فيزياء الثاني عشر متقدم

الطاقة الحركية والشغل والقدرة

www.almanahj.com

2018 | ادرس | اجتهد | تفوق

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 الكميائية – الطاقة الشمسية (طاقة متجددة)

الطاقة الحركية

هي الطاقة التي يكتسبها الجسم بسبب حركته

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

هي نصف ناتج ضرب كتلة جسم متحرك في مربع سرعته

قد تكون موجبة أو صفر(عندما يكون الجسم ثابت)

وحدة طاقة: $1\ J = 1\ N\ m = 1\ kg\ m^2/s^2.$

يوجد وحدات أخري للطاقة الحركية :-

1- الكترون فولت $1ev = 1.6\times10^{-19}\ J$

2- السعر $1Cal = 4186\ J$

www.almanahj.com

3- ميجا طن (في المواد المتفجرة) $1Mt = 4.18\times10^{15}\ J$ TNT

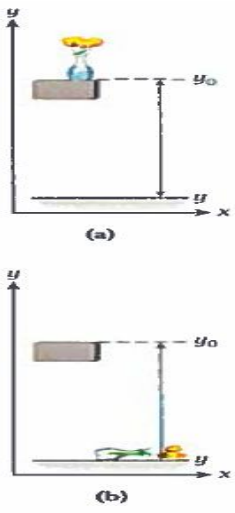
الإلكترون فولت:- هي الطاقة الحركية التي يكتسبها الكترون عندما يتسارع تحت تأثيرواحد فولت

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

الطاقة الحركية في ثلاثي الأبعاد :-

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

سقطت مزهرية (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 الأرتفاع تزداد سرعة الهبوط فتزداد الطاقةالحركية

بالتالي تعتمد الطاقة الحركية خطيا علي الأرتفاع الذي يسقط منه الجسم

V_0=ZERO

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

وايضا تعتمد الطاقة الحركيةخطيا علي قوة الجاذبية لأن قوة الجاذبية تسبب تسارع الجسم واكتسابه طاقة حركة

وإذا تضاعفت الكتلة تتضاعف قوة الجاذبية ويتتضاعف الطاقة الحركية $\vec{F}_g = -mg\hat{y},$

الشغل المبذول من قوة ثابتة

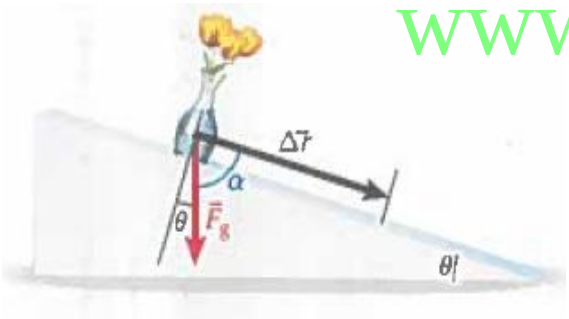
الشغل:- هو الطاقة التي تنتقل إلي الجسم(+) أو من الجسم(-) نتيجة حركة القوة

عند سقوط مزهرية:-

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

www.almanahj.com

مثال:- عند انزلاق مزهرية من أعلي مستوي مائل من وضع السكون



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

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

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

كانت الطاقة الحركية التي انتقلت إلى المزهرية 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 $\alpha = 90°$.

تظل قوة الجاذبية في الاتجاه y السالب، ولكن لا يمكن أن تتحرك المزهرية في الاتجاه y السالب

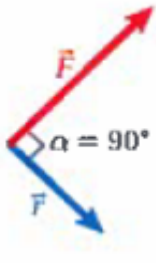
ومن ثمَّ، لا يحدث تغير في الطاقة الحركية للمزهرية ولا يوجد شغل مبذول من قوة الجاذبية على المزهرية؛

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

الشغل :- حاصل ضرب القياسي لمتجه القوة في متجه الإزاحة

$W = |\vec{F}||\Delta\vec{r}|\cos\alpha$ حيث α هي الزاوية بين $\vec{F}$ و $\Delta\vec{r}$

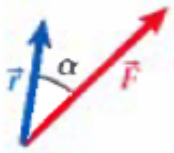
حالات الشغل:-



(c)

القوة عمودية علي الأزاحة

الشغل= صفر



(b)

القوة تصنع زواية مع الأزاحة

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

(a)

القوة في نفس اتجاه الأزاحة

يكون الشغل اكبر مايمكن

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

في حالات وجود أكثر من قوة:-

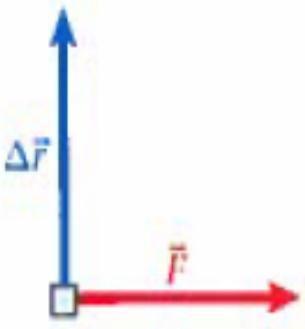
$$W_{net} = \vec{F}_{net} \cdot \Delta\vec{r} = \left(\sum_i \vec{F}_i\right) \cdot \Delta\vec{r} = \sum_i \left(\vec{F}_i \cdot \Delta\vec{r}\right) = \sum_i W_i.$$

www.almanahj.com

الحركة في بعد واحد :-

$$\begin{aligned} W &= \vec{F} \cdot \Delta\vec{r} \\ &= \pm F_x \cdot |\Delta\vec{r}| = F_x \Delta x \\ &= F_x (x - x_0). \end{aligned}$$

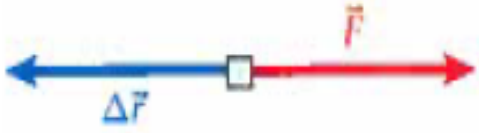
حالات الشغل



(c)

W= ZERO

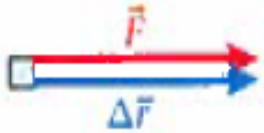
القوة عمودية على الأزاحة



(b)

W= ---

القوة عكس الأزاحة



(a)

W= +

قوة نفس اتجاه الأزاحة

نظرية الشغل والطاقة الحركية

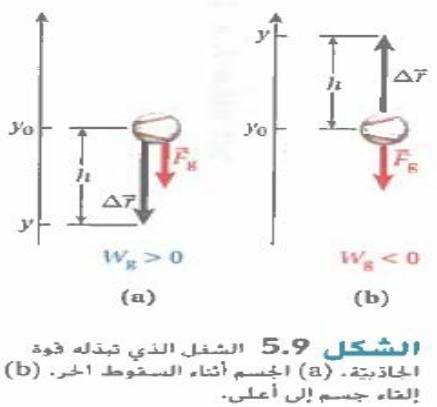
$$\Delta K \equiv K - K_0 = W.$$

الشغل يساوي التغير في الطاقة الحركية

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

طاقة الحركة النهائية= $K = K_0 + W$

طاقة الحركة الأبتدائية= $K_0 = K - W$



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

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

الشغل المبذول من قوة الجاذبية

1- إذا كان الجسم يصعد (يتحرك عكس الجاذبية) $W_g = -mgh$

2-إذا كان الجسم يهبط (يتحركفي نفس اتجاه الجاذبية) $W_g = +mgh$

الشغل المبذول في رفع جسم وإنزاله

www.almanahj.com

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

شغل القوة الخارجية — شغل قوة الجاذبية

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

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

فاز "روني ويلر" لاعب رفع الأثقال الألماني بالميدالية الفضية في دورة الألعاب الأوليمبية 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؟

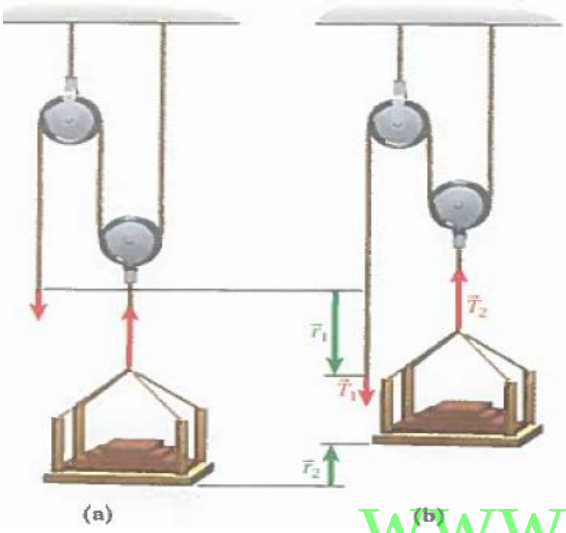
$$W = mgh = (257.5 \text{ kg})(9.81 \text{ m/s}^2)(1.83 \text{ m}) = 4.62 \text{ kJ}.$$

عندما أكمل "وبلر" الرفعة 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

$T_2=mg$ $W_2=T_2r_2=mgr_2$

2- في حالة رفع الجسم باستخدام الحبال والبكرات

$T_1=0.5T2$ $r_1=2r_2$ $w_1=0.5mgr_1=0.5mg2r_2=mgr_2$

بالتالي يكون الشغل متساوي $W_1=W_2$

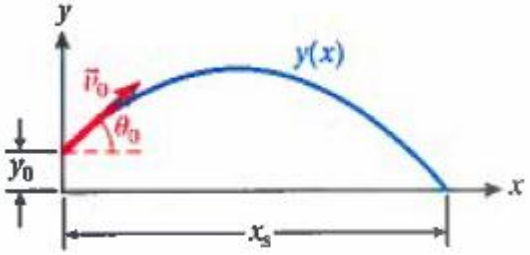
لأن النقص في القوة في الحبال والبكرات يقابله زيادة في الأزاحة

www.almanahj.com

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

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

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



الشغل المبذول من قوة متغيرة

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

يساوي المساحة تحت منحني القوةFx

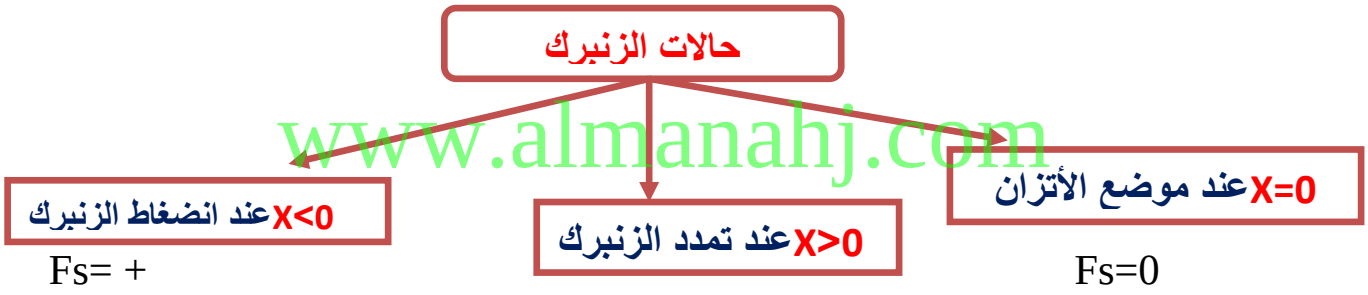
علما بأن القوة تساوي $F_x(x) = ma$ وبالتالي يكون الشغل يساوي

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

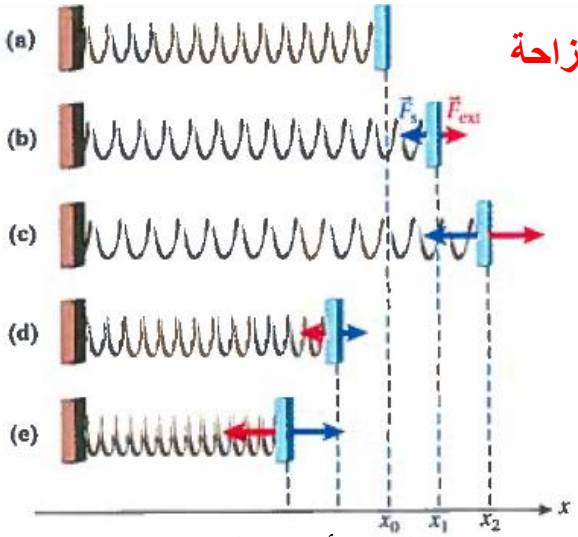
$$W = \int_{x_0}^{x} m\frac{dx'}{dt}\frac{dv}{dx'}\,dx' = \int_{v_0}^{v} mv'\,dv' = m\int_{v_0}^{v} v'\,dv' \qquad W = m\int_{v_0}^{v} v'\,dv' = m\left[\frac{v'^2}{2}\right]_{v_0}^{v} = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0^2 = K - K_0 = \Delta K.$$

قوة الزنبرك

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



www.almanahj.com



قانون هوك:- قوة الزنبرك (قوة الإرجاع) تتناسب طرديامع الأزاحة

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

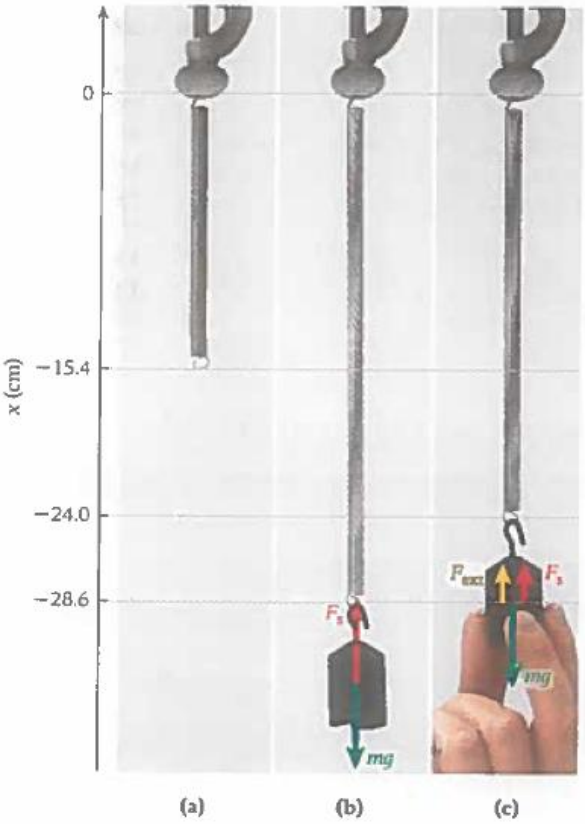
$$F_s = -kx. \qquad x_0 = 0.$$

K هي ثابت الزنبرك ودائما موجب وحدة قياسه $N/m = kg/s^2$

الأشارة السالبة تعني أن قوة الإرجاع دائما عكس الأزاحة

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

يعتمد الحد الأقصي للتمدد علي خصائص المادة المصنوع منها الزنبرك



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

بتدلى زنبرك طوله 15.4 cm رأسيًا من نقطة تثبيت علوية (الصورة 5.14a). وثُبّت في طرفه السفلي ثِقل 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)؟

www.almanahj.com

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 $X_0=0$

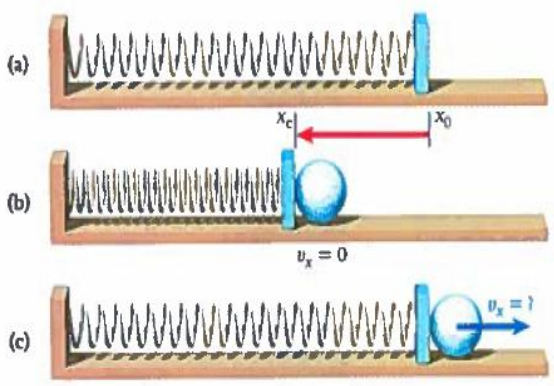
$$W_s = -\frac{1}{2}kx^2.$$

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

ملاحظة:- الشغل المبذول بواسطة قوة الزنبرك يكون سالب دائما بالنسبة لأزحة عن موضع الأتزان ولكن من الممكن أن يكون موجب إذاكانت الأزاحة الأبتدائية أكبر من الأزاحة النهائية وسيؤدي بذل شغل خارجي بمقدار $\frac{1}{2}kx^2$ إلي تمدد الزنبرك أو انضغاطه بعيدا عن موضع الأتزان

تعرض زنبرك عديم الكتلة موضوع على سطح أفقي أملس للانضغاط بواسطة قوة مقدارها 63.5 N. فنتج عن ذلك إزاحة مقدارها 4.35 cm عن موضع الاتزان الابتدائي. كما هو موضّح في الشكل 5.15. وُضعت كرة معدنية كتلتها 0.075 kg أمام الزنبرك ثم تم إفلات 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 ستنزلق فحسب على السطح دون أن تتدحرج).



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

www.almanahj.com

5.18 يُمكن كبح سيارة، كتلتها m، وتنتقل بسرعة v_1، حتى تتوقف تمامًا على مسافة d. إذا زادت سرعة السيارة بمعامل 2، حتى تُصبح $v_2 = 2v_1$، فما معامل زيادة مسافة توقفها. مع افتراض أن قوة الكبح F لا تعتمد على سرعة السيارة تقريبًا؟

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

5.19 يرتبط الضرر الذي أحدثه مقذوف عند تصادمه بطاقته الحركية. احسب الطاقات الحركية لهذه المقذوفات 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) رصاصة 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 تقود 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) $K = \frac{1}{2}(1500.\ \text{kg})(30.0\ \text{m/s})^2 = 6.750 \cdot 10^5\ \text{J}$

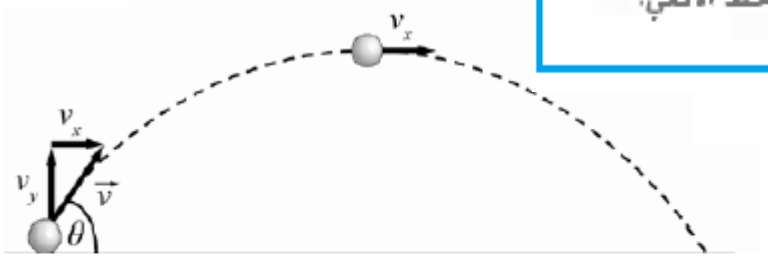
$$\Delta K = 6.750 \cdot 10^5\ \text{J} - 1.688 \cdot 10^5\ \text{J} = 5.062 \cdot 10^5\ \text{J}.$$

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

www.almanahj.com

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 متماثلة. احسب السرعات الأصلية للسيارتين.

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



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

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

$$E = \frac{1}{2}(20.1\text{ kg})(27.3\text{ m/s})^2\cos^2(46.9°) = 3.497\cdot10^3\text{ J}$$

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

www.almanahj.com

5.27 أُلقيت كرتا بيسبول من قمة مبنى ارتفاعه 7.25 m، أُلقيت كلتاهما 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 استغرت ثلاجة 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 $m = 2.00$ kg على مسمار من ارتفاع $h = 0.400$ m. احسب الحد الأقصى لمقدار الشغل الذي يُمكن أن تبذله على المسمار.

$$W = mgh$$

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

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؟

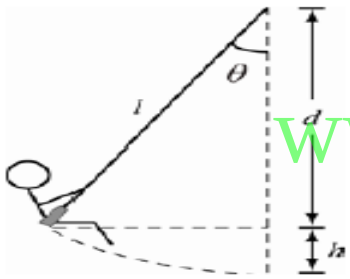
$$W_{you} = Fd$$
$$W_f = -F_f d$$
$$W_g = Fd\cos 90.^\circ$$
$$W_{net} = d(F - F_f)$$

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

$$W_f = -(4.00\text{m})(150.0\text{ N}) = -600.0\text{ J}$$
$$W_g = 0$$
$$W_{net} = (4.00\text{ m})(200.0\text{ N} - 150.0\text{ N}) = 200.0\text{ J}$$

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 تصنع الحبال زاوية 33.6° على الخط الرأسي، ثم يحرر الأب ابنه من السكون. ما سرعة الابن عند أدنى مستوى من الحركة المتأرجحة؟



www.almanahj.com

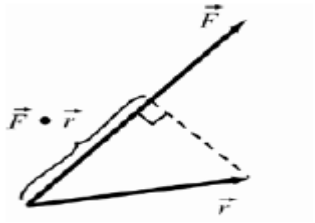
$$\frac{1}{2}mv^2 + mgh = C$$

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

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

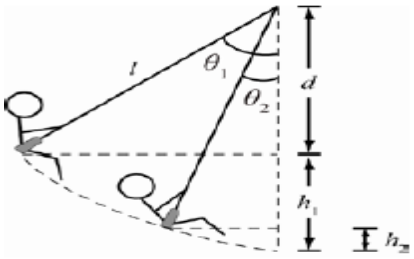
$$E_i = E_f \Rightarrow \frac{1}{2}mv^2 = mgl(1 - \cos\theta) \Rightarrow v = \sqrt{2gl(1 - \cos\theta)}$$

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



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

$$W=\vec{F}\bullet\vec{r}$$
$$W=F_xr_x+F_yr_y+F_zr_z$$
$$W=\left[(4.79)(4.25)+(-3.79)(3.69)+(2.09)(-2.45)\right]=1.2519\ \text{J}$$



5.34 تسحب أم ابنتها التي تبلغ 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؟

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

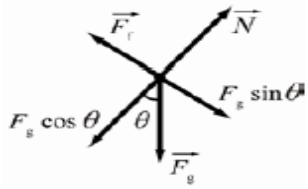
www.almanahj.com

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

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

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

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



5.35 يتزلج لاعب التزلج الفني مبتعدًا 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؟

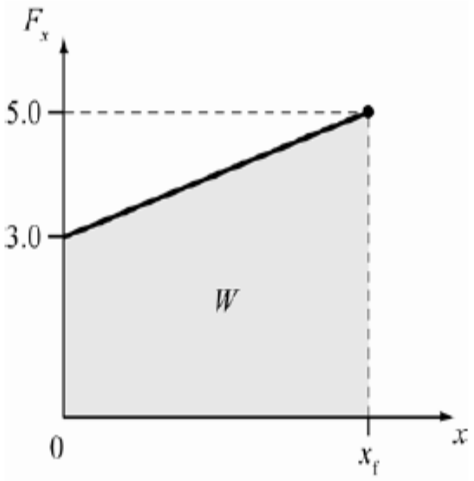
$$W=W_g+W_f=\frac{1}{2}mv^2,\ W_g=mgh,\ W_f=F_fd$$

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

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

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

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



5.38 يتعرض جسيم كتلته m لقوة تؤثر في الاتجاه x $F_x = (3.00 + 0.500x)\ \text{N}$.
أوجد مقدار الشغل الذي تبذله القوة بينما يتحرك الجسيم من $x = 0.00$ 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 تتغير 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، بدءًا من $0.730\ \text{m}$ إلى $1.35\ \text{m}$؟

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

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

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

www.almanahj.com

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 $1.00\ \text{kg}$. 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 $2.00\ \text{m/s}$ عند $x = 2.00\ \text{m}$، فما سرعتها عند $x = 6.00\ \text{m}$؟

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

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

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

(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 يتمددها الزنبرك من موضع اتزانه لبذل شغل 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 اتزانه مسافة 5.00 cm. إذا تطلَّب 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 تعرض زنبرك بثابت زنبرك k لانضغاط ابتدائي لمسافة x_0 عن موضع اتزانه. بعد العودة إلى موضع اتزانه، تُمدد الزنبرك مسافة x_0 عن هذا الموضع. ما نسبة الشغل المطلوب بذله على الزنبرك أثناء تمدده إلى الشغل المبذول أثناء انضغاطه؟

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

www.almanahj.com

5.45 ضُغط زنبرك بثابت زنبرك 238.5 N/m مسافة 0.231 m. ثم وُضع محمل كرة من الفولاذ كتلته 0.0413 kg على طرف الزنبرك وأُطلق الزنبرك. ما سرعة محمل الكرة بعد عدم ملامسة الزنبرك مباشرة؟ (سينفصل محمل الكرة عن الزنبرك تمامًا بمجرد عودة الزنبرك إلى موضع اتزانه. افترض أنه يمكن إهمال كتلة الزنبرك).

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

$x_f = 0,\ K_i = 0$ and $K_f = \frac{1}{2}mv_f^{\,2}$. 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

هي مشتقة الزمن للشغل

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

وحدات قياس القدرة :- الواط

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

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

تُعد وحدة القدرة الحصان (hp) ووحدة القدم.الرطل / الثانية (ft lb/s) أكثر الوحدات شيوعًا 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 تستطيع 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

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

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

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

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

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

www.almanahj.com

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

المسألة

ما متوسط طاقة الرياح التي تهب بسرعة 10.0 m/s عبر دوّار توربين رياح ضخم. مثل توربين إنركون E—126 إذا كان ارتفاع المحور يبلغ 135 m وطول نصف قطر الدوّار يبلغ 63 m؟

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

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

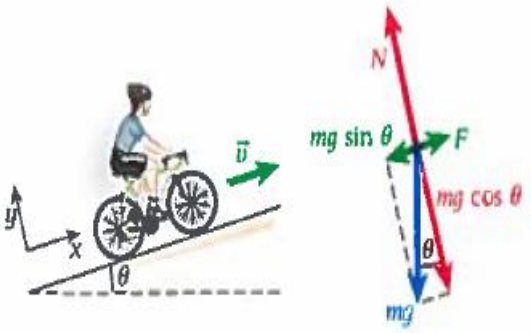
$$P = \tfrac{1}{2}(10.0\ \text{m/s})^3(1.2\ \text{kg/m}^3)\pi(63\ \text{m})^2 = 7.481389 \cdot 10^6\ \text{kg m}^2/\text{s}^3$$

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 منحدرًا بميل 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 الدرّاج ليصعد المنحدر نفسه بالسرعة نفسها؟



الشكل 5.22 رسم لدراجة تصعد الميل (يسارًا) ومخطط الجسم الحر (يمينًا).

www.almanahj.com

مراجعة المفاهيم 5.2

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

a) W_h
b) $2W_h$
c) $0.5W_h$
d) nW_h
e) $2W_h/n$

مراجعة المفاهيم 5.3

إذا ضغطتَ زنبركًا مسافة h من موضع اتزانه وبذلت شغلًا W_h في العملية. فما مقدار الشغل المطلوب لضغط الزنبرك نفسه مسافة $2h$؟

a) W_h
b) $2W_h$
c) $0.5W_h$
d) $4W_h$
e) $0.25W_h$

مراجعة المفاهيم 5.4

هل كل عبارة من العبارات التالية صحيحة أم خاطئة؟

a) لا يُمكن بذل شغل في غياب الحركة.
b) يلزم لرفع صندوق ببطء قدرة أكثر من القدرة المطلوبة لرفعه بسرعة.
c) القوة ضرورية لبذل الشغل.

أسئلة الاختيار من متعدد

5.1 أي مما يلي نُعد وحدة صحيحة للطاقة؟

a) $kg\,m/s^2$ c) $kg\,m^2/s^2$ e) $kg^2\,m^2/s^2$
b) $kg\,m^2/s$ d) $kg^2\,m/s^2$

5.2 دُفع صندوق قوته 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 c) أكبر من 400 N
b) ليس صفرًا لكنه أقل من 400 N d) 400 N e) 800 N

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

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

5.4 تتحرك سيارة كتلتها 1500 kg بعجلة تتراوح بين 0 و 25 m/s في زمن 7.0 s. ما متوسط القدرة التي يبذلها المحرك (1 hp = 746 W)؟

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

5.5 أي مما يلي نُعد وحدة صحيحة للقدرة؟

a) $kg\,m/s^2$ c) J e) W
b) N d) m/s^2

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

a) 7.36×10^5 J c) 75 J e) 7360 J
b) 750 J d) 7500 J

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

a) 1300 J c) 1.3×10^4 J e) 130 J
b) 1845 J d) 1.8×10^4 J

5.8 توجد ثمانية كتب على طاولة مسطحة. يبلغ سمك كل منها 4.6 cm وكتلته 1.8 kg. ما مقدار الشغل المطلوب لتكديسها بعضها فوق بعض؟

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

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

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

5.10 يتعرض قافز مظلات لقوتين: هما الجاذبية ومقاومة الهواء. عندما يهبط عموديًا، يصل إلى أقصى سرعة ثابتة في زمن معين بعد القفز من السطح المستوي، وحيث إنه يتحرك بسرعة منجية ثابتة منذ ذلك الوقت حتى فتح مظلته، نستنتج من نظرية الشغل والطاقة الحركية خلال هذه الفترة الزمنية أن

a) الشغل الذي بذلته الجاذبية يساوي صفرًا.
b) الشغل الذي بذلته مقاومة الهواء يساوي صفرًا.
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 يمسك جاك صندوقًا كتلته تساوي m kg. مشى مسافة d m بسرعة ثابتة تساوي v m/s. ما مقدار الشغل الذي بذله جاك على الصندوق بالجول؟

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

5.12 إذا بذل جسم شغلًا سالبًا، فأي من العبارات التالية صواب؟

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

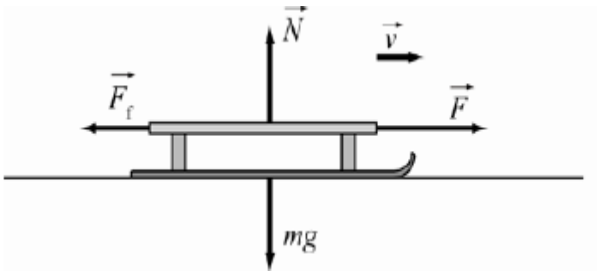
5.13 تعادل نظرية الشغل والطاقة الحركية

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 شمسة سلالم عالية. ماذا يمكننا أن نقول عن الشغل الذي بذلته الجاذبية عليها؟

a) بذلت الجاذبية شغلًا سالبًا عليها. a) لم تبذل الجاذبية شغلًا عليها.
a) بذلت الجاذبية شغلًا موجبًا عليها. d) لا يمكننا معرفة مقدار الشغل الذي بذلته الجاذبية عليها.

www.almanarij.com



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

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

$F = \mu mg$ and $P = \mu mgv$.

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

5.47 يسحب حصان زلاجة أفقيًا على الثلج بسرعة ثابتة، ويمكن للحصان توليد قدرة 1.060 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؟

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

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

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

www.almanahj.com

5.49 تحركت سيارة كتلتها 1214.5 kg بسرعة 27.9 m/s عندما انحرفت 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؟

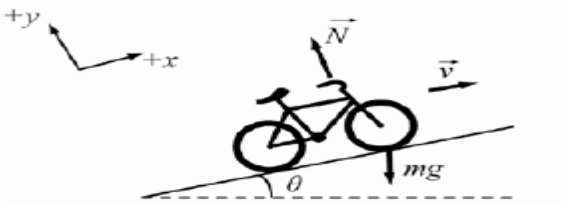
$$|P| = \left|\frac{W}{\Delta t}\right| = \left|\frac{\Delta K}{\Delta t}\right| = \left|\frac{\frac{1}{2}m(v_f^2 - v_i^2)}{\Delta t}\right|. \quad v_f = 0, \text{ so } |P| = \left|\frac{-\frac{1}{2}mv_i^2}{\Delta t}\right| = \frac{\frac{1}{2}mv_i^2}{\Delta t}$$

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

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

5.51 تتسارع سيارة كتلتها 942.4 kg من السكون بمحصلة 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 نفسه بالسرعة نفسها؟

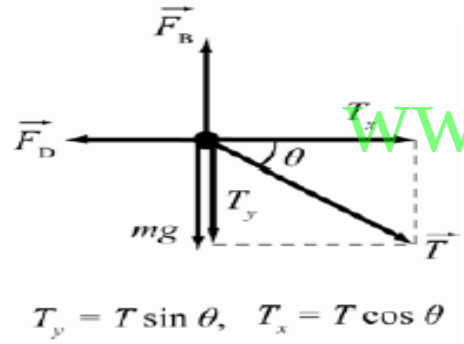


$$F - mg\sin\theta = 0 \Rightarrow F = mg\sin\theta$$

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

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

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



$$\sum F_x = T_x - F_D = ma_x = 0$$
$$T_x = T\cos\theta = F_D = Kv^2$$

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

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

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 اثنتين من أفضل رفعاته في المسابقة. عند افتراض أنه رفع هذه الأوزان على ارتفاع 196.7 cm، ما مقدار الشغل الذي بذله؟

www.almanahj.com

5.54 تتسارع سيارة كتلتها m من السكون على طول مسار مستقيم مستوٍ بعجلة غير ثابتة ولكن بقدرة 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 بعجلة ثابتة. أي السيارتين ستتقدم أولًا؟ هل تستطيع السيارة الأخرى تخطيها؟ إذا كانت الإجابة بنعم، فاكتب صيغة للمسافة من نقطة البداية التي يحدث فيها ذلك.

c) أنت في سباق سيارات على مضمار مستوٍ مستقيم مع خصم تحتفظ سيارته بعجلة ثابتة $12.0\ m/s^2$. للسيارتين الكتلة نفسها $1000\ kg$. تبدأ السيارتان معًا من السكون. يُفترض أن مقاومة الهواء ضئيلة جدًا. احسب الحد الأدنى للقدرة التي يحتاج إليها محرك سيارتك للفوز بالسباق، مع افتراض أن محصلة القدرة ثابتة والمسافة إلى نقطة النهاية تساوي $0.250\ mi$.

www.almanahj.com

5.58 تقذف رامية الجلة كرة كتلتها $7.30\ kg$ من السكون بسرعة $14.0\ m/s$. إذا استغرقت هذه الحركة زمنًا $2.00\ s$، فما متوسط القدرة المتولدة؟

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

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

5.62 تبلغ كتلة كتاب الفيزياء 3.40 kg. قمت بالتقاط 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 بصنع 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 حجرًا كتلته $m = 0.325$ kg إلى أعلى مباشرة في الهواء. في هذه العملية، بذل ذراع هذا الرجل مقدار شغل كلي $W_{\text{net}} = 115$ J على الحجر. احسب المسافة القصوى h التي سيقطعها الحجر فوق يد الرجل التي قامت بالقذف. أهمل مقاومة الهواء.

www.almanahj.com

5.66• تم رمي كرة بيسبول كتلتها $m = 0.250$ kg بسرعة $v_0 = 26.4$ m/s. بسبب مقاومة الهواء، تباطأ وصول الكرة إلى دائرة وسط الملعب بنسبة 10.0%. وتساوي المسافة بين دائرة الوسط واللاعب $d = 15.0$ m. احسب متوسط قوة مقاومة الهواء F_{air}، المبذولة على الكرة أثناء انتقالها من اللاعب إلى دائرة الوسط.

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

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

• **5.67** تم تحميل شاحنة مسطحة بمجموعة من أكياس الأسمنت كتلتها الإجمالية 1143.5 kg. معامل الاحتكاك السكوني بين فرشة 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. وتبتعد مجموعة الأكياس عن طرف فرشة الشاحنة مسافة 1 m. هل تنزلق مجموعة الأكياس من فوق فرشة الشاحنة؟ إذا كان معامل الاحتكاك الحركي بين الكيس السفلي وفرشة الشاحنة يساوي 0.257. فما مقدار الشغل الذي بذلته قوة الاحتكاك بين الكيس وفرشة الشاحنة على الكيس؟

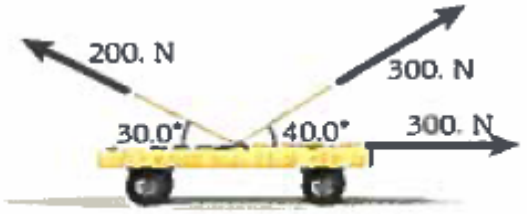
$$a_t = v/\Delta t.$$

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

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

www.almanahj.com

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



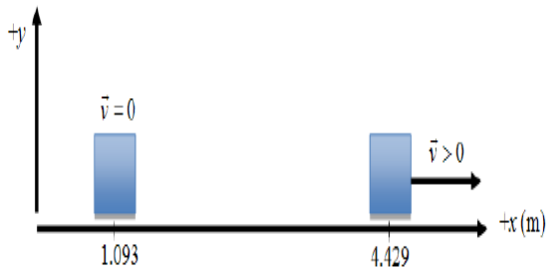
$F_1 = 300.\ \text{N at } 0°$
$F_2 = 300.\ \text{N at } 40.0°$
$F_3 = 200.\ \text{N at } 150.°$

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

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

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

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



5.76 أعطيت قوة متغيرة بالصيغة $F(x) = Ax^6$ حيث $A = 11.45\ \text{N/m}^6$. تؤثر 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؟

5.77 أعطيت قوة متغيرة بالصيغة $F(x) = Ax^6$ حيث $A = 13.75\ \text{N/m}^6$. تؤثر 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؟

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

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

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

www.almanahj.com

5.82 إذا ضُغط زنبرك أفقيًا بثابت زنبرك $k = 15.19\ \text{N/m}$ مسافة 23.11 cm من موضع اتزانه. ووُضع قرص هوكي كتلته $m = 170.0\ \text{g}$ على طرف الزنبرك. ثم تحرير الزنبرك وانزلق القرص أفقيًا على الجليد بمعامل احتكاك حركي 0.02221 بين القرص والجليد. ما المسافة التي يقطعها قرص الهوكي على الجليد بعد تركه الزنبرك؟

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

$$\Delta U = U$$

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

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

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

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

$$= 10.95118667\ \text{m}$$

5.83 إذا ضُغط زنبرك أفقيًا بثابت زنبرك $k = 17.49\ \text{N/m}$ مسافة 23.31 cm من موضع اتزانه. ووُضع قرص هوكي كتلته $m = 170.0\ \text{g}$ على طرف الزنبرك. ثم تحرير الزنبرك وانزلق القرص أفقيًا 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: $W = Fs = (3N)(12\ m) = 36J$.

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

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

3.7 يدفع طفل علبة لعاب 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 جرَّ الطفل العلبة نحو الأعلى بنفس الزاوية مع الاتجاه الأفقي؟

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

4.7 يوضح الشكل 7-1 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؟

www.almanahj.com

الشكل 7-1

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

$(85\cos 30°\ N)(0.70\ m) = 51.5\ J$، $(60\cos 45°\ N)(0.70\ m) = 29.7\ J$. (ب) العمل هو كمية عددية. لذا ما علينا إلَّا 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 العدديَّة الأفقية ثابتة، فإن الصندوق في حالة توازن أفقي: $F = f = \mu F_N$. القوة الناظمية هي الوزن، $20(9.8) = 196\ N$. ومنه: $W = Fx = 0.60(196)(3.0) = 353\ J$.

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 $T_x = 100\cos 60°$، إذن: $W = T_x x = (100\cos 60°)(15) = 750\ J$.

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 اتجاهٍ موازٍ للإزاحة (75 N) cos 28°.
إذن: الشغل = [(75 N) cos 28°](8 m) = 530 J

8.7 عامل الاحتكاك التحريكي بين علبة كتلتها 20 kg وبين الأرضية هو 0.40 ما الشغل الذي تبذله قوة لجر العلبة عبر الأرضية لمسافة 8.0 m وبسرعة ثانية؟ تتجه القوة الجارّة بزاوية 37° فوق الاتجاه الأفقي.

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

9.7 أعد المسألة 8.7 إن تحولت القوة إلى دفع العلبة عوضاً عن جرها وأصبحت تصنع الزاوية 37° تحت الاتجاه الأفقي.

■ $W = (F\cos 37°)(x) = F_x x \Rightarrow F\cos 37° = \mu F_N$، كما في المسألة 8.7؛ لكن الجديد الآن هي العلاقة $F_N = mg + F\sin 37°$؛ نحل من أجل F: $F = \mu\, mg(\cos 37° - \mu \sin 37°) = 140$ N و $F_x = 112$ N. إذن $W = 112(8.0) = 896$ J. [تتناسب هذه القيمة الأكبر للشغل مع المسألة 3.7 (ب)].

10.7 ما هو الشغل المبذول ضد الجاذبية لدي رفع جسم كتلته 3 kg بسرعة ثابتة إلى مسافة 40 cm؟

■ لرفع جسم كتلته 3 kgg 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 $= mgh = [(3)(9.8)\ \text{N}](0.40\ \text{m}) = 11.8$ 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 × الارتفاع إذن: $(20\ \text{lb})(4\ \text{ft}) = 80$ ft.lb.

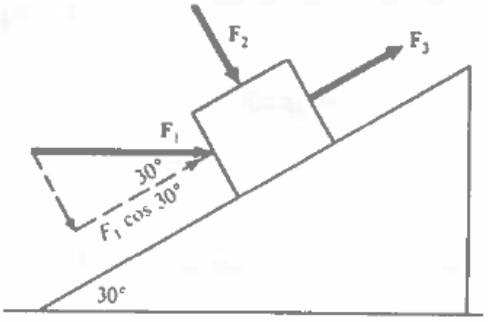
12.7 يُرفع جسم كتلته 4 kg ببطء إلى مسافة 1.5 m. (أ) ما الشغل المبذول ضد الجاذبية؟ (ب) أعد المسألة إن استعيض عن رفع الجسم بإنزاله.

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

13.7 يتوجب رفع حمل من الأحجار الإسمنتية وزنه 400 lb إلى سِقالة ارتفاعها 28 ft. كم يجب أن يُبذل من الشغل المضاد للجاذبية كي يُنجز هذا العمل؟

■ $W = mgh = (400\ \text{lb})(28\ \text{ft}) = \underline{11\,200\ \text{ft}\cdot\text{lb}}$.

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



الشكل 7-2

www.almanahj.com

■ مـركبـة F_1 فـي اتجـاه الإزاحـة هي: $F_1 \cos 30° = (40\ N)(0.866) = 34.6\ N$. ومنـه الشـغـل المبـذول مـن قبـل F_1: $(34.6\ N)(0.80\ m) = 28\ J$. (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: $(30\ N)(0.80\ m) = 24\ J$.

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 $h = 20\ m$، لذا يساوي الشغل المفيد المطلوب: $W = Mgh$، حيث M هي الكتلة الكلية للقطران. لدينا $M = (40\ L)(10^3\ cm^3/L)(1.07 \times 10^{-3}\ kg/cm^3) = 42.8\ kg$، إذن: $W = (42.8\ kg)(9.8\ m/s^2)(20\ m) = 8389\ J = 8.389\ kJ$.

16.7 بلاطة مستطيلة منتظمة من الرخام طولها 3.4 m وعرضها 2.0 m وتبلغ كتلتها 180 kg كانت موضوعة اصلاً 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 $W = (180\ kg)(9.8\ m/s^2)(1.7\ m) = 3.0\ kJ$.

17.7 في الشكل 7-3، احسب الشغل المبذول من قبل الوزن mg المؤثر في جسيم كتلته m، لدى تحريك الجسيم (بتطبيق قوى اخرى) 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 $W_{AB} = -mgy$.

(ب) $W_{BA} = -W_{AB} = mgy$

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

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

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

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

www.almanahi.com

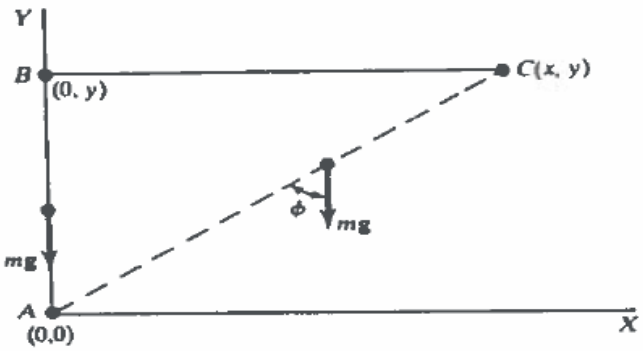
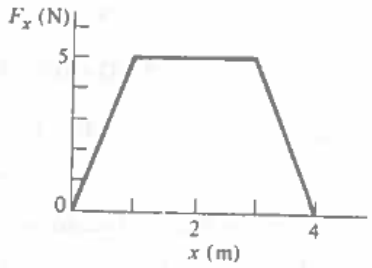


Fig. 7-3

الشكل 7-3

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

■ الشغل هو المساحة تحت منحني الدالة F_x – مقابل x. (أ) المساحة هنا هي لمثلث قائم قاعدته 1 وارتفاعه 5، إذن $W = 2.5\ J$. (ب) مساحة المستطيل تساوي $2(5) = 10\ J$. (ج) المساحة الكلية تحت المنحني في الشكل 7-4 أي $W = 15\ J$.



الشكل 4-7

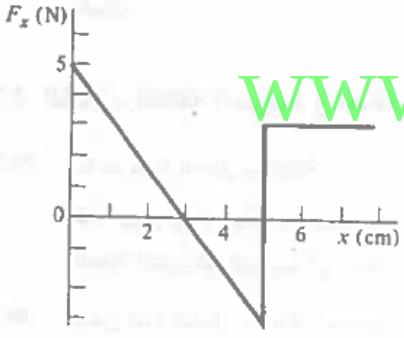
19.7 إن القوة المطابقة في اتجاهها للمحور x والمؤثرة في احد الأجسام، تظهر في الشكل 5-7 كدالة للإزاحة x. أوجد الشغل المبذول من قبل هذه القوة في المجال: (أ) $0 \leq x \leq 3cm$، (ب) $3 \leq x \leq 5cm$، (ج) $0 \leq x \leq 6cm$.

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

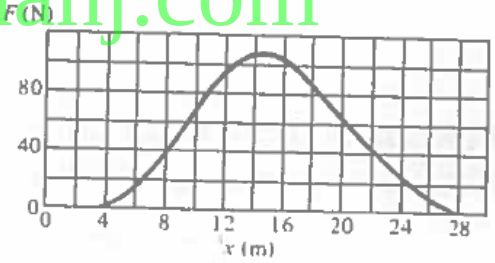
(ج) الشغل بين 5 cm و 6 cm هو: $0.01(\overline{3}) \approx 0.030$ J. بإضافة هذه النتيجة إلى (أ) و (ب) نحصل على الشغل الكلي في مجال الـ 6 cm وهو 0.075 J = 75 mJ.

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. بعَدّ المربعات وأجزاء المربعات نخلص إلى حوالي 34 مربعاً تحت المنحني. الشغل المبذول إذن هو حوالي: 1360 J = (المربع/ 40 J) × (مربع 34).



الشكل 5-7



الشكل 6-7

www.almanahj.com

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 = $F.s = Fs\cos\theta = (40\ N)(8\ m)(0.8) = 256\ J$.

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

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

23.7 إذا كان $A = A_x i$، و $B = B_x i + B_y J + B_z k$، و $C = C_x i + C_y j + C_z k$، اوجد (أ) A.B، و (ب) B.C.

■ تفيدنا المسألة 85.1 بإمكانية إيجاد الجداء النقطي لمركّبتين وذلك بحساب جداء المركبات.
(أ) $A.B = A_xB_x + (0)(B_y) + (0)(B_z) = A_xB_x$. (ب) $B.C = B_xC_x + B_yC_x + B_zC_z$.

24.7 اوجد A.B إذا كان $A = 3i - 4j$ و $B = 6j + 2k$.

■ $A.B = (3)(0) + (-4)(6) + (0)(2) = -24$. (إذا كانت A قوة مقدرة بالنيوتن و B إزاحة مقدرة بالأمتار فإن الجداء النقطي A.B هو الشغل المبذول مقدّراً بالجول).

25.7 احسب C.D إذا كان: $C = 3j - 2k$ و $D = -8i + 5k$.

■ $C \cdot D = (0)(-8) + (3)(0) + (-2)(5) = \underline{-10}$

26.7 تؤثر قوة محصلة ثابتة $F = F_x i + F_y j + F_z k$ في جسم لإزاحته من نقطة الأصل إلى النقطة $s = xi + yj + zk$. اعط عبارتين متكافئتين للشغل المبذول على الجسم.

■ $W = F\,s$؛ ووفق المسألة 83.1 نستطيع ان نكتب $F.s = Fs\cos\theta$، 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 $F.s = F_x x + F_y y + F_z z$.

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: $\Delta W = f.\Delta x$. لما كانت f تعاكس الحركة فإنها بعكس اتجاه Δx. قدر f يساوي: $\mu F_N = \mu mg$، ومنه $W = -\mu mgD$.

28.7 يُجر صندوق كتلته 5.0 kg على امتداد الأرضية بسرعة عدديّة 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 الجّارة. (ب) قوة الاحتكاك. (ج) ما هو الشغل الكلي المبذول على الصندوق في كل ثانية؟

■ السرعة العدديّة ثابتة، إذن ينطبق قانون نيوتن الأول $F = -f$، حيث $f = \mu\, mg = 0.30(5.0)(9.8) = 14.7$ N.
(أ) $\Delta W = F.\Delta x$ تؤدي إلى $W = (14.7\text{ N})(0.20\text{ m}) = 2.94$ J. (الإزاحة هي المسافة المقطوعة في ثانية واحدة أي 0.20 m).
(ب) $\Delta W = f.\Delta x = -F.\Delta x$ تعطي $W = -2.94$ J. (ج) الشغل الكلي هو مجموع (أ) و (ب) وهو يطابق الصفر في هذه الحالة.

www.almanahj.com

2.7 الشغل، الطاقة الحركية والطاقة الكامنة

29.7 ما هو مبدأ الشغل ـ الطاقة.

■ ينص مبدأ الشغل ـ الطاقة لجسيم على ان الشغل W المبذول من قبل القوة المحصلة المؤثرة في الجسيم يساوي التغير في الطاقة التحريكية للجسيم اي: $W_{i\to f} = K_f - K_i = \Delta K = \frac{1}{2}mv_f^2 - \frac{1}{2}mv_i^2$. (نكتب في بعض الاحيان KE عوضاً عن K).

30.7 برهن مبدأ الشغل ـ الطاقة لجسيم يتحرك بتسارع ثابت (بتأثير قوة ثابتة) على طول خط مستقيم.

■ $K_B = K_A + W_{AB} \quad \Rightarrow \quad W_{AB} = K_B - K_A$ $\qquad \frac{1}{2}mv_B^2 = \frac{1}{2}mv_A^2 + Fs$ $\qquad v_B^2 = v_A^2 + 2as$

31.7 كيف يعمُم مبدأ الشغل ـ 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 الناشيء عن كل القوى الأخرى. من مبدأ الشغل ـ الطاقة: $W'_{i\to f} + W_{p,i\to f} = K_f - K_i = \Delta K$. من التعريف: $-W_{p,i\to f} = U_f - U_i = \Delta U$. إذن: $W'_{i\to f} = (U_f - U_i) + (K_f - K_i) = \Delta U + \Delta K$ وهي الصيغة المعدلة من مبدأ الشغل ـ الطاقة عندما يتم تضمين الطاقة الكامنة.

32.7 تتحرك سيارة بسرعة 100 km/h. تساوي كتلة السيارة 950 kg. ما هي طاقتها التحريكيّة؟

■ $$KE = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}(950\text{ kg})\left(\frac{10^5\text{ m}}{3600\text{ s}}\right)^2 = 3.67\times10^5\text{ J} = \underline{0.367\text{ MJ}}$$

33.7 نبين فيما يلي الأرقام القياسية لبعض الأحداث الرياضية. بإهمال مقاومة الهواء وافتراض أن كل قذيفة قد أطلقت بزاوية المسقط الرأسي المثالية 45°، احسب الطاقة التحريكيّة 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 التحريكية الابتدائية: $K_0 = \frac{1}{2}mv_0^2 = \frac{1}{2}mgR_{max}$. حيث R_{max} هو المدى الأعظمي. (أ) $K_0 = 783$ J، (ب) $K_0 = 695$ J، (ج) $K_0 = 2.82$ kJ، (د) $K_0 = 371$ J، (هـ) $K_0 = 2.62$ kJ، (و) $K_0 = 92.4$ J.

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

■ $K = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}m\mathbf{v}\cdot\mathbf{v} = \frac{1}{2}(0.150)(2^2 + 6^2) = \underline{3.0\text{ J}}$

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

■ باستخدام $v^2 = \mathbf{v}.\mathbf{v}$، ينتج أن $v_f^2 = 40$ و $v_0^2 = 25$. 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؟

■ $W = \Delta K = \frac{1}{2}mv^2 - 0 = \frac{1}{2}(1300\text{ kg})(20\text{ m/s})^2 = 260\text{ kJ}$. لكن: $W = Fs = F(80\text{ m})$؛ إذن $F = 3.25$ kN.

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

■ (أ) نرمز لكتلة الصندوق وتسارعه بالحرفين m، a على الترتيب. تصبح الطاقة التحركية للصندوق بعد انزلاقه لمسافة s من حالة السكون: $K \equiv \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}m(2as) = mas$. بتعويض $m = 50$ kg، $a = 2.0\text{ m/s}^2$، و $s = 10$ m، ينتج أن $K = 1000$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 $\theta = 30°$ والمعطيات الأخرى نجد $W_g = 2450$ 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 $W_{fr} = K - W_g = 1000 - 2450 = -1450$ J. ومنه الشغل المصروف للتغلب على الاحتكاك هو: $|-1450\text{ J}| = 1450\text{ J}$.

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

38.7 بالرجوع إلى المسألة 37.7. (أ) ما هو معامل الاحتكاك التحريكي 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 الناظمية N تساوي: $N = mg\cos\theta$. ومنه قوة الاحتكاك: $F_{fr} = \mu_k N = \mu_k mg\cos\theta$. بالحل من اجل 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: $s' = K/(\mu_k mg) = 1000/[(0.342)(50)(9.8)] = 5.97$ m.

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

■ $W = \Delta K = 0 - \frac{1}{2}mv^2 = -\frac{1}{2}(1200\text{ kg})(30\text{ m/s})^2 = -540\text{ kJ}$. $W = -fx = -(6\text{ kN})x$; $x = \underline{90\text{ m}}$.

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؟

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

الشغل سالب لأن القوة تعاكس الحركة.

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

www.almanahj.com