

الوحدة السادسة

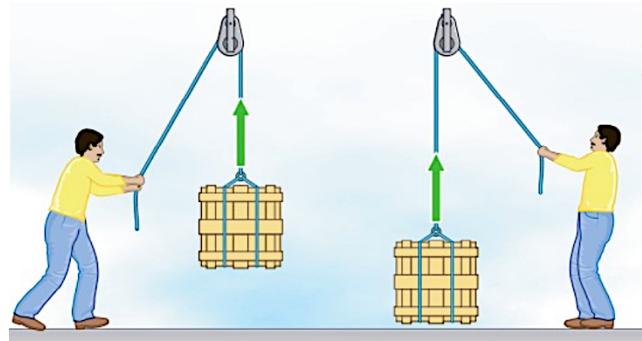
الشغل والقدرة Work and Power

٦-١ الشغل المبذول

هو كمية الطاقة المنقولة من جسم لآخر باستخدام القوة

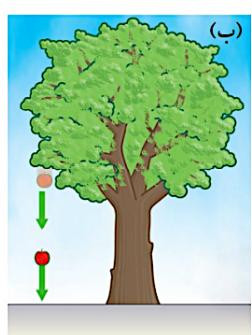
$$\text{أي أن: الشغل} = \text{الطاقة المنقولة} \quad (W = \Delta E)$$

انتبه: الشغل يساوي الطاقة المنقولة من أو إلى الجسم.



الشغل الميكانيكي وطاقة الوضع

- الشغل يساوي التغير في طاقة وضع الجاذبية للجسم.
- فمثلاً في هذا الشكل: الشغل المبذول بواسطة قوة السحب لرفع الصندوق يساوي طاقة الوضع التي أكتسبها الصندوق.
- وأيضاً إذا ترك الصندوق يسقط فإن: الشغل المبذول بواسطة قوة الجاذبية يساوي طاقة الوضع التي فقدتها الصندوق.
- في هذه الحالة: الشغل يزداد بزيادة كل من: كتلة الجسم (m) وفرق الارتفاع (h) والقوة المستخدمة.



الشغل الميكانيكي وطاقة الحركة

- الشغل يساوي التغير في طاقة حركة للجسم.
- فمثلاً: الشغل المبذول لدفع عربة التسوق بواسطة قوة الدفع = الزيادة في طاقة حركتها + الطاقة الحرارية المفقودة.
- وأيضاً: الشغل المبذول بواسطة قوة الجاذبية المؤثرة على التفاحة يساوي الزيادة في طاقة حركتها.
- وأيضاً: الشغل المبذول بواسطة قوة الاحتكاك = طاقة الحركة المفقودة + الطاقة الحرارية المفقودة.
- في هذه الحالة: الشغل يزداد بزيادة كل من: كتلة الجسم (m) فرق السرعة (v) والقوة المستخدمة

1. ما الذي يتطلب بذل شغل أكثر: رفع كيس من الفحم كتلته (10 kg) أم رفع كيس من الريش كتلته (15 kg)؟

يتطلب رفع كيس من الريش (15 kg) بذل شغل أكثر لأن كتلته أكبر.

2. ما القوة التي تبذل شغلاً عندما تتدحرج كرة إلى أسفل منحدر؟

قوة الجاذبية (وزن الكرة).

٦-٢ حساب الشغل المبذول

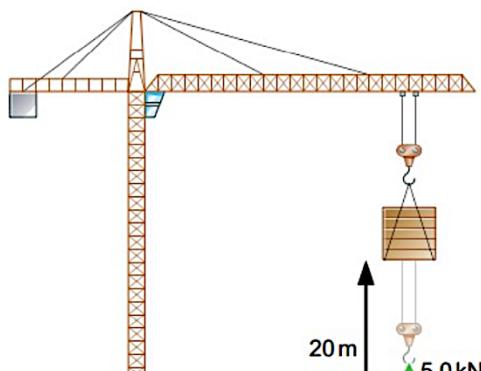
الشغل المبذول = القوة × المسافة التي يتحركها الجسم باتجاه القوة

$$W = F \times d$$

وحدة قياس الشغل تسمى الجول (J) وهي تكافئ (N.m).

الجول الواحد (J) هو الطاقة المنقولة (أو الشغل المبذول) بواسطة قوة مقدارها (1 N) تتحرك جسماً مسافة (1 m) باتجاه القوة.

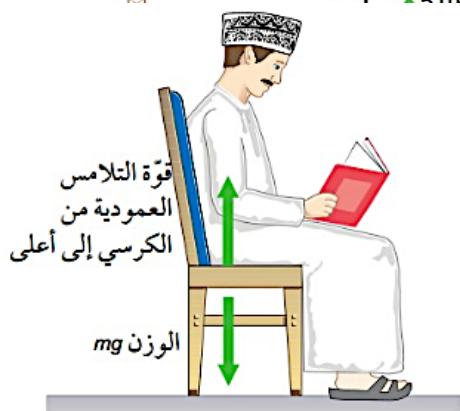
أسئلة:



3. رافعة تقوم برفع صندوق إلى علو (20 m). تبلغ قوة الرفع التي توفرها الرافعة (5.0 kN). كما هو مبين في الرسم التخطيطي المقابل. ما مقدار الشغل المبذول بواسطة القوة؟ وما مقدار الطاقة المنقولة؟

$$W = Fd = 5000 \times 20 = 100000 \text{ J} = 100 \text{ kJ}$$

$$\Delta E = W = 100 \text{ kJ}$$



4. احسب الشغل المبذول بواسطة كل من قوة الجاذبية وقوة التلامس العمودية في الشكل المقابل.

الشغل المبذول بواسطة قوة الجاذبية = الصفر.

الشغل المبذول بواسطة قوة التلامس العمودية = الصفر.

التفسير: الطاقة المنقولة للرجل بواسطة كل من هاتين القوتين = الصفر. كذلك المسافة التي تحركها الرجل = الصفر.

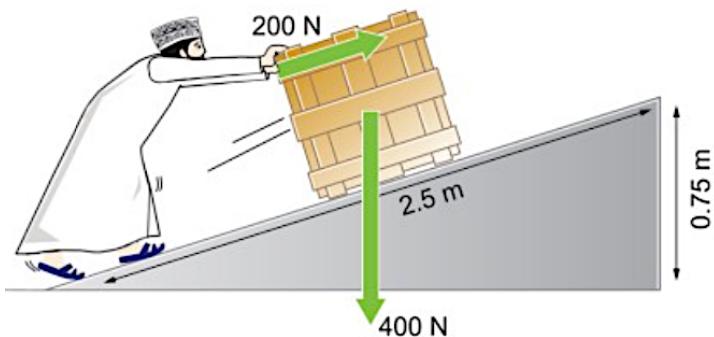
5. الشكل المقابل يوضح طفلا ينزلق على منحدر أملس. احسب الشغل المبذول بواسطة قوة الجاذبية في الشكل المقابل إذا علمت أن وزن الولد (300 N) وأن ارتفاع المنحدر (2 m).

$$W = Fd = 300 \times 2 = 600 \text{ J}$$

تذكر أن: وزن الولد هو قوة الجاذبية المؤثرة عليه.

6. احسب طول المنحدر في السؤال السابق إذا علمت أن مقدار القوة المؤثرة على الطفل باتجاه أسفل المنحدر تساوي (200 N)، إذا علمت أن المنحدر أملس.

$$W = Fd \rightarrow d = \frac{W}{F} = \frac{600}{200} = 3 \text{ m}$$



7. يؤثر شخص بقوة دفع مقدارها (200 N)، لتحريك صندوق وزنه (400 N) على منحدر ارتفاعه (0.75 m) كما هو مبين في الرسم التخطيطي المقابل.

أ. ما مقدار الشغل الذي يبذله الشخص في رفع الصندوق؟

$$W = Fd = 200 \times 2.5 = 500 \text{ J}$$

ب. ما مقدار طاقة وضع الجاذبية (G.P.E) التي أكتسبها الصندوق؟

$$GPE = mgh = 400 \times 0.75 = 300 \text{ J}$$

ج. قوة الاحتكاك بين الصندوق وسطح المنحدر.

الطاقة المهدرة بسبب قوة الاحتكاك: $500 - 300 = 200 \text{ J}$

مقدار قوة الاحتكاك:

$$W = Fd \rightarrow F = \frac{W}{d} = \frac{200}{2.5} = 80 \text{ N}$$

8. ما وحدة قياس الشغل الذي تبذله قوة ما؟

وحدة قياس الشغل هي الجول (J).

9. تمتلك سيارة طاقة حركة مقدارها (0.5 MJ). يضغط السائق على المكابح لإيقاف السيارة. ما مقدار الشغل الذي بذلتها القوة التي وفرتها المكابح لإيقاف السيارة؟

الشغل المبذول يساوي طاقة الحركة المفقودة بسبب قوة الاحتكاك، ولأن السيارة توقفت فالشغل المبذول يساوي (0.5 MJ).

10. ما مقدار الشغل الذي تبذله قوة مقدارها (1.0 N) لتحريك جسم مسافة (1.0 m)؟

$$W = Fd = 1 \times 1 = 1 \text{ J}$$

11. تبذل قوة مقدارها (5.0 N) شغلاً مقداره (10 J) لتحريك صندوق. ما المسافة التي يتحركها الصندوق؟

$$W = Fd \quad \rightarrow \quad d = \frac{W}{F} = \frac{10}{5} = 2 \text{ m}$$

12. أي قوة تبذل شغلاً أكبر: قوة مقدارها (500 N) تتحرك مسافة (10 m)، أم قوة مقدارها (100 N) تتحرك مسافة (40 m)؟

الشغل الذي تبذله قوة (500 N):

$$W = Fd = 500 \times 10 = 5000 \text{ J}$$

الشغل الذي تبذله قوة (100 N):

$$W = Fd = 100 \times 40 = 4000 \text{ J}$$

لذلك تبذل القوة (500 N) شغلاً أكبر.

13. كتلة معلقة بخيط في وضع ساكن. تدعم قوة الشد في الخيط الكتلة بعكس قوة الجاذبية. اشرح لماذا لا تبذل قوة الشد هذه شغلاً على الكتلة.

المسافة المقطوعة = الصفر. لذلك وفقاً للقانون ($W = Fd$) فإن الشغل المبذول = الصفر.

٣-٦ القدرة

القدرة: هي معدل نقل الطاقة. وهي أيضاً معدل بذل الشغل. تُقاس بوحدة الواط (W). تحسب كالتالي:

$$\text{القدرة} = \frac{\text{الطاقة المنقولة}}{\text{الزمن المستغرق}}$$

$$P = \frac{\Delta E}{t}$$

$$\text{القدرة} = \frac{\text{الشغل المبذول}}{\text{الزمن المستغرق}}$$

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

الواط الواحد: هو القدرة عند بذل شغل مقداره جول واحد في ثانية واحدة. المصباح الذي قدرته W (60) يحول (60 J) من الطاقة في ثانية واحدة.

أسئلة:

14. اذكر العلاقة بين الشغل المبذول والطاقة المنقولة.

$$\text{الشغل المبذول} = \text{الطاقة المنقولة}$$

15. يبذل محرك شغلاً مقداره (J 10000) في ثانيتين. ما القدرة الناتجة من المحرك؟

$$P = \frac{W}{t} = \frac{10000}{2} = 5000 \text{ W}$$

16. يدفع على صندوقاً إلى أعلى منحدر باستخدام قوة مقدارها (N 250). يتحرك الصندوق مسافة (m 2) في زمن مقداره (s 4). احسب قدرة علي عند دفع الصندوق.

$$W = Fd = 250 \times 2 = 500 \text{ J}$$

$$P = \frac{W}{t} = \frac{500}{4} = 125 \text{ W}$$

17. القدرة التشغيلية لمحرك كهربائي تبلغ (W 2200). احسب الطاقة المنقولة بواسطة المحرك في (s 90).

$$P = \frac{\Delta E}{t} \rightarrow \Delta E = Pt = 2200 \times 90 = 198000 \text{ J}$$

18. يقال إن الجمل يستطيع أن يشد بقوة قصوى تساوي 2.5 مرة من وزن جسمه. تم اختبار هذا القول مع جمل وزن جسمه (5000 N). شد الجمل عربة بقوته القصوى على طريق مستو لمسافة (12 km) في زمن 3 ساعات. احسب قدرة الجمل مقرباً إجابتكم إلى أقرب (1000 W).

قوة شد الجمل:

$$F = 2.5 \times 5000 = 12500 \text{ N}$$

المسافة المقطوعة بوحدة (m):

$$d = 12 \times 1000 = 12000 \text{ m}$$

الشغل الذي يبذله الجمل:

$$W = Fd = 12500 \times 12000 = 1.5 \times 10^8 \text{ J}$$

الזמן المستغرق بوحدة (s):

$$t = 3 \times 3600 = 10800 \text{ s}$$

قدرة الجمل:

$$P = \frac{W}{t} = \frac{1.5 \times 10^8}{10800} = 13888 \approx 14000 = 14 \text{ kW}$$

يُبذل شغل عندما يُدفع صندوق ثقيل على أرضية.

أ. عرّف الشغل المبذول.

ب. اذكر وحدة قياس الشغل المبذول.

ج. صِف العلاقة بين الشغل المبذول على الصندوق والطاقة المنقولة إليه.

يرفع حيدر كتاباً إلى ارتفاع (1.4 m) باستخدام قوّة مقدارها (2.2 N). احسب الشغل المبذول على الكتاب.

يُولّد محرك قطار قوّة مقدارها (350 kN) على طول طريق (5 km). احسب الشغل الذي بذله محرك القطار.

١

أ. الشغل المبذول هو كمية الطاقة المنقولة عندما يؤثر جسم ما بقوة على جسم آخر، أو الطاقة المنقولة بواسطة قوة عندما تتحرّك.

ب. وحدة قياس الشغل المبذول هي الجول (J).

ج. الشغل المبذول = الطاقة المنقولة

$$W = \Delta E$$

طول الطريق:

٣

$$d = 5 \times 10^3 = 5000 \text{ m}$$

قوّة محرك القطار:

$$F = 350 \times 1000 = 350\,000 \text{ N}$$

الشغل الذي بذله محرك القطار:

مع تعويض F و d في المعادلة:

$$W = F \times d$$

$$= 350\,000 \times 5000$$

$$W = 1.75 \times 10^9 \text{ J}$$

٢

الشغل المبذول على الكتاب:

$$W = F \times d$$

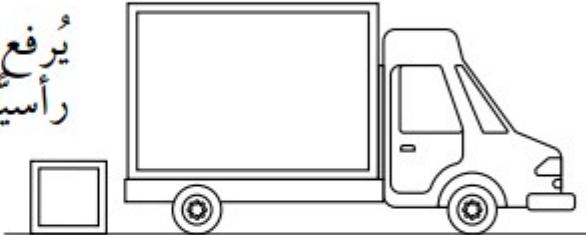
$$= 2.2 \times 1.4$$

$$W = 3.08 \text{ أو } 3.1 \text{ J}$$

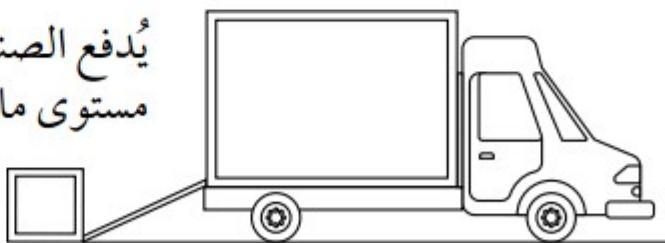
صندوق ثقيل موضوع على الأرض، يمكن تحميله إلى الشاحنة بطريقتين:

- مرفوعاً رأسياً إلى داخل الشاحنة.
- مدفوعاً على مستوى مائل إلى داخل الشاحنة.

يرفع الصندوق
رأسياً إلى الشاحنة



يدفع الصندوق على
مستوى مائل إلى الشاحنة



اذكر واحدة من إيجابيات استخدام المستوى المائل، وواحدة من سلبياته.

إيجابية المستوى المائل: يتطلب قوّة F أصغر من وزن الصندوق mg .

سلبية المستوى المائل: يتطلب مسافة أطول للتحريك / يتطلب قوّة أكبر بقليل من القوّة F في حال وجود احتكاك، وتبقى أقلّ من وزن الصندوق mg .

أ. عرّف القدرة.

ب. إبريق كهربائي ينقل طاقة مقدارها ($J = 380\ 000$) لغلي الماء في زمن ($s = 190$). احسب قدرة الإبريق مبيناً وحدة القياس في إجابتك.

دراّجة كهربائية مزوّدة بمُحرّك يعمل بقدرة ($W = 300$).

أ. احسب الشغل المبذول لتشغيل المُحرّك لمدة ($s = 60$).

ب. محرّك درّاجة قدرته ($W = 200$). فإذا كان المجموع الكلّي لوزن الدرّاجة والراكب ($N = 1000$ N)، فما الزمن الذي يستغرقه محرّك الدرّاجة لتحريك الدرّاجة والراكب إلى أعلى تل ارتفاعه الرأسى ($4\ m$) (أهمل قوّة الاحتكاك ومقاومة الهواء).

٥

أ. القدرة هي معدّل نقل الطاقة، أو القدرة = $\frac{\text{الطاقة المنقولة}}{\text{الزمن المستغرق}}$
أو الطاقة المنقولة لكل وحدة زمن.

القدرة هي معدّل بذل الشغل، أو القدرة = $\frac{\text{الشغل المبذول}}{\text{الزمن المستغرق}}$
أو الشغل المبذول لكل وحدة زمن.

ب. قدرة الإبريق الكهربائي:

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

$$= \frac{380\,000}{190}$$

$$P = 2000 \text{ W} \text{ أو } 2 \text{ kW}$$

٦

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

الشغل المبذول لتشغيل محرك الدراجة الكهربائية:

$$W = Pt$$

$$= 300 \times 60$$

$$W = 18\,000 \text{ J} \text{ أو } 18 \text{ kJ}$$

بـ. الشغل الذي يبذله محرك الدراجة الكهربائية:

$$W = Fd$$

$$= 1000 \times 4$$

$$W = 4000 \text{ J}$$

$$\text{معادلة القدرة: } P = \frac{W}{t}$$

الزمن الذي يستغرقه محرك الدراجة الكهربائية لتحريك الدراجة والراكب:

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

$$= \frac{4000}{200}$$

$$t = 20 \text{ s}$$

أ أكمل الجُمل الآتية.

١. الشغل المبذول بواسطة قوَّة يُحسب كقوَّة مضروبة في في اتجاه القوَّة.

وحدة قياس الشغل المبذول هي

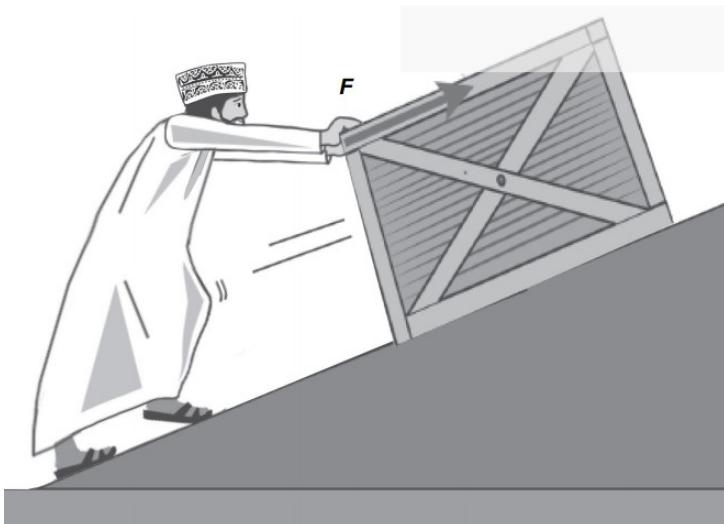
٢. مع نقل المزيد من الطاقة، فإن الشغل المبذول

ب يُظهر الرسم أدناه عبدالعزيز يدفع صندوقاً إلى أعلى منحدر.

١. لماذا تزداد الطاقة المُخزَّنة في الصندوق؟

٢. يبذل عبدالعزيز شغلاً على الصندوق.

اذْكُر سبَّين لدعم العبارة السابقة.



A

١. الشغل المبذول بواسطة قوّة يُحسب كقوّة مضروبة في المسافة التي يتحرّكها الجسم في اتجاه القوّة.
وحدة قياس الشغل المبذول هي الجول (J).
٢. مع نقل المزيد من الطاقة، فإنّ الشغل المبذول يزداد.

B

١. تزداد طاقة الصندوق المخزنة لأن الصندوق يرتفع؛ لذلك تزداد طاقة وضع الجاذبية (G.P.E) له؛ لأن التغيير في طاقة وضع الجاذبية يتاسب مع التغيير في ارتفاع الصندوق.
٢. (أ) يتم نقل طاقة من عبدالعزيز إلى الصندوق.
(ب) القوّة التي يؤثّر بها عبدالعزيز يتم استخدامها لتحريك الصندوق، وبالتالي تبذل هذه القوّة شغلاً على الصندوق.

ج يبيّن الرسم التخطيطي أدناه أنَّ القوَّة N 20 تبذل شغلاً أكبر ممَّا تبذل القوَّة N 10 في تحريك الصندوق مسافة ما. اذكر أمرين يمكنك خلالهما معرفة ذلك.



ج

- لأن القوّة N_20 أكبر من القوّة N_{10} :
- لأن القوّة N_{20} تتحرّك مسافة أكبر من القوّة N_{10} .

أ يدفع محمد صندوقا ثقيلا على الأرض مسافة 4.0 m بقوة مقدارها N 75. احسب الشغل الذي يبذله محمد في دفع الصندوق.

- ب** ترفع الرافعة في ورشة للبناء حمولة من الطوب بقوة رفع مقدارها N 2500 إلى ارتفاع m 6.0
١. احسب الشغل الذي تبذله الرافعة.
٢. ما مقدار الطاقة التي يتم نقلها إلى الطوب بواسطة الرافعة؟
٣. ما شكل الطاقة التي تزداد عند رفع الطوب إلى الأعلى؟

أ

الشغل الذي بذله محمد:

$$W = F \times d$$

$$= 75 \times 4.0$$

$$W = 300 \text{ J}$$

ب

١. الشغل الذي بذلته الرافعة في رفع الطوب:

$$W = F \times d$$

$$= 2500 \times 6.0$$

$$W = 15\,000 \text{ J}$$

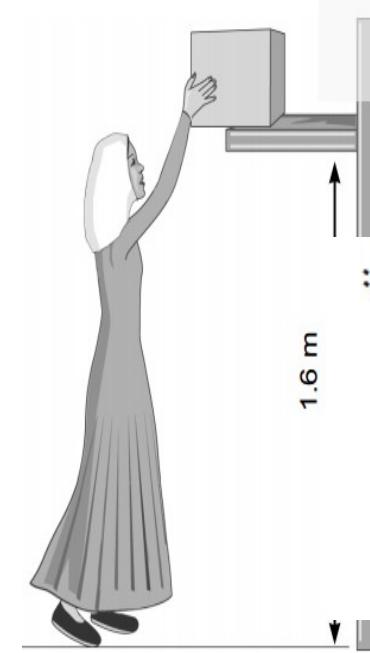
٢. الطاقة التي تم نقلها إلى الطوب:

$$\Delta E = W = 15\,000 \text{ J}$$

٣. طاقة وضع الجاذبية (G.P.E.).

ج

قامت أحلام برفع صندوق ثقيل لتضعه على الرف، كما يظهر في الشكل أدناه.



- تبلغ قوّة الرفع التي تؤثّر بها أحلام على الصندوق N 120
١. احسب الشغل الذي تبذله أحلام لرفع الصندوق.
٢. فكرت أحلام أنّه من الأسهل لها دفع الصندوق إلى الأعلى بواسطة مستوى مائل أملس بحيث:
 - تبلغ قوّة دفعها للصندوق N 80
 - ويبلغ طول المستوى المائل m 3.0
احسب الشغل الذي تبذله أحلام في هذه الحالة.
- ٣. ما سبب بذل المزيد من الشغل في دفع الصندوق إلى الأعلى بواسطة المستوى المائل بدلاً من رفعه بشكل رأسى؟

ج

١. الشغل الذي تبذله أحلام لرفع الصندوق:

$$W = F \times d$$

$$= 120 \times 1.6$$

$$W = 192 \text{ J}$$

٢. الشغل الذي تبذله أحلام لرفع الصندوق بواسطة المستوى المائل:

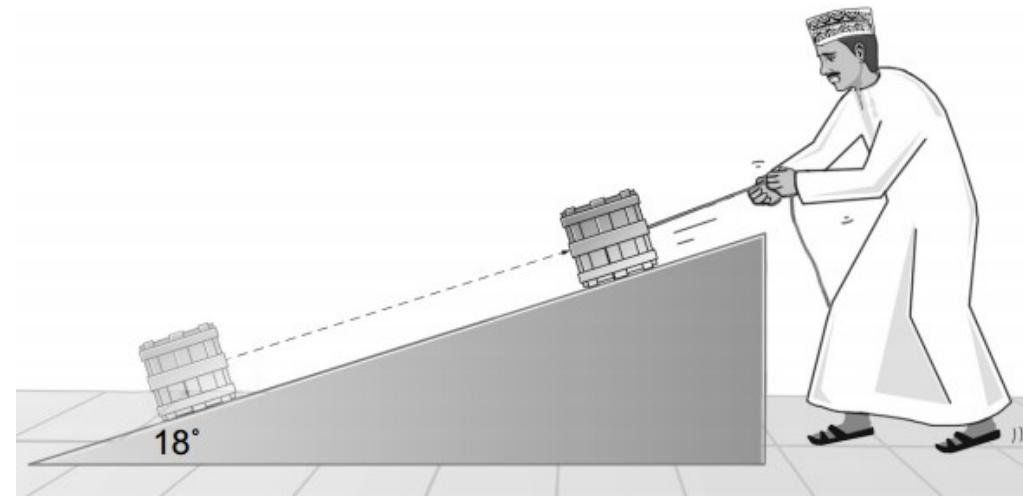
$$W = F \times d$$

$$= 80 \times 3.0$$

$$W = 240 \text{ J}$$

٣. بذلت أحلام المزيد من الشغل في دفع الصندوق إلى أعلى للتغلب على قوة احتكاك الصندوق على المستوى المائل.

يبين الرسم التخطيطي أَحْمَد يسحب صندوقاً إلى أعلى منحدر.



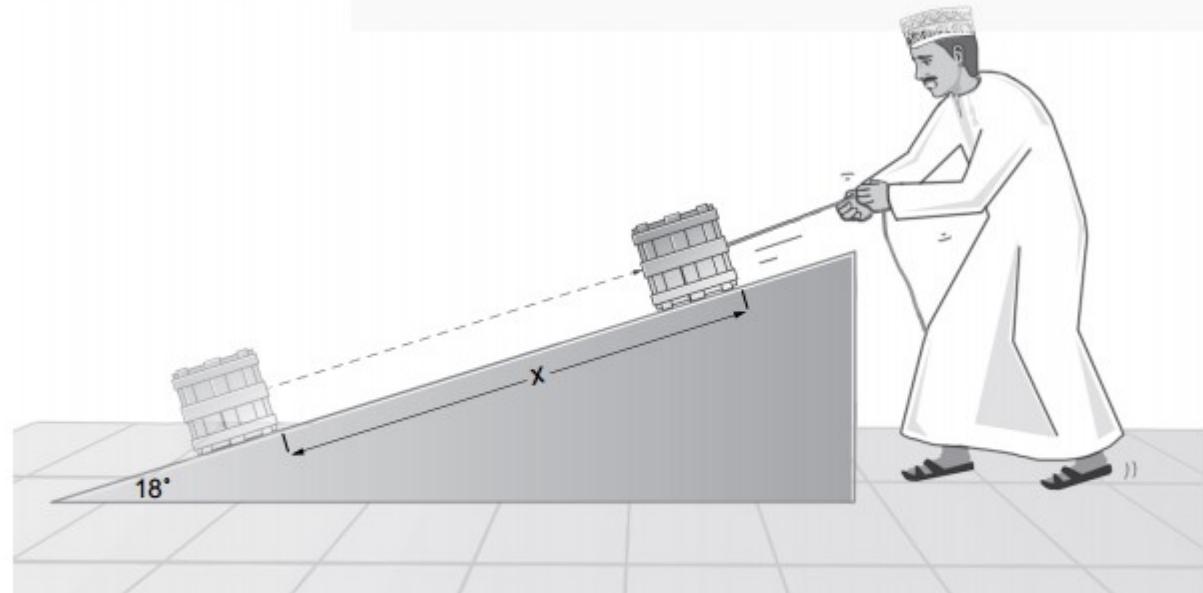
أ ما اسم الأداة التي تُستخدم لقياس مقدار القوّة F التي تسحب الصندوق إلى الأعلى؟

-
- ب حدد على الرسم التخطيطي المسافة X التي يجب قياسها من أجل حساب الشغل الذي تبذله القوّة.
- ج اكتب المعادلة المستخدمة لحساب الشغل الذي تبذله القوّة.

أ

بـ

لقياس مقدار القوّة F يستخدم أحمد ميزاناً زنبركياً.



ج

الشفل المبذول = القوّة × المسافة المقطوعة (في اتجاه القوّة).

$$W = F \times d$$

أ) محرك كهربائي A تبلغ قدرته W 2500

١. ما مقدار الطاقة التي ينقلها المحرك في s 10

إذا كان لديك محرك كهربائي آخر B يعمل بقدرة W 1000

٢. ماذا يقال عن الطاقة التي ينقلها المحرك A مقارنة بالمحرك B؟

$$1. \text{ القدرة} = \frac{\text{الطاقة المنقولة}}{\text{الزمن المستغرق}}$$

الطاقة المنقولة = القدرة × الزمن المستغرق

$$\Delta E = P t$$

كمية الطاقة التي ينقلها المحرك A:

$$= 2500 \times 10$$

$$\Delta E = 25\,000 \text{ J}$$

٢. ينقل المحرك A الطاقة بشكل أسرع من المحرك B لأن قدرته أكبر / المحرك A ينقل J 2500 في الثانية والمحرك B ينقل J 1000 في الثانية.

ب تم اقتباس تسمية وحدة قياس القدرة من اسم جيمس وات (James Watt)، الذي اكتشف أن الحصان يمكنه التأثير بقوة سحب مقدارها N 800 لقطع مسافة 55 m خلال دقيقة واحدة.
احسب قدرة هذا الحصان.

ب

الشغل الذي بذله الحصان:

$$W = F \times d$$

$$= 800 \times 55$$

$$W = 44\,000 \text{ J}$$

الزمن:

$$t = 1 \times 60 = 60 \text{ s}$$

$$\text{القدرة} = \frac{\text{الطاقة المنقولة}}{\text{الزمن المستغرق}}$$

قدرة الحصان:

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

$$= \frac{44\,000}{60}$$

$$P = 733.33 \text{ W}$$

ج سيّارة تسير بسرعة ثابتة تبلغ 30 m/s . يوفّر مُحرّكها القوّة اللازمة لمقاومة الهواء، أي حوالي N_{1600}

١. ارسم مُخطّطاً في الحيز أدناه لتُظہر القوى المؤثرة على السيّارة.
٢. احسب الشغل الذي يبذله مُحرّك السيّارة كل دقيقة للتغلب على قوّة مقاومة الهواء.
٣. ما القدرة التي يوفرها مُحرّك السيّارة؟

قوّة تلامس الطريق



٢. الزمن:

$$t = 60 \text{ s}$$

المسافة التي قطعتها السيارة خلال دقيقة:

$$d = v \times t$$

$$d = 30 \times 60 = 1800 \text{ m}$$

الشغل الذي بذله محرك السيارة:

$$W = F \times d$$

$$= 1600 \times 1800$$

$$W = 2880000 \text{ J}$$

٣. القدرة التي يوفرها محرك السيارة:

$$\begin{aligned} P &= \frac{W}{t} \\ &= \frac{2880000}{60} \\ &= 48000 \text{ W} \end{aligned}$$

$$P = 48 \text{ kW}$$

رافعة ترفع ثقلاً كتلته 15000 kg إلى أعلى مبنى يبلغ ارتفاعه 20 m

- أ. احسب وزن الثقل ($g = 10 \text{ N/kg}$).
 - ب. احسب الشغل الذي تبذله الرافعة.
 - ج. اذا استغرقت الرافعة 25 ثانية لرفع الحمولة، احسب قدرة الرافعة.
- الرافعة مزودة بقدرة كهربائية مقدارها 200 kW
- د. لماذا يجب أن تكون القدرة القصوى للرافعة أعلى من القدرة التي حسبتها في الجزئية (ج)؟

أ. وزن الثقل:

$$W = mg$$

$$= 15\,000 \times 10$$

$$W = 150\,000 \text{ N}$$

ب. الشغل الذي بذلته الرافعة:

$$W = F \times d$$

$$= 150\,000 \times 20$$

$$W = 3000\,000 \text{ J}$$

ج. قُدرة الرافعة:

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

$$= \frac{3000\,000}{25}$$

$$P = 120\,000 \text{ W} \text{ أو } 120 \text{ kW}$$

د. لأنّه يتمّ هدر بعض الطاقة كحرارة في المُحرّك وقوى الاحتكاك، ويتمّ أيضًا رفع خطاف الرافعة؛ إلخ.

شاحنة كبيرة كتلتها 20000 kg تتحرّك بسرعة 28 m/s على طول طريق مستقيم.

تبلغ طاقة الحركة الابتدائية للشاحنة 7840000 J وعندما يضغط السائق على المكابح، تُبطئ الشاحنة سرعتها بتسارُع مقداره 2.0 m/s^2 .

أ. احسب قوّة المكابح المؤثرة على الشاحنة.

ب. باستخدام الفرامل، تقطع الشاحنة مسافة 196 مترًا قبل أن تتوقف. احسب الشغل الذي بذلته قوّة المكابح.

ج. اشرح لماذا كانت إجابتك على الجزئية (ب) هي نفس طاقة الحركة المذكورة أعلاه.

أ. قوّة المكابح:

$$F = m a$$

$$= 20\,000 \times 2.0$$

$$F = 40\,000 \text{ N}$$

ب. الشغل المبذول بواسطة قوة المكابح:

$$W = F \times d$$

$$= 40\,000 \times 196$$

$$W = 7840\,000 \text{ J}$$

ج. لإيقاف الشاحنة، يجب أن تكون لها طاقة حركة في النهاية منخفضة إلى الصفر. يتم تحويل كامل طاقة حركة الشاحنة الابتدائية هذه إلى طاقة حرارية نتيجة الشغل الذي بذلته قوّة المكابح.