المستوى : السنة الثانية ثـانوي

الوحدة 02 **العمل والطاقة الحركية** (حالة الحركة الإنسحابية)

GUEZOURI A. Lycée Maraval – Oran

حلول تمارين الكتاب المدرسي

01

اختيار الجواب الصحيح :

- عبارة العمل :

أ) $W = F\ d$: صحيح (أكبر قيمة للعمل لأن $\cos\alpha = 1$)

ب) $W = Fd\sin\alpha$ خطأ

جـ) $W = Fd\cos\alpha$ صحيح

د) $W = F\ d\alpha$ خطأ

- عمل هذه القوة هو $W = Fd = 3\times10 = 30J$

يُحسب عمل الثقل بالعلاقة $W_{AB}\left(\vec{P}\right) = P\left(h_A - h_B\right)$

- جـ) $P = \dfrac{W}{\Delta t}$
- إذا كانت الزاوية $90°$.
- ب) لا يتعلّق بالمسار المتّبع .

02

تصحيح التصريحات الخاطئة :

1 – عمل قوة ثابتة يساوي دائما $F\ d\cos\alpha$

3 – عمل قوة الاحتكاك هو $W\left(\vec{F}\right) = -F\,d$

03

مجال الجاذبية الأرضية غير ثابت ، بل يتغير بدلالة الارتفاع عن سطح الأرض (نعتبر الثقل ثابتا من أجل الارتفاعات الصغيرة فقط) ، لهذا يكون تطبيق هذه العلاقة غير صحيح .

04

- 1 $\cos\alpha = \dfrac{W}{Fd} = \dfrac{125}{10,27\times13} = 0,936$ ، ومنه $\alpha = 20,6°$.

- 2 $\cos\alpha = \dfrac{W}{Fd} = \dfrac{134}{10,27\times13} = 1$ ، نعم يمكن أن يكون العمل مساويا لـ 134 J ما دام $\cos\alpha \le 1$

05

أ) $W_{AB}\left(\vec{F}\right) = Fd = 6\times1,52 = 9,12J$

ب) $W_{AB}\left(\vec{F}\right) = Fd\cos\alpha = 16\times21,52\cos28 = 304J$

GUEZOURI Aek

جـ) $W_{AB}\left(\vec{F}\right) = Fd\cos\beta = 12,3\times 11,5\cos 125 = -81,1J$

06

$$W_{AB}\left(\vec{F}\right) = Fd\cos\alpha = 10\times 10 = 100J$$

$$W_{AB}\left(\vec{F}\right) = Fd\cos\alpha = 10\times 11,6\times 0,86 = 100J$$

$$W_{AB}\left(\vec{F}\right) = Fd\cos\alpha = 10\times 20\times 0,5 = 100J$$

نلاحظ أن قيمة العمل ثابتة ، ونستنتج أن العمل يتناسب طرديا مع الانتقال وعكسيا مع الزاوية α ، بحيث $\alpha \in \left[0\ ;\ \frac{\pi}{2}\right]$.

07

$$F = \frac{W_{AB}\left(\vec{F}\right)}{AB\cos\alpha}$$

الحالة الأولى : $(\alpha = 0)$: $F = \frac{100}{10\times 1} = 10\,N$

الحالة الثانية : $(\alpha = 30°)$: $F = \frac{100}{10\times 0,86} = 11,6\,N$

الحالة الثالثة : $(\alpha = 60°)$: $F = \frac{100}{10\times 0,5} = 20\,N$

كلما زادت الزاوية α ، حيث $\alpha \in \left[0\ ;\ \frac{\pi}{2}\right]$ يجب أن نبذل قوّة أكبر لكي نحصل على نفس العمل في نفس الانتقال .

08

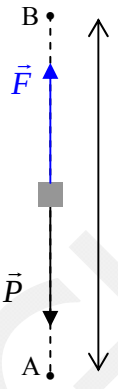
المعطيات غير كافية لحل التمرين .

09

نعتبر $\vec{F}$ هي القوّة المبذولة .

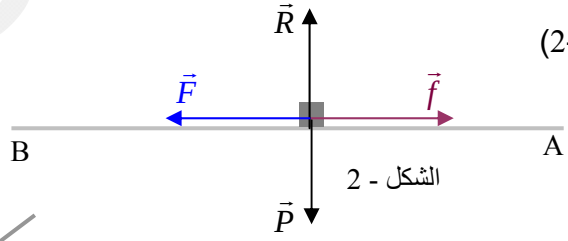
1 - بما أن سرعة الجسم ثابتة فإن $F = P$

$W_{AB}\left(\vec{F}\right) = \left|W_{AB}\left(\vec{P}\right)\right| = Ph = 980\times 10 = 9,8\times 10^3\,J$ (الشكل- 1)



الشكل - 1

2 - $W_{AB}\left(\vec{P}\right) = W_{AB}\left(\vec{R}\right) = 0$ (الشكل- 2)

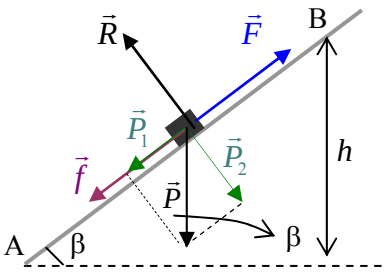


الشكل - 2

بما أن سرعة الجسم ثابتة فإن :

$W_{AB}\left(\vec{F}\right) = \left|W_{AB}\left(\vec{f}\right)\right| = 300\times 10 = 3,0\times 10^3\,J$ ، وبالتالي $F = f$

3 - بما أن سرعة الجسم ثابتة فإن $F = f + P_1 = f + P\sin\beta$ (الشكل – 3) ، وبالتالي :



الشكل -3

GUEZOURI Aek

$$W_{AB}\left(\vec{F}\right)=\left|W_{AB}\left(\vec{f}\right)\right|+\left|W_{AB}\left(\vec{P}\right)\right|=f\ AB+P\ h=300\times10+980\times6=8{,}9\times10^{3}\ J$$

مع العلم أن $W_{AB}\left(\vec{P}\right)=W_{AB}\left(\vec{P}_1\right)$ ، لأن $W_{AB}\left(\vec{P}_2\right)=0$

$$P=\frac{W_{AB}\left(\vec{F}\right)}{\Delta t}$$ - 4

الأجوبة على الترتيب هي : $P_1=\frac{9{,}8\times10^{3}}{55}=1{,}8\times10^{2}\,W$ ، $P_2=\frac{3\times10^{3}}{55}=5{,}4\times10^{1}\,W$ ، $P_3=\frac{9{,}8\times10^{3}}{55}=1{,}8\times10^{2}\,W$

10

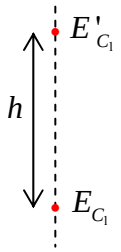
تصحيح التصريحات الخاطئة :

- عندما تتضاعف سرعة جسم متحرك بحركة انسحابية ، أي عندما تُضرب السرعة في 2 فإن الطاقة الحركية تضرب في 4 .
- إذا أثرت قوة على جسم فإن طاقته الحركية تتغير إذا تغيّرت سرعته بفعل هذه القوة .
- إذا كان جسم يتحرّك بسرعة ثابتة فإن مجموع أعمال كل القوى المؤثرة عليه يكون معدوما (هذا لا يُعني أن عمل كل قوّة يكون معدوما)

11

اختيار الجواب الصحيح :

- الجواب الصحيح هو (ب) ، أي $E_{C_2}=2E_{C_1}$.
- عند الصعود تتغير الطاقة الحركية للجسم من E_{C_1} إلى E'_{C_1} حيث $E'_{C_1}=0$ (لأن الجسم يتوقف لكي يرجع) .



عند الصعود : $E'_{C_1}-E_{C_1}=-Ph$ (1)

عند النزول : $E_{C_2}-E'_{C_1}=Ph$ (2)

بجمع العلاقتين (1) و (2) ووضع $E'_{C_1}=0$ نجد $E_{C_2}=E_{C_1}$.

12

الجسم	الكتلة	السرعة	الطاقة الحركية
حركة إلكترون في الأنبوب المهبطي للتلفاز	$9{,}1\times10^{-31}$ kg	$2\times10^{6}\,m/s$	$18{,}20\times10^{-19}$ J
حركة كرة القدم	0,400 kg	14 m/s	39,2 J
سيارة في الطريق السريع	1400 kg	22,2 m/s	$3{,}45\times10^{5}$ J
طائرة عند الإقلاع	75 000 kg	69,4 m/s	$1{,}80\times10^{8}$ J
درّاج ودرّاجته في مسابقة رياضية	90 kg	11,1 m/s	$5{,}54\times10^{3}$ J
رصاصة تنطلق من مسدّس	0,005 kg	800 m/s	$1{,}6\times10^{3}$ J

CHEZOURI Aek

13

1 - كتلة السيارة $M = 1{,}2 \times 1000 = 1200\ \text{kg}$. $E_C = \frac{1}{2}Mv^2$.

من أجل $v = 120\,km/h = \frac{120}{3{,}6} = 33{,}3\,m/s$ ، تكون الطاقة الحركية : $E_C = \frac{1}{2}\times 1200 \times (33{,}3)^2 \approx 6{,}65\times 10^5\,J$

من أجل $v = 80\,km/h = \frac{80}{3{,}6} = 22{,}2\,m/s$ ، تكون الطاقة الحركية : $E_C = \frac{1}{2}\times 1200 \times (22{,}2)^2 \approx 2{,}95\times 10^5\,J$

من أجل $v = 40\,km/h = \frac{40}{3{,}6} = 11{,}1\,m/s$ ، تكون الطاقة الحركية : $E_C = \frac{1}{2}\times 1200 \times (11{,}1)^2 \approx 7{,}65\times 10^4\,J$

2 - كان من الأحسن أن نقول : جسم له نفس كتلة السيارة يسقط من رافعة في ورشة خالية من العمال ، وذلك حتى لا نخلق فتنة بجوار العمارة ، ولو من باب التخيّل !!

الارتفاعات الموافقة : $\Delta E_C = E_{C_2} - E_{C_1} = W(\vec{P}) = Ph$ ، مع العلم أن $E_{C_1} = 0$ ، ومنه $h = \frac{E_{C_2}}{Mg}$

نأخذ $g = 9{,}8\ \text{N/kg}$.

$h_1 = \frac{6{,}65\times 10^5}{1200\times 9{,}8} = 56{,}5\,m$ ، $h_2 = \frac{2{,}95\times 10^5}{1200\times 9{,}8} = 25{,}1\,m$ ، $h_3 = \frac{7{,}65\times 10^4}{1200\times 9{,}8} = 6{,}5\,m$

الآن تصوّر لو أن الجسم (مثلا قطعة من الإسمنت المسلح) الذي سقط من ارتفاع قدره 56,5 m وقع فوق شاحنة غير مستعملة . بدون شك سيحدث فيها أضرارا كبيرة جدّا .

هذا ما يحدث لو اصطدمت السيارة التي كتلتها 1,2 t بجسم آخر وهي تتحرك بسرعة قدرها 120 km/h . حفظنا الله وإياكم ..

14

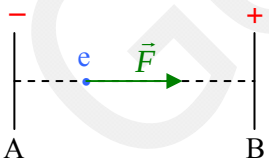
1 - التغيّر في الطاقة الحركية يساوي عمل ثقل الحجر ، أي : $\Delta E_C = E_{C_2} - E_{C_1} = W(\vec{P}) = Ph$ ، مع العلم أن $E_{C_1} = 0$

$E_{C_2} = Ph = Mgh = 60\times 9{,}8\times 40 = 23520\,J$

2 - لدينا $E_C = \frac{1}{2}Mv^2$ ، ومنه $v = \sqrt{\frac{2E_{C_2}}{M}} = \sqrt{\frac{2\times 23520}{60}} = 28\,m/s$

15

حتى نفهم ما يُحكى هنا : ما معنى الإلكترون فولط ؟ وما علاقته بالطاقة ؟



ينتقل إلكترون مثلا بين نقطتين فرق الكمون بينهما $V_B - V_A = 1\text{V}$ فهو يخضع إلى قوّة كهربائية $\vec{F}$.

يُعطى عمل القوة الكهربائية بالعلاقة $W_{AB}(\vec{F}) = q(V_A - V_B)$ ، حيث q هي شحنة الإلكترون

ويكون بذلك عمل القوّة $\vec{F}$: $q = e = -1{,}6\times 10^{-19}\,C$. $W_{AB}(\vec{F}) = -1{,}6\times 10^{-19}(-1) = 1{,}6\times 10^{-19}\,J$

إذن 1 إلكترون – فولط (أو بمعنى آخر عندما ينتقل من السكون إلكترون واحد بين نقطتين فرق الكمون بينهما 1 Volt) يكتسب طاقة حركية قيمتها $E_C = 1{,}6\times 10^{-19}\,J$. وبالتالي $1eV = 1{,}6\times 10^{-19}\,J$

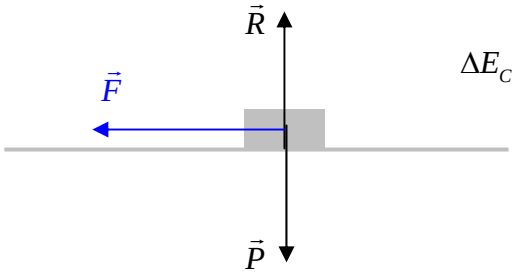
GUEZOURI Aek

$$E_C = \frac{18,2\times10^{-19}}{1,6\times10^{-19}} = 11,37\ eV \quad -1$$

$$v = \sqrt{\frac{2E_{C_2}}{M}} = \sqrt{\frac{2\times18,2\times10^{-19}}{800}} = 6,7\times10^{-11}\ m/s \ \ !! \quad -2$$

16

1 – التغيّر في الطاقة الحركية يساوي مجموع أعمال القوى المؤثرة على الطائرة .



$$\Delta E_C = E_{C_2} - E_{C_1} = E_{C_2} = \frac{1}{2}Mv^2 = 0,5\times7\times10^4\times\left(\frac{300}{3,6}\right)^2 = 2,43\times10^8\ J$$

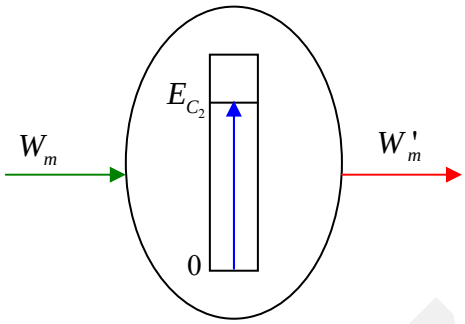
2 - القوّة المحركة للطائرة هي $\vec{F}$.

وبالتالي : $W\left(\vec{F}\right) = Fd = 3,5\times10^5\times900 = 3,15\times10^8\ J$.

ملاحظة : من المفروض أن نجيب عن السؤال 4 قبل السؤال 3 ، لأن المقارنة بين العمل والتغيّر في الطاقة الحركية هو الذي يقودنا لتمثيل الحصيلة الطاقوية .

4 - نلاحظ أن العمل المنجز أكبر من الطاقة الحركية التي اكتسبتها الطائرة ، وبالتالي نستنتج أنه يوجد الاحتكاك (لم نمثّل قوة الاحتكاك في الشكل) .

5 – الحصيلة الطاقوية :



اكتسبت الجملة عملا ميكانيكيا قدره $W = W_m = 3,15\times10^8\ J$ ، فازدادت طاقتها الحركية بالقيمة $\Delta E_C = 2,43\times10^8\ J$ ، وجزء من هذا العمل ضاع على شكل حرارة للوسط الخارجي بفعل الاحتكاك . قيمته $W'_m = (3,15-2,43)\times10^8 = 7,1\times10^7\ J$

معادلة انحفاظ الطاقة : $E_{C_1} + W_m - W'_m = E_{C_2}$ ، مع العلم أن $E_{C_1} = 0$

17

نحسب كتلة الهواء في الشروط التي كانت فيها الكتلة الحجمية للهواء $\rho = 1,23\ g/l$: $M = \rho\times V = 1,23\times1000 = 1230 g$.

- في حالة سرعة الرياح $v = \frac{100}{3,6} = 27,8\ m/s$ ، تكون الطاقة الحركية $E_C = \frac{1}{2}Mv^2 = 0,5\times1,23\times(27,8)^2 = 475,3J$

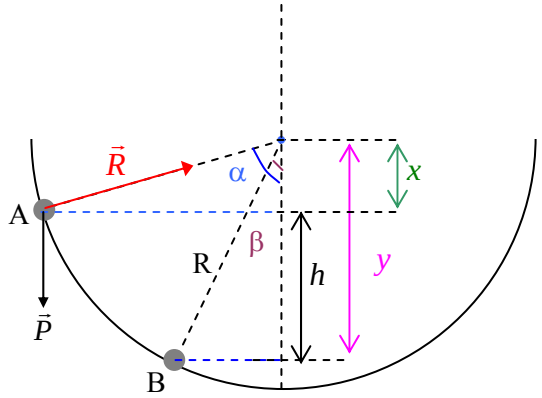
- في حالة سرعة الرياح $v = \frac{50}{3,6} = 13,9\ m/s$ ، تكون الطاقة الحركية $E_C = \frac{1}{2}Mv^2 = 0,5\times1,23\times(13,9)^2 = 118,8J$

18

1 - $W_{AB}\left(\vec{P}\right) = Ph = P\left(R\cos\beta - R\cos\alpha\right)$ ، لأن $h = y - x$

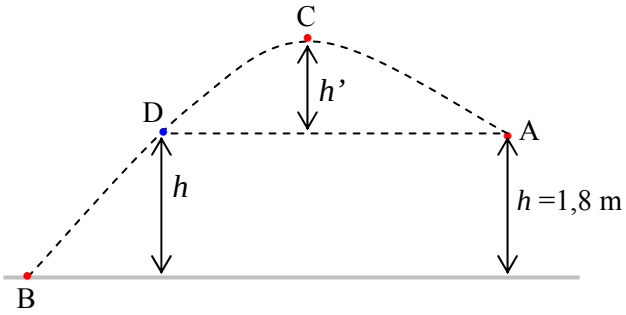
2 - معادلة انحفاظ الطاقة : $E_{C_A} + W_{AB}\left(\vec{P}\right) = E_{C_B}$

مع العلم أن $W_{AB}\left(\vec{R}\right) = 0$ ، لأن شعاع قوة رد فعل الطريق على الجسم يكون دائما عموديا على مماس المسار في مكان وجود الجسم .



وبالتالي : $E_{C_B} = E_{C_A} + PR(\cos\beta - \cos\alpha)$ ، R : نصف قطر المسار .

19



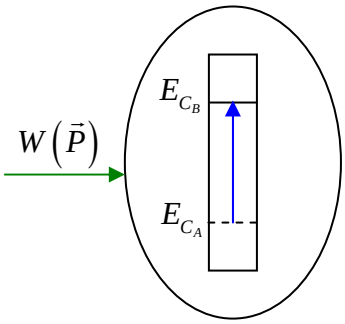
1 – نجزئ مسار الكرة إلى AC ، CD ، DB

$$W_{AB}\left(\vec{P}\right)=W_{AC}\left(\vec{P}\right)+W_{CD}\left(\vec{P}\right)+W_{DB}\left(\vec{P}\right)$$

$$W_{AB}\left(\vec{P}\right)=Ph'-Ph'+Ph=Ph=25\times1,8=45J$$

2 – الحصيلة الطاقوية : في الشكل

3 – معادلة انحفاظ الطاقة : $E_{C_A}+W\left(\vec{P}\right)=E_{C_B}$ (1)



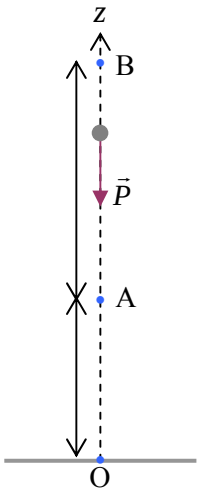
4 - باستعمال معادلة انحفاظ الطاقة (1) نكتب $\frac{1}{2}Mv_B^2=\frac{1}{2}Mv_A^2+Mgh$ ، ومنه :

$$v_B^2=2gh+v_A^2$$

$$v_B=\sqrt{2gh+v_A^2}=\sqrt{2\times9,8\times1,8+100}=11,63m/s$$

20

لدينا التغير في الطاقة الحركية يساوي مجموع الأعمال .



$E_{C_O}-E_{C_A}=W_{AB}\left(\vec{P}\right)+W_{BA}\left(\vec{P}\right)+W_{AO}\left(\vec{P}\right)=-PAB+PAB+PAO$ ، وبالتالي :

$$E_{C_O}-E_{C_A}=PAO$$

$$\frac{1}{2}Mv_O^2=\frac{1}{2}Mv_A^2+MgAO$$

$$v_O=\sqrt{2gAO+v_A^2}=\sqrt{2\times9,8\times1,2+36}=7,71m/s$$

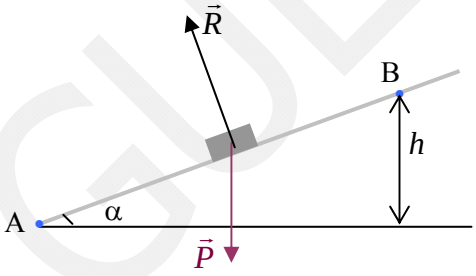
21

1 – سرعة المتزحلق عندما يقطع مسافة قدرها 40 m :

لدينا في الشكل : $h=AB\sin\alpha=40\times0,34=13,6m$

$$E_{C_B}-E_{C_A}=W_{AB}\left(\vec{P}\right)+W_{AB}\left(\vec{R}\right)=-Mgh+0$$

$$(1)\quad \frac{1}{2}Mv_B^2=\frac{1}{2}Mv_A^2-Mgh$$



$$v_B=\sqrt{v_A^2-2gh}=\sqrt{144-2\times9,8\times13,6}=\sqrt{-122,5}$$

وهذا مستحيل ، معنى هذا أن سرعة المتزحلق تنعدم قبل أن يقطع المسافة 40 m .

نصحّح هذه القيمة ونضع مثلا المسافة 15 m ، وبالتالي تصبح السرعة في النقطة B :

$$v_B=\sqrt{v_A^2-2gh}=\sqrt{144-2\times9,8\times5,1}=6,63m/s$$

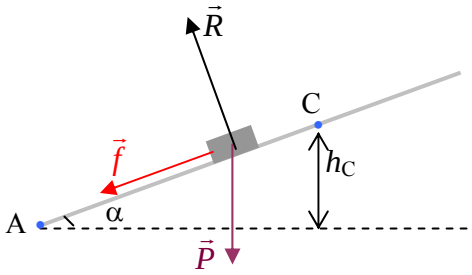
2 - نضع في العلاقة (1) $v_B=0$ ونحسب الارتفاع h' : $\frac{1}{2}Mv_A^2=Mgh'$ ، ومنه : $h'=\frac{v_A^2}{2g}=\frac{144}{19,6}=7,3m$.

لدينا $AB'=\frac{h'}{\sin\alpha}=\frac{7,3}{0,34}=21,5m$ ، وهي المسافة التي يقطعها المتزحلق عندما تنعدم سرعته .

GUEZOURI Aek

3 - المسافة المقطوعة عندما انعدمت سرعة المتزحلق بوجود الاحتكاك هي $AC = \frac{3}{5} \times 21,5 = 12,9m$.

المقدار الذي يرتفع به المتزحلق : $h_C = AC \times \sin\alpha = 12,9 \times 0,34 = 4,4m$



التغير في الطاقة الحركية يساوي مجموع الأعمال :

$$E_{C_C} - E_{C_A} = W_{AC}(\vec{P}) + W_{AC}(\vec{R}) + W_{AC}(\vec{f}) = -Mgh_C + 0 - f \times AC$$

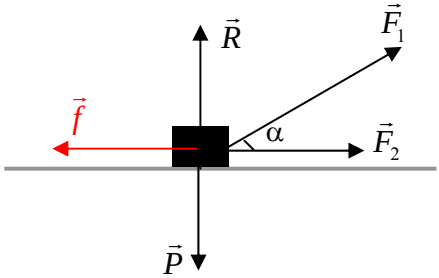
بوضع $E_{C_C} = 0$ نستنتج $f = \frac{E_{C_C} - Ph_C}{AC} = \frac{0,5Mv_A^2 - Mgh_C}{Ac}$

$$f = \frac{5760 - 80 \times 9,8 \times 4,4}{12,9} = 179N$$

22

تصحيح إملائي : نكتب << ... **تكافئ** قُوى الاحتكاك ... >> وليس **تكافأ** قوى الاحتكاك ...

1 - تمثيل القوى في الشكل المقابل .



2 - المعطيات ناقصة (لم تُعطى قيمة الانتقال) .

نعيد صياغة السؤال كما يلي : احسب مجموع أعمال القُوى المطبّقة على السيارة عندما تتحرك من السكون من A إلى B حيث $AB = 40\ m$ (مثلا) .

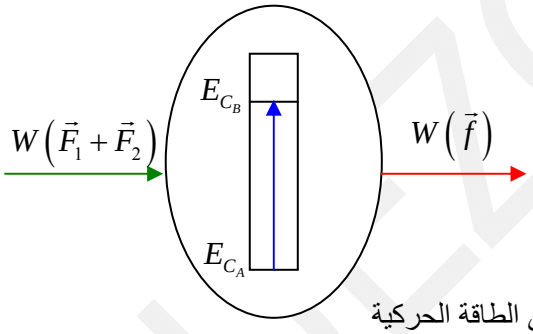
الجواب عن السؤال 2 :

$$W_{AB} = W_{AB}(\vec{F_1}) + W_{AB}(\vec{F_2}) + W_{AB}(\vec{P}) + W_{AB}(\vec{R}) + W_{AB}(\vec{f})$$

$$W_{AB} = F_1 AB\cos\alpha + F_2 AB + 0 + 0 - fAB$$

$$W_{AB} = 880 \times 40 \times 0,86 + 310 \times 40 - 270 \times 40 = 31872\ J$$

3 - الحصيلة الطاقوية :



معادلة انحفاظ الطـاقة : $E_{C_A} + W(\vec{F_1} + \vec{F_2}) - W(\vec{f}) = E_{C_B}$

4 - (من المفروض تُعطى قيمة AB في السؤال 2 كما أشرنا إلى ذلك أعلاه) .

لكي نحسب سرعة السيارة في النقطة B نطبّق **نظرية الطاقة الحركية** ، أي التغيّر في الطاقة الحركية يساوي مجموع الأعمال . $E_{C_B} - E_{C_A} = \sum W_{AB}$ ، أي : $\frac{1}{2}Mv_B^2 - 0 = 31872$ ، وبالتالي !! $v_B = \sqrt{\frac{2 \times 31872}{900}} = 8,4\ m/s$

لو أُخذت المسافة AB حوالي 10 m يكون أقرب إلى الواقع ، لأن سرعة الأشخاص الذين كانوا يدفعون السيارة (8,4 m/s) ليست بعيدة كثيرا عن الرقم القياسي في سباق الـ 100 متر .

نستعمل $AB = 10\ m$ ، فنجد قيمة مجموع الأعمال $\sum W_{AB} = 7968\ J$ ، ونحسب v_B من $E_{C_B} - E_{C_A} = \sum W$ فنجد القيمة $v_B = 4,2\ m/s$.

5 - نضيف للسؤال ما يلي :

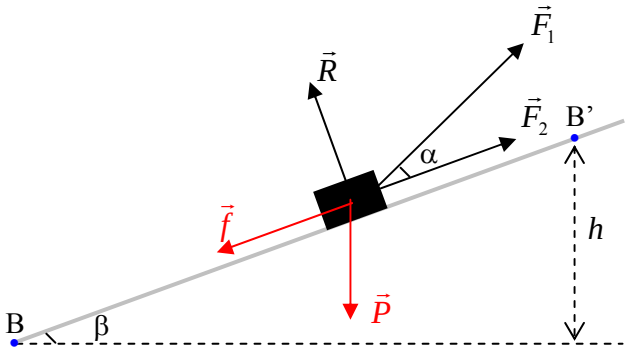
- النقطة B هي بداية المستوي المائل .
- تقطع السيارة على المستوي المائل مسافة $BB' = 20\ m$ مثلا .

GUEZOURI Aek

- القوة التي تؤثّر بها مجموعة الأشخاص موازية للمستوي المائل (أي موازية للطريق) .

جواب السؤال 5

5 – 1 - تمثيل القوى على الشكل .



– 2 – 5

$$W_{AB} = W_{AB}\left(\vec{F}_1\right) + W_{AB}\left(\vec{F}_2\right) + W_{AB}\left(\vec{P}\right) + W_{AB}\left(\vec{R}\right) + W_{AB}\left(\vec{f}\right)$$

$$W_{BB'} = F_1 BB' \cos\alpha + F_2 BB' - Ph + 0 - fBB'$$

لدينا $h = BB' \sin\beta = 20 \times 0{,}173 = 3{,}46\,m$

ملاحظة : لا يُمكن لسرعة السيارة أن تزداد فوق الطريق المائل لأن مجموع القوى المحركة لها أقل من مجموع القوى المعرقلة لحركتها . وهذا يتناقض مع السؤال 6 .

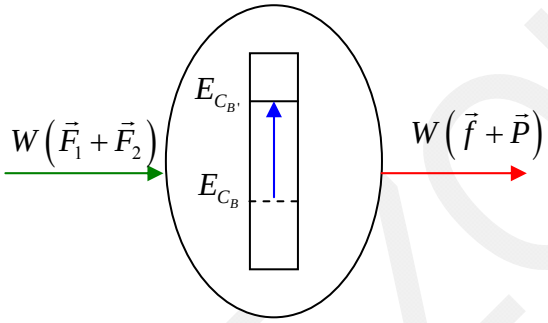
- القوى المحركة : $F_1 \cos\alpha + F_2 = 880 \times 0{,}86 + 310 \approx 1067\,N$
- القوى المعرقلة : $P \sin\beta + f = 900 \times 9{,}8 \times 0{,}173 + 270 \approx 1796\,N$

لكي تزداد سرعة السيارة أثناء الصعود نجعل مثلا زاوية ميل المستوي المائل $\beta = 5°$. ويصبح في هذه الحالة الارتفاع :

$$h = BB' \sin\beta = 20 \times 0{,}087 = 1{,}74\,m$$

قيمة مجموع الأعمال هي : $W_{BB'} = 880 \times 20 \times 0{,}86 + 310 \times 20 - 900 \times 9{,}8 \times 1{,}74 + 0 - 270 \times 20 = 589\,J$

5 – 3 - الحصيلة الطاقوية : نعتبر الجملة المدروسة هي السيارة :



معادلة انحفاظ الطاقة : $E_{C_B} + W\left(\vec{F}_1 + \vec{F}_2\right) - W\left(\vec{f} + \vec{P}\right) = E_{C_{B'}}$

6 – عندما تتضاعف سرعة السيارة فإن طاقتها الحركية تُضرب في 4 .

التغيّر في الطاقة الحركية يساوي مجموع الأعمال :

من الأحسن اعتبار الأشخاص تركوا السيارة عند وصولها للنقطة B ، وإلا سيتعبون كثيرا وهم يدفعون السيارة إلى أن تتضاعف سرعتها .

$$E_{C_C} - E_{C_B} = F_1 BC \cos\alpha + F_2 BC - PBC \sin\beta - fBC$$.

نضع $E_{C_C} = 4E_{C_B}$ ، وبالتالي :

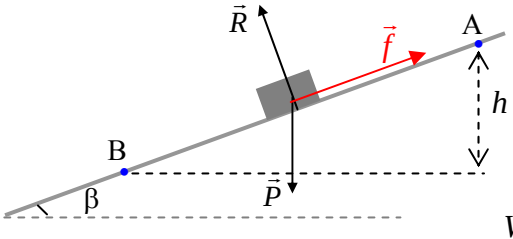
$$BC = \frac{3E_{C_B}}{F_1 \cos\alpha + F_2 - Mg \sin\beta - f}$$

لدينا في السؤال 4 : $E_{C_B} = 31872\,J$ ، وبالتالي !! $BC = \frac{3 \times 7968}{880 \times 0{,}86 + 310 - 900 \times 9{,}8 \times 0{,}087 - 270} = 811m$

وكان الله في عون هؤلاء الأشخاص ....

GUEZOURI Aek

23



1 - تمثيل القوى في الشكل .

2 - $W_{AB}\left(\vec{R}\right)=0$ ، لأن $\vec{R}$ عمودي على المسار .

$$W_{AB}\left(\vec{P}\right)=Ph=MgAB\sin\beta=1200\times9,8\times120\times0,173\approx2,44\times10^{5}\,J$$

$$(1)\qquad W_{AB}\left(\vec{f}\right)=-fAB$$

لدينا التغير في الطاقة الحركية يساوي مجموع الأعمال ، أي : $E_{C_B}-E_{C_A}=\sum W_{AB}=W_{AB}\left(\vec{P}\right)+W_{AB}\left(\vec{f}\right)$

فرضا أن السيارة انطلقت من A ، معناه $E_{C_A}=0$ ، وبالتالي $\frac{1}{2}Mv_B^2=244138-W_{AB}\left(\vec{f}\right)$ ، ومنه :

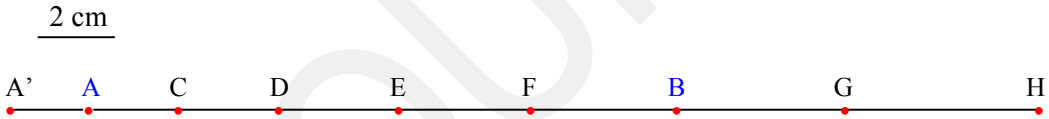
$$W_{AB}\left(\vec{f}\right)=0,5\times1200\times\left(\frac{20}{3,6}\right)^2-244138=-225656\,J$$

نحسب من العلاقة (1) شدّة قوّة الاحتكاك $\vec{f}$: $f=\frac{W_{AB}\left(\vec{f}\right)}{-AB}=\frac{-225656}{-120}=1880\,N$

24

1 – حسب السلّم المعطى ، نقيس المسافات على التسجيل ونقوم بضربها في 2 .

ملاحظة : توجد أخطاء على التسجيل . نصحّحُها ، فتصبح المسافات كما في الشكل التالي :



المسافات المقطوعة من A' إلى H هي :

A'A	AC	CD	DE	EF	FB	BG	GH
1,8 cm	2,2 cm	2,6 cm	3,0 cm	3,4 cm	3,8 cm	4,4 cm	5,0 cm

سرعة العربة في A : $v_A=\frac{A'C}{2\tau}=\frac{(1,8+2,2)\times10^{-2}}{0,08}=0,5m/s$

سرعة العربة في B : $v_B=\frac{FG}{2\tau}=\frac{(3,8+4,4)\times10^{-2}}{0,08}=1,02m/s$

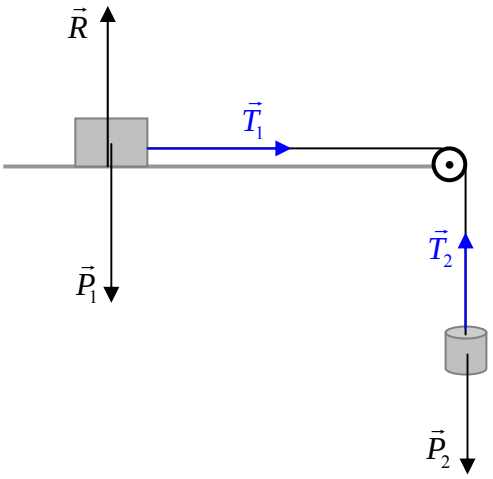
كل ما يُمكن ملاحظته من هاتين النتيجتين أن حركة العربة متسارعة .

2 – الطاقة الحركية في A : $E_{C_A}=\frac{1}{2}M_1v_A^2=0,5\times0,674\times(0,5)^2=8,4\times10^{-2}\,J$

الطاقة الحركية في B : $E_{C_B}=\frac{1}{2}M_1v_B^2=0,5\times0,674\times(1,02)^2=3,5\times10^{-1}\,J$

GUEZOURI Aek

3 – من أجل إثبات أن القوّة T_1 ثابتة نحسب طويلة التغيّر في شعاع السرعة Δv .



نحسب السرعة في D : $v_D = \frac{CE}{2\tau} = \frac{(2,6+3)\times 10^{-2}}{0,08} = 0,7\,m/s$

نحسب السرعة في F : $v_F = \frac{EB}{2\tau} = \frac{(3,4+3,8)\times 10^{-2}}{0,08} = 0,9\,m/s$

طويلة تغيّر شعاع السرعة في C : $\Delta v_C = v_D - v_A = 0,7 - 0,5 = 0,2\,m/s$

طويلة تغيّر شعاع السرعة في E : $\Delta v_E = v_F - v_D = 0,9 - 0,7 = 0,2\,m/s$

يمكن أن نحسب طويلة تغيّر شعاع السرعة في النقط الأخرى ونجد نفس القيمة .

طويلة تغيّر شعاع السرعة ثابت إذن القوّة T_1 التي حرّكت العربة هي قوّة ثابتة .

قيمة القوّة T_1 :

التغيّر في الطاقة الحركية بين النقطتين A و B يساوي مجموع أعمال القوى المؤثرة على العربة :

$$E_{C_B} - E_{C_A} = W_{AB}(\vec{P}_1) + W_{AB}(\vec{R}) + W_{AB}(\vec{T}_1) = 0 + 0 + T_1 AB \quad ، \text{ ومنه } \quad T_1 = \frac{E_{C_B} - E_{C_A}}{AB} = \frac{0,35 - 0,084}{0,15} = 1,77\,N$$

4 - من الأحسن أن نقول : احسب الطاقة الحركية للجسم المعلق عندما كانت العربة في الموضعين A و B .

يكتسب الجسم المعلّق نفس طويلة سرعة العربة لأنهما مرتبطان .

الطاقة الحركية للجسم المعلق عندما كانت العربة في A: $E_{C_A} = \frac{1}{2} M_2 v_A^2 = 0,5 \times 0,443 \times (0,5)^2 = 5,5\times 10^{-2}\,J$

الطاقة الحركية للجسم المعلق عندما كانت العربة في B : $E_{C_B} = \frac{1}{2} M_2 v_B^2 = 0,5 \times 0,443 \times (1,02)^2 = 2,3\times 10^{-1}\,J$

5 - التغيّر في الطاقة الحركية للجسم المعلّق في الخيط يساوي مجموع أعمال القوى المؤثرة عليه :

$$E_{C_B} - E_{C_A} = W_{AB}(\vec{P}_2) + W_{AB}(\vec{T}_2) = P_2 h - T_2 AB \quad ، \text{ حيث } \quad h = AB \quad ، \text{ وبالتالي } \quad P_2 - T_2 = \frac{E_{C_A} - E_{C_B}}{AB} \quad (1)$$

وبما أن $E_{C_B} - E_{C_A} \neq 0$ ، إذن $P_2 - T_2 \neq 0$ ، معناه $P_2 \neq T_2$.

من العلاقة (1) نستنتج : $T_2 = P_2 - \frac{E_{C_A} - E_{C_B}}{AB} = 0,443 \times 9,8 - \frac{0,23 - 0,055}{0,15} = 3,17\,N$

GUEZOURI Aek