المملكة العربية السعودية

وزارة التعليم
Ministry of Education

قررت وزارة التعليم تدريس
هذا الكتاب وطبعه على نفقتها

الفيزياء ٢

التعليم الثانوي- نظام المسارات

السنة الثانية

قام بالتأليف والمراجعة

فريق من المتخصصين

طبعة ١٤٤٤ - ٢٠٢٢

يُوزع مجّاناً ولا يُباع

ⓒ وزارة التعليم، ١٤٤٣هـ

فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية أثناء النشر

وزارة التعليم

الفيزياء ٢ -نظام المسارات- الفصل الدراسي الثالث - / وزارة التعليم. الرياض ، ١٤٤٣هـ .

٢٤٢ص ؛ ٢١ X ٢٧,٥ سم

ردمك : ٧-٠٩٠-٥١١-٦٠٣-٩٧٨

١ ـ الفيزياء٢ ـ كتب دراسية السعودية. أ ـ العنوان

ديوي ٥٣٠,٠٧١٢ ١٤٤٣/٨١١٤

رقم الإيداع : ١٤٤٣/٨١١٤

ردمك : ٧-٠٩٠-٥١١-٦٠٣-٩٧٨

حقوق الطبع والنشر محفوظة لوزارة التعليم

www.moe.gov.sa

مواد إثرائية وداعمة على "منصة عين الإثرائية"

IEN.EDU.SA

تواصل بمقترحاتك لتطوير الكتاب المدرسي

FB.T4EDU.COM

موقع واجباتك

الفصل 4

الشغل والطاقة والآلات البسيطة

Work, Energy, and Simple Machines

واجباتك

ما الذي ستتعلمه في هذا الفصل؟

- التمييز بين مفهومي الشغل والقدرة، وكيف يصفان تأثير المحيط الخارجي في تغيير طاقة النظام.
- الربط بين القوة والشغل وتفسير كيفية تقليل الآلات للقوة اللازمة لإنجاز شغل.

الأهمية

إن الآلات البسيطة والآلات المركبة المكوّنة من مجموعة آلاتٍ بسيطة تجعل العديد من المهام اليومية سهلة التنفيذ.

الدراجات الهوائية الجبلية تتيح لك الدراجات الهوائية الجبلية المتعددة السرعات، والمزودة بماصات الصدمات تكييف قدرات جسدك؛ فتؤثر بقوة، وتبذل شغلًا، وتوفر القدرة اللازمة لصعود سفوح التلال الشديدة الانحدار ونزولها، واجتياز التضاريس المنبسطة بسرعة وأمان.

فكّر ◄

كيف تُساعد الدراجة الهوائية الجبلية المتعددة السرعات السائقَ على القيادة فوق التضاريس المختلفة بجهد قليل؟

نظام القيادة في الدراجة الهوائية هو آلة مركبة، تتكون من دولاب ومحور ويسمى الكرنك (ذراع التدوير) متصلا بوساطة ناقلات الحركة (التروس) وسلسلة بمجموعة الدولاب والمحور الخلفية. يمكن للسائق تعديل ميكانيكية الدراجة الهوائية من خلال اختيار حجوم ناقل الحركة في كل من الكرنك والدولاب الخلفي للدراجة الهوائية؛ حيث يختار تركيبا معيناً لناقل الحركة يتوافق مع متطلبات الدراجة الهوائية ومع قدرة السائق على التأثير بقوة والمحافظة على سرعة معتدلة

موقع واجباتك

موقع واجباتي

تجربة استهلالية

ما العوامل المؤثرة في الطاقة؟

سؤال التجربة ما العوامل التي تؤثر في طاقة الأجسام الساقطة رأسيًّا ومقدرتها على إنجاز شغل؟

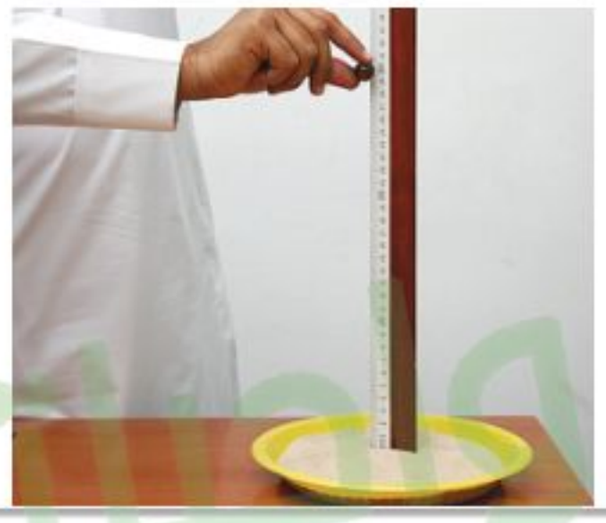
الخطوات

1. ضع 2 cm من الرمل الناعم في طبق مرتفع الحافة.
2. أحضر مجموعة من الكرات المعدنية أو من الزجاج بحجوم وكتل مختلفة.
3. أمسك مسطرة مترية بإحدى يديك بحيث تنغرس نهايتها السفلى في الرمل، ويكون صفر التدريج للمسطرة على سطح الرمل تماماً وأسقط إحدى الكرات باليد الأخرى على الرمل. وسجّل الارتفاع الذي أُسقطت منه الكرة.
4. أزل الكرة من الرمل بعناية على ألاّ تؤثر في الفوهة التي أحدثتها، وسجّل عمق الفوهة والمسافات التي وصل إليها الرمل بعد تناثره منها.
5. سجّل كتلة الكرة.
6. أعد تسوية سطح الرمل في الطبق، وكرر الخطوات 5–3 باستخدام كرات مختلفة الكتل، على أن تسقطها من ارتفاعات مختلفة. تنبه أيضًا إلى ضرورة إسقاط الكرات المختلفة من الارتفاع نفسه، وكذلك الكرة نفسها من ارتفاعات مختلفة.

التحليل

قارن بين البيانات التي سجلتها. هل تأخذ هذه البيانات نمطًا محددًا؟ وضح ذلك.

التفكير الناقد عندما تسقط الكرات على الرمل فإنها تنجز شغلاً. ولأنه يمكن تعريف طاقة جسم ما بأنها قدرة الجسم على إنجاز شغل على نفسه أو على الوسط المحيط فيه، لذا فإن الشغل الذي أنجزته الكرات في الرمل هو طاقتها. اربط بين بياناتك وطاقة الكرات، ووضح كيف يمكن أن تزداد طاقة الكرة.



4–1 الطاقة والشغل Work and Energy

رابط الدرس الرقمي

www.ien.edu.sa

لقد درست في الفصل السابق حفظ الزخم، وتعلمت كيفية تحديد حالة نظام قبل أن يؤثر فيه دفع وبعده دون الحاجة إلى معرفة تفاصيل هذا الدفع. وقد تبين لك أن لقانون حفظ الزخم فائدة خاصة عند دراسة التصادمات التي تتغير خلالها القوى أحيانًا بشكل كبير جدًّا.

تذكّر المناقشة التي وردت في الفصل السابق والمتعلقة بالمتزلجين اللذين يدفع كل منهما الآخر، فعلى الرغم من أن الزخم محفوظٌ في هذه الحالة، فإن المتزلجين يستمران في الحركة بعد أن يدفع كل منهما الآخر، مع أنهما كانا ساكنين قبل التصادم.

من جهة أخرى، يكون الزخم محفوظًا عندما تصطدم سيارتان، لكنهما تتوقفان عن الحركة على الرغم من أنهما كانتا متحركتين قبل التصادم، على عكس مثال المتزلجين. وبالإضافة إلى التغير الحادث في الحالة الحركية لكلا الجسمين المتصادمين فإنه غالبًا ما يؤدي التصادم إلى التواء كبير في المعادن وتهشم الزجاج، ومن المنطقي هنا أن نعتقد أنه لا بد من حدوث تغير في كمية فيزيائيةٍ ما نتيجة تأثير القوة في كل نظام، فما الكمية التي تتغير؟ وكيف؟

الأهداف

- **تصف** العلاقة بين الشغل والطاقة.
- **تحسب** الشغل.
- **تحسب** القدرة المستهلكة.

المفردات

الشغل	الجول
الطاقة	القدرة
الطاقة الحركية	الواط
نظرية الشغل – الطاقة	

موقع واجباتي

موقع واجباتي

الشغل والطاقة Work and Energy

تذكّر أن التغير في الزخم يكون نتيجة تأثير الدفع الذي يساوي حاصل ضرب متوسط القوة المؤثرة في جسم ما في زمن تأثير القوة. افترض أن جسمًا يتحرك مسافة معينة وهو واقع تحت تأثير قوة ما فيه، لابد أن الجسم سيتسارع بحسب العلاقة $a = \frac{F}{m}$، وستزداد سرعته المتجهة؛ وذلك لأنه واقع تحت تأثير قوة محصلة. انظر إلى البيانات التي في **الجدول 3–3** في كتاب فيزياء 1 (المستوى الأول) الفصل الثالث، الذي يتضمن مجموعة معادلات تصف العلاقات بين الموقع، والسرعة المتجهة والزمن للأجسام المتحركة بتسارع ثابت. واختر المعادلة التي تتضمن التسارع، السرعة المتجهة والمسافة:

$$2ad = v_f^2 - v_i^2$$

إذا استخدمت قانون نيوتن الثاني لتعويض F/m بدلاً من a، وضربت طرفي المعادلة في الحدّ $\frac{m}{2}$، فستحصل على المعادلة الآتية:

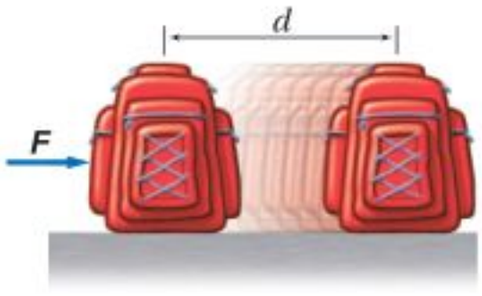
$$Fd = \frac{1}{2}mv_f^2 - \frac{1}{2}mv_i^2$$

الشغل يصف الطرف الأيسر من المعادلة التغير الذي طرأ على النظام نتيجة تأثير الوسط الخارجي (المحيط). فقد أثرت القوة F في جسم ما، بينما كان هذا الجسم يتحرك مسافة d كما في **الشكل 1–4**. فإذا كانت F قوة ثابتة تؤثر في الاتجاه نفسه لحركة الجسم فإن **الشغل** W يكون حاصل ضرب القوة في إزاحة الجسم.

الشغل

$$W = Fd$$

الشغل يساوي حاصل ضرب القوة الثابتة المؤثرة في جسم في اتجاه حركته في إزاحة الجسم تحت تأثير هذه القوة.



■ **الشكل 1–4** يُبذل شغلٌ عندما تؤثر قوة ثابتة F في حقيبة كتب في اتجاه الحركة، وتتحرك الحقيبة مسافة d.

ربما استخدمت كلمة شغل لتعطي معاني أخرى غير هذا المعنى، فمثلاً تقول: إن جهاز الحاسوب يشتغل جيدًا، أو إن فهم الفيزياء يتطلب "شغلًا" كثيرًا، أو إنك ستشتغل بدوام جزئي بعد انتهاء العمل في المدرسة. ولكن الشغل عند الفيزيائيين له معنى آخر أكثر تحديدًا.

تذكّر أن $Fd = \frac{1}{2}mv_f^2 - \frac{1}{2}mv_i^2$، وبإعادة كتابة هذه المعادلة مستخدمين $W = Fd$ ينتج:

$$W = \frac{1}{2}mv_f^2 - \frac{1}{2}mv_i^2$$

فالطرف الأيمن للمعادلة يتضمن كتلة الجسم وسرعته بعد تأثير القوة وقبله، والكمية $\frac{1}{2}mv^2$ تصف خاصية مميزة للنظام.

الطاقة الحركية ما الخاصية المميزة للنظام التي تصفها الكمية $\frac{1}{2}mv^2$؟ إن المركَبة الثقيلة التي تتحرك بسرعة كبيرة تستطيع تدمير الأجسام من حولها، كما أن كرة البيسبول ترتفع إلى مسافات عالية عند قذفها بسرعة كبيرة في الهواء، أيْ أن امتلاك جسم ما لهذه الخاصية يمكّنه من إحداث تغير في ذاته أو فيما يحيط به. وهذه الخاصية المتمثلة في قدرة الجسم على

موقع واجباتي

موقع واجباتي

إحداث تغيير في ذاته أو فيما يحيط به تسمى **الطاقة**. فلكل من المركبة وكرة البيسبول طاقة مرتبطة مع حركة كل منهما. والطاقة الناتجة عن الحركة تسمى **الطاقة الحركية**، ويعبر عنها بالرمز KE.

الطاقة الحركية $KE = \frac{1}{2}mv^2$

الطاقة الحركية لجسمٍ ما تساوي حاصل ضرب نصف كتلة الجسم في مربع سرعته.

عــوّض KE في المعادلــة $W = \frac{1}{2}mv_f^2 - \frac{1}{2}mv_i^2$ فينتــج $W = KE_f - KE_i$، حيث يُمثل الطرف الأيمن من المعادلة الأخيرة الفرق أو التغير في الطاقة الحركية. وهذا يسمى **نظرية الشغل – الطاقة**، والتي تنص على أنه إذا بُذل شغل على جسمٍ ما فإن طاقة حركته تتغير. ويمكن تمثيل هذه النظرية بالمعادلة الآتية:

نظرية الشغل – الطاقة $W = \Delta KE$

الشغل يساوي التغير في الطاقة الحركية.

إن العلاقة بين الشــغل المبذول والتغير في الطاقة الناتجة تم تحديدها في القرن التاسع عشر على يد العالم جيمس بريســكوت جول، وتكريمًا لجهوده أطلق اســمه "**جول**" على وحدة الطاقة (J) **joule**. فمثلاً، إذا تحرّك جســم كتلتــه 2 kg بسرعة 1 m /s فإن طاقته الحركية 1 J أو $1\ kg.m^2/s^2$.

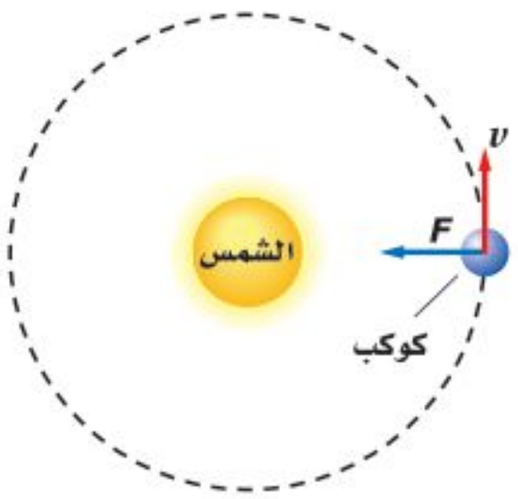
تذكّر أن النظام هو الجسم موضع الدراسة، والمحيط الخارجي هو كل شيء ما عدا الجسم. فمثلاً قد يكون أحد الأنظمة صندوقًا في مســتودع، ويمكــن أن يتكون المحيط الخارجي منك أنت وكتلة الأرض وكل ما هو خارج الصندوق. ويمكن أن تنتقل الطاقة بين المحيط الخارجي والنظام خلال عملية إنجاز الشغل.

ويمكن أن تنتقــل الطاقة في كلا الاتجاهين. فإذا بَذل المحيط الخارجي شــغلاً على النظام فإن الشــغل W يكون موجبًا، وتزداد طاقة النظام. أما إذا بَذل النظام شــغلاً على المحيط الخارجي فإن الشــغل W يكون ســالبًا، وتتناقص طاقة النظام. أيْ أن الشغل هو انتقال الطاقة بطرائق ميكانيكية. وليس لإشــارة الشــغل دلالة اتجاهية؛ فالشغل كمية قياسية، ونستدل من الإشارة على كسب أو فقد النظام للطاقة.

حساب الشغل Calculating Work

إن المعادلة الأولى التي اســتخدمت لحساب الشغل هي $W = Fd$، وتستخدم هذه المعادلة عندما تؤثر قوى ثابتة في اتجاه حركة الجسم فقط. والآن، ماذا يحدث عندما تؤثر القوة في اتجاه متعامد مع اتجاه الحركة؟ للإجابة عن هذا السؤال سندرس حركة كوكبٍ ما حول الشمس، انظر **الشــكل 2–4**. فإذا كان المدار دائريًّا فإن القوة تكون دائمًا متعامدة مع اتجاه الحركة. وقد درست سابقًا أن القوة العمودية على اتجاه حركة جسم ما لا تغير مقدار سرعته، وإنما تغير اتجاه حركته؛ لذا فإن مقدار سرعة الكوكب لا يتغير، أيْ أن طاقته الحركية ثابتة أيضًا.

■ **الشكل 2–4** إذا كان كوكب يدور في مدار دائري، فإن القوة التي يتأثر بها تكون متعامدة مع اتجاه حركته؛ ولذا فإن قوة الجذب لا تبذل شغلاً على الكوكب.



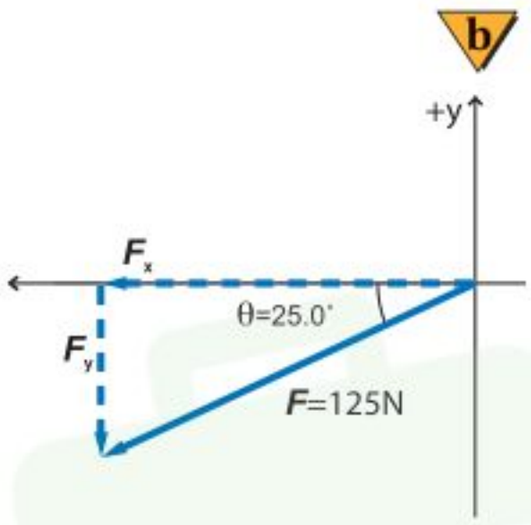
موقع واجباتي

موقع واجباتي

وباستخدام المعادلة $W = \Delta KE$ ستلاحظ أنه عندما تكون الطاقة الحركية ثابتة فإن $\Delta KE = 0$، لذا فإن $W = 0$. وهذا يعني أنه إذا كانت القوة $\boldsymbol{F}$ والإزاحة $\boldsymbol{d}$ متعامدتين فإن $W = 0$.

ولأن الشغل المبذول على جسم ما يساوي التغير في الطاقة، فإن الشغل يُقاس بوحدة الجول أيضًا. يبذل جول واحد من الشغل عندما تؤثر قوة مقدارها 1N في جسم، وتحركه مسافة 1m في اتجاهها. فعندما ترفع تفاحة تزن 1N مسافة 1m فإنك تبذل شغلاً عليها مقداره 1 J.

قوة ثابتة تميل بزاوية على الإزاحة تعلمت سابقًا أن القوة التي تؤثر في اتجاه الحركة تبذل شغلاً يُعبر عنه بالمعادلة $W = Fd$، وأن القوة التي تؤثر في اتجاه متعامد مع اتجاه الحركة لا تبذل شغلاً. فما الشغل الذي تبذله القوة التي تؤثر بزاوية مع اتجاه الحركة؟ فمثلاً، ما الشغل الذي يبذله الشخص الذي يدفع المركبة في **الشكل 3a–4**؟ تعلم أنه يمكن التعامل مع مركّبتي القوة بدلًا من القوة، فإذا استخدمت نظام الإحداثيات في **الشكل 3b–4**، فإن القوة F التي تؤثر في اتجاه ذراع الشخص لها مركبتان: مركبة أفقية F_x، ومركبة رأسية F_y. وباستخدام المعلومات في الرسم، مقدار F يساوي 125 N، والزاوية التي تميل بها على الأفقي 25.0°، يمكن حساب المركّبتين: مقدار المركبة الأفقية F_x يرتبط بمقدار القوة F من خلال اقتران جيب التمام: حيث $\cos 25.0^\circ = F_x / F$. وبحل المعادلة للمركّبة F_x نحصل على $F_x = -F \cos 25.0^\circ = -(125\ \text{N})\ (\cos 25.0^\circ) = -113\ \text{N}$، والإشارة السالبة تعني أن المركّبة الأفقية للقوة في اتجاه اليسار. وباستخدام الطريقة نفسها لحساب المركّبة الرأسيّة نحصل على:



الشكل 3–4 إذا أثرت قوة في مركبة بزاوية، فإن القوة المحصلة التي تبذل الشغل هي مركبة القوة التي تؤثر في اتجاه إزاحة الجسم.

$$F_y = -F \sin 25.0^\circ = -(125\ \text{N})\ (\sin 25.0^\circ) = -52.8\ \text{N}$$

الإشارة السالبة تعني أن القوة إلى أسفل. وحيث إن الإزاحة في اتجاه المحور x؛ لذا فإن المركّبة الأفقية للقوة هي التي تبذل شغلاً فقط، أما المركّبة الرأسية فلا تبذل شغلاً.

إن الشغل الذي تبذله عندما تؤثر بقوة في جسم في اتجاه يصنع زاوية مع اتجاه حركته يساوي حاصل ضرب مركبة القوة في اتجاه إزاحة الجسم في الإزاحة التي تحركها. ويمكن إيجاد مقدار مركّبة القوة المؤثرة في اتجاه الإزاحة؛ وذلك بضرب مقدار القوة $\boldsymbol{F}$ في جيب تمام الزاوية المحصورة بين اتجاه القوة $\boldsymbol{F}$ واتجاه الإزاحة، $F_x = F \cos\theta$. ويمكن تمثيل الشغل المبذول بالمعادلة الآتية:

الشغل (في حالة وجود زاوية بين القوة والإزاحة) $W = Fd \cos\theta$

الشغل يساوي حاصل ضرب القوة والإزاحة في جيب تمام الزاوية المحصورة بين القوة واتجاه الإزاحة.

موقع واجباتي

موقع واجباتي

تتأثر السيارة في أثناء دفعها بقوى أخرى، فأيّ هذه القوى تبذل شغلاً؟

تؤثر قوة الجاذبية إلى أسفل، ويؤثر سطح الأرض بقوة رأسية إلى أعلى، ويؤثر الاحتكاك بقوة أفقية في عكس اتجاه الحركة. أما القوتان المؤثرتان إلى أعلى وإلى أسفل فتكونان متعامدتين مع اتجاه الحركة، ولا تبذلان شغلاً، وتكون الزاوية التي تصنعها هاتان القوتان مع الإزاحة 90°، مما يجعل $\cos\theta = 0$؛ لذا فإن $W = 0$.

إن الشغل المبذول من قوة الاحتكاك يؤثر في اتجاه معاكس لاتجاه الحركة، أي بزاوية 180°. ولأن $\cos 180° = -1$ فإن الشغل المبذول من قوة الاحتكاك يكون دائمًا سالبًا. والشغل السالب المبذول من قوة مؤثرة من المحيط الخارجي يقلّل من الطاقة الحركية للنظام. فإذا توقف الشخص في **الشكل 3a–4** عن الدفع فإن السيارة ستتوقف عن الحركة، أي ستقل طاقتها الحركية.

يزيد الشغل الموجب المبذول بواسطة قوة من طاقة النظام، في حين يؤدي الشغل السالب إلى نقصانها. استخدم "استراتيجيات حل المسألة" الآتية عندما تحلّ المسائل المتعلقة بالشغل.

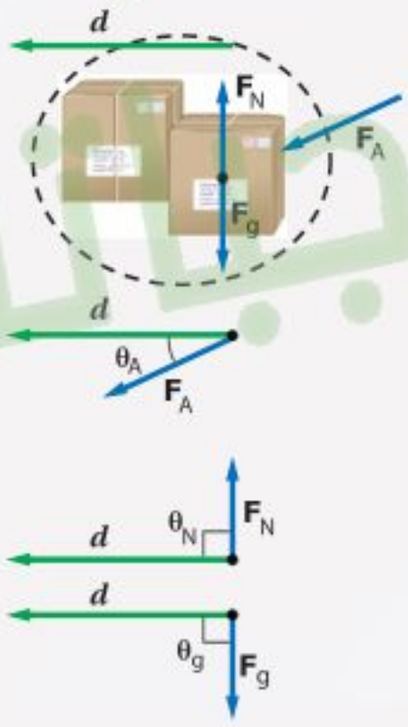
استراتيجية حلّ المسائل

الشغل

إذا أردت حل مسائل تتعلق بالشغل فاستخدم استراتيجية الحل الآتية:

1. ارسم مخطّطًا توضيحيًّا للنظام، ثم وضّح القوة التي تبذل شغلاً.
2. ارسم متجهات القوة والإزاحة للنظام.
3. أوجد الزاوية θ بين كل قوة والإزاحة.
4. احسب الشغل المبذول من كل قوة باستخدام المعادلة $W = Fd\cos\theta$.
5. احسب الشغل الكلي المبذول. وتأكد من إشارة الشغل معتمدًا على اتجاه انتقال الطاقة، فإذا ازدادت طاقة النظام فإن الشغل المبذول من تلك القوة يكون موجبًا، أما إذا تناقصت طاقة النظام فإن الشغل المبذول من تلك القوة يكون سالبًا.

مخطط توضيحي للشغل



موقع واجباتي

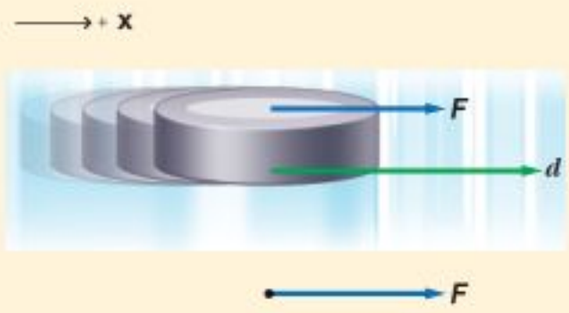
موقع واجباتي

مثـــــال 1

الشغل والطاقة ينزلق قرص هوكي كتلته 105 g على سطح جليدي، فإذا أثر لاعب بقوة ثابتة مقدارها 4.50 N في القرص فحرّكه لمسافة 0.150 m في اتجاه القوة نفسه، فما مقدار الشغل الذي بذله اللاعب على القرص؟ وما مقدار التغير في طاقة القرص؟

1 تحليل المسألة ورسمها

- ارسم مخطّطًا توضيحيًّا للحالة يوضح الظروف الابتدائية.
- كوّن نظامًا إحداثيًّا على أن تكون +x في اتجاه اليمين.
- ارسم مخطط المتجهات.



المعلوم	المجهول
$m = 105\ \text{g}$	$W = ?$
$F = 4.50\ \text{N}$	$\Delta KE = ?$
$d = 0.150\ \text{m}$	

دليل الرياضيات

إجراء العمليات الحسابية باستخدام الأرقام المعنوية 205–204

2 إيجاد الكمية المجهولة

استخدم معادلة الشغل عندما تؤثر قوة ثابتة في اتجاه إزاحة الجسم نفسه.

$W = Fd$

عوّض مستخدمًا $d = 0.150\ \text{m}, F = 4.50\ \text{N}$

$= (4.50\ \text{N})(0.150\ \text{m})$

$= 0.675\ \text{N.m}$

$1\ \text{J} = 1\ \text{N.m}$

$= 0.675\ \text{J}$

استخدم نظرية الشغل – الطاقة لحساب التغير في طاقة النظام.

$W = \Delta KE$

عوّض مستخدمًا $W = 0.675\ \text{J}$

$\Delta KE = 0.675\ \text{J}$

3 تقويم الجواب

- **هل الوحدات صحيحة؟** يُقاس الشغل بوحدة الجول.
- **هل للإشارة معنى؟** إن اللاعب (المحيط الخارجي) يبذل شغلاً على القرص (النظام)؛ لذا فإن إشارة الشغل يجب أن تكون موجبة.

موقع واجباتي

موقع واجباتي

مسائل تدريبية

1. اعتمد على المثال 1 لحل المسألة الآتية:
   a. إذا أثر لاعب الهوكي في القرص، بضعف القوة أي 9.00N، فكيف تتغير طاقة حركة القرص؟
   b. إذا أثر اللاعب بقوة مقدارها 9.00 N في القرص، ولكن بقيت العصا ملامسة للقرص لنصف المسافة فقط، أيْ 0.075 m، فما مقدار التغير في الطاقة الحركية؟
2. يؤثر طالبان معًا بقوة مقدارها 825 N لدفع سيارة مسافة 35 m.
   a. ما مقدار الشغل الذي يبذله الطالبان على السيارة؟
   b. إذا تضاعفت القوة المؤثرة، فما مقدار الشغل المبذول لدفع السيارة إلى المسافة نفسها؟
3. يتسلق رجل جبلاً وهو يحمل حقيبة كتلتها 7.5 kg، وبعد 30.0 min وصل إلى ارتفاع 8.2 m فوق نقطة البداية.
   a. ما مقدار الشغل الذي بذله المتسلق على حقيبة الظهر؟
   b. إذا كان وزن المتسلق 645 N، فما مقدار الشغل الذي بذله لرفع نفسه هو وحقيبة الظهر؟
   c. ما مقدار التغير في طاقة المتسلق والحقيبة؟

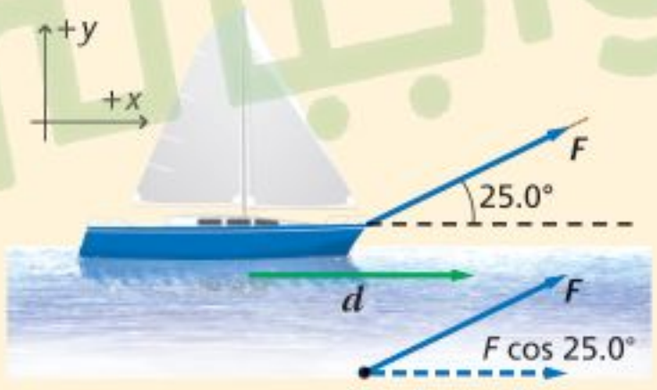
الاجابة في الصفحة التالية

مثـــال 2

القوة والإزاحة بينهما زاوية يسحب بحّار قاربًا مسافة 30.0 m في اتجاه رصيف الميناء مستخدمًا حبلاً يصنع زاوية 25.0° فوق المحور الأفقي. ما مقدار الشغل الذي يبذله البحّار على القارب إذا أثر بقوة مقدارها 255 N في الحبل؟

1 تحليل المسألة ورسمها

- أنشئ محاور الإسناد.
- ارسم مخطّطًا توضيحيًّا للحالة يوضح الشروط الابتدائية للقارب.
- ارسم مخطط المتجهات موضحًا القوة ومركبتها في اتجاه الإزاحة.



المعلوم	المجهول
$F = 255\ \text{N}, d = 30.0\ \text{m}, \theta = 25.0°$	$W = ?$

2 إيجاد الكمية المجهولة

استخدم معادلة الشغل عندما توجد زاوية بين القوة والإزاحة.

عوّض مستخدمًا $F = 255\ \text{N m}, d = 30.0\ \text{m}, \theta = 25.0°$

$$W = Fd\cos\theta$$
$$= (255\ \text{N})(30.0\ \text{m})(\cos 25.0°)$$
$$= 6.93\times10^{3}\ \text{J}$$

دليل الرياضيات

النسب المثلثية 228

3 تقويم الجواب

- **هل الوحدات صحيحة؟** يُقاس الشغل بوحدة الجول.
- **هل للإشارة معنى؟** يبذل البحار شغلًا على القارب، يتوافق مع الإشارة الموجبة للشغل.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2022 - 1444
موقع واجباتي

موقع واجباتي

1. اعتمد على المثال 1 لحل المسألة الآتية:

a. إذا أثر لاعب الهوكي في القرص، بضعف القوة أي 9.00N، فكيف تتغير طاقة حركة القرص؟

لمّا كانت

$$W = Fd \text{ و } \Delta KE = W$$

فإن مضاعفة القوة تؤدي إلى مضاعفة الشغل، ومن ثم يؤدي إلى مضاعفة التغير في الطاقة الحركية ليصبح 1.35 J.

b. إذا أثر اللاعب بقوة مقدارها 9.00 N في القرص، ولكن بقيت العصا ملامسة للقرص لنصف المسافة فقط، أيْ 0.075 m، فما مقدار التغير في الطاقة الحركية؟

لما كانت

$$W = Fd$$

فإن تقليل المسافة إلى النصف سيقلل الشغل إلى النصف، ومن ثم يؤدي إلى تقليل التغير في الطاقة الحركية بمقدار النصف، فيصبح 0.68 J.

2. يؤثر طالبان معًا بقوة مقدارها 825 N لدفع سيارة مسافة 35 m.

a. ما مقدار الشغل الذي يبذله الطالبان على السيارة؟

$$W = Fd = (825\ \text{N})(35\ \text{m})$$

$$= 2.9\times10^4\ \text{J}$$

b. إذا تضاعفت القوة المؤثرة، فما مقدار الشغل المبذول لدفع السيارة إلى المسافة نفسها؟

$$W = Fd$$

$$= (2)(825\ \text{N})(35\ \text{m})$$

أي أن الشغل قد تضاعف $= 5.8\times10^4\ \text{J}$

وزارة التعليم
Ministry of Education
2022 - 1444
موقع واجباتي

موقع واجباتي

3. يتسلق رجل جبلاً وهو يحمل حقيبة كتلتها 7.5 kg، وبعد 30.0 min وصل إلى ارتفاع 8.2 m فوق نقطة البداية.

a. ما مقدار الشغل الذي بذله المتسلق على حقيبة الظهر؟

$$W = Fd$$

$$= mgd$$

$$= (7.5\ \text{kg})(9.80\ \text{m/s}^2)(8.2\ \text{m})$$

$$= 6.0 \times 10^2\ \text{J}$$

b. إذا كان وزن المتسلق 645 N، فما مقدار الشغل الذي بذله لرفع نفسه هو وحقيبة الظهر؟

$$W = Fd + 6.0 \times 10^2\ \text{J}$$

$$= (645\ \text{N})(8.2\ \text{m}) + 6.0 \times 10^2\ \text{J}$$

$$= 5.9 \times 10^3\ \text{J}$$

c. ما مقدار التغير في طاقة المتسلق والحقيبة؟

$$P = \frac{W}{t} = \left(\frac{5.9 \times 10^3\ \text{J}}{30.0\ \text{min}}\right)\left(\frac{1\ \text{min}}{60\ \text{s}}\right)$$

$$= 3.3\ \text{W}$$

موقع واجباتي

موقع واجباتي

الاجابة في الصفحة التالية

مسائل تدريبية

4. إذا كان البحار في المثال 2 يسحب القارب بالقوة نفسها إلى المسافة نفسها ولكن بزاوية 50.0°، فما مقدار الشغل الذي يبذله؟
5. يرفع شخصان صندوقًا ثقيلاً مسافة 15 m بحبلين يصنع كل منها زاوية 15° مع الرأسي، ويؤثر كل من الشخصين بقوة مقدارها 225 N. ما مقدار الشغل الذي يبذلانه؟
6. يحمل مسافر حقيبة سفر وزنها 215 N إلى أعلى سُلّم، بحيث يعمل إزاحة مقدارها 4.20 m في الاتجاه الرأسي و4.60 m في الاتجاه الأفقي.
   a. ما مقدار الشغل الذي بذله المسافر؟
   b. إذا حمل المسافر نفسه حقيبة السفر نفسها إلى أسفل السلم نفسه، فما مقدار الشغل الذي يبذله؟
7. يُستخدم حبل في سحب صندوق مسافة 15.0 m على سطح الأرض، فإذا كان الحبل مربوطًا بحيث يصنع زاوية مقدارها 46.0° فوق سطح الأرض وتؤثر قوة مقدارها 628 N في الحبل، فما مقدار الشغل الذي تبذله هذه القوة؟
8. دفع سائق دراجة هوائية كتلتها 13 kg إلى أعلى تل ميله 25° وطوله 275 m، في اتجاه موازٍ للطريق وبقوة مقدارها 25 N، كما في **الشكل 4–4**، فما مقدار الشغل الذي:
   a. يبذله السائق على دراجته الهوائية؟
   b. تبذله قوة الجاذبية الأرضية على الدراجة الهوائية؟

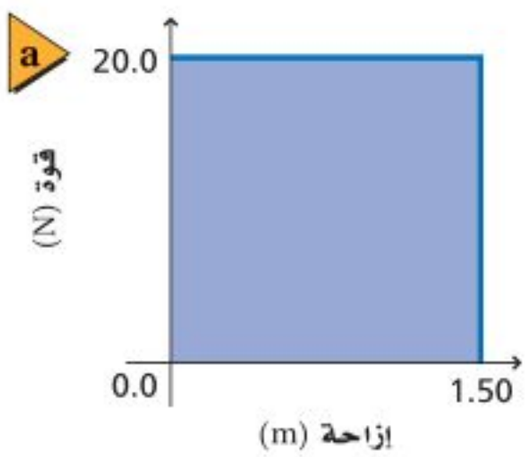
■ **الشكل 4–4**

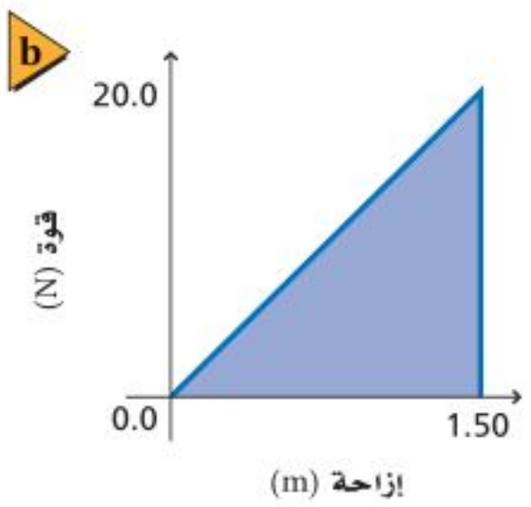
إيجاد الشغل المبذول عندما تتغير القوى المؤثرة إن الرسم البياني للقوة – الإزاحة يمكّنك من حساب الشغل التي تبذله القوة، وتستخدم هذه الطريقة البيانية في حل مسائل تكون فيها القوة المؤثرة متغيرة. ويوضح **الشكل 5a–4** الشغل المبذول من خلال قوة ثابتة مقدارها 20.0 N، والتي تؤثر في جسم ما لرفعه إلى أعلى مسافة 1.50 m. الشغل الذي تبذله هذه القوة الثابتة يمكن تمثيله بالمعادلة: $W = Fd = (20.0\ \text{N})\,(1.50\ \text{m}) = 30.0\ \text{J}$

أما المساحة المظللة تحت المنحنى البياني فتساوي (20.0 N) (1.50 m)، أو 30.0 J، أي أن المساحة تحت المنحنى البياني (القوة – الإزاحة) تساوي الشغل الذي تبذله تلك القوة حتى لو تغيرت تلك القوة.

يوضح **الشكل 5b–4** القوة التي تؤثر في نابض، والتي تتغير خطيًّا من 0.0 إلى 20.0 N عند تعرضه للانضغاط مسافة 1.50 m. إن الشغل الذي بذلته القوة التي عملت على انضغاط النابض يساوي المساحة تحت المنحنى البياني، والتي تمثل مساحة مثلث، حيث تساوي $\left(\frac{1}{2}\right)$ (القاعدة)(الارتفاع)، أو: $W = \frac{1}{2}\,(20.0\ \text{N})\,(1.50\ \text{m}) = 15.0\ \text{J}$

الشغل الذي تبذله عدة قوى يربط قانون نيوتن الثاني في الحركة القوة المحصلة المؤثرة في جسم ما مع تسارعه. وبالطريقة نفسها، تربط نظرية الشغل – الطاقة بين الشغل الكلي المبذول على نظام ما والتغير في طاقته الحركية. فإذا أثرت عدة قوى في نظام، فاحسب الشغل الذي تبذله كل قوة، ثم اجمع النتائج.





■ **الشكل 5–4** يمكن حساب الشغل المبذول بيانيًا بإيجاد المساحة تحت المنحنى البياني للقوة - الإزاحة.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2022 - 1444
موقع واجباتي

موقع واجباتي

4. إذا كان البحار في المثال 2 يسحب القارب بالقوة نفسها إلى المسافة نفسها ولكن بزاوية 50.0°، فما مقدار الشغل الذي يبذله؟

$$W = Fd\cos\theta$$

$$= (255\ \text{N})(30.0\ \text{m})(\cos 50.0^\circ)$$

$$= 4.92\times10^3\ \text{J}$$

5. يرفع شخصان صندوقًا ثقيلاً مسافة 15 m بحبلين يصنع كل منها زاوية 15° مع الرأسي، ويؤثر كل من الشخصين بقوة مقدارها 225 N. ما مقدار الشغل الذي يبذلانه؟

$$W = Fd\cos\theta$$

$$= (2)(225\ \text{N})(15\ \text{m})(\cos 15^\circ)$$

$$= 6.5\times10^3\ \text{J}$$

6. يحمل مسافر حقيبة سفر وزنها 215 N إلى أعلى سُلّم، بحيث يعمل إزاحة مقدارها 4.20 m في الاتجاه الرأسي و4.60 m في الاتجاه الأفقي.

a. ما مقدار الشغل الذي بذله المسافر؟

لما كانت الجاذبية تؤثّر رأسيًّا، فإن الإزاحة الرأسية فقط هي التي تؤخذ في الاعتبار.

$$W = Fd = (215\ \text{N})(4.20\ \text{m}) = 903\ \text{J}$$

b. إذا حمل المسافر نفسه حقيبة السفر نفسها إلى أسفل السلم نفسه، فما مقدار الشغل الذي يبذله؟

تكون القوة إلى أعلى، في حين تكون الإزاحة إلى أسفل؛ لذا فإن:

$$W = Fd\cos\theta$$

$$= (215\ \text{N})(4.20\ \text{m})(\cos 180.0^\circ)$$

$$= -903\ \text{J}$$

وزارة التعليم
Ministry of Education
2022 - 1444

موقع واجباتي

موقع واجباتي

7. يُستخدم حبل في سحب صندوق مسافة 15.0 m على سطح الأرض، فإذا كان الحبل مربوطا بحيث يصنع زاوية مقدارها 46.0° فوق سطح الأرض وتؤثر قوة مقدارها 628 N في الحبل، فما مقدار الشغل الذي تبذله هذه القوة؟

$$W = Fd\cos\theta$$

$$= (628\ \text{N})(15.0\ \text{m})(\cos 46.0°)$$

$$= 6.54\times10^{3}\ \text{J}$$

8. دفع سائق دراجة هوائية كتلتها 13 kg إلى أعلى تل ميله 25° وطوله 275 m، في اتجاه موازٍ للطريق وبقوة مقدارها 25 N، كما في **الشكل 4–4**، فما مقدار الشغل الذي:

■ **الشكل 4–4**

a. يبذله السائق على دراجته الهوائية؟

القوة والإزاحة في الاتجاه نفسه.

$$W = Fd$$

$$= (25\ \text{N})(275\ \text{m})$$

$$= 6.9\times10^{3}\ \text{J}$$

b. تبذله قوة الجاذبية الأرضية على الدراجة الهوائية؟

القوة إلى أسفل (−90°)، وتكون الإزاحة بزاوية 25° فوق الأفقي أو بزاوية 115° عن اتجاه تأثير القوة.

$$W = Fd\cos\theta$$

$$= mgd\cos\theta$$

$$= (13\ \text{kg})(9.80\ \text{m/s}^2)(275\ \text{m})(\cos 115°)$$

$$= -1.5\times10^{4}\ \text{J}$$

موقع واجباتي

موقع واجباتي

القدرة Power

لم تتطرق المناقشات السابقة المتعلقة بالشغل إلى الزمن اللازم لتحريك جسم ما. إن الشغل الذي يبذله شخص ما لرفع صندوق من الكتب إلى رف مثلًا لا يتغير، سواء رُفع الصندوق كاملًا إلى الرف خلال 2 s، أم رفع كل كتاب من الصندوق على حدة، بحيث استغرق رفع كافة كتب الصندوق إلى الرف 20 min، وعلى الرغم من تساوي الشغل في الحالتين إلا أن معدل بذل الشغل يكون مختلفًا في كل حالة، ويطلق مصطلح القدرة على المعدل الزمني لبذل الشغل، أي أن **القدرة** هي الشغل المبذول مقسومًا على الزمن اللازم لبذل الشغل. أو أن القدرة هي المعدل الذي تُغيّر فيه القوة الخارجية طاقة النظام، ويمكن حساب القدرة وفقًا للمعادلة الآتية:

القدرة

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

القدرة تساوي الشغل المبذول مقسومًا على الزمن اللازم لإنجاز الشغل.

انظر **الشكل 6–4** الذي يوضّح ثلاثة طلاب وهم يصعدون سُلّمًا. إذا افترضنا أن كتل الطلاب الثلاثة متساوية، فهذا يعني أن كلًّا منهم ينجز الشغل نفسه، لكن الطالب الذي يسير منفردًا يصعد السلّم مسرعًا مقارنة بالطالبين الذين يسيران معًا، أي أن قدرته على الصعود أكبر من قدرة أي منهما؛ فالطالب المنفرد ينجز الشغل نفسه في وقت أقل. من جهة أخرى، قدرة كل من الطالبين اللذين يسيران معًا على صعود السلّم متساوية؛ لأن كلًّا منهما ينجز الشغل نفسه خلال الفترة الزمنية نفسها.

تُقاس القدرة بوحدة **الواط** (W)، ويساوي الواط الواحد انتقال طاقة مقدارها 1 J خلال فترة زمنية مقدارها 1 s. ووحدة الواط صغيرة بالنسبة للقدرة، فمثلاً إذا رفعت كأس ماء وزنه 2 N مسافة 0.5 m إلى فمك تكون قد بذلت شغلاً مقداره 1 J، وإذا رفعت الكأس خلال 1 s تكون قد بذلت شغلاً بمعدل 1 W، ولأن وحدة الواط صغيرة فإن القدرة تُقاس غالبًا بوحدة الكيلوواط (kW)، وهي تساوي 1000 W. كما تستخدم وحدة الحصان الميكانيكي لقياس القدرة، وهو يساوي 746 W.

الشكل 6–4 يبذل هؤلاء الطلاب شغلاً بمعدلات مختلفة عندما يصعدون السلم.

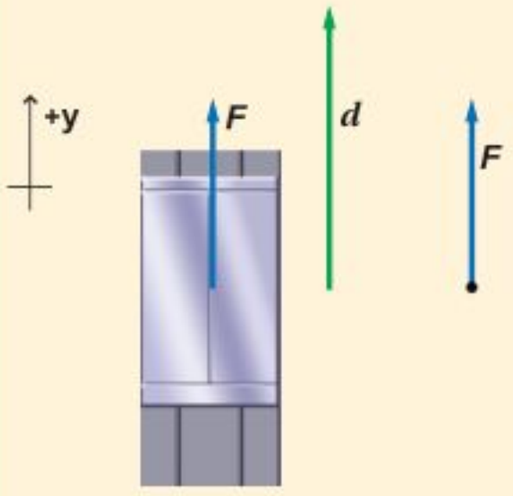
موقع واجباتي

مثـــــال 3

القدرة يرفع محرك كهربائي مصعدًا مسافة 9.00 m خلال 15.0 s بالتأثير بقوة رأسيَّة إلى أعلى مقدارها 1.20×10^4N . ما القدرة التي ينتجها المحرك بوحدة kW؟

1 تحليل المسألة ورسمها

- ارسم مخططًا توضيحيًّا للحالة يوضح المصعد مع الشروط الابتدائية.
- اختر محاور إسناد على أن يكون الاتجاه الموجب رأسيًّا إلى أعلى.
- ارسم مخطط المتجهات للقوة والإزاحة.



المعلوم	المجهول
$d = 9.00\ \text{m}$ $t = 15.0\ \text{s}$ $F = 1.20\times10^4\ \text{N}$	$P = ?$

2 إيجاد الكمية المجهولة

حل بالنسبة للقدرة.

دليل الرياضيات

إجراء العمليات الرياضية بدلالتها العلمية 213–212

عوّض مستخدمًا $W=Fd$

عوّض مستخدمًا $F=1.20\times10^4\ \text{N}, d=9.00\ \text{m}, t=15.0\ \text{s}$

$$\begin{aligned} P &= \frac{W}{t} \\ &= \frac{Fd}{t} \\ &= \frac{(1.20\times10^4\ \text{N})(9.00\ \text{m})}{(15.0\ \text{s})} \\ &= 7.20\ \text{kW} \end{aligned}$$

3 تقويم الجواب

- **هل الوحدات صحيحة؟** تُقاس القدرة بوحدة J /s.
- **هل للإشارة معنى؟** تتفق الإشارة الموجبة مع الاتجاه الرأسي للقوة المؤثرة إلى أعلى.

مسائل تدريبية

9. رُفع صندوق يزن 575 N رأســيًّا إلى أعلى مسافة 20.0 m بحبل قوي موصول بمحرك. فإذا تم إنجاز العمل خلال 10.0 s، فما القدرة التي يولدها المحرك بوحدة W ووحدة kW؟

10. إذا كنت تدفع عربة يدوية مســافة 60.0 m وبسرعة ثابتة المقدار مدة 25.0 s، وذلك بالتأثير بقوة مقدارها 145 N في اتجاه أفقي

a. فما مقدار القدرة التي تولدها؟

b. وإذا كنت تحرك العربة بضعف مقدار السرعة، فما مقدار القدرة التي تولدها؟

11. ما مقدار القدرة التي تولدها مضخة في رفع 35 L من الماء كل دقيقة من عمق 110 m؟ [كل 1 L من الماء كتلته 1.00 kg]

12. يولــد محرك كهربائي قدرة 65 kW لرفع مصعد مكتمل الحمولة مســافة 17.5 m خــلال 35 s. ما مقدار القوة التي يبذلها المحرك؟

الاجابة في الصفحة التالية

وزارة التعليم
Ministry of Education
2022 - 1444

موقع واجباتي

موقع واجباتي

9. رُفع صندوق يزن 575 N رأسـيًّا إلى أعلى مسافة 20.0 m بحبل قوي موصول بمحرك. فإذا تم إنجاز العمل خلال 10.0 s، فما القدرة التي يولدها المحرك بوحدة W ووحدة kW؟

$$P = \frac{W}{t} = \frac{Fd}{t} = \frac{(575\ \text{N})(20.0\ \text{m})}{10.0\text{s}}$$

$$= 1.15\times10^{3}\ \text{W} = 1.15\ \text{kW}$$

10. إذا كنت تدفع عربة يدوية مسـافة 60.0 m وبسرعة ثابتة المقدار مدة 25.0 s، وذلك بالتأثير بقوة مقدارها 145 N في اتجاه أفقي

a. فما مقدار القدرة التي تولدها؟

$$P = \frac{W}{t} = \frac{Fd}{t} = \frac{(145\ \text{N})(60.0\ \text{m})}{25.0\ \text{s}} = 348\ \text{W}$$

b. وإذا كنت تحرك العربة بضعف مقدار السرعة، فما مقدار القدرة التي تولدها؟

بمضاعفة السرعة يقل الزمن t إلى النصف، ومن ثم تتضاعف القدرة P فتصبح 696 W.

11. ما مقدار القدرة التي تولدها مضخة في رفع 35 L من الماء كل دقيقة من عمق 110 m؟ [كل 1 L من الماء كتلته 1.00 kg]

$$P = \frac{W}{t} = \frac{mgd}{t} = \left(\frac{m}{t}\right) gd$$

ولما كانت:

$$\frac{m}{t} = (35\ \text{L/min})(1.00\ \text{kg/L})$$

فإن:

$$P = \left(\frac{m}{t}\right) gd$$

$$= (35\ \text{L/min})(1.00\ \text{kg/L})(9.80\ \text{m/s}^2)(110\ \text{m})(1\ \text{min}/60\ \text{s})$$

$$= 0.63\ \text{kW}$$

موقع واجباتي

موقع واجباتي

12. يولـد محرك كهربائي قدرة 65 kW لرفع مصعد مكتمل الحمولة مسـافة 17.5 m خـلال 35 s. ما مقدار القوة التي يبذلها المحرك؟

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

$$F = \frac{Pt}{d} = \frac{(65\times10^{3}\ W)(35\ s)}{17.5\ m}$$

$$= 1.3\times10^{5}\ N$$

13. صُمّمت رافعة ليتم تثبيتها على شـاحنة كما في **الشـكل 7–4**، ولدى اختبار قدرتها ربطت الرافعة بجسـم وزنه يعادل أكبر قوة تسـتطيع الرافعة التأثير بها، ومقدارها $6.8 \times 10^{3}\ N$، فرفعت الجسـم مسـافة 15 m مولدة قدرة مقدارها 0.30 kW. ما الزمن الذي احتاجت إليه الرافعة لرفع الجسم؟

■ **الشكل 7–4**

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

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

$$= \frac{(6.8\times10^{3}\ N)(15\ m)}{(0.30\times10^{3}\ W)} = 340\ s$$

$$= 5.7\ min$$

وزارة التعليم
Ministry of Education
2022 - 1444

موقع واجباتي

موقع واجباتي

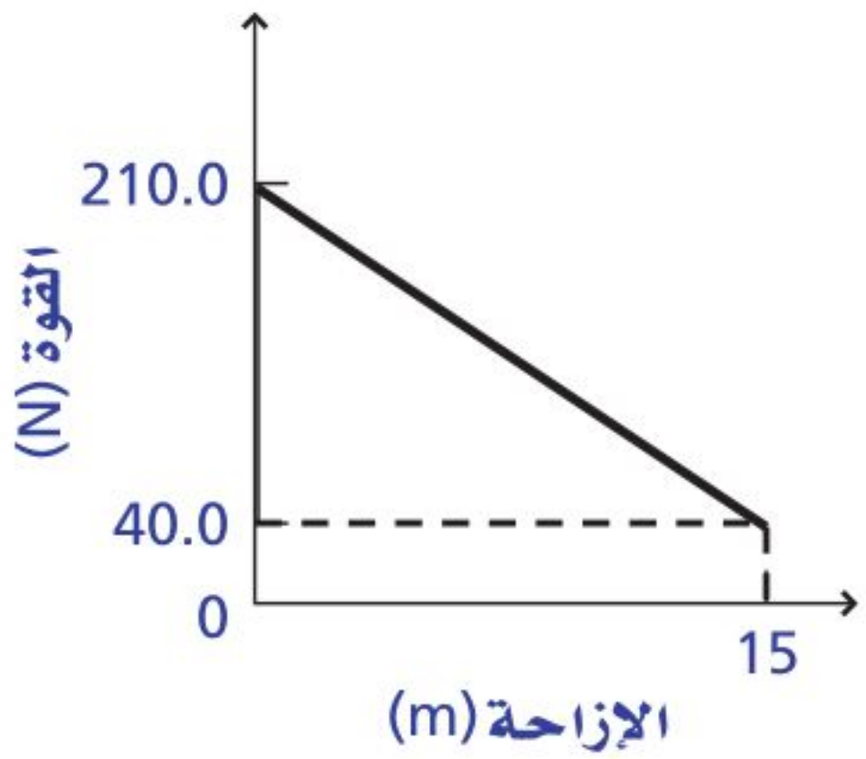
14. توقفت سيارتك فجأة وقمت بدفعها، ولاحظت أن القوة اللازمة لجعلها تستمر في الحركة آخذة في التناقص مع استمرار حركة السيارة. افترض أنه خلال مسافة 15 m الأولى تناقصت قوتك بمعدل ثابت من 210.0 N إلى 40.0 N، فما مقدار الشغل الذي بذلته على السيارة؟ ارسم المنحنى البياني القوة – الإزاحة لتمثل الشغل المبذول خلال هذه الفترة.

الشغل المبذول يساوي مساحة شبه المنحرف أسفل الخط الغامق:

$$W = \frac{1}{2} d(F_1 + F_2)$$

$$= \frac{1}{2}(15\ \text{m})(210.0\ \text{N} + 40.0\ \text{N})$$

$$= 1.9 \times 10^3\ \text{J}$$



موقع واجباتي

موقع واجباتي

لاحظت في المثال 3 أنه عندما تكون القوة والإزاحة في الاتجاه نفسه فإن $P = \frac{Fd}{t}$.

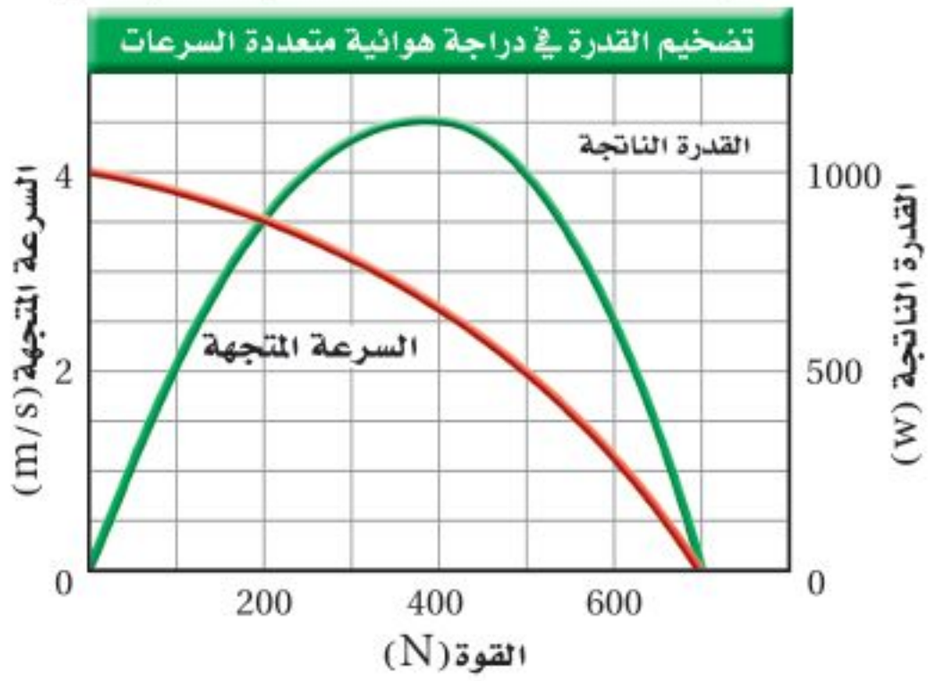
ولأن النسبة $\frac{d}{t}$ تمثل مقدار السرعة فإن القدرة يمكن حسابها باستخدام العلاقة $P = Fv$ أيضًا.

تطبيق الفيزياء

كيف تحدد الوضع المناسب لناقل السرعات عندما تركب دراجة هوائية متعددة السرعات؟ بكل تأكيد أنت ترغب في جعل جسمك ينتج أكبر قدرة ممكنة. إذا أخذت المعادلة $P = Fv$ في الاعتبار فسوف تلاحظ أن القدرة تكون صفرًا عندما تكون السرعة صفرًا، أو تكون القوة صفرًا. وفي المقابل لكي تكون القدرة أكبر ما يمكن لا بد أن تكون كل من القوة والسرعة أكبر ما يمكن، لكن عضلات أجسامنا تعجز عن التأثير بقوى كبيرة جدًّا، كما تعجز عن التحرك بسرعات كبيرة جدًّا، ولذلك فإن مزيجًا من سرعة معتدلة وقوة معتدلة سينتج أكبر كمية من القدرة. وكما تخضع عضلات أجسامنا لمحددات تخضع المحركات أيضًا لمحددات. يوضح **الشكل 8–4** ذلك عن طريق حالة خاصة لمحرك؛ حيث إن أقصى قدرة منتجة تفوق 1000 W عندما تكون القوة 400 N تقريبًا ومقدار السرعة 2.6 m /s تقريبًا، وجميع المحركات عليها محددات، ولذلك تصمم الآلات البسيطة بحيث تتلاءم القوة ومقدار السرعة اللتان يولدهما المحرك بحسب ما يتطلبه إنجاز عمل ما دون تجاوز محددات المحرك. وستتعلم المزيد عن الآلات البسيطة في القسم الآتي.

سباق جولات الدراجات في فرنسا

يقود سائق دراجته الهوائية في مسابقة جولات الدراجات الهوائية في فرنسا بسرعة 8.94 m/s أكثر من 6 h يوميًا. القدرة الناتجة للمتسابق 1 kW تقريبًا، حيث يُستهلك ربع تلك القدرة في تحريك الدراجة الهوائية ضد مقاومة الهواء ومبدّل السرعات والعجلات، ثلاثة أرباع تلك القدرة تُستهلك لتبريد جسم المتسابق.



الشكل 8–4 عندما تركب دراجة هوائية متعددة السرعات فإنها تضخم قدرتك؛ فإذا أثرت عضلاتك بقوة مقدارها 400 N، وكانت السرعة 2.6 m/s فإن القدرة الناتجة ستزيد على 1000 W. لاحظ أن الرسم البياني يعبر عن علاقتين: العلاقة بين السرعة والقوة (باللون الأحمر)، والعلاقة بين القدرة الناتجة والقوة (باللون الأخضر).

موقع واجباتي

موقع واجباتي

4–1 مراجعة

15. الشغل تدفع مريم جسمًا كتلته 20 kg مسافة 10 m على أرضية غرفة بقوة أفقية مقدارها 80 N. احسب مقدار الشغل الذي تبذله مريم.

$$W = Fd = (80\ \text{N})(10\ \text{m}) = 8\times10^2\ \text{J}$$

الكتلة ليست مهمة في هذه المسألة.

16. الشغل يدفع عاملٌ ثلاجةً كتلتها 185 kg بسرعة ثابتة إلى أعلى لوح مائل عديم الاحتكاك طوله 10.0 m ويميل بزاوية 11.0° على الأفقي؛ لتحميلها على سيارة نقل. ما مقدار الشغل الذي يبذله العامل؟

$$y = (10.0\ \text{m})(\sin 11.0°)$$

$$= 1.91\ \text{m}$$

$$W = Fd = mgd\sin\theta$$

$$= (185\ \text{kg})(9.80\ \text{m/s}^2)(10.0\ \text{m})(\sin 11.0°)$$

$$= 3.46\times10^3\ \text{J}$$

17. الشغل والقدرة هل يعتمد الشغل اللازم لرفع كتاب إلى رف عالٍ، على مقدار سرعة رفعه؟ وهل تعتمد القدرة على رفع الكتاب على مقدار سرعة رفعه؟ وضح إجابتك.

لا، الشغل لا يعتمد على الزمن. في حين أن القدرة تعتمد على الزمن، حيث تعتمد القدرة المطلوبة على مقدار سرعة رفعك للكتاب.

18. القدرة يرفع مصعد جسمًا كتلته 1.1×10^3 kg مسافة 40.0 m خلال 12.5 s. ما القدرة التي يولدها المصعد؟

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

$$= \frac{(1.1\times10^3\ \text{kg})(9.80\ \text{m/s}^2)(40.0\ \text{m})}{12.5\ \text{s}}$$

$$= 3.4\times10^4\ \text{W}$$

19. الشغل تسقط كرة كتلتها 0.180 kg مسافة 2.5 m، فما مقدار الشغل الذي تبذله قوة الجاذبية الأرضية على الكرة؟

$$W = F_g d = mgd$$

$$= (0.180\ \text{kg})(9.80\ \text{m/s}^2)(2.5\ \text{m})$$

$$= 4.4\ \text{J}$$

20. الكتلة ترفع رافعة صندوقًا مسافة 1.2 m، وتبذل عليه شغلاً مقداره 7.0 kJ. ما مقدار كتلة الصندوق؟

$$W = Fd = mgd$$

لذا فإن

$$m = \frac{W}{gd} = \frac{7.0\times10^3\ \text{J}}{(9.80\ \text{m/s}^2)(1.2\ \text{m})}$$

$$= 6.0\times10^2\ \text{kg}$$

موقع واجباتي

موقع واجباتي

4–1 مراجعة

21. **الشغل** تحمل أنت وزميلك صندوقين متماثلين من الطابق الأول في مبنى إلى غرفة تقع في نهاية ممر في الطابق الثاني. فإذا اخترت أن تحمل الصندوق إلى أعلى الدرج ثم تمر عبر الممر لتصل إلى الغرفة، في حين اختار زميلك أن يحمل صندوقه من الممر في الطابق الأول ثم يصعد به سلّما رأسيًّا إلى أن يصل إلى الغرفة، فأيكما يبذل شغلًا أكبر؟

كلاهما يبذل مقدار الشغل نفسه. وفي الحالتين يؤخذ في الحسبان الارتفاع والقوة الرأسية فقط.

22. **الشغل وطاقة الحركة** إذا تضاعفت الطاقة الحركية لجسم بفعل شغل مبذول عليه، فهل تتضاعف سرعة الجسم؟ إذا كان الجواب بالنفي فما النسبة التي تتغير بها سرعة الجسم؟

تتناسب الطاقة الحركية مع مربع السرعة؛ لذا فإن مضاعفة الطاقة تؤدي إلى مضاعفة مربع السرعة. فتتزايد السرعة بالمعامل $\sqrt{2}$ أو 1.4.

23. **التفكير الناقد** وضح كيفية إيجاد التغير في طاقة نظام إذا أثرت فيه ثلاث قوى في آنٍ واحد.

بما أن الشغل عبارة عن التغير في الطاقة الحركية، لذا احسب الشغل الذي بذلته كل قوة. يمكن أن يكون الشغل موجبًا أو سالبًا أو صفرًا اعتمادًا على الزاوية بين القوة وإزاحة الجسم. ويمثل مجموع الكميات الثلاث (للشغل) التغير في طاقة النظام.

موقع واجباتي

موقع واجباتي
رابط الدرس الرقمي
www.ien.edu.sa

4–2 الآلات Machines

يستخدم الناس الآلات يوميًّا، فبعضها أدوات بسيطة، ومنها فتّاحة الزجاجات ومفك البراغي، وبعضها الآخر مركبًا، ومنها الدراجة الهوائية والسيارة. وسواء كانت هذه الآلات تُدار بالمحركات أم بقوى بشرية فهي تؤدي في النهاية إلى تسهيل أداء المهام، كما تؤدي **الآلة** إلى تخفيف الحمل، وذلك بتغيير مقدار القوة أو اتجاهها؛ حتى تتناسب القوة مع مقدرة الآلة أو الشخص.

فوائد الآلات Benefits of Machines

لندرس فتّاحة الزجاجات المبينة في **الشكل 9–4**، فعندما تستخدم هذه الأداة فإنك ترفع طرفها البعيد، لذا تكون قد بذلت شغلًا على الفتاحة، التي بدورها تبذل شغلا على الغطاء عندما ترفعه. ويُسمى الشغل الذي بذلته أنت في هذه الحالة الشغل المبذول W_i، أما الشغل الذي بذلته الأداة فيسمى الشغل الناتج W_o.

تذكّر أن الشغل هو عملية انتقال الطاقة بالطرائق الميكانيكية. فأنت خزنت شغلاً في الأداة كفتاحة الزجاجات مثلاً؛ لذا تكون قد نقلت طاقة إلى هذه الأداة. وفي المقابل بذلت فتاحة الزجاجات شغلاً على الغطاء؛ ولذا فقد نقلت الطاقة إليه. لا تعد فتاحة الزجاجات مصدر طاقة، ولذلك لا يكتسب الغطاء طاقة تزيد على كمية الطاقة التي خزنتها في فتاحة الزجاجات. وهذا يعني أن الشغل الناتج لا يمكن أن يكون أكبر من الشغل المبذول.

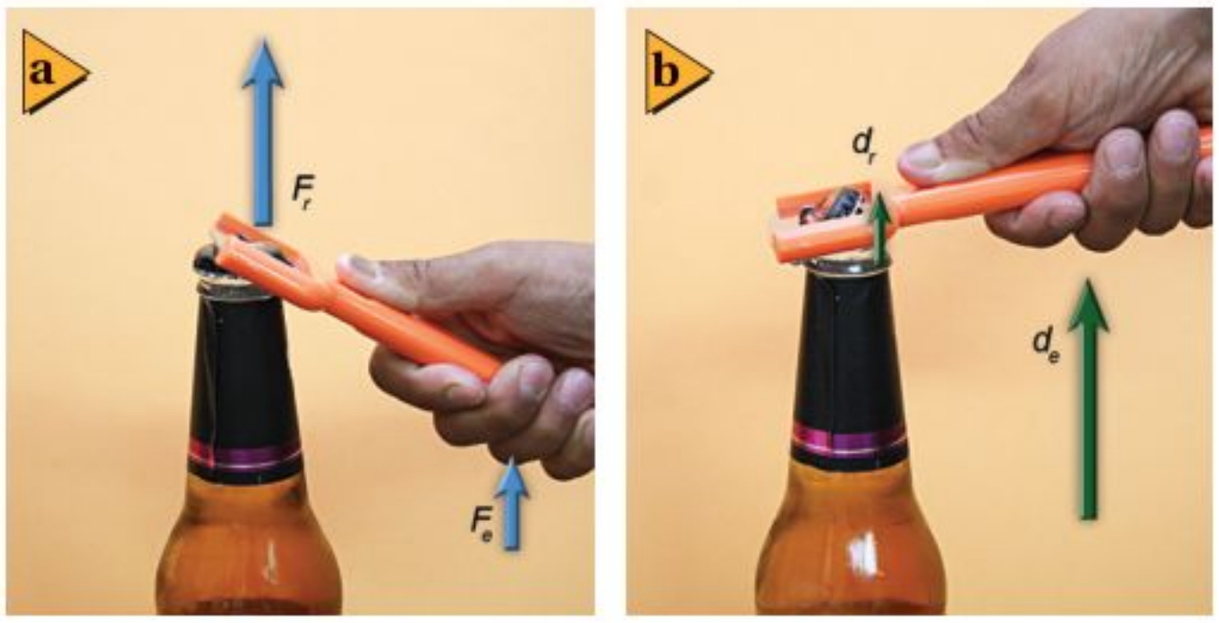
الفائدة الميكانيكية إن القوة التي أثرت في الآلة بواسطة شخص ما تسمى **القوة المسلّطة** F_e (المبذولة)، أو اختصارًا القوة. أما القوة التي أثرت بها الآلة فتُسمى **المقاومة** F_r. يبين لنا **الشكل 9a–4**، أن F_e (القوة) هي قوة رأسية إلى أعلى أثرت بواسطة الشخص عند استخدام فتاحة الزجاجات، وأن (المقاومة) F_r هي قوة رأسية إلى أعلى أثرت بواسطة فتاحة الزجاجات، وتُسمى نسبة المقاومة إلى القوة $\frac{F_r}{F_e}$ **الفائدة الميكانيكية** MA للآلة.

الأهداف

- **توضح** فوائد الآلات البسيطة.
- **تميّز** بين الآلات المثالية والآلات الحقيقية من حيث كفاءتها.
- **تحلل** الآلات المركبة مبينًا الآلات البسيطة التي تكونت منها.
- **تحسب** كفاءة الآلات البسيطة والمركبة.

المفردات

الآلة
القوة (المسلّطة)
المقاومة
الفائدة الميكانيكية
الفائدة الميكانيكية المثالية
الكفاءة
الآلة المركبة



تساعد الآلة على نقل الطاقة من الشخص إلى فتاحة الزجاجات بصورة بسيطة.

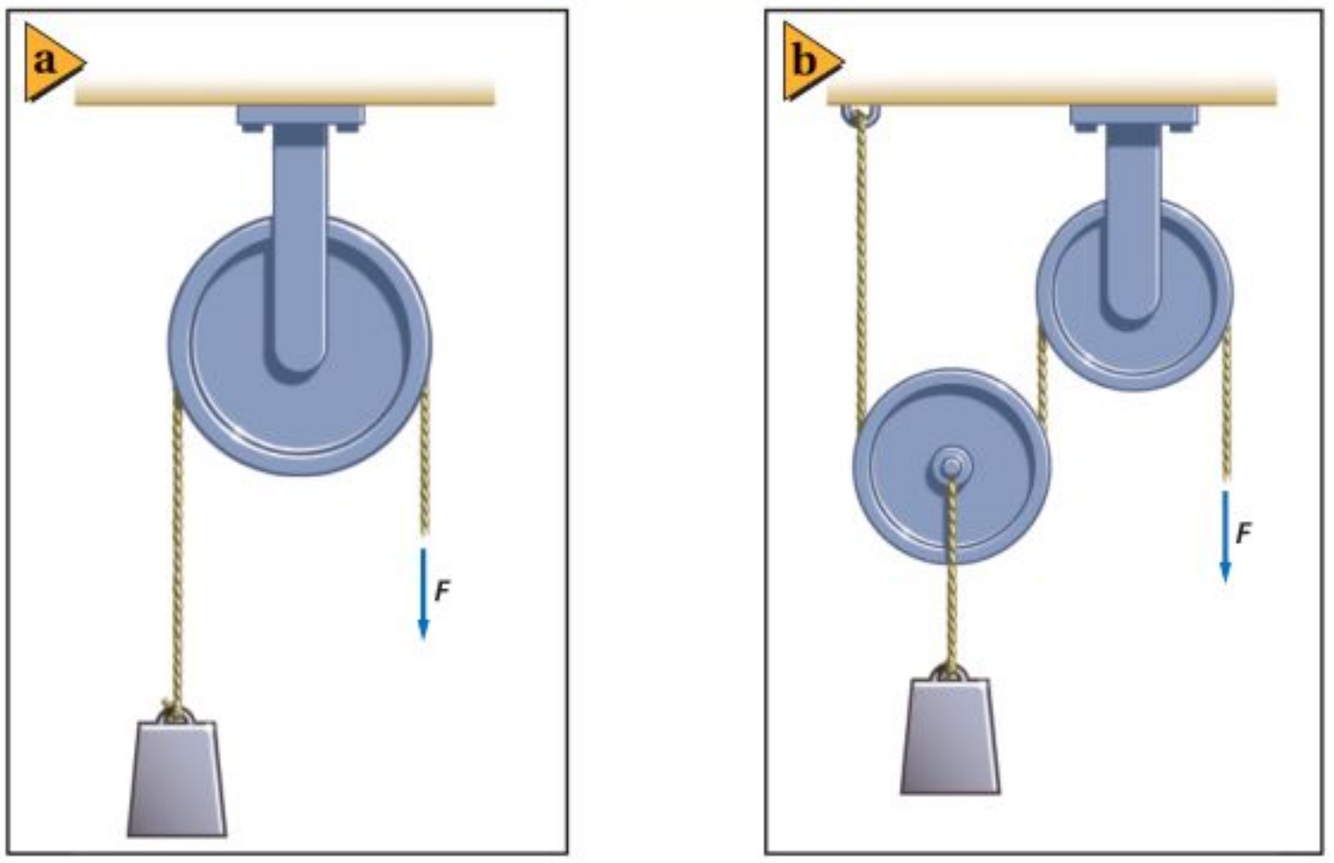
■ **الشكل 9–4 تُعد فتّاحة الزجاجات مثالاً على الآلات البسيطة؛ إذ تسهّل عملية فتح الزجاجات، ولكنها لا تقلّل من الشغل اللازم لذلك.**

موقع واجباتي

موقع واجباتي

الفائدة الميكانيكية $MA = \frac{F_r}{F_e}$

الفائدة الميكانيكية للآلة تساوي ناتج قسمة المقاومة على القوة.



■ **الشكل 10–4 الفائدة الميكانيكية للبكرة الثابتة تساوي 1 (a). ونظام البكرات الذي يحوي بكرة قابلة للحركة له فائدة ميكانيكية تزيد على 1 (b).**

القوتان F_e وF_r متساويتان في نظام البكرة الثابتة الموضحة في **الشكل 10a–4** . لذا فـإن MA تسـاوي 1، فما فائدة هذه الآلة؟ تُعد البكرة الثابتة مفيدة، ليس لأنها تقلّل من القوة المسـلطة، ولكن لأنها تغير من اتجاهها. إن الكثير من الآلات- ومنها فتّاحة الزجاجات في **الشكل 9–4** ونظام البكرات في **الشـكل 10b–4**- لهما فائدة ميكانيكية أكـبر من 1، فعندما تكون الفائدة الميكانيكية أكبر من 1 فإن الآلة تعمل على زيادة القوة التي أثر بها شخص ما.

تسـتطيع أن تعبر عن الفائدة الميكانيكية للآلة بطريقة أخرى مستخدمًا تعريف الشغل؛ حيث إن الشغل المبذول يسـاوي حاصل ضرب القوة F_e التي يؤثر بها شخص ما في الإزاحة التي تحركتها يده (d_e)، والشـغل الناتج يساوي حاصل ضرب المقاومة F_r في إزاحة المقاومة (d_r)، وكما أسلفنا لا تستطيع الآلة زيادة الطاقة، لكنها تستطيع زيادة القوة. أما الآلة المثالية فتستطيع نقل الطاقة كلها؛ لذا فإن الشغل الناتج يساوي الشغل المبذول.

$$F_r d_r = F_e d_e \text{ أو } W_o = W_i$$

ويمكن إعادة كتابة هذه المعادلة على الصورة $\frac{F_r}{F_e} = \frac{d_e}{d_r}$. تذكّر أن الفائدة الميكانيكية يُعبر عنها بالمعادلـة $MA = \frac{F_r}{F_e}$؛ لذا فإن **الفائدة الميكانيكية المثالية** (IMA) للآلة المثالية تسـاوي إزاحة القوة مقسومة على إزاحة المقاومة. ويمكن التعبير عن الفائدة الميكانيكية المثالية بالمعادلة الآتية:

الفائدة الميكانيكية المثالية $IMA = \frac{d_e}{d_r}$

الفائدة الميكانيكية المثالية للآلة المثالية تساوي إزاحة القوة مقسومة على إزاحة المقاومة.

لاحظ أنك قسِـت المسافات لحسـاب الفائدة الميكانيكية المثالية، في حين قست القوى المؤثرة لإيجاد الفائدة الميكانيكية الفعلية.

موقع واجباتي

موقع واجباتي

الكفاءة يكون الشغل المبذول في الآلات الحقيقية أكبر من الشغل الناتج. وأن إزالة الطاقة من النظام تعني أن هناك نقصانًا في الشغل الذي تنتجه الآلة، ونتيجة لذلك تكون الآلة أقل كفاءة (فاعلية) عند إنجاز المهمة. ويمكن تعريف **كفاءة** الآلة (e) على أنها نسبة الشغل الناتج إلى الشغل المبذول.

الكفاءة $e = \frac{W_o}{W_i} \times 100$

إن كفاءة الآلة (كنسبة مئوية %) تساوي الشغل الناتج مقسومًا على الشغل المبذول مضروبًا في العدد 100.

إن الآلة المثالية لها شغل ناتج يساوي الشغل المبذول، حيث إن $\frac{W_o}{W_i} = 1$ وكفاءتها تساوي 100 % . وجميع الآلات الحقيقية كفاءتها أقل من 100 %.

يمكن التعبير عن الكفاءة بدلالة الفائدة الميكانيكية والفائدة الميكانيكية المثالية، حيث تحتسب الكفاءة e من النسبة $\frac{W_o}{W_i}$ والتي يمكن كتابتها على النحو الآتي: $\frac{W_o}{W_i} = \frac{F_r d_r}{F_e d_e}$

ولأن $MA = \frac{F_r}{F_e}$ و $IMA = \frac{d_e}{d_r}$، فإنه يمكن التعبير عن الكفاءة على النحو الآتي:

تجربة عملية

كيف تساعدك البكرات على رفع الأشياء؟

ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة عين الإثرائية

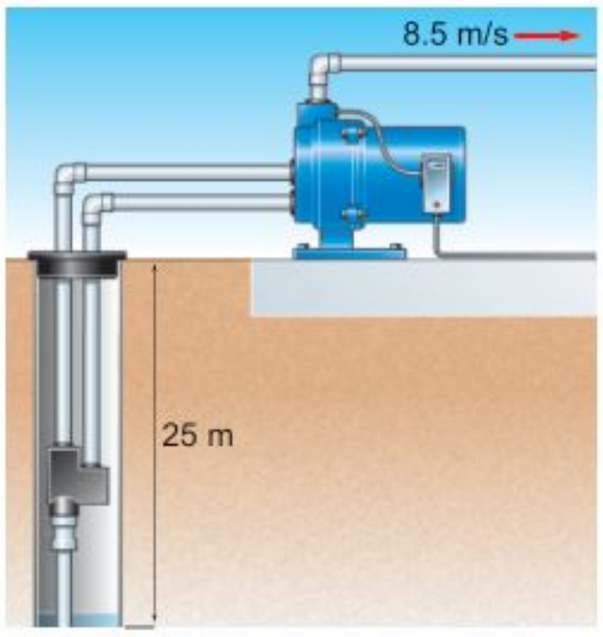
الكفاءة $e = \frac{MA}{IMA} \times 100$

إن كفاءة الآلة (كنسبة مئوية %) تساوي فائدتها الميكانيكية مقسومة على فائدتها الميكانيكية المثالية مضروبة في العدد 100.

يحدّد تصميم الآلات فائدتها الميكانيكية المثالية؛ فالآلة ذات الكفاءة العالية لها فائدة ميكانيكية تساوي غالبًا كفاءتها الميكانيكية المثالية، وللحصول على قوة المقاومة نفسها فإنه يجب التأثير بقوة أكبر في الآلة ذات الكفاءة المتدنية مقارنة بالآلة ذات الكفاءة العالية.

مسألة تحفيز

تسحب مضخة كهربائية الماء بمعدل $0.25\ m^3/s$ من بئر عمقها 25 m، فإذا كان الماء يتدفق خارجًا من المضخة بسرعة 8.5 m /s



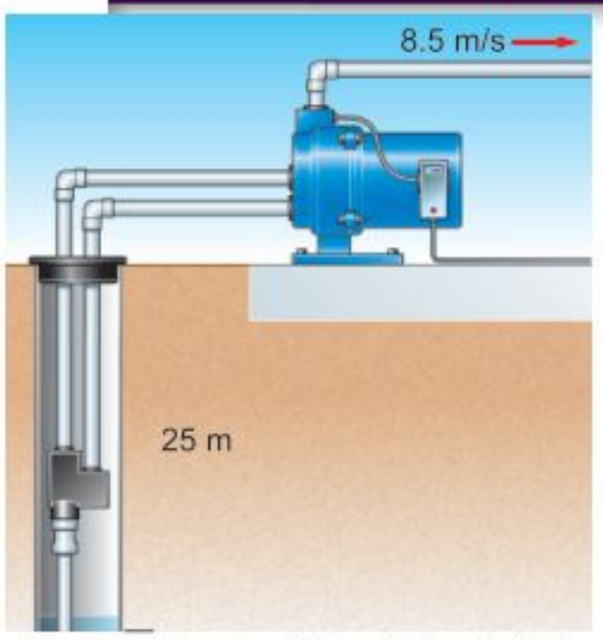
(الأبعاد في الصورة ليست بمقياس رسم)

1. ما القدرة اللازمة لرفع الماء إلى السطح؟
2. ما القدرة اللازمة لزيادة الطاقة الحركية للمضخة؟
3. إذا كانت كفاءة المضخة 80 %، فما القدرة التي يجب تزويد المضخة بها؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2022 - 1444
موقع واجباتي

موقع واجباتك

مسألة تحفيز



(الأبعاد في الصورة ليست بمقياس رسم)

تسحب مضخة كهربائية الماء بمعدل $0.25\ m^3/s$ من بئر عمقها $25\ m$، فإذا كان الماء يتدفق خارجًا من المضخة بسرعة $8.5\ m/s$

1. ما القدرة اللازمة لرفع الماء إلى السطح؟

الشغل المبذول في عملية الرفع يساوي $F_g d = mgd$؛ لذا فإن القدرة تساوي:

$$P_{\text{الرفع}} = \frac{W}{t} = \frac{F_g d}{t} = \frac{mgd}{t}$$

$$= \frac{(0.25\ m^3)(1.00\times10^3\ kg/m^3)(9.80\ m/s^2)(25\ m)}{1.0\ s}$$

$$P_{\text{الرفع}} = 6.1\times10^4\ W$$

$$= 61\ kW$$

2. ما القدرة اللازمة لزيادة الطاقة الحركية للمضخة؟

الشغل المبذول في زيادة الطاقة الحركية للمضخة يساوي $\frac{1}{2}mv^2$؛ لذا فإن:

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

$$= \frac{\Delta KE}{t}$$

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

$$= \frac{mv^2}{2t}$$

$$= \frac{(0.25\ m^3)(1.00\times10^3\ k/gm^3)(8.5\ m/s)^2}{(2)(1.0\ s)}$$

$$= 9.0\times10^3\ W = 9.0\ kW$$

وزارة التعليم
Ministry of Education
2022 - 1444
موقع واجباتك

موقع واجباتي

مسألة تحفيز

3. إذا كانت كفاءة المضخة 80 %، فما القدرة التي يجب تزويد المضخة بها؟

$$e = \frac{W_o}{W_i} \times 100$$

$$= \frac{\frac{W_o}{t}}{\frac{W_i}{t}} \times 100$$

$$= \frac{P_o}{P_i} \times 100$$

$$P_i = \frac{P_o}{e} \times 100 = \frac{9.0 \times 10^3\ W}{80} \times 100$$

$$= 1.1 \times 10^4\ W$$

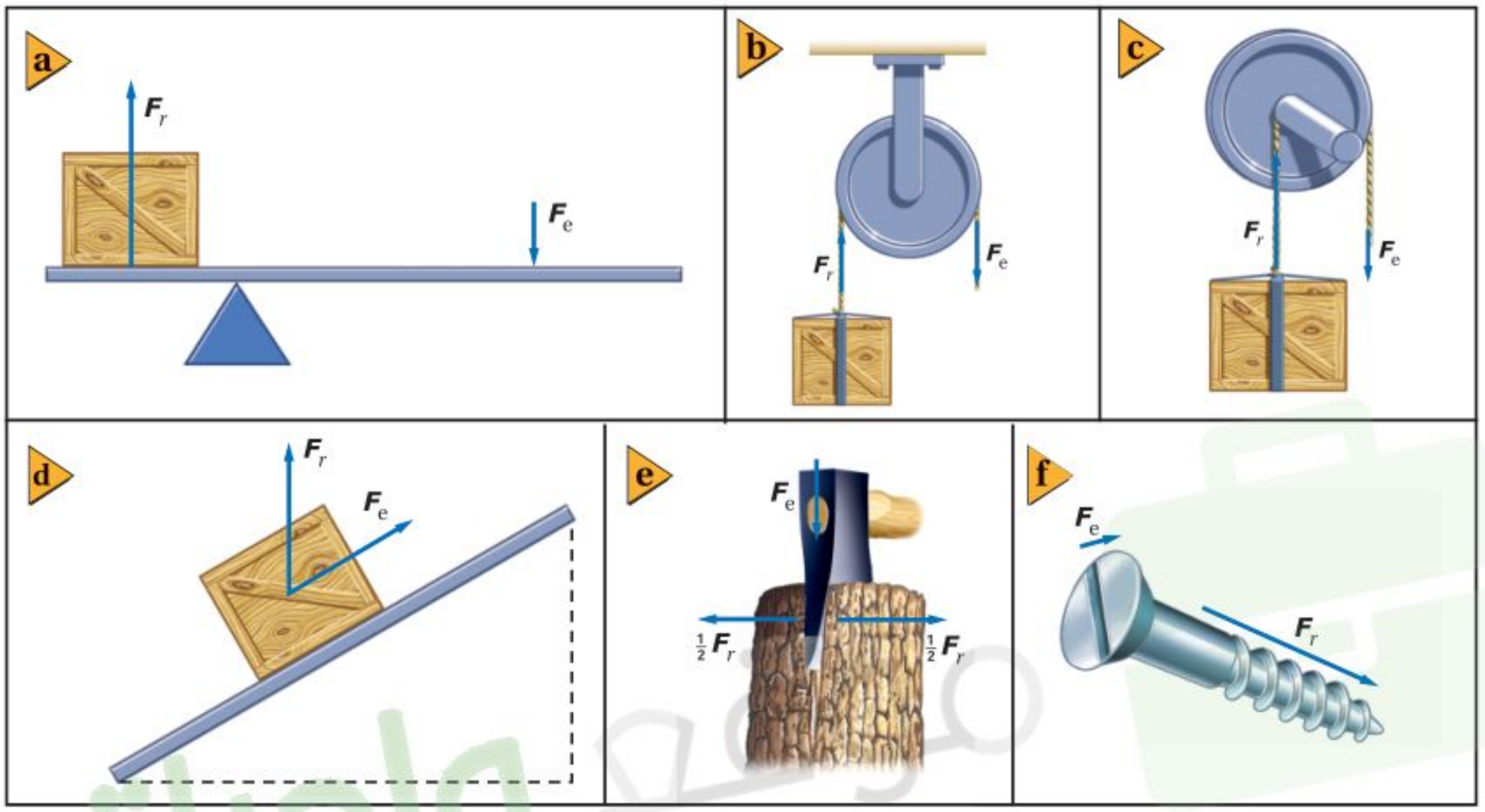
$$= 11\ kW$$

موقع واجباتي

موقع واجباتي

الآلات المركّبة Compound Machines

تتركب معظم الآلات بغض النظر عن مستوى تعقيدها من آلة بسيطة واحدة أو أكثر من الآلات الآتية: الرافعة، البكرة، العجلة والمحور، المستوى المائل، الوتد (الإسفين) البرغي. انظر **الشكل 11–4**.



■ **الشكل 11–4** آلات بسيطة تشتمل على (**a**) رافعة، (**b**) بكرة، (**c**) عجلة ومحور، (**d**) مستوى مائل، (**e**) إسفين (وتد) و (**f**) برغي.

إن الفائدة الميكانيكية المثالية (IMA) لكل الآلات الموضحة في **الشكل 11–4** هي النسبة بين المسافات المقطوعة، ويمكن استبدال هذه النسبة للآلات "كالرافعة" و"العجلة والمحور" مثلاً، بنسبة المسافات بين النقاط التي أثرت عندها كل من القوة والمقاومة ونقطة الارتكاز.

تعتبر عجلة القيادة -كما في **الشكل 12–4** - مثالًا شائعًا للعجلة والمحور؛ حيث تكون الفائدة الميكانيكية المثالية (IMA) هي النسبة بين نصفي قطري العجلة والمحور.

الآلة المركّبة هي الآلة التي تتكون من آلتين بسيطتين أو أكثر ترتبطان معًا، بحيث تصبح المقاومة لإحدى هذه الآلات قوة (مسلطة) للآلة الأخرى.

■ **الشكل 12–4** الفائدة الميكانيكية المثالية (*IMA*) لعجلة القيادة تساوي $\frac{r_e}{r_r}$.

موقع واجباتي

موقع واجباتي

■ **الشكل 13–4** تتراكب مجموعة من الآلات البسيطة لكي تنقل القوة التي يبذلها السائق على دوّاسة الدراجة إلى الطريق.

تعمل كل من الدوّاسة وناقل الحركة الأمامي، في الدراجة الهوائية، عمل العجلة والمحور. حيث تكون القوة (المسلّطة) هي القوة التي يؤثر بها السائق في الدوّاسة (F السائق على الدوّاسة)، أما المقاومة فهي القوة التي يؤثر بها ناقل الحركة الأمامي في السلسلة (F ناقل الحركة على السلسلة) كما في **الشكل 13–4**. وتؤثر السلسلة بقوة (مسلطة) في ناقل الحركة الخلفي (F السلسلة على ناقل الحركة) تساوي القوة المؤثرة في السلسلة. ويعمل ناقل الحركة والإطار الخلفي عمل عجلة ومحور إضافيين.

المقاومة هي القوة التي يؤثر بها الإطار في الطريق (F الإطار على الطريق). وبحسب قانون نيوتن الثالث، فإن الأرض تؤثر بقوة مساوية في الإطار نحو الأمام، مؤدية إلى تسارع الدراجة الهوائية إلى الأمام.

الفائدة الميكانيكية (MA) للآلة المُركّبة تساوي حاصل ضرب الفوائد الميكانيكية للآلات البسيطة التي تتكون منها، فمثلاً تكون الفائدة الآلية في حالة الدراجة الهوائية في **الشكل 13–4** على النحو الآتي:

$$\text{MA} = \text{MA}_{\text{الآلة 1}} \times \text{MA}_{\text{الآلة 2}}$$

$$\text{MA} = \left(\frac{F_{\text{ناقل الحركة على السلسلة}}}{F_{\text{السائق على الدوّاسة}}}\right)\left(\frac{F_{\text{الإطار على الطريق}}}{F_{\text{السلسلة على ناقل الحركة}}}\right) = \left(\frac{F_{\text{الإطار على الطريق}}}{F_{\text{السائق على الدواسة}}}\right)$$

إن الفائدة الميكانيكية المثالية IMA لكل آلة عجلة ومحور هي نسبة المسافات المقطوعة.

فبالنسبة للدوّاسة وناقل الحركة فإن:

$$\text{IMA} = \frac{\text{نصف قطر الدواسة}}{\text{نصف قطر ناقل الحركة الأمامي}}$$

وبالنسبة للإطار الخلفي فإن:

$$\text{IMA} = \frac{\text{نصف قطر ناقل الحركة الخلفي}}{\text{نصف قطر الإطار}}$$

وأمّا بالنسبة للدراجة الهوائية، فإن:

$$\text{IMA} = \left(\frac{\text{نصف قطر الدواسة}}{\text{نصف قطر ناقل الحركة الأمامي}}\right)\left(\frac{\text{نصف قطر ناقل الحركة الخلفي}}{\text{نصف قطر الإطار}}\right)$$

$$= \left(\frac{\text{نصف قطر الدواسة}}{\text{نصف قطر الإطار}}\right)\left(\frac{\text{نصف قطر ناقل الحركة الخلفي}}{\text{نصف قطر ناقل الحركة الأمامي}}\right)$$

ولأن ناقلي الحركة يستخدمان السلسلة نفسها ولهما حجم المسننات نفسه، فإنك تستطيع

تجربة

العجلة والمحور

يعمل ناقل الحركة في الدراجة الهوائية على مضاعفة المسافة التي تقطعها. فماذا يفعل بالنسبة للقوة؟.

1. ثبت نظام العجلة والمحور على قضيب دعم قوي.
2. لف سلكًا طوله 1 m في اتجاه حركة عقارب الساعة حول المحور.
3. لف قطعة سلك أخرى طولها 1 m في عكس اتجاه حركة عقارب الساعة حول العجلة التي لها قطر كبير.
4. علّق جسمًا كتلته 500 g من نهاية السلك على العجلة الأكبر.

تحذير: تجنب سقوط الجسم.

5. اسحب السلك من المحور إلى أسفل بحيث يرتفع الجسم مسافة 10 cm.

التحليل والاستنتاج

6. ماذا لاحظت على القوة التي أثرت بها في السلك الذي في يدك؟

القوة التي تعيق الدولاب سوف تساوي وزن الكتلة (4.9N) مضروبة في نسبة أقطار الدولاب

7. ماذا لاحظت على المسافة التي تحتاج إليها يدك لرفع الجسم؟ وضح النتائج بدلالة الشغل المبذول على كل من السلكين.

عندما تسحب السلك إلى أسفل مسافة قليلة ترتفع الكتلة مسافة كبيرة مرة أخرى فإن المسافات ومن ثم الشغل سوف يتناسبان مع أقطار الدولاب

موقع واجباتي

موقع واجباتي

حساب عدد المسننات لإيجاد (IMA) على النحو الآتي:

$$IMA = \left(\frac{\text{طول ذراع الدواسة}}{\text{نصف قطر الإطار}}\right)\left(\frac{\text{عدد مسننات ناقل الحركة الخلفي}}{\text{عدد مسننات ناقل الحركة الأمامي}}\right)$$

يُعدّ تغيير ناقل الحركة في الدراجة الهوائية طريقة لتعديل نسبة أنصاف أقطار ناقل الحركة للحصول على الفائدة الميكانيكية المطلوبة. فإذا كانت دوّاسة الدراجة الهوائية في أعلى دورتها أو أسفلها، فإن مقدار القوة الرأسية التي تؤثر بها إلى الأسفل ليس مهمًّا؛ فالدوّاسة لن تدور. إن قوة قدمك تكون أكثر فاعلية عندما تؤثر القوة في اتجاه عمودي على ذراع الدوّاسة؛ حيث يكون عندها عزم الدوران أكبر ما يمكن. افترض دائمًا أن القوة المؤثرة في الدوّاسة يكون اتجاهها عموديًّا على ذراعها، أي أنها تعطي أكبر عزم ممكن.

مثال 4

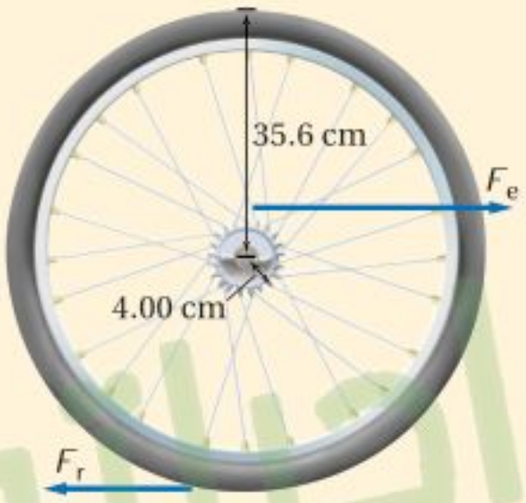
الفائدة الميكانيكية تفحصت الإطار الخلفي لدراجتك الهوائية فوجدت أن نصف قطره 35.6 cm، ونصف قطر ناقل الحركة 4.0 cm، وعندما تسحب السلسلة بقوة مقدارها 155 N فإن حافة الإطار تتحرك مسافة 14.0 cm، فإذا كانت كفاءة هذا الجزء من الدراجة الهوائية 95.0%، فاحسب مقدار:

a. الفائدة الميكانيكية المثالية (IMA) للإطار وناقل الحركة.

b. الفائدة الميكانيكية MA للإطار وناقل الحركة.

c. قوة المقاومة.

d. مسافة سحب السلسلة لتحريك حافة الإطار مسافة 14.0 cm.



1 تحليل المسألة ورسمها

- ارسم مخططًا توضيحيًّا للعجلة والمحور.
- ارسم المخطط التوضيحي لمتجهات القوة.

المعلوم	المجهول
$r_e = 4.00\ \text{cm},\ e = 95.0\,\%$	$IMA = ?\ \ F_r = ?$
$r_r = 35.6\ \text{cm},\ d_r = 14.0\ \text{cm}$	$MA = ?\ \ d_e = ?$
$F_e = 155\ \text{N}$	

2 إيجاد الكمية المجهولة

a. إيجاد الفائدة الميكانيكية المثالية (IMA).

بالنسبة لآلة العجلة والمحور فإن IMA تساوي نسبة نصفي قطريهما.

$$IMA = \frac{r_e}{r_r}$$

عوض مستخدمًا $r_e = 4.00\ \text{cm}$، $r_r = 35.6\ \text{cm}$

$$= \frac{4.00\ \text{cm}}{35.6\ \text{cm}}$$

$$= 0.112$$

b. إيجاد الفائدة الميكانيكية MA.

دليل الرياضيات

فصل المتغير 215

$$e = \frac{MA}{IMA} \times 100$$

$$MA = \left(\frac{e}{100}\right) \times \text{IMA}$$

عوض مستخدمًا $IMA = 0.112$، $e = 95.0\%$

$$MA = \left(\frac{95.0}{100}\right) \times 0.112 = 0.106$$

موقع واجباتي

موقع واجباتي

c. إيجاد القوة.

$$MA = \frac{F_r}{F_e}$$

$$F_r = [MA]\,[F_e] = [0.106]\,[155\ N] = 16.4\ N$$ عوض مستخدمًا $MA = 0.106$، $F_e = 155\ N$

d. إيجاد المسافة.

$$IMA = \frac{d_e}{d_r}$$

$$d_e = [IMA]\,[d_r]$$

$$= [0.112]\,[14.0\ cm] = 1.57\ cm$$ عوض مستخدمًا $IMA = 0.112$، $d_r = 14.0\ cm$

3 تقويم الجواب

- **هل الوحدات صحيحة؟** تقاس القوة بوحدة نيوتن، والمسافة بوحدة السنتمتر.
- **هل الجواب منطقي؟** الفائدة الميكانيكية المثالية (IMA) قليلة للدراجة الهوائية؛ لأنّه في مقابل قوة مسلطة (F_e) كبيرة نحصل على d_r كبيرة. وتكون MA أقل من IMA دائمًا. ولأن MA قليلة فإن F_r ستكون قليلة أيضًا. إن المسافة القليلة التي يتحركها المحور تقابلها مسافة كبيرة يتحركها الإطار، ولذا فإن d_e ينبغي أن تكون قليلة.

مسائل تدريبية

24. إذا تضاعف نصف قطر ناقل الحركة في الدراجة الهوائية في المثال 4، في حين بقيت القوة المؤثرة في السلسلة والمسافة التي تحركتها حافة الإطار دون تغيير، فما الكميات التي تتغير؟ وما مقدار التغير؟

25. تُستخدم مطرقة ثقيلة لطرق إسفين في جذع شجرة لتقسيمه، وعندما ينغرس الإسفين مسافة 0.20 m في الجذع فإنه ينفلق مسافة مقدارها 5.0 cm. إذا علمت أن القوة اللازمة لفلق الجذع هي $1.7 \times 10^4\ N$، وأن المطرقة تؤثر بقوة $1.1 \times 10^4\ N$، فاحسب مقدار:

a. الفائدة الميكانيكية المثالية (IMA) للإسفين.

b. الفائدة الميكانيكية (MA) للإسفين.

c. كفاءة الإسفين إذا اعتبرناه آلة.

26. يستخدم عامل نظام بكرة عند رفع صندوق كرتون كتلته 24.0 kg مسافة 16.5 m كما في **الشكل 14–4**. فإذا كان مقدار القوة المؤثرة 129 N وسُحب الحبل مسافة 33.0 m.

الشكل 14–4

a. ما مقدار الفائدة الميكانيكية (MA) لنظام البكرة؟

b. ما مقدار كفاءة النظام؟

27. إذا أثرت بقوة مقدارها 225 N في رافعة لرفع صخرة وزنها $1.25 \times 10^3\ N$ مسافة 13 cm، وكانت كفاءة الرافعة 88.7% فما المسافة التي تحركتها نهاية الرافعة من جهتك؟

28. تتكون رافعة من ذراع نصف قطره 45 cm، يتصل الذراع بأسطوانة نصف قطرها 7.5 cm، ملفوف حولها حبل، ومن الطرف الثاني للحبل يتدلى الثقل المراد رفعه. عندما تدور الذراع دورة واحدة، تدور الأسطوانة دورة واحدة أيضًا.

a. ما مقدار الفائدة الميكانيكية المثالية (IMA) لهذه الآلة؟

b. إذا كانت فاعلية الآلة 75 % فقط نتيجة تأثير قوة الاحتكاك، فما مقدار القوة التي يجب التأثير بها في مقبض الذراع ليؤثر بقوة مقدارها 750 N في الحبل؟

موقع واجباتي

موقع واجباتي

24. إذا تضاعف نصف قطر ناقل الحركة في الدراجة الهوائية في المثال 4، في حين بقيت القوة المؤثرة في السلسلة والمسافة التي تحركتها حافة الإطار دون تغيير، فما الكميات التي تتغير؟ وما مقدار التغير؟

$$IMA = \frac{r_e}{r_r} = \frac{8.00\ \text{cm}}{35.6\ \text{cm}} = 0.225\ \text{(تضاعفت)}$$

$$MA = \left(\frac{e}{100}\right) IMA = \frac{95.0}{100}(0.225)$$

$$= 0.214\ \text{(تضاعفت)}$$

$$MA = \frac{F_r}{F_e}$$

$$F_r = (MA)(F_e)$$

$$= (0.214)(155\ \text{N})$$

$$= 33.2\ \text{N}$$

$$IMA = \frac{d_e}{d_r}$$

لذا فإن

$$d_e = (IMA)(d_r)$$

$$= (0.225)(14.0\ \text{cm})$$

$$= 3.15\ \text{cm}$$

موقع واجباتي

موقع واجباتي

25. تستخدم مطرقة ثقيلة لطرق إسفين في جذع شجرة لتقسيمه، وعندما ينغرس الإسفين مسافة 0.20 m في الجذع فإنه ينفلق مسافة مقدارها 5.0 cm. إذا علمت أن القوة اللازمة لفلق الجذع هي 1.7×10^4 N، وأن المطرقة تؤثر بقوة 1.1×10^4 N، فاحسب مقدار:

a. الفائدة الميكانيكية المثالية (IMA) للإسفين.

$$IMA = \frac{d_e}{d_r} = \frac{(0.20\ \text{m})}{(0.050\ \text{m})} = 4.0$$

b. الفائدة الميكانيكية (MA) للإسفين.

$$MA = \frac{F_r}{F_e}$$

$$= \frac{(1.7 \times 10^4\ \text{N})}{(1.1 \times 10^4\ \text{N})} = 1.5$$

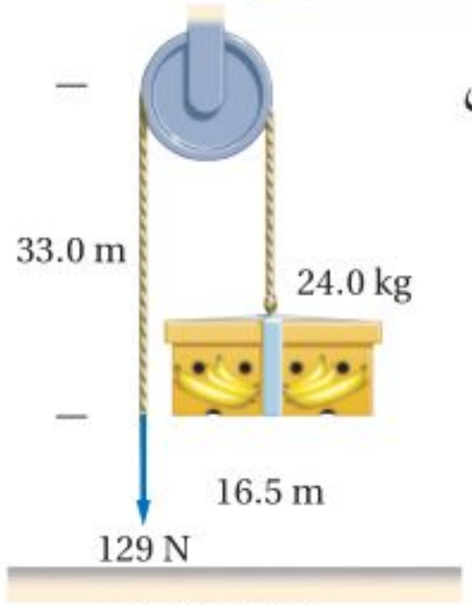
c. كفاءة الإسفين إذا اعتبرناه آلة.

$$e = \frac{MA}{IMA} \times 100$$

$$= \frac{1.5}{4.0} \times 100 = 38\%$$

موقع واجباتي

موقع واجباتي



الشكل 14–4

26. يستخدم عامل نظام بكرة عند رفع صندوق كرتون كتلته 24.0 kg مسافة 16.5 m كما في **الشكل 14–4**. فإذا كان مقدار القوة المؤثرة 129 N وسُحب الحبل مسافة 33.0 m.

a. ما مقدار الفائدة الميكانيكية (MA) لنظام البكرة؟

$$MA = \frac{F_r}{F_e} = \frac{mg}{F_e}$$

$$= \frac{(24.0\ \text{kg})(9.80\ \text{m/s}^2)}{129\ \text{N}}$$

$$= 1.82$$

b. ما مقدار كفاءة النظام؟

$$e = \left(\frac{MA}{IMA}\right) \times 100$$

$$= \frac{(MA)(100)}{\frac{d_e}{d_r}}$$

$$= \frac{(MA)(d_r)(100)}{d_e}$$

$$= \frac{(1.82)(16.5\ \text{m})\ (100)}{33.0\ \text{m}}$$

$$= 91.0\%$$

موقع واجباتي

27. إذا أثـــرت بقوة مقدارهـــا 225 N في رافعة لرفع صخرة وزنها 1.25×10^3 N مســـافة 13 cm، وكانت كفاءة الرافعة 88.7% فما المسافة التي تحركتها نهاية الرافعة من جهتك؟

$$e = \frac{W_o}{W_i}\times 100$$

$$= \frac{F_r d_r}{F_e d_e}\times 100$$

لذا فإن

$$d_e = \frac{F_r d_r (100)}{e F_e}$$

$$= \frac{(1.25\times10^3\ \text{N})(0.13\ \text{m})(100)}{(88.7)\ (225\ \text{N})} = 0.81\ \text{m}$$

28. تتكون رافعة من ذراع نصف قطره 45 cm، يتصل الذراع بأسطوانة نصف قطرها 7.5 cm، ملفوف حولها حبل، ومن الطرف الثاني للحبل يتدلى الثقل المراد رفعه. عندما تدور الذراع دورة واحدة، تدور الأسطوانة دورة واحدة أيضًا.

a. ما مقدار الفائدة الميكانيكية المثالية (IMA) لهذه الآلة؟

قارن بين إزاحة القوة المسلطة وإزاحة المقاومة لدورة واحدة.

$$IMA = \frac{d_e}{d_r} = \frac{(2\pi)45\ \text{cm}}{(2\pi)7.5\ \text{cm}} = 6.0$$

b. إذا كانت فاعلية الآلة 75 % فقط نتيجة تأثير قوة الاحتكاك، فما مقدار القوة التي يجب التأثير بها في مقبض الذراع ليؤثر بقوة مقدارها 750 N في الحبل؟

$$e = \left(\frac{MA}{IMA}\right)\times 100$$

$$= \frac{F_r}{(F_e)(IMA)}\times 100$$

لذا فإن

$$F_e = \frac{(F_r)(100)}{(IMA)e}$$

$$= \frac{(750\ \text{N})(100)}{(6.0)\ (75)} = 1.7\times10^2\ \text{N}$$

موقع واجباتي

دراجة هوائية متعددة نواقل الحركة يستطيع السائق في الدراجة الهوائية المتعددة نواقل الحركة تغيير الفائدة الميكانيكية للآلة، وذلك باختيار الحجم المناسب لأحد ناقلي الحركة أو كليهما. ففي حالة التسارع أو صعود تلة فإن السائق يزيد الفائدة الميكانيكية المثالية لكي يزيد القوة التي يؤثر بها الإطار في الطريق. ولزيادة IMA يحتاج السائق إلى جعل نصف قطر ناقل الحركة الخلفي كبيرًا مقارنة بنصف قطر ناقل الحركة الأمامي (اعتمادًا على معادلة IMA). وهكذا عندما يؤثر السائق بالقوة نفسها يؤثر الإطار في الطريق بقوة أكبر، لكن على السائق أن يدور الدواسة عددًا أكبر من الدورات ليدور الإطار دورة واحدة.

من جهة أخرى، تحتاج قيادة الدراجة الهوائية بسرعة كبيرة على طريق مستوٍ إلى قوة أقل، ولذلك يتوجب على السائق اختيار مجموعة ناقل الحركة، بحيث يكون ناقل الحركة الخلفي صغيرًا وناقل الحركة الأمامي كبيرًا، وفي هذه الحالة تكون الفائدة الميكانيكية المثالية قليلة، أي أنه عندما يؤثر السائق بالقوة نفسها، فإن الإطار يؤثر في الطريق بقوة أقل، لكن لا يحتاج السائق إلى تدوير الدواسات بمقدار كبير لكل دورة واحدة للإطار.

يعمل ناقل الحركة في السيارة بالطريقة السابقة نفسها، فمثلاً تحتاج السيارة إلى قوة كبيرة لتكتسب تسارعًا عندما تبدأ الحركة من السكون، ولتحقيق ذلك يزيد ناقل الحركة من الفائدة الميكانيكية المثالية. أما عندما تكون السيارة متحركة بسرعة عالية فهي تحتاج إلى قوة صغيرة، للمحافظة على سرعتها، لذلك يقلل ناقل الحركة من الفائدة الميكانيكية المثالية. وعلى الرغم من أن عدّاد السرعة يشير إلى سرعة كبيرة، فإن عدّاد الدورات يشير إلى سرعة زاويّة صغيرة للمحرك.

آلة المشي البشرية The Human Walking Machine

يمكن توضيح حركة الجسم البشري بالمبادئ نفسها للقوة والشغل التي تصف كل أنواع الحركة، فجسم الإنسان أيضًا مزود بآلات بسيطة على هيئة رافعات تمنحه القدرة على السير والركض، إلا أن أنظمة الرافعات في جسم الإنسان أكثر تعقيدًا ولكل نظام منها الأجزاءُ الرئيسة الآتية:

1. قضيب صلب (العظام)
2. مصدر قوة (انقباض العضلات)
3. نقطة ارتكاز (المفاصل المتحركة بين العظام)
4. مقاومة (وزن جزء الجسم أو الشيء الذي يتم رفعه أو تحريكه)

يوضح **الشكل 15–4** الأجزاء المكونة لنظام الرافعة في قدم الإنسان. إن قيمة كفاءة النظام للروافع في جسم الإنسان ليست عالية، والفوائد الميكانيكية لها محدودة. وهذا يفسر حاجة الجسم إلى الطاقة (حرق السعرات الحرارية) في حال المشي أو العدو البطيء، ممّا يساعد الناس على تقليل الوزن.

■ **الشكل 15–4** آلة المشي البشرية.

موقع واجباتي

موقع واجباتي

عندما يسير الإنسان يعمل الورك بوصفه نقطة ارتكاز، ويتحرك عظم الورك خلال قوس دائري مركزه القدم، كما يتحرك مركز كتلة الجسم، باعتباره مقاومة، حول نقطة الارتكاز نفسها وعلى القوس نفسه، ويكون نصف قطر القوس الدائري هو طول الرافعة المكونة من عظام الساق. ويسعى الرياضيون في سباقات المشي إلى زيادة سرعتهم، وذلك بأرجحة الورك نحو الأعلى لزيادة نصف القطر.

إن الأشخاص الطوال القامة لديهم أنظمة رافعة فائدتها الميكانيكية أقل من الأشخاص القصار القامة، فعلى الرغم من أن الأشخاص الطوال القامة يستطيعون المشي أسرع من الأشخاص القصار القامة إلا أنه على الشخص الطويل التأثير بقوة أكبر لتحريك الرافعة الطويلة المكوّنة من عظام الساق.

فكيف يكون أداء الشخص الطويل في مسابقة المشي؟ وما العوامل التي تؤثر في أدائه؟ بسبب طول المسافة في سباقات المشي 20 km أو 50 km ،وانخفاض كفاءة أنظمة الرافعة لدى الطوال القامة وطول مضمار المشي؛ لذا تقل لديهم القدرة على الاحتمال والمواصلة للفوز.

2–4 مراجعة

29. **الآلات البسيطة** صنف الأدوات أدناه إلى رافعة، أو عجلة ومحور، أو مستوى مائل، أو إسفين، أو بكرة.
    a. مفك براغي
    b. كمّاشة
    c. إزميل
    d. نزّاعة الدبابيس

30. **الفائدة الميكانيكية المثالية (IMA)** يتفحص عامل نظام بكرات متعددة؛ وذلك لتقدير أكبر جسم يمكن أن يرفعه. فإذا كانت أكبر قوة يمكن للعامل التأثير بها رأسيًّا إلى أسفل مساوية لوزنه 875 N، وعندما يحرك العامل الحبل مسافة 1.5 m فإن الجسم يتحرك مسافة 0.25 m، فما وزن أثقل جسم يمكنه رفعه؟

31. **الآلات المُركّبة** للونش ذراع نصف قطر دورانه 45 cm، يُدوِّر أسطوانة نصف قطرها 7.5 cm خلال مجموعة من نواقل الحركة، بحيث يدور الذراع ثلاث دورات لتدور الأسطوانة دورة واحدة. فما مقدار الفائدة الميكانيكية المثالية (IMA) لهذه الآلة المُركّبة؟

32. **الكفاءة** إذا رفعت كفاءة آلة بسيطة، فهل تزداد الفائدة الميكانيكية (MA)، والفائدة الميكانيكية المثالية (IMA)، أم تنقص، أم تبقى ثابتة؟

33. **التفكير الناقد** تتغير الفائدة الميكانيكية لدراجة هوائية متعددة نواقل الحركة بتحريك السلسلة بحيث تُدوّر ناقل حركة خلفيًّا مناسبًا.
    a. عند الانطلاق بالدراجة عليك أن تؤثر في الدراجة بأكبر قوة ممكنة؛ لتكسبها تسارعًا، فهل ينبغي أن تختار ناقل حركة صغيرًا أم كبيرًا؟
    b. إذا وصلت إلى مقدار السرعة المناسب وأردت تدوير الدواسة بأقل عدد ممكن من الدورات، فهل تختار ناقل حركة كبيرًا أم صغيرًا؟
    c. بعض أنواع الدراجات الهوائية تمنحك فرصة اختيار حجم ناقل الحركة الأمامي. فإذا كنت بحاجة إلى قوة أكبر لتحدث تسارعًا في أثناء صعودك تلًّا، فهل تتحول إلى ناقل الحركة الأمامي الأصغر أم الأكبر؟

الاجابة في الصفحة التالية

موقع واجباتي

موقع واجباتي

29. الآلات البسيطة صنف الأدوات أدناه إلى رافعة، أو عجلة ومحور، أو مستوى مائل، أو إسفين، أو بكرة.

a. مفك براغي — **عجلة ومحور**

b. كمّاشة — **رافعة**

c. إزميل — **إسفين**

d. نزّاعة الدبابيس — **رافعة**

30. الفائدة الميكانيكية المثالية (IMA) يتفحص عامل نظام بكرات متعددة؛ وذلك لتقدير أكبر جسم يمكن أن يرفعه. فإذا كانت أكبر قوة يمكن للعامل التأثير بها رأسيًّا إلى أسفل مساوية لوزنه 875 N، وعندما يحرك العامل الحبل مسافة 1.5 m فإن الجسم يتحرك مسافة 0.25 m، فما وزن أثقل جسم يمكنه رفعه؟

$$MA = \frac{F_r}{F_e}$$

$$F_r = (MA)(F_e)$$

افترض أن الكفاءة تساوي 100%

$$MA = IMA = \left(\frac{d_e}{d_r}\right)$$

$$F_r = \frac{(1.5\ \text{m})\ (875\ \text{N})}{(0.25\ \text{m})}$$

$$= 5.2 \times 10^3\ \text{N}$$

31. الآلات المُركّبة للونش ذراع نصف قطر دورانه 45 cm، يُدوِّر أسطوانة نصف قطرها 7.5 cm خلال مجموعة من نواقل الحركة، بحيث يدور الذراع ثلاث دورات لتدور الأسطوانة دورة واحدة. فما مقدار الفائدة الميكانيكية المثالية (IMA) لهذه الآلة المُركّبة؟

الفائدة الميكانيكية المثالية (*IMA*) لهذه الآلة المركّبة (النظام) تساوي حاصل ضرب الفائدة الميكانيكية المثالية (*IMA*) لكل آلة.

إن نسبة الإزاحات لكل من الذراع والأسطوانة تساوي:

$$\frac{2\pi(45\ \text{cm})}{2\pi(7.5\ \text{cm})} = 6.0$$

$$IMA = \frac{d_e}{d_r} = \frac{(3)(2\pi r)}{2\pi r}$$

$$= \frac{(3)(2\pi)(45\ \text{cm})}{(2\pi)(7.5\ \text{cm})}$$

$$= 18$$

32. الكفاءة إذا رفعت كفاءة آلة بسيطة، فهل تزداد الفائدة الميكانيكية (MA)، والفائدة الميكانيكية المثالية (IMA)، أم تنقص، أم تبقى ثابتة؟

إما أن تزداد الفائدة الميكانيكية وتبقى الفائدة الميكانيكية المثالية كما هي، أو تقل الفائدة الميكانيكية المثالية وتبقى الفائدة الميكانيكية كما هي، أو تزداد الفائدة الميكانيكية وتقل الفائدة الميكانيكية المثالية.

موقع واجباتي

موقع واجباتي

33. التفكير الناقد تتغير الفائدة الميكانيكية لدراجة هوائية متعددة نواقل الحركة بتحريك السلسلة بحيث تُدوّر ناقل حركة خلفيًّا مناسبًا.

a. عند الانطلاق بالدراجة عليك أن تؤثر في الدراجة بأكبر قوة ممكنة؛ لتكسبها تسارعًا، فهل ينبغي أن تختار ناقل حركة صغيرًا أم كبيرًا؟

كبير، لزيادة

$$IMA = \frac{r_{\text{ناقل الحركة}}}{r_{\text{الإطار}}}$$

b. إذا وصلت إلى مقدار السرعة المناسب وأردت تدوير الدوّاسة بأقل عدد ممكن من الدورات، فهل تختار ناقل حركة كبيرًا أم صغيرًا؟

صغير؛ لأنه سيتطلب إزاحة أقل تقطعها السلسلة حتى يدور الإطار دورة واحدة، لذا فإنه يتطلب عددًا أقل لدورات الدوّاسة.

c. بعض أنواع الدراجات الهوائية تمنحك فرصة اختيار حجم ناقل الحركة الأمامي. فإذا كنت بحاجة إلى قوة أكبر لتحدث تسارعًا في أثناء صعودك تلًّا، فهل تتحول إلى ناقل الحركة الأمامي الأصغر أم الأكبر؟

الأصغر؛ وذلك من أجل زيادة الفائدة الميكانيكية المثالية لدواسة ناقل الحركة الأمامي؛ لأن

$$IMA = \frac{r_{\text{الدواسات}}}{r_{\text{ناقل الحركة الأمامي}}}$$

موقع واجباتي

موقع واجباتي

مختبر الفيزياء

صعود السلّم والقدرة

هل تستطيع أن تقدّر القدرة التي تولدها عندما تصعد عدة درجات بشكل متواصل؟ يحتاج صعود السلالم إلى طاقة؛ فعندما يتحرك الجسم مسافة ما فهناك شغل يبذل. وتكون القدرة مقياسًا لمعدل الشغل المبذول. ستحاول في هذا النشاط زيادة القدرة التي تولدها؛ وذلك بتطبيق قوة رأسية وأنت تصعد درجات السلّم خلال فترة زمنية.

سؤال التجربة

ماذا تستطيع أن تفعل لزيادة القدرة التي تولدها عندما تصعد مجموعة من درجات السلّم؟

الأهداف

- **تتوقع** العوامل التي تؤثر في القدرة.
- **تحسب** القدرة المتولدة.
- **تنشئ وتستخدم رسوما بيانية لكل من:** الشغل - الزمن، والقدرة - الشغل، والقدرة - الزمن
- **تفسر** القوة، والمسافة، والشغل، والزمن وبيانات القدرة.
- **تُعرِّف** القدرة عمليًّا (تعريفًا إجرائيًّا).

احتياطات السلامة

- **لا ترتد ملابس فضفاضة لتجنب التعثر والسقوط.**

المواد والأدوات

مسطرة مترية (أو شريط قياس)

ساعة إيقاف

ميزان منزلي

الخطوات

1. قِس كتلة كل شخص في مجموعتك باستخدام الميزان وسجلها بوحدة الكيلوجرام. (إذا كانت وحدة القياس على الميزان هي الباوند فاستخدم المعادلة الآتية للتحويل (2.2 lbs =1 kg)
2. قِس المسافة الرأسية التي تقطعها عندما تصعد مجموعة الدرجات (من سطح الأرض إلى أعلى مجموعة درجات السلّم) وسجّل القيمة في جدول البيانات.
3. اطلب إلى كل شخص في مجموعتك أن يصعد درجات السلّم بالطريقة التي يعتقد أنه سيزيد خلالها القدرة المتولدة.
4. استخدم ساعة الإيقاف لقياس الزمن الذي يحتاج إليه كل شخص لتنفيذ هذه المهمة، وسجل بياناتك في جدول البيانات.

موقع واجباتي

موقع واجباتي

جدول البيانات					
الكتلة (kg)	الوزن (N)	المسافة (m)	الشغل المبذول (J)	الزمن (s)	القدرة الناتجة (W)

التحليل

1. **احسب** أوجد وزن كل شخص بوحدة النيوتن، وسجِّله في جدول البيانات.
2. احسب الشغل المبذول من كل شخص.
3. احسب القدرة المتولدة لكل شخص في مجموعتك عندما يصعد درجات السلّم.
4. **أنشئ الرسم البياني واستخدمه** استخدم البيانات التي قمت بحسابها لعمل رسم بياني للشغل – الزمن، ثم ارسم أفضل خط ممثل للنقاط.
5. ارسم رسمًا بيانيًّا للقدرة – الشغل، ثم ارسم أفضل خط ممثل للنقاط.
6. ارسم رسمًا بيانيًّا للقدرة – الزمن، ثم ارسم أفضل خطّ ممثل للنقاط. .

الاستنتاج والتطبيق

1. هل معدل قدرة أفراد مجموعتك متساوٍ؟ ولماذا؟
2. أيّ الرسوم البيانية تظهر علاقة واضحة ومحددة بين متغيرين؟
3. فسر سبب وجود هذه العلاقة.
4. اكتب تعريفًا عمليًّا للقدرة.

التوسع في البحث

1. اذكر ثلاثة أشياء يمكن تنفيذها لزيادة القدرة التي تولدها حينما تصعد درجات السلم.
2. لماذا لا يُعد بالضرورة أسرع شخص صعد السلم هو الشخص الذي أنتج أكبر قدرة؟
3. لماذا لا يُعد بالضرورة أفراد مجموعتك الذين لهم كتلة كبيرة هم من أنتجوا أكبر قدرة؟
4. قارن بين بياناتك وبيانات المجموعات الأخرى في صفك.

الفيزياء في الحياة

1. ابحث عن أدوات منزلية لها معدل قدرة مساوٍ للقدرة التي أنتجتها عند صعودك السلم أو أقل.
2. افترض أن شركة الكهرباء في منطقتك تزودك بقدرة كهربائية تكلفتها 0.1 SR /kWh ، فإذا كنت تتقاضى مالًا بالمعدل نفسه للقدرة التي تولدها عند صعودك السلم، فما مقدار المال الذي ستكسبه عند صعودك السلم مدة 1 h؟
3. إذا أردت أن تصمّم آلة صعود سلالم لنادي الصحة العامة، وقررت أن يكون لها آلية لحساب القدرة المتولدة، فما المعلومات التي تحتاج إليها لتصمم الآلة؟ وما المعلومات التي ستضمنها الآلة لكي يعرف الشخص مقدار القدرة التي ولّدها عند صعوده السلم؟

موقع واجباتي

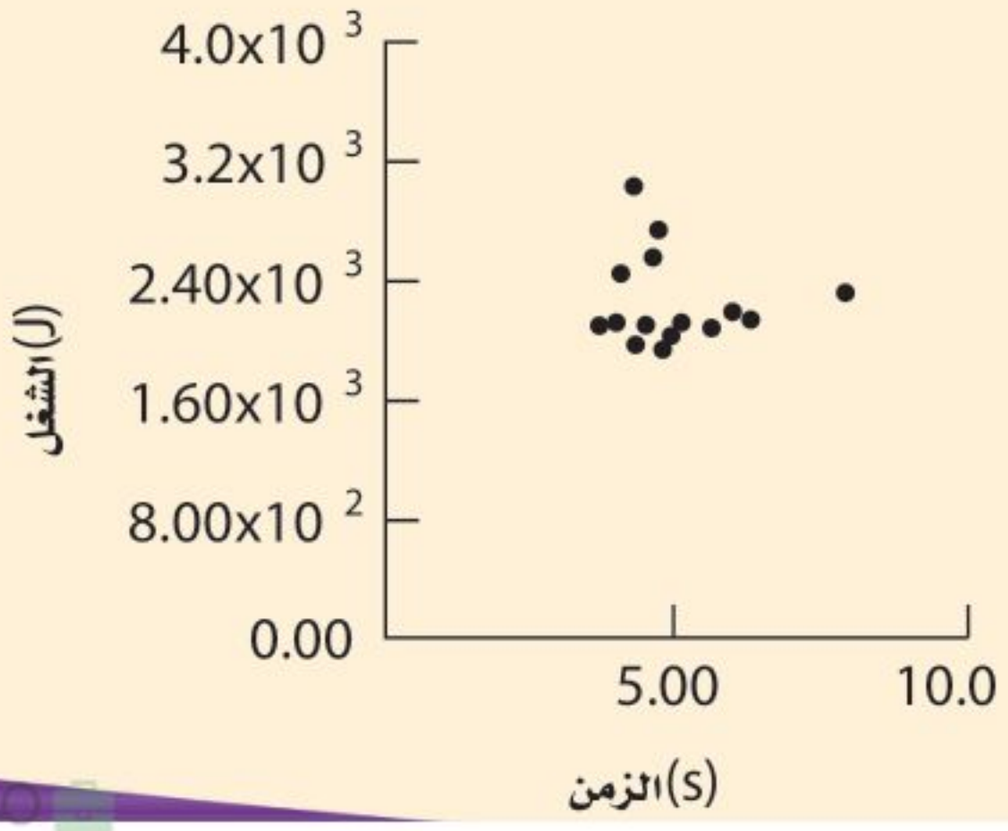
التحليل

1. **احسب** أوجد وزن كل شخص بوحدة النيوتن، وسجِّله في جدول البيانات.

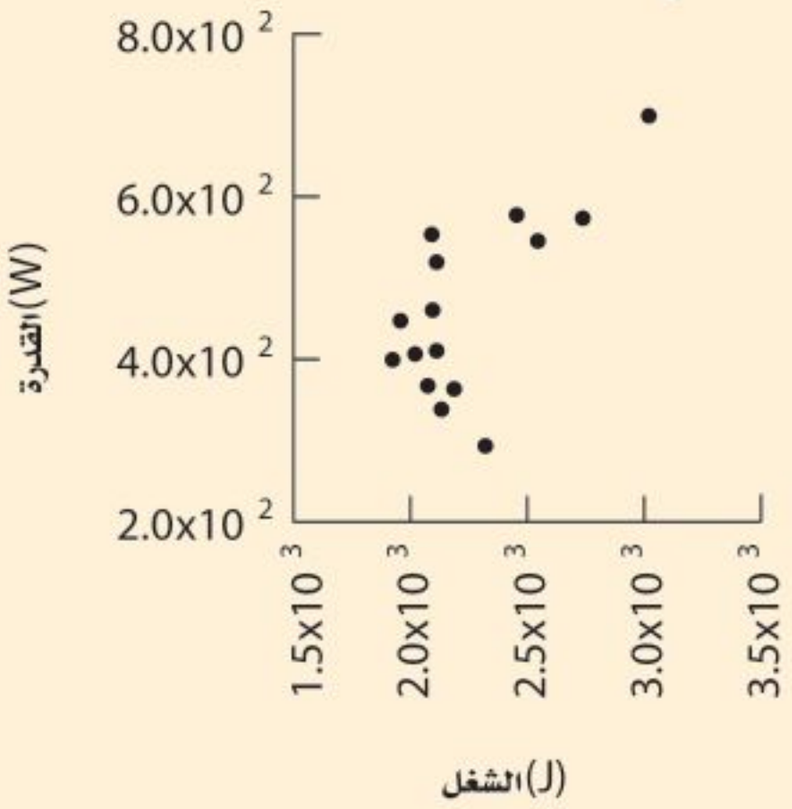
2. احسب الشغل المبذول من كل شخص.

3. احســب القدرة المتولدة لكل شخص في مجموعتك عندما يصعد درجات السلّم.

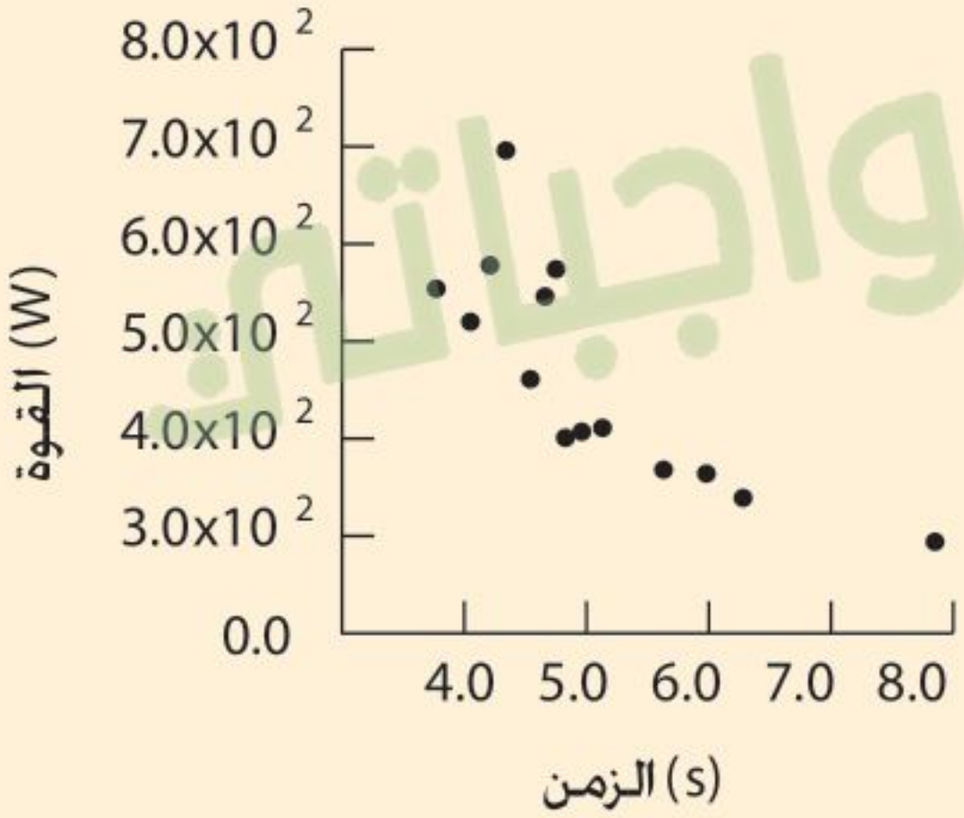
4. **أنشئ الرسم البياني واستخدمه** استخدم البيانات التي قمت بحسابها لعمل رسم بياني للشغل – الزمن، ثم ارسم أفضل خط ممثل للنقاط.



5. ارسم رسمًا بيانيًّا للقدرة – الشغل، ثم ارسم أفضل خط ممثل للنقاط.



6. ارسم رســمًا بيانيًّا للقدرة – الزمن، ثم ارسم أفضل خطّ ممثل للنقاط. .



الاستنتاج والتطبيق

1. هل معدل قدرة أفراد مجموعتك متساوٍ؟ ولماذا؟

لا، ليس لكل طالب معدل القدرة نفسة فهناك مقدار كبير من الاختلاف في الكتلة وفي زمن صعود السلالم

2. أيّ الرسوم البيانية تظهر علاقة واضحة ومحددة بين متغيرين؟

يتبن من منحنيات القدرة – الشغل والقدرة الزمن وجود علاقة محددة؛ لأن القدرة تعرف بدلالة الشغل والزمن

3. فسر سبب وجود هذه العلاقة.

يمكن إيجاد القدرة بقسمة الشغل المبذول على الزمن اللازم لبذل ذلك الشغل

4. اكتب تعريفًا عمليًّا للقدرة.

قد تتنوع الإجابات. ومن ذلك أن المعدل الزمني الذي يبذل فيه الشغل هو القدرة

التوسع في البحث

1. اذكر ثلاثة أشياء يمكن تنفيذها لزيادة القدرة التي تولدها حينما تصعد درجات السلم.

يمكنك إما زيادة الكتلة التي ستنقلها أو المسافة التي تصعدها (بينما تحافظ على زمن ثابت) أو تقليل الزمن الذي يلزم لصعود السلالم (بينما تحافظ على الكتلة والمسافة ثابتن).

2. لماذا لا يُعد بالضرورة أسرع شـــخص صعد السلم هو الشخص الذي أنتج أكبر قدرة؟

قد يكون للشخص الذي يصعد السلالم كتلة صغيرة جدا

3. لماذا لا يُعد بالضرورة أفراد مجموعتك الذين لهم كتلة كبيرة هم من أنتجوا أكبر قدرة؟

قد يكون الشخص الأكثر كتلة بطيئاً جدا

4. قارن بين بياناتك وبيانات المجموعات الأخرى في صفك.

الفيزياء في الحياة

1. ابحث عن أدوات منزلية لها معدل قدرة مساوٍ للقدرة التي أنتجتها عند صعودك السلم أو أقل.

قد يجد بعض الطلاب أن بمقدورهم توليد قدرة لتشغيل جهاز تلفاز (120W)أو جهاز راديو (60W)

2. افترض أن شركة الكهرباء في منطقتك تزودك بقدرة كهربائية تكلفتها 0.1 SR /kWh ، فإذا كنت تتقاضى مالًا بالمعدل نفسه للقدرة التي تولدها عند صعودك السلم، فما مقدار المال الذي ستكسبه عند صعودك السلم مدة 1 h؟

قد يجد بعض الطلاب أن بمقدورهم توليد قدرة 6.0kWh تكسبهم 0.60SR

3. إذا أردت أن تصمّم آلة صعود سلالم لنادي الصحة العامة، وقررت أن يكون لها آلية لحساب القدرة المتولدة، فما المعلومات التي تحتاج إليها لتصمم الآلة؟ وما المعلومات التي ستضمنها الآلة لكي يعرف الشخص مقدار القدرة التي ولّدها عند صعوده السلم؟

يمكن أن يوجد مجس لقياس الوزن أو أن يقوم الأشخاص بإدخال أوزانهم. وقد تحتوي الآلة على أجهزة حساسة ومجسات لقياس المسافة المقطوعة صعودا بالإضافة إلى قياس الزمن ولذلك يمكن حساب القدرة

موقع واجباتك

موقع واجباتي

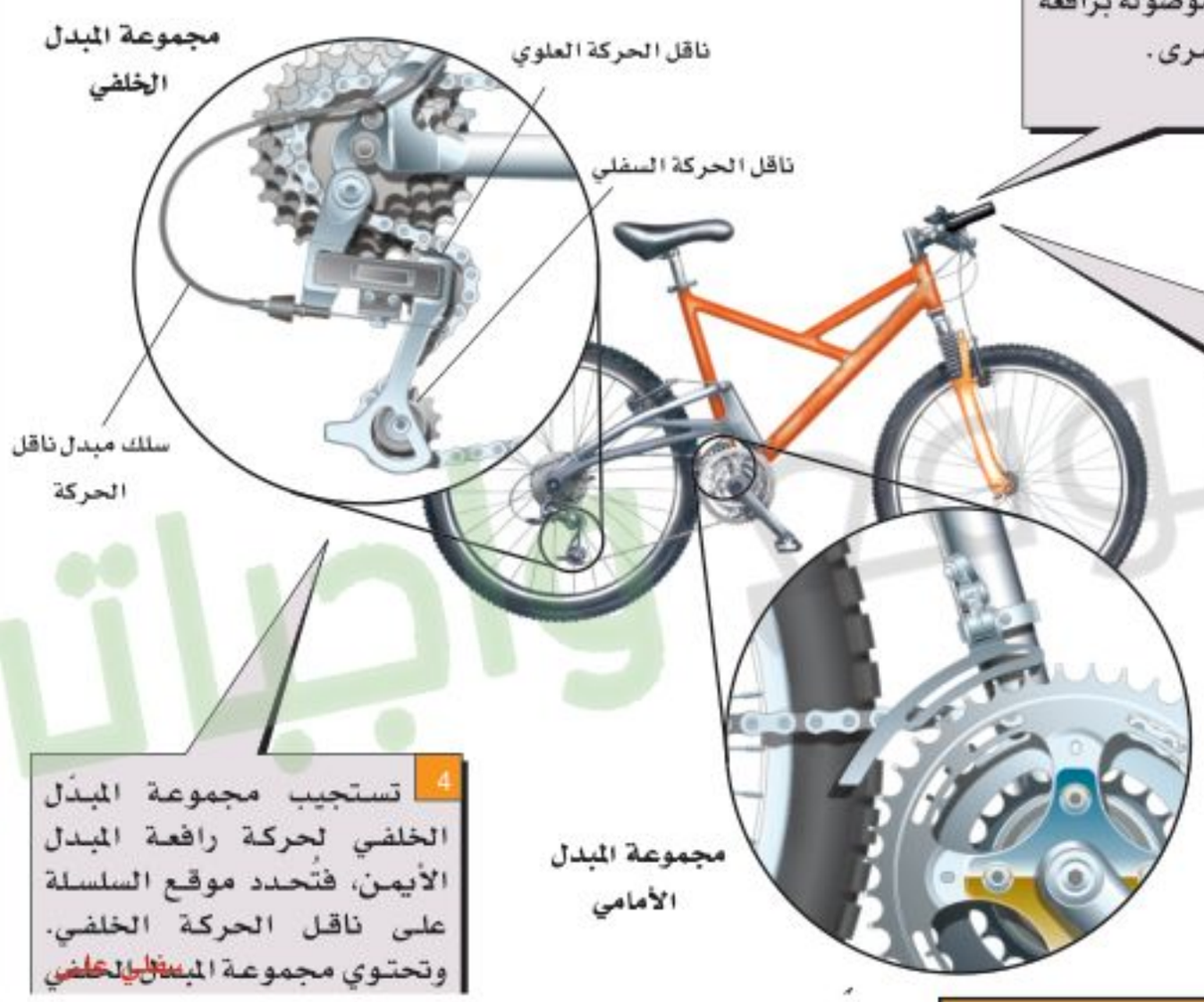
كيف تعمل

مجموعات نواقل الحركة (مبدلات السرعة) في الدراجة الهوائية؟

Bicycle Gear shifters

تستخدم المبدلات الأمامية والخلفية لنقل السلسلة في الدراجة الهوائية المتعددة السرعات، والتي عادة ما تكون مزودة باثنين أو ثلاثة نواقل حركة أمامية ومن خمسة إلى ثمانية نواقل حركة خلفية؛ إذ يؤدي تغيير توليفة نواقل الحركة الأمامية والخلفية إلى تغيير الفائدة الميكانيكية المثالية (IMA) للنظام؛ فالفائدة الميكانيكية المثالية (IMA) الكبيرة تعمل على تقليل الجهد (القوة) اللازم لصعود التلال. أما الفائدة الميكانيكية المثالية القليلة فتُساعد على الحركة بسرعة كبيرة على الأرض المستوية، إلا أنها تزيد من الجهد (القوة) المطلوب في هذه الحالة.

$$IMA = \frac{\text{عدد مسننات ناقل الحركة الخلفي}}{\text{عدد مسننات ناقل الحركة الأمامي}}$$



1 يُعدّل المبدل الأيسر موقع السلسلة في مجموعة ناقل الحركة الأمامي بأسلاك موصولة برافعة مقبض اليد اليسرى.

2 يُعدّل المبدل الأيمن موقع السلسلة في مجموعة ناقل الحركة الخلفي بأسلاك تمتد من مجموعة المبدل في الناقل الخلفي إلى رافعة في مقبض اليد اليمنى.

4 تستجيب مجموعة المبدّل الخلفي لحركة رافعة المبدل الأيمن، فتُحدد موقع السلسلة على ناقل الحركة الخلفي. وتحتوي مجموعة المبدل الخلفي

التفكير الناقد

1. **احسب** ما مقدار الفائدة الميكانيكية المثالية (*IMA*) للدراجة الهوائية المتعددة السرعات في الحالات الآتية:
   a. عند وضع السلسلة على ناقل حركة أمامي عدد مسنناته 52، وعلى ناقل حركة خلفي عدد مسنناته 14؟
   b. عند وضع السلسلة على ناقل حركة أمامي عدد مسنناته 42 ، وعلى ناقل حركة خلفي عدد مسنناته 34؟
2. **طبّق** أي الحالتين a أو b في المسألة السابقة تختار أن تطبقها عند التسابق مع صديقك على أرض مستوية؟ وأي حالة تختار أن تطبقها عند صعود تل شديد الانحدار؟

1. a . الفائدة الميكانيكية المثالية=14 /52=0.27

   b. الفائدة الميكانيكية المثالية=34 /42=0.81

2. إن التركيب في الخيار (a) له فائدة ميكانيكية 0.27 وسيتطلب جهدًا أكبر، ولكنه سينتج سرعة أكبر في المقابل. ستسمح الفائدة الميكانيكية الكبرى في الخيار (b) للسائق بتسلق التل بجهد أقل.

موقع واجباتي

موقع واجباتي

الفصل 4

دليل مراجعة الفصل

4–1 الطاقة والشغل Energy and Work

المفردات

- الشغل
- الطاقة
- الطاقة الحركية
- نظرية الشغل والطاقة
- الجول
- القدرة
- الواط

المفاهيم الرئيسة

- الشغل هو انتقال الطاقة بطرائق ميكانيكية. $W = Fd$
- للجسم المتحرك طاقة حركية. $KE = \frac{1}{2} mv^2$
- الشغل المبذول على نظام يساوي التغير في طاقة النظام. $W = \Delta KE$
- الشغل يساوي حاصل ضرب القوة المؤثرة في جسم ما في الإزاحة التي يتحركها الجسم في اتجاه القوة.

$$W = Fd \cos \theta$$

- يمكن تحديد الشغل المبذول بحساب المساحة تحت المنحنى البياني للقوة – الإزاحة.
- القدرة هي معدل بذل الشغل، أي المعدل الذي تنتقل خلاله الطاقة.

$$P = W/t$$

4–2 الآلات Machines

المفردات

- الآلة
- القوة (المسلّطة)
- المقاومة
- الفائدة الميكانيكية
- الفائدة الميكانيكية المثالية
- الكفاءة
- الآلة المركّبة

المفاهيم الرئيسة

- لا تغير الآلات من الشغل المبذول سواء تم تشغيلها بمحركات أو بقوى بشرية، ولكنها تجعل إنجاز المهمة أسهل.
- تخفّف الآلات الحمل (أثر المقاومة)، وذلك بتغيير مقدار القوة اللازمة لإنجاز الشغل أو اتجاهها.
- الفائدة الميكانيكية (MA) هي نسبة المقاومة إلى القوة (المسلّطة).

$$MA = F_r / F_e$$

- الفائدة الميكانيكية المثالية (IMA) هي النسبة بين المسافات المقطوعة.

$$IMA = d_e / d_r$$

- كفاءة الآلة هي نسبة الشغل الناتج إلى الشغل المبذول.

$$e = \frac{W_o}{W_i} \times 100$$

- تكون الفائدة الميكانيكية (MA) لجميع الآلات على أرض الواقع أقل من الفائدة الميكانيكية المثالية (IMA).
- يمكن إيجاد كفاءة الآلة من الفائدتين الميكانيكيتين الحقيقية الفعلية والمثالية.

$$e = \frac{MA}{IMA} \times 100$$

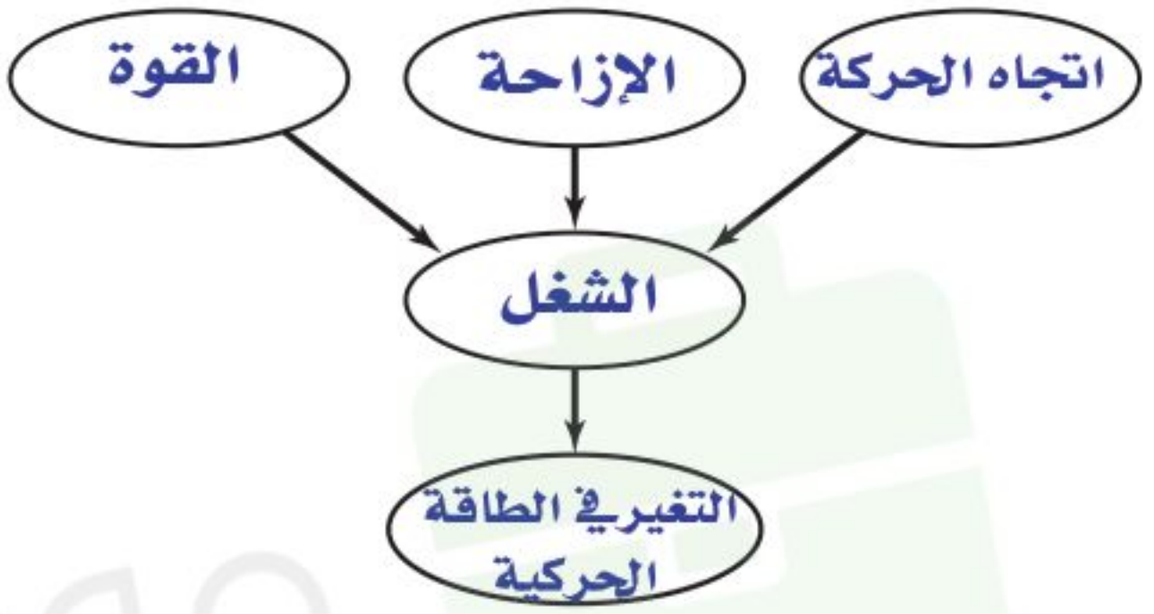
موقع واجباتي

موقع واجباتي

الفصل 4 التقويم

خريطة المفاهيم

34. كوّن خريطة مفاهيم مستخدمًا المصطلحات الآتية: القوة، الإزاحة، اتجاه الحركة، الشغل، التغير في الطاقة الحركية.



إتقان المفاهيم

35. ما وحدة قياس الشغل؟ (1-4)

الجول

36. افترض أن قمرًا صناعيًّا يدور حول الأرض في مدار دائري، فهل تبذل قوة الجاذبية الأرضية أي شغل على القمر؟ (1-4)

لا، إن قوة الجاذبية تتّجه نحو مركز الأرض ومتعامدة مع اتجاه إزاحة القمر الصناعي.

37. ينزلق جسم بسرعة ثابتة على سطح عديم الاحتكاك. ما القوى المؤثرة في الجسم؟ وما مقدار الشغل الذي تبذله كل قوة؟ (1-4)

قوة الجاذبية والقوة العمودية فقط تؤثران في الجسم. لا يُبذل شغل؛ لأن الإزاحة متعامدة مع هذه القوى. ولا توجد قوة في اتجاه الإزاحة؛ لأن الجسم ينزلق بسرعة ثابتة.

38. عرّف كلا من الشغل والقدرة؟ (1-4)

الشغل يساوي حاصل ضرب القوة في المسافة التي قطعها الجسم في اتجاه القوة. أما القدرة فهي المعدل الزمني لبذل الشغل.

39. ماذا تكافئ وحدة الواط بدلالة وحدات الكيلوجرام والمتر والثانية؟ (1-4)

$$W = J/s$$

$$= N.m/s$$

$$= (kg.m/s^2).m/s$$

$$= kg.m^2/s^3$$

40. وضّح العلاقة بين الشغل المبذول والتغير في الطاقة. (1-4)

الشغل المبذول يساوي التغير في الطاقة الحركية.

41. هل يمكن لآلة ما أن تُعطي شغلاً ناتجًا أكبر من الشغل المبذول عليها. (2-4)

لا، $e \leq 100\%$

موقع واجباتي

موقع واجباتي

الفصل 4 التقويم

42. فسر كيف يمكن اعتبار الدواسات التي في الدراجة الهوائية آلة بسيطة؟ (2-4)

تنقل الدواسة القوة من السائق إلى الدراجة من خلال العجلة والمحور.

تطبيق المفاهيم

43. أي الحالتين الآتيتين تتطلب بذل شغل أكبر: حمل حقيبة ظهر وزنها 420 N إلى أعلى تل ارتفاعه 200 m، أو حمل حقيبة ظهر وزنها 210 N إلى أعلى تل ارتفاعه 400 m؟ ولماذا؟

كل منها يحتاج إلى مقدار الشغل نفسه؛ لأن حاصل ضرب القوة في المسافة متساوٍ.

44. **الرفع** يقع صندوق كتب تحت تأثير قوتين في أثناء رفعك له عن الأرض لتضعه على سطح طاولة؛ إذ تؤثر فيه الجاذبية الأرضية بقوة مقدارها (mg) إلى أسفل، وتؤثر فيه أنت بقوة مقدارها (mg) إلى أعلى. ولأن هاتين القوتين متساويتان في المقدار ومتعاكستان في الاتجاه فيبدو كأنه لا يوجد شغل مبذول، ولكنك تعلم أنك بذلت شغلاً. فسِّر ما الشغل الذي بُذل؟

أنت تبذل شغلا موجبًا على الصندوق؛ لأن القوة والحركة في الاتجاه نفسه. وقوة الجاذبية تبذل شغلاً سالبًا على الصندوق؛ لأن قوة الجاذبية في عكس اتجاه الحركة. وكل من الشغل الذي تبذله أنت وتبذله الجاذبية الأرضية مستقل عن الآخر، ولا يلغي أحدهما الآخر.

45. يحمل عامل صناديق كرتونية إلى أعلى السلم ثم يحمل صناديق مماثلة لها في الوزن إلى أسفله. غير أن معلم الفيزياء يرى أن هذا العامل لم "يشتغل" مطلقًا؛ لذا فإنه لا يستحق أجرًا. فكيف يمكن أن يكون المعلم على صواب؟ وكيف يمكن إيجاد طريقة ليحصل بها العامل على أجره؟

الشغل الكلي يساوي صفرًا. إن حمل صندوق الكرتون إلى أعلى السلم يتطلب بذل شغل موجب. وحمله ثانية إلى أسفل السلم يتطلب بذل شغل سالب. والشغلان المبذولان في الحالتين متساويان في المقدار ومتعاكسان في الإشارة؛ لأن المسافتين في الحالتين متساويتان في المقدار ومتعاكستان في الاتجاه. قد يحسب الطلاب أجر العامل على أساس الزمن الذي يحتاج إليه لحمل الصناديق، إما إلى أعلى أو إلى أسفل، وليس على أساس الشغل المبذول.

46. إذا حمل العامل في المسألة السابقة الكراتين إلى أسفل درج، ثم سار بها مسافة 15 m في ممر، فهل يبذل شغلاً الآن؟ فسر إجابتك.

لا، القوة المؤثرة في الصندوق رأسية إلى أعلى والإزاحة أفقية على امتداد الممر، وهما متعامدتان ولا يُبذل شغل في هذه الحالة.

موقع واجباتي

موقع واجباتك

الفصل 4 التقويم

47. صعود الدرج يصعد شخصان لهما الكتلة نفسها العدد نفسه من الدرجات. فإذا صعد الشخص الأول الدرجات خلال 25 s، وصعد الشخص الثاني الدرجات خلال 35 s،

a. فأي الشخصين بذل شغلاً أكبر؟ فسر إجابتك.

يبذل الشخصان مقدار الشغل نفسه؛ لأنهما يصعدان عدد الدرجات نفسه ولهما الكتلة نفسها.

b. أي الشخصين أنتج قدرة أكثر؟ فسر إجابتك.

الشخص الذي يصعد خلال 25 s ينتج قدرة أكبر، لأنه يحتاج إلى زمن أقل لقطع المسافة.

48. وضح أن القدرة المنقولة يمكن كتابتها على النحو الآتي: $P = Fv\cos\theta$

$$P = \frac{W}{t},\ W = Fd\cos\theta$$

لذا فإن

$$P = \frac{Fd\cos\theta}{t}$$

ولأن

$$v = \frac{d}{t}$$

فإن:

$$P = Fv\cos\theta$$

49. كيف تستطيع زيادة الفائدة الميكانيكية المثالية لآلة؟

زد النسبة $\frac{d_e}{d_r}$ لزيادة الفائدة الميكانيكية المثالية للآلة.

50. الإسفين كيف تستطيع زيادة الفائدة الميكانيكية للإسفين دون تغيير فائدته الميكانيكية المثالية؟

قلّل الاحتكاك ما أمكن لتقليل قوة المقاومة.

51. المدارات فسر لماذا لا يتعارض دوران كوكب حول الشمس مع نظرية الشغل والطاقة؟

بافتراض أن المدار دائري، تكون قوة الجاذبية متعامدة مع اتجاه الحركة. وهذا يعني أن الشغل المبذول يساوي صفرًا. وحيث إنه لا يوجد تغير في الطاقة الحركية للكوكب، فإن سرعته لا تتزايد ولا تتناقص.

52. المطرقة ذات الكماشة تستخدم المطرقة ذات الكماشة لسحب مسمار من قطعة خشب كما في **الشكل 16–4**.

فأين ينبغي أن تضع يدك على المقبض؟ وأين ينبغي أن يكون موقع المسمار بالنسبة لطرفي الكماشة لجعل القوة (المسلطة) أقل ما يمكن؟

الشكل 16–4

يجب أن تكون يدك بعيدة قدر الإمكان عن رأس المطرقة لجعل d_e كبيرة ما أمكن. ويجب أن يكون المسمار قريبًا إلى الرأس قدر الإمكان لجعل d_r صغيرة ما أمكن.

موقع واجباتك

موقع واجباتي

تقويم الفصل 4

إتقان حل المسائل

4–1 الطاقة والشغل

53. يبلغ ارتفاع الطابق الثالث لمنزل 8 m فوق مستوى الشارع. ما مقدار الشغل اللازم لنقل ثلاجة كتلتها 150 kg إلى الطابق الثالث؟

$$W = Fd = mgd$$

$$= (150\ \text{kg})(9.80\ \text{m/s}^2)(8\ \text{m})$$

$$= 1\times10^4\ \text{J}$$

54. يبذل ماهر شغلاً مقداره 176 J لرفع نفسه مسافة 0.300 m. ما كتلة ماهر؟

$$W = Fd = mgd$$

لذا فإن

$$m = \frac{W}{gd} = \frac{176\ \text{J}}{(9.80\ \text{m/s}^2)(0.300\ \text{m})}$$

$$= 59.9\ \text{kg}$$

55. **كرة قدم** بعد أن سجل لاعبٌ كتلته 84.0 kg هدفًا، قفز مسافة 1.20 m فوق سطح الأرض فرحًا. ما الشغل الذي بذله اللاعب؟

$$W = Fd = mgd$$

$$= (84.0\ \text{kg})(9.80\ \text{m/s}^2)(1.20\ \text{m})$$

$$= 988\ \text{J}$$

56. **لعبة شد الحبل** بذل الفريق A خلال لعبة شد الحبل شغلاً مقداره 2.20×10^3 J عند سحب الفريق B مسافة 2.00 m، فما مقدار القوة التي أثر بها الفريق A؟

$$W = Fd$$

لذا فإن

$$F = \frac{W}{d} = 2.20\times10^3\ \text{J}/\ 2.00\ \text{m} = 1.10\times10^3\ \text{N}$$

57. تسير سيارة بسرعة ثابتة، في حين يؤثر محركها بقوة مقدارها 551 N لموازنة قوة الاحتكاك، والمحافظة على ثبات السرعة. ما مقدار الشغل الذي تبذله السيارة ضد قوة الاحتكاك عند انتقالها بين مدينتين تبعدان مسافة 161 km إحداهما عن الأخرى؟

$$W = Fd = (551\ \text{N})(1.61\times10^5\ \text{m})$$

$$= 8.87\times10^7\ \text{J}$$

موقع واجباتي

موقع واجباتي

تقويم الفصل 4

58. قيادة الدراجة يؤثر سائق دراجة هوائية بقوة مقدارها 15.0 N عندما يقود دراجته مسافة 251 m لمدة 30.0 s ما مقدار القدرة التي ولدها؟

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

$$= \frac{(15.0\ \text{N})(2.51\ \text{m})}{30.0}$$

$$= 126\ \text{W}$$

59. يرفع أمين مكتبة كتابًا كتلته 2.2 kg من الأرض إلى ارتفاع 1.25 m، ثم يحمل الكتاب ويسير مسافة 8.0 m إلى رفوف المكتبة، ويضع الكتاب على رف يرتفع مسافة 0.35 m فوق مستوى الأرض. ما مقدار الشغل الذي بذله على الكتاب؟

يؤخذ في الحسبان الإزاحة الرأسية المحصلة فقط.

$$W = Fd = mgd$$

$$= (2.2\ \text{kg})(9.80\ \text{m/s}^2)(0.35\ \text{m})$$

$$= 7.5\ \text{J}$$

60. تستخدم قوة مقدارها 300.0 N لدفع جسم كتلته 145 kg أفقيًّا مسافة 30.0 m خلال 3.00 s.

a. احسب مقدار الشغل المبذول على الجسم.

$$W = Fd = (300.0\ \text{N})(30.0\ \text{m})$$

$$= 9.00\times10^3\ \text{J}$$

$$= 9.00\ \text{kJ}$$

b. احسب مقدار القدرة المتولدة.

$$P = \frac{W}{t} = \frac{9.00\times10^3\ \text{J}}{3.00\ \text{s}}$$

$$= 3.00\times10^3\ \text{W}$$

$$= 3.00\ \text{kW}$$

61. العربة يتم سحب عربة عن طريق التأثير في مقبضها بقوة مقدارها 38.0 N، وتصنع زاوية 42.0° مع خط الأفق، فإذا سحبت العربة بحيث أكملت مسارًا دائريًّا نصف قطره 25.0 m، فما مقدار الشغل المبذول؟

$$W = Fd\cos\theta$$

$$= (F)(2\pi r)\cos\theta$$

$$= (38.0\ \text{N})(2\pi)(25.0\ \text{m})(\cos 42.0°)$$

$$= 4.44\times10^3\ \text{J}$$

62. مجزّ العشب يدفع عامل مجز عشب بقوة مقدارها 88.0 N، مؤثرًا في مقبضه الذي يصنع زاوية 41.0° على الأفقي. ما مقدار الشغل الذي يبذله العامل في تحريك المِجزّ مسافة 1.2 km لجزّ العشب في فناء المنزل؟

$$W = Fd\cos\theta$$

$$= (88.0\ \text{N})(1.2\times10^3\ \text{m})(\cos 41.0°)$$

$$= 8.0\times10^4\ \text{J}$$

موقع واجباتي

تقويم الفصل 4

63. يلزم بذل شغل مقداره 1210 J لسحب قفص كتلته 17.0 kg مسافة 20.0 m. فإذا تم إنجاز الشغل بربط القفص بحبل وسحبه بقوة مقدارهـــا 75.0 N، فما مقدار زاوية ربط الحبل بالنسبة للأفقي؟

$$W = Fd\cos\theta$$

$$\theta = \cos^{-1}\left(\frac{W}{Fd}\right)$$

$$= \cos^{-1}\left(\frac{1210\ \text{J}}{(75.0\ \text{N})(20.0\ \text{m})}\right)$$

$$= 36.2°$$

64. **جرّار زراعي** يصعد جرّار زراعي كتلته 120.0 kg أعلى طريق مائل بزاوية 21° على الأفقي كما في **الشكل 17–4**، فإذا قطع الجرار مسافة 12.0 m بسرعة ثابتة خلال 2.5 s، فاحسب القدرة التي أنتجها الجرّار.

■ الشكل 17–4

$$P = \frac{W}{t} = \frac{Fd\sin\theta}{t} = \frac{mgd\sin\theta}{t}$$

$$= \frac{(120\ \text{kg})\ (9.80\ \text{m/s}^2)(12.0\ \text{m})(\sin 21°)}{2.5\ \text{s}}$$

$$= 2.0\times10^3\ \text{W} = 2.0\ \text{kW}$$

موقع واجباتي

تقويم الفصل 4

65. إذا كنت تدفع صندوقًا إلى أعلى مستوى يميل بزاوية 30.0° على الأفقي عن طريق التأثير فيه بقوة مقدارها 225 N في اتجاه موازٍ للمستوى المائل، فتحرك الصندوق بسرعة ثابتة، وكان معامل الاحتكاك يساوي 0.28، فما مقدار الشغل الذي بذلته على الصندوق إذا كانت المسافة الرأسية المقطوعة 1.15 m؟

F و d متوازيان، لذا فإن

$$W = Fd = F\left(\frac{h}{\sin\theta}\right)$$

$$= \frac{(225\ \text{N})(1.15\ \text{m})}{\sin 30.0^\circ}$$

$$= 518\ \text{J}$$

66. **زلّاجة** يسحب شخص زلاجة كتلتها 4.5 kg على جليد بقوة مقدارها 225 N بحبل يميل بزاوية 35.0° على الأفقي كما في **الشكل 18–4**. فإذا تحركت الزلاجة مسافة 65.3 m، فما مقدار الشغل الذي بذله الشخص؟

الشكل 18–4

$$W = Fd\cos\theta$$

$$= (225\ \text{N})(65.3\ \text{m})(\cos 35.0^\circ)$$

$$= 1.20\times10^4\ \text{J}$$

67. **درج كهربائي** يقف شخص كتلته 52 kg على درج كهربائي طوله 227 m، ويميل 31° على الأفقي في متنزه المحيط في مدينة هونج كونج والذي يعد أطول درج كهربائي في العالم. ما مقدار الشغل الذي يبذله الدرج على الشخص؟

$$W = Fd\sin\theta = mgd\sin\theta$$

$$= (52\ \text{kg})(9.80\ \text{m/s}^2)(227\ \text{m})(\sin 31^\circ)$$

$$= 6.0\times10^4\ \text{J}$$

68. **مدحلة العشب** تُدفع مدحلة عشب بقوة مقدارها 115 N في اتجاه مقبضها الذي يميل بزاوية 22.5° على الأفقي، فإذا أنتجت قدرة 64.6 W لمدة 90.0 s، فما مقدار المسافة التي دفعتها المدحلة؟

$$P = \frac{W}{t} = \frac{Fd\cos\theta}{t}$$

لذا فإن:

$$d = \frac{Pt}{F\cos\theta}$$

$$= \frac{(64.6\ \text{W})(90.0\ \text{s})}{(115\ \text{N})(\cos 22.5^\circ)}$$

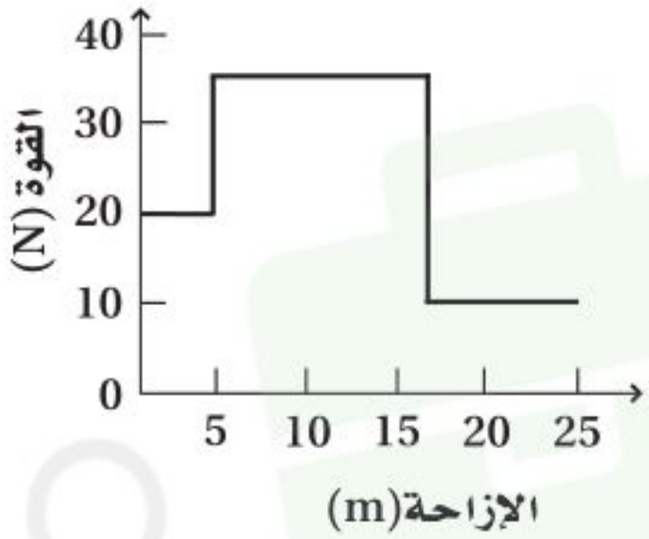
$$= 54.7\ \text{m}$$

موقع واجباتي

تقويم الفصل 4

69. يدفع عامل صندوقًا على أرضية مصنع متغيرة الخشونة بقوة أفقية، حيث يجب على العامل أن يؤثر بقوة مقدارها 20 N لمسافة 5 m، ثم بقوة مقدارها 35 N لمسافة 12 m، وأخيرًا يؤثر بقوة مقدارها 10 N مسافة 8 m.

a. ارسم المنحنى البياني للقوة – المسافة.



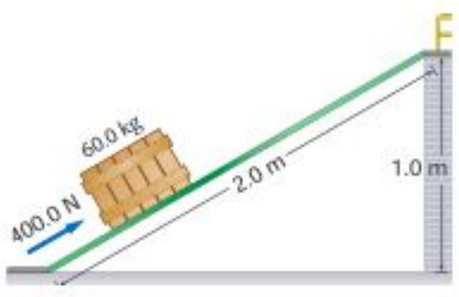
b. ما مقدار الشغل الذي بذله العامل لدفع الصندوق؟

$$W = F_1 d_1 + F_2 d_2 + F_3 d_3$$

$$= (20\ \text{N})(5\ \text{m}) + (35\ \text{N})(12\ \text{m}) + (10\ \text{N})(8\ \text{m})$$

$$= 600\ \text{J}$$

70. يدفع شخص صندوقًا كتلته 60.0 kg إلى أعلى مستوى مائل طوله 2.0 m متصل بمنصة أفقية ترتفع 1.0 m فوق مستوى الأرض، كما في **الشكل 19–4**. حيث تلزم قوة مقدارها 400.0 N تؤثر في اتجاه يوازي المستوى المائل لدفع الصندوق إلى أعلى المستوى بسرعة ثابتة المقدار.



■ الشكل 19–4

a. ما مقدار الشغل الذي بذله الشخص في دفع الصندوق إلى أعلى المستوى المائل؟

$$W = Fd = (400.0\ \text{N})(2.0\ \text{m}) = 8.0\times10^2\ \text{J}$$

b. ما مقدار الشغل الذي يبذله الشخص إذا رفع الصندوق رأسيًّا إلى أعلى من سطح الأرض إلى المنصة؟

$$W = Fd = mgd$$

$$= (60.0\ \text{kg})(9.80\ \text{m/s}^2)(1.0\ \text{m})$$

$$= 5.9\times10^2\ \text{J}$$

موقع واجباتي

تقويم الفصل 4

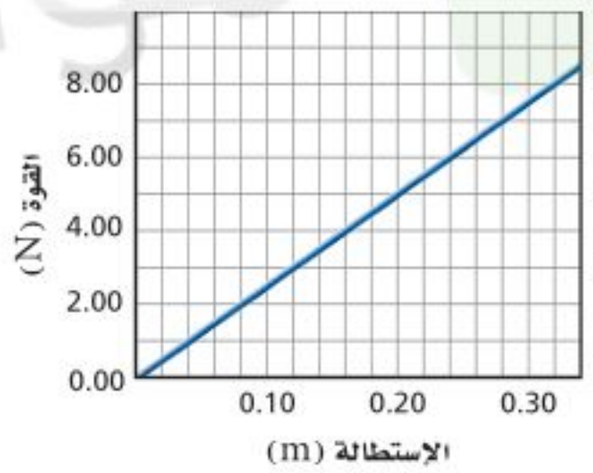
71. محرك القارب يدفع محرك قاربا على سطح الماء بسرعة ثابتة مقدارها 15 m /s، ويجب أن يؤثر المحرك بقوة مقدارها 6.0 kN ليوازن قوة مقاومة الماء لحركة القارب. ما قدرة محرّك القارب؟

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

$$= (6.0\times10^{3}\ \text{N})(15\ \text{m/s})$$

$$= 9.0\times10^{4}\ \text{W} = 9.0\times10^{1}\ \text{kW}$$

72. يوضح الرسم البياني في الشكل 20-4 منحنى القوة – الاستطالة (المسافة التي يستطيلها النابض تحت تأثير القوة) لنابض معين.



■ الشكل 20-4

a. احسب ميل المنحنى البياني k، وبيّن أن $F = kd$، حيث $k = 25\ \text{N/m}$.

$$k = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{5.00\ \text{N} - 0.00\ \text{N}}{0.20\ \text{m} - 0.00\ \text{m}} =$$

أفترض أن

$$d_1 = 0.20\ \text{m}$$

ومن الرسم البياني

$$F_1 = 5.00\ \text{N}$$

لذا فإن

$$k = \frac{F_1}{d_1}$$

$$= \frac{5.00\ \text{N}}{0.20\ \text{m}} = 25\ \text{N/m}$$

b. احسب مقدار الشغل المبذول في استطالة النابض من 0.00 m إلى 0.20 m، وذلك بحساب المساحة تحت المنحنى البياني من 0.00 m إلى 0.20 m.

$$A = \frac{1}{2}(\text{القاعدة})(\text{الارتفاع})$$

$$= \left(\frac{1}{2}\right)(0.20\ \text{m})(5.00\ \text{N})$$

$$= 0.50\ \text{J}$$

c. بين أن إجابة الفرع (b) يمكن التوصل إليها باستخدام المعادلة $W = \frac{1}{2}kd^2$، حيث تمثل W الشغل، و $k = 25\ \text{N/m}$ (ميل المنحنى البياني)، و d مسافة استطالة النابض (0 20 m)

$$W = \frac{1}{2}kd^2 = \left(\frac{1}{2}\right)(25\ \text{N/m})(0.20\ \text{m})^2$$

$$= 0.50\ \text{J}$$

موقع واجباتي

W الشـــغل، و $k = 25\ N/m$ (ميـــل المنحنى البياني)، و d مسافة استطالة النابض (0.20 m).

73. استخدم الرسم البياني في **الشكل 20–4** لإيجاد الشغل اللازم لاستطالة النابض من 0.12 m إلى 0.28 m.

اجمع مساحة كلّ من المثلث والمستطيل، علمًا بأن مساحة المثلث تساوي:

$$\frac{1}{2}bh = \frac{1}{2}(0.28\ m - 0.12\ m)(7.00\ N - 3.00\ N)$$
$$= 0.32\ J$$

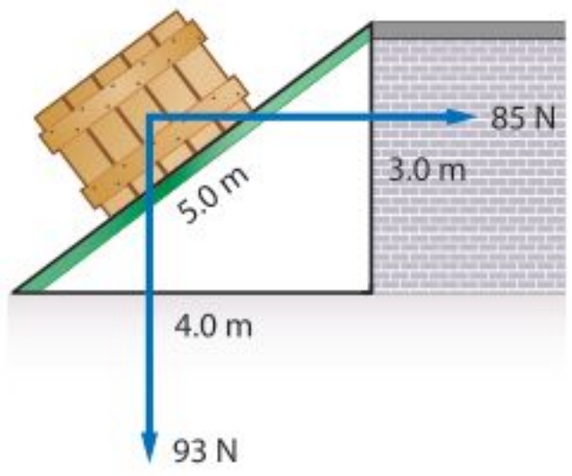
ومساحة المستطيل تساوي:

$$bh = (0.28\ m - 0.12\ m)(3.00\ N - 0.00\ N)$$
$$= 0.48\ J$$

الشغل الكلي يساوي:

$$0.32\ J + 0.48\ J = 0.80\ J$$

74. يدفع عامل صندوقًا يـــزن 93 N إلى أعلى مستوى مائل، لكن اتجاه دفع العامل أفقي يوازي سطح الأرض. انظر **الشكل 21–4**.



a. إذا أثَّر العامل بقوة مقدارها 85 N، فما مقدار الشغل الذي يبذله؟

مقدار الإزاحة التي في اتجاه القوة تساوي 4.0 m؛ لذا فإن

$$W = Fd = (85\ N)(4.0\ m)$$
$$= 3.4\times10^{2}\ J$$

b. ما مقدار الشغل الذي تبذله قوة الجاذبية الأرضية؟ (انتبه إلى الإشارات التي تستخدمها).

مقدار الإزاحة التي في اتجاه القوة تساوي 3.0 m–، لذا فإن

$$W = Fd = (93\ N)(-3.0\ m)$$
$$= -2.8\times10^{2}\ J$$

c. إذا كان معامـــل الاحتـــكاك الحركي 0.20، فما مقدار الشغل الذي تبذله قوة الاحتكاك؟ (انتبه إلى الإشارات التي تستخدمها).

$$W = \mu F_N d = \mu(F_{\text{العامل},\perp} + F_{g,\perp})d$$
$$= 0.20[(85\ N)(\sin\theta) + (93\ N)(\cos\theta)](-5.0\ m)$$
$$= 0.20\left[(85\ N)\left(\frac{3.0}{5.0}\right) + (93\ N)\left(\frac{4.0}{5.0}\right)\right](-5.0\ m)$$
$$= -1.3\times10^{2}\ J \text{ (الشغل المبذول ضد قوة الاحتكاك)}$$

موقع واجباتي

تقويم الفصل 4

75. مضخة الزيت تضخ مضخة $0.550\ m^3$ من الزيت خلال $35.0\ s$ في برميل يقع على منصة ترتفع $25.0\ m$ فوق مستوى أنبوب السحب. فإذا كانت كثافة الزيت $0.820\ g/cm^3$، فاحسب:

a. الشغل الذي تبذله المضخة.

الشغل المبذول يساوي

$$W = F_g d = mgh$$

$$= (\text{الكثافة})(\text{الحجم})gh$$

$$= (0.550\ m^3)(0.820\ g/cm^3)\left(\frac{1.0\ kg}{1000\ g}\right)(1.00\times10^6\ cm^3/m^3)(9.80\ m/s^2)(25.0\ m)$$

$$= 1.10\times10^5\ J$$

b. القدرة التي تولدها المضخة.

$$P = \frac{W}{t} = \frac{1.10\times10^5\ J}{35.0\ s}$$

$$= 3.14\times10^3\ W = 3.14\ kW$$

76. حزام نقل يُستخدم حزام نقل طوله $12.0\ m$ يميل بزاوية 30.0° على الأفقي؛ لنقل حزم من الصحف من غرفة البريد إلى مبنى الشحن. فإذا كانت كتلة كل صحيفة $1.0\ kg$، وتتكون كل حزمة من 25 صحيفة، فاحسب القدرة التي يولدها حزام النقل إذا كان ينقل 15 حزمة في الدقيقة.

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

$$= (25\ \text{صحيفة})(15\ \text{حزمة/min})(1.0\ kg/\text{صحيفة})(9.80\ m/s^2)(12.0\ m)(\sin 30.0^\circ)(1\ min/60\ s)$$

$$= 3.7\times10^2\ W$$

موقع واجباتي

موقع واجباتي

تقويم الفصل 4

77. تسير سيارة على الطريق بسرعة ثابتة مقدارها 76 km /h. فإذا كان محرك السيارة يولد قدرة مقدارها 48 kW، فاحسب متوسط القوة التي تقاوم حركة السيارة.

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

لذا فإن:

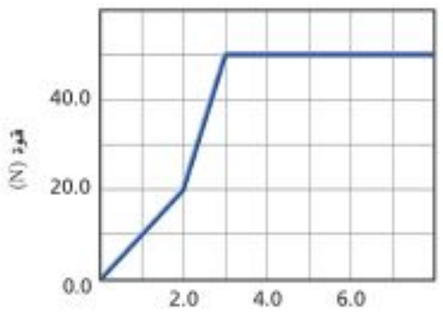
$$F = \frac{P}{v}$$

$$= \frac{48000\ \text{W}}{\left(\frac{76\ \text{km}}{1\ \text{h}}\right)\left(\frac{1000\ \text{m}}{1\ \text{km}}\right)\left(\frac{1\ \text{h}}{3600\ \text{s}}\right)}$$

$$= 2.3\times10^{3}\ \text{N}$$

78. يوضح الرسم البياني في **الشكل 22–4** منحنى القوة والإزاحة لعملية سحب جسم.

a. احسب الشغل المبذول لسحب الجسم مسافة 7.0 m.



■ الشكل 22–4

أوجد المساحة تحت المنحنى (انظر الرسم البياني)

0.0 – 2.0 m:

$$W_1 = \frac{1}{2}(20.0\ \text{N})(2.0\ \text{m}) = 2.0\times10^{1}\ \text{J}$$

2.0 m – 3.0 m:

$$W_2 = \frac{1}{2}(30.0\ \text{N})(1.0\ \text{m}) + (20\ \text{N})(1.0\ \text{m})$$

$$= 35\ \text{J}$$

3.0 m – 7.0 m:

$$W_3 = (50.0\ \text{N})(4.0\ \text{m})$$

$$= 2.0\times10^{2}\ \text{J}$$

الشغل الكلي:

$$W = W_1 + W_2 + W_3$$

$$= 2.0\times10^{1}\ \text{J} + 35\ \text{J} + 2.0\times10^{2}\ \text{J}$$

$$= 2.6\times10^{2}\ \text{J}$$

b. احسب القدرة المتولدة إذا تم إنجاز الشغل خلال 2.0 s.

$$P = \frac{W}{t} = \frac{2.6\times10^{2}\ \text{J}}{2.0\ \text{s}} = 1.3\times10^{2}\ \text{W}$$

79. رفع شخص صندوقًا وزنه 1200 N مسافة 5.00 m باستخدام مجموعة بكرات، بحيث سحب 20.0 m من الحبل، فما مقدار:

a. القوة (المسلّطة) التي سيطبقها شخص إذا كانت هذه الآلة مثالية؟

$$\frac{F_r}{F_e} = \frac{d_e}{d_r}$$

لذا فإن

$$F_e = \frac{F_r d_r}{d_e} = \frac{(1200\ \text{N})(5.00\ \text{m})}{20.0\ \text{m}}$$

$$= 3.0\times10^{2}\ \text{N}$$

موقع واجباتي

b. القوة المستخدمة لموازنة قوة الاحتكاك إذا كانت القوة الفعلية (المسلّطة) 340 N؟

$$F_e = F_f + F_{e,\text{المثالي}}$$

$$F_f = F_e - F_{e,\text{المثالي}}$$

$$= 340\ \text{N} - 3.0\times10^2\ \text{N}$$

$$= 40\ \text{N}$$

c. الشغل الناتج؟

$$W_o = F_r d_r = (1200\ \text{N})(5.00\ \text{m})$$

$$= 6.0\times10^3\ \text{J}$$

d. الشغل المبذول؟

$$W_i = F_e d_e = (340\ \text{N})(20.0\ \text{m})$$

$$= 6.8\times10^3\ \text{J}$$

e. الفائدة الميكانيكية؟

$$MA = \frac{F_r}{F_e} = \frac{1200\ \text{N}}{340\ \text{N}} = 3.5$$

80. الرافعة تُعد الرافعة آلة بسيطة ذات فاعلية كبيرة جدًّا؛ وذلك بسبب ضآلة قوة الاحتكاك فيها، فإذا استخدمت رافعة فاعليتها 90%، فما مقدار الشغل اللازم بذله لرفع جسم كتلته 18.0 kg مسافة 0.50 m؟

$$e = \frac{W_o}{W_i}\times100$$

$$W_i = \frac{(W_o)(100)}{e} = \frac{(mgd)(100)}{90.0}$$

$$= \frac{(18.0\ \text{kg})(9.80\ \text{m/s}^2)(0.50\ \text{m})(100)}{90.0}$$

$$= 98\ \text{J}$$

81. يُستخدم نظام بكرة لرفع جسم وزنه 1345 N مسافة 0.975 m، حيث يسحب شخص الحبل مسافة 3.90 m عن طريق التأثير فيه بقوة مقدارها 375 N.

a. ما مقدار الفائدة الميكانيكية المثالية للنظام؟

$$IMA = \frac{d_e}{d_r} = \frac{3.90\ \text{m}}{0.975\ \text{m}}$$

$$= 4.00$$

b. ما مقدار الفائدة الميكانيكية؟

$$MA = \frac{F_r}{F_e} = \frac{1345\ \text{N}}{375\ \text{N}}$$

$$= 3.59$$

موقع واجباتي

موقع واجباتي

تقويم الفصل 4

c. ما كفاءة النظام؟

$$e = \frac{MA}{IMA} \times 100$$

$$= \frac{3.59}{4.00} \times 100$$

$$= 89.8\%$$

82. تؤثر قوة مقدارها 1.4 N مسافة 40.0 cm في حبل متصل برافعة لرفع جسم كتلته 0.50 kg مسافة 10.0 cm. احسب كلاً مما يلي:

a. الفائدة الميكانيكية MA.

$$MA = \frac{F_r}{F_e} = \frac{mg}{F_e}$$

$$= \frac{(0.50\ \text{kg})(9.80\ \text{m/s}^2)}{1.4\ \text{N}}$$

$$= 3.5$$

b. الفائدة الميكانيكية المثالية IMA.

$$IMA = \frac{d_e}{d_r} = \frac{40.0\ \text{cm}}{10.0\ \text{cm}} = 4.00$$

c. الكفاءة.

$$e = \frac{MA}{IMA} \times 100$$

$$= \frac{3.5}{4.00} \times 100 = 88\%$$

83. يؤثر طالب بقوة مقدارها 250 N في رافعة، مسافة 1.6 m فيرفع صندوقًا كتلته 150 kg. فإذا كانت كفاءة الرافعة 90%، فاحسب المسافة التي ارتفعها الصندوق؟

$$e = 90 = \frac{MA}{IMA} \times 100 = \frac{\frac{F_r}{F_e}}{\frac{d_e}{d_r}} \times 100$$

$$= \frac{F_r d_r}{F_e d_e} \times 100$$

لذا فإن:

$$d_r = \frac{eF_e d_e}{100 F_r} = \frac{eF_e d_e}{100\ mg}$$

$$= \frac{(90.0)(250\ \text{N})(1.6\ \text{m})}{(100)(150\ \text{kg})(9.80\ \text{m/s}^2)}$$

$$= 0.24\ \text{m}$$

موقع واجباتي

موقع واجباتي

تقويم الفصل 4

84. ما مقدار الشـــغل اللازم لرفع جسم كتلته 215 kg مسافة 5.65 m باستخدام آلة كفاءتها 72.5 %؟

$$e = \frac{W_o}{W_i} \times 100$$

$$= \frac{F_r d_r}{W_i} \times 100$$

$$= \frac{mgd_r}{W_i} \times 100$$

$$W_i = \frac{mgd_r}{e} \times 100$$

$$= \frac{(215\ \text{kg})(9.80\ \text{m/s}^2)(5.65\ \text{m})(100)}{72.5}$$

$$= 1.64 \times 10^4\ \text{J}$$

85. إذا كان طـــول المســـتوى المائل 18 m كمـــا في **الشكل 23–4**، وارتفاعه 4.5 m، فاحسب ما يأتي:

a. مقدار القوة الموازية للمستوى المائل F_A اللازمة لسحب صندوق كتلته 25 kg بسرعة ثابتة إلى أعلى المستوى المائل إذا أهملنا قوة الاحتكاك.

$$W = F_g d = mgh$$

لذا فإن:

$$F = F_g = \frac{mgh}{d}$$

$$= \frac{(25\ \text{kg})(9.80\ \text{m/s}^2)(4.5\ \text{m})}{18\ \text{m}}$$

$$= 61\ \text{N}$$

b. الفائدة الميكانيكية المثالية للمستوى المائل.

$$IMA = \frac{d_e}{d_r} = \frac{18\ \text{m}}{4.5\ \text{m}} = 4.0$$

c. الفائدة الميكانيكية الحقيقية MA وكفاءة المستوى المائل إذا لزمت قوة مقدارها 75 N في اتجاه موازٍ لسطح المستوى المائل لإنجاز العمل.

$$MA = \frac{F_r}{F_e}$$

$$= \frac{mg}{F_e} = \frac{(25\ \text{kg})(9.80\ \text{m/s}^2)}{75\ \text{N}} = 3.3$$

$$e = \frac{MA}{IMA} \times 100$$

$$= \frac{3.3}{4.0} \times 100 = 82\%$$

86. الدراجة الهوائية يُحرك صبي دوّاسات (بدّالات) دراجة هوائية نصف قطر ناقل الحركة فيها 5.00 cm، ونصف قطر إطارها 38.6 cm كما في **الشكل 24–3**، فإذا دار الإطار دورة واحدة، فما طول السلسلة المستخدمة؟

■ **الشكل 24–3**

$$d = 2\pi r = 2\pi(5.00\ \text{cm}) = 31.4\ \text{cm}$$

موقع واجباتي

موقع واجباتي

تقويم الفصل 4

87. الونش يشغل محرك كفاءته 88% ونشًا كفاءته 42%، فإذا كانت القدرة المزوّدة للمحرك 5.5 kW، فما السرعة الثابتة التي يرفع الونش فيها صندوقًا كتلته 410 kg؟

$$\text{الكفاءة الكلية} = (88\%)(42\%) = 37\%$$

$$\text{القدرة المفيدة} = (5.5\ \text{kW})(37\%)$$

$$= 2.0\ \text{kW}$$

$$= 2.0 \times 10^3\ \text{W}$$

$$P = \frac{W}{t} = \frac{Fd}{t} = F\left(\frac{d}{t}\right) = Fv$$

$$v = \frac{P}{F_g} = \frac{P}{mg} = \frac{2.0 \times 10^3\ \text{W}}{(410\ kg)(9.80\ \text{m/s}^2)}$$

$$= 0.50\ \text{m/s}$$

88. تتكون آلة مركّبة من رافعة متصلة بنظام بكرات. فإذا كانت هذه الآلة المركّبة في حالتها المثالية تتكون من رافعة فائدتها الميكانيكية المثالية 3.0، ونظام بكرة فائدتها الميكانيكية المثالية 2.0

a. فأثبت أن الفائدة الميكانيكية المثالية IMA للآلة المركّبة تساوي 6.0.

$$W_{i1} = W_{o1} = W_{i2} = W_{o2}$$

$$W_{i1} = W_{o2}$$

$$F_{e1}\, d_{e1} = F_{r2}\, d_{r2}$$

بالنسبة إلى الآلة المركبة

$$IMA_{\text{مركبة}} = \frac{d_{e1}}{d_{r2}}$$

$$\frac{d_{e1}}{d_{r1}} = IMA_1, \frac{d_{e2}}{d_{r2}} = IMA_2$$

$$d_{r1} = d_{e2}$$

$$\frac{d_{e1}}{IMA_1} = d_{r1} = d_{e2} = (IMA_2)(d_{r2})$$

$$d_{e1} = (IMA_1)(IMA_2)(d_{r2})$$

$$\frac{d_{e1}}{d_{r2}} = IMA_{\text{مركبة}} = (IMA_1)(IMA_2)$$

$$= (3.0)(2.0) = 6.0$$

b. وإذا كانت كفاءة الآلة المركبة 60%، فما مقدار القوة (المسلّطة) التي يجب التأثير بها في الرافعة لرفع صندوق وزنه 540 N؟

$$e = \frac{MA}{IMA} \times 100 = \frac{\frac{F_r}{F_e}}{IMA} \times 100$$

$$= \frac{(F_r)(100)}{(F_e)(IMA)}$$

لذا فإن

$$F_e = \frac{(F_r)(100)}{(e)\ (IMA)}$$

$$= \frac{(540\ \text{N})(100)}{(60.0)(6.0)}$$

$$= 150\ \text{N}$$

موقع واجباتي

موقع واجباتي

تقويم الفصل 4

c. إذا تحركت جهة تأثير القوة من الرافعة مسافة 12.0 cm، فما المسافة التي رُفع إليها الصندوق؟

$$\frac{d_{e1}}{d_{r2}} = IMA_{\text{مركبة}}$$

$$d_{r2} = \frac{d_{e1}}{IMA_C}$$

$$= \frac{12.0\ \text{cm}}{6.0} \qquad = 2.0\ \text{cm}$$

89. **المستويات المائلة** إذا أرادت فتاة نقل صندوق إلى منصة ترتفع 2.0 m عن سطح الأرض، ولديها الخيار أن تستخدم مستوى مائلا طوله 3.0 m أو مستوى مائلا طوله 4.0 m، فأي المستويين ينبغي أن تستخدم الفتاة إذا أرادت أن تبذل أقل مقدار من الشغل، علمًا أن المستويين عديما الاحتكاك؟

يمكنها أن تستخدم أيًّا منهما؛ المسافة الرأسية فقط مهمة. إذا استخدمت الفتاة المستوى المائل الأطول فسوف تحتاج إلى قوة أقل. الشغل المبذول سوف يكون هو نفسه.

90. يرفع لاعبٌ ثقلا كتلته 240 kg مسافة 2.35 m.

a. ما مقدار الشغل الذي يبذله اللاعب لرفع الثقل؟

$$W = Fd = mgd$$

$$= (240\ \text{kg})(9.80\ \text{m/s}^2)(2.35\ \text{m})$$

$$= 5.5\times10^3\ \text{J}$$

b. ما مقدار الشغل الذي يبذله اللاعب للإمساك بالثقل فوق رأسه؟

$d = 0$، لذلك فإنه لا يبذُل شغلًا.

c. ما مقدار الشغل الذي يبذله اللاعب لإنزال الثقل مرة أخرى على الأرض؟

d معاكسة للحركة في الفرع a من هذا السؤال، لذا يكون W معاكسًا أيضًا، -5.5×10^3 J.

d. هل يبذل اللاعب شغلاً إذا ترك الثقل يسقط في اتجاه الأرض؟

لا، لا يؤثر بقوة، لذا فإنه لا يبذل شغلاً سواء أكان موجبًا أو سالبًا.

e. إذا رفع اللاعب الثقل خلال 2.5 s، فما مقدار قدرته على الرفع؟

$$P = \frac{W}{t} = \frac{5.5\times10^3\ \text{J}}{2.5\ \text{s}}$$

$$= 2.2\ \text{kW}$$

موقع واجباتي

تقويم الفصل 4

91. يتطلب جر صندوق عبر أرض أفقية بسرعة ثابتة قوة أفقية مقدارها 805 N. فإذا ربطت الصندوق بحبل، وسحبته، بحيث يميل الحبل بزاوية 32° على الأفقي.

a. فما مقدار القوة التي تؤثر بها في الحبل؟

$$F_x = F\cos\theta$$

لذا فإن

$$F = \frac{F_x}{\cos\theta} = \frac{805\ \text{N}}{\cos 32^\circ}$$

$$= 9.5\times10^2\ \text{N}$$

b. وما مقدار الشغل الذي بذلته على الصندوق إذا حركته مسافة 22 m؟

$$W = F_x d = (805\ \text{N})(22\ \text{m})$$

$$= 1.8\times10^4\ \text{J}$$

c. إذا حركت الصندوق خلال 8.0 s، فما مقدار القدرة الناتجة؟

$$P = \frac{W}{t} = \frac{1.8\times10^4\ \text{J}}{8.0\ \text{s}} = 2.2\ \text{kW}$$

92. العربة والمستوى المائل تُستخدم عربة متحركة لنقل ثلاجة كتلتها 115 kg إلى منزل، وقد وضعت العربة التي تحمل الثلاجة على مستوى مائل، ثم سحبت بمحرك يسلط عليها قوة مقدارها 496 N، فإذا كان طول المستوى المائل 2.10 m، وارتفاعه 0.85 m، وكونت العربة والمستوى المائل آلة، فاحسب كلًّا مما يأتي:

a. مقدار الشغل الذي يبذله المحرك.

$$W_i = Fd = (496\ \text{N})(2.10\ \text{m})$$

$$= 1.04\times10^3\ \text{J}$$

b. مقدار الشغل المبذول على الثلاجة من خلال الآلة.

$$d = \text{الإزاحة إلى أعلى} = 0.850\ \text{m}$$

$$W_o = F_g d = mgd$$

$$= (115\ \text{kg})(9.80\ \text{m/s}^2)(0.850\ \text{m})$$

$$= 958\ \text{J}$$

c. كفاءة الآلة.

$$e = \frac{W_o}{W_i}\times 100$$

$$\frac{958\ \text{J}}{1.04\times10^3\ \text{J}}\times 100$$

$$= 92.1\%$$

موقع واجباتي

موقع واجباتي

تقويم الفصل 4

93. تبذل سمر شغلاً مقداره 11.4 kJ، لجر صندوق خشبي بحبل مسافة 25.0 m على أرضية غرفة بسرعة ثابتة المقدار، حيث يصنع الحبل زاوية 48.0° على الأفقي.

a. ما مقدار القوة التي يؤثر بها الحبل في الصندوق؟

$$W = Fd\cos\theta$$

لذا فإن

$$F = \frac{W}{d\cos\theta} = \frac{11400\ \text{J}}{(25.0\ \text{m})(\cos 48.0°)}$$

$$= 681\ \text{N}$$

b. ما مقدار قوة الاحتكاك المؤثرة في الصندوق؟

يتحرك الصندوق بسرعة ثابتة، لذا فإن قوة الاحتكاك تساوي المركبة الأفقية للقوة التي يؤثر بها الحبل في الصندوق.

$$f_k = F_x = F\cos\theta$$

$$= (681\ \text{N})(\cos 48.0°)$$

$$= 456\ \text{N},$$ **في عكس اتجاه الحركة**

c. ما مقدار الشغل المبذول من أرضية الغرفة بواسطة قوة الاحتكاك بين الأرض والصندوق؟

تكون القوة والإزاحة متعاكستين في الاتجاه، لذا فإن

$$W = -Fd = -(456\ \text{N})(25.0\ \text{m})$$

$$= -1.14\times10^4\ \text{J}$$

بسبب عدم وجود قوة محصلة تؤثّر في الصندوق، فإن الشغل المبذول على الصندوق يجب أن يكون مساويًا في المقدار ومعاكسًا في الإشارة للطاقة التي بذلتها أو حررتها سمر؛ أي -1.14×10^4 J.

موقع واجباتي

94. تزلج سحبت مزلجة (عربة التنقل على الجليد) وزنها 845 N مسافة 185 m، حيث تطلبت هذه العملية بذل شغل مقداره 1.20×10^4 J عن طريق التأثير بقوة سحب مقدارها 125 N في حبل مربوط بالمزلجة. ما مقدار الزاوية التي يصنعها الحبل بالنسبة للأفقي؟

$$W = Fd\cos\theta$$

لذا فإن

$$\theta = \cos^{-1}\left(\frac{W}{Fd}\right) = \cos^{-1}\left(\frac{1.20\times10^4\ \text{J}}{(125\ \text{N})(185\ \text{m})}\right)$$

$$= 58.7°$$

95. يسحب ونش كهربائي صندوقًا وزنه 875 N إلى أعلى مستوى يميل بزاوية 15° على الأفقي وبسرعة مقدارها 0.25 m/s. إذا كان معامل الاحتكاك الحركي بين الصندوق والمستوى المائل 0.45، فأجب عن الآتي:

a. ما القدرة التي أنتجها الونش؟

بُذل شغل على الصندوق من قِبل الونش، والجاذبية، والاحتكاك.

وبما أن الطاقة الحركية للصندوق لم تتغير، فإن مجموع الشغل للمصادر الثلاثة السابقة يساوي صفرًا، ووفقًا لذلك فإن

أو

$$W_{\text{الونش}} = W_{\text{الاحتكاك}} + W_{\text{الجاذبية}}$$

$$P_{\text{الونش}} = P_{\text{الاحتكاك}} + P_{\text{الجاذبية}}$$

$$= \frac{\mu F_N d}{t} + \frac{F_g d \sin\theta}{t}$$

$$= \mu F_N\left(\frac{d}{t}\right) + F_g\left(\frac{d}{t}\right)\sin\theta$$

$$= \mu F_N v + F_g v \sin\theta$$

$$= (\mu F_g)(\cos\theta)(v) + F_g v \sin\theta$$

$$= (0.45)(875\ \text{N})(\cos 15^\circ)\ (0.25\ \text{m/s}) + (875\ \text{N})(0.25\ \text{m/s})\ (\sin 15^\circ)$$

$$= 1.52\times10^2\ \text{W}$$

b. إذا كانت كفاءة الونش 85%، فما القدرة الكهربائية التي يجب تزويد الونش بها؟

$$\text{e} = \frac{W_o}{W_i} = \frac{P_o}{P_i}$$

لذا فإن

$$P_i = \frac{P_o}{\text{e}}$$

$$= 1.52 \times 10^2\ \text{W} / 0.85$$

$$= 1.79 \times 10^2\ \text{W}$$

موقع واجباتي

موقع واجباتي

تقويم الفصل 4

96. حلّل ثم استنتج افترض أنك تعمل في مستودع، وتقوم بحمل صناديق إلى طابق التخزين الذي يرتفع 12 m فوق سطح الأرض، ولديك 30 صندوقًا كتلتها الكلية 150 kg يجب نقلها بأقصى سرعة ممكنة، ولتحقيق ذلك لديك أكثر من خيار؛ إذ يمكن أن تحمل صندوقين معًا في المرة الواحدة، كما يمكن أن تحمل أكثر من صندوقين، لكنك ستصبح بطيئًا، وترهق نفسك، مما يضطرك للإكثار من الاستراحات، ويمكن أيضًا أن تحمل صندوقًا واحدًا فقط في كل مرة، وبذلك تستهلك معظم طاقتك في رفع جسمك. إن القدرة (بوحدة الواط) التي يستطيع جسمك إنتاجها مدة طويلة تعتمد على الكتلة التي تحملها، كما في **الشكل 25–3**، الذي يعد مثالاً على منحنى القدرة الذي يطبق على الآلات كما يطبق على الإنسان. بالاعتماد على الشكل حدد عدد الصناديق التي ستحملها كل مرّة والتي تقلل الزمن المطلوب، وحدد كذلك الزمن الذي تقضيه في إنجاز هذا العمل. ملاحظة: أهمل الزمن اللازم لتعود إلى أسفل السلالم ورفع كل صندوق وإنزاله.

■ الشكل 25–3

الشغل الذي ينبغي بذله هو نفسه،

$$W = F_g d = mgd$$

$$= (150\ \text{kg})(9.80\ \text{m/s}^2)(12\ \text{m})$$

$$= 1.76\times10^4\ \text{J}$$

ومن خلال الرسم البياني؛ يتبيَّن أن القدرة القصوى تساوي 25 W وذلك عند 15 kg. ولما كانت كتلة الصندوق الواحد تساوي:

$$\frac{(150\ \text{kg})}{(30\text{صندوق})} = 5\ \text{kg}$$

فإن كتلة الصناديق الثلاثة مجتمعة تساوي 15 kg.

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

لذا فإن

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

$$= \frac{1.76\times10^4\ \text{J}}{25\ \text{W}}$$

$$= 7.0\times10^2\ \text{s}$$

$$= 12\ \text{min}$$

موقع واجباتي

تقويم الفصل 4

97. تطبيق المفاهيم يجتاز عدّاء كتلته 75 kg مضمارًا طوله 50.0 m خلال 8.50 s. افترض أن تسارع العدّاء ثابت في أثناء السباق.

a. ما متوسط قدرة العدّاء خلال السباق؟

مع افتراض أن تسارع العدّاء ثابت تكون القوة ثابتة

$$d = d_i + v_i t + \frac{1}{2}at^2$$

وبما أن

$$d_i = v_i = 0$$

إذن:

$$P = \frac{W}{t} = \frac{Fd}{t} = \frac{mad}{t} = \frac{m\left(\frac{2d}{t^2}\right)d}{t}$$

$$= \frac{2md^2}{t^3} = \frac{(2)(75\ \text{kg})(50.0\ \text{m})}{(8.50\ \text{s})^3}$$

$$= 6.1 \times 10^2\ \text{W}$$

b. وما أقصى قدرة يولدها العدّاء؟

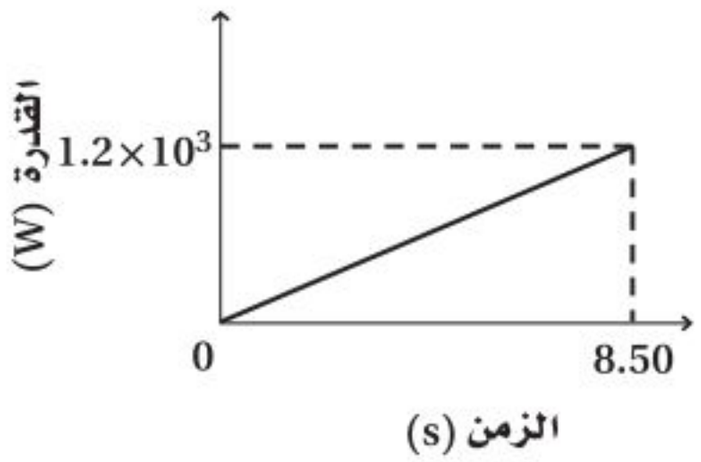
تزداد القدرة خطيًّا بدءًا من الصفر؛ وذلك لأن السرعة تزداد خطيًّا كما يتضح مما يلي:

$$P = \frac{W}{t} = \frac{Fd}{t} = F\left(\frac{d}{t}\right) = Fv$$

لذا فإن

$$P_{\text{عظمى}} = 2P_{\text{متوسط}} = 1.2 \times 10^3\ \text{W}$$

c. ارسم منحنى بيانيًّا كميًّا للقدرة مقابل الزمن يمثل مسار السباق من بدايته لنهايته.



موقع واجباتي

موقع واجباتي

تقويم الفصل 4

98. تطبيق المفاهيم إذا اجتاز العدّاء في السؤال السابق مضمار السباق نفسه (طوله 50.0 m) خلال الزمن نفسه (8.50 s)، لكنه هذه المرة تسارع في الثانية الأولى

a. متوسط القدرة المتولدة خلال الثانية الأولى.

مسافة الثانية الأولى +

مسافة بقية السباق = 50.0 m

$$d_f = d_i + v_i t + \frac{1}{2} at^2$$

$$d_i = v_i = 0$$

$$d_f = \frac{1}{2} a(t_1)^2 + v_f(t_2) = 50.0\ \text{m}$$

السرعة المتجهة النهائية:

$$v_f = v_i + at$$

$$v_i = 0$$

$$v_f = at = a(t_1)$$

لذا فإن

$$d_f = \frac{1}{2} at_1^{\,2} + at_1 t_2$$

$$= a\left(\frac{1}{2} t_1^{\,2} + t_1 t_2\right)$$

$$a = \frac{d_f}{\frac{1}{2} t_1^{\,2} + t_1 t_2}$$

$$= \frac{50.0\ \text{m}}{\left(\frac{1}{2}\right)(1.00\ \text{s})^2 + (1.00\ \text{s})(7.50\ \text{s})}$$

$$= 6.25\ \text{m/s}^2$$

بالنسبة إلى الثانية الأولى:

$$d = \frac{1}{2} at^2 = \left(\frac{1}{2}\right)(6.25\ \text{m/s}^2)(1.00\ \text{s})^2$$

$$= 3.12\ \text{m}$$

وبالاستعانة بحل المسألة السابقة

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

$$P_{ave} = \frac{(75\text{kg})(6.25\ \text{m/s}^2)(3.12\ \text{m})}{1.00\ \text{s}}$$

$$= 1.5\times10^3\ \text{W}$$

b. أقصى قدرة يولّدها العدّاء؟

$$P_{max} = 2P_{ave} = 3.0\times10^3\text{W}$$

موقع واجباتي

موقع واجباتي

تقويم الفصل 4

99. تُعد الدراجة الهوائية آلة مركّبة وكذلك السيارة أيضًا. أوجد كفاءة مكوّنات مجموعات القدرة (المحرك، وناقل الحركة، والإطارات)، واستكشف التحسينات الممكنة في كفاءة كل منها.

الكفاءة الإجمالية تساوي %(30–15). كفاءة ناقل الحركة تساوي %90 تقريبًا.

احتكاك التدحرج في الإطارات %1 تقريبًا

(نسبة قوة الدفع إلى الوزن المتحرك). إن أكبر زيادة يمكن تحقيقها في المحرك.

100. غالبًا ما تستخدم المصطلحات الآتية بوصفها مترادفات في الحياة اليومية: القوة، والشغل، والقدرة، والطاقة. احصل على أمثلة من الصحف والإذاعة والتلفاز تستخدم فيها هذه المصطلحات بمعانٍ مختلفة عن معانيها في الفيزياء.

ستتنوع الإجابات. فمثلا نقول: «إنها ليست مجرد طاقة، إنها قدرة» تظهر في المراجع الشائعة.

101. يقول بعض الناس أحيانًا إن القمر يبقى في مساره؛ لأن «قوة الطرد المركزي توازن تمامًا قوة الجذب المركزي، والنتيجة أن القوة المحصلة تساوي صفرًا». وضح مدى صحة هذا القول. (الفصل 1)

هناك قوة واحدة على القمر هي قوة الجاذبية للكتلة الأرضية المؤثرة فيه.

وهذه القوة المحصلة تؤدي إلى تسارع القمر وهو تسارع مركزي في اتجاه مركز الأرض.

موقع واجباتي

موقع واجباتي

اختبار مقنن

أسئلة الاختيار من متعدد

اختر رمز الإجابة الصحيحة فيما يأتي:

1. يتكون نظام بكرات من بكرتين ثابتتين وبكرتين قابلتين للحركة ويرفع حملاً وزنه 300 N، فإذا استخدمت قوة مقدارها 100 N لرفع الوزن، فما الفائدة الميكانيكية للنظام؟

(A) $\frac{1}{3}$ (B) $\frac{3}{4}$ (C) 3 (D) 6

2. يُدفع الصندوق في الشكل إلى أعلى مستوى مائل ارتفاعه 3.0 m بقوة مقدارها 100.0 N فما مقدار الشغل المبذول على الصندوق؟

$(\sin 30^\circ = 0.50, \cos 30^\circ = 0.87, \tan 30^\circ = 0.58)$

(A) 150 J (B) 260 J (C) 450 J (D) 600 J

3. تتكون آلة مركبة من مستوى مائل وبكرة، وتستخدم لرفع الصناديق الثقيلة، فإذا كانت كفاءة سحب صندوق كتلته 100 kg إلى أعلى المستوى المائل 50 %، وكانت كفاءة البكرة 90 %، فما الكفاءة الكلية للآلة المركبة؟

(A) 40 % (B) 45 % (C) 50 % (D) 70 %

4. ينزلق متزلج كتلته 50.0 kg على سطح بحيرة جليدية مهملة الاحتكاك، وحينما اقترب من زميله، مدَّ كلاهما يديه في اتجاه الآخر، حيث أثر فيه زميله بقوة في اتجاه معاكس لحركته، فتباطأت سرعته من 2.0 m /s إلى 1.0 m /s. ما التغير في الطاقة الحركية للمتزلج؟

(A) +25 J (B) −75 J (C) −100 J (D) 150 J

5. يتدلى قالب خشبي وزنه 20.0 N من نهاية حبل يلتف حول نظام بكرة، فإذا سحبت النهاية الأخرى للحبل مسافة 2.00 m إلى الأسفل فإن نظام البكرة يرفع القالب مسافة 0.40 m. ما الفائدة الميكانيكية المثالية للنظام؟

(A) 2.5 (B) 4.0 (C) 5.0 (D) 10.0

6. يحمل شخصان صندوقين متماثلين وزن كل منهما 40.0 N إلى أعلى مستوى مائل طوله 2.00 m، وتستند نهايته إلى منصة ارتفاعها 1.00 m. فإذا تحرك أحدهما إلى أعلى المستوى المائل خلال 2.00 s، وتحرك الآخر خلال 4.00 s فما الفرق بين القدرتين اللتين يستخدمهما الشخصان في حمل الصندوقين إلى أعلى المستوى المائل؟

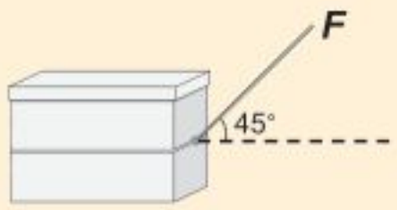
(A) 5 W (B) 10 W (C) 20 W (D) 40 W

7. أثرت قدم لاعب في كرة وزنها 4 N تستقر على أرض ملعب بقوة 5 N مسافة 0.1 m بحيث تدحرجت الكرة 10 m، ما مقدار الطاقة الحركية التي اكتسبتها الكرة من اللاعب؟

(A) 0.5 J (B) 0.9 J (C) 9 J (D) 50 J

الأسئلة الممتدة

8. يبين الرسم التوضيحي أدناه صندوقًا يُسحب بوساطة حبل بقوة مقدارها 200.0 N على سطح أفقي، بحيث يصنع الحبل زاوية 45° على الأفقي. احسب الشغل المبذول على الصندوق والقدرة اللازمة لسحبه مسافة 5.0 m في زمن قدره 10.0 s $(\sin 45^\circ = \cos 45^\circ = 0.71)$



$P = W/t = Fd\cos\theta / t$

$= (200.0\ N)(5.0\ m)(\cos 45^\circ) / 10.0\ s$

$= 71\ W$

موقع واجباتي