المستوى : السنة الثانية ثـانوي

الوحدة **01**

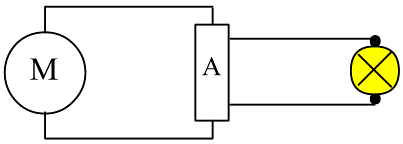
## مقاربة كيفية لطاقة جملة وانحفاظها

حلول تمارين الكتاب المدرسي (الإصدار 1.01)

## 01

في التركيب : M : محرك ، A : منوّب

السلسلة الوظيفية :




المحرّك (**يدور**) —**يُدوّر**→ المنوّب (**يدور**) —**يُغذي**→ المصباح (**يشتعل**)

## 02

الهواء (**يتحرك**) —**يُدوّر**→ المروحة + البكرة (**يدوران**) —**يُدوّران**→ المنوّب (**يدور**) —**يُغذي**→ المصباح (**يتوهّج**) —**يُسخّن** / **يُشعّ**→ الوسط (**يسخُن**)

## 03

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

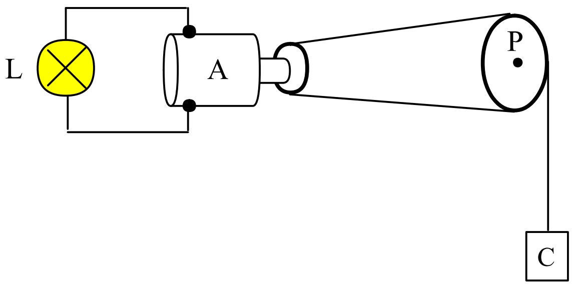
الشمس (**تشعّ**) —**تسخّن**→ الخلايا الشمسية (**تسخن وتنتج التيار الكهربائي**) —**تغذي**→ الأعمدة (**تتفرّغ**) —**تُغذي**→ المحرك (**يدور**) —**يُدوّر**→ العجلات (**تدور**) —**تُدوّر**→ السيارة (**تتحرك**)

- 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 سيّر (Courroie) يشمل محور المنوّب A .

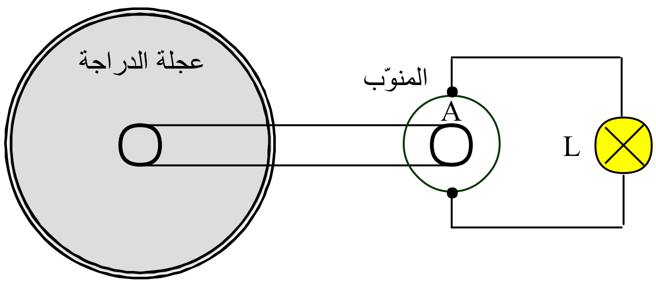
لما ينزل الجسم (يسقط) تدور البكرة وتدوّر معها المنوّب ، فيقوم هذا الأخير بتغذية المصباح .

السلسلة الوظيفية :

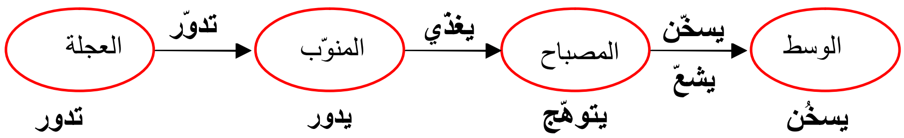



الجسم C (**ينسحب**) —**يدوّر**→ البكرة P (**تدور**) —**تدوّر**→ المنوّب (**يدور**) —**يُغذي**→ المصباح (**يتوهّج**) —**يسخّن** / **يشعّ**→ الوسط (**يسخُن**)

- اشتعال مصباح باستعمال منوّب و عجلة درّاجة :



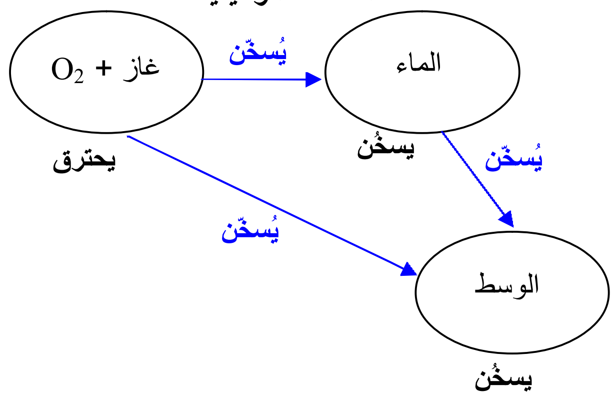

السلسلة الوظيفية :



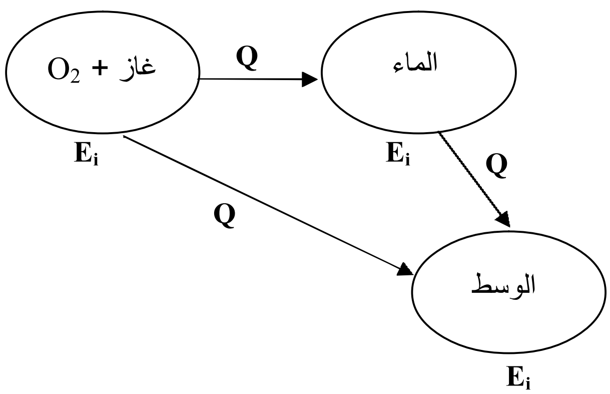

**ملاحظة** : نهمل الحرارة المنتشرة من المنوب عند دورانه والتي تنتقل للوسط الخارجي . في حالة عدم إهمالها نضيف فعل أداء من المنوب إلى الوسط الخارجي .

**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

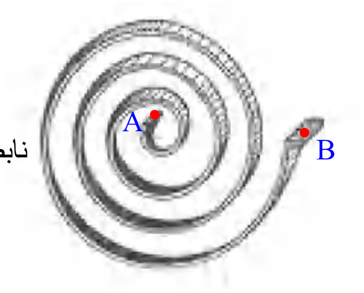
**08**

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**


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 ...


**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 .

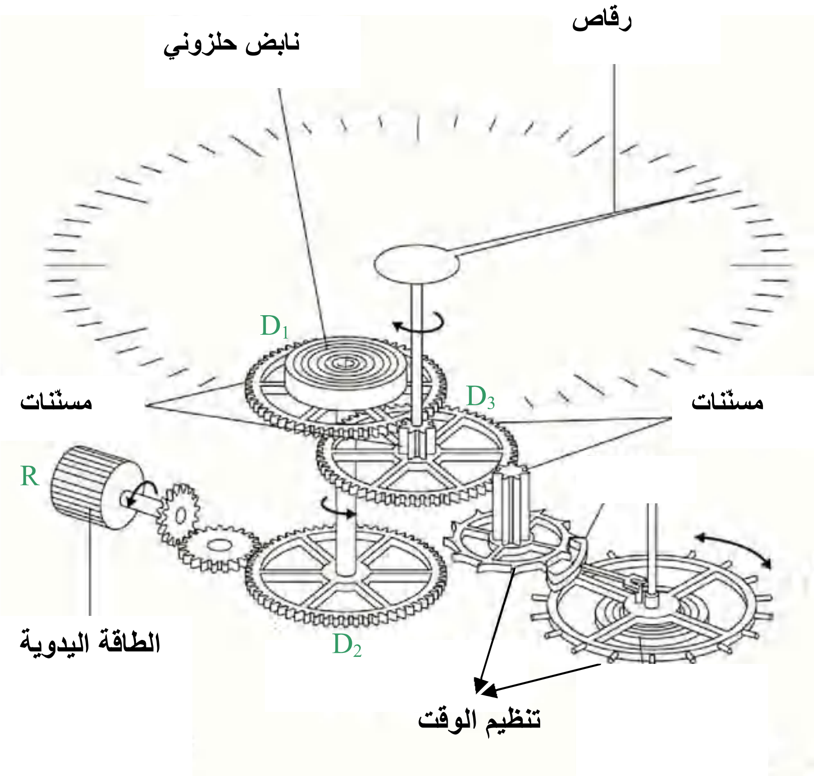
4 – الأرض ليست جملة معزولة طاقويا لأنها تتبادل الطاقة مع الوسط الخارجي . (الكون جملة معزولة)

**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 .

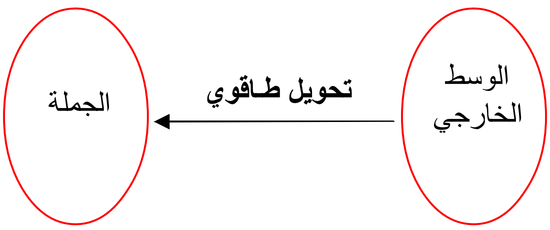
تتحول الطاقة الحركية للمعبّئة R إلى طاقة كامنة مرونية في النابض ، ثم إلى طاقة حركية للرقاص ..

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 )

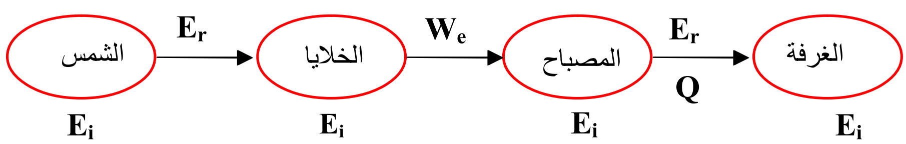
## 16

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 :



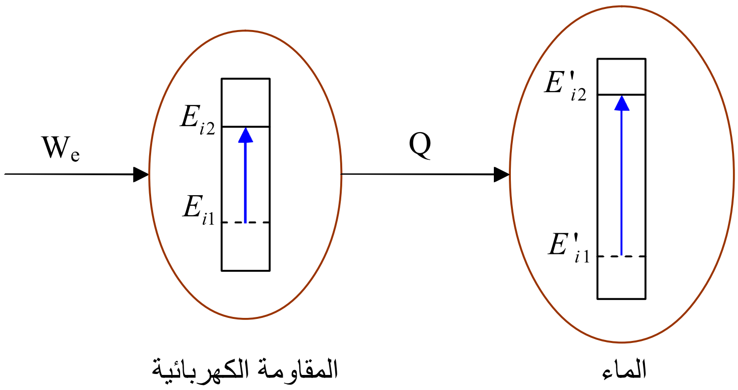

## 17

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

2 – نمط التحويل : حراري

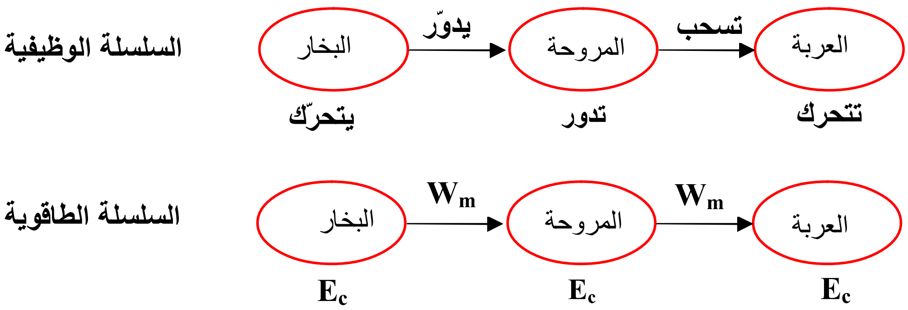
3 – الحصيلة الطاقوية :

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 :

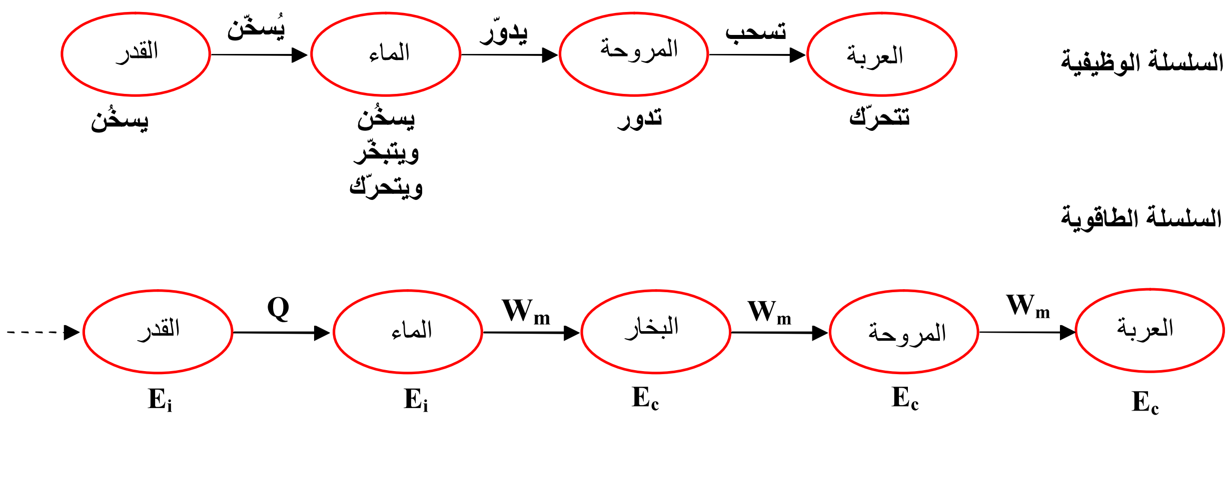



- الشكل 2 :

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

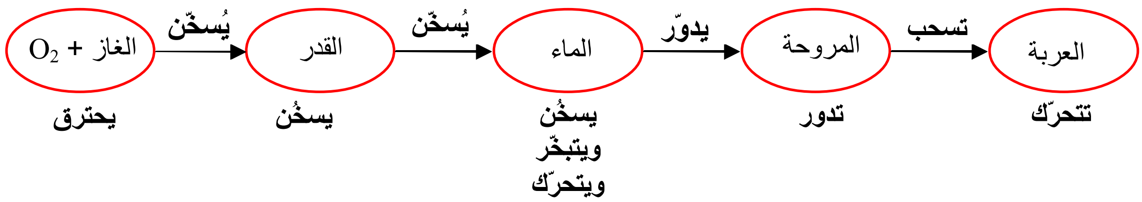
**توضيح** : لما يسخن الماء وتصل درجة حرارته إلى 100°C ، وتبقى هذه الدرجة ثابتة مهما كانت الطاقة التي يتلقاها الماء ، بشرط أن يكون هذا الأخير تحت الضغط الجوّي .

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 .

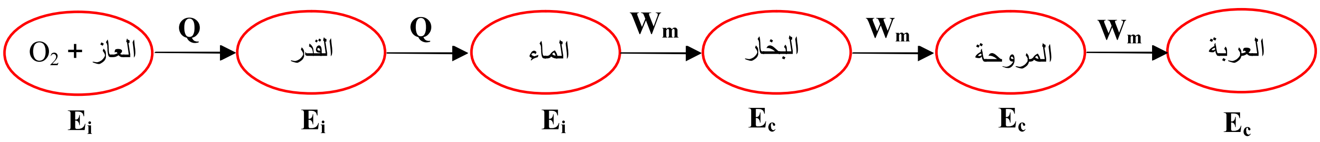


- الشكل 3 :

**السلسلة الوظيفية**



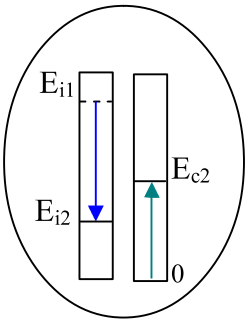

**توضيح :** تكتسب جزيئات الماء حرارة من القدر وتتحول إلى طاقة حركية يكتسبها بخار الماء فينطلق .




**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 )

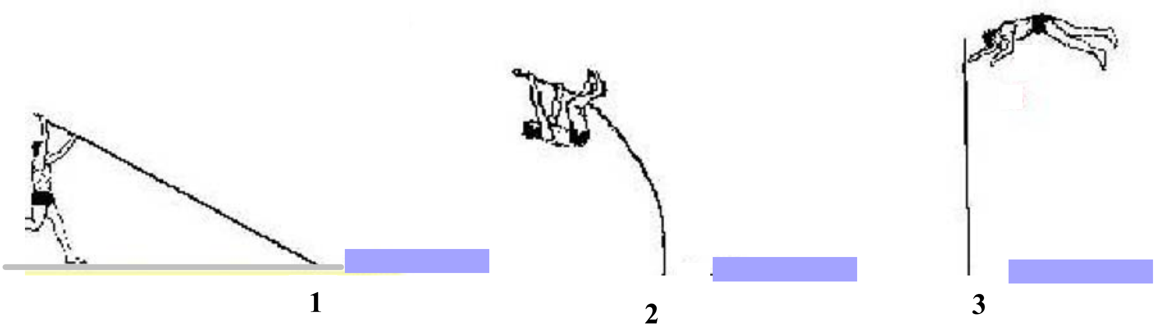
## 19

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 - 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 .

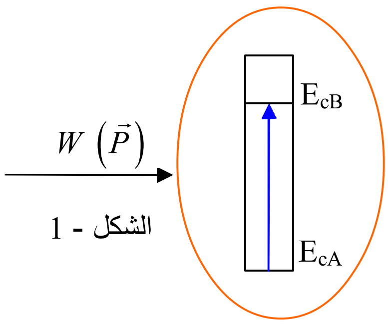
2 - الحصيلة الطاقوية بين A و B : بإهمال الاحتكاك .

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

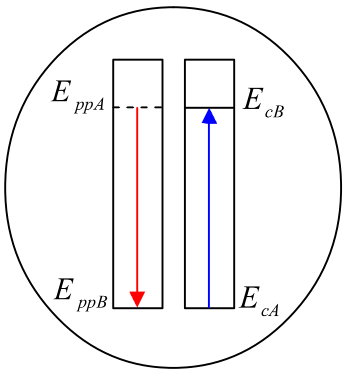
الجملة (عربة + أرض) : تتناقص الطاقة الكامنة للجملة وتزداد طاقتها الحركية (الشكل – 2)

تمرّن على الجُمل الأخرى ....

وإذا صادفت مشكلا اطرح سؤالك على المنتدى .

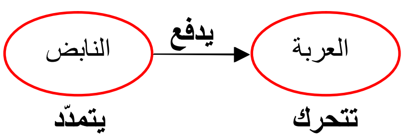



الشكل - 1




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 .

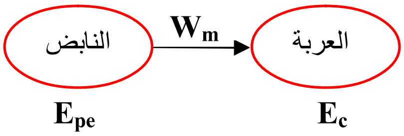
3 – في الحالة 3 تكتسب العربة طاقة حركية ، وتتعلق بسرعتها وكتلتها ، وهذه الطاقة اكتسبتها بفعل ضغط النابض .

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 .

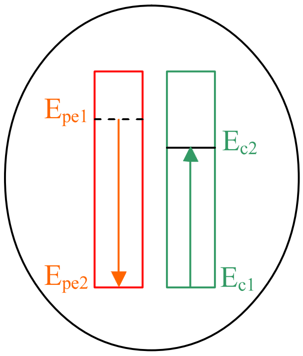
7 - السلسلة الطاقوية للتركيب :



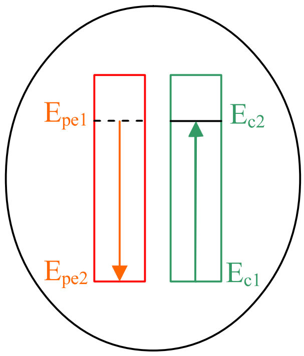

8 - تصبح الطاقة الكامنة المرونية للنابض معدومة عندما يصبح طوله مساويا لطوله الطبيعي (أي غير منضغط وغير مستطال) .

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 .

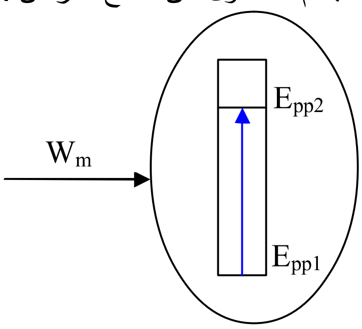
## 24

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 :**

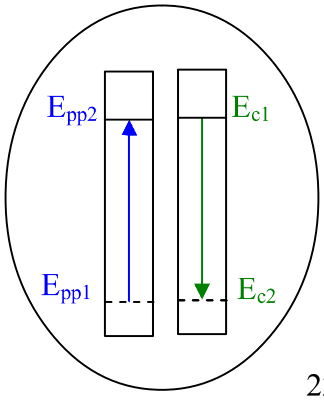
1 - أثناء دوران الرياضي يكتسب طاقة حركية يقدّمها للجلّة ، فتنطلق هذه الأخيرة وأثناء حركتها تتناقص طاقتها الحركية إلى أن تصبح أصغر ما يمكن في أقصى ارتفاع تصله ، وتكون عندئذ طاقتها الكامنة الثقالية أكبر ما يمكن . تشرع بعد ذلك الطاقة الحركية للجلّة في التزايد ، وتكون لها أكبر قيمة عند وصولها لأرضية الميدان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

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

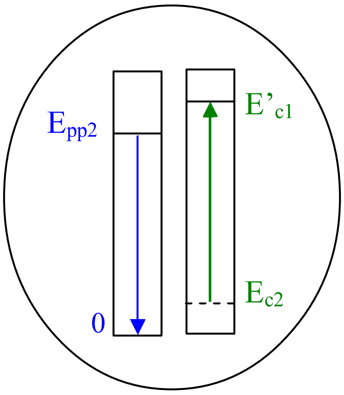
2 - الحصيلة الطاقوية :

الجملة (جلّة + أرض)

أثناء الصعود




أثناء النزول




الجملة (جلّة ) استعن بالتمرين 22

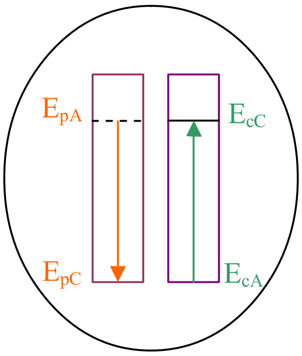
## 26

باعتبار الجملة (جسم + أرض) :

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

2 - نمط تحول 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 : $E_{cB} + E_{ppB} = E_{ppA}$

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

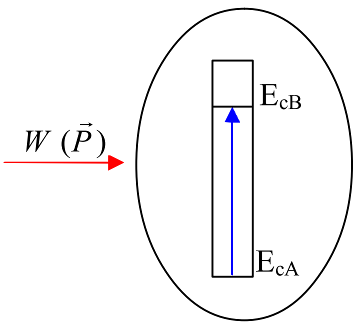
باعتبار الجملة (الجسم) :

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

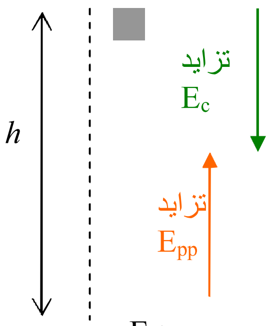
$$E_{cA} + W\left(\vec{P}\right) = E_{cB}$$

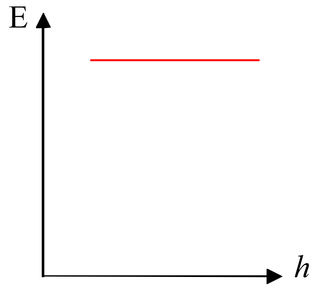
**27**

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

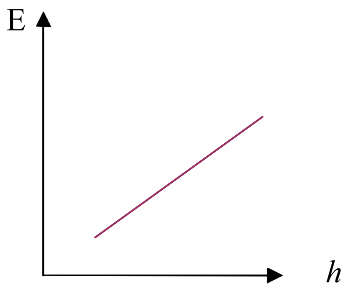
في البيـان 2 نلاحظ أن الطاقة تزداد عندما يزداد الارتفاع ، وهذا يتوافق مع الطاقة الكامنة الثقالية

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 .

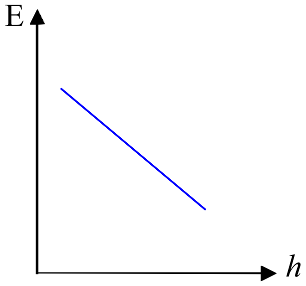



1




2




3

المستوى : السنة الثانية ثـانوي

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

حلول تمارين الكتاب المدرسي

## 01

**اختيار الجواب الصحيح :**

- عبارة العمل :

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

ب) $W = Fd\sin\alpha$ خطأ

جـ) $W = Fd\cos\alpha$ صحيح

د) $W = F\ d\alpha$ خطأ

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

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

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

## 02

**تصحيح التصريحات الخاطئة :**

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

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

## 03

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

## 04

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

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

## 05

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

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

جـ) $W_{AB}\left(\vec{F}\right) = Fd\cos\beta = 12,3\times11,5\cos125 = -81,1J$

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

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

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

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

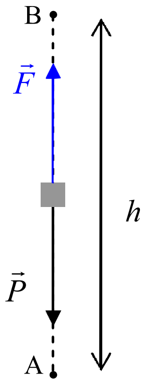
المعطيات غير كافية لحل التمرين .

## 09

نعتبر  $\vec{F}$  هي القوّة المبذولة .

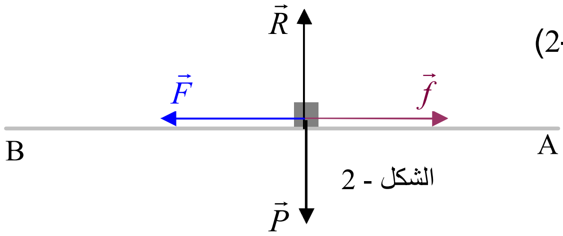
1 - بما أن سرعة الجسم ثابتة فإن  $F=P$

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




الشكل - 1

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

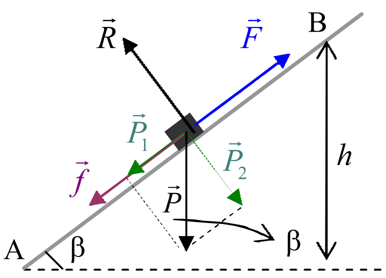



الشكل - 2

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

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

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

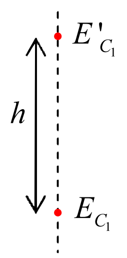
## 10

**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 و هي تتحرك بسرعة قدرها 120 km/h . حفظنا الله وإياكم ..

**14**

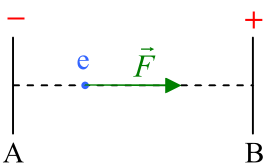
1 - التغيّر في الطاقة الحركية يساوي عمل ثقل الحجر ، أي : $\Delta E_C = E_{C_2} - E_{C_1} = W(\vec{P}) = Ph$ ، مع العلم أن $E_{C_1} = 0$

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

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 $\vec{F}$ : $W_{AB}(\vec{F}) = -1,6\times 10^{-19}(-1) = 1,6\times 10^{-19} J$ .

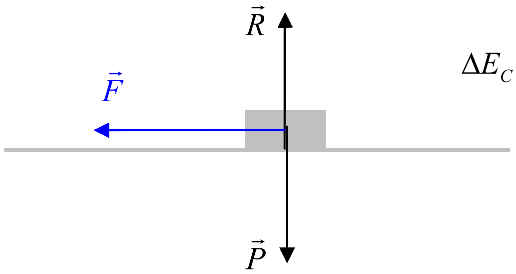
إذن 1 إلكترون – فولط ( أو بمعنى آخر عندما ينتقل من السكون إلكترون واحد بين نقطتين فرق الكمون بينهما 1 Volt ) يكتسب طاقة حركية قيمتها $E_C = 1,6\times 10^{-19} J$ . وبالتالي $1eV = 1,6\times 10^{-19} J$

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 .




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

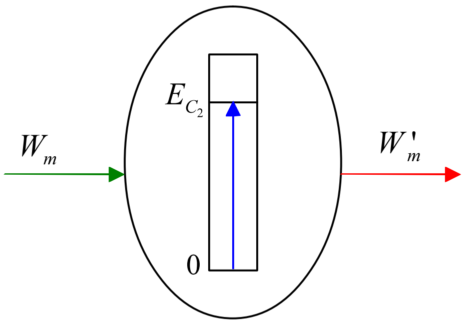
2 - القوّة المحركة للطائرة هي $\vec{F}$ .

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

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

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

5 – الحصيلة الطاقوية :




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

معادلة انحفاظ الطاقة : $E_{c_1} + W_m - W'_m = E_{C_2}$ ، مع العلم أن $E_{C_1} = 0$

## 17

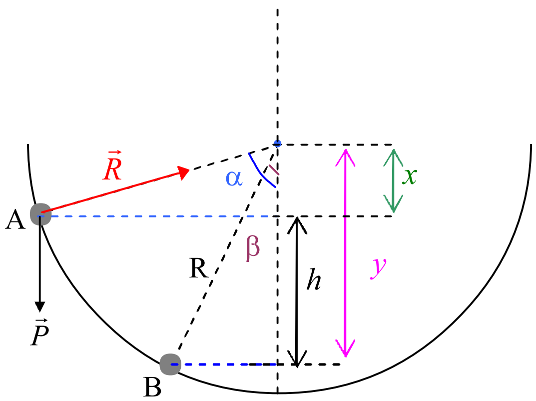
نحسب كتلة الهواء في الشروط التي كانت فيها الكتلة الحجمية للهواء $\rho = 1,23 g/l$ : $M = \rho\times V = 1,23\times1000 = 1230 g$ .

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

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

## 18

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




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 .

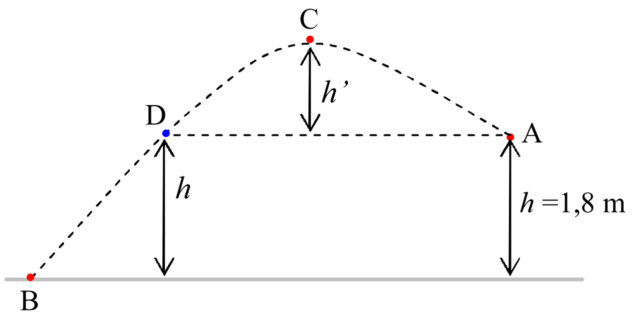
وبالتالي : $E_{C_B} = E_{c_A} + PR(\cos\beta - \cos\alpha)$ ، R : نصف قطر المسار .

**19**

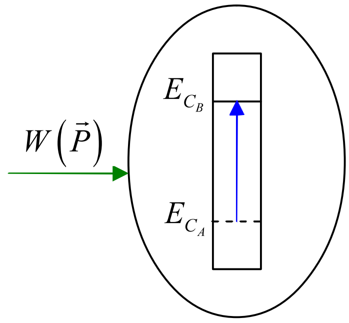
1 – نجزئ مسار الكرة إلى AC ، CD ، DB

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

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




2 – الحصيلة الطاقوية : في الشكل




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

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

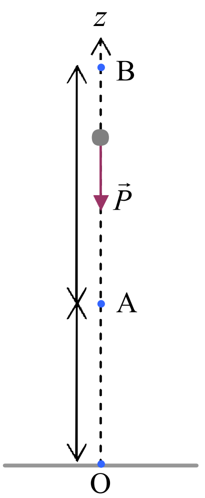
$$v_B^2=2gh+v_A^2$$

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

**20**

لدينا التغير في الطاقة الحركية يساوي مجموع الأعمال .

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




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

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

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

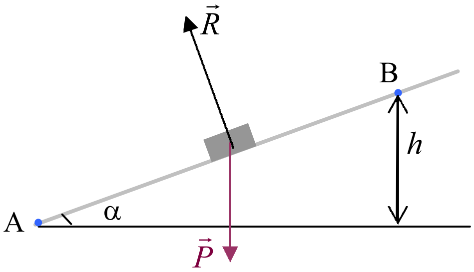
**21**

1 – سرعة المتزحلق عندما يقطع مسافة قدرها 40 m :

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

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

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




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

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

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

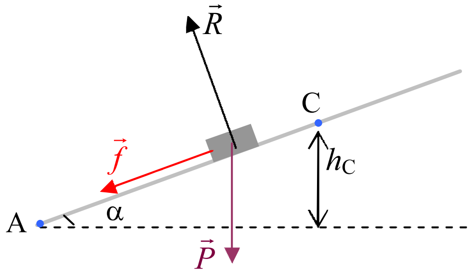
$$v_B=\sqrt{v_A^2-2gh}=\sqrt{144-2\times9,8\times5,1}=6,63m/s$$

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

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

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 :

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

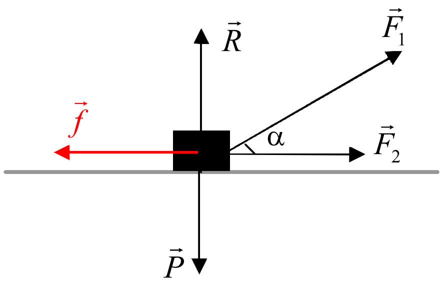
بوضع $E_{C_C}=0$ نستنتج $f=\dfrac{E_{C_C}-Ph_C}{AC}=\dfrac{0,5Mv_A^2-Mgh_C}{Ac}$

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

## 22

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

1 - تمثيل القوى في الشكل المقابل .




2 - المعطيات ناقصة (لم تُعطى قيمة الانتقال ) .

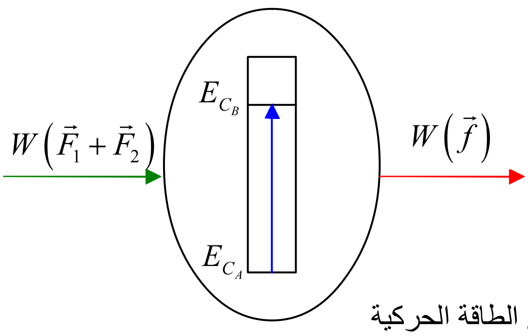
نعيد صياغة السؤال كما يلي : احسب مجموع أعمال القوى المطبّقة على السيارة عندما تتحرك من السكون من A إلى B حيث AB = 40 m (مثلا) .

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 $v_B=\sqrt{\frac{2\times 31872}{900}}=8,4\,m/s$ !!

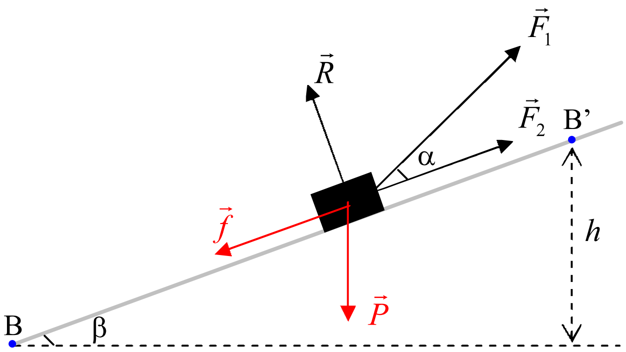
لو أخذت المسافة AB حوالي 10 m يكون أقرب إلى الواقع ، لأن سرعة الأشخاص الذين كانوا يدفعون السيارة (8,4 m/s) ليست بعيدة كثيرا عن الرقم القياسي في سباق الـ 100 متر .

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

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 –

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

$$W_{BB'}=F_1BB'\cos\alpha+F_2BB'-Ph+0-fBB'$$

لدينا $h=BB'\sin\beta=20\times0,173=3,46\,m$

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

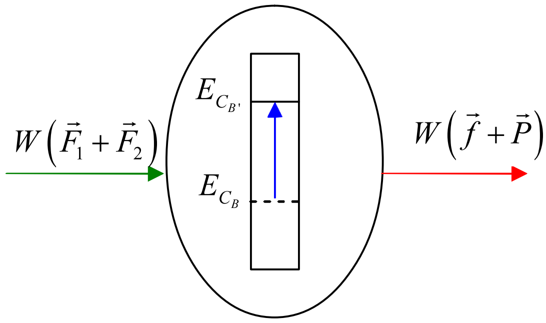
- القوى المحركة : $F_1\cos\alpha+F_2=880\times0,86+310\approx1067\,N$
- القوى المعرقلة : $P\sin\beta+f=900\times9,8\times0,173+270\approx1796\,N$

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

$$h=BB'\sin\beta=20\times0,087=1,74\,m$$

قيمة مجموع الأعمال هي : $W_{BB'}=880\times20\times0,86+310\times20-900\times9,8\times1,74+0-270\times20=589\,J$

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




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

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

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 .
$E_{C_C}-E_{C_B}=F_1BC\cos\alpha+F_2BC-PBC\sin\beta-fBC$ .

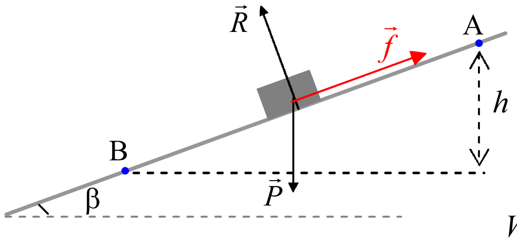
نضع $E_{C_C}=4E_{C_B}$ ، وبالتالي : $BC=\dfrac{3E_{C_B}}{F_1\cos\alpha+F_2-Mg\sin\beta-f}$

لدينا في السؤال 4 : $E_{C_B}=31872\,J$ ، وبالتالي $BC=\dfrac{3\times7968}{880\times0,86+310-900\times9,8\times0,087-270}=811\,m$ !!

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 .

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

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

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 :

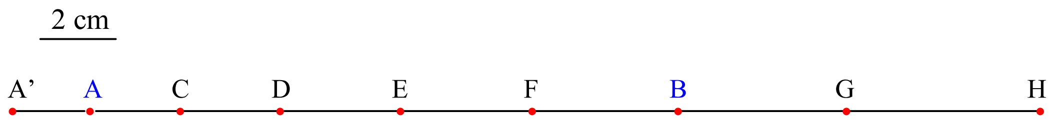
$$W_{AB}\left(\vec{f}\right)=0,5\times 1200\times\left(\frac{20}{3,6}\right)^2-244138=-225656\,J$$

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 |

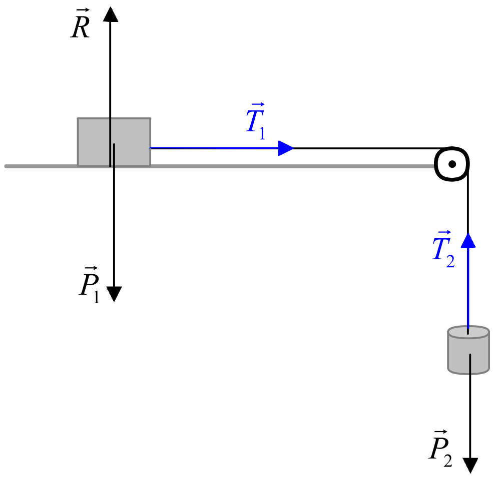
سرعة العربة في A : $v_A=\frac{A'C}{2\tau}=\frac{(1,8+2,2)\times 10^{-2}}{0,08}=0,5\,m/s$

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

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

2 – الطاقة الحركية في A : $E_{C_A}=\frac{1}{2}M_1v^2_A=0,5\times 0,674\times (0,5)^2=8,4\times 10^{-2}J$

الطاقة الحركية في B : $E_{C_B}=\frac{1}{2}M_1v^2_B=0,5\times 0,674\times (1,02)^2=3,5\times 10^{-1}J$




3 – من أجل إثبات أن القوّة $T_1$ ثابتة نحسب طويلة التغيّر في شعاع السرعة $\Delta v$ .

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 : $P_2 - T_2 = \frac{E_{C_A} - E_{C_B}}{AB} \quad (1)$

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

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

6 -

المستوى : السنة الثانية ثـانوي

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

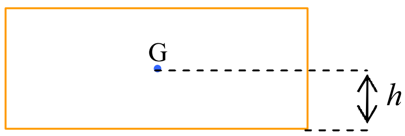
الطاقة الكامنة الثقالية تخصّ الجملة (الجسم + الأرض) ، أي أنها ناتجة عن الفعلين المتبادلين بين الجسم والأرض ، لهذا لا نتكلم عن طاقة كامنة ثقالية للجملة (جسم) .

### 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 $1-$

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



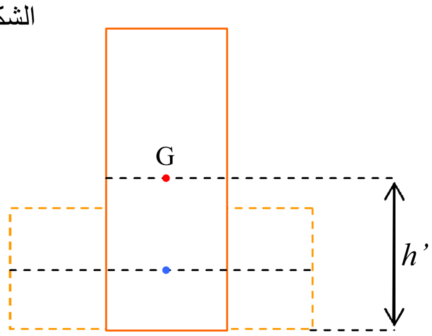
الشكل - 1

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

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

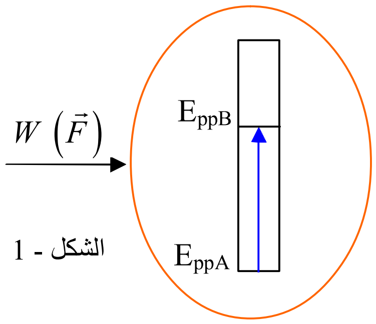
**3** - التغيّر في طاقتها الكامنة $\Delta E_{pp} = E'_{pp} - E_{pp}$

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



الشكل - 2

## 05



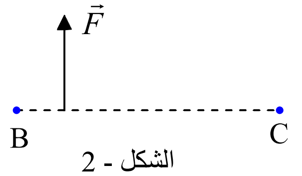
الشكل - 1

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

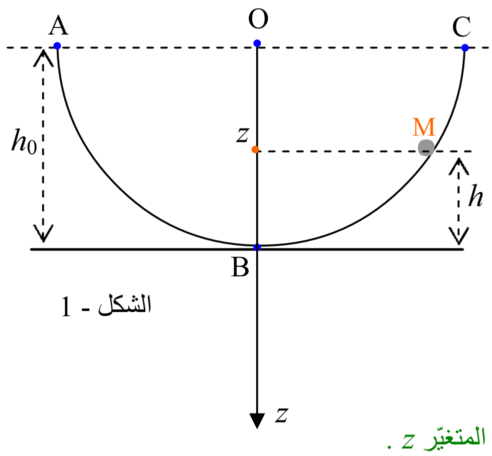
**ملاحظة** : لا يمكن للكرة أن تتدحرج إلا إذا وُجِد الاحتكاك ، فإذا كان الاحتكاك معدوما فإن الكرة تنزلق ولا تدور .

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

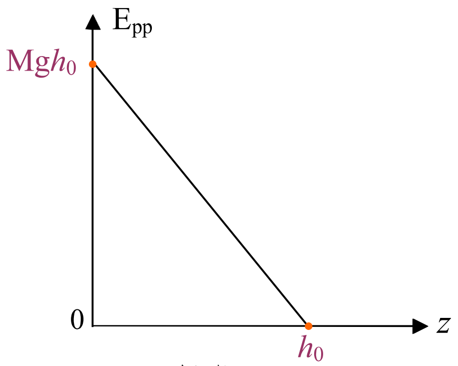
$$E_{pp}=Mg\,h=Mg\,(h_0-z)$$

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

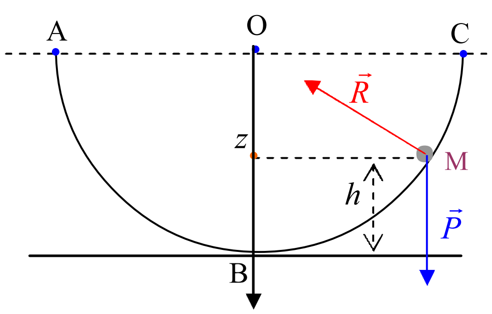
$E_{pp}=-Mgz+Mgh_0$ ، و هذا من الشكل $y=ax+b$ ، حيث $a<0$

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 .

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

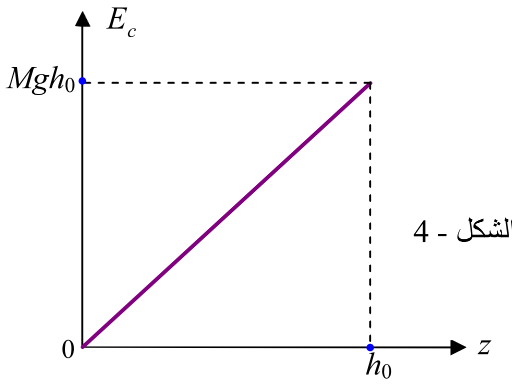
بتطبيق قانون انحفاظ الطاقة على الجملة (الجسم) ، نكتب : $E_{cB}-W\left(\vec{P}\right)=E_c$ ، حيث أن $E_c$ هي كل قيم الطاقة الحركية بين B و C ،

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 .

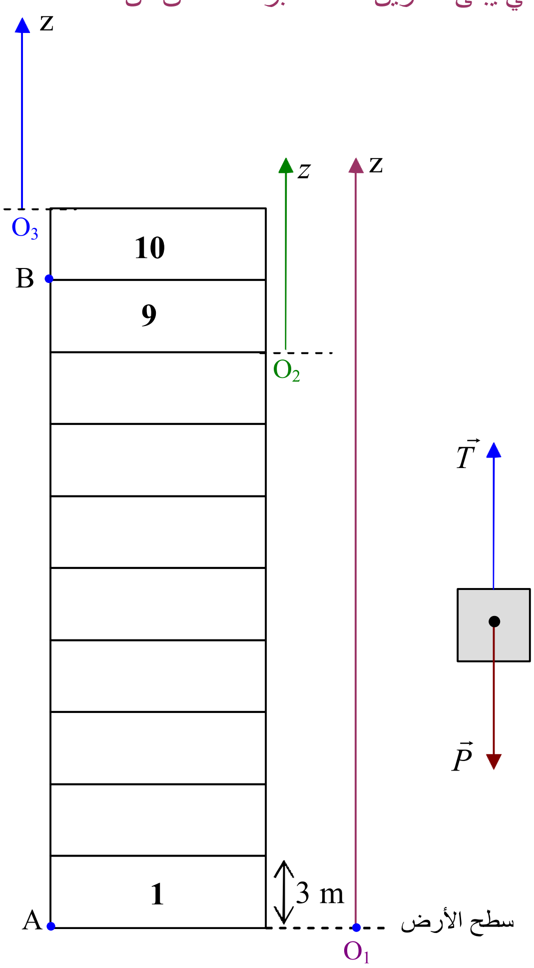
أ) الوضع المرجعي هو الطابق الأرضي (سطح الأرض) : $z=9\times3=27\,m$

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

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 :

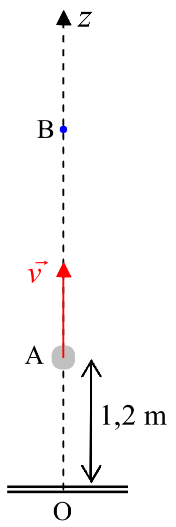
$$W_{1\to9}\left(\vec{T}\right)=T\times AB=Mg\times AB=1025\times9,8\times27=2,7\times10^5 J$$

**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 $E_{cB} = 0$

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

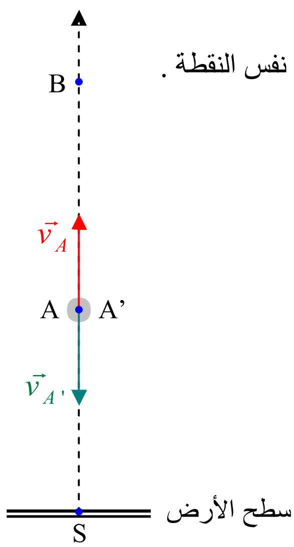
$$z_B = \frac{2gz_A + v_A^2}{2g} = \frac{2\times 9,8\times 1,2 + 16}{2\times 9,8} \approx 2\,m$$

**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 للكرة يساوي عمل قوة ثقلها : $\Delta E_c = W_{A'S}\left(\vec{P}\right)$

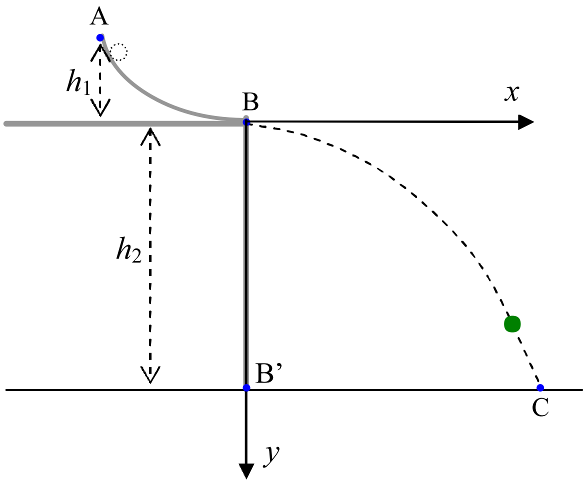
$$E_{cS} - E_{cA'} = Mgh$$

$\frac{1}{2}Mv_S^2 - \frac{1}{2}Mv_{A'}^2 = Mgh$ ، 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 : $E_{cC} - E_{cB} = Mgh_2$

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

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

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

**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

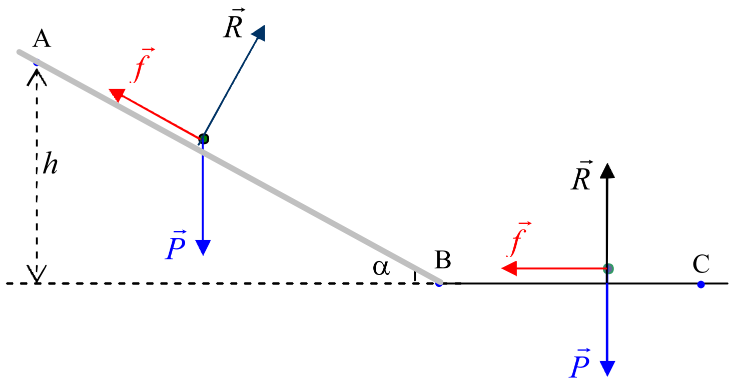
**1** - بتطبيق نظرية الطاقة الحركية على حركة المتزحلق : التغيّر في الطاقة الحركية للمتزحلق يساوي عمل قوة ثقله فقط (الاحتكاك مهمل أما عمل قوة رد الفعل معدوم لأن القوة عمودية على الطريق) .

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

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

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 :

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

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

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

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

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

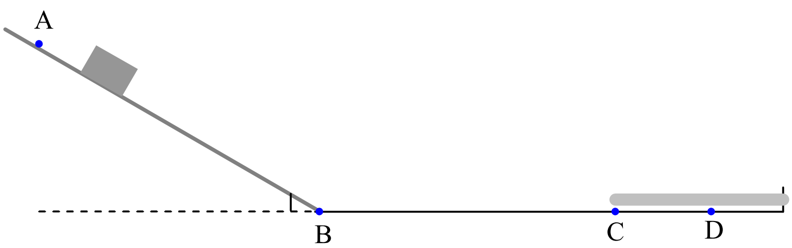
$$0 - \frac{1}{2}Mv_B'^2 = -f \times BC$$ ، ومنه $$BC = \frac{Mv_B'^2}{2f} = \frac{85\times(12,3)^2}{2\times 80} \approx 80\,m$$

## 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 $E_{peD}$

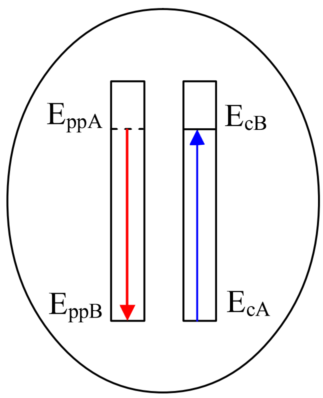
التحولات الطاقوية :

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

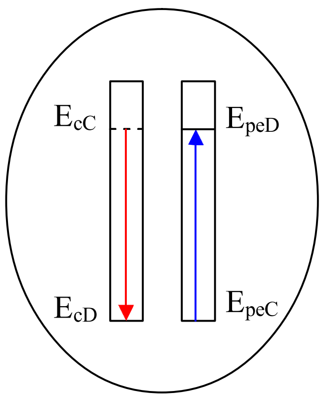
من B إلى C : لا يوجد تحوّل في الطاقة ، لأن الطاقة الحركية في B هي نفسها في C (الاحتكاك مهمل) .

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

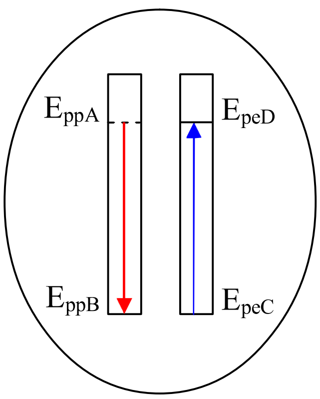
**2** – الحصيلة الطاقوية :




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

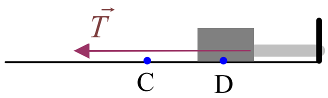
**3** – معادلة انحفاظ الطاقة : $E_{ppA} = E_{peD}$

**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

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



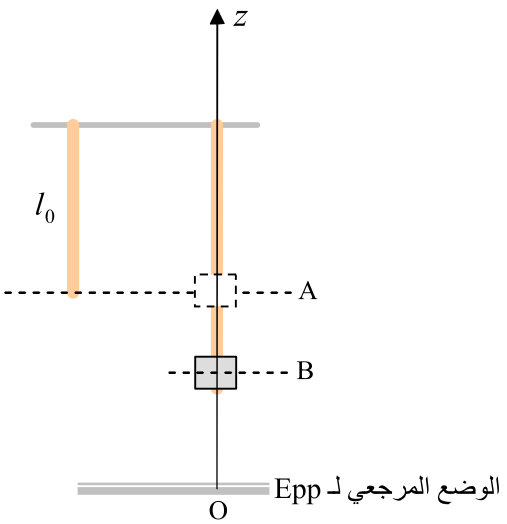

**5** - القوة التي يطبّقها النابض على العربة : $T = K \times (CD) = 400 \times 0,12 = 48\,N$

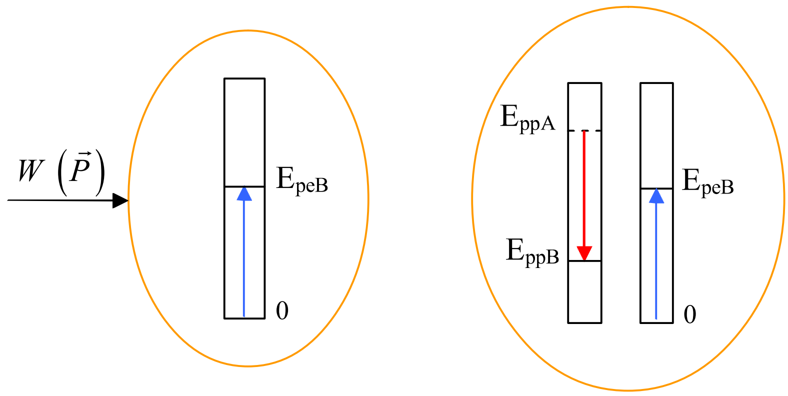
**6** - تتحوّل الطاقة الكامنة المرونية التي يخزّنها النابض في الوضع D إلى طاقة حركية في الوضع C ، وهي نفس الطاقة التي اكتسبتها العربة في الذهاب . تحافظ العربة على هذه الطاقة حتى الوضع B ، ثم تبدأ تتناقص وتتحوّل إلى طاقة كامنة ثقالية ، وهذه الطاقة الحركية كافية لإيصال الجسم حتى النقطة A (انحفاظ الطاقة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

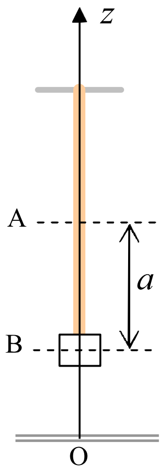
حالة الجملة (الجسم + النابض) : $W_{AB}(\vec{P}) = E_{peB}$

**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

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

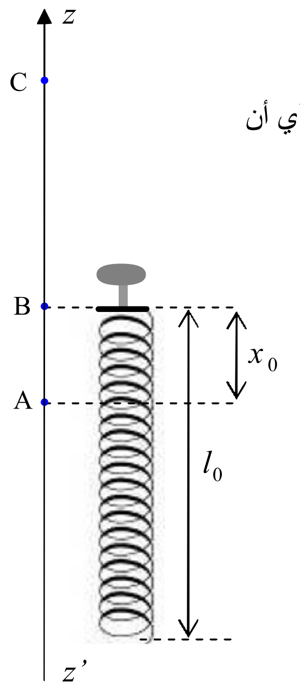


**4** - الطاقة الكامنة المرونية للنابض في الوضع B : $E_{peB} = \frac{1}{2}Ka^2 = 0,5\times10\times(0,39)^2 = 0,76\,J$

**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 $z_C - z_A = h = \frac{Kx_0^2}{2Mg} = \frac{200\times(0,03)^2}{2\times0,004\times9,8} = 2,3\,m$

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

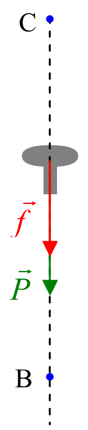
من العلاقة (2) لدينا $E_{cB} = E_{ppC} - E_{ppB}$ ، أي : $\frac{1}{2}Mv_B^2 = Mg\left(z_C - z_B\right) = Mg\left(h - 0,04\right)$ ، وبالتالي

$$v_B = \sqrt{2g\left(h-0,04\right)} = \sqrt{2\times9,8\times2,26} = 6,6\,m/s$$

**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 مستقلّة عن السرعة ، أي أن الهواء يؤثّر 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 : $E_{cB} + E_{ppB} - W_{BC}\left(\vec{f}\right) = E_{cC} + E_{ppC}$

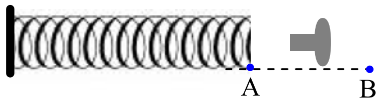
$$\frac{1}{2}Mv_B^2 + Mgz_B - W\left(\vec{f}\right) = Mgz_C$$

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

$$f = \frac{Mv_B^{\ 2} - 2Mgh'}{2h'} = \frac{0,004\times(6,6)^2 - 2\times 0,004\times 9,8\times 1,13}{2,26} = 3,7\times 10^{-2} N$$

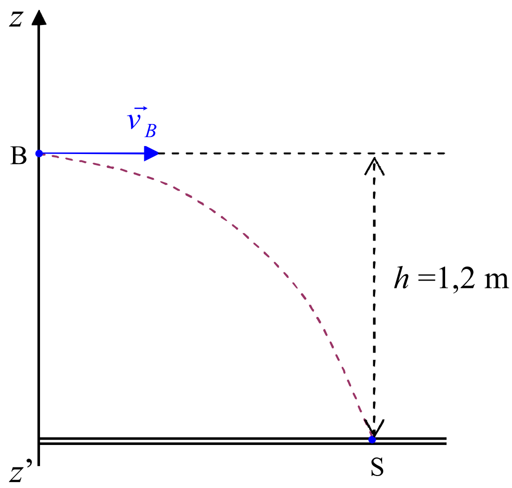
**6** - نعتبر الجملة (السهم + الأرض + النابض) :

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

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

$$v_S = \sqrt{2g\left(z_B - z_S\right) + v_B^{\ 2}} = \sqrt{2\times 9,8\times 1,2 + (6,7)^2} = 8,3\, m/s$$

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 ارتقاع 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 :

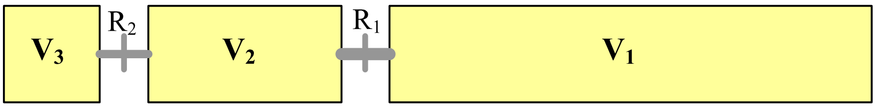
$$P_2 = \frac{P_1\,V_1}{V_2} = \frac{0,75\times10^5\times5}{1,5} = 2,5\times10^5\,Pa$$

## 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 $n = \frac{PV}{RT} = \frac{200\times10^5\times100\times10^{-3}}{8,3\times293} \approx 822\ mol$

كتلة غاز الهيدروجين هي $m = M\times n = 2\times822 = 1644\ g = 1,644\ kg$

لحساب ضغط الغاز نفرض أن الحجم يبقى ثابتا ، وبالتالي $\frac{P_2}{T_2} = \frac{P_1}{T_1}$ ، ومنه $P_2 = \frac{T_2}{T_1}\times P_1 = \frac{773}{293}\times200 = 527,6\ bar$

## 12

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

$$V = \frac{nRT}{P} = \frac{1\times8,3\times273}{101,3\times10^3} = 0,02236\ m^3 \approx 22,4L$$

## 13

كمية مادة ثنائي الأكسجين الإبتدائية هي :

$$n_1 = \frac{P_1 V_1}{RT_1} = \frac{50\times10^5\times10\times10^{-3}}{8,3\times293} \approx 20,56\ mol$$

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

$$n_2 = \frac{P_2 V_1}{RT_1} = \frac{40\times10^5\times10\times10^{-3}}{8,3\times293} \approx 16,44\ mol$$

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

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

كتلة ثاني الأكسجين المستخرجة من القارورة هي $m = n\times M = 4,12\times32 \approx 132\ g$

بعد عملية تمديد الغاز المستخرج يصبح يشغل الحجم $V$ ، حيث $V = \frac{n'RT}{P} = \frac{4,12\times8,3\times333}{1,04\times10^5} = 0,109\ m^3$

## 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 .

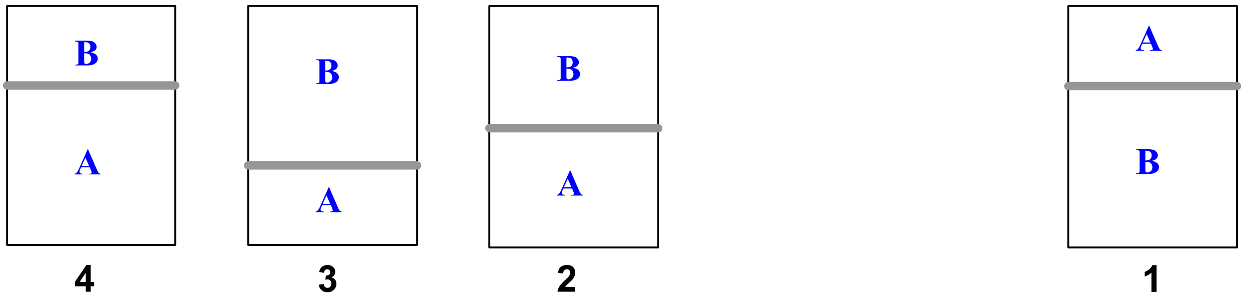
نحسب كمية المادة من قانون الغازات المثالية $n = \frac{PV'}{RT} = \frac{101,3\times10^3\times153\times10^{-6}}{8,3\times298} \approx 6,26\times10^{-3}\ mol$

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

بالتعويض في (1) : $M = \frac{0,29}{6,26\times10^{-3}} \approx 46\ g/mol$

هذه الكتلة المولية توافق ثاني أكسيد الآزوت $NO_2$ ، لأن $M_{NO_2} = 14 + 16\times2 = 46\ g/mol$

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

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

نعلم أن المستخدم يستخرج $5\ \text{m}^3$ من الهواء في ساعة واحدة ، إذن يستخرج $5{,}82\ \text{m}^3$ 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 $V_t = 2+5 = 7L$

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