

01

اختيار الجواب الصحيح :

• عبارة العمل :

(أ) $W = F d$: صحيح (أكبر قيمة للعمل لأن $\cos \alpha = 1$)(ب) $W = F d \sin \alpha$ خطأ(ج) $W = F d \cos \alpha$ صحيح(د) $W = F d \alpha$ خطأ• عمل هذه القوة هو $W = F d = 3 \times 10 = 30 J$ يُحسب عمل الثقل بالعلاقة $W_{AB}(\vec{P}) = P(h_A - h_B)$ • (ج) $P = \frac{W}{\Delta t}$ • إذا كانت الزاوية 90° .

• (ب) لا يتعلق بالمسار المتبع .

02

تصحيح التصريحات الخاطئة :

1 - عمل قوة ثابتة يساوي دائما $F d \cos \alpha$ 3 - عمل قوة الاحتكاك هو $W(\vec{F}) = -F d$

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

$$1 - \cos \alpha = \frac{W}{F d} = \frac{125}{10,27 \times 13} = 0,936 \quad \text{ومنه} \quad \alpha = 20,6^\circ$$

$$2 - \cos \alpha = \frac{W}{F d} = \frac{134}{10,27 \times 13} = 1 \quad \text{نعم يمكن أن يكون العمل مساويا لـ } 134 J \text{ ما دام } \cos \alpha \leq 1$$

05

$$(أ) \quad W_{AB}(\vec{F}) = F d = 6 \times 1,52 = 9,12 J$$

$$(ب) \quad W_{AB}(\vec{F}) = F d \cos \alpha = 16 \times 21,52 \cos 28 = 304 J$$

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

06

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

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

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

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

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

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

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

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

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

08

المعطيات غير كافية لحل التمرين .

09

نعتبر $\vec{F}$ هي القوة المبذولة .

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

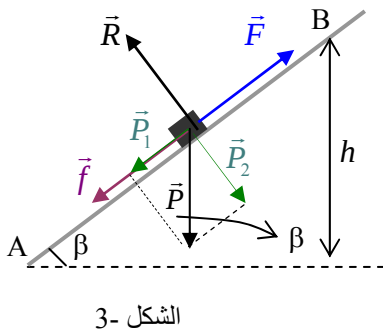
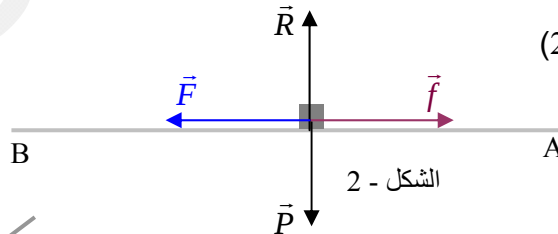
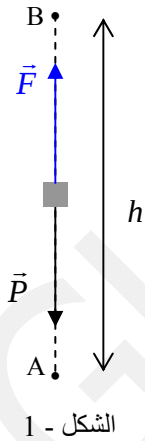
$$W_{AB}(\vec{F}) = |W_{AB}(\vec{P})| = Ph = 980 \times 10 = 9,8 \times 10^3 J \quad \text{(الشكل 1)}$$

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

بما أن سرعة الجسم ثابتة فإن :

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

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



$$W_{AB}(\vec{F}) = |W_{AB}(\vec{f})| + |W_{AB}(\vec{P})| = f AB + P h = 300 \times 10 + 980 \times 6 = 8,9 \times 10^3 J$$

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

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

$$P_3 = \frac{9,8 \times 10^3}{55} = 1,8 \times 10^2 W \quad , \quad P_2 = \frac{3 \times 10^3}{55} = 5,4 \times 10^1 W \quad , \quad P_1 = \frac{9,8 \times 10^3}{55} = 1,8 \times 10^2 W$$

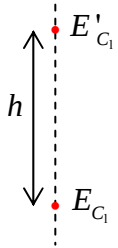
10

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 تغيرت سرعته بفعل هذه القوة .
- إذا كان جسم يتحرك بسرعة ثابتة فإن مجموع أعمال كل القوى المؤثرة عليه يكون معدوماً (هذا لا يعني أن عمل كل قوة يكون معدوماً)

11

اختيار الجواب الصحيح :



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

$$(1) \quad E'_{C_1} - E_{C_1} = -Ph$$

$$(2) \quad E_{C_2} - E'_{C_1} = Ph$$

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

12

الطاقة الحركية	السرعة	الكتلة	الجسم
$18,20 \times 10^{-19} J$	$2 \times 10^6 m/s$	$9,1 \times 10^{-31} kg$	حركة إلكترون في الأنبوب المهبطي للتلفاز
39,2 J	14 m/s	0,400 kg	حركة كرة القدم
$3,45 \times 10^5 J$	22,2 m/s	1400 kg	سيارة في الطريق السريع
$1,80 \times 10^8 J$	69,4 m/s	75 000 kg	طائرة عند الإقلاع
$5,54 \times 10^3 J$	11,1 m/s	90 kg	دراج ودراجته في مسابقة رياضية
$1,6 \times 10^3 J$	800 m/s	0,005 kg	رصاصة تنطلق من مسدس

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

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

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

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

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 التخيل !!

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 $g = 9,8 \text{ N/kg}$.

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

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

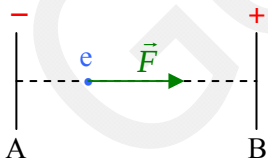
هذا ما يحدث لو اصطدمت السيارة التي كتلتها $1,2 \text{ t}$ بجسم آخر وهي تتحرك بسرعة قدرها 120 km/h . حفظنا الله وإياكم ..

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

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

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

حتى نفهم ما يحكى هنا : ما معنى الإلكترون فولت ؟ وما علاقته بالطاقة ؟



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

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

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

إن 1 إلكترون - فولت (أو بمعنى آخر عندما ينتقل من السكون إلكترون واحد بين نقطتين فرق الكمون بينهما 1 Volt) يكتسب طاقة

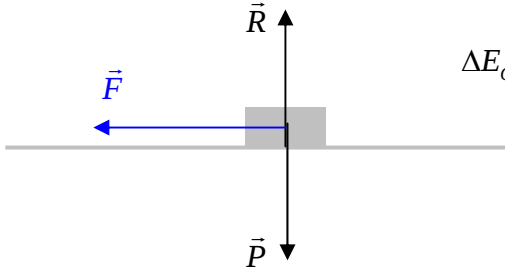
حركية قيمتها $E_C = 1,6 \times 10^{-19} \text{ J}$. وبالتالي $1 \text{ eV} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ J}$

$$E_C = \frac{18,2 \times 10^{-19}}{1,6 \times 10^{-19}} = 11,37 \text{ eV} \quad - 1$$

$$v = \sqrt{\frac{2E_{C_2}}{M}} = \sqrt{\frac{2 \times 18,2 \times 10^{-19}}{800}} = 6,7 \times 10^{-11} \text{ m/s} \quad !! \quad - 2$$

16

1 - التغير في الطاقة الحركية يساوي مجموع أعمال القوى المؤثرة على الطائرة .



$$\Delta E_C = E_{C_2} - E_{C_1} = E_{C_2} = \frac{1}{2} Mv^2 = 0,5 \times 7 \times 10^4 \times \left(\frac{300}{3,6} \right)^2 = 2,43 \times 10^8 \text{ J}$$

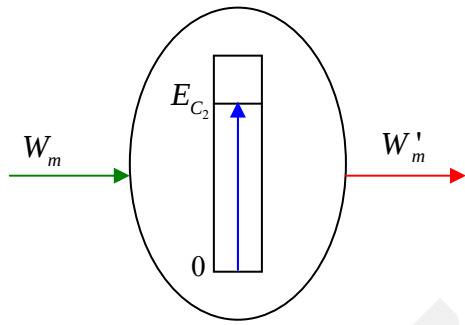
2 - القوة المحركة للطائرة هي $\vec{F}$.

$$\text{وبالتالي : } W(\vec{F}) = Fd = 3,5 \times 10^5 \times 900 = 3,15 \times 10^8 \text{ J}$$

ملاحظة : من المفروض أن نجيب عن السؤال 4 قبل السؤال 3 ، لأن المقارنة بين العمل والتغير 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 نمثل قوة الاحتكاك في الشكل) .

5 - الحصيلة الطاقوية :



اكتسبت الجمة عملا ميكانيكيا قدره $W = W_m = 3,15 \times 10^8 \text{ J}$ ، فازدادت طاقتها الحركية بالقيمة $\Delta E_C = 2,43 \times 10^8 \text{ J}$ ، وجزء من هذا العمل ضاع على شكل حرارة للوسط الخارجي بفعل الاحتكاك . قيمته $W'_m = (3,15 - 2,43) \times 10^8 = 7,1 \times 10^7 \text{ J}$

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

17

نحسب كتلة الهواء في الشروط التي كانت فيها الكتلة الحجمية للهواء $\rho = 1,23 \text{ g/l}$: $M = \rho \times V = 1,23 \times 1000 = 1230 \text{ g}$

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

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

18

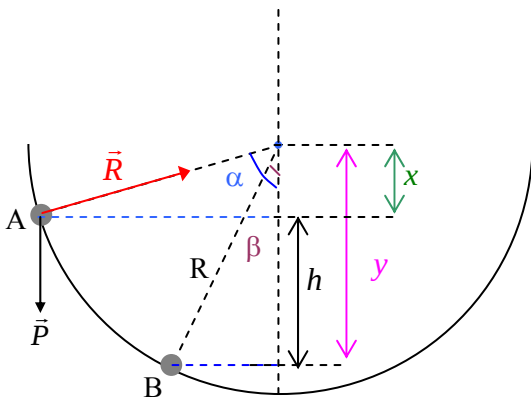
$$h = y - x \quad \text{لأن } W_{AB}(\vec{P}) = Ph = P(R \cos \beta - R \cos \alpha) \quad - 1$$

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

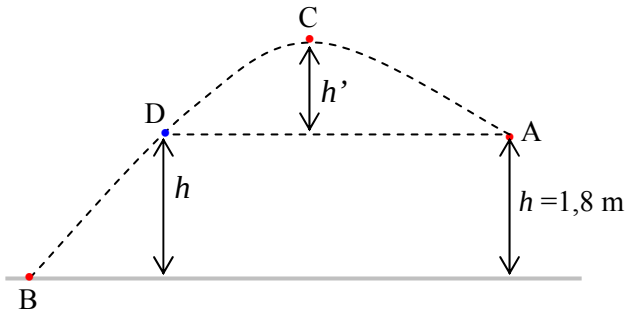
مع العلم أن $W_{AB}(\vec{R}) = 0$ ، لأن شعاع قوة رد فعل الطريق على الجسم

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



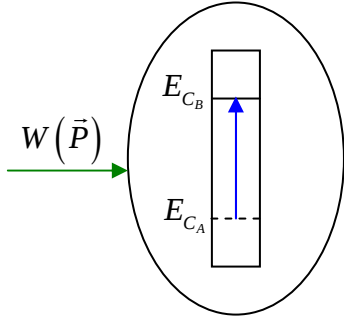
1 - نجزئ مسار الكرة إلى AC ، CD ، DB

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

$$W_{AB}(\vec{P}) = Ph' - Ph' + Ph = Ph = 25 \times 1,8 = 45 J$$

2 - الحصيلة الطاقوية : في الشكل

$$3 - \text{معادلة انحفاظ الطاقة : } E_{C_A} + W(\vec{P}) = E_{C_B} \quad (1)$$



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

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

$$v_B = \sqrt{2gh + v_A^2} = \sqrt{2 \times 9,8 \times 1,8 + 100} = 11,63 m/s$$

20

لدينا التغير في الطاقة الحركية يساوي مجموع الأعمال .

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

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

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

$$v_O = \sqrt{2gAO + v_A^2} = \sqrt{2 \times 9,8 \times 1,2 + 36} = 7,71 m/s$$

21

1 - سرعة المتزحلق عندما يقطع مسافة قدرها 40 m :

$$h = AB \sin \alpha = 40 \times 0,34 = 13,6 m \quad \text{لدينا في الشكل :}$$

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

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

$$v_B = \sqrt{v_A^2 - 2gh} = \sqrt{144 - 2 \times 9,8 \times 13,6} = \sqrt{-122,5}$$

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

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

$$v_B = \sqrt{v_A^2 - 2gh} = \sqrt{144 - 2 \times 9,8 \times 5,1} = 6,63 m/s$$

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

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

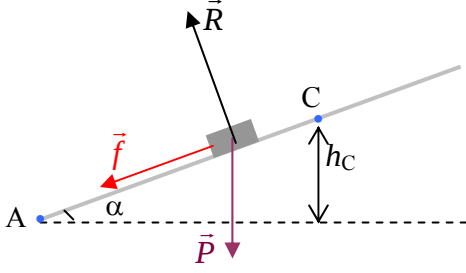
3 - المسافة المقطوعة عندما انعدمت سرعة المتزحلق بوجود الاحتكاك هي $AC = \frac{3}{5} \times 21,5 = 12,9 \text{ m}$.

المقدار الذي يرتفع به المتزحلق : $h_C = AC \times \sin \alpha = 12,9 \times 0,34 = 4,4 \text{ m}$
التغير في الطاقة الحركية يساوي مجموع الأعمال :

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

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

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



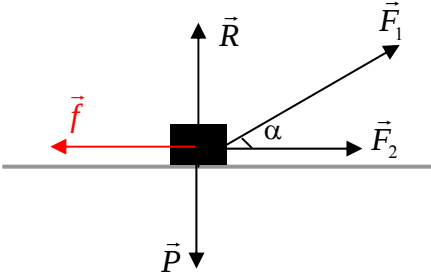
22

تصحيح إملاني : نكتب << ... تكافئ قوى الاحتكاك ... >> وليس تكافئ قوى الاحتكاك ...

1 - تمثيل القوى في الشكل المقابل .

2 - المعطيات ناقصة (لم تُعطى قيمة الانتقال) .

نعيد صياغة السؤال كما يلي : احسب مجموع أعمال القوى المطبقة على السيارة عندما تتحرك من السكون من A إلى B حيث $AB = 40 \text{ m}$ (مثلا) .
الجواب عن السؤال 2 :



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

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

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

3 - الحصيلة الطاقوية :

$$E_{C_A} + W(\vec{F}_1 + \vec{F}_2) - W(\vec{f}) = E_{C_B} \quad \text{معادلة انحفاظ الطاقة :}$$

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

لكي نحسب سرعة السيارة في النقطة B نطبق **نظرية الطاقة الحركية** ، أي التغير في الطاقة الحركية

$$E_{C_B} - E_{C_A} = \sum W_{AB} \quad \text{يساوي مجموع الأعمال} \quad \text{أي : } \frac{1}{2} Mv_B^2 - 0 = 31872 \quad \text{وبالتالي } v_B = \sqrt{\frac{2 \times 31872}{900}} = 8,4 \text{ m/s} !!$$

لو أخذت 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 $AB = 10 \text{ m}$ ، فنجد قيمة مجموع الأعمال $\sum W_{AB} = 7968 \text{ J}$ ، ونحسب v_B من $E_{C_B} - E_{C_A} = \sum W$ فنجد القيمة

$$v_B = 4,2 \text{ m/s}$$

5 - نضيف للسؤال ما يلي :

- النقطة B هي بداية المستوي المائل .

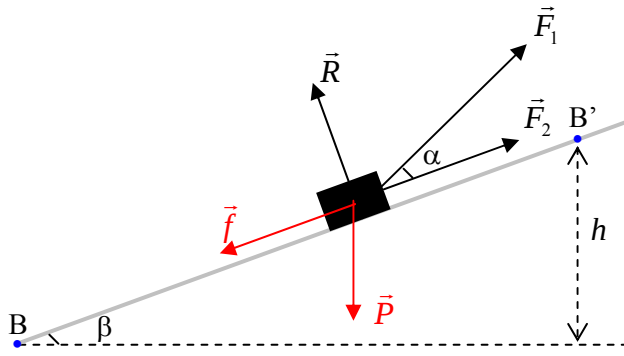
- تقطع السيارة على المستوي المائل مسافة $BB' = 20 \text{ m}$ مثلا .

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

جواب السؤال 5

5 - 1 - تمثيل القوى على الشكل .

5 - 2



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

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

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

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

- القوى المحركة : $F_1 \cos \alpha + F_2 = 880 \times 0,86 + 310 \approx 1067 \text{ N}$

- القوى المعرّقة : $P \sin \beta + f = 900 \times 9,8 \times 0,173 + 270 \approx 1796 \text{ N}$

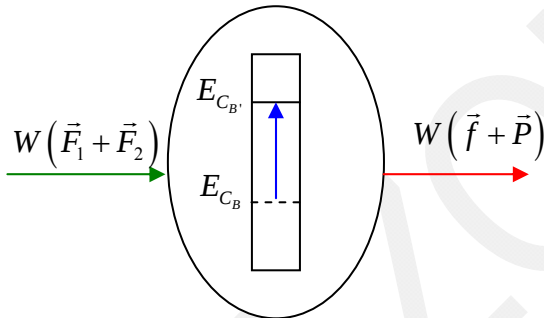
لكي تزداد سرعة السيارة أثناء الصعود نجعل مثلاً زاوية ميل المستوي المائل $\beta = 5^\circ$. ويصبح في هذه الحالة الارتفاع :

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

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

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

$$E_{C_B} + W(\vec{F}_1 + \vec{F}_2) - W(\vec{f} + \vec{P}) = E_{C_{B'}}$$



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

التغير في الطاقة الحركية يساوي مجموع الأعمال :

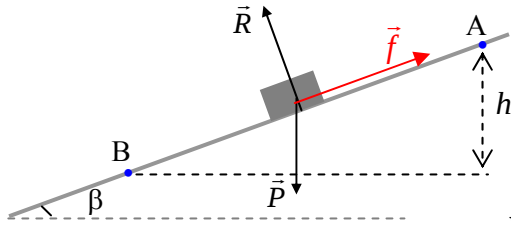
من الأحسن اعتبار الأشخاص تركوا السيارة عند وصولها للنقطة B ، وإلا سيتعبون كثيراً وهم يدفعون السيارة إلى أن تتضاعف سرعتها .

$$E_{C_C} - E_{C_B} = F_1 BC \cos \alpha + F_2 BC - P BC \sin \beta - f BC$$

$$BC = \frac{3E_{C_B}}{F_1 \cos \alpha + F_2 - Mg \sin \beta - f} \text{ ، وبالتالي : } E_{C_C} = 4E_{C_B}$$

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

وكان الله في عون هؤلاء الأشخاص



1 - تمثيل القوى في الشكل .

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

$$W_{AB}(\vec{P}) = Ph = Mg AB \sin \beta = 1200 \times 9,8 \times 120 \times 0,173 \approx 2,44 \times 10^5 J$$

$$(1) \quad W_{AB}(\vec{f}) = -fAB$$

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

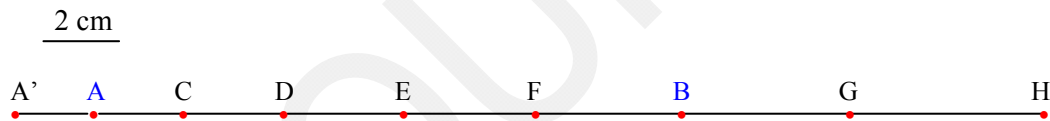
فرضا أن السيارة انطلقت من A ، معناه $E_{C_A} = 0$ ، وبالتالي $\frac{1}{2} Mv_B^2 = 244138 - W_{AB}(\vec{f})$ ، ومنه :

$$W_{AB}(\vec{f}) = 0,5 \times 1200 \times \left(\frac{20}{3,6}\right)^2 - 244138 = -225656 J$$

$$f = \frac{W_{AB}(\vec{f})}{-AB} = \frac{-225656}{-120} = 1880 N : \vec{f} \text{ شدة قوة الاحتكاك (1) من العلاقة (1)}$$

1 - حسب السلم المعطى ، نقيس المسافات على التسجيل ونقوم بضربها في 2 .

ملاحظة : توجد أخطاء على التسجيل . نصححها ، 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

$$v_A = \frac{A'C}{2\tau} = \frac{(1,8 + 2,2) \times 10^{-2}}{0,08} = 0,5 m/s : \text{سرعة العربة في A}$$

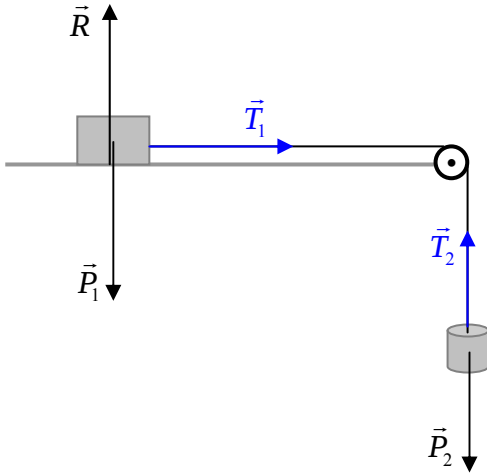
$$v_B = \frac{FG}{2\tau} = \frac{(3,8 + 4,4) \times 10^{-2}}{0,08} = 1,02 m/s : \text{سرعة العربة في B}$$

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

$$2 - \text{الطاقة الحركية في A : } E_{C_A} = \frac{1}{2} M_1 v_A^2 = 0,5 \times 0,674 \times (0,5)^2 = 8,4 \times 10^{-2} J$$

$$\text{الطاقة الحركية في B : } E_{C_B} = \frac{1}{2} M_1 v_B^2 = 0,5 \times 0,674 \times (1,02)^2 = 3,5 \times 10^{-1} J$$

3 - من أجل إثبات أن القوة T_1 ثابتة نحسب طولية التغير في شعاع السرعة Δv .



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

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

$$\Delta v_C = v_D - v_A = 0,7 - 0,5 = 0,2 \text{ m/s} : \text{ طولية تغير شعاع السرعة في C}$$

$$\Delta v_E = v_F - v_D = 0,9 - 0,7 = 0,2 \text{ m/s} : \text{ طولية تغير شعاع السرعة في E}$$

يمكن أن نحسب طولية تغير شعاع السرعة في النقط الأخرى ونجد نفس القيمة .

طولية تغير شعاع السرعة ثابت إذن القوة T_1 التي حركت العربة هي قوة ثابتة .

قيمة القوة T_1 :

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

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

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

يكتسب الجسم المعلق نفس طولية سرعة العربة لأنهما مرتبطتان .

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

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

5 - التغير في الطاقة الحركية للجسم المعلق في الخيط يساوي مجموع أعمال القوى المؤثرة عليه :

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

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

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