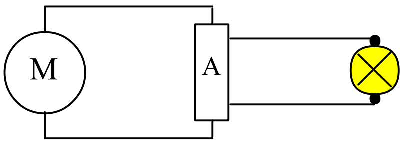
المستوى : السنة الثانية ثانوي

الوحدة **01** **مقاربة كيفية لطاقة جملة وانحفاظها**

حلول تمارين الكتاب المدرسي (الإصدار 1.01)

01

في التركيب : M : محرك ، A : منوّب



السلسلة الوظيفية :

المحرّك ← **يُدوّر** ← المنوّب ← **يُغذي** ← المصباح

المحرّك: **يدور** — المنوّب: **يدور** — المصباح: **يشتعل**

02

الهواء ← **يُدوّر** ← المروحة + البكرة ← **يُدوّران** ← المنوّب ← **يُغذي** ← المصباح ← **يُسخّن / يُشعّ** ← الوسط

الهواء: **يتحرك** — المروحة + البكرة: **يدوران** — المنوّب: **يدور** — المصباح: **يتوهّج** — الوسط: **يسخُن**

03

- سيارة تتحرك بواسطة خلايا شمسية : التركيب عبارة عن لوحة للخلايا الشمسية منتصبة فوق سطح السيارة .

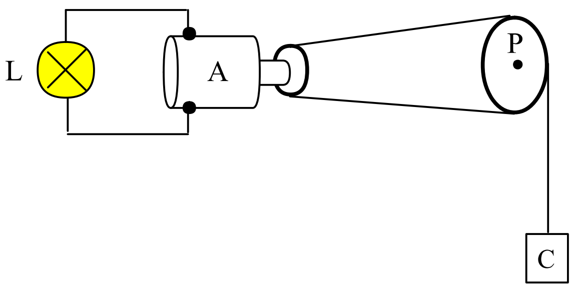
الشمس ← **تسخّن** ← الخلايا الشمسية ← **تغذي** ← الأعمدة ← **تُغذي** ← المحرك ← **يُدوّر** ← العجلات ← **تُدوّر** ← السيارة

الشمس: **تشعّ** — الخلايا الشمسية: **تسخن وتنتج التيار الكهربائي** — الأعمدة: **تتفرّغ** — المحرك: **يدور** — العجلات: **تدور** — السيارة: **تتحرك**

- اشتعال مصباح باستعمال منوّب وجسم يسقط :

نثبّت نهاية خيط على أحد مجريي بكرة P ، ثم نلفّ جزءا منه عليها ونعلّق في نهايته الأخرى جسما C . يمرّ على المجرى الثاني سيْر (Courroie) يشمل محور المنوّب A .

لما ينزل الجسم (يسقط) تدور البكرة وتدوّر معها المنوّب ، فيقوم هذا الأخير بتغذية المصباح .

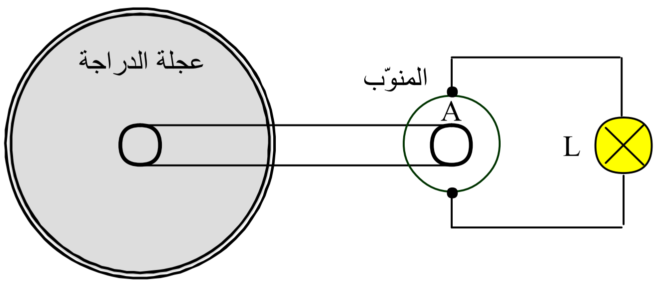


السلسلة الوظيفية :

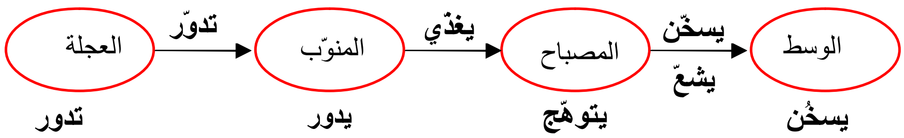
الجسم C ← **يدوّر** ← البكرة P ← **تدوّر** ← المنوّب ← **يُغذّي** ← المصباح ← **يسخّن / يشعّ** ← الوسط

الجسم C: **ينسحب** — البكرة P: **تدور** — المنوّب: **يدور** — المصباح: **يتوهّج** — الوسط: **يسخُن**

- اشتعال مصباح باستعمال منوّب و عجلة درّاجة :



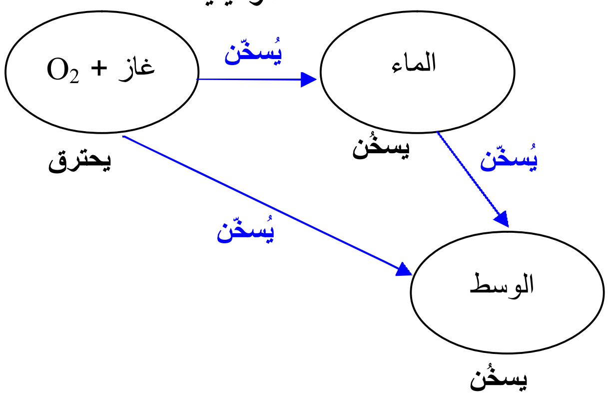
السلسلة الوظيفية :



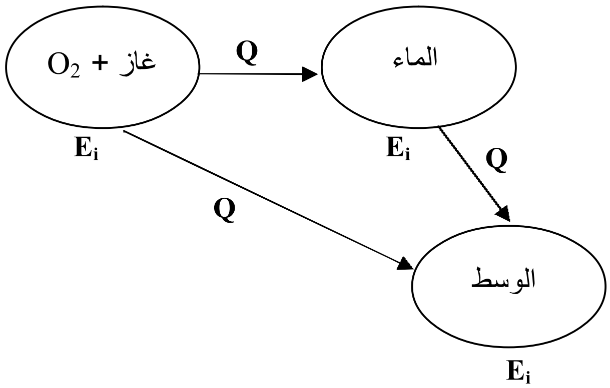
ملاحظة : نهمل الحرارة المنتشرة من المنوب عند دورانه والتي تنتقل للوسط الخارجي . في حالة عدم إهمالها نضيف فعل أداء من المنوب إلى الوسط الخارجي .

04

السلسلة الوظيفية



السلسلة الطاقوية



05 ارجع للدرس .

06

1 -

2 - يمكن إسقاط هذا التركيب على مبدأ اشتغال محرك بواسطة النمط GPL (سيرغاز) .

GPL : غاز البترول المميّع (Le Gaz de Pétrole Liquéfié) : هو مزيج مضغوط من البروبان (C_3H_8) والبوتان (C_4H_{10}) ، يمرّ إلى المحرك فيصبح تحت الضغط الجوي ، ثم يحترق مع ثنائي الأكسجين النابع من الهواء ، ويعطي غاز ثاني أكسيد الكربون وبخار الماء . يضغط هذا الغاز على مكابس المحرك فيدور .

07

- الرياح عند هبوبها : طاقة حركية
- الماء في السد : طاقة كامنة ثقالية
- ماء ساخن : طاقة داخلية
- ماء دافئ : طاقة داخلية

- نابض مضغوط : طاقة كامنة مرونية (طاقة داخلية عيانية)
- بنزين + هواء : طاقة داخلية (عند احتراق المزيج)
- بطارية : طاقة داخلية

08

استعمال مضخة لرفع الماء إلى خزّان فوق سطح العمارة ، أي تحويل الطاقة الحركية للماء إلى طاقة كامنة يكتسبها الماء في الخزان بفعل ارتفاعه عن سطح الأرض . ابحث لإيجاد أمثلة أخرى ...

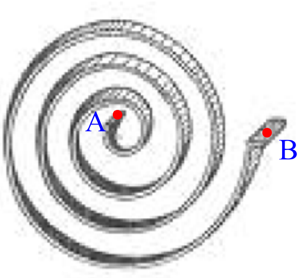
09

النابض ← يدوّر ← العجلة ← تدفع ← السيارة

يتمدد — تدور — تتحرّك

عندما نثبت النقطة A ونسحب النقطة B تقترب حلقات النابض الحلزوني إلى بعضها ، وبالتالي يكتسب طاقة كامنة مرونية والتي تتحول إلى طاقة حركية في العجلة عندما نحرّر النقطة B.

المفتاح الموجود على ظهر العربة يقوم بسحب النقطة B عندما ندوّره .



نابض حلزوني

10

بطارية تغذي مصباحا .

هناك أمثلة أخرى ، مثل كأس مملوء بالماء الساخن ...

بطارية ← تُغذّي ← المصباح ← يُسخّن / يُشعّ ← الوسط

تتفرّغ — يتوهّج — يسخُن

11

1 - تأتي الطاقة من الشمس للأرض .

2 - نمط التحويل : بالإشعاع

3 - تتحول الطاقة الداخلية للشمس بواسطة الإشعاع المرئي وفوق البنفسجي إلى الأرض على شكل طاقة داخلية ، فتأخذ منها الأرض ما تحتاجه وترجع جزءا للفضاء بواسطة إشعاع تحت الأحمر .

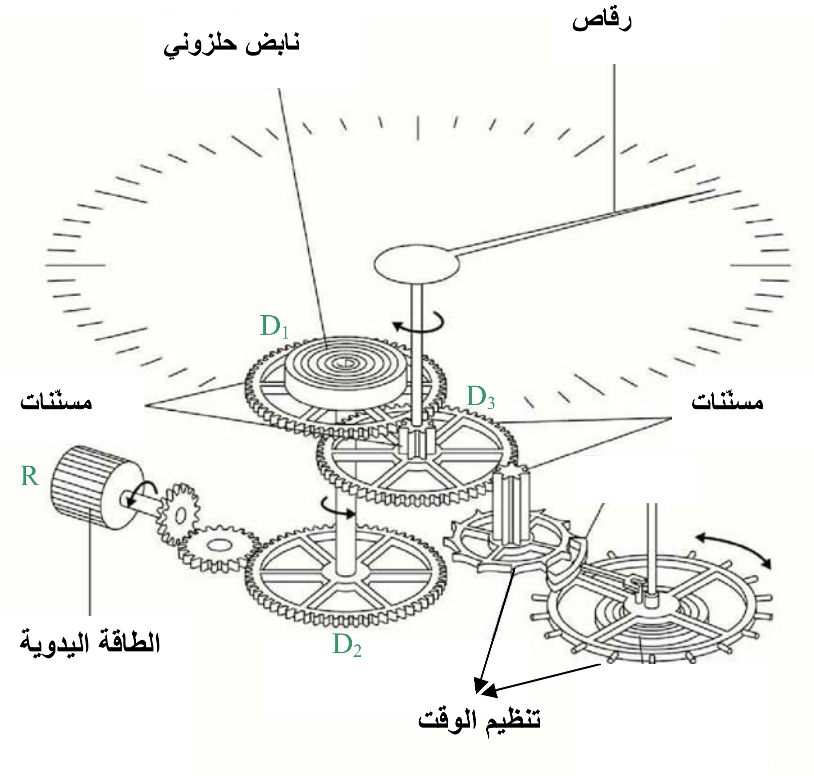
4 – الأرض ليست جملة معزولة طاقويا لأنها تتبادل الطاقة مع الوسط الخارجي . (الكون جملة معزولة)

12

عند حدوث عملية التبادل الحراري بين مادّتين في وسط معزول ، فإن كمية الحرارة المكتسبة تكون

د) مساوية لكمية الحرارة المفقودة .

13



من أجل تشغيل ساعة ميكانيكية نحتاج إلى طاقة خارجية .

توجد هذه الطاقة في نابض حلزوني ملفوف على محور القرصين المسنّنين D_1 و D_2 .

تُعطى الطاقة يدويا للنابض الحلزوني بواسطة المعبّئة R ، وتتخزّن فيه على شكل طاقة كامنة مرونية .

تشتغل الساعة عندما يشرع النابض في التمدد (ابتعاد الحلقات عن بعضها) ، بحيث يدوّر القرص D_1 ، ويقوم هذا الأخير بواسطة المسننات الموجودة على محور D_3 بتدوير رقاص الساعة .

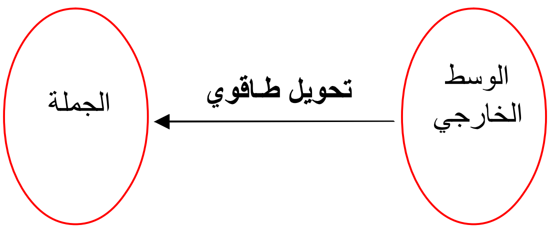
تتحول الطاقة الحركية للمعبّئة R إلى طاقة كامنة مرونية في النابض ، ثم إلى طاقة حركية للرقاص ..

ونفس المبدأ بالنسبة لرقاصي الدقائق والثواني .

14

نلاحظ أن الجملة تأخذ الطاقة من الوسط الخارجي (اتجاه السهم) .

مثال على هذا ، بعض التفاعلات الكيميائية الماصة للحرارة .



15

قبل نزول الماء ، كان يخزّن طاقة كامنة ثقالية .

خلال نزول الماء ، كان يملك طاقة حركية كذلك .

نمط التحويل : ميكانيكي (أثناء النزول تزداد الطاقة الحركية وتتناقص الطاقة الكامنة الثقالية ، وذلك لتناقص الارتفاع)

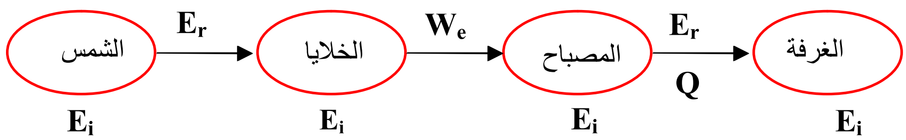
16

1 - الطاقة المخزّنة في الشمس هي طاقة داخلية (بفعل التفاعلات الكيميائية والنووية الحاصلة داخلها)

2 - نمط تحويل الطاقة من الشمس إلى الخلايا : بواسطة الإشعاع .

3 - نمط تحويل الطاقة من المصباح إلى محيط الغرفة : حراري وبواسطة الإشعاع .

4 - السلسلة الطاقوية للتركيب :



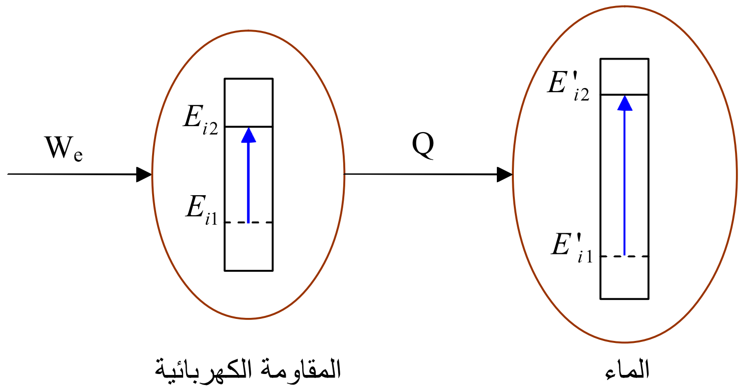
17

1 – يكتسب الماء طاقة داخلية (بفعل حركة جزيئات الماء)

2 – نمط التحويل : حراري

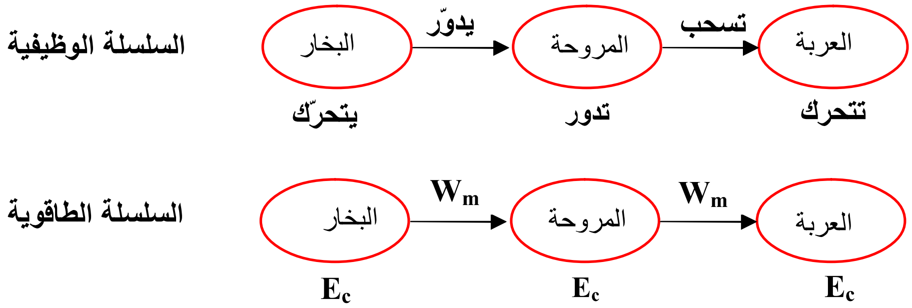
3 – الحصيلة الطاقوية :

بواسطة تحويل كهربائي تستقبل المقاومة الكهربائية طاقة ، فترتفع طاقتها الداخلية ، لأن درجة حرارتها ارتفعت . عندما تستقرّ درجة حرارة المقاومة الكهربائية ، فإن كل الطاقة التي تستقبلها تُعطيها للماء بواسطة تحويل حراري .



18

- الشكل 1 :

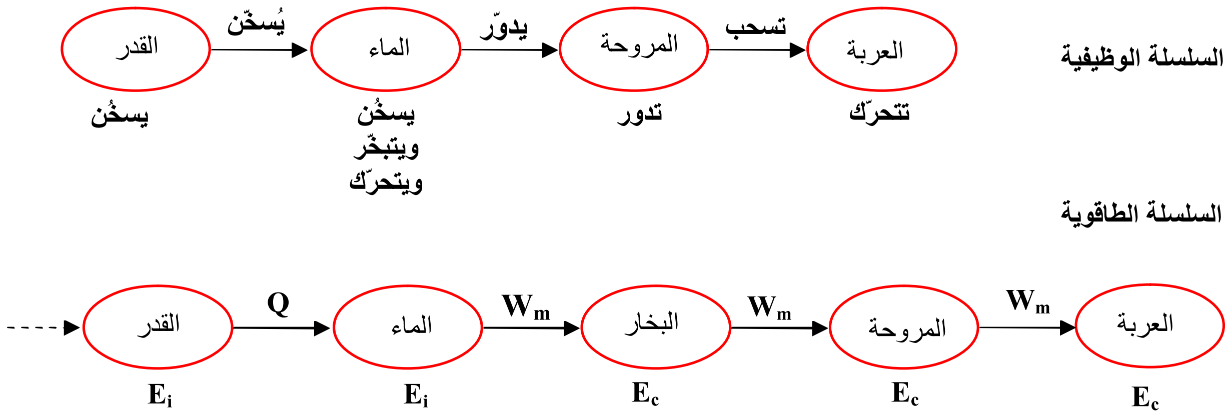


- الشكل 2 :

تصحيح إملائي : نقول : << ...تصبح **السلسلتان** ... >> لا نقول : << ... تصبح **السلسلتين !!** >>

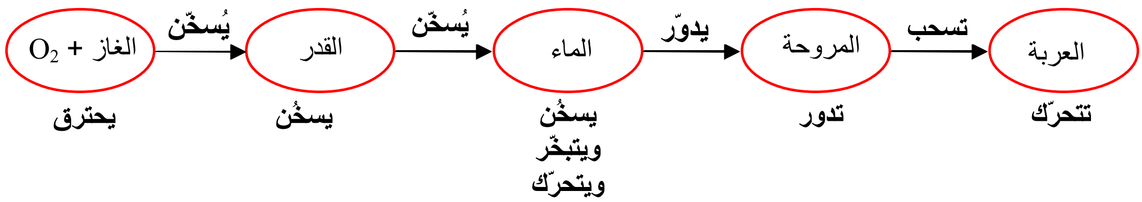
توضيح : لما يسخن الماء وتصل درجة حرارته إلى 100°C ، وتبقى هذه الدرجة ثابتة مهما كانت الطاقة التي يتلقاها الماء ، بشرط أن يكون هذا الأخير تحت الضغط الجوّي .

الدور الذي يقوم به القدر (Cocotte minute) هو أنه يرفع ضغط الماء ، وذلك بعدم السماح للأبخرة المتشكلة مبكرا مغادرة السطح الحرّ للماء ، وبالتالي يمكن أن تصل درجة حرارة الماء إلى 115°C . فإذا فتحنا القدر فإن الماء السائل يتحول فجأة إلى بخار ، لأن الضغط في القدر يصبح مساويا للضغط الجوّي .

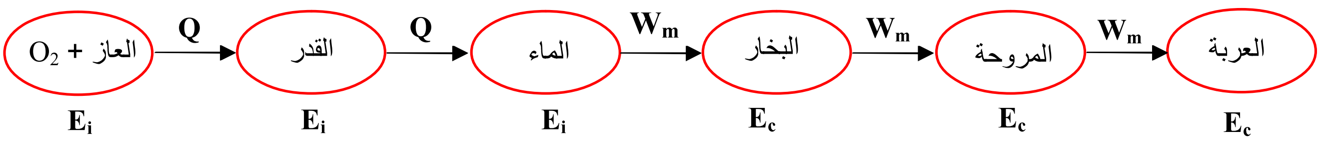


- الشكل 3 :

السلسلة الوظيفية



توضيح : تكتسب جزيئات الماء حرارة من القدر وتتحول إلى طاقة حركية يكتسبها بخار الماء فينطلق .

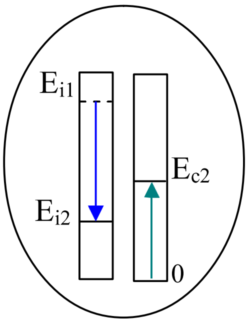


السلسلة الطاقوية

- الحصيلة الطاقوية الخاصة بالشكل – 3 :

كل ما في هذه العملية هو استهلاك الغاز لتحريك العربة ، لذلك نختصر الحصيلة الطاقوية فيما يلي :

(العربة + المروحة + القدر + قارورة الغاز)



19

1 – يمكن لهذا المؤشر أن يقيس مقدار انضغاط النابض أو قوة التوتر في النابض أو الطاقة الكامنة المرونية المخزّنة فيه ، وذلك حسب ما دُرّجت به الواجهة التي يتحرّك عليها المؤشر .

2 – إذا لم يكن هناك ضياع في الطاقة ، أي عدم وجود الاحتكاك على مسار الجسم ، فإن الجهاز يعبّر عن القوة التي دفع بها الشخصُ الجسمَ . (أي أن الطاقة التي يشير لها الجهاز تعبّر عن الطاقة التي أنفقها الشخص ، وبالتالي القوة التي دَفع بها الجسمَ)

3 – في حالة عدم وجود الاحتكاك فإن الطاقة الحركية للجسم تتحوّل كلها إلى طاقة كامنة مرونية في النابض .

20

1 2 3

1 - وصول الرياضي بجوار البساط (لحظة الارتكاز على الزانة) : يكتسب الرياضي أكبر طاقة حركية لأن حركته كانت متسارعة .

2 - أثناء الصعود : - الطاقة الحركية تتناقص ، حيث تنعدم في أقصى ارتفاع .

- الطاقة الكامنة الثقالية تزداد بفعل الارتفاع

- الطاقة الكامنة المرونية في الزانة تزداد عند ارتكاز الرياضي عليها لأن تقوّسها يزداد ، ثم تشرع في التناقص ، بحيث تنعدم عندما تصبح شاقولية .

3 - أثناء نزول الرياضي : الطاقة الحركية تزداد بفعل ازدياد سرعة الرياضي والطاقة الكامنة الثقالية تتناقص بفعل تناقص الارتفاع .

4 - (غير ممثّل على الشكل) عندما يصل الرياضي إلى البساط : تكون طاقته الحركية أعظم ما يمكن ، والتي تتحوّل إلى طاقة داخلية في البساط (التشوّه الذي يحدث فيه) ، أما الطاقة الكامنة الثقالية تنعدم باعتبار الارتفاع معدوم عند البساط .

21

يحترق المزيج الغازي (بخار البنزين + ثنائي الأكسجين) ، وينتج عنه غاز ثاني أكسيد الكربون وبخار الماء . يقوم الناتج بالضغط على المكابس فيشتغل المحرّك فتدور العجلات وتتحرك السيارة .

22

نعتبر الارتفاع معدوما عند المستوي الأفقي .

- 1

الجملة (عربة) : طاقة حركية في B .

الجملة (نابض) : طاقة كامنة مرونية في C .

الجملة (عربة + أرض) : طاقة كامنة ثقالية في A وطاقة حركية في B .

الجملة (عربة + أرض + نابض) : طاقة كامنة ثقالية في A وطاقة حركية في B وطاقة كامنة مرونية في C .

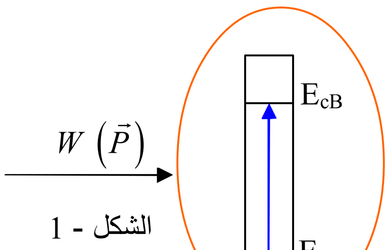
2 - الحصيلة الطاقوية بين A و B : بإهمال الاحتكاك .

الجملة (عربة) : بفعل ثقلها تتغير طاقتها الحركية من $E_{cA} = 0$ إلى E_{cB} ، وتكون بذلك الحصيلة الطاقوية كما يلي : (شكل -1)

الجملة (عربة + أرض) : تتناقص الطاقة الكامنة للجملة وتزداد طاقتها الحركية (الشكل – 2)

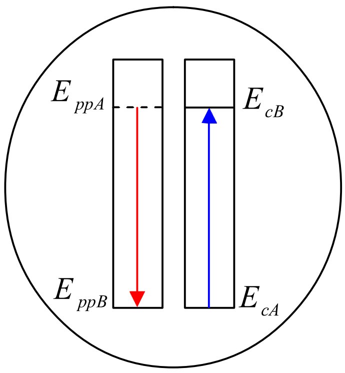
تمرّن على الجُمل الأخرى ....

وإذا صادفت مشكلا اطرح سؤالك على المنتدى .



الشكل - 1

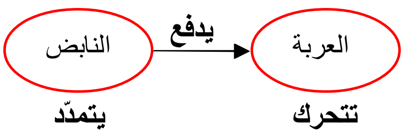
العربة



عربة + أرض

23

1 - السلسلة الوظيفية للتركيب :



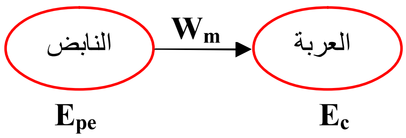
2 - الطاقة الحركية للعربة في الحالة 2 معدومة لأن العربة ساكنة ، وإذا اعتبرنا طاقتها الكامنة معدومة (ارتفاعها عن سطح الأرض معدوم) ، فلا يكون للعربة طاقة في هذه الحالة .

3 – في الحالة 3 تكتسب العربة طاقة حركية ، وتتعلق بسرعتها وكتلتها ، وهذه الطاقة اكتسبتها بفعل ضغط النابض .

4 – يملك النابض طاقة في الحالة 2 ، وهي طاقة كامنة مرونية ، وتتعلّق بمقدار انضغاط النابض . اكتسب النابض هذه الطاقة من المجهود المبذول من أجل ضغطه .

5 – في الحالة 3 يطبّق النابض قوة على العربة والدليل على ذلك هو حركتها .

6 – نمط تحويل الطاقة من النابض إلى العربة هو تحويل ميكانيكي نتيجة القوة التي يُطبّقها النابض على العربة .

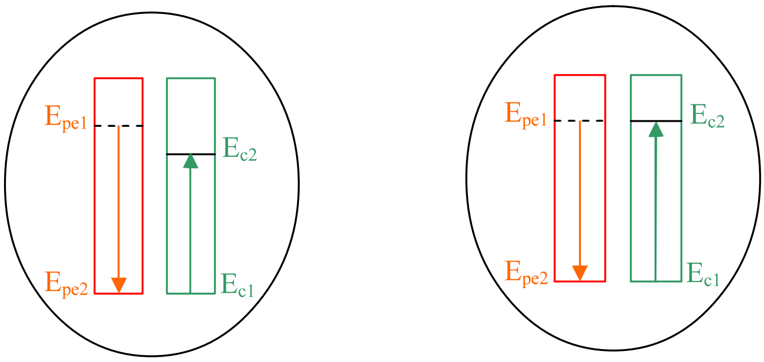


7 - السلسلة الطاقوية للتركيب :

8 - تصبح الطاقة الكامنة المرونية للنابض معدومة عندما يصبح طوله مساويا لطوله الطبيعي (أي غير منضغط وغير مستطال) .

9 – تصبح الطاقة الحركية للعربة مساوية للطاقة الكامنة المرونية التي كان يخزّنها النابض في الحالة 2 (بفرض أنه لا يوجد احتكاك على مسار العربة) ، وذلك حسب مبدأ انحفاظ الطاقة .

10 -



وجود ضياع للطاقة   عدم وجود ضياع للطاقة

11 - معادلة انحفاظ الطاقة في الحالة 3 : $E_{pe1} + E_{c1} = E_{pe2} + E_{c2}$ (1)

ولدينا $E_{c1} = 0$ ، لأن العربة كانت ساكنة (الحالة 2) .

من العلاقة (1) نستنتج : $E_{c2} = E_{pe1} - E_{pe2}$ (2)

أي $E_{c2} = -\Delta E_p$ ، لأن $\Delta E_{pe} = E_{pe2} - E_{pe1}$ ، وهو التغير في الطاقة الكامنة المرونية للنابض .

12 – للتحقق من السؤال 9 نقول أنه عندما يصبح طول النابض مساويا لطوله الطبيعي تكون $E_{pe2} = 0$ ، وبالتعويض في العلاقة (2) نجد : $E_{c2} = E_{pe1}$ ، أي أن كل الطاقة الكامنة المرونية التي كان يخزّنها النابض تحولت إلى طاقة حركية .

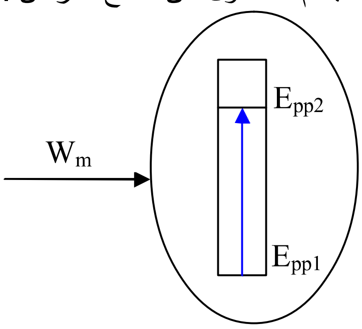
24

1 - في الحالة 1 : الطاقة الحركية معدومة والطاقة الكامنة الثقالية معدومة (طبعا باعتبار الارتفاع معدوم على سطح الأرض)

في الحالة 2 : الطاقة الحركية معدومة والطاقة الكامنة الثقالية لها قيمة معيّنة تتعلق بارتفاع الجسم المحمول عن سطح الأرض .

2 - الطاقة المبذولة من طرف الرياضي تحولت إلى طاقة كامنة ثقالية .

3 - الحصيلة الطاقوية :



4 - معادلة انحفاظ الطاقة : الجملة (الجسم + الأرض) : $W_m = E_{pp2}$

معادلة انحفاظ الطاقة : الجملة (الجسم) : $|W_m| = W(\vec{P})$

25

رياضة رمي الجلّة :

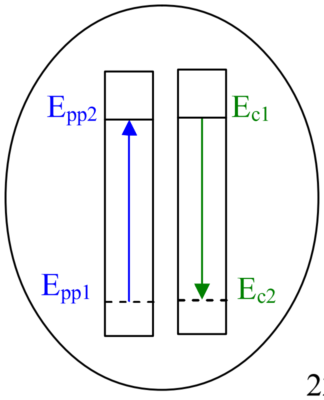
1 - أثناء دوران الرياضي يكتسب طاقة حركية يقدّمها للجلّة ، فتنطلق هذه الأخيرة وأثناء حركتها تتناقص طاقتها الحركية إلى أن تصبح أصغر ما يمكن في أقصى ارتفاع تصله ، وتكون عندئذ طاقتها الكامنة الثقالية أكبر ما يمكن . تشرع بعد ذلك الطاقة الحركية للجلّة في التزايد ، وتكون لها أكبر قيمة عند وصولها لأرضية الميدان ، وتنعدم آنذاك طاقتها الكامنة .

الطاقة الحركية التي تصل بها الجلة لأرضية الميدان تتحول إلى حرارة بفعل الصدم وعمل نتيجة الأثر الذي تتركه في الأرضية .

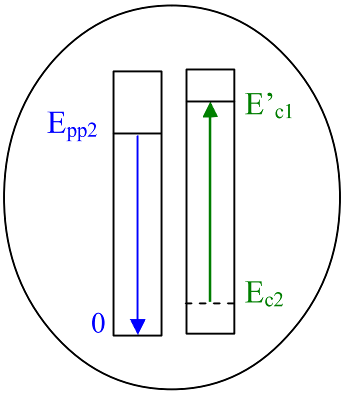
2 - الحصيلة الطاقوية :

الجملة (جلّة + أرض)

أثناء الصعود



أثناء النزول



الجملة (جلّة) استعن بالتمرين 22

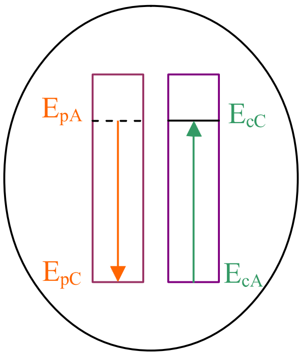
26

باعتبار الجملة (جسم + أرض) :

1 - في الوضع A : طاقة كامنة ، في الوضع B : طاقة حركية وكامنة ، في الوضع C : طاقة حركية .

2 - نمط تحويل الطاقة : تحويل ميكانيكي ، حيث بفعل قوة ثقل الجسم تتحول الطاقة الكامنة الثقالية إلى طاقة حركية .

3- الحصيلة الطاقوية للجملة بين A و C :



الجملة (جسم + أرض)

4 – معادلة انحفاظ الطاقة : $E_{cB} + E_{ppB} = E_{ppA}$

$$E_{cB} = E_{ppA} - E_{ppB} = -(E_{ppB} - E_{ppA}) = -\Delta E_{pp}$$

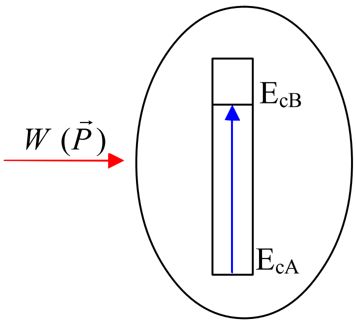
باعتبار الجملة (الجسم) :

1 – الوضع B : طاقة حركية

الوضع C : طاقة حركية

2 - تحويل ميكانيكي (فعل ثقل الجسم زاد في الطاقة الحركية للجسم)

3 - الحصيلة الطاقوية



4 – معادلة انحفاظ الطاقة

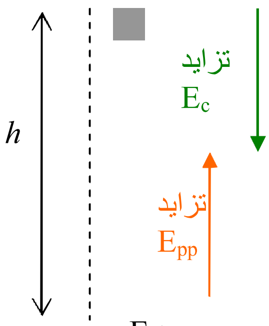
$$E_{cA} + W\left(\vec{P}\right) = E_{cB}$$

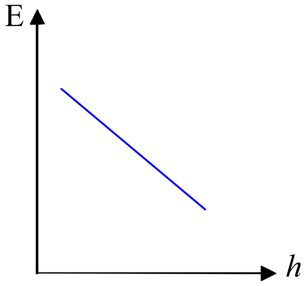
27

في البيـان 3 نلاحظ أن الطاقة تزداد عندما يتناقص الارتفاع ، وهذا يتوافق مع الطاقة الحركيّة

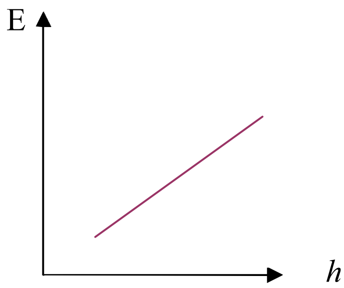
في البيـان 2 نلاحظ أن الطاقة تزداد عندما يزداد الارتفاع ، وهذا يتوافق مع الطاقة الكامنة الثقالية

في البيـان 1 نلاحظ أن الطاقة ثابتة مهما كان الارتفاع ، وهذا يتوافق مجموع الطاقتين الحركية والكامنة الثقالية ، ونستنتج من هذا أن الجملة (جسم + أرض) معزولة ، أي أن الطاقة محفوظة .

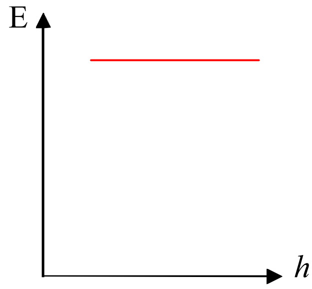




3



2



1

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 $W = Fd = 3\times 10 = 30J$

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 - $\cos\alpha = \dfrac{W}{Fd} = \dfrac{125}{10,27\times 13} = 0,936$ ، ومنه $\alpha = 20,6°$.

2 - $\cos\alpha = \dfrac{W}{Fd} = \dfrac{134}{10,27\times 13} = 1$ ، نعم يمكن أن يكون العمل مساويا لـ 134 J ما دام $\cos\alpha \le 1$

05

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

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

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

06

$$W_{AB}\left(\vec{F}\right)=Fd\cos\alpha=10\times10=100J$$

$$W_{AB}\left(\vec{F}\right)=Fd\cos\alpha=10\times11,6\times0,86=100J$$

$$W_{AB}\left(\vec{F}\right)=Fd\cos\alpha=10\times20\times0,5=100J$$

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 : (α = 0) : $F=\frac{100}{10\times1}=10\,N$

الحالة الثانية : (α = 30°) : $F=\frac{100}{10\times0,86}=11,6\,N$

الحالة الثالثة : (α = 60°) : $F=\frac{100}{10\times0,5}=20\,N$

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

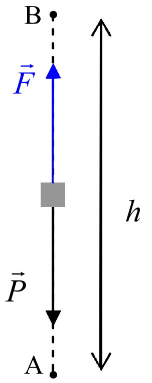
المعطيات غير كافية لحل التمرين .

09

نعتبر $\vec{F}$ هي القوّة المبذولة .

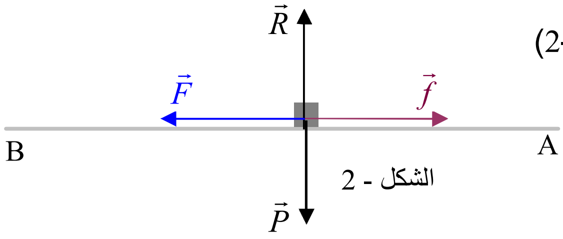
1 - بما أن سرعة الجسم ثابتة فإن $F=P$

$W_{AB}\left(\vec{F}\right)=\left|W_{AB}\left(\vec{P}\right)\right|=Ph=980\times10=9,8\times10^{3}J$ (الشكل -1)



الشكل - 1

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

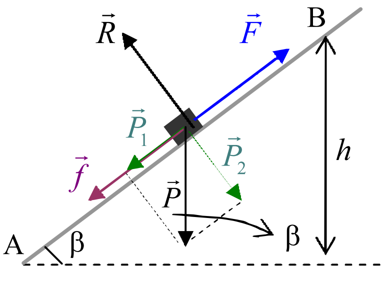


الشكل - 2

بما أن سرعة الجسم ثابتة فإن :

$F=f$ ، وبالتالي $W_{AB}\left(\vec{F}\right)=\left|W_{AB}\left(\vec{f}\right)\right|=300\times10=3,0\times10^{3}J$

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



الشكل -3

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

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

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

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

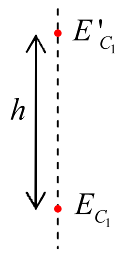
10

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

13

1 - كتلة السيارة M = 1,2 × 1000 = 1200 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 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

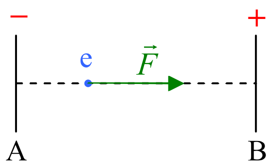
1 - التغيّر في الطاقة الحركية يساوي عمل ثقل الحجر ، أي : $\Delta E_C = E_{C_2} - E_{C_1} = W(\vec{P}) = Ph$ ، مع العلم أن $E_{C_1} = 0$

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

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 $V_B - V_A = 1V$ 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

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

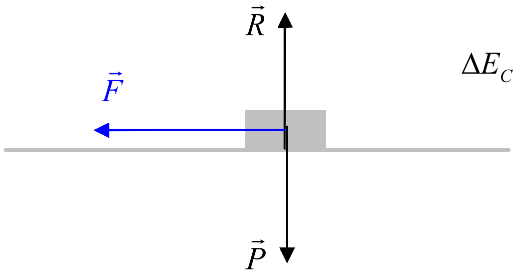
إذن 1 إلكترون – فولط (أو بمعنى آخر عندما ينتقل من السكون إلكترون واحد بين نقطتين فرق الكمون بينهما 1 Volt) يكتسب طاقة حركية قيمتها $E_C = 1,6\times 10^{-19} J$. وبالتالي $1eV = 1,6\times 10^{-19} J$

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

2 - $v = \sqrt{\dfrac{2E_{c_2}}{M}} = \sqrt{\dfrac{2\times18,2\times10^{-19}}{800}} = 6,7\times10^{-11}\ m/s$!!

16

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



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

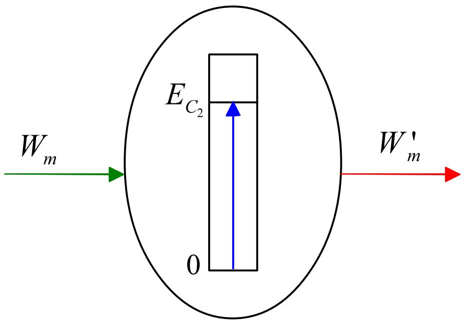
2 - القوّة المحركة للطائرة هي $\vec{F}$.

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 $\rho = 1,23\,g/l$: $M = \rho\times V = 1,23\times1000 = 1230g$.

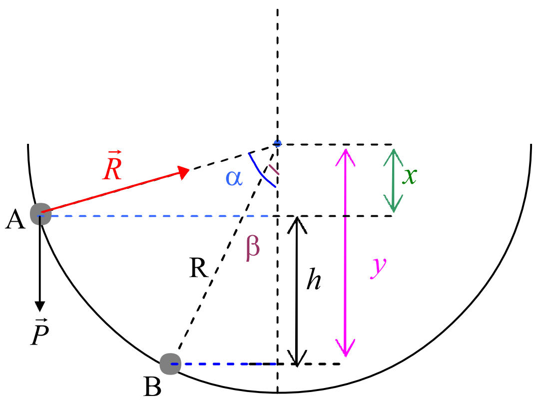
- في حالة سرعة الرياح $v = \dfrac{100}{3,6} = 27,8\,m/s$ ، تكون الطاقة الحركية $E_C = \dfrac{1}{2}Mv^2 = 0,5\times1,23\times(27,8)^2 = 475,3J$

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

18

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

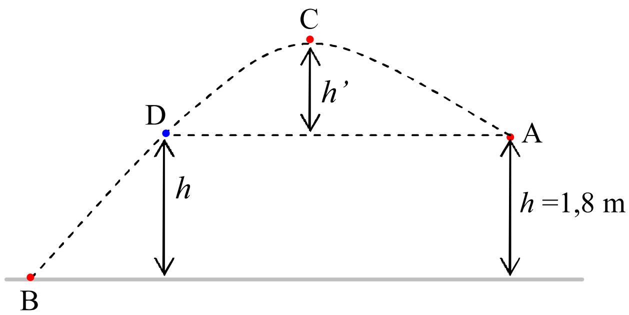
2 - معادلة انحفاظ الطاقة : $E_{c_A} + W_{AB}\left(\vec{P}\right) = E_{C_B}$



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

19

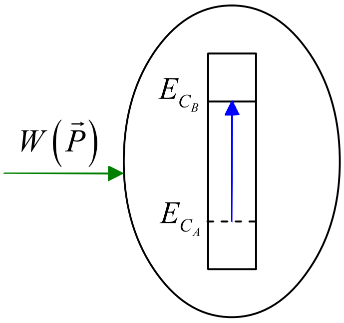


1 – نجزيْ مسار الكرة إلى AC ، CD ، DB

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

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

2 – الحصيلة الطاقوية : في الشكل



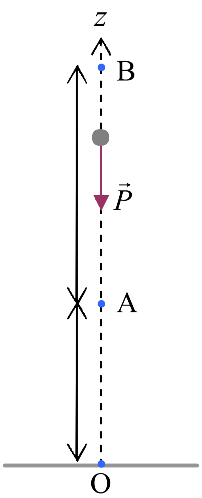
3 – معادلة انحفاظ الطاقة : $E_{C_A}+W\left(\vec{P}\right)=E_{C_B}$ (1)

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

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

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

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 :

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

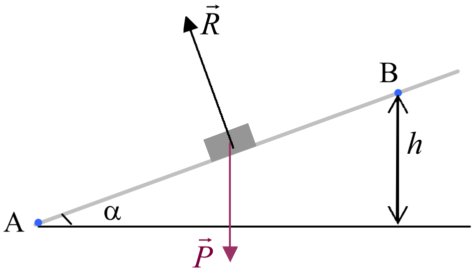
$$\frac{1}{2}Mv_O^2=\frac{1}{2}Mv_A^2+MgAO$$

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

21

1 – سرعة المتزحلق عندما يقطع مسافة قدرها 40 m :

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



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

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

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

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

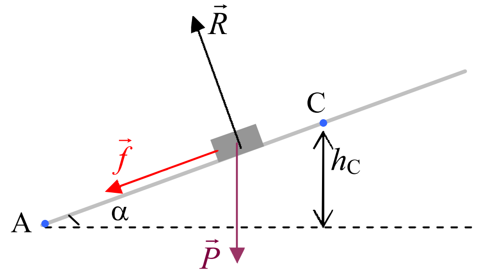
نصحّح هذه القيمة ونضع مثلا المسافة 15 m ، وبالتالي تصبح السرعة في النقطة B :

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

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

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

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



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 :

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

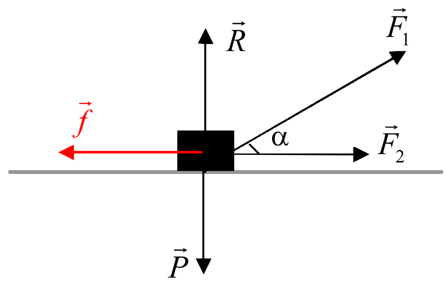
بوضع $E_{C_C}=0$ نستنتج $f=\frac{E_{C_C}-Ph_C}{AC}=\frac{0,5Mv_A^2-Mgh_C}{Ac}$

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

22

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

1 - تمثيل القوى في الشكل المقابل .



2 - المعطيات ناقصة (لم تُعطى قيمة الانتقال) .

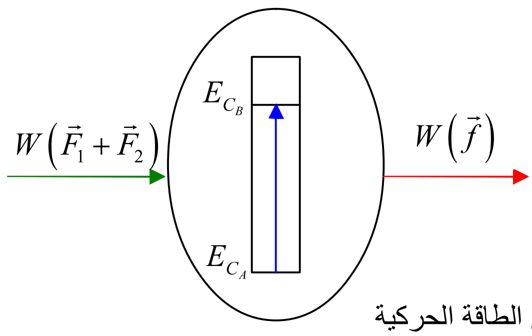
نعيد صياغة السؤال كما يلي : احسب مجموع أعمال القوى المطبّقة على السيارة عندما تتحرك من السكون من A إلى B حيث AB = 40 m (مثلا) .

الجواب عن السؤال 2 :

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

$$W_{AB}=F_1AB\cos\alpha+F_2AB+0+0-fAB$$

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



3 - الحصيلة الطاقوية :

معادلة انحفاظ الطـاقة : $E_{C_A}+W\left(\vec{F}_1+\vec{F}_2\right)-W\left(\vec{f}\right)=E_{C_B}$

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 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 .

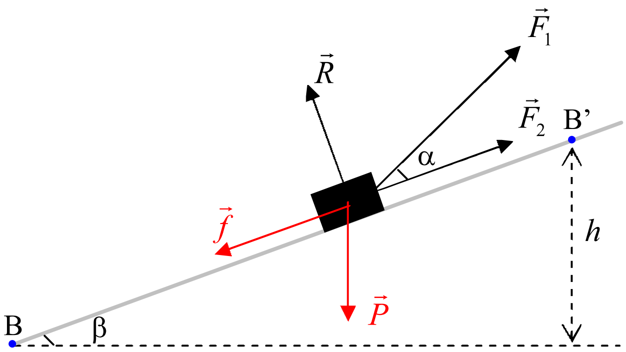
نستعمل AB = 10 m ، فنجد قيمة مجموع الأعمال $\sum W_{AB}=7968\,J$ ، ونحسب v_B من $E_{C_B}-E_{C_A}=\sum W$ فنجد القيمة $v_B=4,2\,m/s$.

5 - نضيف للسؤال ما يلي :

- النقطة B هي بداية المستوى المائل .
- تقطع السيارة على المستوى المائل مسافة BB’ = 20 m مثلا .
- القوة التي تؤثر بها مجموعة الأشخاص موازية للمستوى المائل (أي موازية للطريق) .

جواب السؤال 5

5 – 1 - تمثيل القوى على الشكل .



5 – 2 –

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

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

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 .
و هذا يتناقض مع السؤال 6 .

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

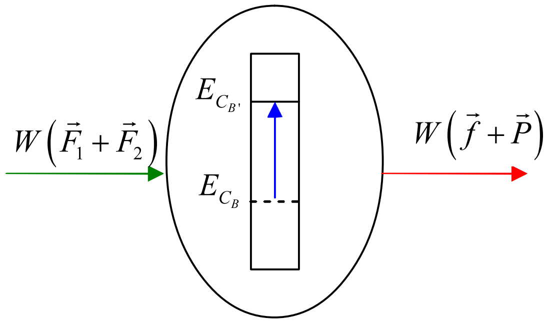
لكي تزداد سرعة السيارة أثناء الصعود نجعل مثلا زاوية ميل المستوي المائل $\beta = 5°$. ويصبح في هذه الحالة الارتفاع :

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

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 و هم يدفعون السيارة إلى أن تتضاعف سرعتها .

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

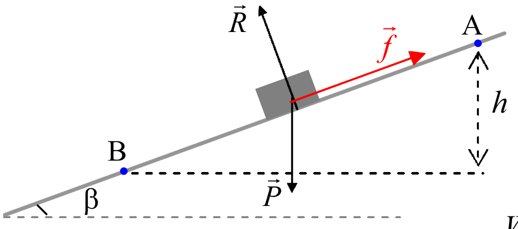
نضع $E_{C_C} = 4E_{C_B}$ ، وبالتالي : $BC = \dfrac{3E_{C_B}}{F_1\cos\alpha + F_2 - Mg\sin\beta - f}$

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

وكان الله في عون هؤلاء الأشخاص ....

23

1 - تمثيل القوى في الشكل .



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

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

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

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 $\frac{1}{2}Mv^2_B=244138-W_{AB}\left(\vec{f}\right)$ ، ومنه :

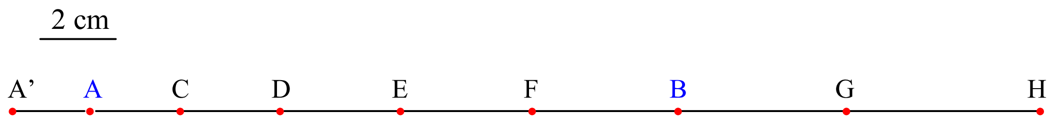
$$W_{AB}\left(\vec{f}\right)=0,5\times1200\times\left(\frac{20}{3,6}\right)^2-244138=-225656\,J$$

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

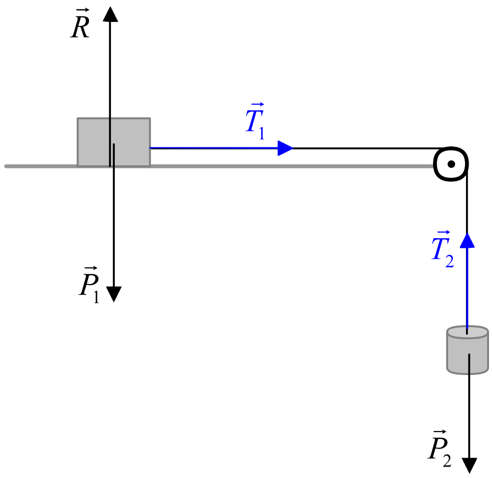
سرعة العربة في B : $v_B=\frac{FG}{2\tau}=\frac{(3,8+4,4)\times10^{-2}}{0,08}=1,02m/s$

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

2 – الطاقة الحركية في A : $E_{C_A}=\frac{1}{2}M_1v^2_A=0,5\times0,674\times(0,5)^2=8,4\times10^{-2}J$

الطاقة الحركية في B : $E_{C_B}=\frac{1}{2}M_1v^2_B=0,5\times0,674\times(1,02)^2=3,5\times10^{-1}J$

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 :

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

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 :

$E_{C_B} - E_{C_A} = W_{AB}(\vec{P}_2) + W_{AB}(\vec{T}_2) = P_2 h - T_2 AB$ ، حيث $h = AB$ ، وبالتالي : $P_2 - T_2 = \frac{E_{C_A} - E_{C_B}}{AB}$ (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 : $T_2 = P_2 - \frac{E_{C_A} - E_{C_B}}{AB} = 0,443 \times 9,8 - \frac{0,23 - 0,055}{0,15} = 3,17\,N$

- 6

المستوى : السنة الثانية ثانوي

الوحدة **04** **الطاقة الكامنة**

حلول تمارين الكتاب المدرسي الإصدار 1.00

01

اختيار الجواب الصحيح :

- تُكتب عبارة الطاقة الكامنة الثقالية على الشكل : أ) $E_{pp} = Mgz$

ملاحظة مهمّة : الطاقة الكامنة الثقالية تُكتب على الشكل $E_{pp} = Mgz$ **فقط** لما يكون المحور Oz موجّها نحو الأعلى .

شرط كتابة هذه العبارة هو اختيار وضع مرجعي تكون عنده الطاقة الكامنة الثقالية معدومة ويوافق $z = 0$.

- الطاقة الكامنة الثقالية أ) تتعلق بمرجع الدراسة ، أي باختيار مبدأ المحور Oz .
- التغيّر في الطاقة الكامنة الثقالية ب) لا يتعلق بمرجع الدراسة ، (الارتفاع هو الفرق بين فاصلتين z_1 و z_2 ، أي مستقل عن المبدأ) .
- عبارة التغيّر في الطاقة الكامنة الثقالية هي ب) $\Delta E_{pp} = - W_{AB}\left(\vec{P}\right)$
- عندما ينتقل جسم نحو الأعلى ، فإن طاقته الكامنة الثقالية ب) تزداد (لأن الارتفاع يزداد) .
- عندما ينتقل جسم على مستو أفقي ، فإن طاقته الكامنة الثقالية جـ) تبقى ثابتة (لأن الارتفاع يبقى ثابتا) .

02

نُعني بالعبارة : << الطاقة الكامنة الثقالية معرفة بتقريب ثابت >> أنه لا يُمكن حسابها إلا إذا اخترنا وضعا مرجعيا ، أي أن :

$E_{pp} = Mgh + E_{pp0}$ ، حيث (E_{pp0}) هو الثابت المقصود .

03

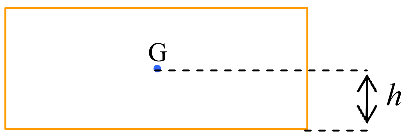
الطاقة الكامنة الثقالية تخصّ الجملة (الجسم + الأرض) ، أي أنها ناتجة عن الفعلين المتبادلين بين الجسم والأرض ، لهذا لا نتكلم عن طاقة كامنة ثقالية للجملة (جسم) .

04

1 - نعتبر أن المستوي الذي وُضعت عليه الأجورة هو المستوي المرجعي ، ونعلم أن مركز ثقل الأجورة يبعد عن هذا المستوي بالمسافة ،

$h = \frac{10}{2} = 5cm$ ، انظر للشكل – 1

$E_{pp} = Mgh = 2,4 \times 9,8 \times 5 \times 10^{-2} = 1,17 J$



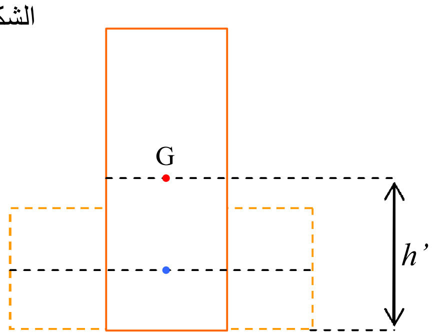
الشكل - 1

2 - لدينا $h' = \frac{30}{2} = 15cm$ انظر للشكل -2

$E'_{pp} = Mgh' = 2,4 \times 9,8 \times 15 \times 10^{-2} = 3,53 J$

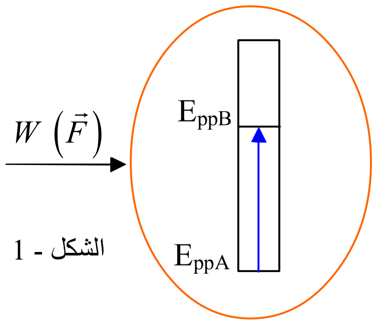
3 - التغيّر في طاقتها الكامنة $\Delta E_{pp} = E'_{pp} - E_{pp}$

$\Delta E_{pp} = 3,53 - 1,17 = 2,36 J$



الشكل - 2

05



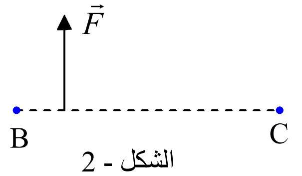
الشكل - 1

1 - الحصيلة الطاقوية : الشكل_ – 1) . لدينا $E_{cA} = E_{cB} = 0$

نعتبر أن المستوى AD هو الوضع المرجعي .

2 - معادلة انحفاظ الطاقة $E_{ppA} + W(\vec{F}) = E_{ppB}$ ، حيث $\vec{F}$ هي القوة التي يؤثر بها الحبل .

3 - $W_{AB}(\vec{F}) = E_{ppB} - E_{ppA} = Mg(h_B - h_A) = 500 \times 9,8 \times 6 = 2,94 \times 10^4\ J$



الشكل - 2

4 - عمل القوة $\vec{F}$ معدوم لأن شعاع القوّة عمودي على الانتقال BC .

5 - عمل القوة $\vec{F}$ من C إلى D هو نفس عملها من A إلى B بإشارة مختلفة ، أي .

$W'_{CD}(\vec{F}) = -W_{AB}(\vec{F}) = -2,94 \times 10^4\ J$

6 - عمل القوة $\vec{F}$ من A إلى D معدوم ، أي : $W_{AD}(\vec{F}) = 2,94 \times 10^4 + 0 - 2,94 \times 10^4 = 0$

06

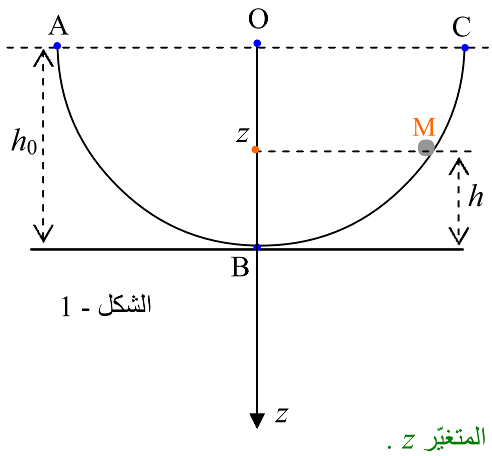
ملاحظة : لا يمكن للكرة أن تتدحرج إلا إذا وُجد الاحتكاك ، فإذا كان الاحتكاك معدوما فإن الكرة تنزلق ولا تدور .

نغضّ النظر عن هذا المشكل حتى لا نتناقض مع السؤال 3- الذي ينصّ على أن الكرة تصل إلى النقطة C ، مع العلم أن C على استقامة A

1 - نعتبر الوضع المرجعي المستوى الأفقي المار من النقطة B .

في الوضع A تملك الجملة (الكرية + الأرض) طاقة كامنة ثقالية E_{ppA} ، لأنها توجد على ارتفاع h_0 عن الوضع المرجعي . الشكل - 1

2 - في الوضع B تكتسب الكرية طاقة حركية E_{cB} .



الشكل - 1

3 -

إذا وصلت الكرية إلى النقطة C ، فهذا معناه أن كل طاقتها الحركية في النقطة B تتحول إلى طاقة كامنة ثقالية في النقطة C ، أي أن $E_{ppA} = E_{ppC}$ ، وبالتالي تكون الطاقة محفوظة ، أي أن الجملة (الكرية + الأرض) معزولة طاقويا .

تمثيل $E_c = f(z)$ و $E_{pp} = g(z)$ من B إلى C :

في نقطة كيفيّة M بين B و C عندما تصعد الكرة تكون طاقتها الكامنة الثقالية

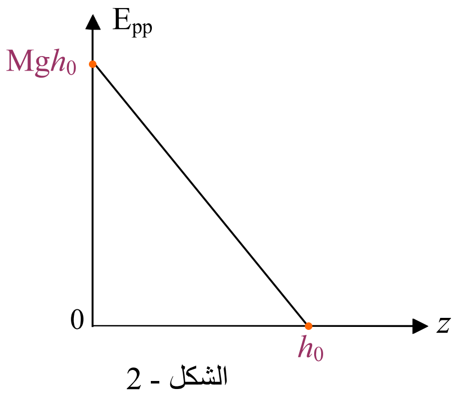
$$E_{pp} = Mg\,h = Mg(h_0 - z)$$

هنا لم نكتب $E_{pp} = Mgz$ لأن Oz موجّه نحو الأسفل ، بل عبّرنا عن الطاقة الكامنة الثقالية بدلالة المتغيّر z .

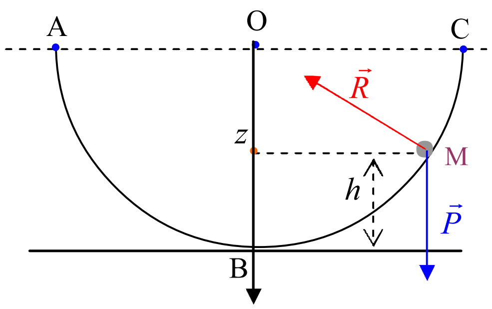
$E_{pp} = -Mgz + Mgh_0$ ، وهذا من الشكل $y = ax + b$ ، حيث $a < 0$

بيان الطاقة الكامنة بدلالة الترتيب z مُمثّل في الشكل – 2

بالنسبة لبيان الطاقة الحركية ، لتكن E_c هي الطاقة الحركية للكرية عند النقطة M .



الشكل - 2



الشكل -3

القوى المؤثرة على الكرية آنذاك هي قوّة ثقلها $\vec{P}$ وقوة رد فعل الإناء على الكرية $\vec{R}$. (الشكل -3)

لدينا $W_{BM}\left(\vec{R}\right)=0$ ، لأن $\vec{R}$ تبقى عمودية على المماس في كل نقطة من المسار ، والسبب هو عدم وجود الاحتكاك .

$$W_{BM}\left(\vec{P}\right)=-Mgh$$

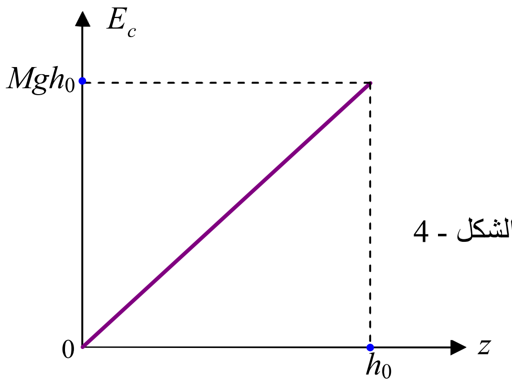
بتطبيق قانون انحفاظ الطاقة على الجملة (الجسم) ، نكتب : $E_{cB}-W\left(\vec{P}\right)=E_c$ ، حيث أن E_c هي كل قيم الطاقة الحركية بين B و C ،

ونعلم أن $E_{cB}=E_{ppA}=Mgh_0$ (لأن الجملة الجسم + الأرض معزولة)

وبالتالي : $E_c=Mgh_0-Mgh=Mgh_0-Mg\left(h_0-z\right)$

$E_c=Mgz$ ، وهو من الشكل $y=ax$

البيان على الشكل - 4



الشكل - 4

07

لكي لا نعقد الأمور ، ونتكلم عن حركة مركز ثقل المصعد ، نعتبره نقطة تحرّكت من A إلى B .

1 – الطاقة الكامنة الثقالية للمصعد $E_{pp}=Mgz$

ملاحظة 1 : يجب أن تُعطى المعلومة (علوّ كل طابق يساوي 3 m) في السؤال الأول وليس في السؤال الثاني .

ملاحظة 2 : لا يُمكن للمصعد أن ينطلق من الطابق الأرضي ويتحرك بسرعة ثابتة ، ولكي يبقى التمرين قائما نعتبر أنه انطلق من طابق تحت الأرضي ولما وصل للطابق الأرضي حافظ على سرعته .

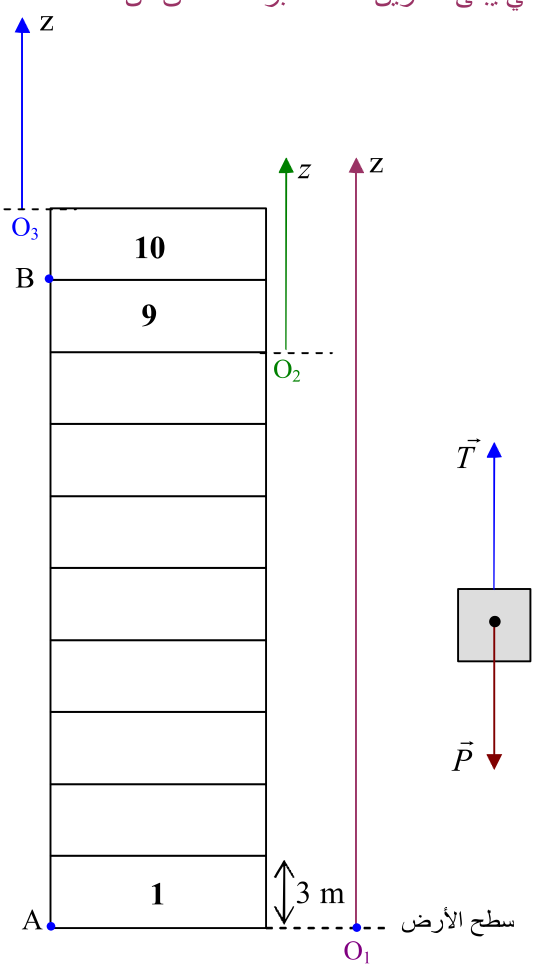
أ) الوضع المرجعي هو الطابق الأرضي (سطح الأرض) : $z=9\times3=27\,m$

$$E_{pp}=1025\times9{,}8\times27=2{,}7\times10^5 J$$

ب) الوضع المرجعي هو الطابق التاسع : $z=0$ ، وبالتالي $E_{pp}=0$

جـ) الوضع المرجعي هو الطابق العاشر : $z=-3\,m$

$$E_{pp}=1025\times9{,}8\times\left(-3\right)=-3{,}0\times10^4 J$$



2 - $W_{1\to9}\left(\vec{T}\right)=T\times AB$ (1)

بما أن سرعة المصعد ثابتة ، فإن حركته منتظمة ، وبالتالي $\vec{T}+\vec{P}=0$ ، ومنه

$T=P=Mg$

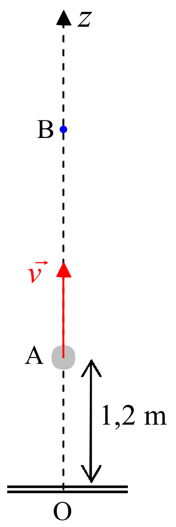
بالتعويض في العلاقة (1) نكتب :

$$W_{1\to9}\left(\vec{T}\right)=T\times AB=Mg\times AB=1025\times9{,}8\times27=2{,}7\times10^5 J$$

3 - الاستطاعة :

$$P=\frac{W\left(T\right)}{t}=\frac{T\times AB}{t}=T\times\frac{AB}{t}=T\times v=Mg\times v$$

$$P=1025\times9{,}8\times1{,}2=1{,}2\times10^4 W$$



نعتبر الجملة (الكرة + الأرض) معزولة طاقويا ، أي نهمل مقاومة الهواء و**دافعة أرخميدس في الهواء**

1 - $E_{ppA} = Mg\,z_A = 0,4\times 9,8\times 1,2 = 4,7\,J$

2 - أقصى ارتفاع تبلغه الكرة هو عندما تنعدم سرعتها ، أي تنعدم طاقتها الحركية (في B مثلا) .

حسب قانون انحفاظ الطاقة : $E_{ppA} + E_{cA} = E_{ppB} + E_{cB}$ ، علما أن $E_{cB} = 0$

$$Mgz_A + \frac{1}{2}Mv_A^2 = Mgz_B$$

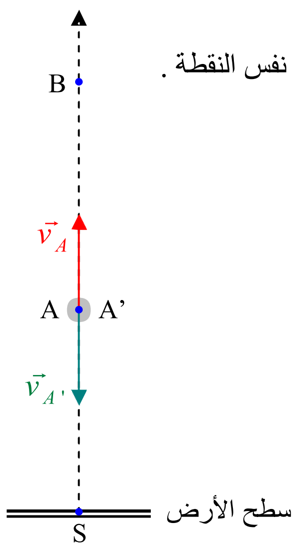
$$z_B = \frac{2gz_A + v_A^2}{2g} = \frac{2\times 9,8\times 1,2 + 16}{2\times 9,8} \approx 2\,m$$

3 - لتكن $\vec{v}_{A'}$ سرعة الكرة عند النقطة A’ عند نزولها . (النقطة A’ هي نفسها النقطة A) .

التغيّر في الطاقة الحركية للكرة يساوي عمل قوّة الثقل : $\frac{1}{2}Mv_{A'}^2 - \frac{1}{2}Mv_A^2 = -MgAB + MgBA'$

$$\frac{1}{2}Mv_{A'}^2 - \frac{1}{2}Mv_A^2 = 0$$

وبالتالي $v_{A'} = -v_A$



عندما تمر الكرة في النقطة A و هي نازلة تكون لها نفس السرعة التي كانت لها عندما و هي صاعدة في نفس النقطة .

- المنحى : الشاقول
- الجهة نحو الأسفل
- الطويلة $v_{A'} = -4\,m/s$

4 - أ) الجملة (الكرة + الأرض) : $E_{cA'} + E_{ppA'} = E_{cS} + E_{ppS}$

$$\frac{1}{2}Mv_{A'}^2 + Mgz_{A'} = \frac{1}{2}Mv_S^2 + 0$$

$$v_S = \sqrt{2gz_{A'} + v_{A'}^2} = \sqrt{2\times 9,8\times 1,2 + 16} = 6,3\,m/s$$

ب) الجملة (الكرة) : التغيّر في الطاقة الحركية للكرة يساوي عمل قوة ثقلها : $\Delta E_c = W_{A'S}\left(\vec{P}\right)$

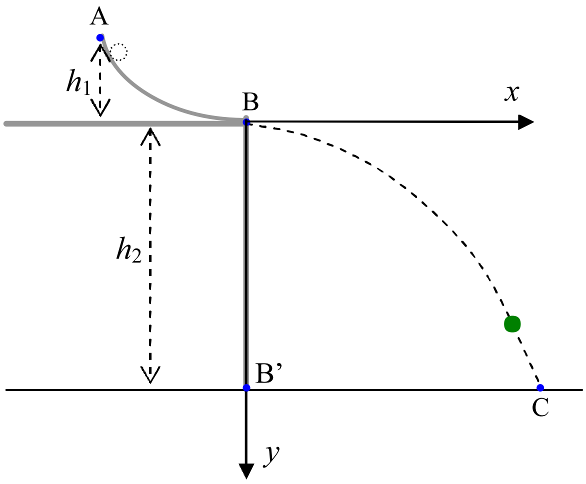
$$E_{cS} - E_{cA'} = Mgh$$

$\frac{1}{2}Mv_S^2 - \frac{1}{2}Mv_{A'}^2 = Mg\,h$ ، ومنه :

$$v_S = \sqrt{2gh + v_{A'}^2} = \sqrt{2\times 9,8\times 1,2 + 16} = 6,3\,m/s$$

09

ملاحظة : نفس الملاحظة التي أعطيت في التمرين 06 .



1 - بتطبيق نظرية الطاقة الحركية على حركة الكرية : $E_{cB} - E_{cA} = Mgh_1$

$$\frac{1}{2}Mv_B^2 - \frac{1}{2}Mv_A^2 = Mgh_1$$

لدينا $v_A = 0$ ، وبالتالي $v_B = \sqrt{2gh_1} = \sqrt{2\times 9,8\times 0,2} \approx 2\ m/s$

2 - بتطبيق نظرية الطاقة الحركية على حركة الكرية : $E_{cC} - E_{cB} = Mgh_2$

$$E_{cC} = Mgh_2 + E_{cB} = Mgh_2 + Mgh_1 = Mg\left(h_2 + h_1\right)$$

$$\frac{1}{2}Mv_C^2 = Mg\left(h_2 + h_1\right)$$

$$v_C = \sqrt{2g\left(h_2 + h_1\right)} = \sqrt{2\times 9,8\times 1,1} = 4,6\ m/s$$

3 - حركة الكرية على المحور $\overrightarrow{Bx}$ منتظمة سرعتها $v_B = 2\ m/s$ (انظر درس القوة والحركة المنحنية – جذع مشترك) .

الزمن المستغرق من B إلى C هو $t = 0,5s$ ، وهو نفس الزمن المستغرق من B’ إلى C .

$$B'C = v_B \times t = 2\times 0,5 = 1m$$

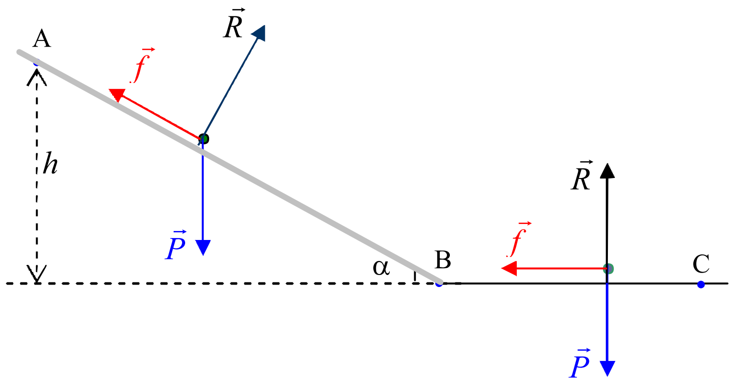
10

1 - بتطبيق نظرية الطاقة الحركية على حركة المتزحلق : التغيّر في الطاقة الحركية للمتزحلق يساوي عمل قوة ثقله فقط (الاحتكاك مهمل

أما عمل قوة رد الفعل معدوم لأن القوة عمودية على الطريق) .

$$E_{cB} - E_{cA} = Mgh$$

$$\frac{1}{2}Mv_B^2 - \frac{1}{2}Mv_A^2 = Mg\,h$$



لدينا $v_A = 0$ ، $h = AB\sin\alpha = 100\times 0,173 = 17,3m$

وبالتالي $v_B = \sqrt{2gh} = \sqrt{2\times 9,8\times 17,3} = 18,4\ m/s$

2 - $v'_B = \frac{2}{3}v_B = \frac{2}{3}\times 18,4 = 12,3\ m/s$

بتطبيق نظرية الطاقة الحركية بين A و B :

$$\frac{1}{2}Mv'^2_B - \frac{1}{2}Mv_A^2 = W_{AB}\left(\vec{P}\right) + W_{AB}\left(\vec{R}\right) + W_{AB}\left(\vec{f}\right)$$

ومنه ، $\frac{1}{2}Mv'^2_B = Mgh - f\times AB$

$$f = \frac{2Mgh - Mv'^2_B}{2AB} = \frac{2\times 85\times 9,8\times 17,3 - 85\times (12,3)^2}{200} \approx 80\,N$$

3 – تنعدم سرعة المتزحلق في C معناه $E_{cC} = 0$ ، وبتطبيق قانون انحفاظ الطاقة بين B و C نكتب :

$$E_{cB} - W_{BC}\left(\vec{f}\right) = E_{cC}$$

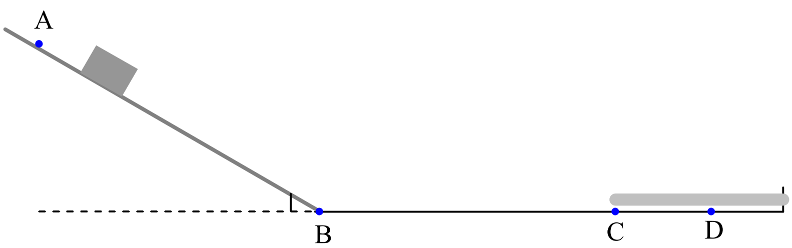
$$BC = \frac{Mv'^2_B}{2f} = \frac{85\times(12,3)^2}{2\times 80} \approx 80\,m$$ ومنه ، $$0 - \frac{1}{2}Mv'^2_B = -f\times BC$$

11

- عبارة الطاقة الكامنة المرونية تُكتب على الشكل : جـ) $E_{pe} = \frac{1}{2}Kx^2$
- تتعلق الطاقة الكامنة المرونية لنابض بمقدار استطالته أو انضغاطه : أ) نعم
- يُحسب مقدار الاستطالة : ب) بالنسبة لوضع النابض في حالته الطبيعية .
- التغيّر في الطاقة الكامنة المرونية : أ) لا يتعلّق بمرجع الدراسة .
- عندما ينضغط نابض فإن طاقته الكامنة المرونية : ب) تزداد .
- عندما يستطيل نابض فإن طاقته الكامنة المرونية : ب) تزداد .
- عبارة الطاقة الكامنة لنابض الفتل تُكتب على الشكل $E_{pe} = \frac{1}{2}C\theta^2$ (المقصود هنا نابض حلزوني)
- عندما نفتل بزاوية θ سلكَ فتل فإن طاقته الكامنة المرونية : ب) تزداد .
- عندما نضغط على نابض أو نفتل سلكا فإنه : ب) يكتسب طاقة .

12

1 – نختار الجملة (العربة + الأرض + النابض) ، ونعتبر الوضع المرجعي للطاقة الكامنة الثقالية المستوي الأفقي المار من B .



النقطة A : طاقة كامنة ثقالية E_{ppA}

النقطة B : طـاقة حركية E_{cB}

النقطة C : طـاقة حركية $E_{cC} = E_{cB}$

النقطة D : طاقة كامنة مرونية E_{peD}

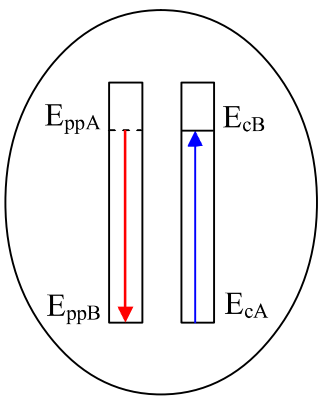
التحولات الطاقوية :

من A إلى B : تتحوّل الطاقة الكامنة المرونية إلى طاقة حركية .

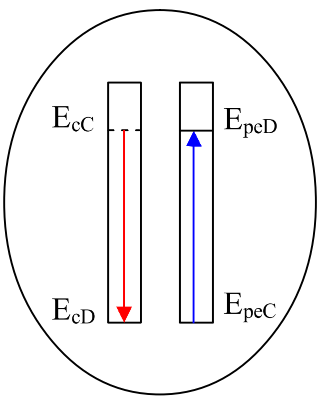
من B إلى C : لا يوجد تحوّل في الطاقة ، لأن الطاقة الحركية في B هي نفسها في C (الاحتكاك مهمل) .

من C إلى D : تتحوّل الطاقة الحركية للعربة إلى طاقة كامنة مرونية في النابض .

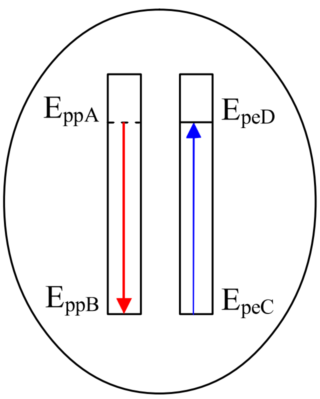
2 – الحصيلة الطاقوية :



التحول الطاقوي من A إلى B



التحول الطاقوي من C إلى D



يمكن أن نستغني عن التحويلين السابقين ونمثّل التحويل مباشرة من A إلى D

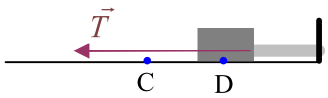
3 – معادلة انحفاظ الطاقة : $E_{ppA} = E_{peD}$

4 – أقصى مسافة ينضغط بها النابض : لدينا ثابت المرونة $K = 4N/cm = \dfrac{4}{0,01} = 400\,N/m$

ونعلم أن الطاقة الكامنة الثقالية في A تحوّلت كلها إلى طاقة كامنة مرونية في D ، أي $E_{ppA} = \dfrac{1}{2}k\,(CD)^2$.

ولدينا $E_{ppA} = Mgh = Mg \times AB\,\sin\alpha = 0,8 \times 9,8 \times 0,8 \times 0,5 = 3,1J$. وبالتالي نحسب أعظم تقلّص CD

$$CD = \sqrt{\frac{2E_{ppA}}{K}} = \sqrt{\frac{2 \times 3,1}{400}} = 0,12\,m$$



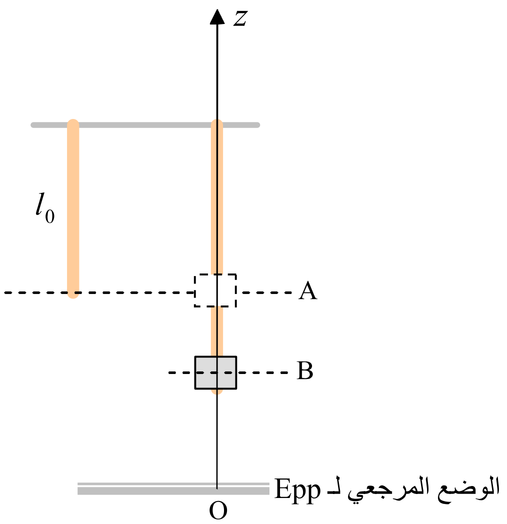
5 - القوة التي يطبّقها النابض على العربة : $T = K \times (CD) = 400 \times 0,12 = 48\,N$

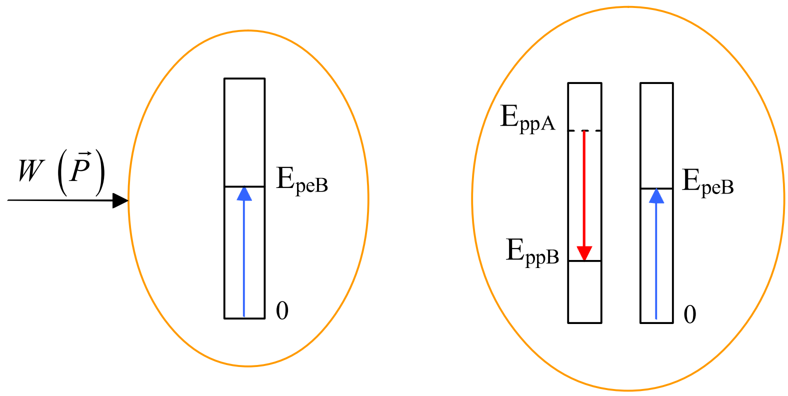
6 - تتحوّل الطاقة الكامنة المرونية التي يخزّنها النابض في الوضع D إلى طاقة حركية في الوضع C ، وهي نفس الطاقة التي اكتسبتها العربة في الذهاب . تحافظ العربة على هذه الطاقة حتى الوضع B ، ثم تبدأ تتناقص وتتحوّل إلى طاقة كامنة ثقالية ، وهذه الطاقة الحركية كافية لإيصال الجسم حتى النقطة A (انحفاظ الطاقة ، لأن الاحتكاك مهمل) .

7 - الحصيلة الطاقوية بين A و C هي نفس الحصيلة بين A و B في السؤال 2 .

13

1 - الحصيلة الطاقوية : لدينا $E_{cA} = E_{cB} = 0$





الجملة (الجسم + النابض)

الجملة (الجسم + الأرض + النابض)

2 – معادلة انحفاظ الطاقة :

حالة الجملة (الجسم + الأرض + النابض) : $E_{ppA} = E_{ppB} + E_{peB}$ (1)

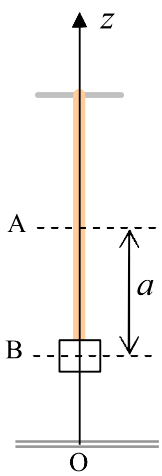
حالة الجملة (الجسم + النابض) : $W_{AB}\left(\vec{P}\right) = E_{peB}$

3 - أقصى استطالة (a) تحدث في النابض هي لما تنعدم الطاقة الحركية للجسم .

باستعمال علاقة الانحفاظ (1) ، نكتب : $E_{ppA} - E_{ppB} = E_{peB}$

$Mg\,(z_A - z_B) = \dfrac{1}{2}K\,(z_A - z_B)^2$ ، نضع $z_A - z_B = a$ و نجد

$$a = \frac{2Mg}{K} = \frac{2 \times 0,2 \times 9,8}{10} = 0,39\,m$$

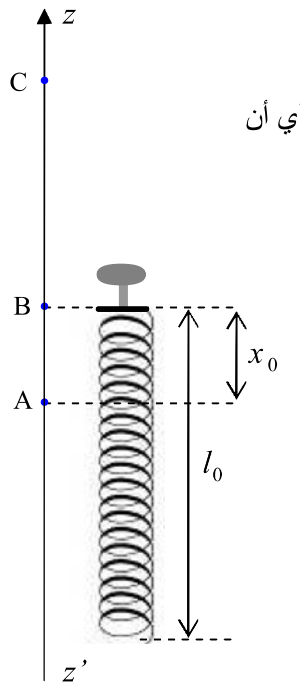


4 - الطاقة الكامنة المرونية للنابض في الوضع B : $E_{peB} = \frac{1}{2}Ka^2 = 0,5\times 10\times(0,39)^2 = 0,76\,J$

14

ملاحظة : نفرض أن السهم يبقى متصلا بالنابض إلى أن يصبح هذا الأخير في حالته الطبيعية ؛ أي أن طيلة المسافة $x_0 = 3cm$ يكون السهم ملتحما مع النابض .

نضع $x = x_0 = 3cm$



1 - التحولات الطاقوية :

من A إلى B : تتحوّل الطاقة الكامنة المرونية للنابض إلى طاقة كامنة ثقالية وطاقة حركية للسّهم ، أي أن الطاقة التي كان يخزنها النابض (لأنه متقلص) ، جزء منها يُعطى للجسم لكي يتحرك والجزء الآخر يرفع الطاقة الكامنة الثقالية للسهم .

من B إلى C : تتحول الطاقة الحركية التي اكتسبها السهم في B إلى طاقة كامنة ثقالية في C .

2 - من النقطة A إلى النقطة B لدينا معادلة انحفاظ الطاقة للجملة (السهم + الأرض + النابض) :

$$E_{peA} + E_{ppA} = E_{cB} + E_{ppB} \quad (1)$$

من النقطة B إلى النقطة C لدينا معادلة انحفاظ الطاقة للجملة (السهم + الأرض + النابض) :

$$E_{cB} + E_{ppB} = E_{ppC} + E_{cC} \quad (2)$$

بجمع المعادلتين (1) و (2) طرفا لطرف ووضع $E_{cC} = 0$ ، نحصل على العلاقة :

$$E_{peA} + E_{ppA} = E_{ppC} \quad (3)$$

من العلاقة (3) لدينا $\frac{1}{2}Kx_0^2 = Mg\left(z_C - z_A\right)$ ، ومنه $z_C - z_A = h = \frac{Kx_0^{\,2}}{2Mg} = \frac{200\times(0,03)^2}{2\times 0,004\times 9,8} = 2,3\,m$

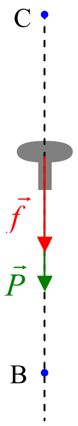
3 – للدّقة فقط نعتبر أن في النقطة B يخرج السهم من المسدّس .

من العلاقة (2) لدينا $E_{cB} = E_{ppC} - E_{ppB}$ ، أي : $\frac{1}{2}Mv_B^{\,2} = Mg\left(z_C - z_B\right) = Mg\left(h - 0,04\right)$ ، وبالتالي

$$v_B = \sqrt{2g\left(h-0,04\right)} = \sqrt{2\times 9,8\times 2,26} = 6,6\,m/s$$

4 – السؤال – 1 لا يطلب حساب أي مسافة . المقصود من السؤال هو المسافة التي يقطعها السهم منذ خروجه من فوهة المسدّس إلى أن تنعدم سرعته .

السبب الذي جعل السهم يقطع مسافة أقل هو مقاومة الهواء .



5 - نعتبر مقاومة الهواء مستقلة عن السرعة ، أي أن الهواء يؤثر بقوة شاقولية ثابتة نحو الأسفل .

المسافة h' المقطوعة هي $h' = \frac{2,3-0,04}{2} = \frac{2,26}{2} = 1,13\,m$

معادلة انحفاظ الطاقة بين B و C : $E_{cB} + E_{ppB} - W_{BC}\left(\vec{f}\right) = E_{cC} + E_{ppC}$

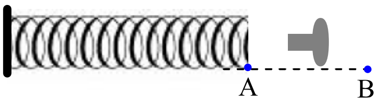
$$\frac{1}{2}Mv_B^{\,2} + Mgz_B - W\left(\vec{f}\right) = Mgz_C$$

$$\frac{1}{2}Mv_B{}^2 = f \times h' + Mgh'$$ ، ومنه

$$f = \frac{Mv_B{}^2 - 2Mgh'}{2h'} = \frac{0,004\times(6,6)^2 - 2\times0,004\times9,8\times1,13}{2,26} = 3,7\times10^{-2}N$$

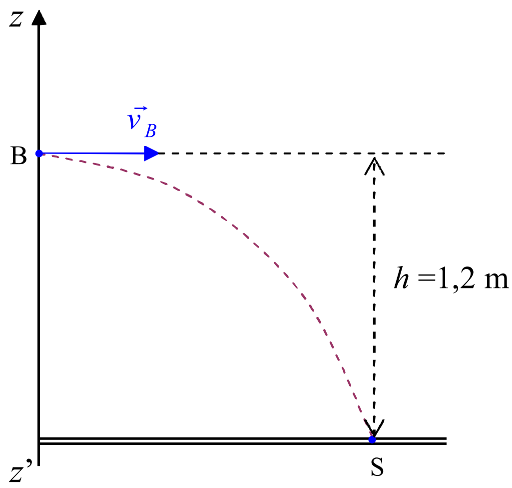
6 - نعتبر الجملة (السهم + الأرض + النابض) :

بين النقطتين A و B الطاقة الكامنة الثقالية لا تتغيّر ، وتكون معادلة انحفاظ الطاقة كما يلي : $E_{peA} = E_{cB}$



$$\frac{1}{2}Mv_B{}^2 = \frac{1}{2}Kx_0{}^2$$ ، ومنه $$v_B = \sqrt{\frac{Kx_0{}^2}{M}} = \sqrt{\frac{200\times(0,03)^2}{0,004}} = 6,7\,m/s$$

7 - معادلة انحفاظ الطاقة بين B و S (سطح الأرض) :



$$E_{cB} + E_{ppB} = E_{cS} + E_{ppS}$$ ، ومنه $$E_{cS} = E_{cB} - E_{ppS} + E_{ppB}$$

$$\frac{1}{2}Mv_S{}^2 = Mg\left(z_B - z_S\right) + \frac{1}{2}Mv_B{}^2$$

$$v_S = \sqrt{2g\left(z_B - z_S\right) + v_B{}^2} = \sqrt{2\times9,8\times1,2 + (6,7)^2} = 8,3\,m/s$$

المستوى : السنة الثانية ثـانوي

الوحدة **05** **نموذج الغاز المثالي - تعيين كمية المادة في الحالة الغازية**

الاصدار 1.00

01

الإجابة بنعم أو لا

1 - **لا** (الوحدة الدولية لقياس الضغط هي الباسكال) .

2 - **لا** (تنتهي نحو $273,15\ °K$)

3 - **لا** (درجة بداية تجمد الماء هي $T = 273\ °K$)

4 - **لا** (ضغط الغاز ينتهي نحو الصفر عندما تنتهي t نحو $- 273,15\ °C$)

5 - **لا**

6 - **نعم**

7 - **لا** (نعتبره مثاليا كلما كانت له درجة حرارة تبعده عن الحالة السائلة)

8 - **نعم** نظريا (لا يمكن الحصول على هذه النتيجة)

9 - ينتج ضغط الغاز من تصادم الجزيئات مع بعضها بعضا ومع جوانب الإناء الذي يشمل الغاز

10 - **نعم**

11 - **لا** (القوة الضاغطة ثابتة ، والضغط يتناسب عكسيا مع السطح)

12 - **نعم**

13 - **نعم**

14 - **لا** (في نفس درجة الحرارة والضغط تحتوي الحجوم المتساوية من جميع الغازات على نفس كمية المادة)

15 - **لا** (يتناسب الحجم مع درجة الحرارة في ضغط ثابت)

16 - **لا** (الضغط لا يكون معدوما عند درجة الحرارة $273\ °K$)

17 - **نعم** (كان يُعتقد أنه لا يمكن تحقيق الفراغ ، وذلك حتى عصر غاليلي ، إلى أن أثبت تلميذه توريسيلي Torricelli أنه يمكن تحقيق ذلك ، وذلك عندما ملأ أنبوبا بالزئبق ثم نكسه فوق حوض من الزئبق فنزل هذا الأخير في الأنبوب واستقر على ارتفاع قدره 76 cm فوق مستوى الزئبق في الحوض ، وبذلك يكون الجزء من الأنبوب الواقع فوق مستوى الزئبق فارغا من أي مادة . ثم استنتج توريسيلي أن الذي يمنع مواصلة نزول الزئبق في الأنبوب هو ضغط الهواء على سطح الزئبق في الحوض . هذه التجربة أدت بتوريسيلي إلى اكتشاف جهاز قياس الضغط)

02

إملاء الفراغات

- تكون الجزيئات **حرة** في الغاز ، ذلك ما يسمح لها بحركة **سرعتها** كبيرة مقارنة مع سرعتها في حالة السائل .
- يُطبّق الغاز **قوة** ضاغطة على **السطح** الملامس له نتيجة **التصادمات** بين جزيئات الغاز والسطح الملامس له
- ينصّ قانون بويل ماريوط على أن جداء **الضغط** مع **الحجم** ثابت دوما إذا كانت **كمية مادته** ودرجة حرارته ثابتين .
- ينصّ قانون **شارل** على ان النسبة بين ضغط غاز ودرجة حرارته المطلقة **ثابتة** إذا كان **حجمه** و**كمية مادته** ثابتين .
- ينصّ قانون غاي لوساك على أن **حجم** غاز يتناسب مع درجة حرارته **المطلقة** إذا كان ضغط الغاز **ثابتا** وكمية مادته ثابتة .
- يساوي الضغط الجوي : **760 mm** Hg أو **101,3** kPa أو 1 **atm**

03

لدينا قانون الغازات المثالية : $PV = n\,RT$ ، ومنه $n = \dfrac{PV}{RT}$

قبل تغيير الحجم : $n_1 = \dfrac{P_1\ V_1}{R\ T_1}$

بعد تغيير الحجم : $n_2 = \dfrac{P_2\ V_2}{R\ T_2}$

وبما أن كمية المادة لم تتغيّر فإن $n_1 = n_2$ ، وكذلك درجة الحرارة ، وبالتالي $P_1\ V_1 = P_2\ V_2$ ، ومنه :

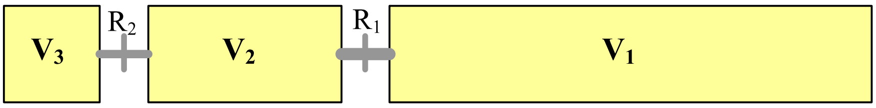
$$P_2 = \frac{P_1\ V_1}{V_2} = \frac{0,75\times10^5\times5}{1,5} = 2,5\times10^5\,Pa$$

04

1 - القوة الضاغطة هي $F = P\times S = P\times\pi\times R^2 = 5\times10^5\times3,14\times(0,2)^2 = 6,3\times10^4\,N$

2 – الحجم لا يتغيّر لأن الأسطوانة مصنوعة من الحديد ، فمَهْما ضغط الغاز على جوانبها يبقى دائما حجمها ثابتا ، أي $V = 30\ L$

05



أ) لا يوجد أي سؤال .

توضيح : في المعطيات $P = 2\times10^5\ Pa$ وليس $2,105\ Pa$.

ب) عندما نفتح الصمام R_1 يمر الغازإلى الغرفة الثانية ويشغل حجمي الغرفتين .

كمية المادة لم تتغير من الحالة التي كان فيها الحجم V_1 والحالة التي أصبح فيها الحجم $V' = V_1 + V_2$

وكذلك درجة الحرارة بقيت ثابتة ، وبالتالي : $P_1\ V_1 = P\ V'$ ، ومنه $P = \dfrac{P_1\ V_1}{V'} = \dfrac{2\times10^5\times5}{5+2} = 1,43\times10^5\,Pa$

جـ) عندما نفتح الصمام R_2 يشغل الغاز حجوم كل الغرف .

كمية المادة لم تتغير ودرجة الحرارة كذلك وبالتالي $P\ V' = P_3\ V_t$ ، حيث P_3 هو الضغط الجديد في الغرفة الثالثة ، وهو في نفس الوقت الضغط في كل الغرف و $V_t = V_1 + V_2 + V_3 = 8L$

$$P_3 = \frac{P\ V'}{V_t} = \frac{1,43\times10^5\times7}{8} = 1,25\times10^5\,Pa$$

06

يجب إعطاء حجم غاز الهيليوم في البالون ، ولكي نواصل الحل نأخذ مثلا هذا الحجم $V_0 = 0,5\ L$

أ) بتطبيق قانون الغازات المثالية $P\ V = n\ RT$ ، ومنه كمية مادة الهيليوم

$$n = \frac{PV}{RT} = \frac{1,013\times1000\times0,5\times10^{-3}}{8,3\times(20+273)} = 2,08\times10^{-4}\,mol$$

كتلة غاز الهليوم He هي m ، حيث $m = n\times M = 2,08\times10^{-4}\times4 = 8,32\times10^{-4}\,g$

ب)

- يزداد حجم البالون لأن الضغط الخارجي (ضغط الهواء على البالون) ينقص كلما سحبنا الهواء من الحجرة .

يكون سطح البالون في حالة توازن بين قوة ضغط غاز الهيليوم داخل البالون وقوة ضغط الهواء خارج البالون ، وعندما نسحب الهواء يبقى هذا السطح خاضعا فقط للضغط الداخلي ، وبالتالي يزداد حجم البالون .

- أكبر حجم للبالون قبل تمزقه هو $V = 3L$ ، ونعلم أن كمية مادة الهيليوم لم تتغير في هذه العملية ، وبالتالي نحسب الضغط

$$P = \frac{n\,RT}{V} = \frac{2{,}08\times10^{-4}\times8{,}3\times293}{3\times10^{-3}} \approx 169\,Pa$$

ملاحظة :

وحدة ثابت الغازات R هي $Pa.m^3.mol^{-1}K^{-1}$ أو $J.mol^{-1}K^{-1}$ ، وللحصول على الوحدة الثانية من الأولى .

نعلم أن Pa هو $N.m^{-2}$ ، وبالتالي $Pa.m^3.mol^{-1}K^{-1} = N.m^{-2}.m^3.mol^{-1}.K^{-1} = N.m.mol^{-1}.K^{-1}$

ونعلم أن $N.m$ عبارة عن قوة مضروبة في مسافة ، وهي تعبّر عن عمل القوة ، لهذا نعبّر عنها بالجول $N.m = J$ ، وأخيرا

$$Pa.m^3.mol^{-1}K^{-1} = J.mol^{-1}.K^{-1}$$

07

لم تتغير كمية مادة الهواء في العجلة ، وبالتالي $\frac{P_0V_0}{T_0} = \frac{PV}{T}$ ، وبما أن حجم العجلة بقي ثابتا ، فإن $V = V_0$ ، ومنه

$$P = \frac{T}{T_0}\times P_0 = \frac{298}{273}\times1{,}8 = 1{,}96\ bar$$

08

بتطبيق قانون الغازات المثالية $PV = n\,RT$ ، ومنه $V = \frac{n\,R\,T}{P}$ (1)

كمية مادة الغاز هي $n = \frac{m}{M} = \frac{1{,}58}{16} \approx 0{,}1\ mol$

بالتعويض في العلاقة (1) : $V = \frac{0{,}1\times8{,}3\times312{,}7}{181049} = 1{,}43\times10^{-3}m^3 = 1{,}43L$

09

كمية المادة ثابتة ، وبالتالي $n = \frac{P_1\,V_1}{T_1} = \frac{P_2\,V_2}{T_2}$ ، ومنه $V_2 = \frac{T_2\,P_1\,V_1}{T_1\,P_2} = \frac{268{,}98\times180270\times1{,}968}{343{,}91\times0{,}7\times1{,}013\times10^5} = 3{,}9L$

10

الكتلة المولية للغاز هي $M = \frac{m}{n}$ (1)

حيث m هي كتلة الغاز و n هي كمية مادة الغـاز .

نحسب كمية مادة الغاز من قانون الغازات المثالية $n = \frac{PV}{RT} = \frac{0{,}93\times1{,}013\times10^5\times1{,}358\times10^{-3}}{8{,}3\times282{,}55} = 5{,}45\times10^{-2}mol$

بالتعويض في (1) : $M = \frac{3{,}86}{5{,}45\times10^{-2}} \approx 71\ g/mol$

11

كمية مادة ثنائي الهيدروجين $n = \frac{PV}{RT} = \frac{200 \times 10^5 \times 100 \times 10^{-3}}{8,3 \times 293} \approx 822\ mol$

كتلة غاز الهيدروجين هي $m = M \times n = 2 \times 822 = 1644\ g = 1,644\ kg$

لحساب ضغط الغاز نفرض أن الحجم يبقى ثابتا ، وبالتالي $\frac{P_2}{T_2} = \frac{P_1}{T_1}$ ، ومنه $P_2 = \frac{T_2}{T_1} \times P_1 = \frac{773}{293} \times 200 = 527,6\ bar$

12

الحجم المولي لغاز معناه الحجم الذي يشغله $1\ mol$ من هذا الغاز .

$$V = \frac{nRT}{P} = \frac{1 \times 8,3 \times 273}{101,3 \times 10^3} = 0,02236\ m^3 \approx 22,4L$$

13

كمية مادة ثنائي الأكسجين الإبتدائية هي :

$$n_1 = \frac{P_1\ V_1}{RT_1} = \frac{50 \times 10^5 \times 10 \times 10^{-3}}{8,3 \times 293} \approx 20,56\ mol$$

بعد إخراج كمية الغاز من القارورة حجم الغاز لا يتغير

لأن الغاز يشغل كل القارورة ، على عكس البالون المطاطي .

نحسب كمية مادة الغاز الباقية في القارورة

$$n_2 = \frac{P_2\ V_1}{RT_1} = \frac{40 \times 10^5 \times 10 \times 10^{-3}}{8,3 \times 293} \approx 16,44\ mol$$

قبل إخراج كمية الغاز	بعد إخراج كمية الغاز
$P_1 = 50$ bar $V_1 = 10$ L $T_1 = 20°C$	$P_2 = 40$ bar $V_2 = 10$ L $T_2 = 20°C$
n_1 كمية المادة	n_2 كمية المادة

وبالتالي تكون كمية مادة الغاز المستخرجة من القارورة هي n' حيث $n' = n_1 - n_2 = 20,56 - 16,44 = 4,12\ mol$

كتلة ثنائي الأكسجين المستخرجة من القارورة هي $m = n \times M = 4,12 \times 32 \approx 132\ g$

بعد عملية تمديد الغاز المستخرج يصبح يشغل الحجم V ، حيث $V = \frac{n'RT}{P} = \frac{4,12 \times 8,3 \times 333}{1,04 \times 10^5} = 0,109\ m^3$

14

ملاحظة : نصحّح المعلومة رقم 5 . كتلة الحقنة و هي مملوءة بالغاز $m' = 86,59$ g وليس 68,59 g

لكي نختار صيغة الغاز يجب حساب الكتلة الجزيئة المولية له ، $M = \frac{m_g}{n}$ (1)

حيث m_g هي كتلة الغاز في الحقنة .

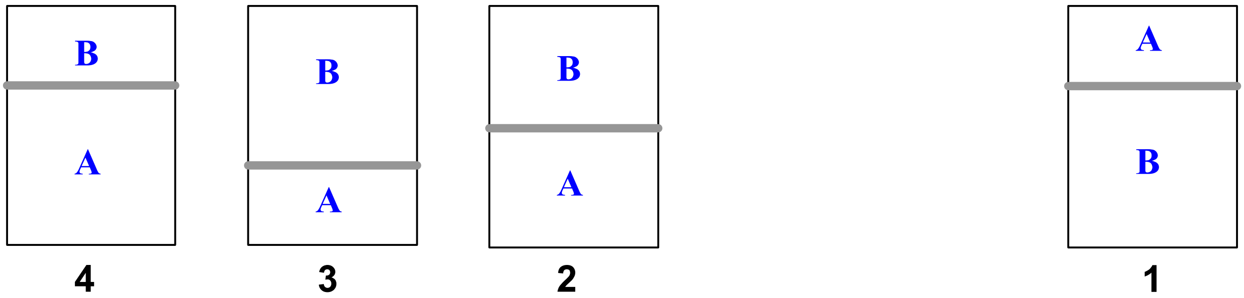
نحسب كمية المادة من قانون الغازات المثالية $n = \frac{PV'}{RT} = \frac{101,3 \times 10^3 \times 153 \times 10^{-6}}{8,3 \times 298} \approx 6,26 \times 10^{-3}\ mol$

كتلة الغاز في الحقنة هو $m_g = 86,59 - 86,3 = 0,29\ g$

بالتعويض في (1) : $M = \frac{0,29}{6,26 \times 10^{-3}} \approx 46\ g/mol$

هذه الكتلة المولية توافق ثاني أكسيد الآزوت NO_2 ، لأن $M_{NO_2} = 14 + 16 \times 2 = 46\ g/mol$

15



درجة الحرارة بقيت ثابتة ، إذن القوى الضاغطة على المكبس من الجهتين لا تتغير مهما كانت وضعية الغرفتين ، تبقى محصلة هذه القوى عمودية على المكبس ومتجهة خارج الغرفة ، وتبقى طويلتها ثابتة لأن هذه الأخيرة تتعلّق بعدد تصادمات جزيئات الغاز في وحدة الزمن مع المكبس ، وبالتالي الشكل الصحيح هو **3** .

16

يشرع المحرك في الاشتغال عندما يكون الضغط داخل الخزان $P_1 = (1{,}01 + 2{,}5) = 3{,}51 \text{ bar}$

يتوقف المحرك عن الاشتغال عندما يكون الضغط داخل الخزان $P_2 = (1{,}01 + 7) = 8{,}01 \text{ bar}$

نحسب كمية مادة الهواء n_1 الموجودة في الخزان عندما كان الضغط داخل الخزان $P_1 = 3{,}51 \times 10^5 \text{ Pa}$

$$n_1 = \frac{P_1 V}{RT} = \frac{3{,}51 \times 10^5 \times 4}{8{,}3 \times 301} = 562\ mol$$

ملاحظة : نعتبر الهواء غازامثاليا (الهواء متكوّن من عدة غازات نعتبرها كلها مثالية) . الكتلة المولية للهواء هي $M = 29 \text{ g /mol}$ رغم أن الهواء جسم خليط .

كتلة الهواء في الخزان عند الضغط P_1 هي $m_1 = M \times n_1 = 29 \times 562 = 16298 g \approx 16{,}3\ kg$

نحسب كمية مادة الهواء n_2 الموجودة في الخزان عندما كان الضغط داخل الخزان $P_2 = 8{,}01 \times 10^5 \text{ Pa}$

حجم الهواء داخل الخزان يبقى ثابتا مهما كان الضغط ، وهو حجم الخزان .

$$n_2 = \frac{P_2 V}{RT} = \frac{8{,}01 \times 10^5 \times 4}{8{,}3 \times 301} = 1282{,}5\ mol$$

كتلة الهواء في الخزان عند الضغط P_2 هي $m_2 = M \times n_2 = 29 \times 1282{,}5 = 37192{,}5 g \approx 37{,}2\ kg$.

الآن الخزان مملوء والمحرك متوقف والضغط يساوي P_2 . نحسب كتلة الهواء التي يجب إخراجها من الخزان من أجل جعل المحرك يشتغل ، أي خفض الضغط إلى القيمة P_1 . هذه الكتلة من الهواء هي : $m = m_2 - m_1 = 37{,}2 - 16{,}3 = 20{,}9\ kg$

نحسب كمية المادة الموافقة $n = \frac{m}{M} = \frac{20900}{29} \approx 721\ mol$

نحسب الآن حجم الهواء الذي استخرجه الشخص المستعمل للخزان ، أي الحجم الموافق لكمية المادة المحسوبة (720,7 mol) ، وهذا في الشروط التي يشتغل فيها هذا المستخدم ، أي $(P = 3{,}013 \text{ bar}$ ، $T = 20°C)$

$$V' = \frac{nRT'}{P'} = \frac{721 \times 8{,}3 \times (273 + 20)}{(1{,}01 + 2) \times 10^5} = 5{,}825\ m^3$$

نعلم أن المستخدم يستخرج $5\ m^3$ من الهواء في ساعة واحدة ، إذن يستخرج $5{,}82\ m^3$ في المدة $t = \frac{5{,}825}{5} \approx 1{,}165\ h$

وهي المدة التي يبقى فيها المحرك متوقفا .

لكي نحسب مدة اشتغال المحرك ، نحسب أولا كمية مادة الهواء المستخرجة من الخزان خلال ساعة واحدة ، أي $V'' = 5\ m^3$

$n'' = \dfrac{P \times V''}{RT} = \dfrac{3,01 \times 10^5 \times 5}{8,3 \times 293} \approx 519\ mol$ ، وهذا يوافق كتلة من الهواء قدرها

$m'' = M \times n'' = 29 \times 619 = 17951\ g = 17,95\ kg$

المحرك يبدأ في الاشتغال عندما يكون الضغط P_1 في الخزان ، بحيث يشرع في تزويد الخزان بالهواء بمقدار 25 kg في الساعة الواحدة ، وفي نفس الوقت مستخدم الخزّان يخرج منه في الساعة الواحدة 17,95 kg في الساعة الواحدة ، نلاحظ أن كمية الهواء الداخلة للخزان أكثر من كمية الهواء الخارجة منه ، إذن بعد مدة معيّنة من بدء اشتغال المحرك يمكن أن يصل الضغط داخل الخزّان إلى القيمة $P_2 = 8,01$ bar وتكون حينذا كتلة الهواء داخل الخزّان 20,9 kg فيتوقف المحرك .

المطلوب منا إيجاد هذه المدّة الزمنية .

في كل ساعة تكون كتلة الهواء داخل الخزان $m_3 = 25 - 17,95 = 7,05\ kg$

وبالتالي يكون عدد ساعات اشتغال المحرك $t' = \dfrac{20,9}{7,05} = 2,96\ h$

17

كمية مادة الغاز لا تتغيّر اثناء التبريد ، والحجم كذلك ، وبالتالي $\dfrac{P_1}{T_1} = \dfrac{P_2}{T_2}$ ، ومنه الضغط الجديد هو :

$$P_2 = \frac{T_2}{T_1} \times P_1 = \frac{283}{323} \times 1,1 \times 10^5 = 9,6 \times 10^4\ Pa$$

- من أجل الحجم $V_1 = 1\ L$: $n_1 = \dfrac{1,1 \times 10^5 \times 10^{-3}}{8,3 \times 323} = 0,041\ mol$

- من أجل الحجم $V_2 = 2\ L$: $n_2 = n_1 \times 2 = 0,041 \times 2 = 0,082\ mol$

- من أجل الحجم $V_3 = 0,5\ L$: $n_3 = \dfrac{n_1}{2} = \dfrac{0,041}{2} = 0,020\ mol$

18

1 - كمية مادة الهواء هي $n = \dfrac{PV}{RT} = \dfrac{2,1 \times 10^5 \times 30 \times 10^{-3}}{8,3 \times 293} = 2,6\ mol$ ، وكتلة الهواء هي

$m = n \times M = 2,6 \times 29 = 75,4 g$

2 - الحجم يبقى ثابتا ، اي $V = 30\ L$. درجة الحرارة المطلوبة هي : $T = \dfrac{PV}{nR} = \dfrac{2,3 \times 10^5 \times 30 \times 10^{-3}}{2,6 \times 8,3} \approx 320°K$

3 - كمية المادة هي نفسها سواء استعملنا الهواء أو غاز ثنائي الآزوت N_2 ، لكن كتلة الغاز تتعلق بكتلته المولية .

نعلم أن الكتلة المولية للهواء هي 29 g / mol ولغاز ثنائي الأزوت هي 28 g / mol ، وهما قيمتان متقاربتان ، أي أننا لو استعملنا غاز ثنائي الآزوت تكون كتلته في العجلة $m = n \times M = 2,6 \times 28 = 72,8 g$ ، وبالتالي الفرق لا يكون شاسعا بين الكتلتين .

إذن القيم التي يوصي بها الصانع في الحالتين لا تختلف اختلافا محسوسين (القيم التي تُكتب على الباب الأمامي للسيارة أثناء صناعتها)

هناك عامل آخر لم ينتبه له صناع السيارات المصدَّرة للجزائر ، وهو حالة الطرق الجيدة جدا عندنا ، ولهذا نطلب منهم أن يصنعوا لنا عجلات بالاسمنت المسلح ويملؤونها بالحديد بدل الهواء أو الآزوت !!

19

ملاحظة

في هذا التمرين نحتــاج لدرجة حرارة الخزانين .

لا نقول : (خزّانين موصولين) ، بل نقول : (خزّانان موصولان) ، ولا نقول (يحتويان غازا) ، بل نقول : (يحتويان على غاز)

1 - لكي نواصل الحل نأخذ مثلا درجة الحرارة $30°C$.

بتطبيق قانون الغازات المثالية $PV = n\,RT$

$$n_1 = \frac{P_1\ V_1}{RT} = \frac{2\times10^5\times2\times10^{-3}}{8,3\times303} \approx 0,16\ mol \quad ، \quad n_2 = \frac{P_2\ V_2}{RT} = \frac{10^5\times5\times10^{-3}}{8,3\times303} \approx 0,20\ mol$$

2 - الحجم الكلّي هو $V_t = 2+5 = 7L$

$$P_t = \frac{(n_1+n_2)\times \mathrm{RT}}{\mathrm{V_t}} = \frac{0,36\times8,3\times303}{7\times10^{-3}} = 1,3\times10^5\,Pa$$