رقم المذكرة : 02

المــــــــادة :علوم فيزيائية .

المجـــــــال : الميكانيك و الطاقة .

الـــــوحـدة : العمل و الطاقة الحركية « حالة حركة إنسحابية ».

المستـــــــوى : سنة ثانية علوم تجريبية .

الكفاءات المستهدفة :

- يعبر و يحسب عمل قوة ثابتة و الطاقة الحركية لجسم صلب في حركة إنسحابية .
- يستعمل مبدأ إنحفاظ الطاقة لتحديد سرعة جسم صلب في حركة إنسحابية .

المحتوى المفاهيمي :

- عبارة عمل قوة ثابتة حالة « حركة إنسحابية » . $W_{AB}(\vec{F}) = F.\,AB.\cos\alpha$
- وحدة العمل (الجول).
- العمل المحرك و العمل المقاوم .
- الطاقة الحركية لجسم صلب في حالة الحركة الإنسحابية . $E_c = \frac{1}{2}.m.v^2$

المراجع :

- ✓ الكتاب المدرسي .
- ✓ الوثيقة المرافقة .
- ✓ المنهاج .
- ✓ دليل الأستاذ .
- ✓ الإنترنت .
- ✓ كتب خارجية .

الوسائل المستعملة :

- ✓ بكرة ،خيط عديم الإمتطاط ،عربة .
- ✓ جسم ذو كتلة ، ورقة .
- ✓ كرية صغيرة ملساء مصنوعة من الفولاذ كتلتها $m=100g$.
- ✓ جهاز يسمح بقياس سرعة الكرية أثناء السقوط .
- ✓ أفلام لبعض التجارب المستعملة .
- ✓ جهاز الكمبيوتر .
- ✓ جهاز العرض .

التقويم :

- ✓ تمرين 9 صفحة 47 .
- ✓ تمرين 14 صفحة 48 .
- ✓ واجب منزلي (02):

تمرين 4 صفحة 46 .

تمرين 16 صفحة 49 .

تمرين 19 صفحة 49 .

المجال: الميكانيك و الطاقة

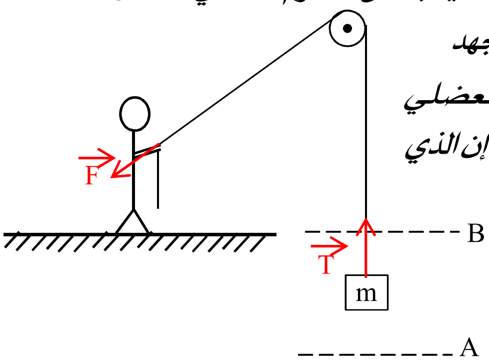
الوحدة: العمل و الطاقة الحركية - حالة حركة إنسحابية -

تذكير:

في الحركة الإنسحابية يكون لكل نقطة من نقاط الجملة نفس منحى و جهة شعاع السرعة $\vec{V}$ ، و لها مسارات متتالية ، و لدراسة هذه الجملة في الحالة الإنسحابية نختار نقطة كيفية و تعود دراسة حركة الجملة إلى دراسة حركة هذه النقطة .

1- مفهوم عمل قوة :

- في المفهوم العام تعبر كلمة العمل عن جهد متبوع بإحساس التعب و هذا لا يعبر عن المفهوم العلمي للعمل .
- عندما يقوم شخص برفع جسم ثقيل بواسطة حبل ، فإنه يتعب نتيجة الجهد العضلي الذي يبذله ، نقول أن هذا الشخص بذل عملا و نقصد به الجهد العضلي الذي بذله ، و هو عمل فيزيولوجي ، في الحقيقة من ا لناحية الفيزيائية إن الذي بذل عملا هنا هو القوة الساحبة $\left(\vec{F}\right)$ التي تتمثل أيضا في قوة توتر الحبل $\left(\vec{T}\right)$ حيث إنتقلة نقطة تأثيرها مسافة معينة .

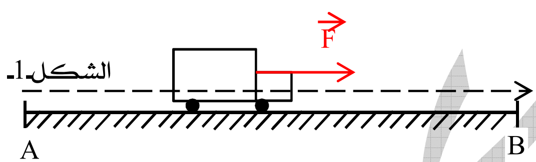


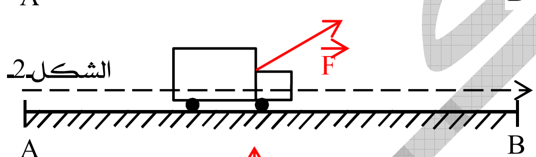
نتيجة : العمل الميكانيكي يرتبط بمفهوم القوة و الإنتقال معا أي عمل قوة ثابتة ينتج عن إنتقال نقطة تأثيرها .

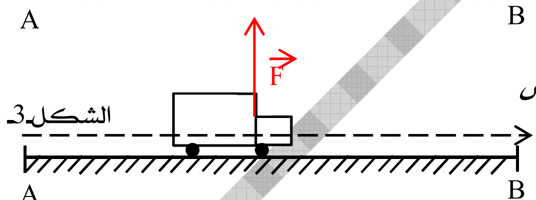
2- عمل قوة ثابتة في حالة حركة إنسحابية :

أ- كيف تعمل القوة :

نشاط : لاحظ الأشكال الثلاثة المقابلة :







في الشكل (1) : يطبق شخص قوة دفع $\vec{F}$ على سيارة متوقفة بغية نقلها من نقطة A إلى النقطة B على مسار مستقيم ، بحيث يكون حامل القوة $\vec{F}$ موازيا للطريق و جهتها من A إلى B .

في الشكل (2) : يطبق الشخص نفس القوة على السيارة من أجل نفس الهدف بحيث يكون حامل القوة يصنع زاوية معينة $(\alpha < 90°)$ مع الطريق .

في الشكل (3) : يطبق نفس الشخص نفس القوة من أجل نفس الهدف و لكن هذه المرة يكون حامل القوة عموديا على الطريق .

- ✓ هل يفلح الشخص في نقل السيارة ؟
- ✓ ما هو تأثير القوة على السيارة في كل حالة و في أي حالة يحقق هذا الشخص مبتغاه بسهولة ؟
- ✓ ما هي الشروط التي تجعل القوة التي يبذلها الشخص تقوم بعمل ما ؟ و ما هو تأثير الزاوية α ؟

التحليل :

عندما يبذل الشخص قوة عضلية $\vec{F}$ لتحريك السيارة مسافة معينة AB فإن القوة المبذولة تقوم بعمل ميكانيكي عندما تنتقل نقطة تأثيرها بإنتقال السيارة المدفوعة .

في الشكل (1) : لا يجد الشخص صعوبة كبيرة في دفع السيارة من النقطة A إلى النقطة B ، حيث تكون الزاوية بين حامل القوة $\vec{F}$ و الطريق هي $(\alpha = 0)$ و يكون العمل المنجز على أحسن وجه $(\cos\alpha = 1)$.

في الشكل (2) : يجد هنا الشخص صعوبة شديدة في القيام بنفس العمل السابق و قد يزيد من شدة القوة الدافعة لأن حامل القوة لا يكون موازيا للطريق ، حيث تكون الزاوية $\left(0 \langle \alpha \langle \frac{\pi}{2}\right)$ و يكون العمل منجز و لكن بفعالية أقل $(\cos\alpha \langle 1)$.

في الشكل (3) : يستحيل القيام بهذا العمل لأن القوة المؤثرة على السيارة تكون عمودية على الطريق و هذا مهما زاد من شدة القوة الدافعة و حتى لو إستعان بالعشرات من الأشخاص ، حيث تكون الزاوية $\left(\alpha = \frac{\pi}{2}\right)$ و يكون العمل معدوما $(\cos\alpha = 0)$.

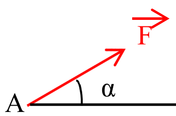
نتيجة : ● يتعلق عمل قوة ثابتة بشدة هذه القوة و بطول المسار و بوضعية حامل القوة .

● لا تقوم القوة بأي عمل إذا كان حاملها عموديا على الإنتقال .

● يتناسب عمل القوة الثابتة مع جيب تام الزاوية $(\cos\alpha)$ المحصور بين حامل القوة و الطريق .

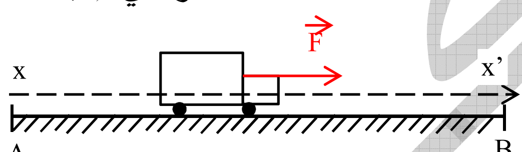
ب- عمل قوة على مسار مستقيم :

إعتمادا على النتائج السابقة ، يمكننا تعريف عمل القوة الثابتة $\vec{F}$ عندما تنتقل نقطة تأثيرها من A نحو B إنتقالا مستقيما بالجداء السلمي لشعاع القوة في شعاع الإنتقال : $\boxed{W_{AB}(\vec{F}) = \vec{F} . \overrightarrow{AB} = F . AB . Cos\,\alpha}$

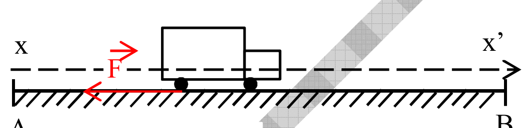


ج- متى يكون العمل محركا و متى يكون مقاوما ؟

لتحريك سيارة من نقطة A نحو B على مسار مستقيم فإن محركها يبذل قوة أفقية دافعة $\vec{F}$ تكون في الإتجاه الموجب للحركة من (x نحو x') (الشكل-1-) ، و يكون عملها خلال هذا الإنتقال موجبا و قيمته : $W_{AB}(\vec{F}) = \vec{F} . \overrightarrow{AB} = F . AB$ و يدعى هذا العمل بالعمل المحرك ، و إذا إفترضنا أن هذه السيارة يتوقف محركها لحضة مرورها من النقطة A فإن حركتها تتباطأ تحت تأثير قوة الإحتكاك $\vec{f}$ المعاكسة لها و تتوقف تماما عند النقطة B (الشكل-2-) ، فإن عمل هذه القوة يكون سالبا و مقاوما : $W_{AB}(\vec{f}) = \vec{f} . \overrightarrow{AB} = -f . AB$ و يدعى هذا العمل بالعمل المقاوم.



الشكل-1-



الشكل-2-

نتيجة : يكون العمل الموجب محركا في حين أن العمل السالب يكون مقاوما.

تطبيق نشاط 1 و 2 صفحة 35 :

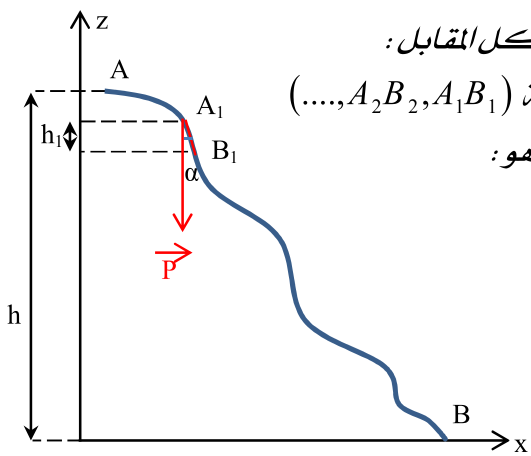
نشاط 0 1 :

- هذه القوة مساعدة على الحركة فهي المتسببة في الحركة (أي نقل العربة إلى B) .
- حساب العمل المنجز : $W_{AB}(\vec{F}) = \vec{F} . \overrightarrow{AB} = F . AB . Cos\,\alpha = 1000.100.1 = 10^5 (J) \rangle 0$.
- إشارة هذا العمل إشارة موجبة لأنه عمل مساعد (محرك) .

نشاط 02:

- هذه القوة المستعملة قوة الفرملة و هي قوة معيقة للحركة.
- حساب العمل المنجز: $W_{CD}(\vec{f}) = \vec{f}\,.\,\overrightarrow{CD} = f\,.\,CD\,.\,Cos\,\alpha = 500.50.(-1) = 25.10^3(J) \langle\ 0$.
- إشارة هذا العمل إشارة سالبة لأنه عمل معيق للمحركة.

د- عمل قوة الثقل:



نعتبر ورقة ثقلها $\vec{P}$ تسقط من نقطة A نحو B وفق المسار المبين في الشكل المقابل:

- لو قسمنا هذا المسار إلى قطع صغيرة نحصل على خطوط مستقيمة $(....,A_2B_2,A_1B_1)$

، نعلم أن قوة الثقل ثابتة، و بالتالي يكون عملها من A_1 إلى B_1 هو:

$$W_{A_1B_1}(\vec{P}) = P.A_1B_1.Cos\,\alpha ......(1)$$

ولدينا: $Cos\,\alpha = \dfrac{h_1}{A_1B_1}$، و بالتالي نعوض في العلاقة (1) فنجد:

$$W_{A_1B_1}(\vec{P}) = P.\,h_1$$

نكرر حساب العمل في كل جزء من المسار، و بجمع هذه الأعمال

نجد العمل من A إلى B:

$$W_{AB}(\vec{P}) = W_{A_1B_1}(\vec{P}) + W_{A_2B_2}(\vec{P}) + ... = Ph_1 + Ph_2 + ... = P(h_1 + h_2 + ...)$$

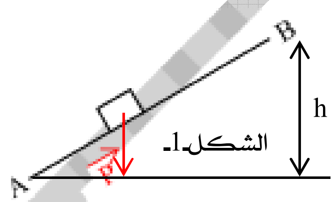
ولدينا: $h = h_1 + h_2 + ...$

ومنه: $\boxed{W_{AB}(\vec{P}) = P.\,h = m.\,g.\,h}$

نتيجة:

عمل قوة الثقل لا يتعلق بالمسار المسلوك بل يتعلق فقط بأول نقطة و أخر نقطة من المسار (الإرتفاع (h)).

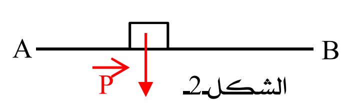
ملاحظة:



إذا كان الجسم ينتقل نحو الأعلى فإن عمل الثقل يكون سالبا

$\boxed{W_{AB}(\vec{P}) = -P.\,h}$ (الشكل-1).

إذا كان الجسم ينتقل أفقيا فإن عمل ثقله يكون عموديا (الشكل-2).



3- الطاقة الحركية لجسم صلب في حالة حركة إنسحابية :

نشاط تجريبي : دراسة تغير سرعة متحرك خاضع لقوة ثابتة بدلالة عمل هذه القوة .

الأدوات المستعملة : نستعمل جهاز مناسب يسمح بقياس السرعة اللحظية لمتحرك يقوم بحركة سقوط حر ، كرية صغيرة ملساء من الفولاذ كتلتها $m = 100g$.

مبدأ التجريب :

- نترك كرية تسقط من إرتفاع h معين ، بدون سرعة إبتدائية ، ثم نقيس بواسطة الجهاز السرعة اللحظية التي تكتسبها الكرية بعد قطع هذا الإرتفاع h .
- نكرر هذه التجربة من أجل قيم مختلفة للإرتفاع h ، و نقيس في كل مرة السرعة المكتسبة من طرف الكرية ، فكانت القياسات كمايلي :

$h(m)$	0,0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5
$v(m/s)$	0,0	3,1	4,4	5,4	6,3	7,4
$W(\vec{P})(J)$						
$v^2 (m/s)^2$						

العمل المطلوب :

1- أكمل الجدول .

2- أرسم المنحنى $v^2 = f(W(\vec{P}))$ ، سلم الرسم هو : $1\ cm \rightarrow 5\ (m/s)^2$ و $1\ cm \rightarrow 0,2\ J$.

3- إستنتج العلاقة التي تربط بين v^2 و عمل الثقل $W(\vec{P})$.

4- بين أنه يمكن كتابة عمل الثقل وفق العلاقة $W(\vec{P}) = \frac{1}{2} m\ .\ v^2$.

5- مثل الحصيلة الطاقوية للجملة (كرية) بين بداية السقوط و نهايته .

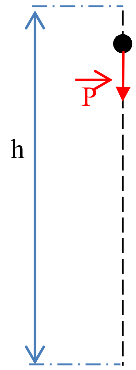
6- أكتب معادلة إنحفاظ الطاقة للجملة (كرية) ، (الإحتكاكات مع الهواء مهملة) .

7- إستنتج عبارة الطاقة الحركية E_C .

نأخذ : $g = 10\ SI$

الطاقة الحركية لجسم صلب في حالة حركة إنسحابية

دراسة و تحليل التجربة :



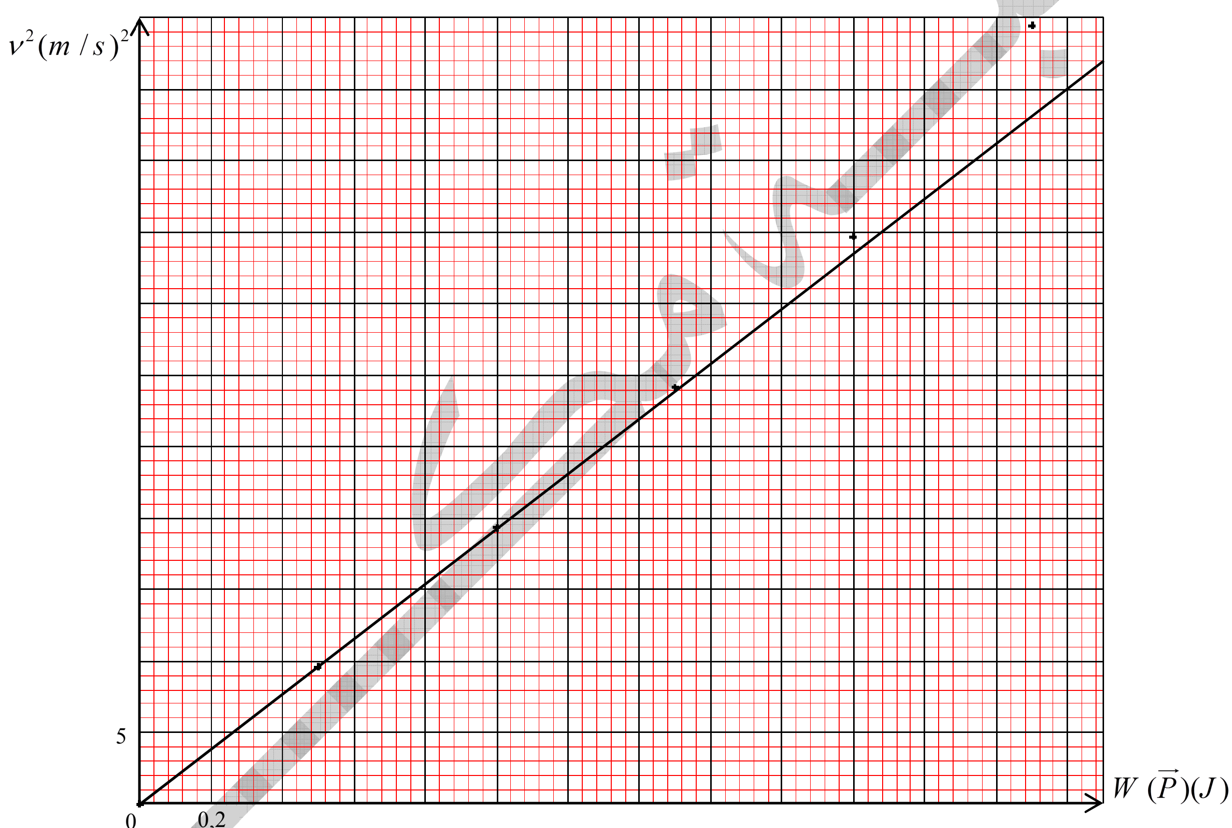
1- أكمل الجدول :

لدينا العمل : $W(\vec{P}) = P \times h \times Cos\alpha$ ومن الشكل : $\alpha = 0 \Rightarrow Cos\alpha = 1$ ولدينا :

$P = m\ .\ g = 0,1.10 = 1N$ ومنه : $\boxed{W(\vec{P}) = 1 \times h \times 1 = h}$ وعليه نملأ الجدول :

$h(m)$	0,0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5
$v(m/s)$	0,0	3,1	4,4	5,4	6,3	7,4
$W(\vec{P})(J)$	0,0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5
$v^2(m/s)^2$	0,0	9,6	19,36	29,16	39,69	54,76

2- رسم المنحنى البياني $v^2 = f(W(\vec{P}))$.



3- المنحنى البياني عبارة عن خط مستقيم يمر من المبدأ معادلته من الشكل : $\boxed{v^2 = K\ .W(\vec{P})}$ ، حيث

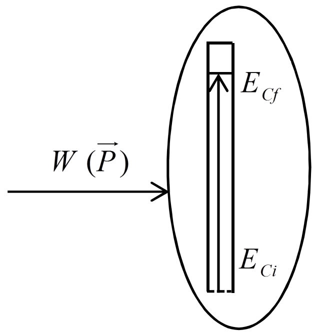
K يمثل معامل توجيه البيان $v^2 = f(W(\vec{P}))$ ومنه :

$$K = \frac{\Delta v^2}{\Delta W(\vec{P})} = \frac{39,69 - 0}{2,0 - 0} = 19,84 \simeq 20\ (m^2/s^2.J)$$ ومنه : $$v^2 = 20\ W(\vec{P})...(1)$$

4- تبيان أنه يمكن كتابة عمل الثقل وفق العلاقة التالية: $W(\vec{P})=\frac{1}{2}m\ .\ v^2$

من العلاقة (1) نجد: $W(\vec{P})=\frac{1}{20}\ v^2=\frac{1}{2}\ \frac{1}{10}\ v^2=\frac{1}{2}\ 0{,}1\ v^2=\frac{1}{2}\ m\ .\ v^2...(2)$

5- الحصيلة الطاقوية للجملة (كرية):



(الكرية)

6- معادلة إنحفاظ الطاقة:

$\cancel{E_{Ci}}+W(\vec{P})=E_{Cf}$ ومنه: $\boxed{E_{Cf}=W(\vec{P})}...(3)$

7- إستنتاج عبارة الطاقة الحركية E_C:

من العلاقة (2) و (3) نجد: $\boxed{E_C=\frac{1}{2}\ m\ v^2}$

نتيجة:

كل جسم يتحرك بالنسبة إلى مرجع بسرعة v وكتلته m يملك طاقة حركية E_C تعطى عبارتها بالشكل التالي:

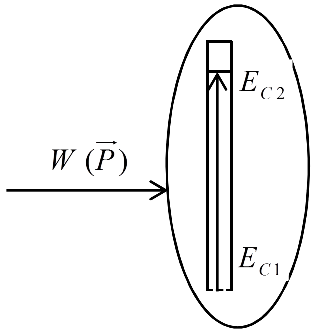
$\boxed{E_C=\frac{1}{2}\ m\ v^2}$ حيث: E_C: بالجول (J)

m: بـ (kg)

v: بـ (m/s).

التقويم

حل التمرين 14 صفحة 48 :



(الحجر)

1- حساب الطاقة الحركية لحظة وصول الحجر إلى سطح الأرض :

لدينا الحصيلة الطاقوية :

معادلة إنحفاظ الطاقة : $\cancel{E_{C1}} + W(\vec{P}) = E_{C2}$

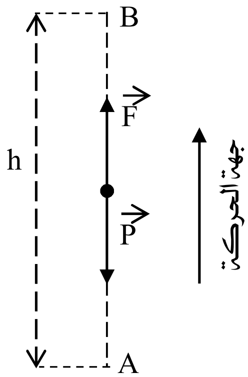
ومنه : $W(\vec{P}) = E_{C2}$ ومنه : $EC = EC2 = P.h$

$= m.g.h = 60 \times 9,8 \times 40 = 23520(J)$

2- من عبارة الطاقة الحركية : $E_C = \frac{1}{2}\ m\ v^2$

ومنه : $v = \sqrt{\frac{2 \times E_C}{m}} = \sqrt{\frac{2 \times 23520}{60}} = 28(m/s)$

حل التمرين 9 صفحة 47 :



1- العمل اللازم بذله لرفع الجسم شاقوليا مسافة $h = 10m$:

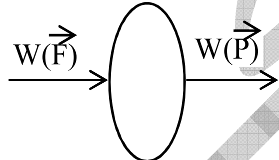
ط1) بما أن السرعة ثابتة و المسار مستقيم فالحركة مستقيمة منتظمة إذا :

$\sum \vec{F} = \vec{0}$ ومنه : $\vec{F} + \vec{P} = \vec{0}$

بالإسقاط على محور الحركة نجد : $F - P = 0$ ومنه : $F = P$ وعليه :

$W(\vec{F}) = F\ .\ AB\ .\ Cos\alpha = 980 \times 10 \times 1 = 9800(J)$

ط2) بإستعمال الحصيلة الطاقوية بين الموضعين A و B للجسم :



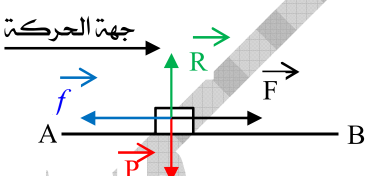
(الجسم)

معادلة إنحفاظ الطاقة : $W(\vec{F}) - |W(\vec{P})| = 0$

ومنه : $W(\vec{F}) = W(\vec{P}) = P \times h = 980 \times 10 = 9800(J)$

2- العمل اللازم بذله لسحبه أفقيا بحيث قوة الإحتكاك شدتها $300N$:

لدينا إحتكاك شدته $300N$.



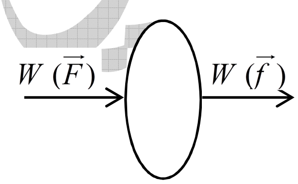
ط1) $\sum \vec{F} = \vec{0}$ ومنه : $\vec{P} + \vec{R} + \vec{F} + \vec{f} = \vec{0}$

بالإسقاط على محور الحركة نجد : $F - f = 0$ ومنه : $F = f$

وبما أن $\alpha = 0$ فإن : $\cos\alpha = 1$

وعليه : $W(\vec{F}) = F.AB.Cos\alpha = 300 \times 10 \times 1 = 3000(J)$

ط2) الحصيل الطاقوية :



(الجسم)

معادلة إنحفاظ الطاقة : $W(\vec{F}) - |W(\vec{f})| = 0$

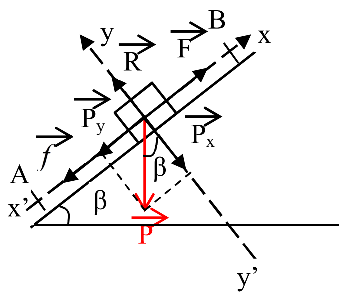
ومنه : $W(\vec{F}) = |W(\vec{f})| = f.AB = 300 \times 10 = 3000(J)$

3- العمل اللازم لسحبه على مستوي مائل يرتفع على سطح الأرض بـ $6\ cm$:

ط1) $\sum \vec{F} = \vec{0}$ ومنه: $\vec{P} + \vec{R} + \vec{F} + \vec{f} = \vec{0}$

بالإسقاط على (xx') نجد: $F - f - P_x = 0$

ومنه: $F = f + P_x$ حيث: $P_x = P.\ Sin\beta$

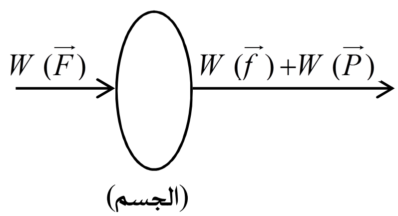


ومنه: $F = f + P.\ Sin\beta$ ولدينا أيضا: $Sin\alpha = \dfrac{h}{AB} = \dfrac{h}{10}$

ومنه: $F = f + (P.\dfrac{h}{10}) = 300 + (980 \times \dfrac{6}{10}) = 888(N)$

ومنه: $W(\vec{F}) = F.\ AB.\ Cos\alpha = 888 \times 10 \times 1 = 8880(J)$

ط2) بإستعمال الحصيلة الطاقوية:



معادلة إنحفاظ الطاقة: $W(\vec{F}) - \left| W(\vec{f}) + W(\vec{P}) \right| = 0$

ومنه: $W(\vec{F}) = \left| W(\vec{f}) + W(\vec{P}) \right|$

$= \left| (F.AB) + (P.h) \right|$

$= (300 \times 10) + (980 \times 6) = 8880(J)$

4- إستطاعة القوة في كل حالة خلال مدة زمنية $\Delta t = 55\ s$:

عبارة الإستطاعة هي: $P = \dfrac{E}{\Delta t}$ حيث: E هي الطاقة وفي هذه الحالة هي W، ومنه:

الحالة (1): $P = \dfrac{W}{\Delta t} = \dfrac{9800}{55} = 178,2(w)$

الحالة (2): $P = \dfrac{W}{\Delta t} = \dfrac{3000}{55} = 54,54(w)$

الحالة (3): $P = \dfrac{W}{\Delta t} = \dfrac{8880}{55} = 161,45(w)$

واجب منزلي رقم (02)

حل التمرين 4 صفحة 46 :

-1 حساب الزاوية التي يصنعها حامل القوة مع المسار:

$W_d(\vec{F}) = F.d.Cos\,\alpha$ ومنه : $Cos\,\alpha = \dfrac{W_d(\vec{F})}{F.\,d} = \dfrac{125}{10,27\times 13} = 0,936$ ومنه : $\boxed{\alpha = 20,6^\circ}$

-2 هل يمكن أن يكون عمل هذه القوة $W_d(\vec{F}) = 134(J)$ ؟

لدينا : $Cos\,\alpha = \dfrac{W_d(\vec{F})}{F.d} = \dfrac{134}{10,27\times 13} = 1$ ومنه : $\boxed{\alpha = 0}$

نعم يمكن لعمل هذه القوة أن يساوي $134(J)$ و ذلك بتطبيق قوة موازية للمسار أي $\alpha = 0$.

حل التمرين 16 صفحة 49 :

$$F = 3,5.10^5(N); v = 300(km/h); d = 900(m); m = 70.10^3(kg)$$

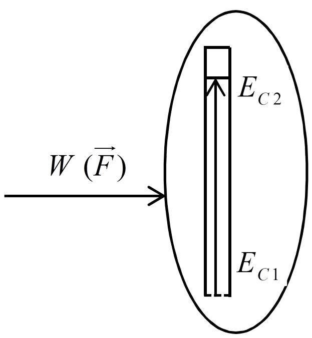
-1 التغير في الطاقة الحركية بين الإنطلاق (1) و الإقلاع (2) :

$$\Delta E_C = E_{C2} - E_{C1} = \frac{1}{2}\,m\,v_2^2 - \frac{1}{2}\,m\,v_1^2$$

$$\Delta E_C = \left[0,5\times 70\times 10^3 \times (83,33\times 10^5)\right] - \left[0,5\times 70\times 10^3\times 0\right]$$

$$\Delta E_C = 9,72\times 10^8(J)$$

-2 عمل القوة المحركة : $W(\vec{F}) = F\times d = 3,5\times 10^5\times 900 = 31,5.10^7(J)$



(الطائرة)

-3 الحصيلة الطاقوية :

معادلة إنحفاظ الطاقة:

$\cancel{E_{C1}} + W(\vec{F}) = E_{C2}$ ومنه : $W(\vec{F}) = E_{C2} = \Delta E_C$

-4 بمقارنة قيمة عمل القوة $\vec{F}$ و التغير في الطاقة الحركية ΔE_C

نلاحظ أن $W(\vec{F}) \rangle \Delta E_C$ ومنه : نستنتج أن هناك قوة أخرى تؤثر على الطائرة

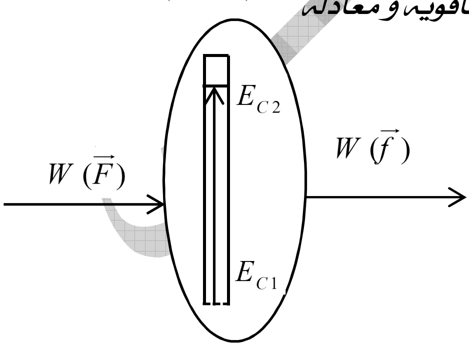
وهي معيقة فهي قوة الإحتكاك $\vec{f}$ و عليه تصبح الحصيلة الطاقوية و معادلة

إنحفاظ الطاقة كالتالي :

$$E_{C1} + W(\vec{F}) - W(\vec{f}) = E_{C2}$$

$$W(\vec{f}) = W(\vec{F}) - E_{C2}$$

$$W(\vec{f}) = (3,15.10^8) - (2,43.10^8) = 0,72.10^8(J)$$



(الطائرة)

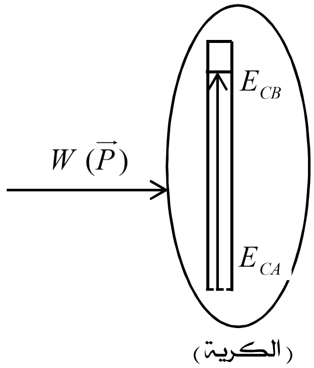
حل التمرين 19 صفحة 49:

1- عمل الثقل لايتعلق بالطريق المسلوك إذا :

$$W_{AB}(\vec{P}) = P.\ h = 25.1,8 = 45(J)$$

$$W_{AB}(\vec{P}) = 45(J)$$

2- الحصيلة الطاقوية للجملة (كرية) :



3- معادلة إنحفاظ الطاقة :

$$E_{CA} + W(\vec{P}) = E_{CB}$$

4- سرعة الكرة عند لمسها الأرض :

$$E_{CB} = E_{CA} + W(P)$$

ومنه :

$$\frac{1}{2}\ .\ m\ .\ v_B^2 = \frac{1}{2}\ .\ m\ .\ v_A^2 + P.\ h$$

ومنه :

$$v_B^2 = v_A^2 + 2\ \frac{P.\ h}{m} = 136$$

$$v_B = \sqrt{136} = 11,66(m/s)$$

3- الطاقة الحركية لجسم صلب في حالة حركة إنسحابية :

نشاط تجريبي : دراسة تغير سرعة متحرك خاضع لقوة ثابتة بدلالة عمل هذه القوة .

الأدوات المستعملة : نستعمل جهاز مناسب يسمح بقياس السرعة اللحظية لمتحرك يقوم بحركة سقوط حر ، كرية صغيرة ملساء من الفولاذ كتلتها $m = 100g$.

مبدأ التجريب :

- نترك كرية تسقط من إرتفاع h معين ، بدون سرعة إبتدائية ، ثم نقيس بواسطة الجهاز السرعة اللحظية التي تكتسبها الكرية بعد قطع هذا الإرتفاع h .
- نكرر هذه التجربة من أجل قيم مختلفة للإرتفاع h ، و نقيس في كل مرة السرعة المكتسبة من طرف الكرية ، فكانت القياسات كمايلي :

$h(m)$	0,0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5
$v(m/s)$	0,0	3,1	4,4	5,4	6,3	7,4
$W(\vec{P})(J)$						
$v^2(m/s)^2$						

العمل المطلوب :

1- أكمل الجدول .

2- أرسم المنحنى $v^2 = f(W(\vec{P}))$ ، سلم الرسم هو : $1\ cm \to 5\ (m/s)^2$ و $1\ cm \to 0,2\ J$.

3- إستنتج العلاقة التي تربط بين v^2 و عمل الثقل $W(\vec{P})$.

4- بين أنه يمكن كتابة عمل الثقل وفق العلاقة $W(\vec{P}) = \frac{1}{2}m\ .\ v^2$.

5- مثل الحصيلة الطاقوية للجملة (كرية) بين بداية السقوط و نهايته .

6- أكتب معادلة إنحفاظ الطاقة للجملة (كرية) ، (الإحتكاكات مع الهواء مهملة) .

7- إستنتج عبارة الطاقة الحركية E_C .

نأخذ : $g = 10\ SI$