



دولة فلسطين  
وزارة التربية والتعليم

# الفيزياء العلمي والصناعي الفترة الثانية

جميع حقوق الطبع محفوظة ©

دولة فلسطين  
وزارة التربية والتعليم



مركز المناهج

mohe.ps | mohe.pna.ps | moehe.gov.ps

facebook.com/MinistryOfEducationWzartAltrbytWaltlym

هاتف +970 2 2983280 | فاكس +970 2 2983250

حي الماصيون، شارع المعاهد

ص. ب 719 - رام الله - فلسطين

pcdc.edu.ps | pcdc.mohe@gmail.com

# المحتويات

٣

الفصل الثالث: قوانين نيوتن في الحركة  
(Newton's Laws of Motion)

١٠

الفصل الرابع: الشغل والطاقة الميكانيكية  
(Work and Mechanical Energy)

تتحرك الأجسام من حولنا في أنماطٍ حركيةٍ مختلفة، فمثلاً نشاهد مركبةً تتحرك من السكون، ثم نشاهدها تدور وتنعطف، أو تصطدم بأخرى، وقد تتوقف، ونشاهد سمكةً تسبح في الماء، وطائراً يحلق في السماء، وشخصاً ينتقل من مكان إلى آخر، وعربةً يجرها حصان. فما الذي يحرك هذه الأجسام؟ وما العلاقة بين الحركة والقوة المؤثرة في الأجسام؟

يتوقع من الطلبة بعد دراستهم هذه الوحدة المتمازجة والتفاعل مع أنشطته أن يكونوا قادرين على تطبيق مفاهيم الميكانيكا في حل مسائل تتعلق بقوانين نيوتن في الحركة من خلال تحقيق الآتي:

◆ تفسير بعض الظواهر والمشاهدات اعتماداً على قوانين (نيوتن).

◆ حل مسائل على قوانين (نيوتن).

### 1-3 قوانين نيوتن في الحركة (Newton's Laws of Motion)

لقد مهّدت أعمال (غاليليو) الطريق أمام العالم (نيوتن) لصياغة القانون الأول، في حين يرتبط القانون الثاني بالتسارع وسببه، أما القانون الثالث فهو قانون الفعل ورد الفعل. تُعدُّ قوانين نيوتن الثلاثة في الحركة أساس الميكانيكا في الوقت الحاضر، وهي ذاتها القوانين التي أوصلت الإنسان إلى القمر.

### A-1-3 القانون الأول لنيوتن في الحركة (قانون القصور الذاتي)

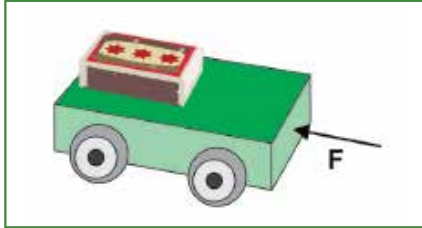
عند الضغط على الفرامل فجأة وأنت راكب بالمرربة تشعر باندفاعك نحو الأمام، لماذا؟ ما أهمية حزام الأمان في المرربة؟ للإجابة عن هذه الأسئلة، نفذ النشاط الآتي:

#### نشاط (1): القانون الأول لنيوتن.

##### الخطوات:

المواد والأدوات: مرربة لعبة أطفال،  
وعلبة كبريت.

1. ضع علبة الكبريت على سطح المرربة.
2. ادفع المرربة بقوة لتسير مسافة، ماذا يحدث لعلبة الكبريت؟
3. كرر الخطوة (2)، ثم ضع حاجزاً أمام العربة، ماذا يحدث لعلبة الكبريت؟ سجّل ملاحظاتك.
4. فسّر ما حدث.



##### أناقش

شاحنة محمّلة بصناديق البرتقال تقف على الإشارة الضوئية، ماذا يحدث للصناديق عند الانطلاق المفاجئ، وعند التوقف المفاجئ أيضاً، إذا لم يربط السائق الصناديق بالحبال جيداً؟

من خلال النشاط السابق، ودراستك السابقة لقوانين (نيوتن)، تعرّفت إلى مضمون قانون نيوتن الأول في الحركة: الجسم الساكن أو المتحرك بسرعة ثابتة، وفي خط مستقيم يبقى على حالته الحركية، ما لم تؤثر فيه قوة خارجية تغير من هذه الحالة.

إنّ الأجسام تمنع التغيير في حالتها الحركية من تلقاء نفسها، بل تقاوم أيّ تغيير لهذه الحالة، وهذا ما يُعرف بخاصية القصور الذاتي، والقصور لغة: يعني العجز، أما فيزيائياً فيعني: ممانعة الجسم تغيير حالته الحركية. وتعتمد على كتلة الجسم، التي تُعرف بكتلة القصور الذاتي وهي: كمية قياسية تعتمد على مقدار ما يحويه الجسم من مادة، تعبّر عن مقدار الممانعة التي يبديها الجسم لتغيير حالته الحركية.

لماذا نحتاج إلى شخصين لدفع مركبة صغيرة، بينما نحتاج إلى عدد أكبر من الأشخاص لتحريك شاحنة كبيرة؟



الشكل (1)

هل الأجسام الساكنة من حولنا، أو تلك المتحركة بسرعة ثابتة، وفي خطٍّ مستقيم تؤثر فيها أية قوة؟ إنَّ الحبل المستخدم في لعبة شدِّ الحبل (الشكل 1) يُمكن أن يبقى ساكناً رغم القوى المؤثرة فيه؛ وذلك لأنَّ مقاديرها متساوية، واتجاهاتها متعاكسة، بحيث يلغي بعضها بعضاً؛ أي أنَّ محصلة القوى على الجسم تساوي صفراً، فلا تتغيّر حالتها الحركية، وكذلك الحال بالنسبة للمركبة.

### مشروع:

كلّف مجموعة من الطلبة بزيارة مركز شرطة المرور، وعمل إحصائية حول الأضرار الناجمة عن حوادث السير؛ نتيجة عدم وضع حزام الأمان.

## B-1-3 قانون نيوتن الثاني في الحركة (قانون التسارع)

وصف القانون الأول لنيوتن ثبات الجسم على حالته الحركية في حال غياب قوة خارجية، فكيف تتغيّر هذه الحالة بوجود قوة خارجية؟



- كيف يزيد السائق من سرعة المركبة؟
- وكيف يخفّف من سرعتها؟ وكيف يوقّفها؟

### أفكر

وبتأثير عددٍ من القوى تصبح العلاقة:

$$\sum \mathbf{F} = m \mathbf{a} \quad (3 - 1)$$

إنَّ المعادلة (3-1) تمثّل الصيغة الرياضية للقانون الثاني لنيوتن، الذي ينصُّ على أنَّ: التسارع الذي يتحرك به جسمٌ يتناسب طردياً مع مقدار القوة المحصلة المؤثرة فيه وباتجاهها.

حيث:

$\sum \mathbf{F}$ : محصلة القوى المؤثرة في الجسم.

$\mathbf{a}$ : التسارع

$m$ : كتلة القصور للجسم (كتلة الجسم)

باستخدام النظام الدولي للوحدات:

وحدة قياس الكتلة هي الكيلوغرام (kg)، والتسارع  $m/s^2$ ، فتكون وحدة قياس القوة هي  $kg \cdot m/s^2$ ، وتُسمى نيوتن N.

النيوتن: القوة التي إذا أثرت في جسم كتلته 1 kg أكسبته تسارعاً مقداره  $1m/s^2$  باتجاهها.



يُعدّ القانونُ الأوّل لنيوتن حالةً خاصّةً من القانون الثاني. فسّر إجابتك.

أفكر

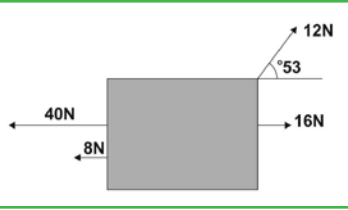
مثال 1: أثرت قوة (20N) في عربةٍ كتلتها (40Kg)، احسب تسارع العربة؟

الحل:

$$\begin{aligned}\sum F &= m a \\ 20 &= 40 a \\ a &= 0.5 \text{ m/s}^2\end{aligned}$$

سؤال

في الشكل المجاور، أثرت القوى على الجسم الذي كتلته (4kg)، جد التسارع.



### C-1-3 القانون الثالث لنيوتن في الحركة



لعلّك لاحظت عند محاولتك القفز إلى أعلى، فإنك تؤثر في مكان وقوفك بقوة، ولزيادة الارتفاع الذي تصل إليه فإنك تحتاج للتأثير بقوة أكبر، وتسمى قوة تأثيرك في مكان وقوفك قوة الفعل، واتجاهها إلى الأسفل، فتتأثر بقوة رد الفعل في الاتجاه المعاكس (إلى الأعلى) أي أنّ القوى في الطبيعة تُوجد على شكل أزواج. ولمعرفة العلاقة بين كلٍّ من قوتي الفعل وردّ الفعل، قم بتنفيذ النشاط الآتي:

### نشاط (3): مقدار قوتي الفعل وردّ الفعل.

الخطوات:

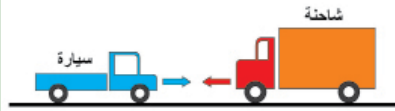
المواد والأدوات: ميزان نابضي عدد 3.

- اشبك الموازين الثلاثة كما في الشكل المجاور.
- اسحب الميزانين على الأطراف باتجاهين متعاكسين.
- سجّل قراءة كلّ ميزان. ماذا تلاحظ؟

وينصّ القانون الثالث لنيوتن على أنّ: لكلّ قوة فعلٍ قوة ردّ فعلٍ مساوية لها في المقدار، ومعاكسة لها في الاتجاه.



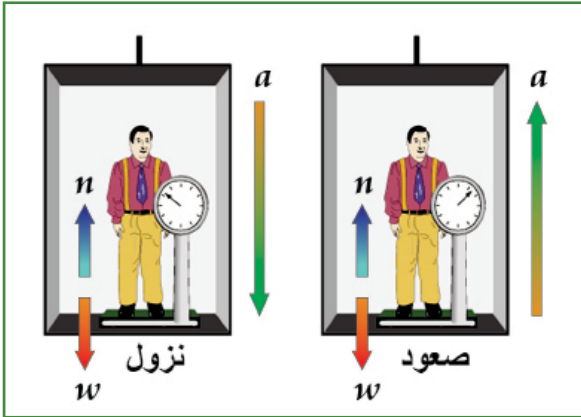
أولاً: لماذا لا يجوز تحصيل قوتي الفعل وردّ الفعل؟  
ثانياً: حدّد قوتي الفعل وردّ الفعل في الحالات الآتية:



### 2-3 تطبيقات على قوانين نيوتن.

#### أولاً: حركة المصعد

بالنسبة إلى شخص يقف على ميزانٍ موضوعٍ على أرضية مصعد، فإنّ قوة ردّ الفعل تعتمد على اتجاه حركة المصعد، وتسرّع حركته.



$$\sum F = m a$$

أثناء الصعود بتسارع ثابت  $a$

$$n - w = m a$$

$$n = w + m a$$

أثناء النزول بتسارع ثابت  $a$

$$\sum F = m a$$

$$w - n = m a$$

$$n = w - m a$$

#### سؤال

ماذا تتوقع أن تكون قوة ردّ الفعل (قراءة الميزان):

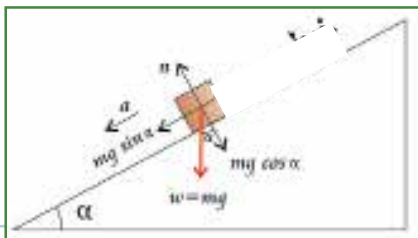
\* إذا تحرك المصعد بسرعة ثابتة؟

\* إذا قطع حبل المصعد؟

#### مشروع:

كلّف مجموعة من الطلبة بتصميم نموذج للصاروخ النفاث، باستخدام مركبة أطفال صغيرة، ذات عجلات ملساء، وبالون، وعبوة (كولا) فارغة (أحدث فيها فتحة، ليسهل نفخ البالون).

- صمّم جدولاً يضمّ تطبيقات قوانين نيوتن في الحياة اليومية.



#### ثانياً: الحركة على مستوى مائل

ما القوة المسببة لانزلاق جسمٍ على مستوى مائلٍ أملس؟

أن قيمة  $w \sin \alpha$  تمثل قيمة قوة الاحتكاك، عندما يكون الجسم على وشك الحركة. وأن قيمة  $\tan \alpha$  تمثل معامل الاحتكاك السكوني، أي أن  $f_s = \mu_s n$ .  
أما إذا كان السطح خشناً وزاوية ميل السطح أكبر من  $\alpha$  ينزلق الجسم على السطح وتصبح قوة الإحتكاك حركية،  $f$  التي تُعدُّ قوةً معيقة للحركة.

$$f_k = \mu n$$

حيث:  $(\mu)$ : معامل الاحتكاك

$(n)$ : قوة التلامس العمودية

$$\sum F = m a$$

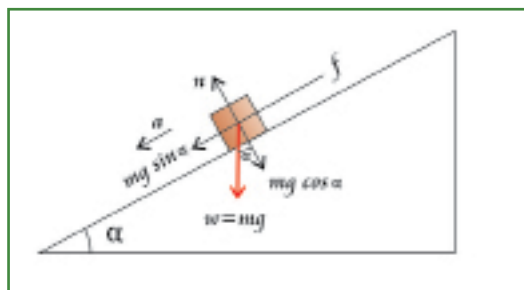
$$w \sin \alpha - f_k = m a$$

حيث:  $(w)$ : تمثل وزن الجسم المنزلق.

$(\alpha)$ : هي زاوية ميل المستوى المائل.

$(m)$ : كتلة الجسم المنزلق.

$(a)$ : تسارع الجسم المنزلق.



أناقش



في أيّ المتزلقات المائية، في الشكل المجاور، يمتلك الشخص تسارعاً أكبر؟ ولماذا؟  
- ما الهدف من استخدام الماء على المتزلقات؟  
- ما القوة التي تسبب انزلاقك على المتزلقات؟ وكيف يمكن زيادتها؟

**مثال 4:** بالاعتماد على الشكل المجاور، تنزلق الكتلة (2 kg) على مستوى مائل خشن، معامل الاحتكاك الحركي (0.4). احسب تسارع الكتلة.

الحل:

$$\begin{aligned} f_k &= \mu n \\ &= \mu F_g \cos 37 \\ &= 0.4 \times 2 \times 10 \times 0.8 \\ &= 6.4 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\sum F = m a$$

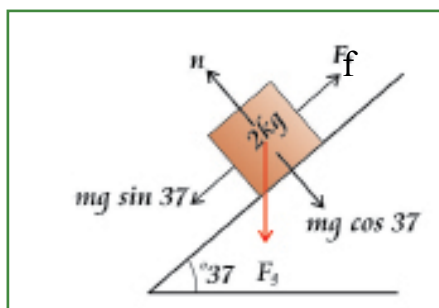
$$F_g \sin 37 - f_k = m a$$

$$12 - 6.4 = 2 a$$

$$5.6 = 2 a$$

$$2.8 = a$$

$$a = 2.8 \text{ m/s}^2$$



## أختبر نفسي:

1 ضع دائرةً حول رمز الإجابة الصحيحة فيما يأتي:

1. أثرت قوة محصلة (  $F$  ) في جسم كتلته (  $m$  )، فأكسبته تسارعاً مقداره (  $a$  ). إذا أثرت قوة محصلة مقدارها

(  $4F$  ) في جسم كتلته (  $2m$  )، فما التسارع الذي يكتسبه الجسم الثاني؟

أ.  $8a$       ب.  $4a$       ج.  $2a$       د.  $0.5a$

2. تحمل طالبة كرةً في يدها، إذا كانت القوة التي تؤثر بها الأرض في الكرة هي الفعل، فإن قوة ردّ الفعل هي

القوة التي تؤثر بها:

أ. الكرة في الأرض.      ب. الكرة في اليد.      ج. اليد في الكرة.      د. الأرض في اليد.

3. قُذفت كرةٌ وزنها (  $1.5 \text{ N}$  ) بسرعة (  $12 \text{ m/s}$  ) باتجاهٍ يصنع زاوية (  $30^\circ$  ) مع الأفقي إلى أعلى. عندما تصل

الكرة أقصى ارتفاع لها، فكم تساوي محصلة القوى المؤثرة فيها؟

أ.  $0$       ب.  $9.8 \text{ N}$  إلى أعلى.      ج.  $9.8 \text{ N}$  إلى أسفل.      د.  $1.5 \text{ N}$  إلى أسفل.

2 وضح المقصود بكلّ من: القوة، والقصور.

3 علّل:

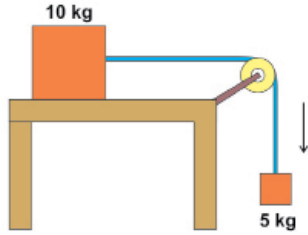
1- الصورة المعلقة على الحائط لا تتحرك.

2- تؤكد الشرطة ضرورة ربط حزام الأمان لكلّ راكبٍ في المركبة.



4 تقف طالبة كتلتها (45 kg) على أرضية مصعد، احسب القوة التي تؤثر بها أرضية المصعد ( قوة التلامس العمودية n) فيها في الحالات الآتية:

1. عندما يكون المصعد متحركاً إلى أعلى بتسارع  $4\text{m/s}^2$
2. عندما يكون المصعد متحركاً إلى أعلى بسرعة ثابتة  $3\text{m/s}$
3. عندما يكون المصعد متحركاً إلى أسفل بتسارع  $1.5\text{m/s}^2$
4. إذا انقطع حبل المصعد.



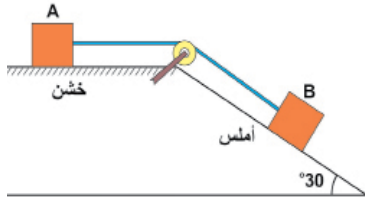
5 في الشكل المجاور، إذا كان السطح الأفقي خشناً، ومعامل الاحتكاك الحركي بين الجسم والسطح 0.2، جد:

1. تسارع المجموعة.
2. الشد في الحبل.

6 وضح قوتي الفعل ورد الفعل في حالة:

1. تنافر شحنتين كهربائيتين.
2. تجاذب زوج من المغناط المستقيمة.
3. حمل تفاحة في يدك.

7 يبين الشكل المجاور جسمين، كتلة كل منهما (6 kg)، الأول موضوع على سطح أملس، ويميل عن الأفقي بزاوية  $(30^\circ)$ ، والثاني على سطح أفقي خشن، معامل الاحتكاك الحركي له (0.1). جد:



- أ. تسارع المجموعة.
- ب. الشد في الخيط.

## الشغل والطاقة الميكانيكية (Work and Mechanical Energy)

يتناول هذا الفصل مفهومي الشغل والطاقة اللذين يمكن توظيفهما لدراسة حركة الأجسام في حالات عديدة؛ لما لذلك من أهمية من حيث سهولة معالجتهما؛ كونهما كميتين قياسيتين مقارنة بالكميات الفيزيائية المتجهة؛ ما يتطلب تحليل القوى لمركباتها بالاتجاهات المختلفة، وتطبيق قانون نيوتن الثاني كما مر بك سابقاً. كما



الشكل (1)

يتعرض هذا الفصل إلى مفهوم القدرة الذي يعبر عن معدل صرف الطاقة، أو تغييرها واستهلاكها. الشكل (1) المجاور يظهر رافعة ميكانيكية ذات قدرة محددة، تقوم بإزاحة الأحمال من مكان إلى آخر في ورشة بناء. لا شك أن هناك شغلاً يتم بذله لإنجاز هذه المهام، وأن هناك طاقة يتم استهلاكها في هذا العمل. وأن الرافعة تؤثر بقوة تكفي لتحريك هذه المواد مسافات أفقية، وأخرى عمودية لتضعها في الأماكن المنشودة.

يتوقع من الطلبة بعد دراستهم هذه الوحدة المتمازجة والتفاعل مع أنشطته أن يكونوا قادرين على تطبيق مفاهيم الميكانيكا في حل مسائل تتعلق بالشغل والطاقة من خلال تحقيق الآتي:

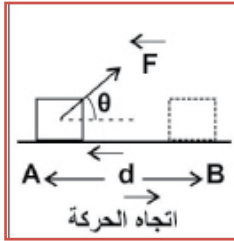
- ◆ توضيح المقصود بكل من: الشغل، والطاقة.
- ◆ تفسير بعض تطبيقات الشغل والطاقة.
- ◆ حل مسائل على الشغل، والطاقة.
- ◆ توظيف النابض والسطح المائل في التعرف إلى الشغل والطاقة.
- ◆ التمييز بين القوى المحافظة والقوى غير المحافظة.

## 1-4 الشغل (Work)

هناك العديد من المفاهيم والمصطلحات التي يتناولها علم الفيزياء، كالتي سبق أن تعلمتها، مثل الكتلة، والسرعة، والتسارع، وغيرها، والتي يتقارب تعريفها الفيزيائي مع المعنى الشائع لها في الحياة اليومية. أمّا الشغل فتعريفه الفيزيائي يختلف عمّا هو مقصود به في العادة، فيقال مثلاً: اشتغل معلماً، أو بناءً، أو قاضياً، أو غير ذلك. وهذا يعني أنّ الشغل باللغة الدارجة هو القيام بمجهودٍ عقليّ، أو عضليّ لتحقيق هدفٍ ما. أمّا في التعريف الفيزيائيّ، فإنّ الشغل ينتج عندما تؤثر قوةٌ ما في جسم، وتسبب إزاحته من مكانٍ إلى آخر.

ويعرّف الشغل بأنه: حاصل ضرب الإزاحة في مركبة القوة باتجاه تلك الإزاحة، ويُعبّر عن ذلك رياضياً بحاصل الضرب النقطي بين متجهي القوة والإزاحة.

في الشكل (2) تؤثر قوةٌ ثابتةٌ  $F$  في جسم، وتحدث إزاحة  $d$  بحيث تصنع  $F$  زاوية  $\theta$  مع  $d$ . يمكن حساب الشغل ( $W$ ) من العلاقة:

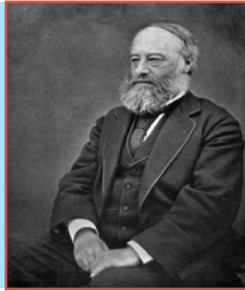


$$W = F \cdot d \quad (4-1-A)$$

$$W = F d \cos\theta \quad (4-1-B)$$

الشكل (2)

فتكون وحدة الشغل في النظام الدولي للوحدات هي [نيوتن]. [متر] (N.m)، وتُسمّى [جول] (J)؛ تكريماً للعالم (جيمس بريسكوت جول)، وبالتالي يمكن تعريف الجول: الشغل الذي تبذله قوةٌ مقدارها نيوتن واحد عندما تُحدث إزاحةً جسمٍ ما باتجاه تأثيرها، مقدارها متر واحد.



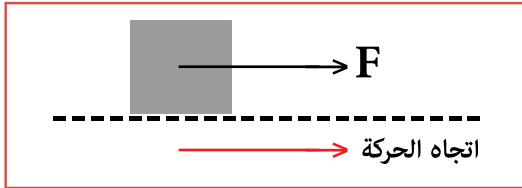
جيمس بريسكوت جول (1818-1889م): فيزيائيّ إنجليزيّ له اكتشافات مهمة، منها قانون التسخين في الموصل الكهربائي، وأبحاث عديدة في الكهرباء والمغناطيسية، ولعلّ أشهر أعماله هو تعيين المكافئ الميكانيكي للحرارة، وسميت وحدة الطاقة باسمه (Joule) جول.

### أناقش



- \* هل الشغل كمية قياسية، أم كمية متجهة؟
- \* ما وحدة الشغل في النظام الغاوسي؟
- \* هل الشغل كمية أساسية، أم كمية مشتقة؟
- \* يؤثر الرجل في الشكل المجاور بقوة في المركبة، محاولاً دفعها إلى الأمام.
  - متى يكون الشغل الذي يبذله الرجل موجباً؟
  - متى يكون الشغل الذي يبذله الرجل صفراً؟
  - متى يكون الشغل الذي يبذله الرجل سالباً؟

- مثال 1:** تحرك جسم مسافة مقدارها (  $d = 20 \text{ m}$  )، باتجاه الشرق (المحور السيني الموجب)، تحت تأثير مجموعة من القوى، كما في الشكل الآتي. احسب مقدار الشغل الذي تبذله قوة مقدارها (10N)، في كل من الحالات الآتية:
1. تؤثر القوة باتجاه الشرق.
  2. تؤثر القوة باتجاه الغرب.
  3. تؤثر القوة بزاوية  $60^\circ$  شمال الشرق.

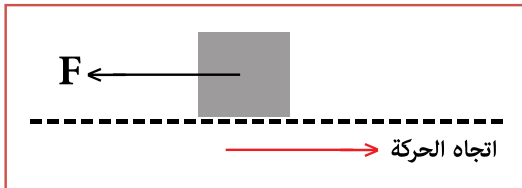


**الحل:**

$$W = F d \cos \theta \quad :1$$

$$= 10 \times 20 \times 1$$

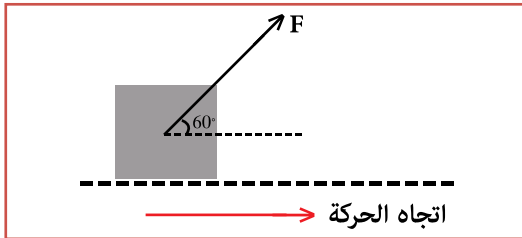
$$= 200 \text{ J}$$



$$W = F d \cos \theta \quad :2$$

$$= 10 \times 20 \times -1$$

$$= -200 \text{ J}$$



$$W = F d \cos \theta \quad :3$$

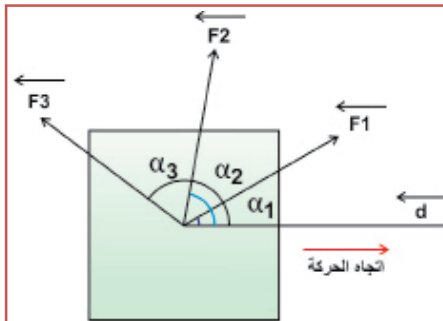
$$= 10 \times 20 \times 0.5$$

$$= 100 \text{ J}$$

### سؤال

ما شغل كل من: قوة الجاذبية، وقوة التلامس العمودية في المثال السابق؟

والشغل الكلي لمجموعة من القوى التي تؤثر في جسم ما، هو الجمع العددي لشغل كل قوة منها، كما في الشكل (3)، وهو كذلك الشغل الذي تبذله محصلة القوى، كما يأتي:



الشكل (3) يبين اتجاهات مختلفة لتأثير ق

$$W_{\text{net}} = W_1 + W_2 + W_3 + \dots \quad (4-2-A)$$

$$W_{\text{net}} = F_{\text{net}} d \cos \theta \quad (4-2-B)$$

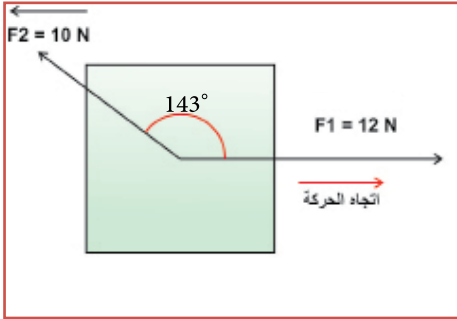
أي أن الشغل الكلي = شغل محصلة القوى

**مثال 2:** في الشكل (3)، أثرت القوى في الجسم فتحرّك (0.2 m) إلى اليمين، احسب:

١. الشغل المبذول من كلّ قوة.

٢. الشغل الكليّ.

٣. تحقّق من أنّ شغل القوة المحصّلة يساوي المجموع العدديّ لشغل كلّ من القوتين.



**الحل: 1:**

$$W_1 = F_1 d \cos \theta = 12 \times 0.2 \times \cos (0) = 2.4 \text{ J}$$

$$W_2 = F_2 d \cos \theta = 10 \times 0.2 \times \cos (143^\circ) = -1.6 \text{ J}$$

$$W_{\text{net}} = W_1 + W_2 = 2.4 - 1.6 = 0.8 \text{ J}$$

**:2**

**:3**

$$F_{\text{net}} = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2 \cos \theta}$$

$$F_{\text{net}} = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2 \cos 143^\circ}$$

$$F_{\text{net}} = \sqrt{12^2 + 10^2 + 2 \times 12 \times 10 \times \cos 143^\circ}$$

$$= \sqrt{52} = 7.2 \text{ N}$$

نحدّد اتّجاه القوة المحصّلة بالاعتماد على قاعدة لامبي / قاعدة الجيوب

$$\frac{F_{\text{net}}}{\sin 143} = \frac{F_2}{\sin \alpha}$$

$$\frac{7.2}{\sin \alpha} = \frac{10}{\sin 143}$$

$$\sin \alpha = 0.83 \quad \alpha = 56^\circ$$

$$W = F_{\text{net}} d \cos 56$$

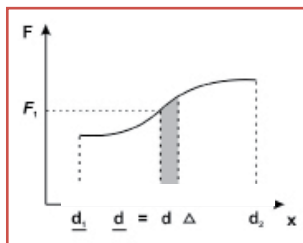
$$W = F_{\text{net}} d \cos 56$$

$$= 7.2 \times 0.2 \times 0.55 = 0.8 \text{ J}$$

نجد أنّ شغل محصّلة القوى = المجموع العددي لشغل كلّ من القوى المؤثّرة.

## 2-4 الشغل الذي تبذله قوة متغيرة:

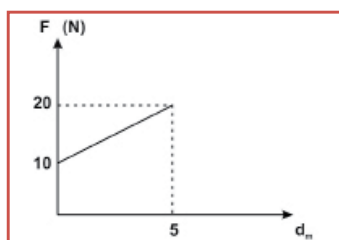
يمثل الشغل الذي تبذله قوة ثابتة ( $F$ ) في جسم، بمساحة المستطيل، تحت الخط البياني لمنحنى القوة - الإزاحة، ويكون المنحنى خطاً مستقيماً أفقيًا، يوازي محور الإزاحة.



ويمكن تعميم النتيجة السابقة على جميع أنواع القوى، بما فيها القوة المتغيرة المقدار؛ أي أن:

الشغل الذي تبذله قوة يساوي عددًا المساحة المحصورة تحت منحنى القوة - الإزاحة ( $x - F$ ) ومن الأمثلة على القوة المتغيرة القوة التي يؤثر بها نابض.

**مثال 3:** في الشكل المجاور، احسب الشغل.



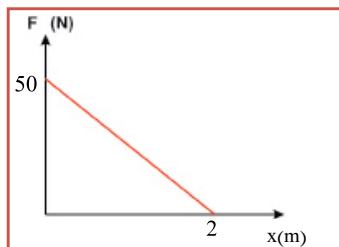
**الحل:**

الشغل = عددًا مساحة شبه المنحرف =  $\frac{1}{2}(\text{مجموع القاعدتين المتوازيتين}) \times \text{الارتفاع}$

$$W = \frac{1}{2}(10 + 20) \times 5 = 75J$$

## سؤال

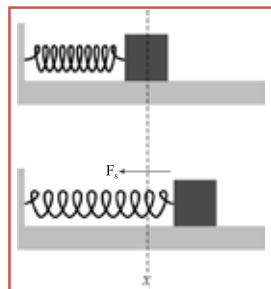
يمثل الشكل المجاور العلاقة بين القوة المتغيرة المؤثرة في جسم وإزاحته، احسب الشغل الكلي المبذول من القوة.



## شغل النابض:

مر بك سابقاً قانون (هوك) الذي يوضح العلاقة بين القوة المؤثرة في المواد المرنة، والتغيرات الحادثة لشكلها، الذي ينص على أن: تتناسب القوة المعيدة في النابض تناسباً طردياً مع مقدار استطالته، وتعاكسها في الاتجاه.

عندما تؤثر قوة خارجية في نابض فإنها تسبب شدة، أو ضغطه بمقدار ( $x$ )، وحسب القانون الثالث لنيوتن، فإنها تنشأ في النابض قوة تساوي القوة الخارجية بالمقدار، وتعاكسها في الاتجاه، تُسمى القوة المعيدة التي تحاول إعادة النابض إلى وضعه الأصلي.



$$F_{\text{external}} = -F_s = kx \quad (4-4)$$

وربماضيًا:

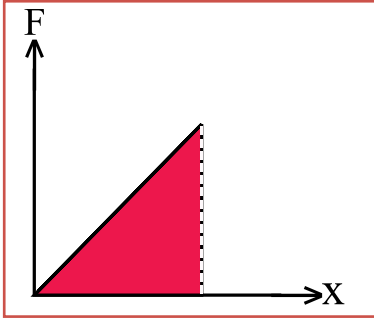
حيث:

$(F_{\text{external}})$  : القوة الخارجية المؤثرة في النابض، والمسببة له الاستطالة، أو الانضغاط.

$(F_s)$  : القوة المعيدة.

$(k)$  : ثابت مرونة النابض.

ويمكن تمثيل العلاقة بين مقدار القوة المؤثرة في نابض، والاستطالة الحادثة له بيانيًا، كما في الشكل المجاور. بما أن القوة الخارجية المؤثرة في النابض أحدثت إزاحة، فإنها تنجز شغلاً، يتم إيجاده بحساب المساحة المحصورة بين منحنى



القوة - الإزاحة.

شغل القوة الخارجيّة = مساحة المثلث =  $\frac{1}{2}$  القاعدة  $\times$  الارتفاع

$$w = \frac{1}{2} \times (k x) \\ = \frac{1}{2} k x^2$$

ويختزن هذا الشغل في النابض على شكل طاقة وضع مرونية.

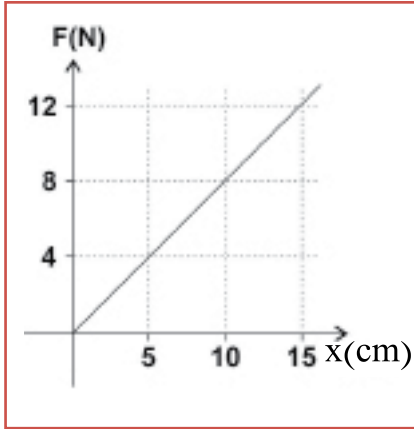
وتمثّل العلاقة السابقة الشغل الذي تبذله قوة خارجيّة لتغيير طول نابض ضمن حدود مرونته. وحتى يعود النابض إلى وضعه الطبيعي تحت تأثير القوة المعيدة، فإنّه يبذل شغلاً يساوي سالب شغل القوة الخارجيّة؛ أي أنّ القوة الخارجيّة تنقل للكتلة المتصلة بالنابض طاقةً حركيّة، أمّا قوة النابض (القوة المعيدة) فتأخذ هذه الطاقة الحركيّة من الكتلة.

**مثال 4:** احسب الشغل المبذول على النابض في الشكل المجاور

**الحل:**

الشغل = المساحة تحت المنحنى

$$W = \frac{1}{2} \times 0.15 \times 12 = 0.9 \text{ J}$$



**سؤال**

أثرت قوة (200 N) في نابضٍ، فضغطته (2 cm). جدّ:

١. ثابت مرونة النابض.
٢. الطاقة المختزنة في النابض.

### 3-4 طاقة الحركة: (Kinetic Energy)

هي الطاقة الحركية تعتمد على كتلة الجسم وسرعته، وتُعطى بالعلاقة (4-5) ووحدتها هي وحدة الشغل ( جول ) (Joule).

$$KE = \frac{1}{2} m v^2 \quad (4-5)$$

### 4-4 نظرية الشغل والطاقة (Work-Energy Theorem)

إذا أثرت قوة أفقيّة  $F$  في جسمٍ، كتلته  $m$ ، فإنّها تحرّكه باتجاهها، وتكسبه تسارعاً ثابتاً  $a$ ، حسب القانون الثاني لنيوتن

$$F = m a$$

وإذا تحرّك الجسم إزاحة  $d$ ، فإنّ الشغل الذي تنجزه القوة:

$$W = F d \cos \theta$$

$$= m a d \cos 0^\circ$$

$$= m a d$$

ومن معادلات الحركة بتسارع ثابت:

$$v_f^2 = v_i^2 + 2ad$$

نضرب المعادلة السابقة  $\times \frac{1}{2}m$  فتصبح

$$\frac{1}{2}m v_f^2 = \frac{1}{2}m v_i^2 + \frac{1}{2}m \times 2ad$$

$$\frac{1}{2}m v_f^2 = \frac{1}{2}m v_i^2 + \frac{1}{2}m \times 2ad$$

$$(K.E)_f - (K.E)_i = m a d$$

$$\Delta K.E = W_{net} \quad (4 - 6)$$

أي أنّ: الشغل الكلي الناتج عن قوة، أو مجموعة قوى تؤثر في جسم متحركٍ يساوي التغيّر في طاقة حركة الجسم، وهذا ما يُعرف بنظرية الشغل - الطاقة الحركية.

- مثال 5:** أثرت قوة (240 N) في جسم ساكن، كتلته (4 kg)، فحرّكته باتجاهها مسافة (0.5 m)، جد:
1. التغيّر في الطاقة الحركية للجسم.
  2. السرعة النهائية للجسم.

**الحل: 1:**

$$\Delta K.E = W_{net}$$

$$\Delta K.E = W$$

$$= F d \cos \theta$$

$$= 240 \times 0.5 = 120 \text{ J}$$

$$(K.E)_f - (K.E)_i = \Delta K.E \quad :2$$

$$\frac{1}{2} m v^2 - 0 = 120$$

$$\frac{1}{2} \times 4 \times v_f^2 - 0 = 120$$

$$240 = 4 \times v_f^2$$

$$v_f = 7.7 \text{ m/s}$$

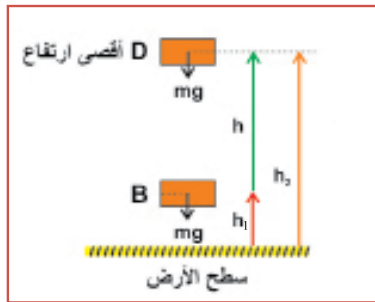


تتحرك مركبة كتلتها (2600 kg)، بسرعة (20 m/s)، فإذا توقفت عند الضغط على الكوابح:

١. ما التغيير في طاقة حركة المركبة؟
٢. ما مقدار الشغل المبذول أثناء الضغط على الكوابح؟
٣. صف تحويلات الطاقة؟

### 5-4 طاقة الوضع في مجال الجاذبية: (U) Potential Energy

جسمٌ موضوعٌ على سطح أفقي، يتجه إلى الأعلى من النقطة B إلى النقطة D بسرعة ثابتة، ليتحقق ذلك فإنه يلزم التأثير بقوة رأسياً إلى أعلى، تساوي قوة جذب الأرض لذلك الجسم، وتبذل شغلاً ضد الجاذبية مقداره:



الشغل من القوة الخارجية = - الشغل من قوة الجاذبية

$$W = F d \cos \theta$$

$$= m g (h_2 - h_1) = m g h$$

لأن الجسم يسكن عند D، فإن هذا الشغل يخزن في الجسم على شكل طاقة وضع، وتعتمد - كما مر بك سابقاً - على: وزن الجسم، ومقدار الإزاحة عن مستوى الإسناد. وتُعرف بأنها: الشغل المبذول لإيصال الجسم إلى ارتفاع معين عن مستوى معلوم، يعرف بمستوى الإسناد، حيث طاقة الوضع فيه صفر.

حيث U طاقة الوضع في مجال الجاذبية الأرضية من الشكل وعند رفع الجسم من B إلى D: باعتبار الأرض مستوى الإسناد.

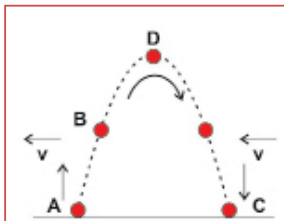
$$U = m g h_2 \quad (4 - 7)$$

حيث:

(m): كتلة الجسم بوحدة kg

(g): تسارع الجاذبية الأرضية، ووحده  $m/s^2$

(h): الإزاحة الحادثة للجسم عن مستوى الإسناد بوحدة m.



في نظام (الأرض - الجسم) عند صعود الجسم نحو أقصى ارتفاع، نجد أن قوة الوزن تبذل شغلاً، مقداره  $-m g h$ ، لأن قوة الوزن تعاكس الإزاحة الحادثة في الاتجاه. وعند نزول الجسم فإن قوة الجاذبية تبذل شغلاً، مقداره  $+m g h$ ، أي أن:

$$W = - \Delta U \quad (4-8)$$

- لماذا تُعدُّ طاقة الوضع على سطح الأرض صفرًا؟
- ما الفرق بين التغيّر في طاقة الوضع أثناء ارتفاع الجسم وأثناء نزوله؟ وعلى ماذا يدل ذلك؟
- أثبت أنّ وحدة الشغل، والطاقة الحركية، وطاقة الوضع هي الجول.
- جسمٌ يزنُ (600 N) على ارتفاع (2 m) من سطح الأرض، ما مقدار طاقة وضعه على سطح القمر إذا وُضِعَ على الارتفاع نفسه؛ علماً بأن  $g_M = 0.16 g_E$ ؟

**مثال 6:** كرةٌ كتلتها (2.5 kg) على سطح الأرض، إذا أصبحت على ارتفاع (40 m) من سطح الأرض، جد:

١. الشغل المبذول على الكرة.

٢. التغيّر في طاقة وضعها، عندما تعود إلى ارتفاع (10 m) عن سطح الأرض.

**الحل:**

$$\begin{aligned} W &= \Delta (m g h) & :1 \\ &= 2.5 \times 10 \times 40 - 0 \\ &= 1000J \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W &= \Delta (m g h) & :2 \\ \Delta U &= m g h_f - m g h_i \\ &= 2.5 \times 10 \times 10 - 2.5 \times 10 \times 40 \\ &= -750J \end{aligned}$$

#### 6-4 حفظ الطاقة الميكانيكية (Conservation of Mechanical Energy)

مرّ بك سابقاً أنّ الطاقة الميكانيكية لنظامٍ ما: هي مجموع طاقتي الوضع والحركة للنظام. فمثلاً عند قذف جسمٍ إلى أعلى، فإنّه لحظة القذف لا يمتلك طاقة وضع؛ كونه على مستوى الإسناد، ولكنه يمتلك طاقة حركية، وعند ارتفاعه إلى أعلى تزداد طاقة وضعه، وتقلّ طاقة حركته (لماذا؟)، إلى أن يصل أقصى ارتفاع، حيث يسكن لحظياً، وعند عودته تقلّ طاقة وضعه؛ لأنه بدأ بالاقتراب من مستوى الإسناد، وتزداد طاقة حركته لأنّ سرعته تزداد.

$W = \Delta K.E$  وبما أنّ الجسم يتحرك تحت تأثير قوة الجاذبيّة الأرضيّة فقط، فإنّ:

$$W = -\Delta U \quad \text{شغل قوة الجاذبيّة}$$

$$W = \Delta K.E \quad \text{شغل قوة الجاذبيّة}$$

إذن:

$$-\Delta U = \Delta K.E$$

$$U_i + K.E_i = U_f + K.E_f$$

$$(U_i + K.E_i)_a = (U_f + K.E_f)_b \quad (4 - 9) \quad \text{وبشكلٍ عام:}$$

$$E_a = E_b$$

حيث  $a$  ،  $b$  أيّ موضعين، أي أن:  $E = \text{Constnt}$

أي أنّ الطاقة الميكانيكيّة ( $E$ ) للنظام تساوي مقداراً ثابتاً. وهذا ما يُعرف بقانون حفظ الطاقة الميكانيكيّة. ويسمّى النظام في هذه الحالة نظاماً محافظاً، وتُعرف القوة بالقوة المحافضة، ومن أمثلتها: قوة جذب الأرض للجسم (الوزن)، والقوة الكهربائيّة، وقوة المرونة (النابض). هل جميع الأنظمة محافظة؟ في الشكل المجاور يتحرّك الجسم بسرعة ثابتة على سطحٍ أفقيّ خشن، بتأثير قوةٍ موازيةٍ للسطح. إنّ الشغل الذي تبذله هذه القوة يساوي:

$$W = F d \cos \theta$$

حيث  $F$ : القوة المؤثرة.

$d$ : الإزاحة الحادثة للجسم.

وبما أنّه موجب فهذا يعني أنّ هناك زيادة في الطاقة الحركيّة للجسم.

$$W = \Delta K.E$$

أي أنّ سرعة الجسم ستزداد باستمرار، إلا أنّ قوة الاحتكاك تبذل شغلاً سالباً.

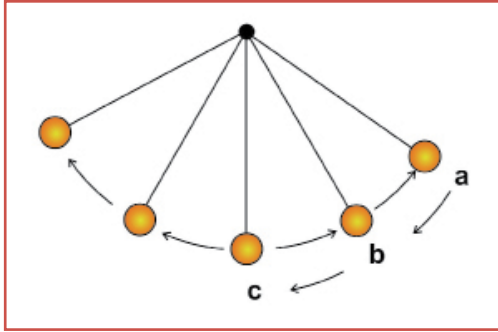
$$W = f \times d \cos 180$$

ويُعدّ شغلاً معيقاً لحركة الجسم؛ أي أنّه يعمل على تقليل الطاقة الحركيّة للجسم. وإذا توقّف تأثير القوة الخارجيّة ( $F$ )، فإنّ الجسم سيتباطأ تدريجياً إلى أن يتوقّف، فهو سيفقد الطاقة الحركيّة، وتحولّها قوة الاحتكاك إلى حرارة يصعب الاستفادة منها، أو استرجاعها، ويسمّى النظام في هذه الحالة نظاماً غير محافظ، ومن الأمثلة عليه: جسم - سطح خشن، ومن أشهر القوى غير المحافظة قوة الاحتكاك، وفي هذا النظام لا يبقى مجموع الطاقة الميكانيكيّة ثابتاً.



- هل يختلف الشغل في النظام المحافظ عنه في النظام غير المحافظ؟  
- هل هناك قوى غير محافظة غير قوة الاحتكاك؟

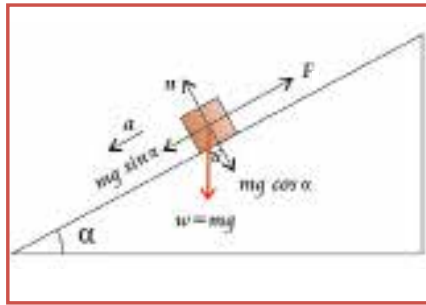
**مثال 7:** في الشكل المجاور، عُلقَت كتلة (0.5 kg) بطرف خيطٍ طوله (3 m)، إذا سُحب الخيطُ جانباً حتى النقطة d على ارتفاع (50 cm) عن موضعها الابتدائي، ثم تُركت تتحركُ بشكلٍ حرٍّ، احسب بإهمال مقاومة الهواء:  
١. سرعة الكتلة لحظة مرورها بالنقطة c.  
٢. الطاقة الميكانيكية للكتلة عند النقطة b.



**الحل: 1:**

$$E_c = E_a$$
$$K E_c + U_c = K E_a + U_a$$
$$\frac{1}{2}mv^2 + 0 = 0 + m g h$$
$$\frac{1}{2}v^2 = \frac{1}{2} \times 10 \times 0.5$$
$$v_c = 2.24 \text{ m/sec}$$

**:2**



$$E_b = E_a = K E_a + U_a$$
$$0.5 \times 10 \times 0.5 = m g h + 0$$
$$= 2.5 \text{ J}$$

**سؤال**

ينزل جسمٌ كتلته (35 kg) تحت تأثير وزنه، من قمةٍ مستوية مائلٍ خشنٍ، يميل بزاوية  $37^\circ$  عن الأفقي، وارتفاعه (8 m) فإذا كان معامل الاحتكاك الحركي بين الجسم والسطح 0.25، جد سرعة الجسم لحظة وصوله أسفل المستوى.

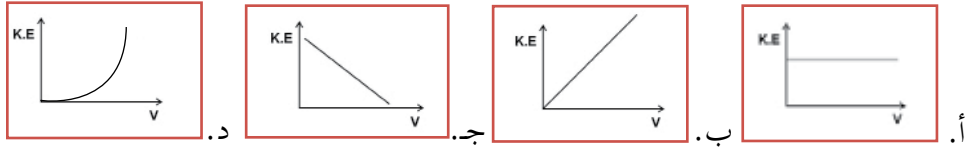
**أناقش**

- ما تحولات الطاقة في مسدس الخرز؟
- أيهما أسهل: سحب طاولة على سطح أفقي أملس، أم على سطح أفقي خشن؟ ولماذا؟
- متى تؤثر في جسم بقوة، ولا تحدث له إزاحة؟
- أيهما أسهل لرفع جسم مسافة (2 m) رأسياً إلى أعلى، بسحبه على مستوى مائل أملس، أم برفعه رأسياً بقوة؟ ولماذا؟

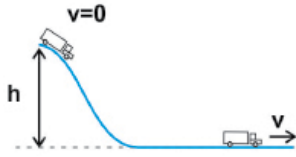
## أختبر نفسي:

1 ضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة فيما يأتي:

1. أيّ المنحنيات الآتية يمثّل العلاقة بين طاقة حركة جسم وسرعته؟

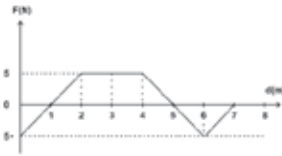


2. في الشكل المجاور، تتحرّك عربة كتلتها (m)، من السكون تحت تأثير وزنها على سطح أملس. إنّ مقدار سرعتها عندما تصل إلى السطح الأفقي هو:



أ.  $\sqrt{2mgh}$  ب.  $\sqrt{mgh}$  ج.  $\sqrt{2gh}$  د.  $\sqrt{gh}$

3. يبيّن الشكل المجاور العلاقة بين القوة المؤثرة في جسم ما، وإزاحة الجسم عندما يتحرّك على سطح أفقي أملس. كم يساوي شغل هذه القوة خلال إزاحة الجسم من صفر إلى (6) م بوحدة «جول»؟



أ. (5) ب. (8) ج. (10) د. (15)

4. جسم طاقته الحركية K.E ، فإذا تضاعفت سرعته، كم تصبح طاقة حركته؟

أ.  $2K.E$  ب.  $\frac{1}{4}K.E$  ج.  $\frac{1}{2}K.E$  د.  $4K.E$

5. يبيّن الشكل المجاور ثلاثة مواضع لكرة معلقة في نهاية خيط، تتحرك حركة توافقية بسيطة. فإذا كانت سرعة

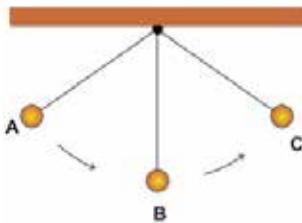
الكرة في النقطة (A) تساوي صفراً، فأيّ العبارات الآتية الصحيحة؟

أ. طاقة وضع الكرة في (A) تساوي طاقة حركة الكرة في (C).

ب. سرعة الكرة في (A) تساوي سرعة الكرة في (B).

ج. طاقة وضع الكرة في (B) تساوي طاقة وضع الكرة في (C).

د. طاقة وضع الكرة في (A) تساوي طاقة حركة الكرة في (B).



2 هل يمكن أن تتغيّر سرعة جسم، إذا كان الشغل الكلي عليه صفراً؟

3 طفل كتلته (35kg)، يتأرجح في أرجوحة، طول الحبل فيها (2m). جد طاقة الوضع للطفل بالنسبة إلى أدنى

- وضع له في الحالات الآتية:  
 أ- عندما تكون الحبال أفقية.  
 ب- عندما تشكل الحبال زاوية 30 مع الاتجاه الرأسي.  
 ج- في أسفل نقطة في المسار.  
 د- إذا ارتفعت الأرجوحة ودارت بزاوية 180 عند أخفض نقطة.

4 بإهمال تأثير الاحتكاك للوصول إلى قمة منحدر، لماذا لا يتم شق الطرق مستقيمة باتجاه القمة، وإنما يتم شقها بشكلٍ ملتوٍ، رغم المعروف في الرياضيات أن الخط المستقيم هو أقصر مسافة بين نقطتين.

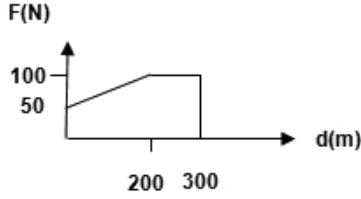
5 جد أقصى ارتفاع تصل إليه كرة كتلتها (2kg)، تُقذف رأسيًا إلى أعلى، إذا كان الشغل الذي تبذله الجاذبية على الكرة من لحظة قذفها وحتى لحظة وصولها إلى أقصى ارتفاع (75.5J).

6 تسحب قوة (400 N) جسمًا كتلته (15 kg) نحو قمة أعلى مستوى مائل، بزاوية 30 عن الأفقي، مسافة (10 m)، فإذا كان المستوى خشنًا، ومعامل الاحتكاك الحركي 0.2، جد:  
 ١. شغل القوة المؤثرة.  
 ٢. شغل قوة الاحتكاك.  
 ٣. سرعة الجسم لحظة وصوله أعلى المستوى.

7 استُخدمت كتلة (2 kg) لضغط نابض، مسافة (4 cm) على سطح أفقي أملس، وعندما أُفليت النابض انطلقت الكتلة بسرعة (1.5 m/s) أفقيًا، جد ثابت مرونة النابض.

## اختبار الفترة الثانية

مجموع العلامات (30) الزمن : 40 دقيقة



**السؤال الأول :** انقل رمز الإجابة الصحيحة فيما يلي إلى ورقة الإجابة :

1 - في الشكل المجاور الشغل المبذول من القوة المتغيرة يساوي :

أ - 25KJ      ب - 30KJ

ج - 40KJ      د - 60KJ

2 - اذا اثرت قوة ثابتة مقدارها ( F ) على جسم كتلته ( m ) فأكسبته تسارع مقداره ( a ) . فاذا اثرت القوة نفسها على جسم كتلته ( 4m ) فان التسارع يساوي :

أ -  $\frac{a}{4}$       ب -  $\frac{a}{2}$       ج - a      د - 4a

3 - جسم طاقته الحركية K.E عندما سرعته v كم تصبح طاقته الحركية إذا أصبحت سرعته 4v:

أ - 0.25K.E      ب - 0.5 K.E      ج - 16K.E      د - 32K.E

4 - عندما يتحرك المصعد لاعلى بتباطؤ فان قوة التلامس العمودية لجسم داخل المصعد تكون

أ - أقل من وزنه      ب - أكثر من وزنه      ج - تساوي وزنه      د - صفر

5 - جسم كتلته 2Kg يتحرك بسرعة 4 m/s على مستوى افقي أملس يضغط نابض ثابت مرونته 200N/m مسافة 10cm ما سرعة الجسم في تلك اللحظة ؟

أ - 15m/s      ب - 1m/s      ج - 3.8m/s      د - 16 m/s

## السؤال الثاني :

أ- وضح المقصود بكل من : النيوتن ، القصور.

ب- كرة كتلتها 0.5 Kg تتدحرج من أعلى مستوى مائل أملس ارتفاعه 6m لتصل أسفل المستوى ومن ثم تضغط نابض

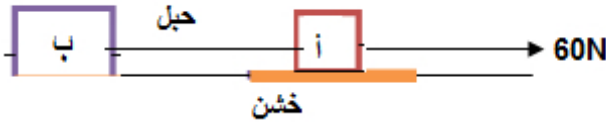
على مستوى أملس بحيث تحتفظ بثالث طاقتها الحركية إذا علمت أن ثابت مرونته 80N/m جد :

- سرعة الكرة أسفل المستوى المائل . - المسافة التي انضغطها النابض.

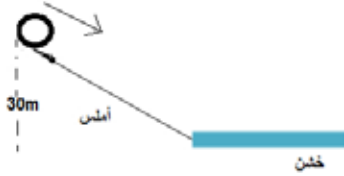
### السؤال الثالث :

- أ- فسر ما يلي تفسيراً علمياً :
- 2 - لا يمكن أن تتغير سرعة جسم إذا كان الشغل الكلي عليه صفر .
- 3 - طاقة وضع جسم على سطح الأرض تساوي صفر .

ب- في الشكل الجسم أ كتلته 3Kg على سطح خشن معامل الاحتكاك الحركي بين الجسم والسطح 0.25 أما الجسم ب على سطح أملس وكتلته 5Kg اثرت قوة 60N على المجموعة جد: تسارع المجموعة، الشد في الحبل



السؤال الرابع : تتزلق كرة من ارتفاع 30m على مستوى مائل أملس ينتهي بمستوى أفقي خشن معامل الاحتكاك الحركي بين الكرة والسطح الأفقي 0.25 جد :



- 1 - سرعة الكرة عند أسفل المستوى المائل .
- 2 - المسافة على السطح الأفقي التي تقطعها الكرة حتى تقف .

مع الأمنيات لكم بالتفوق