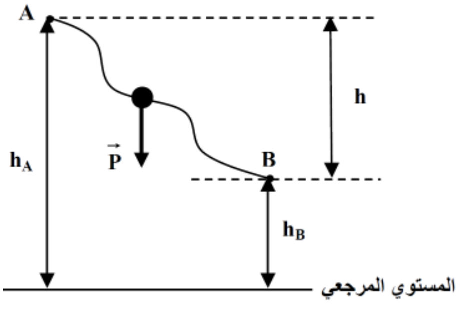
3- تعلق عمل الثقل بالمسار :

من خلال البرهان السابق نلاحظ يمكن أن نستنتج أن عمل الثقل لا يتحق بالمسار لأننا سنجد في كل الحالات :

$$(AC).\cos\alpha_1 + (CE).\cos\alpha_2 + (EG) + ... = h$$

حيث h هو الفرق في ارتفاع بين الموضع الابتدائي و الموضع النهائي .

الشكل-12 :



نتيجة :

عندما ينتقل مركز ثقل جسم من نقطة A الموجودة على ارتفاع z_A في معلم معين إلى نقطة B الموجودة على ارتفاع z_B فإن عمل ثقل هذا الجسم لا يتعلق بمسار مركز ثقله ، و إنما يتعلق بشدة الثقل و الفرق في ارتفاع ($z_A - z_B$) و نكتب :

$$\boxed{W_{A\text{-}B}(\vec{P}) = m.g\,(z_A - z_B)}$$

و نكتب أيضا :

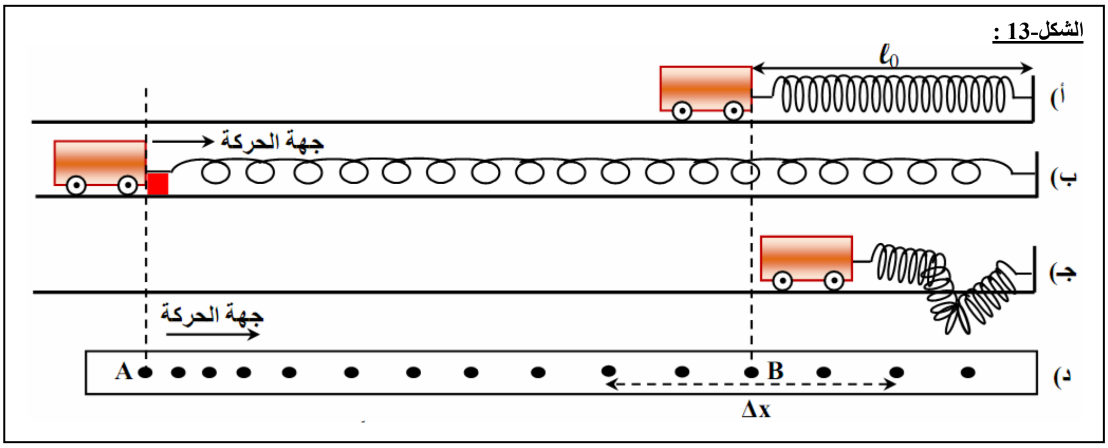
$$W_{A\text{-}B}(\vec{P}) = +m.g.h \quad \text{(عمل الثقل محرك ، الجسم نازل)}$$
$$W_{A\text{-}B}(\vec{P}) = -m.g.h \quad \text{(عمل الثقل مقاوم ، الجسم صاعد)}$$

3- الطاقة الحركية الانسحابية :

نشاط-1 :

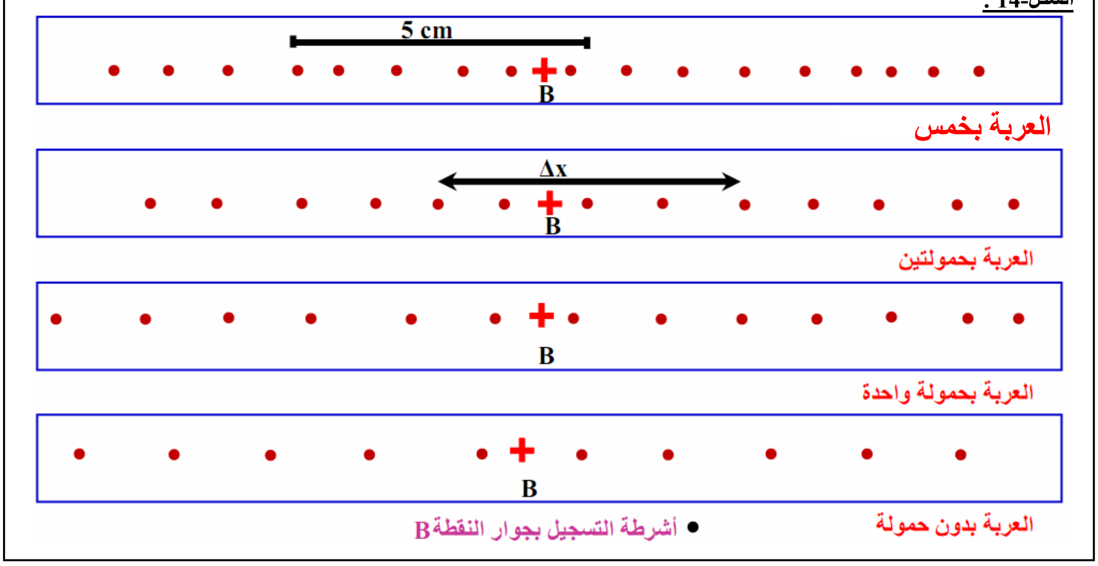
- نربط عربة كتلتها $M = 276\ g$ بنابض مرن طوله الأصلي ℓ_0 (الشكل-أ) ، ثم نسحبها على مستوي أفقي نعتبر الاحتكاك به معدوم تماما ، و نضع أمامها حاجزا (الشكل-ب) .
- نحرر العربة في لحظة معينة مع أخذ صور متعاقبة خلال حركتها . يمثل (الشكل-د) نموذج لتسجيل حركة العربة حيث المجال الزمني بين تسجيلي نقطتين متتاليتين هو $(\tau = 0.01\ s)$.
- نعلم على شريط التسجيل النقطتين A و B الموافقتين لموضع انطلاق العربة و موضع العربة عندما يكون النابض في وضع الراحة (غير مستطال وطوله مساوي لطوله الأصلي ℓ_0) .

الشكل-13 :



- نكرر نفس التجربة بتحميل العربة بحمولة واحدة ، ثم بحمولتين اثنتين ، ثم بخمس حمولات ، بعدها يسحب النابض بنفس الإستطالة في كل مرة . (الشكل-14) المرفق الموالي يبين التسجيلات المتحصل عليها :

الشكل-14 :



- نقيس على أشرطة التسجيلات المعطاة قيم المسافات Δx المقاسة باختيار أربعة مجالات بجوار النقطة B (الشكل-13- د) في مختلف الحالات الأربع ، ثم نحسب سرعة العربة في الموضع B عند كل حالة وكذلك المقادير M^2v ، Mv ، Mv^2 . الجدول التالي يمثل النتائج المتحصل عليها :

Mv^2	Mv	M^2v	سرعة العربة v (m/s)	Δx (m)	كتلة العربة	
0.75	0.455	0.125	$v=\dfrac{\Delta x}{\Delta t}=\dfrac{\Delta x}{4\tau}=1.650$	0.066	0.276	عربة بدون حمولة
0.74	0.530	0.199	1.400	0.056	0.376	عربة بحمولة واحدة
0.74	0.595	0.283	1.250	0.050	0.476	عربة بحمولتين
0.74	0.760	0.590	0.975	0.039	0.776	عربة بخمس حمولات

1- في الموضع A هل تكتسب الجملة (عربة + نابض) طاقة ؟ ما هو شكل هذه الطاقة ؟
2- هل طاقة الجملة (عربة + نابض) في الموضع A نفسها في الحالات الأربع .
3- في الموضع B هل تكتسب الجملة (عربة + نابض) طاقة ؟ ما هو شكل هذه الطاقة ؟
4- هل طاقة الجملة (عربة + نابض) في الموضع B نفسها في الحالات الأربع ؟ اشرح .
5- ما هو نمط التحويل الطاقوي الذي حدث بين النابض و العربة أثناء الانتقال من الموضع A إلى الموضع B ؟
6- هل قيمة هذا التحويل الطاقوي هي نفسها في الحالات الأربع ؟ علل .
7- من بين هذه العبارات (M^2v ، Mv ، Mv^2) ما هي العبارة التي تناسب التحويل الطاقوي . الذي حدث في الجملة في مختلف الحالات ؟
8- تحقق من نتيجة السؤال السابق (7) برسم البيان $v^2 = f(\frac{1}{M})$.
9- استنتج علاقة حرفية للتحويل الطاقوي المذكور و علاقة حرفية للطاقة الحركية كل منهما بدلالة كتلة العربة M و سرعتها v .

تحليل النشاط :

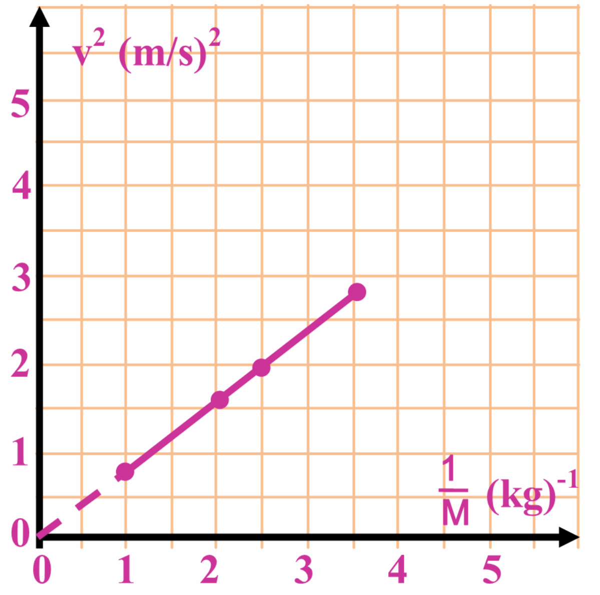
1- في الموضع A الجملة (عربة + نابض) تكتسب طاقة كامنة مرونية نتيجة استطالة النابض مع العلم أن الطاقة الحركية للعربة معدومة في هذا الموضع نتيجة انعدام سرعتها .
2- طاقة الجملة (عربة + نابض) نفسها في جميع الحالات الأربع لأن استطالة النابض نفسها في جميع هذه الحالات كما أن مقدار الطاقة الكامنة المرونية تتعلق بمقدار استطالة النابض ، و مقدار استطالة النابض نفسه في جميع الحالات الأربع .
3- في الموضع B الجملة (عربة + نابض) تكتسب طاقة حركية لأن للعربة سرعة في الموضع B مع العلم أن الطاقة الكامنة المرونية للجملة معدومة نتيجة وجود النابض في وضع الراحة (استطالته معدومة) .
4- باعتبار عدم ضياع الطاقة بفعل الاحتكاك (الاحتكاك مهمل) ، يكون مقدار النقصان في الطاقة الكامنة المرونية مساوي لمقدار الزيادة في الطاقة الحركية ، و كون أن الطاقة الكامنة المكتسبة في الموضع A تتحول كليا (حتى الانعدام) إلى طاقة حركية في الموضع B تكون الطاقة الحركية المكتسبة في الموضع (B) مساوية للطاقة الكامنة المكتسبة في الموضع A ، و كون أن الطاقة الكامنة المكتسبة في الموضع A هي نفسها في الحالات الأربع تكون الطاقة الحركية المكتسبة في الموضع B هي أيضا نفسها في الحالات الأربع .
5- نمط التحويل الطاقوي الذي حدث بين النابض و العربة أثناء الانتقال من الموضع A إلى الموضع B هو تحويل ميكانيكي W_m .

6- ذكرنا سابقا أن الطاقة الكامنة المكتسبة من طرف الجملة (عربة + نابض) في الوضع A تتحول كليا إلى طاقة حركية أثناء انتقال العربة من الموضع A إلى الموضع B ، و بما أن الطاقة الكامنة المكتسبة في الموضع A نفسها في جميع الحالات الأربع ، من المؤكد سيكون مقدار التحويل الميكانيكي نفسه في جميع الحالات الأربع .

7- مما سبق التحويل الميكانيكي ثابت ، و من خلال النتائج المدونة في الجدول تكون العبارة المناسبة لهذا التحويل هي Mv^2 .

8- التحقق من النتيجة برسم البيان $v^2 = f(\frac{1}{M})$:

الشكل-15 :



البيان $v^2 = f(\frac{1}{M})$ عبارة عن مستقيم عبارته من الشكل : $v^2 = a\,\frac{1}{M}$ حيث K_c ثابت يمكن حسابه ، و بالتالي يمكن كتابة العبارة $Mv^2 = a$ ، و هي نفس النتيجة المتحصل عليها في السؤال السابق .

9- العبارة الحرفية للتحويل الطاقوي و كذا الطاقة الحركية :

- بما أن التحويل الميكانيكي W_m بين النابض و العربة ثابت ، و من الجدول المقدار Mv^2 ثابت و كل من التحويل الميكانيكي و العبارة متعلق بالسرعة ، ليس بالضرورة يكون التحويل الميكانيكي مساوي للعبارة Mv^2 لكن يكونان متناسبان أي : $W_m = K_C Mv^2$ حيث K_C هو ثابت التناسب .

- بتطبيق مبدأ انحفاظ الطاقة بين الموضع A و موضع كيفي M نعتبر عندها الطاقة الحركية عنده هي E_C .

$E_A + E_{\text{مكتسبة}} - E_{\text{مقدمة}} = E_M$

$E_{CA} + W_m = E_{CM}$

$W_m = E_C$

$E_C = W_m \;\rightarrow\; E_C = K_C Mv^2$

نتيجة :

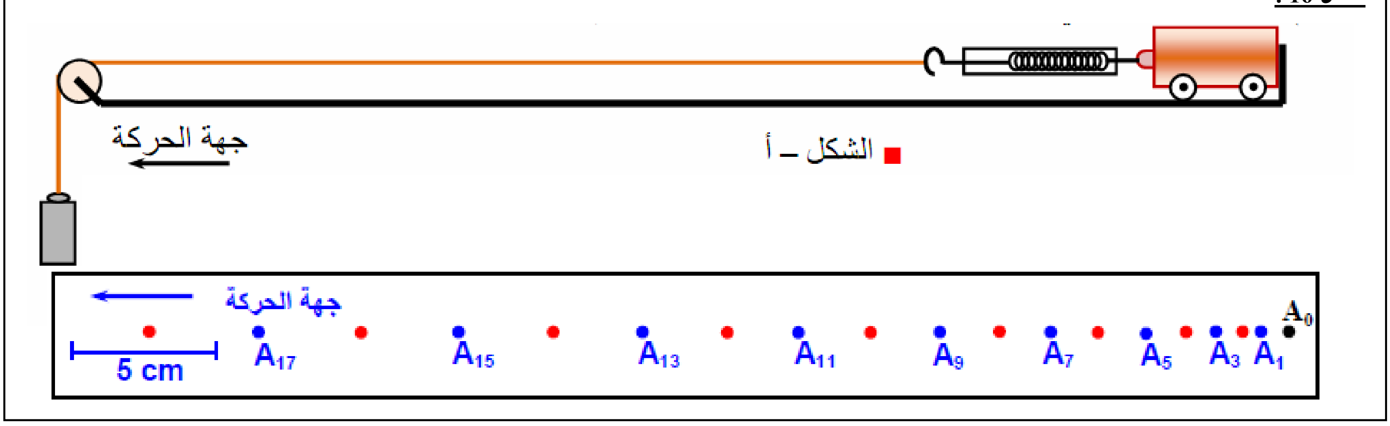
تتعلق الطاقة الحركية لجسم متحرك بسرعته و كتلته ، كما أنها تتناسب طرديا مع المقدار Mv^2 ، و تكون عبارتها من الشكل : $E_C = K_C\, Mv^2$ حيث : K_c قيمة ثابتة تمثل معامل التناسب .

نشاط-2 :

لتحديد الثابت K_c نقوم بالتجربة التالية :

يجر جسم عربة كتلتها $M = 0.60$ Kg بواسطة خيط عديم الامتطاط مرتبط بربيعة تطبق قوة ثابتة على العربة (قوة ثقل الجسم المعلق) ، فتسحب العربة على مستوى أفقي (الشكل16-أ) .
ندرس حركة العربة باستعمال التصوير المتعاقب ، فنحصل على التسجيل الممثل في (الشكل-ب) حيث المجال الزمني الفاصل بين تسجيلين متتاليين هو $\tau = 0.04$ s .

الشكل-16 :

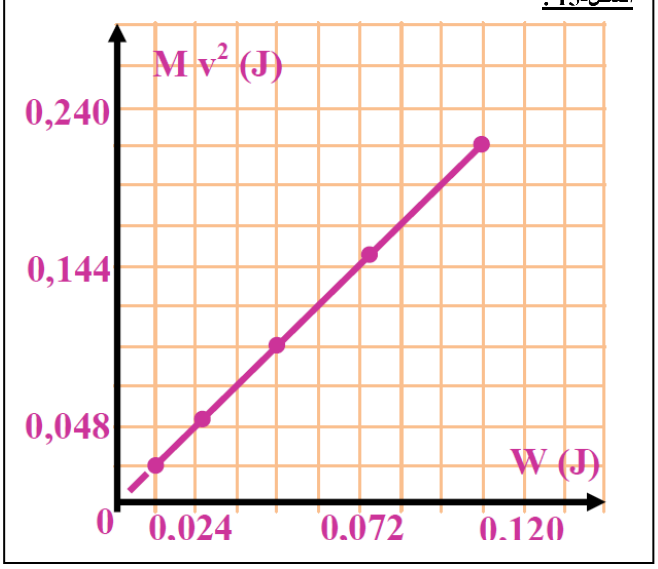


- نحسب سرعة العربة في المواضع A_2 ، A_4 ، A_6 ، ...... و بحساب المسافات d_i الموافقة لانتقالات العربة من نقطة الانطلاق A_0 إلى الموضع A_i المعتبر ، نحسب عمل القوة الموافق لكل الانتقالات المذكورة علما أن الربيعة تشير إلى القيمة 0.67 N خلال حركة العربة و اعتمادا على ذلك نحصل على النتائج المدونة في الجدول التالي :

الموضع	v(m/s)	d(m)	Mv^2 (J)	W = Fd (J)
2	0.2	0.018	0.024	0.0120
4	0.3	0.038	0.054	0.0254
6	0.4	0.070	0.096	0.0470
8	0.5	0.110	0.150	0.0737
10	0.6	0.153	0.216	0.1025

1- أرسم المنحنى الممثل لتغيرات المقدار Mv^2 بدلالة W . ماذا تلاحظ .
2- أحسب ميل المنحنى .
3- استنتج قيمة الثابت K_c و كذلك العبارة النهائية للطاقة الحركية .

الشكل-15 :



تحليل النشاط :

1- البيان $Mv^2 = f(W)$:

الملاحظة :

البيان $Mv^2 = f(W)$ عبارة عن مستقيم يمر من المبدأ معادلته من الشكل $Mv^2 = a\,W$ ، نستنتج من ذلك أن المقدار Mv^2 يتناسب طرديا مع العمل

2- حساب ميل المنحنى :

من البيان :

$$a = \frac{0.096 - 0}{0.048 - 0} = 2$$

3- قيمة K_C :

من جهة (البيان) لدينا :

$$Mv^2 = 2\ W \rightarrow Mv^2 = 2\ E_C$$

و من جهة أخرى (مما سبف في النشاط-1) لدينا :

$$E_C = K_C\ Mv^2 \ \rightarrow \ Mv^2 = \frac{1}{K_C} E_C$$

بالمطابقة نجد :

$$\frac{1}{K_C} = 2 \rightarrow \ K_C = \frac{1}{2}$$

نتيجة :

- عندما ينسحب جسم ذو كتلة M بسرعة v فإن طاقته الحركية Ec مقدرة بالجول عند كل لحظة تعطى بالعبارة التالية :

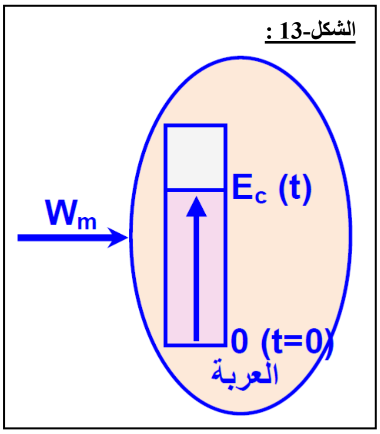
$$\boxed{Ec = \frac{1}{2} mv^2}$$

ملاحظة-1 :

الطاقة الحركية لجملة تتكون من عدة أجسام (S_1) ، (S_2) ..... مساوية لمجموع الطاقات الحركية لهذه الأجسام أي :

$$\boxed{E_C = E_C(S_1) + E_C(S_2) + \ldots\ldots..}$$

ملاحظة-2:



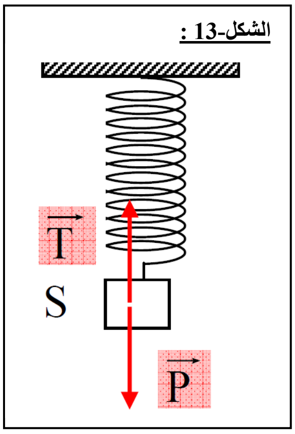
إذا كانت طاقة الجملة الابتدائية هي E_1 و حدث تغير في طاقتها بسبيل ميكانيكي W (مجموع عمل القوى الخارجية)
لتصبح طاقة الجملة E_2 يمكن كتابة معادلة انحفاظ الطاقة كما يلي :

$$E_1 + W_m = E_2$$

و حيث أن : $W_m = \sum W(\vec{F}_{ext})$ يمكن كتابة معادلة انحفاظ الطاقة في الجملة الميكانيكية كما يلي :

$$\boxed{E_1 + \sum W(\vec{F}_{ext}) = E_2}$$

ملاحظة-3: (تذكير مفهوم القوى الداخلية و الخارجية)



في جملة ميكانيكية تكون القوة داخلية إذا كان الجسمين المؤثر و المتاثر بهذه القوة ينتميان إلى هذه الجملة ، و تكون قوة خارجية إذا كان أحد هذين الجسمين (المؤثر و المتأثر) ينتمي إلى الجملة الميكانيكية و الآخر خارجها أو كلاهما خارج الجملة الميكانيكية المعتبرة .

مثال :

في الشكل المقابل يخضع الجسم (S) إلى تأثير قوتين الأولى قوة الثقل $(\vec{P})$ الناتجة عن تأثير (جذب) الأرض للجسم (S) و الثانية قوة توتر النابض $(\vec{T})$ الناتجة عن تأثير النابض على الجسم (S) ، يمكن للقوتين المذكورتين أن تكون داخلية أو خارجية و ذلك حسب الجملة المختارة كما يبينه الجدول التالي :

الجملة	قوة الثقل $\vec{P}$	قوة التوتر $\vec{T}$
(جسم)	خارجية	خارجية
(نابض)	خارجية	خارجية
(أرض)	خارجية	خارجية
(جسم + أرض)	داخلية	خارجية
(جسم + نابض)	خارجية	داخلية
(جسم + نابض + أرض)	داخلية	داخلية

** الأستاذ : فرقاني فارس **
ثانوية مولود قاسم نايت بلقاسم
الخروب - قسنطينة
Fares_Fergani@yahoo.Fr
Tel : 0771998109

نرجو إبلاغنا عن طريق البريد الإلكتروني بأي خلل في الدروس أو التمارين و حلولها . وشكرا مسبقا

لتحميل نسخة من هذه الوثيقة و للمزيد . أدخل موقع الأستاذ ذو العنوان التالي :

www.sites.google.com/site/faresfergani