

فيزياء الثاني عشر متقدم
الطاقة الحركية
والشغل والقدرة

تفوق

اجتهد

ادرس

2018

MR: Mohamed atef

050 3136836

الطاقة في حياتنا اليومية

يوجد العديد من صور الطاقة في حياتنا اليومية مثل:-

الطاقة الميكانيكية (الطاقة الحركية و طاقة الوضع)

الطاقة الحرارية – الطاقة الكيميائية – الطاقة الشمسية (طاقة متجددة)

الطاقة الحركية

هي الطاقة التي يكتسبها الجسم بسبب حركته

هي نصف ناتج ضرب كتلة جسم متحرك في مربع سرعته

قد تكون موجبة أو صفر (عندما يكون الجسم ثابت)

يوجد وحدات أخرى للطاقة الحركية :-

1- الكيلو إلكترون فولت $1\text{ev} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$

2- السعر $1\text{Cal} = 4186 \text{ J}$

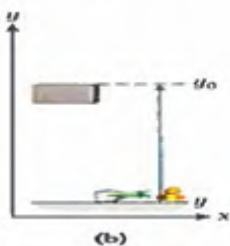
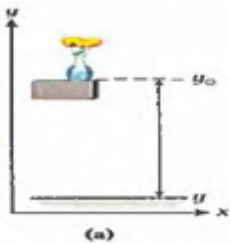
3- ميغا طن (في المواد المتفجرة) $1\text{Mt} = 4.18 \times 10^{15} \text{ J}$ TNT

الإلكترون فولت:- هي الطاقة الحركية التي يكتسبها الإلكترون عندما يتسارع تحت تأثير واحد فولت

الميغا طن :- هي الطاقة الناتجة من انفجار مليون طن متري من مادة TNT

الطاقة الحركية في ثلاثي الأبعاد :-

$$K = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}m(v_x^2 + v_y^2 + v_z^2) = \frac{1}{2}mv_x^2 + \frac{1}{2}mv_y^2 + \frac{1}{2}mv_z^2$$



سقطت مرمية (كتلتها = 2.40 kg) من ارتفاع 1.30 m على الأرض كما هو موضح في الشكل 5.6. ما طاقتها الحركية قبل الاصطدام بالأرض مباشرة؟ (تجاهل مقاومة الهواء الآن).

ملاحظة هامة:-

كلما زاد الارتفاع تزداد سرعة الهبوط فتزداد الطاقة الحركية

بالتالي تعتمد الطاقة الحركية خطيا علي الارتفاع الذي يسقط منه الجسم

$$V_0 = \text{ZERO}$$

$$K = mg (y_0 - y)$$

وايضا تعتمد الطاقة الحركية خطيا علي قوة الجاذبية لأن قوة الجاذبية تسبب تسارع الجسم واكتسابه طاقة حركية

$$\vec{F}_g = -mg\hat{y},$$

وإذا تضاعفت الكتلة تتضاعف قوة الجاذبية ويتضاعف الطاقة الحركية

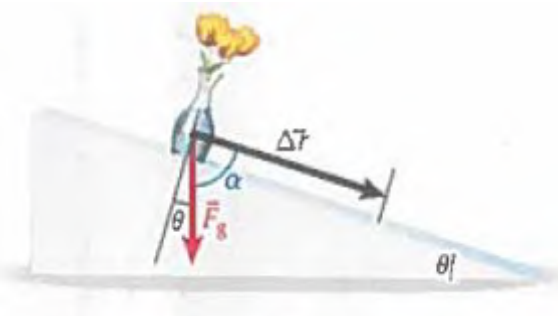
الشغل المبذول من قوة ثابتة

الشغل:- هو الطاقة التي تنتقل إلي الجسم (+) أو من الجسم (-) نتيجة حركة القوة

عند سقوط مزهريّة:-

اكتسبت المزهريّة طاقة حركية ناتجة عن شغل موجب مبذول من قوة الجاذبية ومن ثمّ $W_g = mg(y_0 - y)$.

مثال:- عند انزلاق مزهريّة من أعلى مستوي مائل من وضع السكون



$$a = g \sin \theta = g \cos \alpha$$

$$v^2 = v_0^2 + 2a\Delta r, \quad v_0 = 0$$

$$v^2 = (2g \cos \alpha)\Delta r \Rightarrow K = \frac{1}{2}mv^2 = mg\Delta r \cos \alpha.$$

كانت الطاقة الحركية التي انتقلت إلى المزهريّة هي محصلة الشغل الموجب المبذول من قوة الجاذبية

$$\Delta K = mg\Delta r \cos \alpha = W_g.$$

$$W_g = mg\Delta r$$

عندما تكون $\alpha = 0$

$$W_g = 0$$

عندما تكون $\alpha = 90^\circ$

نظل قوة الجاذبية في الاتجاه السالب، ولكن لا يمكن أن تتحرك المزهريّة في الاتجاه السالب

ومن ثمّ، لا يحدث تغير في الطاقة الحركية للمزهريّة ولا يوجد شغل مبذول من قوة الجاذبية على المزهريّة؛

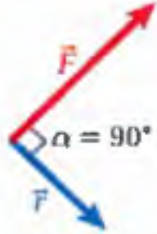
الشغل المبذول على المزهريّة من قوة الجاذبية أيضًا صفرًا إذا كانت المزهريّة تتحرك بسرعة ثابتة

$$W = |\vec{F}| |\Delta \vec{r}| \cos \alpha$$

حيث α هي الزاوية بين $\vec{F}$ و $\Delta \vec{r}$

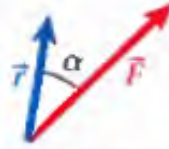
الشغل :- حاصل ضرب القياسي لمتجه القوة في متجه الإزاحة

حالات الشغل:-



(c)

القوة عمودية على الإزاحة
الشغل = صفر



(b)

القوة تصنع زاوية مع الإزاحة

$$W = |\vec{F}| |\Delta \vec{r}| \cos \alpha$$



(a)

القوة في نفس اتجاه الإزاحة
يكون الشغل أكبر ما يمكن

$$W = \vec{F} \cdot \Delta \vec{r}.$$

في حالات وجود أكثر من قوة:-

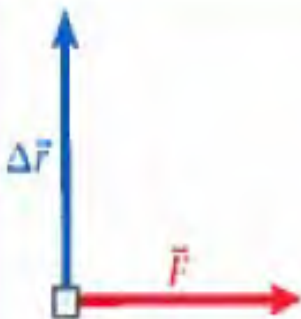
$$W_{\text{net}} = \vec{F}_{\text{net}} \cdot \Delta \vec{r} = \left(\sum_i \vec{F}_i \right) \cdot \Delta \vec{r} = \sum_i (\vec{F}_i \cdot \Delta \vec{r}) = \sum_i W_i.$$

الحركة في بعد واحد :-

$$W = \vec{F} \cdot \Delta \vec{r}$$

$$= \pm F_x \cdot |\Delta \vec{r}| = F_x \Delta x$$

$$= F_x (x - x_0).$$



(c)

W = ZERO
القوة عمودية على الإزاحة



(b)

W = ---
القوة عكس الإزاحة



(a)

W = +
قوة نفس اتجاه الإزاحة

حالات الشغل

نظرية الشغل والطاقة الحركية

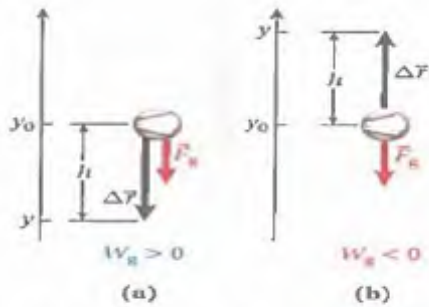
$$\Delta K \equiv K - K_0 = W.$$

الشغل يساوي التغير في الطاقة الحركية

$$\frac{1}{2}mv_x^2 - \frac{1}{2}mv_{x0}^2 = ma_x(x - x_0) = F_x \Delta x = W.$$

$$K = K_0 + W \quad \text{طاقة الحركة النهائية} =$$

$$K_0 = K - W \quad \text{طاقة الحركة الابتدائية} =$$



الشكل 5.9 الشغل الذي تبذله قوة الجاذبية. (a) الجسم أثناء السقوط الحر. (b) إلقاء جسم إلى أعلى.

$$h = |y - y_0| = |\Delta \vec{r}| > 0$$

$$W_g = -mgh$$

1- إذا كان الجسم يصعد (يتحرك عكس الجاذبية)

$$W_g = +mgh$$

2- إذا كان الجسم يهبط (يتحرك في نفس اتجاه الجاذبية)

الشغل المبذول من قوة الجاذبية

الشغل المبذول في رفع جسم وإنزاله

$$K - K_0 = W_g + W_F.$$

شغل قوة الجاذبية

شغل القوة الخارجية

في الحالة التي يكون فيها الجسم في وضع السكون في الحركة الابتدائية $K_0 = 0$ والحركة النهائية $K = 0$. نجد أن

$$W_F = -W_g.$$

يساوي الشغل المبذول من قوة في رفع الجسم أو إنزاله

$$W_F = -W_g = mgh \quad (\text{لرفع}) \quad \text{or} \quad W_F = -W_g = -mgh \quad (\text{للإنزال}).$$

فاز "روني ويلر" لاعب رفع الأثقال الألماني بالميدالية الفضية في دورة الألعاب الأولمبية في سيدني بأستراليا في عام 2000. فقد تمكن من رفع 257.5 kg في منافسة "رفعة النتر". لنفترض أنه رفع كتلة بارتفاع 1.83 m وظل على هذا الوضع. ما الشغل المبذول في هذه الحركة؟

$$W = mgh = (257.5 \text{ kg})(9.81 \text{ m/s}^2)(1.83 \text{ m}) = 4.62 \text{ kJ}.$$

عندما أكمل "ويلر" الرقعة بنجاح وحمل الكتلة على ذراعيه الممدودتين فوق رأسه، ما مقدار الشغل المبذول منه في إنزال الوزن ببطء (مع تجاهل الطاقة الحركية) إلى الأرض؟

$$W = -mgh = -(257.5 \text{ kg})(9.81 \text{ m/s}^2)(1.83 \text{ m}) = -4.62 \text{ kJ}.$$

الرفع باستخدام البكرات

الشغل المبذول لرفع جسم بالحبال والبكرات = الشغل المبذول لرفع نفس الجسم بدون وسائل ميكانيكية

1- في حالة رفع الجسم من غير وسائل ميكانيكية

$$T_2 = mg \quad W_2 = T_2 r_2 = mgr_2$$

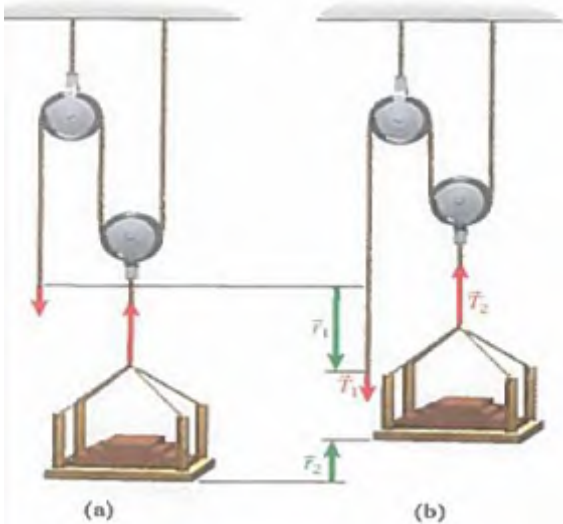
2- في حالة رفع الجسم باستخدام الحبال والبكرات

$$T_1 = 0.5T_2 \quad r_1 = 2r_2 \quad W_1 = 0.5mgr_1 = 0.5mg2r_2 = mgr_2$$

$$W_1 = W_2$$

بالتالي يكون الشغل متساوي

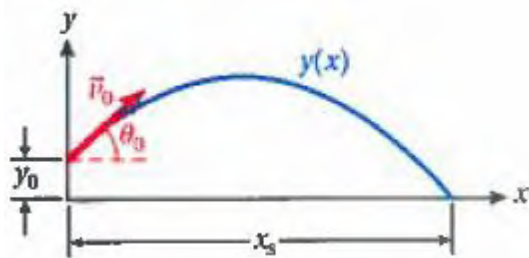
لأن النقص في القوة في الحبال والبكرات يقابله زيادة في الأذاحة



تستخدم منافسات رمي الكرة الحديدية كرات معدنية كتلتها (7.26 kg). رمى أحد المتسابقين الكرة بزاوية 43.3° وأقلتها من ارتفاع 1.82 m. وقطعت الكرة مسافة أفقية 17.7 m من نقطة الإفلات. ما الطاقة الحركية لهذه الكرة لحظة مفادرتها يد الرامي؟

$$K = \frac{1}{2}mv_0^2.$$

$$y = y_0 + x \tan \theta_0 - \frac{x^2 g}{2v_0^2 \cos^2 \theta_0}.$$



الشغل المبذول من قوة متغيرة

$$W = \int_{x_0}^x F_x(x') dx'$$

يساوي المساحة تحت منحنى القوة F_x

علما بأن القوة تساوي $F_x(x) = ma$ وبالتالي يكون الشغل يساوي

$$a = \frac{dv}{dt} = \frac{dv}{dx} \frac{dx}{dt}$$

$$W = \int_{x_0}^x F_x(x') dx' = \int_{x_0}^x ma dx' = \int_{x_0}^x m \frac{dv}{dx'} \frac{dx'}{dt} dx'$$

$$W = \int_{x_0}^x m \frac{dx'}{dt} \frac{dv}{dx'} dx' = \int_{v_0}^v mv' dv' = m \int_{v_0}^v v' dv'$$

$$W = m \int_{v_0}^v v' dv' = m \left[\frac{v'^2}{2} \right]_{v_0}^v = \frac{1}{2} mv^2 - \frac{1}{2} mv_0^2 = K - K_0 = \Delta K.$$

قوة الزنبرك

هي قوة متجهة يولدها الزنبرك لإعادته إلى موضع الأتزان وتزداد كلما زاد طول الزنبرك

حالات الزنبرك

$x < 0$ عند انضغاط الزنبرك

$$F_s = +$$

$x > 0$ عند تمدد الزنبرك

$$F_s = --$$

$x = 0$ عند موضع الأتزان

$$F_s = 0$$

قانون هوك:- قوة الزنبرك (قوة الإرجاع) تتناسب طردياً مع الأزاحة

$$F_s = -k(x - x_0).$$

$$F_s = -kx, \quad 0 = x_0$$

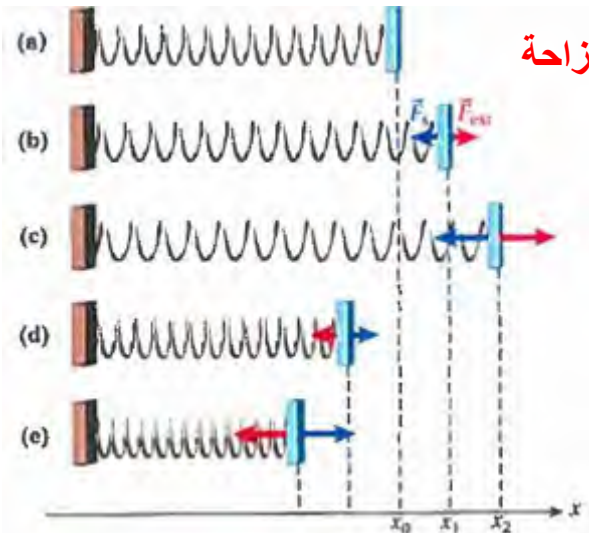
$$N/m = kg/s^2 \text{ ووحدة قياسه}$$

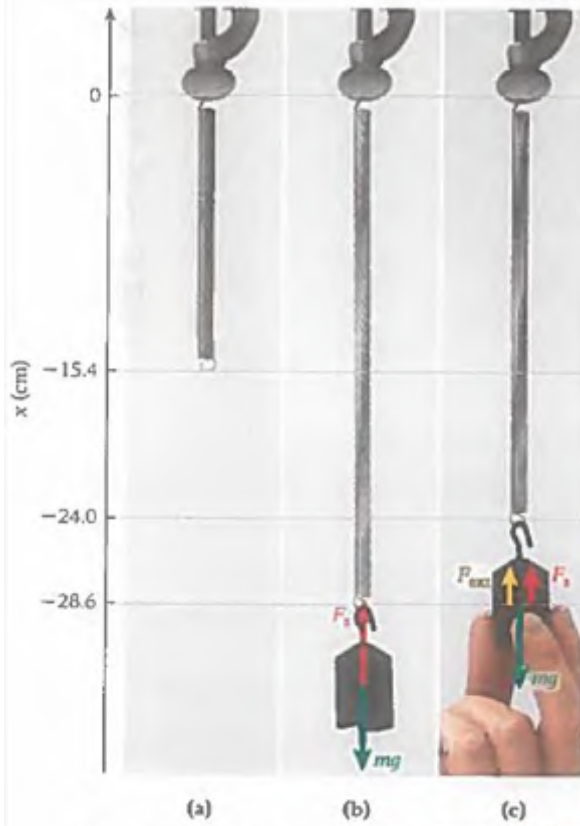
K هي ثابت الزنبرك ودائماً موجب

الأشارة السالبة تعني أن قوة الإرجاع دائماً عكس الأزاحة

ملاحظة هامة:- لا ينطبق قانون علي الزنبرك إذا فقد مرونته (إذا تعدي التمدد الحد الأقصى لتمدد)

يعتمد الحد الأقصى للتمدد علي خصائص المادة المصنوع منها الزنبرك





يتدلى زنبرك طوله 15.4 cm رأساً من نقطة تثبيت علوية (الصورة 5.14a). وثُبت في طرفه السفلي ثقل كتلته 0.200 kg فتمدد الزنبرك حتى أصبح طوله 28.6 cm (الشكل 5.14b). أوجد قيمة ثابت الزنبرك؟

ما مقدار القوة اللازمة لتثبيت الثقل عند موضع يقع فوق -28.6 cm بمقدار 4.6 cm (الشكل 5.14c)؟

شكل 5.14 الكتلة على الزنبرك. (a) الزنبرك من دون أي كتلة مثبتة فيه. (b) الزنبرك بكتلة معلقة بحرية. (c) الكتلة مدفوعة إلى أعلى بفعل قوة خارجية.

الشغل المبذول بواسطة قوة الزنبرك

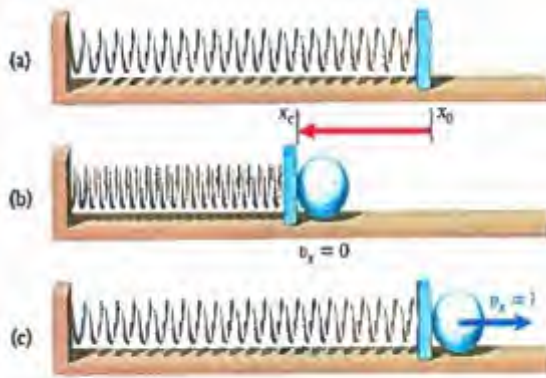
إزاحة الزنبرك حركة في بعد واحد وبالتالي يكون الشغل $W_s = \int_{x_0}^x F_s(x') dx' = \int_{x_0}^x (-kx') dx' = -k \int_{x_0}^x x' dx'$.

ولكن عندما $x_0=0$

$$W_s = -k \int_{x_0}^x x' dx' = -\frac{1}{2} kx^2 + \frac{1}{2} kx_0^2.$$

$$W_s = -\frac{1}{2} kx^2.$$

ملاحظة:- الشغل المبذول بواسطة قوة الزنبرك يكون سالب دائماً بالنسبة لإزاحة عن موضع الاتزان. من الممكن أن يكون موجب إذا كانت الإزاحة الابتدائية أكبر من الإزاحة النهائية وسيؤدي بذل شغل خارجي بمقدار $\frac{1}{2} kx^2$ إلى تمدد الزنبرك أو انضغاطه بعيداً عن موضع الاتزان.



الشكل 5.15 (a) زنبرك في موضع اتزان، (b) ضغط الزنبرك، (c) تسريع الضغط وتسريع الكرة المصنوعة من الفولاذ.

تعرض زنبرك عديم الكتلة موضوع على سطح أفقي أملس للانضغاط بواسطة قوة مقدارها 63.5 N، فننتج عن ذلك إزاحة مقدارها 4.35 cm عن موضع الاتزان الابتدائي. كما هو موضح في الشكل 5.15، وضعت كرة معدنية كتلتها 0.075 kg أمام الزنبرك ثم تم إطلاق الزنبرك.

ما سرعة الكرة المعدنية عندما يدفعها الزنبرك، أي عند لحظة مغادرتها لجسم الزنبرك؟ (افترض انعدام الاحتكاك بين السطح والكرة المعدنية، أي أن الكرة المعدنية ستزلق فحسب على السطح دون أن تتدحرج).

5.18 يمكن كبح سيارة، كتلتها m ، وتستعمل بسرعة v_1 ، حتى تتوقف تماماً على مسافة d_1 . إذا زادت سرعة السيارة بمعامل 2، حتى تصبح $v_2 = 2v_1$ ، فما معامل زيادة مسافة توقفها. مع افتراض أن قوة الكبح F لا تعتمد على سرعة السيارة نفسها؟

$$\frac{(1/2)mv_2^2 = Fd_2}{(1/2)mv_1^2 = Fd_1} \rightarrow d_2 = d_1 \frac{v_2^2}{v_1^2} = d_1 \frac{(2v_1)^2}{v_1^2} = 4d_1.$$

5.19 يرتبط الضرر الذي أحدثه مغدوف عند تصادمه بطاقتة الحركية. احسب الطاقات الحركية لهذه المغدوفات وقارن بينها:

- (a) حجر كتلته 10.0 kg يتحرك بسرعة 30.0 m/s
- (b) كرة بيسبول كتلتها 100.0 g تتحرك بسرعة 60.0 m/s
- (c) رياضة كتلتها 20.0 g تتحرك بسرعة 300. m/s

5.20 تتحرك سيارة ليموزين بسرعة 100. km/h. إذا كانت كتلتها، بما في ذلك الركاب، تساوي 1900. kg، فما طاقتها الحركية؟

5.21 اصطدمت عربتان من عربات القطار، كتلة كل منهما تساوي 7000. kg وتسيران بسرعة 90.0 km/h، ببعضهما ووصلتا إلى السكون. ما مقدار الطاقة الميكانيكية المفقودة في هذا التصادم؟

$$K_{\text{lost}} = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}mv^2$$

$$K_{\text{lost}} = 2\left(\frac{1}{2}mv^2\right) = mv^2$$

$$K_{\text{lost}} = 7000. \text{ kg} (25.0 \text{ m/s})^2 = 4.375 \cdot 10^6 \text{ J}$$

5.22 فكر في إجابات هذه الأسئلة في المرة القادمة التي تفود فيها سيارة:
(a) ما الطاقة الحركية لسيارة كتلتها 1500. kg تتحرك بسرعة 15.0 m/s؟
(b) إذا غيرت السيارة سرعتها إلى 30.0 m/s، فكيف ستتغير قيمة طاقتها الحركية؟

$$(a) K = \frac{1}{2}(1500. \text{ kg})(15.0 \text{ m/s})^2 = 1.688 \cdot 10^5 \text{ J}$$

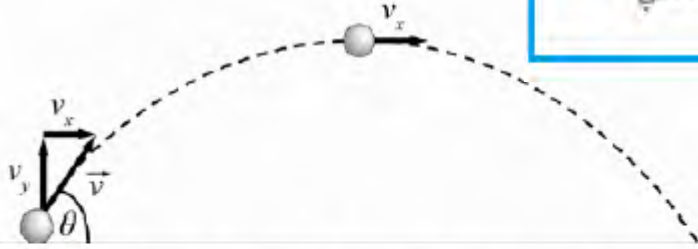
$$(b) K = \frac{1}{2}(1500. \text{ kg})(30.0 \text{ m/s})^2 = 6.750 \cdot 10^5 \text{ J}$$

$$\Delta K = 6.750 \cdot 10^5 \text{ J} - 1.688 \cdot 10^5 \text{ J} = 5.062 \cdot 10^5 \text{ J}.$$

5.23 إذا كانت الطاقة الحركية لنمر 200. kg أثناء حركته تساوي 14.400 J، فما سرعة هذا النمر؟

5.24 • سيارتان تتحركان، تبلغ كتلة السيارة الأولى ضعف كتلة السيارة الثانية ولكن لديها نصف طاقتها الحركية فقط. عندما تزيد سرعة كلتا السيارتين بمقدار 5.00 m/s، تصبح طاقتهما الحركية متساوية. احسب السرعات الأصلية للسيارتين.

5.25* ما الطاقة الحركية لخذوف مثالي كتلته 20.1 kg في قمة (أعلى نقطة) مساره، إذا أطلق بسرعة ابتدائية 27.3 m/s وزاوية ابتدائية 46.9° على الخط الأفقي؟



$$E = \frac{1}{2}mv_x^2 \text{ (at the apex, } v_y = 0); v_x = v \cos \theta$$

$$K = \frac{1}{2}mv^2 \cos^2 \theta$$

$$E = \frac{1}{2}(20.1 \text{ kg})(27.3 \text{ m/s})^2 \cos^2 (46.9^\circ) = 3.497 \cdot 10^3 \text{ J}$$

5.26 تؤثر قوة 5.00 N لمسافة 12.0 m في اتجاه القوة، أوجد الشغل المبذول.

5.27 ألقيت كرة ببسبول من قمة مبنى ارتفاعه 7.25 m، ألقيت كلتاها بسرعة ابتدائية 28.4 m/s. ألقيت الكرة الأولى أفقيًا وألقيت الكرة الثانية إلى أسفل مباشرة، ما الفرق في سرعات الكرتين عندما تلمسان الأرض؟ (أهمل مقاومة الهواء).

$$W = Fd \cos \theta$$

$$\theta = 0 \Rightarrow W = -Fd = F_f d$$

$$W = F_f d = (180 \text{ N})(4.0 \text{ m}) = 720 \text{ J}$$

5.28 استقرت ثلاثة كتلتها 95.0 kg على الأرضية. ما مقدار الشغل اللازم لتحريكها بسرعة ثابتة مسافة 4.00 m على طول الأرضية ضد قوة الاحتكاك 180. N

5.29 تم إسقاط مطرقة كتلتها 2.00 kg على مسبار من ارتفاع 0.400 m. احسب الحد الأقصى لمقدار الشغل الذي يمكن أن تبذله على المسبار.

$$W = mgh$$

$$W = (2.00 \text{ kg})(9.81 \text{ m/s}^2)(0.400 \text{ m}) = 7.848 \text{ J}$$

$$W_{\text{you}} = Fd$$

$$W_f = -F_f d$$

$$W_g = Fd \cos 90.^\circ$$

$$W_{\text{net}} = d(F - F_f)$$

$$\text{CALCULATE: } W_{\text{you}} = (4.00 \text{ m})(200.0 \text{ N}) = 800.00 \text{ J}$$

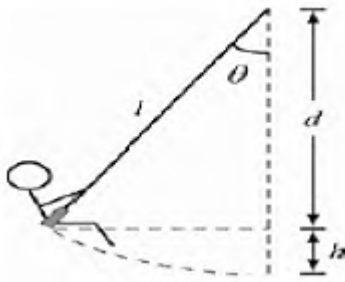
$$W_f = -(4.00 \text{ m})(150.0 \text{ N}) = -600.0 \text{ J}$$

$$W_g = 0$$

$$W_{\text{net}} = (4.00 \text{ m})(200.0 \text{ N} - 150.0 \text{ N}) = 200.0 \text{ J}$$

5.30 دفعت أريكتك مسافة 4.00 m على أرضية غرفة المعيشة بقوة أفقية 200.0 N، إذا كانت قوة الاحتكاك تساوي 150.0 N، فما مقدار الشغل الذي تبذله أنت وقوة الاحتكاك ومحصلة القوة؟

5.31 افترض أنك سحبت زلاجة بحبل يصنع زاوية 30.0° على الخط الأفقي، ما مقدار الشغل المبذول إذا سحبت بقوة 25.0 N وتحركت الزلاجة مسافة 25.0 m؟



5.32 يسحب أب ابنه الذي تبلغ كتلته 25.0 kg ويجلس على أرجوحة مربوطة بحبال طولها 3.00 m، ويحرك الأب الأرجوحة إلى الخلف حتى تصبح الحبال راوثة 33.6° على الخط الرأسى، ثم يحرر الأب ابنه من السكون، ما سرعة الابن عند أدنى مستوى من الحركة المتأرجحة؟

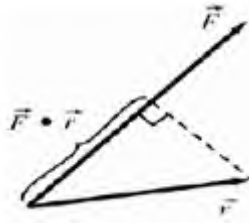
$$\frac{1}{2}mv^2 + mgh = C$$

$$\text{Initial: } v = 0, h = l - d = l(1 - \cos \theta), \frac{1}{2}mv^2 + mgh = 0 + mgl(1 - \cos \theta) = E$$

$$\text{Final: } h = 0, \frac{1}{2}mv^2 + 0 = E$$

$$E_i = E_f \Rightarrow \frac{1}{2}mv^2 = mgl(1 - \cos \theta) \Rightarrow v = \sqrt{2gl(1 - \cos \theta)}$$

$$v = \sqrt{2(9.81 \text{ m/s}^2)(3.00 \text{ m})(1 - \cos 33.6^\circ)} = 3.136 \text{ m/s}$$

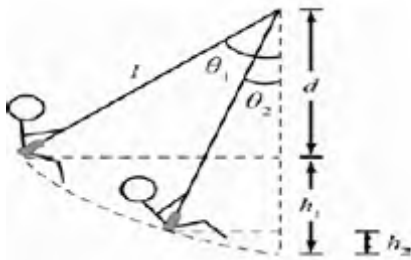


5.33* تؤثر قوة ثابتة $\vec{F} = (4.79, -3.79, 2.09) \text{ N}$ في جسم كتلته 18.0 kg . بما يتسبب في إزاحة هذا الجسم $\vec{r} = (4.25, 3.69, -2.45) \text{ m}$. ما إجمالي الشغل الذي تبذله هذه القوة؟

$$W = \vec{F} \cdot \vec{r}$$

$$W = F_x r_x + F_y r_y + F_z r_z$$

$$W = [(4.79)(4.25) + (-3.79)(3.69) + (2.09)(-2.45)] = 1.2519 \text{ J}$$



5.34* تسحب أم ابنتها التي كتلتها 20.0 kg وتجلس على أرجوحة مربوطة بحبال طولها 3.50 m وتحرك الأم الأرجوحة إلى الخلف حتى تصنع الحبال زاوية 35.0° على الخط الرأسي، ثم تحرر الأم ابنتها من السكون. ما سرعة الابنة عندما تصنع الحبال زاوية 15.0° على الخط الرأسي؟

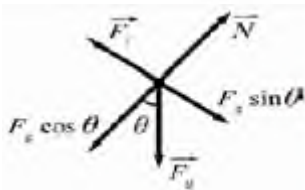
$$\frac{1}{2}mv^2 + mgh = \text{constant}$$

$$\text{At } \theta_1: v = 0, h = h_1 \Rightarrow \frac{1}{2}m(0)^2 + mgh_1 = \text{const.} = E \Rightarrow mgh_1 = E$$

$$\text{At } \theta_2: h = h_2 \Rightarrow \frac{1}{2}mv^2 + mgh_2 = E = mgh_1 \Rightarrow \frac{1}{2}v^2 = g(h_1 - h_2) \Rightarrow v = \sqrt{2g(h_1 - h_2)}$$

$$\Rightarrow v = \sqrt{2g[l(1 - \cos \theta_1) - l(1 - \cos \theta_2)]} = \sqrt{2gl(-\cos \theta_1 + \cos \theta_2)}$$

$$v = \sqrt{2(9.81 \text{ m/s}^2)(3.50 \text{ m})(-\cos 35.0^\circ + \cos 15.0^\circ)} = 3.1747 \text{ m/s}$$



5.35* يتزلج لاعب التزلج هيلاً 30.0° لمسافة 24.4 m قبل الانطلاق من منحدر أفقي قصير بصورة طفيفة. إذا كانت سرعة انطلاق اللاعب تساوي 13.7 m/s فما سرعة معامل الاحتكاك الحركي بين الزلاجة والمبل؟

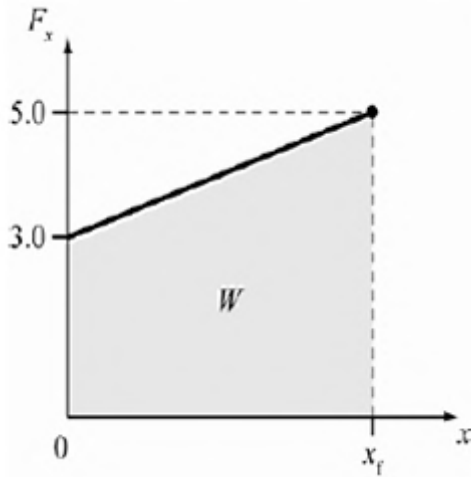
$$W = W_g + W_f = \frac{1}{2}mv^2, W_g = mgh, W_f = F_f d$$

$$W_f = W - W_g \Rightarrow F_f d = \frac{1}{2}mv^2 - mgh \Rightarrow -\mu Nd = m\left(\frac{1}{2}v^2 - gh\right)$$

$$\text{But } N = F_g \cos \theta = mg \cos \theta \Rightarrow -\mu mg \cos \theta d = m\left(\frac{1}{2}v^2 - gh\right) \Rightarrow \mu = \frac{1}{gd \cos \theta}\left(gh - \frac{1}{2}v^2\right)$$

$$g = (9.81 \text{ m/s}^2)\left(\frac{1 \text{ ft}}{0.3048 \text{ m}}\right) = 32.185 \text{ ft/s}^2,$$

$$\mu = \frac{(32.185 \text{ ft/s}^2)(80.0 \sin 30.0^\circ \text{ ft}) - (0.5)(45.0 \text{ ft/s})^2}{(32.185 \text{ ft/s}^2)(80.0 \text{ ft}) \cos 30.0^\circ} = 0.123282$$



5.38* يتعرض جسم كتلته m لقوة تؤثر في الاتجاه $F_x = (3.00 + 0.500x) \text{ N}$ من $x = 0.00 \text{ m}$ إلى $x = 4.00 \text{ m}$. أوجد مقدار الشغل الذي تبذله القوة بينما يتحرك الجسم من $x = 0.00 \text{ m}$ إلى $x = 4.00 \text{ m}$.

$$W = \int_{x_i}^{x_f} F(x) dx = \int_0^4 (3.0 + 0.50x) dx$$

$$W = \int_0^{4.0} (3.0 + 0.50x) dx = \left[3x + \frac{1}{4}x^2 \right]_{x=0}^{x=4.0} = 3(4) + \frac{1}{4}(4)^2 - 0 = 12 + 4 = 16 \text{ J}$$

5.39* تشير قوة ما $F_x(x) = -kx^4$ مع الإزاحة x ، حيث يساوي الثابت $k = 20.3 \text{ N/m}^4$. ما مقدار الشغل الذي يتطلبه تغيير الإزاحة والشغل ضد القوة، بدءاً من 0.730 m إلى 1.35 m ؟

$$W = \int_{x_i}^{x_f} -kx^4 dx = \left[-\frac{k}{5}x^5 \right]_{x_i}^{x_f} = -\frac{k}{5}x_f^5 + \frac{k}{5}x_i^5 = \frac{k}{5}(x_i^5 - x_f^5)$$

$$W = \frac{20.3 \text{ N/m}^4}{5} [(0.730 \text{ m})^5 - (1.35 \text{ m})^5] = -17.364 \text{ J}$$

5.40* يتحرك جسم كتلته m على طول مسار ما $\vec{r}(t)$ في مساحة ثلاثية الأبعاد ببطاقة حركية ثابتة، ما العلاقة الهندسية التي يتعين إثباتها بين متجه السرعة المتجهة للجسم، $\vec{v}(t)$ ، ومتجهل عجلته $\vec{a}(t)$ ؟

5.41* تؤثر قوة معطاة من خلال الصيغة $\vec{F}(x) = 5x^3 \hat{x}$ (بوحدة N/m^3) في كتلة متحركة على سطح عديم الاحتكاك 1.00 kg . تتحرك الكتلة من $x = 2.00 \text{ m}$ إلى $x = 6.00 \text{ m}$.

(a) ما مقدار الشغل الذي تبذله القوة؟

(b) إذا كانت سرعة الكتلة 2.00 m/s عند $x = 2.00 \text{ m}$ ، فما سرعتها عند $x = 6.00 \text{ m}$ ؟

$$W = \int_{x_i}^{x_f} F(x) dx$$

$$(a) W = \int_{x_i}^{x_f} (5x^3) dx = \left[\frac{5}{4}x^4 \right]_{x_i}^{x_f} = \frac{5}{4}(x_f^4 - x_i^4)$$

$$W = \left(\frac{5}{4} \frac{\text{N}}{\text{m}^3} \right) [(6.00 \text{ m})^4 - (2.00 \text{ m})^4] = 1600 \text{ J}$$

$$(b) W = \Delta K = K_f - K_i = \frac{1}{2}mv_f^2 - \frac{1}{2}mv_i^2 = \frac{1}{2}m(v_f^2 - v_i^2) \Rightarrow v_f^2 = \frac{2W}{m} + v_i^2 \Rightarrow v_f = \sqrt{\frac{2W}{m} + v_i^2}$$

$$v_f = \sqrt{\frac{2(1600 \text{ J})}{1.00 \text{ kg}} + (2.00 \text{ m/s})^2} = 56.6039 \text{ m/s}$$

5.42 زنبرك مثالي لديه ثابت زنبرك $k = 440 \text{ N/m}$. احسب المسافة التي يجب أن يتمدد بها الزنبرك من موضع اتزانها ليدل شغل لـ 25.0 J .

$$W = \frac{1}{2}kx^2$$

$$x = \sqrt{\frac{2W}{k}}$$

$$x = \sqrt{\frac{2(25 \text{ J})}{440 \text{ N/m}}} = 0.3371 \text{ m}$$

5.43 يتمدد زنبرك من موضع اتزانها مسافة 5.00 cm . إذا تطلّب هذا التمدد شغل 30.0 J ، فما ثابت هذا الزنبرك؟

$$W_s = -\frac{1}{2}kx^2$$

$$k = -\frac{2W_s}{x^2}$$

$$k = -\frac{2(-30.0 \text{ J})}{(5.00 \cdot 10^{-2} \text{ m})^2} = 2.40 \cdot 10^4 \text{ N/m}$$

5.44 تمرّض زنبرك بثابت زنبرك k لانضغاط امتدائي لمسافة x_0 عن موضع اتزانها. بعد العودة إلى موضع اتزانها، تمتد الزنبرك مسافة x_0 عن هذا الموضع. ما نسبة الشغل المطلوب بذله على الزنبرك أثناء تمدده إلى الشغل المبذول أثناء انضغاطه؟

$$= \frac{W_s}{W_c} = \left(\frac{1}{2}kx_0^2 \right) / \left(\frac{1}{2}kx_0^2 \right) = 1$$

5.45 طقط زنبرك مثالي زنبرك 238.5 N/m مسافة 0.231 m ، ثم وُضع محمل كرة من الفولاذ كتلته 0.0413 kg على طرف الزنبرك وأطلق الزنبرك. ما سرعة محمل الكرة بعد عدم ملاصقة الزنبرك مباشرة؟ (سينفصل محمل الكرة عن الزنبرك تمامًا بمجرد عودة الزنبرك إلى موضع اتزانها. افترض أنه يمكن إهمال كتلة الزنبرك).

$$W = \frac{1}{2}kx_i^2 - \frac{1}{2}kx_f^2, \quad W = \Delta K = K_f - K_i$$

$$x_f = 0, \quad K_i = 0 \text{ and } K_f = \frac{1}{2}mv_f^2. \text{ It follows that:}$$

$$W = \frac{1}{2}kx_i^2 - 0 = K_f - 0 \Rightarrow \frac{1}{2}kx_i^2 = \frac{1}{2}mv_f^2 \Rightarrow v_f = \sqrt{\frac{kx_i^2}{m}} \Rightarrow v_f = |x_i| \sqrt{\frac{k}{m}}$$

$$x_i = -\Delta x = -0.231 \text{ m}, \quad v_f = 0.231 \text{ m} \sqrt{\frac{238.5 \text{ N/m}}{0.0413 \text{ kg}}} = 17.554 \text{ m/s}$$

القدرة

هي المعدل الزمني لبذل شغل

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

هي مشتقة الزمن للشغل

$$1 \text{ W} = 1 \text{ J/s} = 1 \text{ kg m}^2/\text{s}^3.$$

وحدات قياس القدرة :- الواط

$$1 \text{ kWh} = (1000 \text{ W})(3600 \text{ s}) = 3.6 \times 10^6 \text{ J} = 3.6 \text{ MJ}.$$

تُعد وحدة القدرة الحصان (hp) ووحدة القدم. الرطل / الثانية (ft lb/s) أكثر الوحدات شيوعاً التي ليست وفق النظام الدولي للوحدات: $1 \text{ hp} = 550 \text{ ft lb/s} = 746 \text{ W}$.

المسألة

لنعد إلى مثال تسارع سيارة، لنفترض أن السيارة التي كتلتها 1550 kg نستطيع الوصول إلى السرعة 26.8 m/s خلال 7.1 s . فما متوسط القدرة اللازمة لتحقيق ذلك؟

الحل

وجدنا بالفعل أن الطاقة الحركية للسيارة عند 26.8 m/s هي

$$K = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}(1550 \text{ kg})(26.8 \text{ m/s})^2 = 557 \text{ kJ}.$$

وعندئذ يكون الشغل اللازم لتصل السيارة إلى السرعة 26.8 m/s هو

$$W = \Delta K = K - K_0 = 557 \text{ kJ}.$$

إذاً، يكون متوسط القدرة اللازمة للوصول إلى السرعة 26.8 m/s خلال 7.1 s هو

$$\bar{P} = \frac{W}{\Delta t} = \frac{5.57 \times 10^5 \text{ J}}{7.1 \text{ s}} = 78.4 \text{ kW} = 105 \text{ hp}.$$

$$\bar{P} = \frac{W}{\Delta t} = \frac{\Delta K}{\Delta t} = \frac{\frac{1}{2}mv^2}{\Delta t} = \frac{mv^2}{2\Delta t}.$$

المسألة

ما متوسط طاقة الرياح التي تهب بسرعة 10.0 m/s عبر دوار توربين رياح ضخيم، مثل توربين إريكسون E-126 إذا كان ارتفاع المحور يبلغ 135 m وطول نصف قطر الدوار يبلغ 63 m ؟

$$P = \frac{W}{\Delta t} = \frac{\Delta K}{\Delta t} = \frac{\Delta \left(\frac{1}{2}mv^2 \right)}{\Delta t} = \frac{1}{2}v^2 \frac{\Delta m}{\Delta t}.$$

$$P = \frac{1}{2}v^2 \frac{\Delta m}{\Delta t} = \frac{1}{2}v^2 \frac{\rho \Delta V}{\Delta t} = \frac{1}{2}v^2 \frac{\rho A \Delta l}{\Delta t} = \frac{1}{2}v^2 \frac{\rho (\pi R^2)(v \Delta t)}{\Delta t} = \frac{1}{2}v^3 \rho \pi R^2$$

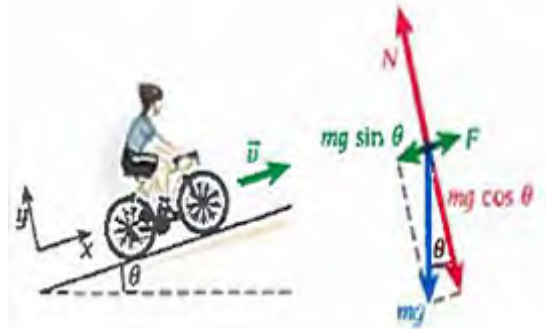
$$P = \frac{1}{2}(10.0 \text{ m/s})^3 (1.2 \text{ kg/m}^3) \pi (63 \text{ m})^2 = 7.481389 \cdot 10^6 \text{ kg m}^2/\text{s}^3$$

القدرة والقوة والسرعة المتجهة

$$P = \frac{dW}{dt} = \frac{\vec{F} \cdot d\vec{r}}{dt} = \vec{F} \cdot \vec{v} = Fv \cos \alpha$$

المسألة

يهبط راكب دراجة متحذراً على ميل بزاوية 4.2° بسرعة ثابتة 5.1 m/s . إذا افترضنا أن إجمالي الكتلة هو 82.2 kg (كتلة الدراجة والراكب)، فما إجمالي القدرة التي يجب أن يبذلها الدراج ليصعد المنحدر نفسه بالسرعة نفسها؟



الشكل 5.22 رسم لدراجة تصعد الميل (يساراً) ومخطط الجسم الحر (يميناً).

مراجعة المفاهيم 5.4

هل كل عبارة من العبارات التالية صحيحة أم خاطئة؟

(a) لا يمكن بذل شغل في غياب الحركة.

(b) يلزم لرفع صندوق ببطء قدرة أكثر من القدرة المطلوبة لرفعه بسرعة.

(c) القوة ضرورية لبذل الشغل.

مراجعة المفاهيم 5.3

إذا صُفِّطَ زنبورًا مسافة h من موضع اتزانته وبذلت شغلًا W_h في العملية، فما مقدار الشغل المطلوب لضغط الزنبور نفسه مسافة $2h$ ؟

W_h (a)

$2W_h$ (b)

$0.5W_h$ (c)

$4W_h$ (d)

$0.25W_h$ (e)

مراجعة المفاهيم 5.2

إذا رُفِّعَ جسمًا مسافة h بمساعدة الجبل والبكرات n وبذلت الشغل W_h في العملية، فما مقدار الشغل المطلوب بذله لرفع الجسم نفسه مسافة $2h$ ؟

W_h (a)

$2W_h$ (b)

$0.5W_h$ (c)

nW_h (d)

$2W_h/n$ (e)

أسئلة الاختيار من متعدد

5.9 يتحرك جسم بالتوازي مع المحور x ، تزداد محصلة القوة المؤثرة في الجسم مع x وفقاً للصيغة $F_x = (120 \text{ N/m})x$ ، حيث تُقاس القوة بوحدة النيوتن، بينما تُقاس x بوحدة المتر، ما مقدار الشغل الذي تبذله هذه القوة على الجسم عندما يتحرك من $x = 0$ إلى $x = 0.50 \text{ m}$ ؟

- (a) 7.5 J (b) 15 J (c) 30 J (d) 60 J (e) 120 J

5.10 بتعرض قاذر مطلات لنوتين؛ هما الجاذبية ومقاومة الهواء، عندما يبطل عمودياً، يصل إلى أقصى سرعة ثابتة في زمن معين بعد القفز من السطح المستوي، وحيث إنه يتحرك بسرعة متجهة ثابتة منذ ذلك الوقت حتى فتح مظله، نستنتج من نظرية الشغل والطاقة الحركية خلال هذه الفترة الزمنية أن

- (a) الشغل الذي بذلته الجاذبية يساوي صفراً.
(b) الشغل الذي بذلته مقاومة الهواء يساوي صفراً.
(c) الشغل الذي بذلته الجاذبية يساوي سالب الشغل الذي بذلته مقاومة الهواء.
(d) الشغل الذي بذلته الجاذبية والشغل الذي بذلته مقاومة الهواء متساويان.
(e) طاقته الحركية تزداد.

5.11 يسك جاك صندوقاً كتلته تساوي $m \text{ kg}$ ، مثنى مسافة $d \text{ m}$ بسرعة ثابتة تساوي $v \text{ m/s}$ ، ما مقدار الشغل الذي بذله جاك على الصندوق بالجول؟

- (a) mgd (b) $-mgd$ (c) $\frac{1}{2}mv^2$ (d) $-\frac{1}{2}mv^2$ (e) صفر

5.12 إذا بذل جسم شغلاً سالباً، فأى من العبارات التالية صواب؟

- (a) يتحرك الجسم في اتجاه x السالب.
(b) تكون الطاقة الحركية للجسم سالبة.
(c) تنتقل الطاقة من الجسم.
(e) تنتقل الطاقة إلى الجسم.

5.13 تعادل نظرية الشغل والطاقة الحركية

- (a) القانون الأول لنيوتن. (d) القانون الرابع لنيوتن.
(b) القانون الثاني لنيوتن. (e) ليس أيًا من قوانين نيوتن.
(c) القانون الثالث لنيوتن.

5.14 تصعد شحنة سالبة عالية، ماذا يمكننا أن نقول عن الشغل الذي بذلته الجاذبية عليها؟

- (a) بذلت الجاذبية شغلاً سالباً عليها. (b) لم تبذل الجاذبية شغلاً عليها.
(c) لا يمكننا معرفة مقدار الشغل الذي بذلته الجاذبية عليها. (d) لا يمكننا معرفة مقدار الشغل الذي بذلته الجاذبية عليها.

- 5.1 أي مما يلي يُعد وحدة صحيحة للطاقة؟
(a) kg m/s^2 (b) $\text{kg m}^2/\text{s}^2$ (c) $\text{kg m}^2/\text{s}^2$ (d) $\text{kg}^2 \text{ m}^2/\text{s}^2$

5.2 دُفع صندوق فئته 800 N إلى أعلى مستوى مائل طوله 4.0 m ، ويلزم بذل شغل 3200 J ليصل الصندوق إلى أعلى المستوى الذي يرتفع بمقدار 2.0 m عن القاعدة، ما مقدار متوسط قوة الاحتكاك على الصندوق؟ (افترض أن الصندوق يبدأ من السكون وينتهي عند السكون).

- (a) صفر (b) ليس صفراً لكنه أقل من 400 N (c) أكبر من 400 N (d) 400 N (e) 800 N

5.3 يضخ المحرك مياهًا باستمرار عبر خرطوم، إذا كانت السرعة التي تخرج منها المياه عبر فتحة الخرطوم تساوي v وإذا كانت k هي الكتلة لكل وحدة طول من رشاش المياه، عندما تترك المياه الفتحة، فما القدرة التي تكسيبها المياه؟

- (a) $\frac{1}{2}kv^3$ (b) $\frac{1}{2}kv^2$ (c) $\frac{1}{2}kv$ (d) $\frac{1}{2}v^2/k$ (e) $\frac{1}{2}v^3/k$

5.4 تتحرك سيارة كتلتها 1500 kg بمجلة تتراوح بين 0 و 25 m/s في زمن 7.0 s ، ما متوسط القدرة التي يبذلها المحرك ($1 \text{ hp} = 746 \text{ W}$)؟

- (a) 60 hp (b) 70 hp (c) 80 hp (d) 90 hp (e) 180 hp

5.5 أي مما يلي يُعد وحدة صحيحة للقدرة؟

- (a) kg m/s^2 (b) N (c) J (d) m/s^2 (e) W

5.6 ما مقدار الشغل المبذول عندما يصعد شخص كتلته 75.0 kg سلالم عالية يبلغ ارتفاعها 10.0 m بسرعة ثابتة؟

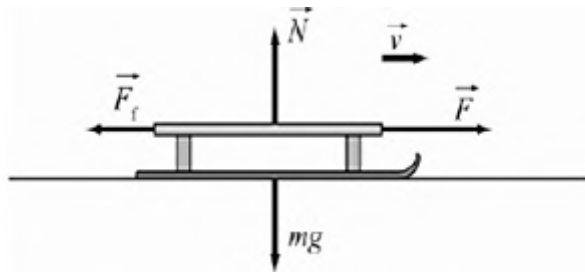
- (a) $7.36 \times 10^5 \text{ J}$ (b) 750 J (c) 75 J (d) 7500 J (e) 7360 J

5.7 ما مقدار الشغل الذي يبذله النافلون (أفنتا) لدفع صندوق كتلته 150 kg مسافة 12.3 m على أرضية بسرعة ثابتة إذا كان معامل الاحتكاك يساوي 0.70 ؟

- (a) 1300 J (b) 1845 J (c) $1.3 \times 10^4 \text{ J}$ (d) $1.8 \times 10^4 \text{ J}$ (e) 130 J

5.8 نوجد ثمانية كتب على طاولة مسطحة، يبلغ سمك كل منها 4.6 cm وكتلته 1.8 kg ، ما مقدار الشغل المطلوب لتكدسها بعضها فوق بعض؟

- (a) 141 J (b) 23 J (c) 230 J (d) 0.81 J (e) 14 J



5.46 يسحب حصان زلاجة أفقيًا عبر حبل مغطى بالثلج، يبلغ معامل الاحتكاك بين الزلاجة والثلج 0.195، وتبلغ كتلة الثلج، بما في ذلك الحمل، 202.3 kg. إذا حرك الحصان الزلاجة بسرعة ثابتة 1.785 m/s، فما القدرة المطلوبة للقيام بذلك؟

$$\sum F_x = 0 \Rightarrow F - F_f = 0 \Rightarrow F = F_f = \mu N. \text{ Also, } \sum F_y = ma_y = 0 \Rightarrow N - mg = 0 \Rightarrow N = mg.$$

$$F = \mu mg \text{ and } P = \mu mgv.$$

$$P = (0.195)(202.3 \text{ kg})(9.81 \text{ m/s}^2)(1.785 \text{ m/s}) = 690.78 \text{ W}$$

$$P = Fv \Rightarrow v = \frac{P}{F} = \frac{P}{\mu N} = \frac{P}{\mu mg}$$

$$v = \frac{791 \text{ W}}{(0.115)(204.7 \text{ kg})(9.81 \text{ m/s}^2)} = 3.42524 \text{ m/s}$$

5.47 يسحب حصان زلاجة أفقيًا على الثلج بسرعة ثابتة، ويمكن للحصان توليد قدرة 1060 hp، يبلغ معامل الاحتكاك بين الزلاجة والثلج 0.115، وتبلغ كتلة الثلج، بما في ذلك الحمل، 204.7 kg. ما السرعة التي تتحرك بها الزلاجة عبر الثلج؟

5.48 عندما يُسحب قارب بسرعة 12.0 m/s، يُصبح الشد في حبل السحب 6.00 kN. ما القدرة التي يكتسبها القارب من خلال حبل السحب؟

5.49 غرقت سيارة كتلتها 1214.5 kg بسرعة 27.9 m/s عندما انخرقت عن مسارها على الطريق واصطدمت بركائز الجسر. إذا وصلت السيارة إلى نقطة السكون في زمن 0.236 s، فما متوسط القدرة المبذولة (بالواط) في هذه الفترة الزمنية؟

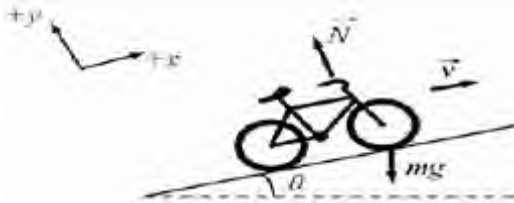
$$|P| = \left| \frac{W}{\Delta t} \right| = \left| \frac{\Delta K}{\Delta t} \right| = \left| \frac{\frac{1}{2}m(v_f^2 - v_i^2)}{\Delta t} \right|. \quad v_f = 0, \text{ so } |P| = \left| \frac{-\frac{1}{2}mv_i^2}{\Delta t} \right| = \frac{\frac{1}{2}mv_i^2}{\Delta t}$$

$$|P| = \frac{\frac{1}{2}(1214.5 \text{ kg})(27.94 \text{ m/s})^2}{0.236 \text{ s}} = 2.0087 \cdot 10^6 \text{ W}$$

5.50 يبذل محرك قوة مقدارها 40.0 hp عند غريرك سيارة على طول مسار مستو بسرعة 15.0 m/s. ما مقدار إجمالي القوة المؤثرة في السيارة في الاتجاه العاكس لحركة السيارة؟

5.51* تتسارع سيارة كتلتها 942.4 kg من السكون بحاصلة قدرة ثابتة 140.5 hp عند إهمال مقاومة الهواء. ما سرعة السيارة بعد مرور 4.55 s؟

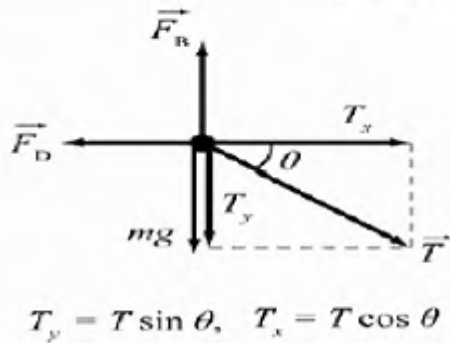
5.52* يهبط راكب دراجة منحدرًا بزاوية 7.0° بسرعة ثابتة 5.0 m/s. افترض أن الكتلة الإجمالية (للدراجة والراكب) تبلغ 75 kg. ما إجمالي القدرة التي يجب أن يبذلها راكب الدراجة ليصعد المنحدر بنفس السرعة نفسها؟



$$F - mg \sin \theta = 0 \Rightarrow F = mg \sin \theta$$

$$\text{Power} = 2Fv = 2(mg \sin \theta)v$$

$$P = 2 \cdot 75 \text{ kg} (9.81 \text{ m/s}^2) \sin(7.0^\circ) (5.0 \text{ m/s}) = 896.654 \text{ W}$$



5.53* يُستخدم مسطاد صغير لأغراض الدعاية في إحدى مباريات كرة القدم. تبلغ كتلة هذا المسطاد 93.5 kg ويُرَبط بحبل سحب على شاحنة على الأرض. يصنع حبل السحب زاوية 53.3° نزولاً من الخط الأفقي، ويحلق المسطاد على ارتفاع ثابت 19.5 m فوق الأرض. تتحرك الشاحنة في خط مستقيم مسافة 840.5 m على سطح مستو لساحة انتظار السيارات في الإسناد بسرعة متجهة ثابتة 8.90 m/s. إذا كان معامل السحب (K في $F = Kv^2$) يساوي 0.500 kg/m، فما مقدار الشغل الذي تبذله الشاحنة لسحب المسطاد (مع افتراض عدم وجود رياح)؟

$$\sum F_x = T_x - F_D = ma_x = 0$$

$$T_x = T \cos \theta = F_D = Kv^2$$

$$W = \vec{F}_D \cdot \vec{d} = (T \cos \theta)(d) = Kv^2 d.$$

$$W = (0.500 \text{ kg/m})(8.90 \text{ m/s})^2 (840.5 \text{ m}) = 33,288 \text{ J}$$

5.55 في دورة الألعاب الأولمبية عام 2004 في أثينا في اليونان، فاز اللاعب حسين رضا زاده بالميدالية الذهبية في الوزن الثقيل الممتاز، حيث رفع ما مجموعه 472.5 kg في اثنين من أفضل رفعاته في المسابقة. عند افتراض أنه رفع هذه الأوزان على ارتفاع 196.7 cm، ما مقدار الشغل الذي بذله؟

5.54** تتسارع سيارة كتلتها m من السكون على طول مسار مستقيم مستوي بمجرفة غير ثابتة ولكن بقدرته محرك ثابتة P . افترض أن مقاومة الهواء ضئيلة جدًا.

(a) أوجد سرعة السيارة المتجهة كدالة زمنية.

(b) تبدأ سيارة ثانية من السكون بجانب السيارة الأولى على المضمار نفسه. لكنها تحتفظ بمجرفة ثابتة. أي السيارتين ستتقدم أولاً؟ هل تستطيع السيارة الأخرى تخطيها؟ إذا كانت الإجابة بنعم، فاكذب صيغة للمسافة من نقطة البداية التي يحدث فيها ذلك.

(c) أثبت في سباق سيارات على مضمار مستوي مستقيم مع خصم تحتفظ بسيارته بمجرفة ثابتة 12.0 m/s^2 . للسيارتين الكتلة نفسها 1000 kg . تبدأ السيارتان معاً من السكون. يفترض أن مقاومة الهواء ضئيلة جدًا. احسب الحد الأدنى للقوة التي يحتاج إليها محرك سيارتك للفوز بالسباق. مع افتراض أن محصلة القوة ثابتة والمسافة إلى نقطة النهاية تساوي 0.250 mi .

5.58 تذف رامية الجلة كرة كتلتها 7.30 kg من السكون بسرعة 14.0 m/s . إذا استغرقت هذه الحركة زمنا 2.00 s ، فما متوسط القوة المتولدة؟

5.60 تسير سيارة كتلتها $m = 1250 \text{ kg}$ بسرعة $v_0 = 105 \text{ km/h}$ (29.2 m/s). احسب الشغل الذي يتعين على المكابح بذله لإيقاف السيارة تمامًا.

5.61 أطلق سهم كتلته $m = 88.0 \text{ g}$ (0.0880 kg) من قوس. يتدلى وتر القوس قوة متوسطها $F = 110 \text{ N}$ على السهم على مسافة $d = 78.0 \text{ cm}$ (0.780 m). احسب سرعة السهم عند انطلاقه من القوس.

5.62 تبلغ كتلة كتاب الفيزياء 3.40 kg، قمت بالنفاط الكتاب من فوق الطاولة ورفعته مسافة قدرها 0.470 m بسرعة ثابتة 0.270 m/s.
(a) ما مقدار الشغل الذي تبذله الجاذبية على الكتاب؟
(b) ما حجم القدرة المتولدة منك لإتمام هذه المهمة؟

5.63 تم دفع زلاجة كتلتها m على منحدر عديم الاحتكاك يصنع زاوية 28.0° مع الخط الأفقي. في النهاية توقفت الزلاجة عند ارتفاع 1.35 m فوق النقطة التي بدأت منها، احسب سرعتها الابتدائية.

$$W_g = -mgh = K_f - K_i = \frac{1}{2}m(v_f^2 - v_i^2). \quad v_f = 0, \text{ so } -mgh = \frac{1}{2}m(0 - v_i^2) \Rightarrow v_i = \sqrt{2gh}$$

$$v_i = \sqrt{2(9.81 \text{ m/s}^2)(1.35 \text{ m})} = 5.1466 \text{ m/s}$$

5.64 قذف رجل حجراً كتلته $m = 0.125 \text{ kg}$ إلى أعلى مباشرة في الهواء. في هذه العملية، بذل ذراع هذا الرجل مقدار شغل كلي ($W_{\text{رجل}} = 115$) على الحجر. احسب المسافة القصوى h التي سيقطعها الحجر فوق يد الرجل التي قامت بالقذف. أهمل مقاومة الهواء.

5.66 تم رمي كرة بيسبول كتلتها $m = 0.250 \text{ kg}$ بسرعة $v_0 = 26.4 \text{ m/s}$. بسبب مقاومة الهواء، شاطئ وصول الكرة إلى دائرة وسط الملعب بنسبة 10.0%. وشاوي المسافة بين دائرة الوسط والملعب $d = 15.0 \text{ m}$. احسب متوسط قوة مقاومة الهواء F_{air} . المذولة على الكرة أثناء انتقالها من الملعب إلى دائرة الوسط.

$$W = -F_{\text{air}}d = \Delta K = \frac{1}{2}m(v_f^2 - v_i^2) \Rightarrow F_{\text{air}} = \frac{m}{2d}(v_i^2 - v_f^2).$$

$$v_f = 0.900(26.4 \text{ m/s}) = 23.76 \text{ m/s}, \quad F_{\text{air}} = \frac{0.250 \text{ kg}}{2(15.0 \text{ m})}[(26.4 \text{ m/s})^2 - (23.76 \text{ m/s})^2] = 1.104 \text{ N}$$

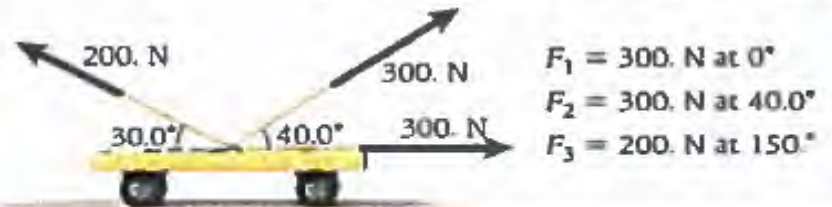
5.67* تم غسيل شاحنة مسطحة بمجموعة من أكياس الأسمت كتلتها الإجمالية 1143.5 kg. معامل الاحتكاك السكوني بين فرشاة الشاحنة والكيس السفلي في المجموعة يساوي 0.372. مع العلم بأن الأكياس غير مربوطة لكنها ثابتة في مكانها بفضل قوة الاحتكاك بين الفرش والكيس السفلي. تتسارع الشاحنة من السكون بسرعة منتظمة لتصل إلى مسافة 56.6 mph في زمن 22.9 s. وتبعد مجموعة الأكياس عن طرف فرشاة الشاحنة مسافة 1 m. هل تنزلق مجموعة الأكياس من فوق فرشاة الشاحنة؟ إذا كان معامل الاحتكاك الحركي بين الكيس السفلي وفرشاة الشاحنة يساوي 0.257، فما مقدار الشغل الذي بذلته قوة الاحتكاك بين الكيس وفرشاة الشاحنة على الكيس؟

$$a_t = v / \Delta t.$$

$$F_{f,max} = ma_{c,max} = \mu_s mg \Rightarrow a_{c,max} = \mu_s g$$

$$a_t = \frac{25.3 \text{ m/s}}{22.9 \text{ s}} = 1.1048 \text{ m/s}^2, \quad a_{c,max} = (0.372)(9.81 \text{ m/s}^2) = 3.649 \text{ m/s}^2$$

5.69* في الشكل، تبدأ عربة كتلتها 125 kg من السكون وتندرج بمعدل احتكاك لا يكاد يذكر. يتم سحب العربة بثلاثة حبال كما هو موضح في الشكل. وتحرك مسافة 100 m أفقيًا. أوجد السرعة المتجهة النهائية للعربة.

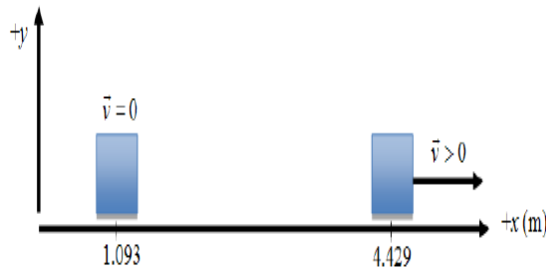


$$F_{1,x} = F_1 \cos \theta_1, \quad F_{2,x} = F_2 \cos \theta_2, \quad F_{3,x} = F_3 \cos \theta_3, \quad W = \sum_{i=1}^n F_{i,x} \cdot \Delta x, \quad W = \Delta K = K_f - K_i,$$

$$\sum_{i=1}^3 F_{i,x} = F_1 \cos \theta_1 + F_2 \cos \theta_2 + F_3 \cos \theta_3 = F_x, \quad \Delta K = K_f - K_i = \frac{1}{2} m (v_f^2 - v_i^2)$$

$$W = \sum_{i=1}^3 F_{i,x} \cdot \Delta x = K_f - K_i, \quad v_f = \sqrt{\frac{2F_x \Delta x}{m}} = \sqrt{\frac{2(F_1 \cos \theta_1 + F_2 \cos \theta_2 + F_3 \cos \theta_3) \Delta x}{m}}$$

$$v_f = \sqrt{\frac{2[(300. \text{ N}) \cos 0^\circ + (300. \text{ N}) \cos 40.0^\circ + (200. \text{ N}) \cos 150.^\circ](100. \text{ m})}{125 \text{ kg}}}$$



5.76 أعطيت قوة متغيرة بالصيغة $F(x) = Ax^6$ ، حيث $A = 11.45 \text{ N/m}^6$. تأثير هذه القوة في جسم كتلته 2.735 kg يتحرك على سطح عديم الاحتكاك. يبدأ الجسم من السكون ويتحرك من $x = 1.093 \text{ m}$ إلى $x = 4.429 \text{ m}$. ما مقدار التغير في الطاقة الحركية للجسم؟

$$K = \frac{A}{7}(x^7 - x_0^7)$$

$$\frac{7K}{A} = x^7 - x_0^7$$

$$x = \sqrt[7]{\frac{7K}{A} + x_0^7} = \sqrt[7]{\frac{7(5.662 \cdot 10^3 \text{ J})}{13.75 \text{ N/m}^6} + (1.105 \text{ m})^7} = 3.121 \text{ m}$$

5.77 أعطيت قوة متغيرة بالصيغة $F(x) = Ax^6$ حيث $A = 13.75 \text{ N/m}^6$. تأثير هذه القوة في جسم كتلته 3.433 kg يتحرك على سطح عديم الاحتكاك. يبدأ الجسم من السكون ويتحرك من $x = 1.105 \text{ m}$ إلى موقع جديد x . يكتسب الجسم طاقة حركية $5.662 \times 10^3 \text{ J}$. ما الموقع الجديد x ؟

5.82 إذا ضغط زنبرك أفقياً ثابت زنبرك $k = 15.19 \text{ N/m}$ مسافة 23.11 cm من موضع اتزان. ووضع قرص هوكي كتلته $m = 170.0 \text{ g}$ على طرف الزنبرك. وتم تحرير الزنبرك وانزلق القرص أفقياً على الجليد بمعامل احتكاك حركي 0.02221 بين القرص والجليد. ما المسافة التي يقطعها قرص الهوكي على الجليد بعد تركه الزنبرك؟

$$U = \frac{1}{2}kx^2, \quad \Delta U = Fd, \quad F = \mu_k mg, \quad \Delta U = \mu_k mgd.$$

$$\Delta U = U$$

$$\mu_k mgd = \frac{1}{2}kx^2$$

$$d = \frac{kx^2}{2\mu_k mg}$$

$$d = \frac{15.19 \text{ N/m} \cdot (-0.2311 \text{ m})^2}{2 \cdot 0.02221 \cdot 0.1700 \text{ kg} \cdot 9.81 \text{ m/s}^2} = 10.95118667 \text{ m}$$

5.83 إذا ضغط زنبرك أفقياً ثابت زنبرك $k = 17.49 \text{ N/m}$ مسافة 23.31 cm من موضع اتزان. ووضع قرص هوكي كتلته $m = 170.0 \text{ g}$ على طرف الزنبرك. وتم تحرير الزنبرك وانزلق القرص أفقياً على الجليد مسافة 12.13 m بعد تركه الزنبرك. فما معامل الاحتكاك الحركي بين القرص والجليد؟

1.7 الشغل المبذول بواسطة قوة

1.7 تؤثر القوة 3 N على طول مسافة قدرها 12 m في اتجاه القوة. أوجد العمل المبذول.

■ القوة والإزاحة في نفس الاتجاه. إذن: $W = Fs = (3N)(12\text{ m}) = 36\text{ J}$.

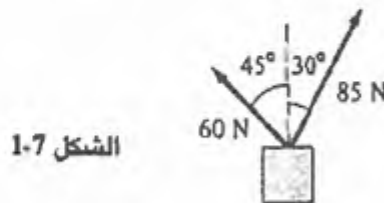
2.7 تسحب القوة الأفقية 25 N صندوقاً على طاولة. ما مقدار العمل الذي تبذله القوة إذا سحب الصندوق لمسافة 80 cm؟

■ يساوي العمل جداء القوة بالإزاحة التي تؤثر القوة على طولها. يتطابق في هذه الحالة اتجاهها القوة والإزاحة، إذن $W = (25\text{ N})(0.80\text{ m}) = 20\text{ J}$.

3.7 يدفع طفل علبة ألعاب لمسافة 4.0 m على امتداد الأرضية وذلك بواسطة قوة شدتها 6 N تتجه نحو الأسفل بزاوية 37° مع الاتجاه الأفقي. (أ) ما هو العمل الذي يبذله الطفل؟ (ب) هل تتوقع عملاً أكبر أو أقل لنفس الإزاحة إن جرّ الطفل العلبة نحو الأعلى بنفس الزاوية مع الاتجاه الأفقي؟

■ (أ) $W = Fs \cos \theta = 6(4)(0.80) = 19.20\text{ J}$ (ب) العمل المنجز سيكون أقل، ذلك أن القوة الناعمة على العلبة ستكون أقل، بالتالي ستكون قوة الاحتكاك أقل والقوة F الضرورية أصغر.

4.7 يوضح الشكل 1-7 المشهد العلوي لقوتين أفقيتين تجران علبة على امتداد الأرضية. (أ) ما هو العمل الذي تبذله كل قوة لدى إزاحة العلبة لمسافة 70 cm على طول الخط المنقط؟ (ب) ما هو العمل الإجمالي الذي تبذله القوتان في جر العلبة عبر المسافة المذكورة؟



الشكل 1-7

■ (أ) في كل حالة أوجد مركبة القوة في اتجاه الإزاحة:

$(85 \cos 30^\circ \text{ N})(0.70\text{ m}) = 51.5\text{ J}$, $(60 \cos 45^\circ \text{ N})(0.70\text{ m}) = 29.7\text{ J}$. (ب) العمل هو كمية عددية. لذا ما علينا إلا أن نجمع العمل المبذول من القوة الأولى إلى العمل المبذول من القوة الثانية لنحصل على 81.2 J.

5.7 تجر قوة أفقية F صندوقاً كرتونياً كتلته 20 kg عبر الأرضية بسرعة ثابتة. إذا كان عامل الاحتكاك الانزلاقي بين الصندوق وبين الأرضية 0.60، كم هو الشغل الذي تبذله F في تحريك العلبة لمسافة 3.0 m؟

■ لما كانت السرعة العددية الأفقية ثابتة، فإن الصندوق في حالة توازن أفقي: $F = f = \mu F_N$. القوة الناعمة هي الوزن، $W = Fx = 0.60(196)(3.0) = 353\text{ J}$ ومنه: $20(9.8) = 196\text{ N}$.

6.7 تُسحب علبة عبر الأرضية بحبل يصنع الزاوية 60° مع الاتجاه الأفقي. قوة الشد في الحبل هي 100 N بينما تُسحب العلبة لمسافة 15 m. ما قيمة العمل المبذول؟

■ يُبذل الشغل فقط من قبل المركبة الأفقية $T_x = 100 \cos 60^\circ$ ، إذن: $W = T_x x = (100 \cos 60^\circ)(15) = 750\text{ J}$.

7.7 يُجر جسم على الأرض بقوة 75 N وتصنع الزاوية 28° مع الاتجاه الأفقي. ما كمية الشغل الذي تبذله القوة بجر الجسم لمسافة

■ الشغل المبذول يساوي جداء الإزاحة 8 m بمركبة القوة في اتجاه مواز للإزاحة $(75 \text{ N}) \cos 28^\circ$.
إذن: $W = [(75 \text{ N}) \cos 28^\circ](8 \text{ m}) = 530 \text{ J}$ الشغل

8.7 عامل الاحتكاك التحريكى بين عربة كتلتها 20 kg وبين الأرضية هو 0.40. ما الشغل الذي تبذله قوة لجر العربة عبر الأرضية لمسافة 8.0 m وبسرعة ثانية؟ نتجه القوة الجازة بزاوية 37° فوق الاتجاه الأفقي.

■ الشغل الذي تبذله القوة هو: $W = F \cos 37^\circ \cdot x$ ، حيث $F_N = \mu F_N$ ، في هذه الحالة $F \cos 37^\circ = f = \mu F_N$ ، إذن $F_N = mg - F \sin 37^\circ$ ، إذن $F = \mu mg / (\cos 37^\circ + \mu \sin 37^\circ)$ من أجل: $F = 75.4 \text{ N}$ و $m = 20 \text{ kg}$ و $\mu = 0.40$ ، $W = (75.4 \cos 37^\circ)(8.0) = 482 \text{ J}$

9.7 اعد المسألة 8.7 إن تحولت القوة إلى دفع العربة عوضاً عن جرّها وأصبحت تصنع الزاوية 37° تحت الاتجاه الأفقي.
■ $W = (F \cos 37^\circ)(x) = F_x x \Rightarrow F \cos 37^\circ = \mu F_N$ ، كما في المسألة 8.7: لكن الجديد الآن هي العلاقة $F_N = mg + F \sin 37^\circ$ نحل من أجل F : $F = \mu mg (\cos 37^\circ - \mu \sin 37^\circ) = 140 \text{ N}$ و $F_x = 112 \text{ N}$ ، إذن $W = 112(8.0) = 896 \text{ J}$. [تناسب هذه القيمة الأكبر للشغل مع المسألة 3.7 (ب)].

10.7 ما هو الشغل المبذول ضد الجاذبية لرفع جسم كتلته 3 kg بسرعة ثابتة إلى مسافة 40 cm؟
■ لرفع جسم كتلته 3 kg بسرعة عددية ثابتة نحو الأعلى يتوجب تطبيق قوة تساوي وزن الجسم وتتجه نحو الأعلى. إن الشغل المبذول من قبل هذه القوة هو ما قصدناه بمصطلح الشغل المبذول ضد الجاذبية. إذن الشغل المبذول ضد الجاذبية $mgh = [(3)(9.8) \text{ N}](0.40 \text{ m}) = 11.8 \text{ J}$

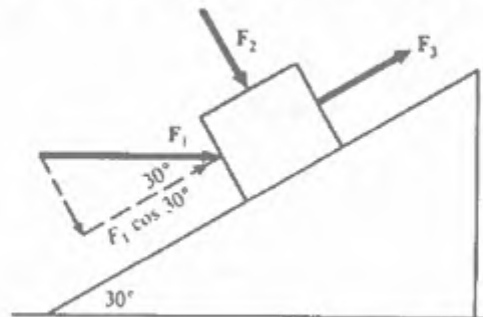
11.7 ما الشغل المبذول ضد الجاذبية لرفع جسم وزنه 20 lb لمسافة 4.0 ft؟
■ كما في المسألة 10.7، الشغل المبذول ضد الجاذبية = الوزن $\times$ الارتفاع إذن: $(20 \text{ lb})(4 \text{ ft}) = 80 \text{ ft} \cdot \text{lb}$.

12.7 يُرفع جسم كتلته 4 kg ببطء إلى مسافة 1.5 m. (أ) ما الشغل المبذول ضد الجاذبية؟ (ب) اعد المسألة إن استعوض عن رفع الجسم بإنزاله.

■ (أ) القوة الرافعة هي في نفس اتجاه الإزاحة وتوازن وزن الجسم تماماً. $F = mg = 39.2 \text{ N}$.
 $W = Fh = (39.2 \text{ N})(1.5 \text{ m}) = 58.8 \text{ J}$ (ب) إن جرى إنزال الجسم فإن القوة تعاكس الإزاحة في اتجاهها لذا: $W = -Fh = -(39.2 \text{ N})(1.5 \text{ m}) = -58.8 \text{ J}$

13.7 يتوجب رفع حمل من الأحجار الإسمنتية وزنه 400 lb إلى سقالة ارتفاعها 28 ft. كم يجب أن يُبذل من الشغل المضاد للجاذبية كي يُنجز هذا العمل؟
■ $W = mgh = (400 \text{ lb})(28 \text{ ft}) = 11200 \text{ ft} \cdot \text{lb}$.

14.7 يتحرك جسم في الاتجاه الصاعد لمستو مائل زاويته مع الاتجاه الأفقي 30° تحت تأثير مجموعة من القوى، تبين ثلاث قوى منها في الشكل 2-7. F_1 قوة أفقية قدرها 40 N، F_2 قوة عمودية على المستوي قدرها 20 N، F_3 توازي المستوي وقدرها 30 N. احسب الشغل المبذول من قبل كل قوة، بينما يتحرك الجسم (وبالتالي نقطة تطبيق كل قوة من القوى) في الجهة الصاعدة للمستوي.



الشكل 2-7

■ مركبة F_1 في اتجاه الإزاحة هي: $F_1 \cos 30^\circ = (40 \text{ N})(0.866) = 34.6 \text{ N}$. ومنه الشغل المبذول من قبل F_1 : $(34.6 \text{ N})(0.80 \text{ m}) = 28 \text{ J}$. (لاحظ ضرورة التعبير عن المسافة بالامتار).

لما كانت القوة F_2 لا تملك مركبة في الاتجاه الموازي للمستوي، لذا فإنها لا تقوم بأي شغل.

مركبة F_3 في الاتجاه الموازي للإزاحة 30 N . ومنه الشغل الذي تقوم به هذه القوة: $(30 \text{ N})(0.80 \text{ m}) = 24 \text{ J}$.

15.7 احسب الشغل المفيد الذي تبذله آلة عند رفعها 40 L من القطران لمسافة 20 m . تساوي كتلة سنتمتر مكعب واحد من القطران 1.07 g .

■ بما أن كل جسيم من القطران قد رُفع لنفس المسافة $h = 20 \text{ m}$ ، لذا يساوي الشغل المفيد المطلوب: $W = Mgh$. حيث M هي الكتلة الكلية للقطران. لدينا $M = (40 \text{ L})(10^3 \text{ cm}^3/\text{L})(1.07 \times 10^{-3} \text{ kg/cm}^3) = 42.8 \text{ kg}$. إذن: $W = (42.8 \text{ kg})(9.8 \text{ m/s}^2)(20 \text{ m}) = 8389 \text{ J} = 8.389 \text{ kJ}$.

16.7 بلاطة مستطيلة منتظمة من الرخام طولها 3.4 m وعرضها 2.0 m وتبلغ كتلتها 180 kg كانت موضوعة أصلاً على أرض منبسطة. ما هو الشغل اللازم لإيقاف البلاطة على حافتها؟

■ يحسب الشغل المبذول من قبل الجذب الثقالي كما لو أن كل الكتلة قد تركزت في مركز الكتلة. الشغل الضروري لرفع الجسم يمكن تصوره باعتباره الشغل المبذول ضد الجاذبية ويساوي $w = (mg)h$ حيث h هي المسافة التي يرتفعها مركز الكتلة. إذن: $W = (180 \text{ kg})(9.8 \text{ m/s}^2)(1.7 \text{ m}) = 3.0 \text{ kJ}$.

17.7 في الشكل 3-7، احسب الشغل المبذول من قبل الوزن mg المؤثر في جسيم كتلته m ، لدى تحريك الجسيم (بتطبيق قوى أخرى) من: (أ) A إلى B ، (ب) B إلى A ، (ج) A إلى B إلى C ، (د) A إلى C بشكل مباشر، (هـ) A إلى B إلى C إلى A .

■ (أ) من أجل المسار AB ، تكون mg بعكس اتجاه الحركة. إذن $W_{AB} = -mgy$.

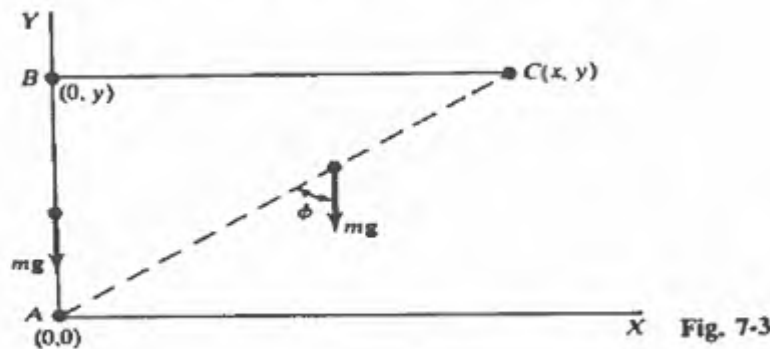
$$W_{BA} = -W_{AB} = mgy \quad (\text{ب})$$

$$W_{ABC} = W_{AB} + W_{BC} = -mgy + 0 = -mgy \quad (\text{ج})$$

(د) مركبة القوة باتجاه الحركة هي $-mg \cos \phi$ ، و $\overline{AC} = \Delta s = y/(\cos \phi)$.

$$W_{AC} = (-mg \cos \phi) \left(\frac{y}{\cos \phi} \right) = -mgy$$

$$W_{ABCA} = W_{AB} + W_{BC} + W_{CA} = -mgy + 0 + mgy = 0 \quad (\text{هـ})$$

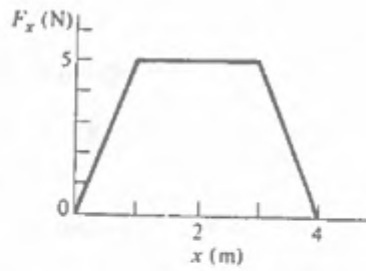


الشكل 3-7

18.7 إن القوة المطابقة في اتجاهها للمحور x والمؤثرة في أحد الأجسام، تظهر في الشكل 5-7 كدالة للإزاحة x . أوجد الشغل المبذول من قبل هذه القوة في المجال: (أ) $0 \leq x \leq 3 \text{ cm}$ ، (ب) $1 \leq x \leq 3 \text{ cm}$ ، (ج) $0 \leq x \leq 4 \text{ m}$.

■ الشغل هو المساحة تحت منحنى الدالة x - مقابل F_x . (أ) المساحة هنا هي لمثلث قائم قاعدته 1 وارتفاعه 5 ، إذن

$W = 2.5 \text{ J}$. (ب) مساحة المستطيل تساوي 10 J ($2(5)$). (ج) المساحة الكلية تحت المنحني في الشكل 4-7 أي $W = 15 \text{ J}$.



الشكل 4-7

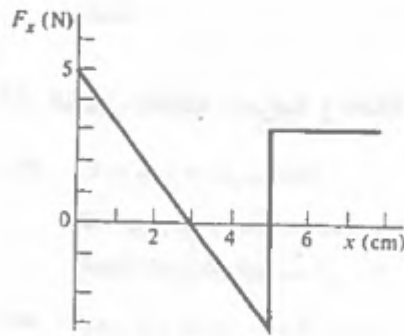
19.7 إن القوة المطابقة في اتجاهها للمحور x والمؤثرة في أحد الأجسام، تظهر في الشكل 5-7 كدالة للإزاحة x . أوجد الشغل المبذول من قبل هذه القوة في المجال: (أ) $0 \leq x \leq 3 \text{ cm}$ ، (ب) $3 \leq x \leq 5 \text{ cm}$ ، (ج) $0 \leq x \leq 6 \text{ cm}$.

■ (أ) $W = (0.03 \text{ m})(5 \text{ N})/2 = 0.075 \text{ J}$ ؛ (ب) $W = -0.02(3)/2 = -0.03 \text{ J}$ ؛ (ج) $W = 0.075 \text{ J}$

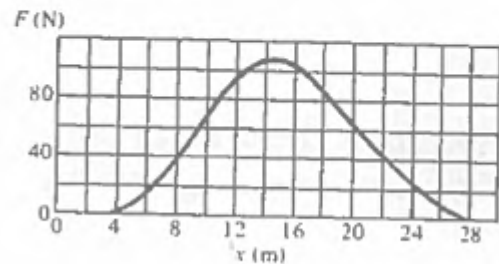
(ج) الشغل بين 5 cm و 6 cm هو: $0.01(3) = 0.030 \text{ J}$ ؛ بإضافة هذه النتيجة إلى (أ) و (ب) نحصل على الشغل الكلي في مجال الـ 6 cm وهو $0.075 \text{ J} = 75 \text{ mJ}$.

20.7 إن القوة المطابقة في اتجاهها للمحور x والتي يبذلها صبي على عربة تتغير مع الموضع كما في الشكل 6-7. ما هو الشغل الذي يبذله الصبي على العربة؟

■ الشغل الكلي هو المساحة الواقعة تحت المنحني. بقَدِّ المربعات وأجزاء المربعات نخلص إلى حوالي 34 مربعاً تحت المنحني. الشغل المبذول إذن هو حوالي: $1360 \text{ J} = (40 \text{ J/المربع}) \times (34 \text{ مربع})$.



الشكل 5-7



الشكل 6-7

21.7 ما كمية الشغل الذي تبذله قوة قدرها 40 N وتصنع الزاوية 37° فوق الاتجاه الأفقي عندما تجر جسماً لمسافة 8 m على امتداد سطح أفقي؟

■ الشغل $= F \cdot s \cdot \cos \theta = (40 \text{ N})(8 \text{ m})(0.8) = 256 \text{ J}$.

22.7 ما هو الشغل اللازم لرفع طفل كتلته 5 kg عبر مسافة في الاتجاه الرأسي قدرها 40 cm.

■ الشغل $= F \cdot s = (5 \times 9.8)(0.40) = 19.6 \text{ J}$.

23.7 إذا كان $A = A_x i + A_y j + A_z k$ و $B = B_x i + B_y j + B_z k$ و $C = C_x i + C_y j + C_z k$ ، أوجد (أ) $A \cdot B$ ، و (ب) $B \cdot C$.
■ تفيدنا المسألة 85.1 بإمكانية إيجاد الجداء النقطي لمركبتين وذلك بحساب جداء المركبات.

(أ) $A \cdot B = A_x B_x + (0)(B_y) + (0)(B_z) = A_x B_x$ (ب) $B \cdot C = B_x C_x + B_y C_y + B_z C_z$

24.7 أوجد $A \cdot B$ إذا كان $A = 3i - 4j$ و $B = 6j + 2k$.
■ $A \cdot B = (3)(0) + (-4)(6) + (0)(2) = -24$ (إذا كانت A قوة مقدرة بالنيوتن و B إزاحة مقدرة بالامتار فإن الجداء النقطي $A \cdot B$ هو الشغل المبذول مقدراً بالجول).

- 25.7 احسب $C \cdot D$ إذا كان: $C = 3j - 2k$ و $D = -8i + 5k$ ■
 $C \cdot D = (0)(-8) + (3)(0) + (-2)(5) = -10$
- 26.7 تؤثر قوة محصلة ثابتة $F = F_x i + F_y j + F_z k$ في جسم لإزاحته من نقطة الأصل إلى النقطة $s = xi + yj + zk$. أعط عبارتين متكافئتين للشغل المبذول على الجسم. ■
 $W = F \cdot s$ ؛ ووفق المسألة 83.1 نستطيع أن نكتب $F \cdot s = F s \cos \theta$ حيث $F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2 + F_z^2}$ ، $s = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$ ، و θ هي الزاوية الصغرى بين المتجهتين F و s ؛ أو $F \cdot s = F_x x + F_y y + F_z z$.
- 27.7 تنزلق قطعة نقد معدنية كتلتها m لمسافة D على سطح طاولة. إذا كان معامل الاحتكاك بين القطعة والطاولة هو μ . أوجد الشغل الذي يبذله الاحتكاك على قطعة النقد. ■
من التعريف: $\Delta W = f \cdot \Delta x$. لما كانت f تعاكس الحركة فإنها بعكس اتجاه Δx . قدر f يساوي: $\mu F_N = \mu mg$ ، ومنه $W = -\mu mg D$.
- 28.7 يُجر صندوق كتلته 5.0 kg على امتداد الأرضية بسرعة عددية ثابتة قدرها 20 cm/s وذلك بفعل قوة أفقية. إذا كان معامل الاحتكاك $\mu = 0.30$ بين الصندوق وبين الأرضية. كم يُبذل من الشغل في كل ثانية من قبل: (أ) القوة الجارة. (ب) قوة الاحتكاك. (ج) ما هو الشغل الكلي المبذول على الصندوق في كل ثانية؟ ■
السرعة العددية ثابتة، إذن ينطبق قانون نيوتن الأول $F = -f$ ، حيث $f = \mu mg = 0.30(5.0)(9.8) = 14.7 \text{ N}$. $W = F \cdot \Delta x$ (أ) تؤدي إلى $\Delta W = (14.7 \text{ N})(0.20 \text{ m}) = 2.94 \text{ J}$. (الإزاحة هي المسافة المقطوعة في ثانية واحدة أي 0.20 m). (ب) $\Delta W = f \cdot \Delta x = -F \cdot \Delta x = -2.94 \text{ J}$ تعطي $W = -2.94 \text{ J}$. (ج) الشغل الكلي هو مجموع (أ) و (ب) وهو يطابق الصفر في هذه الحالة.

2.7 الشغل، الطاقة الحركية والطاقة الكامنة

- 29.7 ما هو مبدأ الشغل - الطاقة. ■
ينص مبدأ الشغل - الطاقة لجسيم على أن الشغل W المبذول من قبل القوة المحصلة المؤثرة في الجسيم يساوي التغير في الطاقة التحريكية للجسيم أي: $W_{i \rightarrow f} = K_f - K_i = \Delta K = \frac{1}{2}mv_f^2 - \frac{1}{2}mv_i^2$. (نكتب في بعض الأحيان KE عوضاً عن K).
- 30.7 برهن مبدأ الشغل - الطاقة لجسيم يتحرك بتسارع ثابت (بتأثير قوة ثابتة) على طول خط مستقيم. ■
 $v_B^2 = v_A^2 + 2as$ $\frac{1}{2}mv_B^2 = \frac{1}{2}mv_A^2 + F s$ $K_B = K_A + W_{AB} \Rightarrow W_{AB} = K_B - K_A$
- 31.7 كيف يعُم مبدأ الشغل - الطاقة كي يشمل الطاقة الكامنة المتشاركة مع القوى الاحتفاظية (كقوة الجذب الثقالي مثلاً)؟ ■
ليكن W_p تمثل الشغل المبذول من قبل تلك القوى التي تُبحث بدلالة الطاقة الكامنة U (أو PE)، وليكن W' الشغل الناشئ عن كل القوى الأخرى. من مبدأ الشغل - الطاقة: $W'_{i \rightarrow f} + W_{p, i \rightarrow f} = K_f - K_i = \Delta K$ من التعريف: $W'_{i \rightarrow f} = (U_f - U_i) + (K_f - K_i) = \Delta U + \Delta K$ إذن: $U_f - U_i - W_{p, i \rightarrow f} = \Delta U$. الشغل - الطاقة عندما يتم تضمين الطاقة الكامنة.
- 32.7 تتحرك سيارة بسرعة 100 km/h . تساوي كتلة السيارة 950 kg . ما هي طاقتها التحريكية؟ ■
 $KE = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}(950 \text{ kg})\left(\frac{10^3 \text{ m}}{3600 \text{ s}}\right)^2 = 3.67 \times 10^3 \text{ J} = 0.367 \text{ MJ}$

- 33.7 نبين فيما يلي الأرقام القياسية لبعض الأحداث الرياضية. بإهمال مقاومة الهواء وافترض أن كل قذيفة قد أطلقت بزاوية المسقط الرأسي المثالية 45° ، احسب الطاقة التحريكية الابتدائية في كل حالة. (أ) رمي الكرة الحديدية: الكتلة 7.26 kg ، المدى 22.0 m (ب) رمي القرص 2.00 kg ، 70.9 m (ج) رمي المطرقة 7.26 kg ، 79.3 m (د) رمي الرمح 0.800 kg ، 94.6 m (هـ) القفز الطويل 60.0 kg ، 8.90 m (و) رمي كرة البيسبول 0.145 kg ، 130 m .

■ نستذكر أن المدى الأعظمي لقذيفة أطلقت من منسوب الأرض بالسرعة الابتدائية v_0 هو $R_{\max} = v_0^2/g$. نستخدم هذه العبارة، ذلك أنه لا تتوفر لدينا أية معلومات عن ارتفاعات زوايا الإطلاق. الطاقة الحركية الابتدائية: $K_0 = \frac{1}{2}mv_0^2 = \frac{1}{2}mgR_{\max}$. حيث $R_{\max}$ هو المدى الأعظمي. (أ) $K_0 = 783 \text{ J}$ (ب) $K_0 = 695 \text{ J}$ (ج) $K_0 = 2.82 \text{ kJ}$ (د) $K_0 = 371 \text{ J}$ (هـ) $K_0 = 2.62 \text{ kJ}$ (و) $K_0 = 92.4 \text{ J}$.

34.7 يتحرك جسيم كتلته 150 g بحيث تكون سرعته عند لحظة معينة $v = (2i + 6j) \text{ m/s}$. ما هي طاقته الحركية؟

$$K = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}mv \cdot v = \frac{1}{2}(0.150)(2^2 + 6^2) = 3.0 \text{ J} \quad \blacksquare$$

35.7 تتغير سرعة جسم كتلته 800 g من $v_0 = 3i - 4j$ إلى $v_f = (-6j + 2k) \text{ m/s}$. ما هو التغير في طاقته الحركية؟

■ باستخدام $v^2 = v \cdot v$ ، ينتج أن $v_i^2 = 40$ و $v_f^2 = 25$. ومنه التغير المطلوب في الطاقة الحركية $K = 0.800(40 - 25)/2 = 6.0 \text{ J}$.

36.7 ما هي القوة اللازمة لإكساب سيارة ساكنة كتلتها 1300 kg سرعة قدرها 20 m/s في مسافة 80 m ؟

$$W = \Delta K = \frac{1}{2}mv^2 - 0 = \frac{1}{2}(1300 \text{ kg})(20 \text{ m/s})^2 = 260 \text{ kJ} \quad \blacksquare$$

37.7 ينزلق قفص كتلته 50 kg على منحدر زاويته 30° . طول المنحدر 10 m وتسارع القفص 2.0 m/s^2 . (أ) كم تكون الطاقة الحركية للقفص لدى بلوغه أسفل المنحدر؟ (ب) كم هو الشغل المبذول للتغلب على الاحتكاك؟ (ج) ما هو قدر قوة الاحتكاك التي تؤثر في الصندوق أثناء انزلاقه على المنحدر؟

■ (أ) نرمز لكتلة الصندوق وتسارعه بالحرفين m ، a على الترتيب. تصبح الطاقة الحركية للصندوق بعد انزلاقه لمسافة s من حالة السكون: $K = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}m(2as) = mas$. بتعويض $m = 50 \text{ kg}$ ، $a = 2.0 \text{ m/s}^2$ ، و $s = 10 \text{ m}$ ، ينتج أن $K = 1000 \text{ J}$.
(ب) الشغل W_g الذي تبذله الثقالة على الصندوق هو $W_g = mgh$ حيث h هي المسافة في الاتجاه الرأسي التي يهبطها الصندوق. من أجل زاوية ميل θ ، $h = s \sin \theta$. هكذا نجد $W_g = mgs \sin \theta$. في حالة $\theta = 30^\circ$ والمعطيات الأخرى نجد $W_g = 2450 \text{ J}$. القوة الأخرى الوحيدة التي تبذل شغلاً على الصندوق هي قوة الاحتكاك. إذا كان W_{fr} هو الشغل المبذول من قِبل قوة الاحتكاك، يكون لدينا $W_g + W_{fr} = K$. إذن $W_{fr} = K - W_g = 1000 - 2450 = -1450 \text{ J}$. ومنه $W_{fr} = -1450 \text{ J}$.
هو: 1450 J .

(ج) يُعطى الشغل المبذول بالاحتكاك بالعلاقة $W_{fr} = -F_{fr}s$ ، ومنه: $F_{fr} = -W_{fr}/s = -(-1450)/(10) = 145 \text{ N}$.

38.7 بالرجوع إلى المسألة 37.7. (أ) ما هو معامل الاحتكاك الحركي بين الصندوق وبين المنحدر؟ (ب) يوجد عند أسفل المنحدر سطح أفقي له نفس معامل الاحتكاك الحركي. ما هي المسافة التي سينزلقها الصندوق عليه قبل أن يتوقف؟

■ (أ) بما أن الصندوق يبقى ماساً للمنحدر فإن القوة الناعظية N تساوي: $N = mg \cos \theta$. ومنه قوة الاحتكاك: $F_{fr} = \mu_k N = \mu_k mg \cos \theta$. بالحل من أجل μ_k نخلص إلى: $\mu_k = F_{fr}/(mg \cos \theta) = 145/[(50)(9.8)(0.866)] = 0.342$.
(ب) تغدو قوة الاحتكاك على سطح أفقي: $F_{fr} = \mu_k mg$. سينزلق الصندوق لمسافة s' بحيث يساوي الشغل المبذول من قِبل الاحتكاك W_{fr} القيمة السالبة للطاقة الحركية. أي: $-\mu_k mgs' = -K$. ومنه: $s' = K/(\mu_k mg) = 1000/[(0.342)(50)(9.8)] = 5.97 \text{ m}$.

39.7 طُبقت مكابح سيارة كتلتها 1200 kg بينما كانت متحركة بسرعة 30 m/s ، فانزلت ثم ما لبثت أن توقفت. إذا كانت قوة الاحتكاك بين العجلات المتزحلقة وبين سطح الطريق هي 6000 N . ما المسافة التي تزلزلتها السيارة قبل أن تتوقف تماماً؟

$$W = \Delta K = 0 - \frac{1}{2}mv^2 = -\frac{1}{2}(1200 \text{ kg})(30 \text{ m/s})^2 = -540 \text{ kJ} \quad \blacksquare$$

40.7 ما هو الشغل المبذول في رفع جسم من ارتفاع 2.0 m إلى ارتفاع 20 m . (أ) بفعل المجال الثقالي للأرض؟ (ب) بفعل قوة خارجية رافعة للجسم؟

$$W = -\Delta U = -[(1.0)(9.8)(20) - (1.0)(9.8)(2)] = -176.4 \text{ J} \quad \blacksquare$$

الشغل سالب لأن القوة تعاكس الحركة.

(ب) وفق المسألة 31.7، $W' = \Delta K + \Delta U = \Delta K + 176.4 \text{ J}$. يعتمد الشغل الخارجي، بعكس الشغل الثقالي، على التغير