



الشغل ( W ) : كمية فيزيائية ناتجة عن الضرب القياسي لمتجه القوة المؤثرة في جسم في متجه إزاحة الجسم , وهو إحدى طرائق نقل الطاقة بين الأجسام

من التعريف نستنتج القانون المبدئي

الشغل = القوة . الإزاحة ← ليش حظيت نقطة ؟ لأنه ضرب قياسي

وحدة الشغل (جول ) نيوتن . م لكن الوحدة المعتمدة ( جول J )

الجول : الشغل الذي تبذله قوة مقدارها ( 1 N ) عندما تؤثر في جسم، وتحركه إزاحة مقدارها ( 1 m ) في اتجاهها.

ملاحظة : لو أثرت قوة على جسم " اذا حركته باتجاهها فتغير مكانه " نقول حينها انها أحدثت شغلا عليه

اذا ما حركتها حتى لو بذلت مجهود عقلي وعضلي فانك لم تبذل شغل

م فش إزاحة شغلك صفر 😊



قوة ✓	قوة ✓	قوة ✓	قوة ✓	قوة ×	قوة ✓
إزاحة ×	إزاحة ✓	إزاحة ✓	إزاحة ✓	إزاحة ×	إزاحة ✓
شغل ×	شغل ✓	شغل ✓	شغل ✓	شغل ×	شغل ✓

من الآخر ..

• ليس كل مجهود أو عمل متعب أو تفكير يمكننا وصفه بشغل .

الإزاحة	القوة	الشغل	المصطلح العلمي
أقصر مسافة في خط مستقيم بين نقطة البداية و نقطة نهاية الحركة	المؤثر الخارجي الذي يؤثر على الأجسام فيغير من حالة سكونها أو حركتها	كمية فيزيائية ناتجة عن الضرب القياسي لمتجه القوة المؤثرة في جسم في متجه إزاحة الجسم	المفهوم العلمي
d	F	W	الرمز
المتر ( m )	نيوتن ( N )	الجول ( J )	الوحدة الدولية



بعدين بقلك ليش



- يتم بذل شغل عندما الإزاحة في نفس اتجاه القوة.
- عندما تكون القوة متعامدة مع اتجاه الإزاحة فإن الشغل = صفر.

وجه المقارنة	
↑	→
→	→
لم يبذل شغل ×	بذل شغل √
القوة متعامدة مع اتجاه الإزاحة	الإزاحة في نفس اتجاه القوة
السبب	



حالات انعدام الشغل :

- لا يوجد قوة (منطقي)
- لا يوجد إزاحة (تعب عالفاضي)
- القوة عمودية على اتجاه الإزاحة

لحساب الشغل

شغل تبدله قوة متغيرة

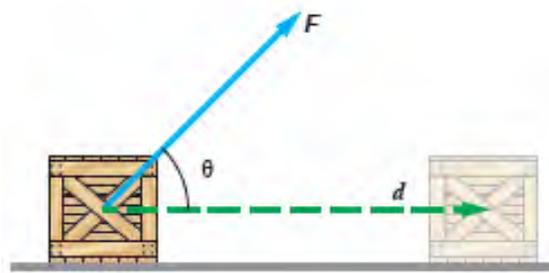
شغل تبدله قوة ثابتة

عدة قوى

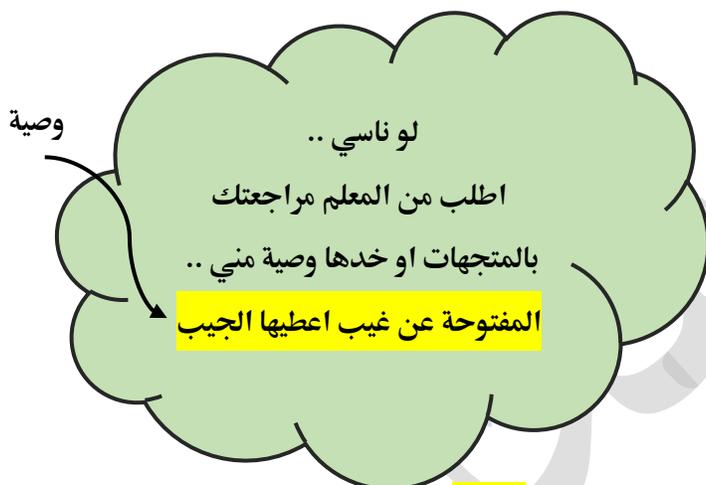
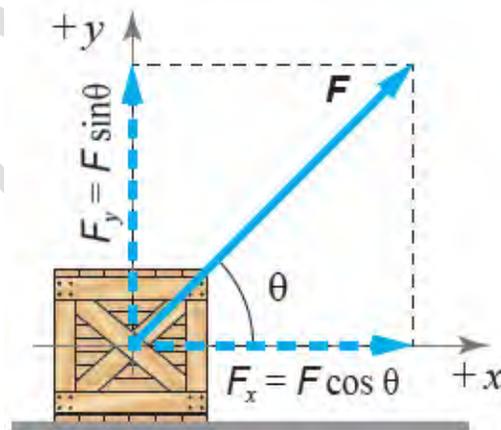




إذا أثرت قوة على جسم و حركته بمقدار إزاحه فإنها تنجز شغلا عليه ..



نحلل القوة الخارجية المؤثرة على الجسم و نأخذ المتجه الذي باتجاه حركة الجسم فقط



لاحظ ان المتجه الذي باتجاه الإزاحة هو متجه الجيب  $\cos$  لذلك نستخدم جيب الزاوية في القانون

حيث

الشغل : W

القوة : F

(  $\theta$  ) الزاوية المحصورة بين اتجاه القوّة واتّجاه الإزاحة

$$W_F = \mathbf{F} \cdot \mathbf{d}$$
$$= F d \cos \theta$$



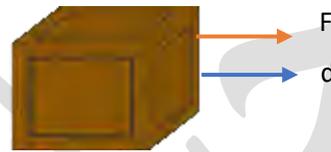
بما اننا نستخدم الجيب , هل تذكر اهم جيوب التمام للزوايا المشهورة

$0^\circ$	$90^\circ$	$180^\circ$
1	0	-1

سؤال : اذا اثرت قوة مقدارها 20 N بجسم فحركته بمقدار إزاحة 2 m احسب الشغل في الحالات التالية :

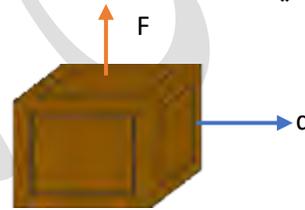
1- اذا كانت الزاوية التي يؤثر بها على الجسم = صفر

$$\begin{aligned}W_F &= \mathbf{F} \cdot \mathbf{d} \\ &= Fd \cos \theta \\ &= 20 \cdot 2 \cdot \cos 0^\circ \\ &= 20 \cdot 2 \cdot 1 \\ &= 40\end{aligned}$$



2- اذا كانت الزاوية التي يؤثر بها على الجسم = 90

$$\begin{aligned}W_F &= \mathbf{F} \cdot \mathbf{d} \\ &= Fd \cos \theta \\ &= 20 \cdot 2 \cdot \cos 90^\circ \\ &= 20 \cdot 2 \cdot 0 \\ &= 0\end{aligned}$$



3- اذا كانت الزاوية التي يؤثر بها على الجسم = 180

$$\begin{aligned}W_F &= \mathbf{F} \cdot \mathbf{d} \\ &= Fd \cos \theta \\ &= 20 \cdot 2 \cdot \cos 180^\circ \\ &= 20 \cdot 2 \cdot (-1) \\ &= -40\end{aligned}$$



هنا الإشارة السالبة تدل ان اتجاه القوة بعكس اتجاه الازاحة

الأمثلة على القوى التي تبذل شغل سالباً: قوة الاحتكاك الحركي، وقوة الجاذبية عند رفع جسم إلى أعلى .

### قوة الاحتكاك

قوة تنشأ بين سطحي جسمين متلامسين ودائماً معاكسة لحركة الجسم فتقلل من سرعة الجسم.



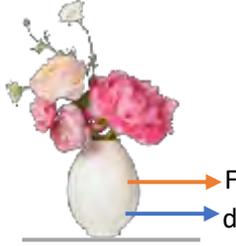


مثال 1 : دفعت شفاء مزهرية تستقر على سطح طاولة أفقي أملس بقوة مقدارها ( 10 N ) ، إزاحة أفقية مقدارها

( 1.6 m ) أحسب مقدار شغل القوة في الحالتين الآتيتين :

أ. إذا كانت القوة في اتجاه الإزاحة نفسه.

الخطوات : 1- نخطط القوة 2- نطبق على القانون



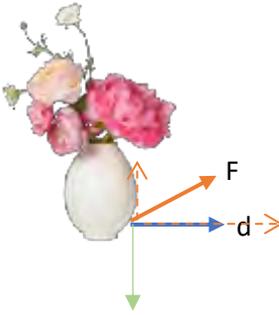
$$W = F d \cos ( 0 )$$

$$W = 10 ( 1.6 ) ( 1 )$$

$$W = 16 \text{ J}$$

ب. إذا كانت القوة تصنع زاوية ( 37 ° ) مع اتجاه الإزاحة.

الخطوات : 1- نخطط القوة 2- نطبق على القانون

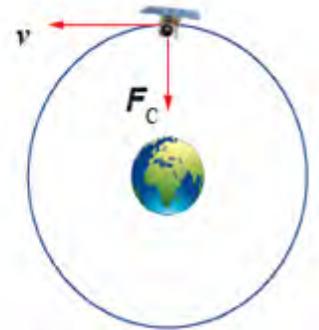


$$W = F d \cos ( 37 )$$

$$W = 10 ( 1.6 ) ( 0.8 )$$

$$W = 12.8 \text{ J}$$

الشكل (5) : لا تبذل القوة المركزية (قوة الجاذبية) شغلاً على قمر صناعي يتحرك حركة دائرية منتظمة حول الأرض.



#### الربط مع الفضاء

تدور بعض الأقمار الصناعية في مسارات دائرية حول الأرض، إذ تتأثر بقوة مركزية (قوة التجاذب الكتلي بينها وبين الأرض) تكون عمودية على اتجاه إزاحة القمر الصناعي عند كل موقع في مساره الدائري؛ لذا، لا تبذل هذه القوة المركزية شغلاً عليه، ويبقى القمر الصناعي متحركاً بسرعة مماسية ثابتة مقداراً. انظر إلى الشكل (5).



إذا أثرت عدة قوى ع جسم فانه يلزمنا جمعها وإيجاد الشغل الكلي

الشغل الكلي المبذول : ناتج الجمع الجبري لشغل القوى جميعها على جسم

$$\begin{aligned} W_{\text{Total}} &= W_1 + W_2 + W_3 + \dots \\ &= F_1 d_1 \cos \theta_1 + F_2 d_2 \cos \theta_2 + F_3 d_3 \cos \theta_3 + \dots \\ &= \sum_{i=1}^n F_i d_i \cos \theta_i \end{aligned}$$

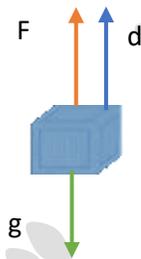
وتعني أن الشغل الكلي المبذول على جسم يساوي الجمع الجبري لناتج ضرب كل قوّة (Fi) في الإزاحة التي تحركها الجسم di تحت تأثير هذه القوّة في جيب تمام الزاوية المحصورة بين اتجاهي هذه القوّة وهذه الإزاحة، حتى الوصول إلى القوّة رقم n

مثال : يساعد خالد والدته على ترتيب المنزل، وفي أثناء ذلك يرفع صندوقاً عن سطح الأرض رأسياً إلى أعلى بسرعة ثابتة إلى ارتفاع ( 1.5 m ) إذا علمت أن كتلة الصندوق ( 5 kg ) ، وتسارع السقوط الحر ( 10 m/s<sup>2</sup> ) تقريباً

فأحسب مقدار :

أ . الشغل الذي يبذله خالد على الصندوق

أولاً: نخطط



ثانياً : قانون الشغل

$$W = F d \cos 0$$

مجهولين

$$W = F (1.5) (1)$$

سنعود بعد قليل

$$W = (50)(1.5)(1)$$

$$W = 75 \text{ J}$$

نحضر القوّة F

تذكر ان قوّة رفع أي جسم للأعلى = وزنه

$$F = m g$$

$$F = (5) (10)$$

$$F = 50 \text{ N}$$

عدنا

او بنقدر نقول

$$\sum F_y = ma = 0$$

$$F - F_g = 0$$

$$F = F_g = mg = 5 \times 10 = 50 \text{ N}$$

وصية ..

تنساش القوّة الخفية

( الجاذبية )



ب . الشغل الذي تبذله قوّة الجاذبية على الصندوق . عكس الاتجاه

$$\begin{aligned}W_g &= F_g d \cos \theta \\&= 50 \times 1.5 \times \cos 180^\circ \\&= 75 \times -1 \\&= -75 \text{ J}\end{aligned}$$

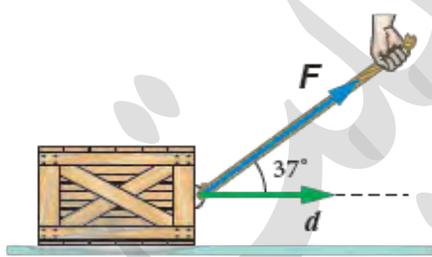
ج . الشغل الكلي المبذول على الصندوق .

$$\begin{aligned}W_{\text{Total}} &= W_F + W_g \\&= 75 + (-75) = 0\end{aligned}$$

د . الشغل الذي تبذله قوّة الجاذبية على الصندوق؛ إذا سقط الصندوق من الارتفاع نفسه نحو سطح الأرض .

مع الاتجاه

$$\begin{aligned}W_g &= F_g d \cos \theta \\&= 50 \times 1.5 \times \cos 0^\circ \\&= 75 \times 1 \\&= 75 \text{ J}\end{aligned}$$



1. **أحسب:** يسحب محمّد صندوقًا كتلته (20 kg) على سطح أفقي أملس إزاحة مقدارها (5 m)، بواسطة حبل يميل على الأفقي بزاوية مقدارها (37°)، كما هو موضح في الشكل (6). إذا علمت أن مقدار قوّة الشد في الحبل (140 N)، فأحسب مقدار الشغل الذي: أ . يبذله محمّد على الصندوق .

الشكل (6): سحب صندوق على سطح أفقي أملس .

$$W_F = Fd \cos \theta \rightarrow W_F = 140 \times 5 \times \cos(37^\circ)$$

$$W_F = 140 \times 5 \times 0.8 = 560 \text{ J}$$



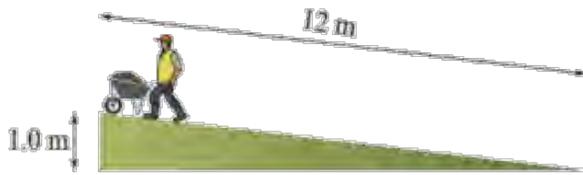
ب. بذلته قوة الجاذبية على الصندوق.

$$F_g = mg = 20 \times 10 = 200 \text{ N}$$

$$W_{F_g} = F_g d \cos \theta \rightarrow W_{F_g} = 200 \times 5 \times \cos(90^\circ) = 200 \times 5 \times 0 = 0 \text{ J}$$

### المسألة

يدفع عامل عربة بناء وزنها مع حملتها (440 N) إلى أعلى مستوى مائل طوله (12 m). إذا كان مقدار القوة المحصلة المؤثرة في العربة (60 N) في اتجاه مواز للمستوى المائل، كما هو موضح في الشكل، فأحسب مقدار ما يأتي مستعيناً بالبيانات المثبتة في الشكل :



أ - الشغل الكلي المبذول على العربة عند وصولها إلى نهاية المستوى المائل.

$$W_{TOT} = W_{F_{net}} = F_{net} d \cos \theta \rightarrow W_{TOT} = 60 \times 12 \times \cos(0^\circ) = 720 \text{ J}$$

ب - الشغل الذي بذلته قوة الجاذبية على العربة.

$$W_{F_g} = F_g d \cos(\theta_{F_g \& d})$$

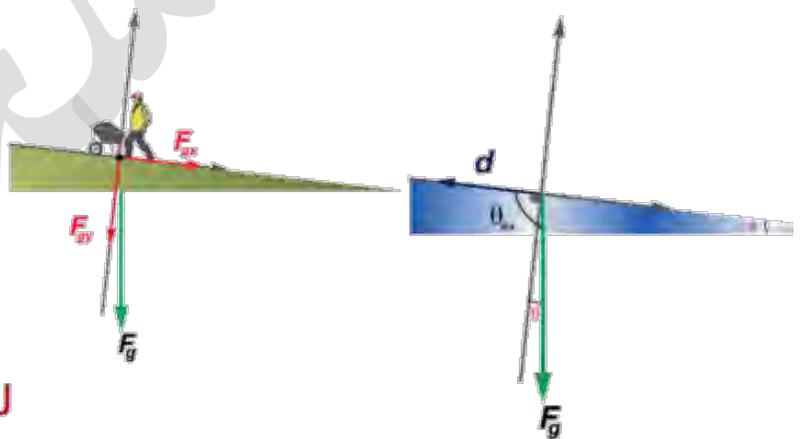
$$\theta_{F_g \& d} = \theta + 90^\circ$$

$$\theta_{F_g \& d} = \sin^{-1}\left(\frac{1}{12}\right) + 90^\circ$$

$$\theta_{F_g \& d} = 4.78 + 90^\circ = 94.78^\circ$$

$$W_{F_g} = 440 \times 12 \times \cos(94.78^\circ)$$

$$W_{F_g} = 440 \times 12 \times -0.0833 = -440 \text{ J}$$





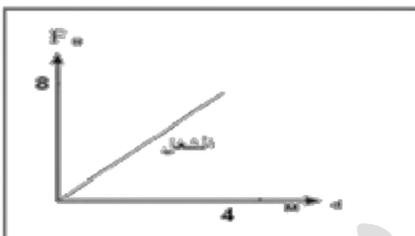
إذا مثلت العلاقة بين القوة الخارجية الثابتة والإزاحة بيانياً فان الشغل سيكون المساحة تحت المنحني



-1

المساحة = الطول  $\times$  العرض

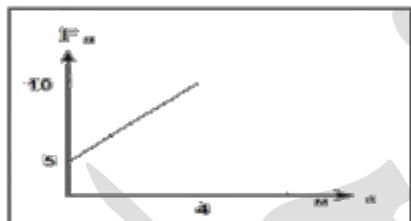
$$W = 4 \times 8 = 32 \text{ J}$$



-2

المساحة =  $\frac{1}{2}$  القاعدة  $\times$  الارتفاع

$$W = \frac{1}{2} (4) (8) = 16 \text{ J}$$



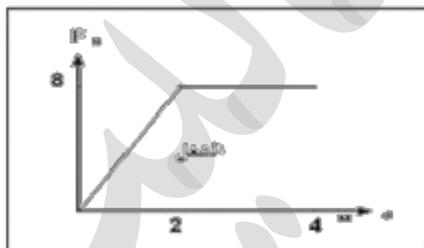
-3

$$W_1 = 5 \times 4 = 20 \text{ J}$$

$$W_2 = \frac{1}{2} (4) (5) = 10 \text{ J}$$

$$W_t = W_1 + W_2$$

$$W_t = 20 + 10 = 30 \text{ J}$$



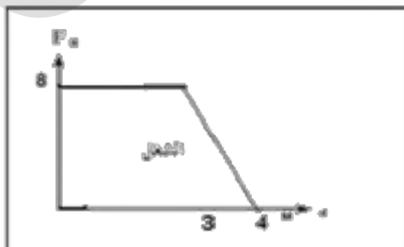
-4

$$W_1 = 8 \times 2 = 16 \text{ J}$$

$$W_2 = \frac{1}{2} (2) (8) = 8 \text{ J}$$

$$W_t = W_1 + W_2$$

$$W_t = 16 + 8 = 24 \text{ J}$$



-5

$$W_1 = 8 \times 3 = 24 \text{ J}$$

$$W_2 = \frac{1}{2} (1) (8) = 4 \text{ J}$$

$$W_t = W_1 + W_2$$

$$W_t = 24 + 4 = 28 \text{ J}$$



عندما تكون القوّة الخارجية المؤثّرة في جسم متغيّرة في أثناء إزاحته، ولا يُمكنني استعمال معادلة الشغل الذي تبذله قوّة ثابتة لحسابه فإننا نحسب الشغل بيانياً

من أمثلة القوى المتغيّرة:

\*1 القوّة اللازمة لشد نابض

\*2 قوّة المرونة في النابض

ما الدليل ان قوّة شد النابض و ضغطه قوّة متغيرة ؟

عندما أشدّ نابضاً أو أضغطه ألاحظ تغيّر مقدار قوتي اللازم تأثيرها فيه باستمرار، فزيادة استطالة النابض يلزم زيادة مقدار قوتي المؤثّرة فيه

مثال:

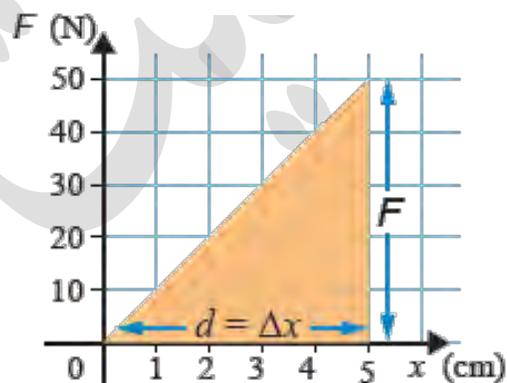
لحساب شغل القوّة الخارجية المؤثّرة في النابض نقوم بحساب

مساحة المثلث المحصور بين منحنى (القوّة - الإزاحة) ومحور الإزاحة من

العلاقة الخطيّة بين استطالة نابض والقوّة الخارجية المؤثّرة فيه

المساحة =  $\frac{1}{2}$  القاعدة  $\times$  الارتفاع

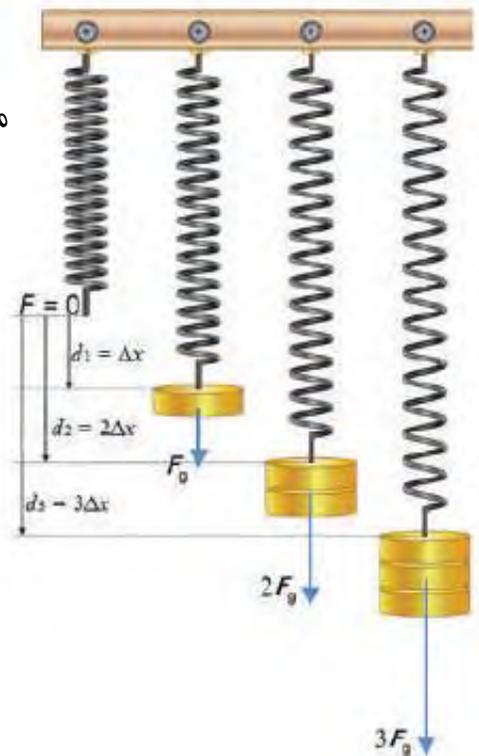
$$W = \frac{1}{2} Fd$$



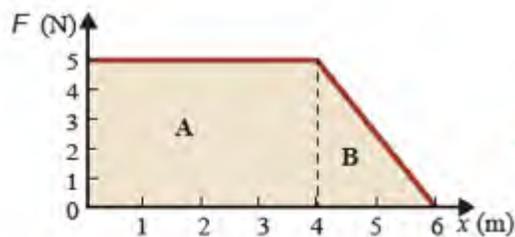
$$W = \frac{1}{2} (50 - 0) (5 - 0)$$

$$W = \frac{1}{2} (50) (5)$$

$$W = 125 \text{ J}$$



أثرت قوة محصلة متغيرة في جسم؛ فحركته إزاحة مقدارها (6 m)، كما هو موضح في الشكل (11). أحسب الشغل الذي بذلته القوة المحصلة:



أ. خلال (4 m) الأولى من بداية حركة الجسم.

ب. عند حركة الجسم من الموقع (4 m) إلى الموقع (6 m).

ج. خلال فترة الإزاحة كاملة (الشغل الكلي).

أ. خلال 4 m الأولى من بداية حركة الجسم.

$$W_{(0-4)} = A$$

$$= 4 \times 5$$

$$= 20 \text{ J}$$

ب. عند حركة الجسم من الموقع (4 m) إلى الموقع (6 m).

$$W_{(4-6)} = B$$

$$W = \frac{1}{2} \times (6 - 4) \times 5$$

$$W = 5 \text{ J}$$

ج. خلال فترة الإزاحة كاملة (الشغل الكلي).

الطريقة 1:

$$W_{\text{Total}} = W_{(0-4)} + W_{(4-6)}$$

$$= A + B$$

$$= 20 + 5$$

$$= 25 \text{ J}$$

الطريقة 2: حساب مساحة شبه المنحرف =  $\frac{1}{2}$  (مجموع القاعدتين) (الارتفاع)

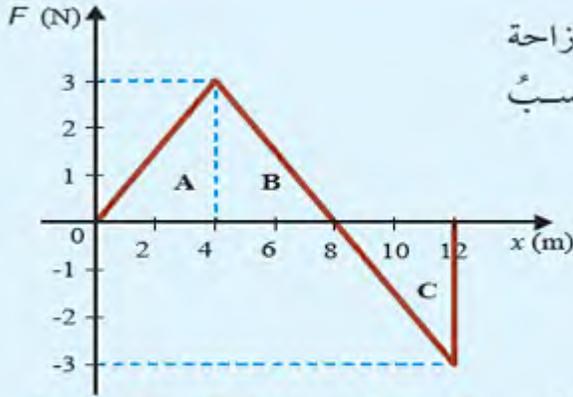
$$W_{(0-6)} = \frac{1}{2} \times [(6 - 0) + (4 - 0)] \times 5$$

$$= \frac{1}{2} \times (6 + 4) \times 5$$

$$= 25 \text{ J}$$

## تمرينه

**أستنتج:** أثرت قوة محصلة متغيرة في جسم؛ فحركته إزاحة مقدارها (12 m)، كما هو موضح في الشكل (12). أحسب الشغل الذي بذلته القوة المحصلة:



الشكل (12): منحني (القوة - الإزاحة) لقوة محصلة متغيرة تؤثر في جسم.

أ . خلال (4 m) الأولى من بداية حركة الجسم.  
 ب . خلال (8 m) الأولى من بداية حركة الجسم.  
 جـ . عند حركة الجسم من الموقع (8 m) إلى الموقع (12 m).  
 د . خلال الإزاحة كاملة (الشغل الكلي).

أ - خلال (4 m) الأولى من بداية حركة الجسم.

$$W_{(0-4)} = \text{Area of A} = \frac{1}{2} \times 4 \times 3 = 6 \text{ J}$$

ب - خلال (8 m) الأولى من بداية حركة الجسم.

$$W_{(0-8)} = \text{Area of AB} = \frac{1}{2} \times 8 \times 3 = 12 \text{ J}$$

جـ - عند حركة الجسم من الموقع (8 m) إلى الموقع (12 m).

$$W_{(8-12)} = \text{Area of C} = \frac{1}{2} \times 4 \times 3 = -6 \text{ J}$$

د - خلال فترة الإزاحة كاملة (الشغل الكلي).

$$W_{(Total)} = W_{(0-8)} + W_{(8-12)} = 12 + -6 = 6 \text{ J}$$



القدرة : المعدّل الزمني للشغل المبذول

$$\bar{P} = \frac{W}{\Delta t}$$

وحدة قياس القدرة هي ( J/s ) ، وتُسمّى واط ( W )

الواط : قدرة آلة أو جهاز تبذل شغلً مقداره ( 1 J ) خلال فترة زمنية مقدارها ( 1 s )

عادة ما تكون قدرة أي جهاز بوحدة الكيلوواط KW لان الواط وحدة صغيرة جدا

الحصان : قدرة آلة تنجز شغلً مقداره ( 746 J ) خلال فترة زمنية مقدارها ( 1 s )

$$1 \text{ حصان} = 746 \text{ W}$$

مثال : مضخة ماء ترفع ( 50 kg ) من الماء رأسياً بسرعة ثابتة إلى ارتفاع ( 7 m ) خلال فترة زمنية مقدارها ( 7.2 s ) إذا

علمت أن تسارع السقوط الحر ( 10 m/s<sup>2</sup> ) ؛ فأحسب مقدار:

أ . الشغل الذي تبذله المضخة في رفع الماء.

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

$$W = F (7) (\cos 0^\circ)$$

$$W = F (7) (1)$$

$$W = (500) (7) (1)$$

$$W = 3500 \text{ J}$$

القوة والازاحة  
بنفس الاتجاه

نجهز القوة هي نفسها الوزن بس يلا (٢٠)

$$\sum F_y = ma = 0$$

$$F - F_g = 0$$

$$F = F_g$$

$$mg = 50 \times 10$$

$$= 500 \text{ N}$$

عدنا

وصية ..  
تساوى القوة الخفية

ب . القدرة المتوسطة لمحرك المضخة في رفع الماء.

$$\bar{P} = \frac{W}{t}$$

$$= \frac{3500}{7.2}$$

$$= 486 \text{ watts}$$



القدرة اللحظية: القدرة عند لحظة زمنية معينة ، وتساوي ناتج ضرب مقدار سرعة الجسم اللحظية (  $v$  ) في مركبة القوة في اتجاه السرعة (  $F \cos \theta$  ) نفسه عند تلك اللحظة

$$\bar{P} = \frac{W}{\Delta t} = \frac{F d \cos \theta}{\Delta t} = Fv \cos \theta$$

ملاحظة: إذا تحرك جسم بسرعة ثابتة؛ فإن قدرته اللحظية تساوي قدرته المتوسطة

لتمرينه

1. **أحسب:** سيارة كتلتها (1400 kg) تتحرك بسرعة متجهة ثابتة مقدارها (25 m/s) على طريق أفقي، ومجموع قوى الاحتكاك المؤثرة فيها يساوي (2000 N). أحسب مقدارها يأتي:

أ - قدرة محرك السيارة بوحدة الواط (W) ووحدة الحصان (hp).

المطلوب هو حساب قدرة المحرك لذلك يجب معرفة مقدار القوة المؤثرة بواسطة المحرك وبما أن السرعة ثابتة فإن محصلة القوى تساوي صفراً وبالتالي من خلال قوانين نيوتن نستطيع معرفة مقدار القوة ثم نقوم بإيجاد قدرة المحرك.

$$m = 1400 \text{ kg} , v = 25 \text{ m/s} , f = 2000 \text{ N}$$

$$\sum F_x = ma = 0 \rightarrow F - f = 0$$

$$F = f = 2000 \text{ N} \text{ قوة محرك السيارة}$$

$$P_F = Fv \cos \theta \rightarrow P_F = 2000 \times 25 \times \cos(0^\circ)$$

$$P_F = 2000 \times 25 \times 1 = 5 \times 10^4 \text{ watts}$$

$$P_F = 5 \times 10^4 \text{ watts} = \frac{5 \times 10^4}{746} \text{ hp}$$

ب - تسارع السيارة إذا أصبحت القوة التي يؤثر بها المحرك في السيارة (2280 N)، ولم

يتغير مجموع قوى الاحتكاك.

$$\sum F_x = ma \rightarrow 2280 - 2000 = 1400 \times a \rightarrow a = 0.2 \text{ m/s}^2$$





2. **أستعمل المتغيرات:** رافعة يولد محركها قدرة مقدارها (1200 W) لرفع ثقل كتلته (400 kg) بسرعة ثابتة إلى ارتفاع (90 m) عن سطح الأرض، خلال فترة زمنية مقدارها (5 min)، أنظر إلى الشكل (14). إذا علمت أن تسارع السقوط الحر ( $10 \text{ m/s}^2$ )؛ فأحسب مقدار ما يأتي:

أ - الشغل الذي يبذله محرك الرافعة في رفع الثقل.

$$P = \frac{W}{\Delta t} \rightarrow 1200 = \frac{W}{5 \times 60} \rightarrow W = 36 \times 10^4 \text{ J}$$

ب - السرعة التي يتحرك بها الثقل.

$$P_F = Fv \cos \theta \rightarrow 1200 = 4000 \times v \times \cos(0^\circ) \rightarrow v = 0.3 \text{ m/s}$$

ج - الشغل الذي تبذله قوة الجاذبية على الثقل في أثناء الرافعة.

$$F_g = mg = 400 \times 10 = 4000 \text{ N}$$

$$W_{F_g} = F_g d \cos \theta \rightarrow W_{F_g} = 4000 \times 90 \times \cos(180^\circ)$$

$$W_{F_g} = 4000 \times 90 \times -1 = -36 \times 10^4 \text{ J}$$

## حل أسئلة مراجعة الدرس الأول من الوحدة الأولى

**سؤال 1** ما المقصود بالشغل؟ وما العوامل التي يعتمد عليها؟ وما المقصود بالقدرة؟ وما وحدة قياسها حسب النظام الدولي للوحدات؟

الشغل هو كمية فيزيائية ناتجة عن الضرب القياسي لمتجه القوة المؤثرة في جسم ما في متجه إزاحة الجسم ويعتمد على مقدار إزاحة الجسم ومقدار القوة المحصلة المؤثرة في الجسم والزاوية بين متجه القوة ومتجه الإزاحة.

والقدرة هي المعدل الزمني للشغل المبذول. وهي تساوي ناتج قسمة الشغل المبذول ( $W$ ) على الزمن المستغرق لبذله ( $\Delta t$ ) وتقاس بوحدة ال (واط).

**سؤال 2** رفع ريان صندوقاً من الطابق الأرضي في مدرسته إلى الطابق الأول خلال (2 min)، بينما احتاج نصر إلى (4 min) ليرفع الصندوق نفسه بين الطابقين. ما العلاقة بين مقدار الشغل الذي بذله كل منهما على الصندوق؟ وما العلاقة بين مقدار قديرتيها؟

لهما نفس مقدار الشغل لكن مختلفان في مقدار القدرة (مقدار قدرة ريان أكبر من قدرة نصر) بسبب اختلاف الزمن لاعتماد القدرة على الزمن على عكس الشغل لا يعتمد على الزمن.

**سؤال 3** يسحب قتيبة حقيبة سفره بسرعة ثابتة على أرضية أفقية في المطار إزاحة مقدارها (200 m). إذا علمت أن قوة السحب تساوي (40 N) باتجاه ي صنع زاوية ( $53^\circ$ ) على الأفقي، فأحسب مقدار ما يأتي:

أ - الشغل الذي يبذله قتيبة على الحقيبة.

$$W_F = Fd \cos \theta \rightarrow W_F = 40 \times 200 \times \cos(53^\circ) = 4800 \text{ J}$$

ب - الشغل الذي تبذله قوة الاحتكاك الحركي على الحقيبة.

بما أن السرعة ثابتة فإن محصلة القوى تساوي صفراً.

$$\sum F_x = 0 \rightarrow F - f = 0 \rightarrow F = f = 40 \text{ N}$$

$$W_f = f d \cos \theta \rightarrow W_f = 40 \times 200 \times \cos(180^\circ)$$

$$W_f = 40 \times 200 \times -1 = -8000 \text{ J}$$

ج - قدرة قتيبة على سحب الحقيبة، إذا أستغرق (3 min) لقطع هذه الإزاحة.

$$P = \frac{W}{\Delta t} = \frac{4800}{3 \times 60} = 26.66 \text{ watts}$$

**سؤال 4**

يرفع محرّك كهربائي مصعدًا كتلته مع حمولته (1800 kg) بسرعة ثابتة مقدارها (1 m/s) من سطح الأرض إلى ارتفاع (80 m). إذا علمت أن قوة احتكاك حركي ثابتة مقدارها (3000 N) تؤثر في المصعد في أثناء رفعه، فأحسب مقدار ما يأتي :

أ - الشغل الذي يبذله المحرّك على المصعد.

بما أن السرعة ثابتة فإن محصلة القوى تساوي صفرًا.

$$\sum F_y = 0 \rightarrow F - F_g - f = 0 \rightarrow F = F_g + f = 1800 \times 10 + 3000 = 21000$$

N

$$W_F = Fd \cos \theta \rightarrow W_F = 21000 \times 80 \times \cos(0^\circ) = 168 \times 10^4 \text{ J}$$

ب - شغل قوّة الاحتكاك الحركي.

$$W_f = f d \cos \theta \rightarrow W_f = 3000 \times 80 \times \cos(180^\circ) = 3000 \times 80 \times -1 = -24 \times 10^4 \text{ J}$$

ج - القدرة المتوسطة للمحرك في أثناء رفعه للمصعد.

$$P_F = Fv \cos \theta \rightarrow P_F = 21000 \times 1 \times \cos(0^\circ) = 21 \times 10^3 \text{ watts}$$

**سؤال 5**

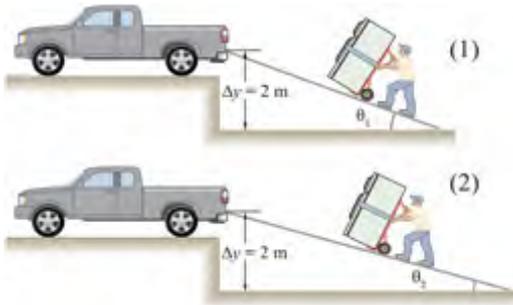
في أثناء دراستي وزميلتي ندى هذا الدرس، قالت: (إن الشغل الذي تبذله قوة الجاذبية على قمر صناعي يتحرك حركة دائرية منتظمة حول الأرض، يزداد بزيادة كتلة القمر وسرعته المماسية). ناقش صحة قول ندى.

كلام ندى غير صحيح، الشغل المبذول في هذه الحالة (الحركة الدائرية المنتظمة) يساوي صفرًا لأن اتجاه الحركة دائما متعامد مع القوة المركزية، وبالتالي فهو لا يعتمد على كتلة القمر أو سرعته المماسية

**سؤال 6**

يوضح الشكلان أدناه، رفع الثلاجة نفسها إلى ارتفاع (2 m) عن سطح الأرض، باستعمال مستوى مائل أملس، ولاحظ أن  $(\theta_1 > \theta_2)$ .

أ - قارن بين مقداري الشغل المبذول من الرجل في الشكلين. ماذا تستنتج؟



بما أننا نصل لنفس النقطة في النهاية ولو أردنا رفع الجسم مترين لنفس النقطة بشكل مباشر ورأسي فإننا نبذل نفس الشغل وبالتالي الشغل في الشكل الأول نفس الشغل الثاني.

وباختصار بسيط الشغل الرأسي يساوي الشغل على المستوى المائل بشرط إذا كان المستوى المائل أملس.

ب - قارن بين مقداري القوة المؤثرة في الثلاجة في الشكلين. ماذا تستنتج؟

مقدار القوة المبذولة في الشكل الثاني أكبر لأن المسار أطول.



عندما تؤثر قوة خارجية في جسم، وتحركه إزاحة معينة؛ فإنها تبذل شغل عليه ويتحول الشغل لطاقة

الطاقة: مقدرة الجسم على بذل شغل، وهي كمية قياسية تُقاس بوحدة الجول J

مثلا: الرياح لها طاقة حركية تمكنها من بذل شغل على شفرات المراوح عندما تصطدم بها

لذلك قلنا ان الشغل إحدى طرائق نقل الطاقة بين الأجسام

الطاقة: القدرة على بذل شغل

أنواع الطاقة الرئيسية: طاقة حركية و طاقة وضع (الكامنة).

1- الطاقة الحركية: هي الطاقة التي يمتلكها الجسم نتيجة حركته، وُمكنه من إنجاز شغل وإحداث تغيير في الأجسام

ويرمز لها  $KE$

مثال :- الهواء المتحرك يمتلك طاقة حركية ناتجة عن حركته، تمكنه من تحريك طائرة ورقية

- الرياح يمتلك طاقة حركية ناتجة عن حركته، تمكنه من تحريك أوراق الشجر

العوامل التي تعتمد عليها الطاقة الحركية :

1- كتلة الجسم (طردية) تزداد الطاقة الحركية بزيادة الطاقة الحركية

مثال: الحادث الناجم عن اصطدام سيارة كبيرة (شاحنة) يكون أكثر ضرراً من الحادث الناجم عن اصطدام سيارة صغيرة،

ولهما السرعة نفسها ( كتلة أكبر طاقة حركية أكبر) لذلك تحدد دائرة السير السرعة للسيارات الكبيرة على الطرقات أقل من

سرعة السيارات الصغيرة وذلك لتفادي الاخطار

2- مربع سرعة الجسم (طردية) تزداد الطاقة الحركية بزيادة سرعة الجسم

مثال: الحادث الناجم عن اصطدام سيارة تتحرك بسرعة عالية يكون أكثر ضرراً من الحادث الناجم عن اصطدام سيارة

تتحرك بسرعة قليلة، ولهما الكتلة نفسها ( سرعه أكبر طاقة حركية أكبر.)

$$KE = \frac{1}{2} mv^2$$

أنواع الطاقة الحركية :

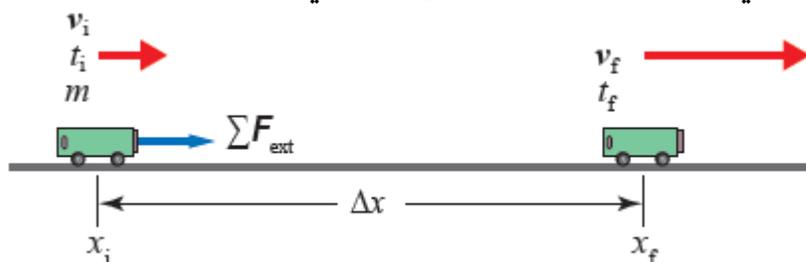
1- طاقة حركية خطية ناتجة عن الحركة الخطية للجسم

2- طاقة حركية دورانية ناتجة عن حركة الجسم حركة دورانية حول محور دوران مثل حركة المراوح الناشئة من شغل الرياح



$$W_{\text{Total}} = \Delta KE \quad \text{معناها اثبات انه الشغل = التغير في الطاقة الحركية}$$

وتنص على أن: «الشغل الكلي المبذول على جسم يساوي التغير في طاقته الحركية».



نحرك جسم فيصبح له سرعه نهائية

ده كان زمان 😭

$$v_f^2 = v_i^2 + 2a\Delta x$$

بذكرك باشي ؟

😊 اه قانون الطاقة الحركية

$$\frac{1}{2} m v_f^2 = \frac{1}{2} m v_i^2 + ma\Delta x$$

$$\frac{1}{2} m v_f^2 = \frac{1}{2} m v_i^2 + \frac{1}{2} m 2a\Delta x$$

$$KE_f = KE_i + ma\Delta x$$

بذكرك باشي ؟

😊 اه القوة

$$KE_f = KE_i + ma\Delta x$$

بذكرك باشي ؟

$$KE_f = KE_i + F \Delta x$$

😊 اه الشغل

$$KE_f = KE_i + W$$

نجعل الشغل موضوع القانون ( بطرف لحاله )

$$W = KE_f - KE_i$$

$$W_{\text{Total}} = \Delta KE$$

نستنتج من مبرهنة الشغل - الطاقة :

1- مقدار سرعة الجسم يزداد عندما يكون الشغل الكلي المبذول عليه موجباً؛ حيث الطاقة الحركية النهائية أكبر من الطاقة الحركية الابتدائية.

2- مقدار سرعة الجسم يتناقص عندما يكون الشغل الكلي المبذول عليه سالباً؛ حيث الطاقة الحركية النهائية أقل من الطاقة الحركية الابتدائية.

مثال:

تتحرك سيارة كتلتها  $(8 \times 10^3 \text{ kg})$  نحو الشرق على طريق أفقي بسرعة مقدارها  $(15 \text{ m/s})$ . ضغط سائقها على دواسة الوقود كي يتجاوز سيارة أخرى، بحيث أصبح مقدار سرعة السيارة  $(25 \text{ m/s})$  بعد قطعها إزاحة مقدارها  $(2 \times 10^2 \text{ m})$  من لحظة ضغطه على الدواسة. أنظر إلى الشكل (19)، احسب مقدار ما يأتي:



أ. الطاقة الحركية الابتدائية للسيارة.

$$\begin{aligned} KE_i &= \frac{1}{2} mv_i^2 \\ &= \frac{1}{2} \times 8 \times 10^3 \times (15)^2 \\ &= 9 \times 10^4 \text{ J} \end{aligned}$$

ب. التغير في الطاقة الحركية للسيارة خلال فترة الضغط على دواسة الوقود.

$$\begin{aligned} \Delta KE &= KE_f - KE_i = \frac{1}{2} mv_f^2 - \frac{1}{2} mv_i^2 \\ \Delta KE &= \frac{1}{2} m(v_f^2 - v_i^2) \\ &= \frac{1}{2} \times 8 \times 10^3 \times [(25)^2 - (15)^2] \\ &= 4 \times 10^3 \times [400] \\ &= 1.6 \times 10^5 \text{ J} \end{aligned}$$

ج. الشغل الكلي المبذول على السيارة خلال هذه الفترة.

$$\begin{aligned} W_{\text{Total}} &= \Delta KE \\ &= 1.6 \times 10^5 \text{ J} \end{aligned}$$

د. القوة المحصلة الخارجية المؤثرة في السيارة.

$$\begin{aligned} W_{\text{Total}} &= \Sigma F_{\text{ext}} \Delta x = \Delta KE \\ \Sigma F_{\text{ext}} &= \frac{\Delta KE}{\Delta x} = \frac{(1.6 \times 10^5)}{(2 \times 10^2)} = 8 \times 10^2 \text{ N} \end{aligned}$$



**أستعمل المتغيرات:** سيارة مخصصة للسير على الرمال كتلتها (600 kg)،  
تتحرك بسرعة مقدارها (28 m/s) في مسار أفقي، أنظر إلى الشكل (20).  
أثرت فيها قوة محصلة خارجية لفترة زمنية مقدارها (5 s) عملت على  
تباطؤها بمقدار (1.6 m/s<sup>2</sup>). أحسب مقدار:

أ - الطاقة الحركية النهائية للسيارة.

$$v_f = v_i + at = 28 - 1.6 \times 5 = 20 \text{ m/s}$$

$$KE_f = \frac{1}{2}mv_f^2 = \frac{1}{2} \times 600 \times (20)^2 = 12 \times 10^4 \text{ J}$$

ب - التغير في الطاقة الحركية للسيارة خلال فترة تأثير القوة المحصلة الخارجية.

$$\Delta KE = \frac{1}{2}mv_f^2 - \frac{1}{2}mv_i^2 = \frac{1}{2}m(v_f^2 - v_i^2)$$

$$\Delta KE = \frac{1}{2} \times 600 \times ((20)^2 - (28)^2) = 300 \times (-384) = -11.52 \times 10^4 \text{ J}$$

ج - شغل القوة المحصلة الخارجية المبذول على السيارة، خلال فترة تأثير هذه القوة.

$$W_{Total} = W_{F_{ext}}$$

$$W_{Total} = W_{F_{ext}} = \Delta KE = -11.52 \times 10^4 \text{ J}$$



**طاقة الوضع :** هي الطاقة المُخْتَزَنَةُ في الأَجْسَامِ أو المَوَادِّ، والتي تُعْطِيهَا القُدْرَةُ عَلَى إِحْدَاثِ التَّغْيِيرِ ويرمز لها  $PE$



سندرس طاقة الوضع الناشئة عن الجاذبية

طاقة الوضع الناشئة عن الجاذبية : طاقة الوضع الناشئة عن الجاذبية : الطاقة المخزنة في نظام ( جسم - الأرض ) نتيجة

موقع الجسم في مجال الجاذبية، ورمزها  $PE$ ، يُعبّر عنها بالعلاقة  $PE = mgy$

العوامل التي تعتمد عليها طاقة الوضع الجاذبية :

1- كُتْلَةُ الجِسْمِ

2- ارتفاع الجسم الرَّأْسِيِّ عَن مستوى الاسناد المرجعي

شو مستوى الاسناد المرجعي ؟ أي موقع يفترض انه طاقة الوضع الناشئة عن الجاذبية على الجسم عندها = صفر ..

او احكيلكم بلاش الفلسفة خلص نعتبرها دائما الأرض 😊 بس لو بدى بين موقعين بيكون التغير بين الموقعين

$$W_F = \Delta PE = mg\Delta y$$





مثال : في الشكل ( 24 )، إذا كانت كتلة الصندوق ( 10 kg ) ، ورفعتُه رأسياً إلى أعلى بسرعة ثابتة من سطح الأرض إلى ارتفاع ( 9 m ) عنه، فأحسبُ مقدار ما يأتي علماً بأن تسارع السقوط الحر: ( 10 m/s<sup>2</sup> )

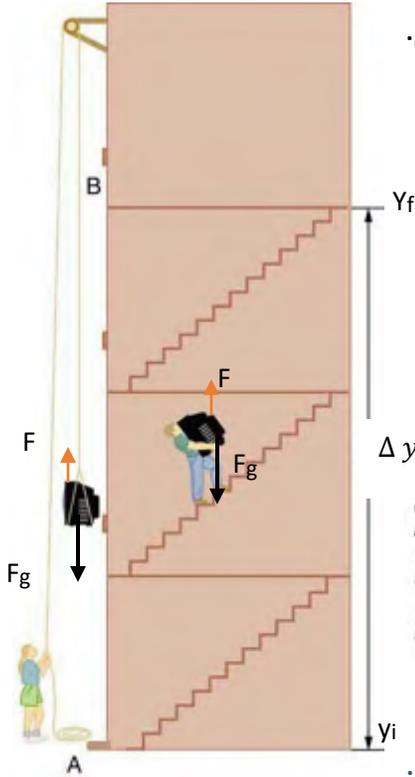
أ . طاقة الوضع الناشئة عن الجاذبية للصندوق عند أقصى ارتفاع عن سطح الأرض.

$$\begin{aligned} PE_f &= mgy_f \\ &= 10 \times 10 \times 9 \\ &= 9 \times 10^2 \text{ J} \end{aligned}$$

ب. الشغل الذي بذلته قوّة الشد لرفع الصندوق إلى أقصى ارتفاع

$$\begin{aligned} W_F &= F_T \times \Delta y \times \cos \theta \\ W_F &= F_T \times 9 \times \cos 0^\circ \\ &= 10^2 \times 9 \times \cos 0^\circ \\ &= 9 \times 10^2 \text{ J} = \Delta PE \end{aligned}$$

مجهولين .. سنعود



نجهز القوة = الوزن

$$\begin{aligned} \sum F_y &= ma_y = 0 \\ F_T - F_g &= 0 \\ F_T &= F_g = mg = 10 \times 10 = 10^2 \text{ N} \end{aligned}$$

عدنا

ج. التغيّر في طاقة وضع الصندوق عند رفعه من سطح الأرض إلى أقصى ارتفاع.

$$\begin{aligned} \sum F_y &= ma_y = 0 \\ F_T - F_g &= 0 \\ F_T &= F_g = mg = 10 \times 10 = 10^2 \text{ N} \end{aligned}$$

د . الشغل الذي بذلته قوّة الجاذبية في أثناء رفع الصندوق إلى أعلى.

$$\begin{aligned} W_{\text{Total}} &= \Delta KE = 0 \\ W_F + W_g &= 0 \\ W_g &= -W_F = -\Delta PE \\ &= -9 \times 10^2 \text{ J} \end{aligned}$$



**استنتاج:** إصيص أزهار كتلته (800 g)، سقط من السكون من ارتفاع (250 cm) عن سطح الأرض. أحسب مقدار ما يأتي، علمًا بأن تسارع السقوط الحر (10 m/s<sup>2</sup>):

أ - طاقة وضعه الناشئة عن الجاذبية، عند أقصى ارتفاع عن سطح الأرض.

$$PE_i = mgy_i \rightarrow PE = (800 \times 10^{-3}) \times 10 \times (250 \times 10^{-2}) = 20 \text{ J}$$

ب - التغير في طاقة وضعه الناشئة عن الجاذبية عند سقوطه.

$$\Delta PE = PE_f - PE_i = mgy_f - mgy_i$$

$$\Delta PE = (800 \times 10^{-3}) \times 10 \times 0 - (800 \times 10^{-3}) \times 10 \times (250 \times 10^{-2})$$

$$\Delta PE = 0 - 20 = -20 \text{ J}$$

ج - شغل قوة الجاذبية المبذول على الإصيص.

$$W_{F_g} = -\Delta PE = -(-20) = +20 \text{ J}$$



الطاقة الميكانيكية : مجموع طاقة الجسم الحركية وطاقة وضعه ، ويرمز لها (ME)

$$ME = PE + K$$

عندما تتحرك كرة قريباً من سطح الأرض، يكون مجموع الطاقة الحركية وطاقة الوضع الناشئة عن الجاذبية لنظام ( الكرة - الأرض ) محفوظاً عند إهمال مقاومة الهواء، ويساوي مقداراً ثابتاً، حيث:  $ME = KE + PE = \text{constant}$

أمثلة على حفظ الطاقة :

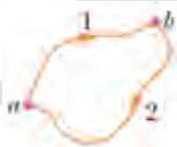
- 1- بتغير ارتفاع الكرة عن سطح الأرض، تتحول طاقة الوضع إلى طاقة حركية عند حركتها إلى أسفل (نحو الأرض)، أو تتحول الطاقة الحركية إلى طاقة وضع عند حركتها إلى أعلى، بينما تبقى الطاقة الميكانيكية ثابتة ما دامت الكرة تتحرك تحت تأثير قوة الجاذبية فقط
- 2- حركة جسيم مشحون في مجال كهربائي

تُصنّف القوى إلى قوى محافظة وقوى غير محافظة.

خصائص القوى المحافظة :

$$W_{ab}(\text{along 1}) = W_{ab}(\text{along 2})$$

1. شغلها المبدول على جسم لتحريكه بين أيّ موقعين، لا يعتمد على المسار الذي يسلكه الجسم بينهما.
2. شغلها المبدول على جسم لتحريكه عبر مسار مغلق يساوي صفرًا.



$$W_{ap}(\text{along 1}) = -W_{ab}(\text{along 2})$$

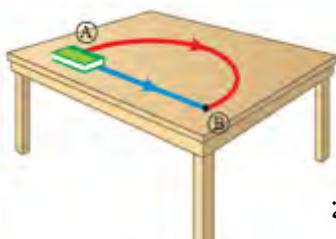
ملاحظة : عندما تعيق قوة محافظة حركة جسم تزداد طاقة وضعه، أما عندما تُحرّك القوة المحافظة الجسم فتقلّ طاقة وضعه.

أمثلة على القوى المحافظة : قوة الجاذبية والقوة المرورية والقوة الكهربائية

خصائص القوى غير المحافظة :

1- يعتمد شغلها على المسار

2- عندما تؤثر قوى غير محافظة في نظام وتبدل عليه شغل؛ فإنها تعمل على تغيير طاقته الميكانيكية



الشغل الذي تبذله قوة الاحتكاك الحركي عند تحريك الكتاب بين الموقعين على سطح الطاولة الأفقي الخشن

، يكون أكبر عبر المسار المنحني؛ لأنه أطول من المسار المستقيم؛ لذا، لا تُعدّ قوة الاحتكاك قوة محافظة

أمثلة على القوى غير المحافظة : قوة الاحتكاك الحركي وقوة الشد ومقاومة الهواء لأنها تعمل على تحويل جزء من الطاقة الميكانيكية في النظام إلى طاقة حرارية

ملاحظة : شغل قوة الاحتكاك لا يُخزن، بل يتحول جزء كبير منه إلى طاقة حرارية





حفظ الطاقة الميكانيكية يعني التغير بقيمة الطاقة الميكانيكية = صفر بين أي موقعين

للتوصل إلى علاقة رياضية لحفظ الطاقة الميكانيكية ؛ سندرس حركة جسم تحت تأثير قوة محافظة فقط

تسقط الكرة سقوطاً حراً تحت تأثير قوة الجاذبية فقط عند إهمال مقاومة الهواء

، وسندرس شغل قوة الجاذبية على الكرة.

$$W_g = m g s = m g ( y_i - y_f )$$

نفس الاقواس

بذكرك باشي ؟

اه طاقة الوضع

$$W_g = m g y_i - m g y_f$$

$$W_g = PE_i - PE_f$$

او عك تحكيلي هاي دلنا .. لا مش دلنا عكس الدلتا حط - دلنا

$$W_g = -\Delta PE$$

نعمند ان الشغل المبذول من الجاذبية فقط طاقة وضع

الشغل الكلي = شغل الجاذبية

بتذكر اننا قلنا ان الشغل الكلي =  $\Delta KE$  متى قلنا؟؟ بمبرهنة الشغل-الطاقة

يعني صار عنا بكج كامل

$$-\Delta PE = \Delta KE = \text{شغل الجاذبية}$$

$$-\Delta PE = W_{total} = W_g = \Delta KE$$

ناخذ الي بيهمنا للطاقة الميكانيكية والي هو وضع وحركة

$$-\Delta PE = \Delta KE$$

نعمند هذا القانون

$$\Delta KE + \Delta PE = 0$$

$$(KE_f - KE_i) + (PE_f - PE_i) = 0$$

$$KE_i + PE_i = KE_f + PE_f$$

هاد قانون الطاقة

الميكانيكية

$$KE_i + PE_i = KE_f + PE_f$$

بنجمع ال اعند ال i ال f عند ال f

$$ME_i = ME_f \longrightarrow ME_i - ME_f = 0$$

$$\Delta ME = 0$$

خطوات اثبات قانون حفظ الطاقة :

$$W_g - 1$$

$$- 2 \text{ بنجهز البكج } 4$$

$$- 3 \text{ بناخذ الي بيهمنا للطاقة الميكانيكية}$$



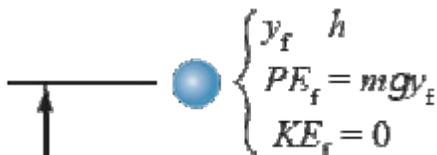
فايروس يجب تحويله

مثال : قذفت هدى كرة كتلتها ( 300 g ) رأسياً إلى أعلى عن سطح الأرض بسرعة مقدارها ( 20 m/s ) ، أنظر إلى

الشكل ( 28 ) . أفترض أنه لا يوجد قوى احتكاك ، وتسارع السقوط الحر ( 10 m/s<sup>2</sup> ) ، فأحسب مقدار ما يأتي

للكرة عند وصولها إلى أقصى ارتفاع :

أ . طاقتها الميكانيكية .



عند قذفها تكون على سطح الأرض فطاقة الوضع = صفر و الطاقة الحركية اعلى ما يمكن

$$\begin{aligned} &= KE_i + PE_i \\ &= \frac{1}{2} mv_i^2 + 0 = \frac{1}{2} \times 0.3 \times (20)^2 \\ &= 60 \text{ J} \end{aligned}$$

$$ME_f = ME_i$$

$$ME_i = 0 + 60 = 60$$

ب . التغير في طاقة وضعها الناشئة عن الجاذبية .



$$ME_f = KE_f + PE_f$$

$$60 = 0 + PE_f$$

عدنا

$$PE_f = 60 \text{ J}$$

$$\Delta PE = PE_f - PE_i$$

$$\Delta PE = PE_f - 0$$

مجهولين سنعود

$$\Delta PE = PE_f - PE_i$$

$$= 60 - 0$$

$$= 60 \text{ J}$$

صفر حكينا

ج . أقصى ارتفاع وصله عن سطح الأرض

اقصى ارتفاع يعني y\_f وبن في ارتفاع ؟ بمعادلة طاقة الوضع

$$PE_f = m g y_f$$

$$60 = (0.3) (10) y_f$$

$$60 = (3) y_f$$

$$y_f = 20 \text{ m}$$

د . التغير في طاقتها الحركية

بما انها قوة محافظة

$$\Delta KE = -\Delta PE = -60 \text{ J}$$

هـ . الشغل الذي بذلته قوة الجاذبية عليها ( بالبكج نفسه )

$$W_g = \Delta KE = -\Delta PE$$

$$= -60 \text{ J}$$



**أحسب:** في المثال السابق، إذا قذفت هدى الكرة نفسها بسرعة (15 m/s) رأسياً إلى أعلى عن سطح الأرض؛ فأحسب مقدار ما يأتي علماً بأن تسارع السقوط الحر (10 m/s<sup>2</sup>)، وبإهمال قوى الاحتكاك:

أ - الطاقة الحركية الابتدائية للكرة.

$$KE_i = \frac{1}{2} mv_i^2 = \frac{1}{2} \times 0.3 \times (15)^2 = 33.75 \text{ J}$$

ب - طاقة الوضع التي اكتسبتها الكرة، عند وصولها إلى أقصى ارتفاع عن سطح الأرض.

$$KE_i + PE_i = KE_f + PE_f \rightarrow 33.75 + 0 = 0 + PE_f \rightarrow PE_f = 33.75 \text{ J}$$

ج - سرعة الكرة لحظة عودتها إلى المستوى نفسه الذي قذفت منه.

تكون سالبة لأن الجسم يتحرك نحو الأسفل  $v = -15 \text{ m/s}$



في هذه الحالة لا يمكن استخدام قانون حفظ الطاقة الميكانيكية لان جزء من الطاقة سيضيع على شكل طاقة حرارية بسبب قوة الاحتكاك , لذلك نحتاج الى قانون اشمل واعم ليشمل جميع أنواع القوى يُعبّر عن شغل القوى غير المحافظة بالعلاقة الآتية:

$$W_{nc} = \Delta ME$$

حيث ( $W_{nc}$ ) الشغل التي تبذله القوى غير المحافظة , ممكن تكون قوة احتكاك او مقاومة هواء او شد

مثلا شغل قوة الاحتكاك

$$W_f = \Delta ME = -f_k d$$

حيث ( $d$ ) طول المسار الذي تحرّكه الجسم تحت تأثير قوّة الاحتكاك الحركي

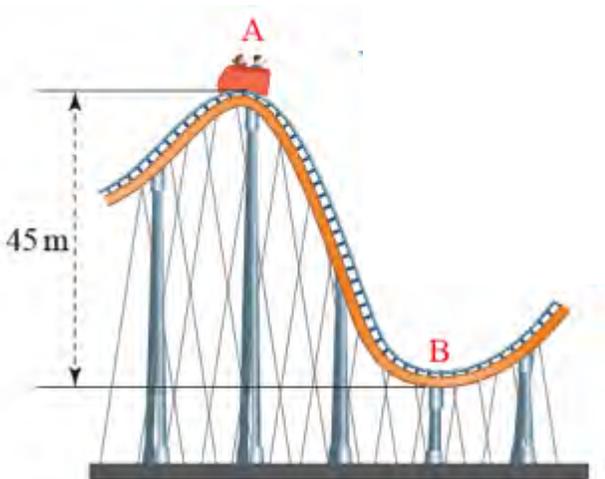
تذكر انه لو في زاوية بتكون قوة الاحتكاك  $W_f = \Delta ME \cos \theta$

**مثال :** ذهبت حلا و صديقتها سُرّى إلى مدينة الألعاب، حيث ركبتا لعبة الأفعوانية ( Roller - coaster ) وعندما كانت عربة

الأفعوانية تتحرّك بسرعة مقدارها ( 2 m/s ) عند الموقع ( A ) ، هبطت فجأة عبر مسار منحدر خشن طوله ( 50 m ) ، بحيث كان التغيّر في الارتفاع الرأسي عبر هذا المسار المنحدر ( 45 m ) ، ومقدار سرعة العربة ( 24 m/s ) عند نهاية المسار (الموقع B، أنظر إلى الشكل ( 30 )). إذا علمت أن كتلة عربة الأفعوانية مع ركّابها ( 3 × 10<sup>2</sup> kg ) ، وتسارع السقوط الحر ( 10 m/s<sup>2</sup> ) ؛

فأحسب مقدار ما يأتي عند حركة عربة الأفعوانية من الموقع ( A ) إلى ( B )

قبل م تبلس بدك تعرف انه هذا نظام غير محافظ



أ. التغيّر في طاقة وضعها الناشئة عن الجاذبية

$$\begin{aligned} \Delta PE &= PE_f - PE_i \\ &= mg(y_f - y_i) = 3 \times 10^2 \times 10 \times (0 - 45) \\ &= -1.35 \times 10^5 \text{ J} \end{aligned}$$

ب. التغيّر في طاقتها الحركية

$$\begin{aligned} \Delta KE &= KE_f - KE_i \\ &= \frac{1}{2} mv_f^2 - \frac{1}{2} mv_i^2 = \frac{1}{2} m(v_f^2 - v_i^2) \\ &= \frac{1}{2} \times 3 \times 10^2 \times [(24)^2 - (2)^2] \\ &= 8.58 \times 10^4 \text{ J} \end{aligned}$$

الشكل (30): حركة عربة الأفعوانية عبر مسار منحدر خشن.



ج. التغير في طاقتها الميكانيكية.

$$W_{nc} = \Delta ME$$

$$W_f = \Delta ME$$

$$= -4.92 \times 10^4 \text{ J}$$

د. الشغل الذي بذلته قوة الاحتكاك الحركي على العربة، في أثناء حركتها على هذا المسار.

$$W_{nc} = \Delta ME$$

$$W_f = \Delta ME$$

$$= -4.92 \times 10^4 \text{ J}$$

هـ. قوة الاحتكاك الحركي المؤثرة في العربة، في أثناء حركتها على هذا المسار.

$$W_f = \Delta ME = -f_k d$$

$$-4.92 \times 10^4 = -f_k \times 50$$

$$f_k = 9.84 \times 10^2 \text{ N}$$

مثال 2 : يسحب عمر صندوقاً كتلته ( 60 kg ) من السكون على أرضية أفقية خشنة بقوة شد مقدارها ( 200 N ) بحبل يصنع

زاوية ( 37 ° ) على الأفقي، إزاحة مقدارها ( 50 m ) جهة اليمين، إذ كانت سرعة الصندوق في نهاية الإزاحة ( 5 m/s ) ، أنظر إلى

الشكل ( 31 ). إذا كان مقدار قوة الاحتكاك الحركي المؤثرة في الصندوق ( 100 N ) ، والحبل مهمل الكتلة وغير قابل للاستطالة، و

$\cos 37^\circ = 0.8$  ، فأحسب مقدار ما يأتي :

أ. شغل قوة الاحتكاك الحركي. ( أتذكر انه قوة غير محافظة )  
 $W_f = f_k d \cos 180^\circ$

$$= -f_k d = -100 \times 50$$

$$= -5000 \text{ J} = -5 \times 10^3 \text{ J}$$

ب. التغير في الطاقة الميكانيكية للصندوق.

$$\Delta ME = \Delta KE + \Delta PE$$

$$= \frac{1}{2} m (v_f^2 - v_i^2) + 0$$

$$= \frac{1}{2} \times 60 \times [(5)^2 - (0)^2]$$

$$= 7.5 \times 10^2 \text{ J}$$

$$W_{nc} = \Delta ME$$

$$W_T + W_f = \Delta ME$$

$$W_T = \Delta ME - W_f$$

$$W_T = 7.5 \times 10^2 - (-5 \times 10^3)$$

$$W_T = 5.75 \times 10^3 \text{ J}$$

ج. شغل قوة الشد

## حل أسئلة مراجعة الدرس الثاني من الوحدة الأولى

**سؤال 1** ما المقصود بالطاقة الميكانيكية؟ وعلام تنص مبرهنة (الشغل - الطاقة الحركية)؟

الطاقة الميكانيكية هي مجموع الطاقة الحركية وطاقة الوضع.

وتنص مبرهنة (الشغل-الطاقة الحركية) على أن الشغل الكلي المبذول على جسم يساوي التغير في طاقته الحركية.

**سؤال 2** في أي الحالات الآتية أطبق حفظ الطاقة الميكانيكية؟ وفي أيها لا أطبقه؟

1. قذف كرة تنس في الهواء. (تطبق)

2. رمي كرة سلة نحو السلة. (تطبق)

3. حركة سيارة على طريق رملي. (لا تطبق)

4. انزلاق قرص فلزي على سطح جليدي أملس. (تطبق)

**سؤال 3** هل يمكن أن تتغير سرعة جسم، إذا كان الشغل الكلي المبذول عليه صفرًا؟

لا يمكن أن تتغير سرعة الجسم، لأنه عندما يكون الشغل الكلي المبذول على الجسم صفرًا فذلك يعني أن سرعته ثابتة أو منعدمة وبالتالي يكون التغير في طاقته الحركية صفرًا والشغل الكلي المبذول عليه صفرًا.

**سؤال 4** كرتان متماثلتان قُذفت الأولى بسرعة مقدارها (3 m/s) وقُذفت الثانية بسرعة مقدارها (9

m/s). جد نسبة الطاقة الحركية للكرة الثانية إلى الطاقة الحركية للكرة الأولى. ماذا تستنتج؟

$$\frac{KE_2}{KE_1} = \frac{\frac{1}{2}mv_2^2}{\frac{1}{2}mv_1^2} = \frac{v_2}{v_1} = \frac{81}{9} \rightarrow \frac{v_2}{v_1} = 9$$

**سؤال 5** إذا علمت أن كتلة سوسن (50 kg)، وتسارع السقوط الحر (10 m/s<sup>2</sup>)، فأحسب مقدار:

أ - طاقتها الحركية، عندما تركض بسرعة مقدارها (3 m/s).

$$KE = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2} \times 50 \times (3)^2 = 225 \text{ J}$$

ب - طاقة وضعها الناشئة عن الجاذبية، عندما تجلس في شرفة منزلها التي يبلغ ارتفاعها (8 m) عن سطح الأرض.

$$PE = mgy = 50 \times 10 \times 8 = 4000 \text{ J}$$

## سؤال 6

يرمي خالد (3) كرات متماثلة من أعلى بناية. إذا رمى

الكرات الثلاث بمقدار السرعة الابتدائية نفسها، بالاتجاهات

الموضحة في الشكل المجاور، فرتب الكرات الثلاثة حسب مقادير

سرعاتها لحظة وصولها إلى سطح الأرض بإهمال مقاومة الهواء.

موضحاً إجابتك..

بما أن حركة الكرات جميعها هي في مجال الجاذبية الأرضية المحافظ، فإن

الطاقة الميكانيكية لكل كرة تكون محفوظة على طول مساره أي نستخدم

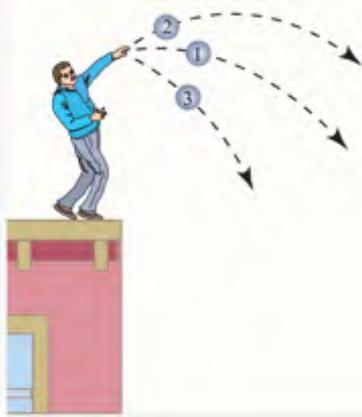
قانون حفظ الطاقة الميكانيكية.

$$KE_i + PE_i = KE_f + PE_f \rightarrow \frac{1}{2}mv_i^2 + mgy_i = \frac{1}{2}mv_f^2 + mgy_f$$

$$v_f = \sqrt{2gy_i + v_i^2}$$

يتضح من المعادلة أن السرعة النهائية لكل كرة تعتمد فقط على الارتفاع الذي بدأ منه الجسم (حيث أن السرعة الابتدائية للكرات الثلاثة

متساوية) وبالتالي تصل جميع الكرات إلى الأرض في نفس الزمن ونفس السرعة.



## حل أسئلة مراجعة الوحدة الأولى

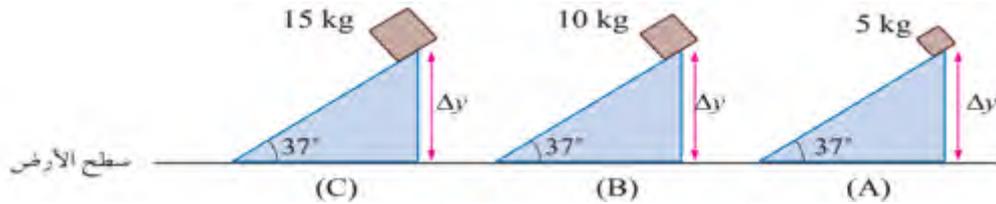
## سؤال 1

ضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة لكل جملة مما يأتي :

1. الشغل الذي تبذله قوة مقدارها (1 N) عندما تؤثر في جسم وتحركه إزاحة مقدارها (1 m) في اتجاهها، يُسمى :  
(الجول).

2. مقدرة الجسم على بذل شغل، تُسمى :  
(الطاقة).

3. الطاقة المخزنة في جسم نتيجة موقعه بالنسبة إلى مستوى إسناد، تُسمى : (طاقة الوضع الناشئة عن الجاذبية).  
توضح الأشكال الثلاثة الآتية، انزلاق (3) صناديق مختلفة الكتل من السكون، من الارتفاع نفسه على مستويات مائلة لمساء لها الميل نفسه. أستعين بهذه الأشكال للإجابة عن الأسئلة من (4 - 7) :



4. الصندوق الذي له أكبر طاقة وضع ناشئة عن الجاذبية، هو :  
(C).

5. الترتيب الصحيح للطاقة الحركية للصناديق الثلاثة لحظة وصولها إلى سطح الأرض، هو :  
( $KE_C > KE_B > KE_A$ )

6. الصندوق الذي له أكبر سرعة لحظة وصوله إلى سطح الأرض، هو :  
(سرعاتها جميعها متساوية).

7. الصندوق الذي يصل إلى سطح الأرض أولاً، هو :  
(تصل جميعها إلى سطح الأرض في اللحظة نفسها).

8. تكون الطاقة الميكانيكية لجسم يسقط سقوطاً حراً عند إهمال مقاومة الهواء : (ثابتة).

9. عندما تؤثر قوة في جسم عمودياً على اتجاه إزاحته، فإن شغلها يكون :  
(صفرًا).

10. إذا كان شغل قوة مؤثرة في جسم بين موقعين، يعتمد على موقعه النهائي وموقعه الابتدائي، ولا يعتمد على المسار الفعلي للحركة، فإن هذه القوة توصف بأنها قوة :  
(محافظة).

11. يتحرك جسم أفقياً بسرعة ثابتة مقدارها (5 m/s) شرقاً ويقطع إزاحة مقدارها ( ). أن الشغل الكلي المبذول على الجسم خلال هذه الإزاحة يساوي :  
(250 J)

12. تتحرك سيارة بسرعة (15 m/s) شرقاً، بحيث كانت طاقتها الحركية ( $9 \times 10^4$  J). إذا تحركت السيارة غرباً بالسرعة نفسها، فإن مقدار طاقتها الحركية يساوي :  
( $9 \times 10^4$  J).

13. يركض محمد بسرعة مقدارها (3 m/s). إذا ضاعف مقدار سرعته مرتين فإن طاقته الحركية :  
(تضاعف 4 مرات).

14. يحمل عدنان صندوقاً وزنه (200 N) ويسير به أفقياً بسرعة ثابتة إزاحة مقدارها (10 m). إن مقدار الشغل الذي يبذله عدنان على الصندوق خلال هذه الإزاحة يساوي :  
(0 J).

15. إذا كان الشغل الكلي المبذول على جسم يساوي صفراً، فهذا يعني أن الجسم :  
(ساكن أو متحرك بسرعة ثابتة)

**سؤال 2** فسر إذا كان يبذل شغل أم لا في الحالات الآتية :

أ. تحمل هند حقيبتها وتصعد بها إلى الطابق الثاني.

نعم، يبذل شغل

ب. يرفع ياسر حقيبة كتبه رأسياً إلى أعلى عن سطح الأرض .

نعم، يبذل شغل

ج. تسير سارة أفقياً وهي تحمل حقيبة كتبها بين يديها.

لا، لا يبذل شغلاً لأن القوة متعامدة مع متجه الإزاحة.

د. تحاول ليلة دفع الأريكة ولا تستطيع تحريكها من مكانها.

لا، لا يبذل شغلاً لأن الجسم لم يتحرك وبالتالي الإزاحة تساوي صفراً.

**سؤال 3** وضح هل يمكن لطاقة الوضع الناشئة عن الجاذبية أن تكون سالبة.

لا يمكن لأنها تعتمد على الكتلة وتسارع الجاذبية والارتفاع وجميعها كميات موجبة دائماً.

**سؤال 4** في أثناء دراستي وزميلتي أسماء لمرهنة (الشغل - الطاقة الحركية)، قالت : "أن الشغل الكلي

المبذول على جسم يساوي طاقته الحركية النهائية" ناقش صحة قول أسماء.

كلام أسماء غير صحيح لأنه لا يمكن تعميم كلامها على جميع الحالات فلو كان الجسم مقذوف نحو الأعلى فعندئذ تكون الطاقة

الحركية النهائية صفراً لكن الشغل لا، وهكذا ..

## سؤال 5

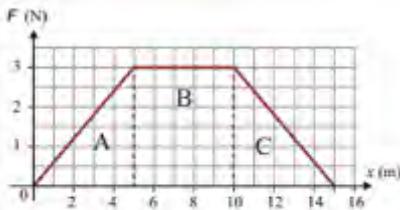
قُذفت كرة رأسياً إلى أعلى من سطح الأرض. عند أي ارتفاع يكون مقدار سرعتها مساوياً لنصف مقدار سرعتها الابتدائية؟ فسر إجابتك ..

$$KE_i + PE_i = KE_f + PE_f \rightarrow \frac{1}{2}mv_i^2 + mgy_i = \frac{1}{2}mv_f^2 + mgy_f$$

$$\frac{1}{2}v_i^2 + 0 = \frac{1}{2}v_f^2 + gy_f \rightarrow \frac{1}{2}v_i^2 + 0 = \frac{1}{2}\left(\frac{1}{2}v_i\right)^2 + gy_f$$

$$\frac{1}{2}v_i^2 = \frac{1}{8}v_i^2 + gy_f \rightarrow \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{8}\right)v_i^2 = gy_f \rightarrow y_f = \frac{3}{80}v_i^2$$

عند ارتفاع  $\left(\frac{3}{80}v_i^2\right)$  تكون سرعة الجسم مساوية لنصف مقدار سرعتها الابتدائية.



منحنى (القوة - الإزاحة) لقوة محصلة متغيرة تؤثر في جسم.

$$W_A = \frac{1}{2} \times 3 \times 5 = 7.5 \text{ J}$$

ب. سرعة الجسم في نهاية الإزاحة (10 m).

$$F = ma \rightarrow 3 = 10 \times a \rightarrow a = 0.3 \text{ m/s}^2$$

$$v_2^2 = v_1^2 + 2ad \rightarrow v_2^2 = 0 + 2 \times 0.3 \times 10 \rightarrow v_2^2 = 6 \rightarrow v_2 = 2.44 \text{ m/s}$$

ج. الشغل الذي بذلته القوة المحصلة خلال فترة الإزاحة كاملة (الشغل الكلي).

$$W_{TOT} = W_A + W_B + W_C \rightarrow W_{TOT} = 7.5 + 3 \times 5 + \frac{1}{2} \times 5 \times 3 = 30 \text{ J}$$

## سؤال 7

سيارة كتلتها  $(8 \times 10^2 \text{ kg})$  تصعد تلاً طوله  $(5 \times 10^2 \text{ m})$  بسرعة ثابتة مقدارها (25 m/s)، وتؤثر فيها قوى احتكاك  $(5 \times 10^2 \text{ N})$ . إذا كانت زاوية ميلان التل على الأفقي  $(15^\circ)$ ، فأحسب مقدار ما يأتي :

أ. القوة التي يؤثر بها محرك السيارة.

$$\sum F_x = ma = 0 \rightarrow F - F_g \sin \theta - f = 0 \rightarrow F - mgsin\theta - f = 0$$

$$F - 800 \times 10 \times 0.25 - 500 = 0 \rightarrow F = 2500 \text{ N}$$

ب. قدرة المحرك اللازمة كي تصعد السيارة التل بهذه السرعة.

$$P_F = Fv \cos \theta \rightarrow P_F = 2500 \times 25 \times \cos(0^\circ) \rightarrow P_F = 62500 \text{ watt}$$

## سؤال 8

يجرّ قارب سفينة بحبل يصنع زاوية  $(25^\circ)$  أسفل الأفقي بسرعة ثابتة إزاحة مقدارها  $(2 \times 10^3 \text{ m})$  بقوة شد مقدارها  $(2 \times 10^3 \text{ N})$ . إذا كان الحبل مهمل الكتلة وغير قابل للاستطالة، فأحسب مقدار ما يأتي خلال هذه الإزاحة :  
أ. الشغل الذي يبذله القارب على السفينة.

$$W_{F_T} = F_T d \cos\theta \rightarrow W_{F_T} = 2000 \times 200 \times \cos(25^\circ) = 360000 = 36 \times 10^4 \text{ J}$$

ب. الشغل الذي تبذله القوى المعيقة المؤثرة في السفينة.

$$W_{F_g} = F_g d \cos\theta \rightarrow W_{F_g} = 800 \times 10 \times 200 \times \cos(90^\circ) = 0 \text{ J}$$

## سؤال 9

يريد موسى رفع صندوق كتلته  $(100 \text{ kg})$  إلى ارتفاع  $(1 \text{ m})$  عن سطح الأرض. فاستخدم مسنوى مانلا طوله  $(2 \text{ m})$  يميل على الأفقي بزاوية  $(30^\circ)$ ، ودفع الصندوق إلى أعلى المستوى المائل بقوة موازية للمستوى بسرعة ثابتة. إذا كان مقدار قوة الاحتكاك الحركي المؤثرة في الصندوق  $(100 \text{ N})$ ، فأحسب مقدار ما يأتي :  
أ. الشغل الذي بذلته قوة الاحتكاك على الصندوق.

$$W_f = f d \cos\theta \rightarrow W_f = 100 \times 2 \times \cos(180^\circ) = -200 \text{ J}$$

ب. الشغل الذي بذله موسى على الصندوق.

$$\sum F_x = ma = 0 \rightarrow F - F_g \sin\theta - f = 0 \rightarrow F - mgsin\theta - f = 0$$

$$F - 100 \times 10 \times 0.5 - 100 = 0 \rightarrow F = 400 \text{ N}$$

$$W_F = F d \cos\theta \rightarrow W_F = 400 \times 2 \times \cos(0^\circ) = 800 \text{ J}$$

ج. الشغل الذي بذلته قوة الجاذبية على الصندوق.

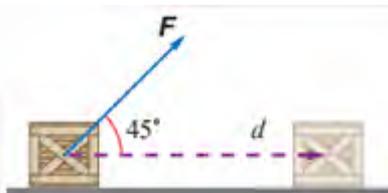
$$W_{F_g} = F_g d \cos\theta \rightarrow W_{F_g} = 100 \times 10 \times 2 \times \cos(120^\circ) = -1000 \text{ J}$$

## سؤال 10

تسحب ناديا صندوقاً كتلته  $(50 \text{ kg})$  على سطح الأفقي خشن بحبل يميل على الأفقي بزاوية  $(45^\circ)$  إزاحة مقدارها  $(15 \text{ m})$ ، كما هو موضح في الشكل المجاور. إذا علمت أن قوة الشد في الحبل  $(200 \text{ N})$ ، واكتسب الصندوق تسارعاً مقداره  $(0.3 \text{ m/s}^2)$ ، فأحسب مقدار ما يأتي :  
أ. الشغل الذي بذلته ناديا على الصندوق.

$$W_F = F d \cos\theta \rightarrow W_F = 200 \times 15 \times \cos(45^\circ) = 2100 \text{ J}$$

ب. التغير في الطاقة الحركية للصندوق.



$$W_F + W_{F_g} + W_{F_N} + W_f$$

$$W_F = 2100 \text{ J}, W_{F_g} = 0 \text{ J}, W_{F_N} = 0 \text{ J}$$

$$\sum F_x = ma \rightarrow F \cos\theta - f = 50 \times 0.3 = 15$$

$$\rightarrow 200 \times 0.70 - f = 15 \rightarrow f = 125 \text{ N}$$

$$W_f = f d \cos\theta \rightarrow W_f = 125 \times 15 \times \cos(180^\circ) = -1875 \text{ J}$$

$$\Delta KE = W_{TOT} = W_F + W_{F_g} + W_{F_N} + W_f = 2100 + 0 + 0 + - 1875$$

$$\Delta KE = W_{TOT} = 225 \text{ J}$$

ج. الشغل الذي بذلته قوة الاحتكاك الحركي على الصندوق.

$$W_f = f d \cos \theta \rightarrow W_f = 125 \times 15 \times \cos(180^\circ) = -1875 \text{ J}$$

د. الشغل الكلي المبذول على الصندوق.

$$W_{TOT} = W_F + W_{F_g} + W_{F_N} + W_f = 2100 + 0 + 0 + -1875 = 225 \text{ J}$$

**سؤال 11** مصعد كتلته مع حمولته ( $2 \times 10^3 \text{ kg}$ )، يرفع بمحرك كهربائي من سطح الأرض إلى ارتفاع ( $60 \text{ m}$ ) عن سطحها بسرعة ثابتة مقدارها ( $1 \text{ m/s}$ ). وتؤثر فيه في أثناء حركته إلى أعلى قوة احتكاك حركي ثابتة مقدارها ( $2 \times 10^3 \text{ N}$ )، أحسب مقدار ما يأتي :  
أ. الشغل الذي يبذله المحرك على المصعد.

$$\sum F_y = ma = 0 \rightarrow F - F_g - f = 0 \rightarrow F - 2 \times 10^3 \times 10 - 2 \times 10^3 = 0$$

$$F = 22000 = 22 \times 10^3 \text{ N}$$

$$W_F = F d \cos \theta \rightarrow W_F = 22 \times 10^3 \times 60 \times \cos(0^\circ) = 132 \times 10^4 \text{ J}$$

ب. شغل قوة الاحتكاك الحركي.

$$W_f = f d \cos \theta \rightarrow W_f = 2 \times 10^3 \times 60 \times \cos(180^\circ) = -12 \times 10^4 \text{ J}$$

ج. قدرة المحرك.

$$P_F = F v \cos \theta \rightarrow P_F = 22 \times 10^3 \times 25 \times \cos(0^\circ) \rightarrow P_F = 55 \times 10^4 \text{ watt}$$

د. التغير في الطاقة الميكانيكية للمصعد.

$$\Delta KE = \frac{1}{2} m v_f^2 - \frac{1}{2} m v_i^2 = \frac{1}{2} m (v_f^2 - v_i^2)$$

$$\Delta KE = \frac{1}{2} \times 2 \times 10^3 \times ((0)^2 - (1)^2) = -1 \times 10^3 \text{ J}$$

$$\Delta PE = m g y_f - m g y_i = 2000 \times 10 \times 60 - 2000 \times 10 \times 0 = 1200 \times 10^3 \text{ J}$$

$$\Delta ME = \Delta KE + \Delta PE = -1 \times 10^3 + 1200 \times 10^3 = 1199 \times 10^3 \text{ J}$$

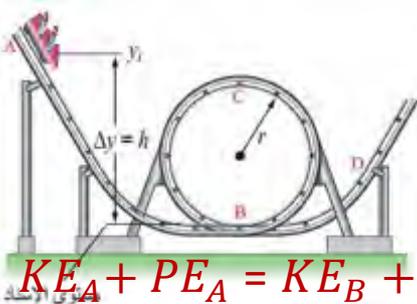
**سؤال 12** يوضح الشكل المجاور أفغوانية كتلة عربتها ( $2000 \text{ kg}$ ) تتحرك من السكون من تل ارتفاعه ( $60 \text{ m}$ ) (الموقع A) إلى أسفل التل على مسار مهمل الاحتكاك،

وتمر في أثناء ذلك بمسار دائري رأسي عند الموقع (B) على

شكل حلقة نصف قطرها ( $20 \text{ m}$ ) وتكمل مسارها مازة بالموقع

(D). أستعين بالشكل المجاور لأحسب مقدار ما يأتي :

أ. سرعة عربة الأفغوانية عند الموقع (B).



$$KE_A + PE_A = KE_B + PE_B \rightarrow 0 + m g y_A = \frac{1}{2} m v_B^2 + 0$$

$$2000 \times 10 \times 60 = \frac{1}{2} \times 2000 \times v_B^2 \rightarrow 600 = \frac{1}{2} \times v_B^2$$

$$v_B^2 = 1200 \rightarrow v_B = 34.64 \text{ m/s}$$

ب. سرعة عربة الأفغوانية عند الموقع (C).

$$KE_B + PE_B = KE_C + PE_C \rightarrow \frac{1}{2}mv_B^2 + 0 = \frac{1}{2}mv_C^2 + mgy_C$$

$$\frac{1}{2} \times 2000 \times 1200 = \frac{1}{2} \times 2000 \times v_C^2 + 2000 \times 10 \times 40$$

$$600 = \frac{1}{2} \times v_C^2 + 400 \rightarrow v_C^2 = 400 \rightarrow v_B = 20 \text{ m/s}$$

ج. الشغل الكلي المبذول على العربة في أثناء حركتها من الموقع (B) إلى الموقع (C).

$$W_{TOT} = \Delta KE = \frac{1}{2}mv_C^2 - \frac{1}{2}mv_B^2 = \frac{1}{2}m(v_C^2 - v_B^2)$$

$$W_{TOT} = \Delta KE = \frac{1}{2} \times 2000 \times ((20)^2 - (34.64)^2) = -8 \times 10^5 \text{ J}$$

د. الطاقة الميكانيكية لعربة الأفغوانية عند الموقع (D).

$$KE_B + PE_B = KE_D + PE_D \rightarrow \frac{1}{2}mv_B^2 + 0 = \frac{1}{2}mv_D^2 + mgy_D$$

$$\frac{1}{2} \times 2000 \times 1200 = \frac{1}{2} \times 2000 \times v_D^2 + 2000 \times 10 \times 20$$

$$600 = \frac{1}{2} \times v_D^2 + 200 \rightarrow v_D^2 = 800 \rightarrow v_D = 28.28 \text{ m/s}$$

$$\Delta ME_D = KE_B + PE_B = \frac{1}{2}mv_D^2 + mgy_D$$

$$\Delta ME_D = \frac{1}{2} \times 2000 \times 800 + 2000 \times 10 \times 20 = 12 \times 10^5 \text{ J}$$

**سؤال 13** ينزلق طفل كتلته (40 kg) بدءًا من السكون من قمة منزلق مائي أملس طوله (100 m) وارتفاعه (30 m) عن سطح الأرض، أنظر إلى الشكل المجاور. أجب عما يأتي:  
أ. أحسب مقدار الطاقة الميكانيكية للطفل عند قمة المنزلق.



$$\Delta ME_i = \Delta KE_i + \Delta PE_i = \frac{1}{2}mv_i^2 + mgy_i$$

$$\Delta ME_i = \frac{1}{2} \times 40 \times 0 + 40 \times 10 \times 30 = 12000 \text{ J}$$

ب. أحسب مقدار الطاقة الحركية للطفل عند نهاية المنزلق.

$$KE_i + PE_i = KE_f + PE_f \rightarrow 0 + mgy_i = KE_f + 0 \rightarrow mgy_i = KE_f$$

$$KE_f = mgy_i \rightarrow 40 \times 10 \times 30 = 12000 \text{ J}$$

ج. أحسب مقدار سرعة الطفل عند نهاية المنزلق.

$$\Delta KE_f = \frac{1}{2}mv_f^2 = 12000 \text{ J} \rightarrow \frac{1}{2} \times 40 \times v_f^2 = 12000 \rightarrow v_f = 24.5 \text{ m/s}$$

د. أحسب مقدار شغل قوة الجاذبية المبذول على الطفل، في أثناء انزلاقه من قمة المنزلق إلى أسفله.

$$W_{F_g} = F_g d \cos\theta \rightarrow W_{F_g} = 40 \times 10 \times 100 \times \cos(0^\circ) = 40000 \text{ J}$$

هـ. فسر هل يؤثر طول المنزلق في سرعة الطفل عند نهايته؟ فسر إجابتك..

لا ، لا تؤثر لأن سرعة الطفل النهائية لا تعتمد على طول المسار وإنما على الارتفاع.

### سؤال 14

تسحب رافعة سيارة كتلتها  $(1.6 \times 10^3 \text{ kg})$  من السكون على طريق أفقي بقوة شد مقدارها  $(2 \times 10^3 \text{ N})$  بحبل يميل على الأفقي بزاوية  $(37^\circ)$  إزاحة مقدارها  $(5 \times 10^2 \text{ m})$  ، إذا كانت سرعتها في نهاية الإزاحة  $(25 \text{ m/s})$  ،

أنظر إلى الشكل المجاور. إذا علمت أن مقدار قوة الاحتكاك

الحركي المؤثرة في السيارة  $(6 \times 10^2 \text{ N})$  ، والحبل مهمل الكتلة وغير قابل للا  
أ. شغل قوة الاحتكاك الحركي.



$$W_f = f d \cos\theta \rightarrow W_f = 6 \times 10^2 \times 5 \times 10^2 \times \cos(180^\circ) = -3 \times 10^5 \text{ J}$$

ب. شغل قوة الشد.

$$W_{F_T} = F_T d \cos\theta \rightarrow W_{F_T} = 2 \times 10^3 \times 5 \times 10^2 \times \cos(37^\circ) = 8 \times 10^5 \text{ J}$$

ج. التغير في الطاقة الحركية للسيارة.

$$\Delta KE = \frac{1}{2} m v_f^2 - \frac{1}{2} m v_i^2 = \frac{1}{2} m (v_f^2 - v_i^2)$$

$$\Delta KE = \frac{1}{2} \times 1.6 \times 10^3 \times ((25)^2 - (0)^2) = 500 \times 10^3 = 500 \times 10^5 \text{ J}$$

د. التغير في الطاقة الميكانيكية للسيارة.

$$\Delta PE = m g y_f - m g y_i = 1.6 \times 10^3 \times 10 \times 0 - 1.6 \times 10^3 \times 10 \times 0 = 0 \text{ J}$$

$$\Delta ME = \Delta KE + \Delta PE = 500 \times 10^5 + 0 = 500 \times 10^5 \text{ J}$$