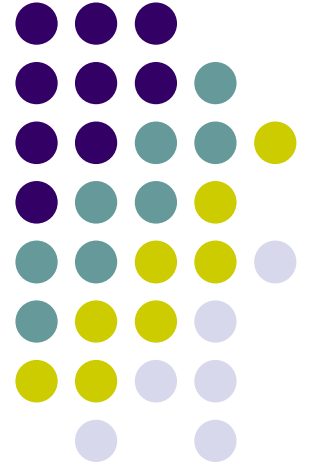


الفصل الرابع

الشغل وطاقة الحركة



إعداد: أسها الدماس

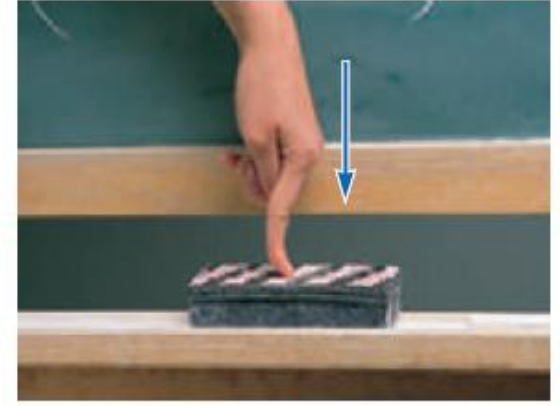
الشغل المبذول بقوة ثابتة



a



b

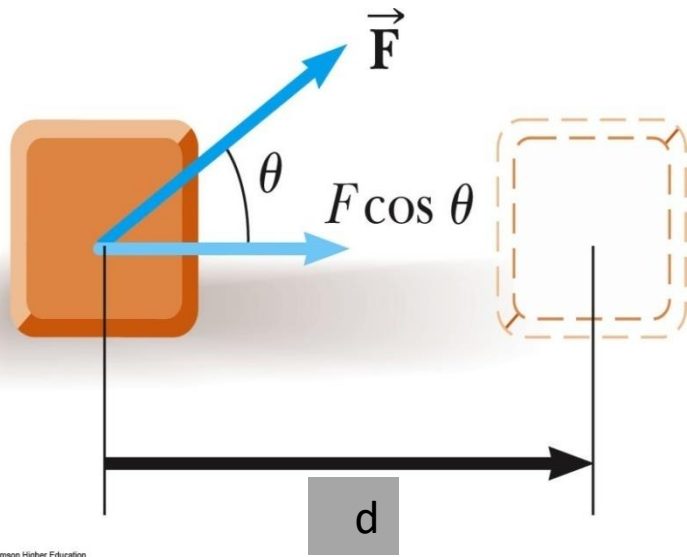


c

عند تطبيق قوة على الممحاة لحساب الشغل الناتج يجب الاهتمام ب

- متجه القوة F (تحرك الممحاة في الوضع b أكثر منه في الوضع a)
- المسافة التي قطعتها الممحاة d (تحرك الممحاة 3cm يتطلب شغل أكثر عما تحتاجه عند تحريكها 2cm)
- الزاوية التي تصنعها القوة مع الازاحة θ

الشغل Work



الشغل W المبذول على الجسم بقوة ثابتة هو حاصل ضرب مركبة القوة في اتجاه الازاحة في مقدار الازاحة

$$W = Fd \cos \theta$$

□ القوة لا تبذل شغلا على الجسم **ما لم تحركه**
 $d=0$ $W=0$

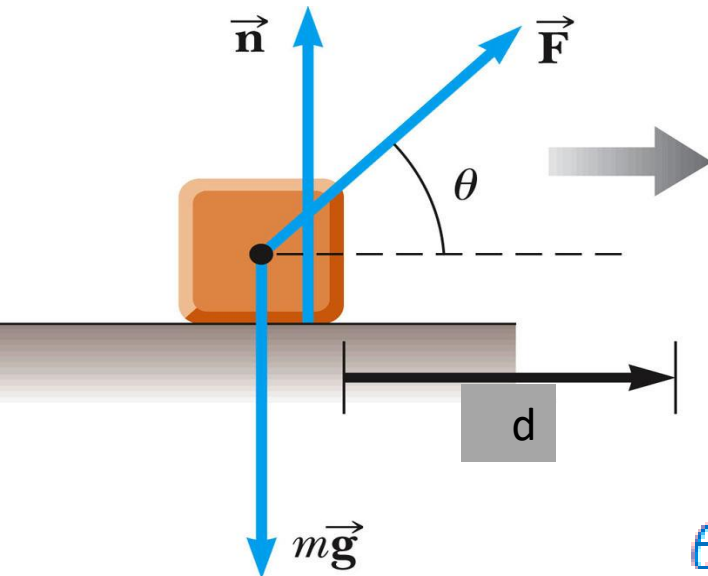
□ إذا كانت القوة **عمودية** على اتجاه اراحة الجسم فإن الشغل يساوي صفرا
 $W=0$

$$\theta = 90^\circ, \cos 90^\circ = 0$$

↓
الشغل المبذول بالقوة عمودية n وقوة الجاذبية الأرضية g على الجسم يساوي صفرا

□ إذا كانت القوة تؤثر في اتجاه الإزاحة

$$\theta = 0, \cos 0 = 1 \longrightarrow W = Fd$$



□ تعتمد اشارة الشغل على اتجاه F بالنسبة ل d

الشغل موجب ← اتجاه القوة في نفس اتجاه الإزاحة
الشغل سالب ← اتجاه القوة عكس اتجاه الإزاحة

□ الشغل هو انتقال طاقة

الشغل موجب ← إذا انتقلت طاقة الى المنظومه (الجسم)
الشغل سالب ← إذا انتقلت طاقة من المنظومه (الجسم)

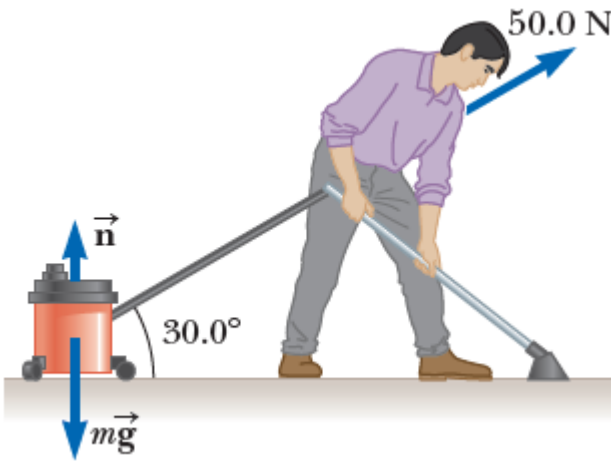
□ الشغل كمية قياسية

□ الشغل حاصل ضرب قوة في إزاحة
وحدة قياسه نيوتن . متر (N.m) جول (J)

□ الشغل المبذول لإزاحة جسم هو المجموع الجبري لمقادير الشغل المبذول بكل القوى

مثال 1.7

يسحب عامل النظافة مكنسة كهربائية بقوة مقدارها $F = 50.0 \text{ N}$ بزاوية 30.0° مع الأفقي
احسب الشغل المبذول بالقوة على المكنسة الكهربائية عند ازاحتها 3.00 m تجاه اليمين



$$W = Fd \cos \theta$$
$$= (50)(3)(\cos 30^\circ)$$

$$W = 130 \text{ J}$$

احسب الشغل الذي يبذله الرجل على المكنسة إذا سحبها مسافة 3.00 m بقوة أفقية
مقدارها 32 N

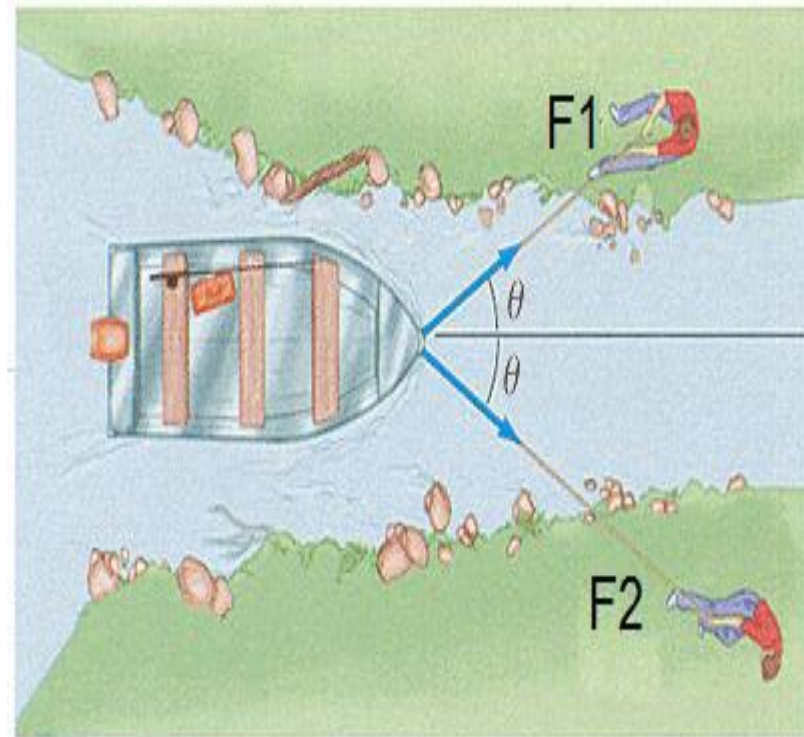
$$W = Fd$$
$$= 32 \times 3 = 96 \text{ J}$$

سؤال ٦ شخصان يسحبان قاربا كما هو موضح بالشكل. اذا كانت الزوايا التي يصنعها الحبلان على التوالي هي $\theta_1 = 60^\circ$, $\theta_2 = 60^\circ$ وقوة السحب على التوالي $F_1 = 20 \text{ N}$, $F_2 = 30 \text{ N}$. ما مقدار الشغل اللازم لسحب القارب مسافة مقدارها 10 m

$$W_1 = F_1 d \cos \theta \quad \longrightarrow \quad W_1 = 20 \times 10 \times \cos(60^\circ) = 100 \text{ J}$$

$$W_2 = F_2 d \cos \theta \quad \longrightarrow \quad W_2 = 30 \times 10 \times \cos(60^\circ) = 150 \text{ J}$$

$$W_{net} = W_1 + W_2 \quad \longrightarrow \quad W = 100 + 150 = 250 \text{ J}$$

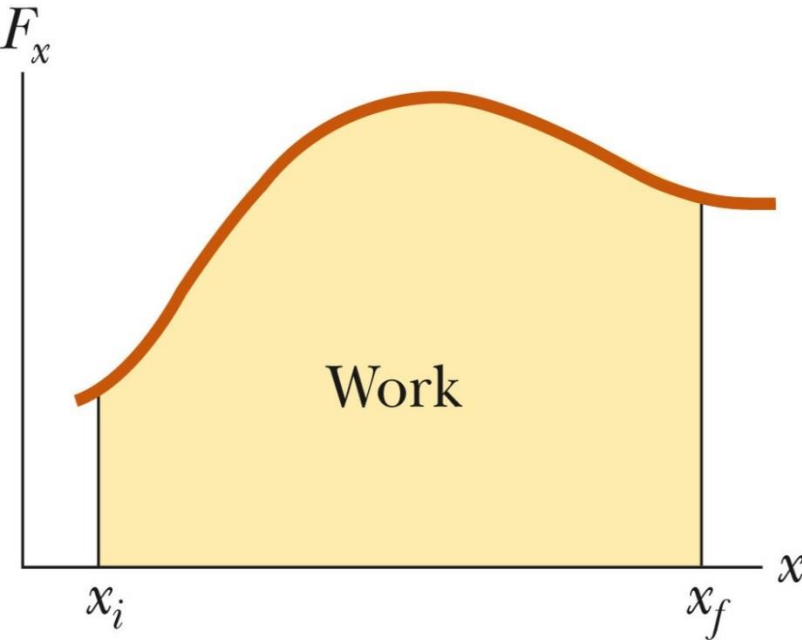


الشغل المبذول بقوة متغيرة Work Done by a Varying Force

هو المساحة المحددة بـ F_x والمحور x

مثال 3.7

احسب الشغل المبذول بالقوة على الجسم عندما
يتحرك من $x = 0$ to $x = 6.0 \text{ m}$



(b)

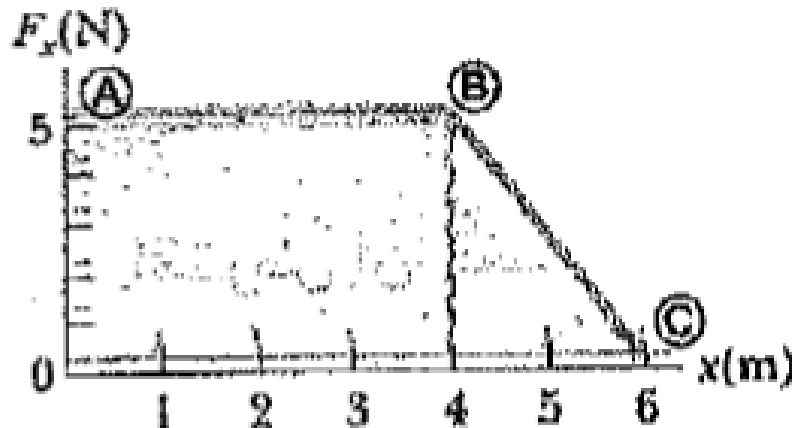
© 2007 Thomson Higher Education

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

مساحة المستطيل

$$\frac{1}{2}(5 \times 2) = 5\text{J}$$

مساحة المثلث



الشغل الكلي

$$5 + 20 = 25\text{J}$$

الشغل المبذول بزنبرك (قانون هوك Hooke's Law)

القوة اللازمة لانبطا أو انضغاط الزنبرك تتناسب مع مقدار الانبطا أو الانضغاط

$$F_s = -kx$$

F_s قوة الزنبرك أو قوة الإرتداد

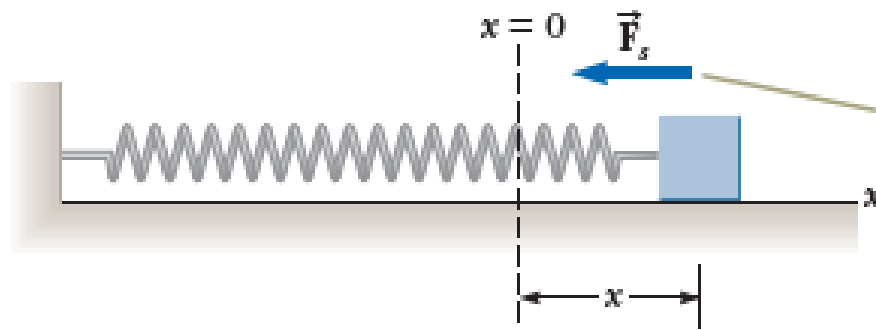
x ازاحة الثقل من موضع سكونه $x=0$

k ثابت موجب (ثابت القوة للزنبرك)

- وهو مقياس لصلابة الزنبرك
- الزنبرك الصلب تكون له k صغيره
- وحدة قياسه N/m

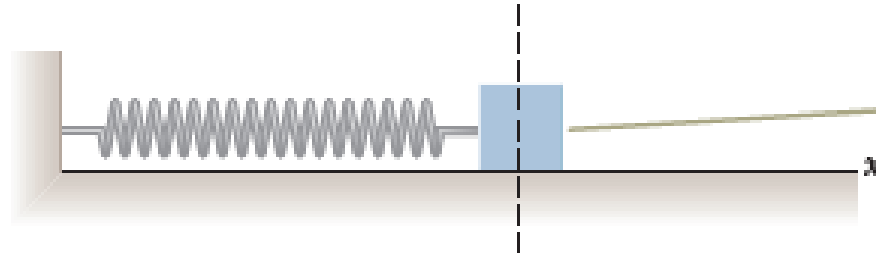
الإشارة السالبة أن القوة التي تؤثر على الزنبرك تكون دائما في عكس اتجاه الازاحه

a



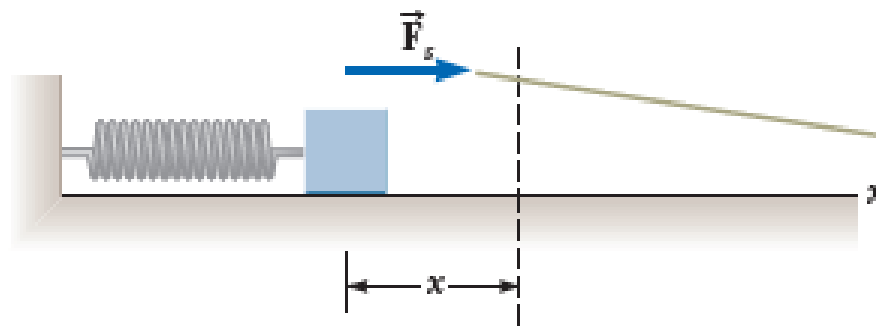
عندما تكون الازاحة أكبر من الصفر
 $x > 0$ فإن قوة الزنبرك تتجه ناحية
 اليسار الاتجاه السالب ل x

b



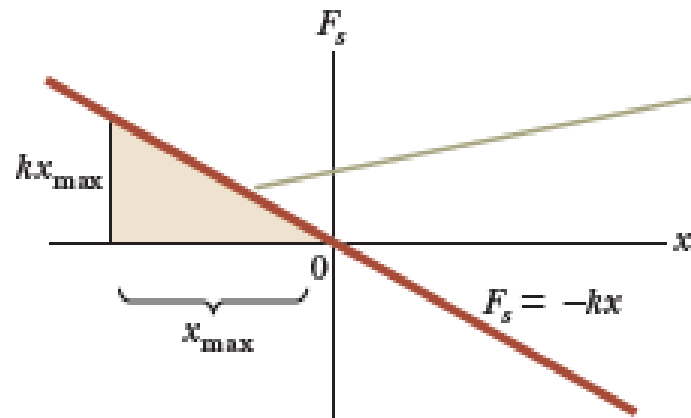
عندما تكون الازاحة تساوي الصفر
 $x = 0$ فإن الزنبرك لا يكون مشدودا
 $F_s = 0$

c



عندما تكون الازاحة أقل من الصفر
 $x < 0$ فإن قوة الزنبرك تتجه ناحية
 اليمين الاتجاه الموجب ل x

d



الشغل المبذول من قوة الزنبرك
 عندما يتحرك الثقل من
 $x_i = -x_{\max}$ إلى $x_f = 0$
 هو

$$W_s = \frac{1}{2} k x^2$$

الشغل المبذول بزنبرك على ثقل Work Done by a Spring

الشغل المبذول من قوة الزنبرك عندما يتحرك الثقل من $x = x_i$ to $x = x_f$ هو

$$W_s = \frac{1}{2} kx_i^2 - \frac{1}{2} kx_f^2$$

➤ $x_i = -x_{\max}$ to $x_f = 0$

$$W_s = \frac{1}{2} kx_{\max}^2$$

➤ $x_i = 0$ to $x_f = x_{\max}$

$$W_s = -\frac{1}{2} kx_{\max}^2$$

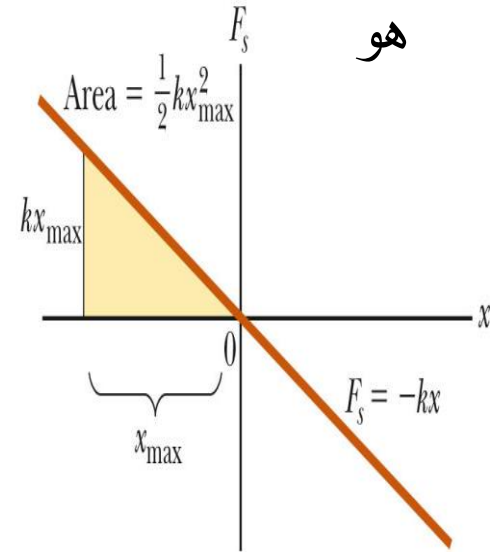
➤ $x_i = -x_{\max}$ to $x_f = x_{\max}$

$$W_s = 0$$



الشغل المبذول بقوة الزنبرك يساوي صفرا في أي حركة تنتهي من حيث بدأت ($x_i = x_f$)

© 2007 Thomson Higher Education



مثال إذا كان ثابت القوة هو 80N/m وتم ضغط الزنبرك 3cm من موضع الإتزان فما هو الشغل المبذول من قوة الزنبرك عندما يتحرك الثقل مسافة 3cm إلى موضع الإتزان

$$x_i = -3\text{cm}, x_f = 0$$

تحول للمتر

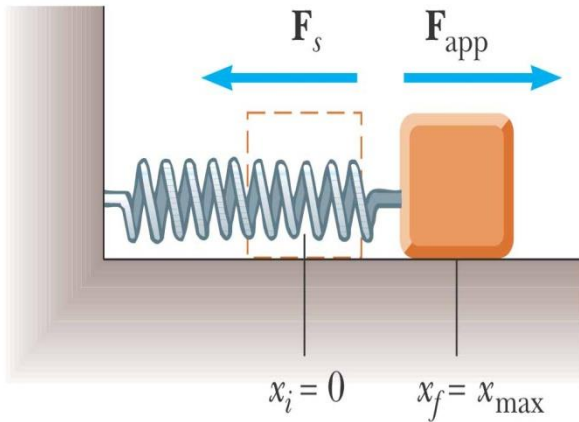
$$\begin{aligned} W_s &= \frac{1}{2} kx_{\max}^2 \\ &= \frac{1}{2} (80)(3 \times 10^{-2})^2 = 3.6 \times 10^{-2} \text{J} = 0.036 \text{J} \end{aligned}$$

الشغل المبذول على الزنبرك بمؤثر خارجي

القوة المستخدمة F_{app} تساوي في المقدار قوة الزنبرك F_s وتضادها في الاتجاه

$$F_{app} = -F_s = -(-kx) = kx$$

الشغل المبذول على الزنبرك بهذه القوة (المؤثر خارجي)



$$W_{F_{app}} = \frac{1}{2} k x_{max}^2$$

هذا الشغل يساوي سالب الشغل المبذول من الزنبرك لإحداث هذه الإزاحة

الشغل المبذول على الزنبرك بهذه القوة (المؤثر خارجي)

$$W_{F_{app}} = \frac{1}{2} k x_f^2 - \frac{1}{2} k x_i^2$$

مثال 6.7 ثابت القوة للزنبرك

تحت تأثير الثقل (الوزن) mg استطال الزنبرك مسافة d من موضع الاتزان عندما يكون النظام في سكون

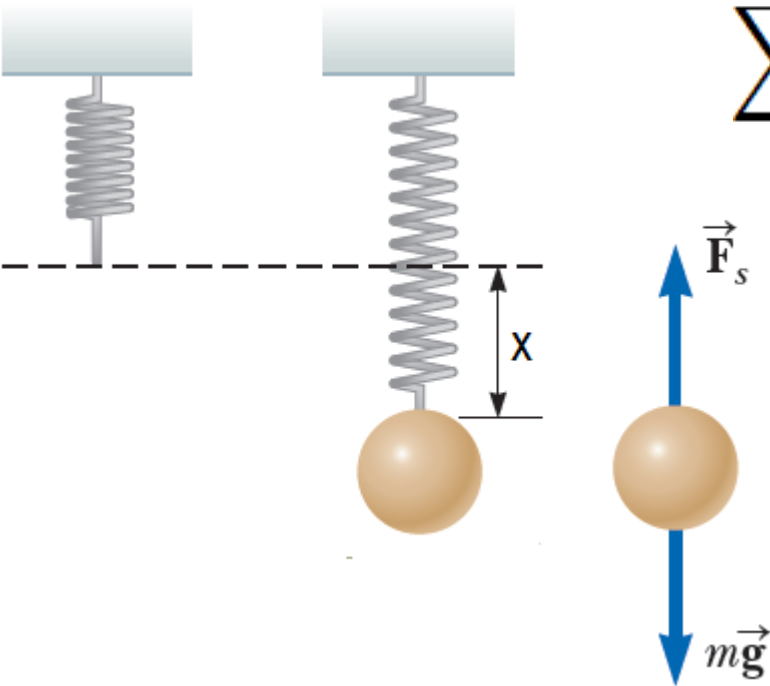
$$\sum F_y = |F_s| - mg = 0 \longrightarrow |F_s| = mg$$

$$k = \frac{F_s}{d} = \frac{mg}{d}$$

إذا استطال الزنبرك مسافة 2cm وذلك عند تعليق جسم كتلته 0.55kg فإن ثابت القوة يساوي

$$d = 2\text{cm} = \frac{2}{100}\text{m} = 2 \times 10^{-2}\text{m} , \quad m = 0.55\text{ kg}$$

$$k = \frac{mg}{d} = \frac{0.55 \times 9.8}{2 \times 10^{-2}} = 2.7 \times 10^2 \text{ N/m}$$



سؤال ٢٠ جسم كتلته 0.20 kg ثبت رأسياً بنهاية زنبرك فأستطال الزنبرك بمقدار 0.98 cm . اوجد مقدار ثابت الزنبرك k

$$k = \frac{F_s}{d} = \frac{mg}{d} = \frac{0.2 \times 9.8}{0.98 \times 10^{-2}} = 200 \text{ N/m}$$

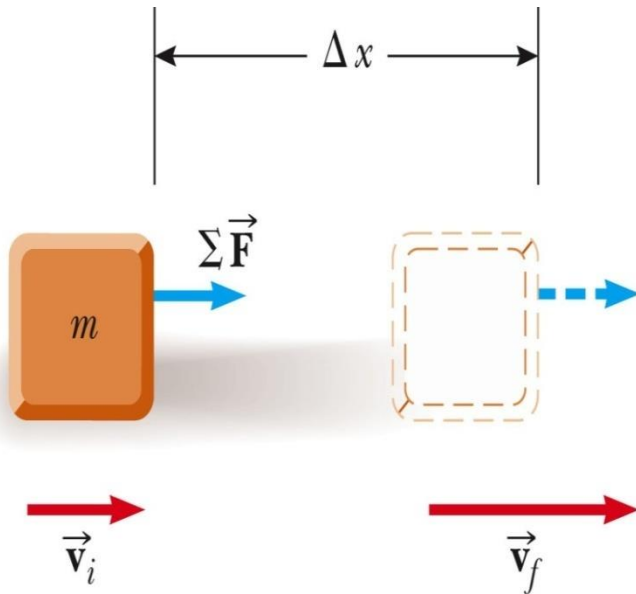
طاقة الحركة Kinetic Energy

طاقة الحركة هي الطاقة المصاحبة لحركة الجسم
أو كمية الطاقة المخزنة في الجسم

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

m الكتلة

v السرعة



□ طاقة الحركة كمية قياسية

□ وحدة قياسها الجول (نفس وحدة قياس الشغل)

مثال: يتحرك جسم كتلته 2kg بسرعة 4m/s فإن طاقة حركته

$$K \equiv \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}(2)(4)^2 = 16\text{J}$$

نظرية الشغل – طاقة الحركة

الشغل الكلي المبذول يساوي التغير في طاقة الحركة للجسم

$$\sum W = K_f - K_i = \Delta K$$

$$W_{\text{ext}} = K_f - K_i = \frac{1}{2}mv_f^2 - \frac{1}{2}mv_i^2$$

- سرعة الجسم تزداد إذا كان الشغل الكلي المبذول موجبا لأن طاقة الحركة النهائية أكبر من طاقة الحركة الابتدائية
- سرعة الجسم تتناقص إذا كان الشغل الكلي المبذول سالبا لأن طاقة الحركة النهائية أقل من طاقة الحركة الابتدائية

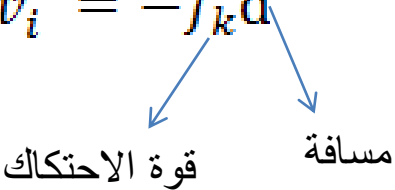
طاقة الحركة هي الشغل الذي يبذله الجسم حتى يصل إلى السكون

نظرية الشغل - طاقة الحركة تنطبق على الجسم المتحرك بقوة ثابتة وايضا قوة متحركة

حساب الفقد في طاقة الحركة بسبب الاحتكاك

$$\Delta K_{\text{friction}} = -f_k d$$

$$K_f - K_i = \frac{1}{2}mv_f^2 - \frac{1}{2}mv_i^2 = -f_k d$$


قوة الاحتكاك مسافة

نظرية الشغل – طاقة الحركة

$$\sum W_{\text{other}} - f_k d = K_f - K_i$$

مثال 7.7 سحب ثقل مقداره 6kg من السكون تجاه اليمين على طول سطح أفقي أملس بقوة أفقية ثابتة مقدارها 12N. احسب سرعة الثقل بعد تحركه مسافة 3m

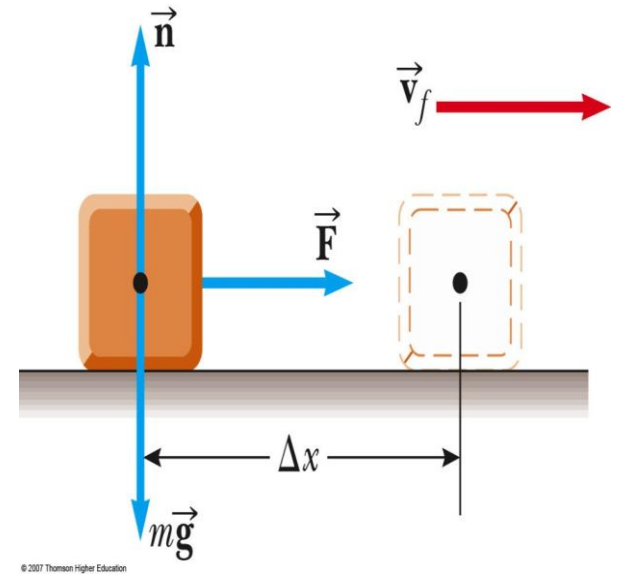
$$W = Fd = (12)(3) = 36J$$

$$K_i = \frac{1}{2}mv_i^2 = \frac{1}{2}(6)(0) = 0$$

$$K_f = \frac{1}{2}mv_f^2 = \frac{1}{2}(6)v_f^2 = 3v_f^2$$

$$W = K_f - K_i \quad W = 3v_f^2$$

$$v_f = \sqrt{\frac{W}{3}} = \sqrt{\frac{36}{3}} = \sqrt{12} = 3.46 = 3.5 \text{ m/s}$$



احسب تسارع الثقل وأوجد السرعة النهائية

$$v_f^2 = v_i^2 + 2ad$$

$$v_f^2 = 0 + 2(2)(3) \leftrightarrow v_f = 3.5 \text{ m/s} \quad \leftarrow \quad \bar{a} = \frac{F}{m} = \frac{12}{6} = 2 \text{ m/s}^2$$

احسب السرعة النهائية للثقل إذا كان السطح غير أملس وله معامل احتكاك كيناتيكي 0.15

$$W = Fd = (12)(3) = 36J$$

$$f_k = \mu_k n = \mu_k mg = (0.15)(6)(9.8) = 8.82N$$

$$K_f = \frac{1}{2}mv_f^2 = \frac{1}{2}(6)v_f^2 = 3v_f^2$$

$$K_i = \frac{1}{2}mv_i^2 = \frac{1}{2}(6)(0) = 0$$

$$\sum W_{\text{other}} - f_k d = K_f - K_i$$

$$(36) - (8.82)(3) = 3v_f^2 - 0$$

$$3v_f^2 = 9.54$$

$$v_f^2 = 3.18$$

$$v_f = 1.8 \text{ m/s}$$

مثال 11.7 منظومة الزنبرك-الثقل

ثقل كتلته 1.6 kg متصل بزنبرك افقي له ثابت قوة $1.0 \times 10^3 \text{ N/m}$ كما هو موضح بالشكل 10.7. إذا تم ضغط الزنبرك مسافة 2.0cm ثم ترك ليتحرك من السكون (a) احسب سرعة الثقل عند مروره على موضع الاتزان $x=0$ إذا كان السطح أملس.

الحل: في هذا الوضع، يبدأ الثقل بسرعة $v_i=0$ عند $x = -2.0\text{cm}$ والمطلوب حساب v_f عند $x_f=0$. سوف نستخدم المعادلة 10.7 لحساب الشغل المبذول بواسطة الزنبرك حيث

$$x_{\max} = x_i = -2.0\text{cm} = -2.0 \times 10^{-2} \text{ m}$$

$$W_s = \frac{1}{2} kx_{\max}^2 = \frac{1}{2} (1.0 \times 10^3 \text{ N/m})(-2.0 \times 10^{-2} \text{ m})^2 = 0.20 \text{ J}$$

باستخدام نظرية الشغل- طاقة الحركة وباعتبار أن $v_i=0$ فإننا نحصل على التغير في طاقة الحركة للثقل نتيجة الشغل المبذول عليه بواسطة الزنبرك .

$$W_s = \frac{1}{2} m v_f^2 - \frac{1}{2} m v_i^2$$

$$0.20 \text{ J} = \frac{1}{2} (1.6 \text{ kg}) v_f^2 - 0$$

$$v_f^2 = \frac{0.40 \text{ J}}{1.6 \text{ kg}} = 0.25 \text{ m}^2/\text{s}^2$$

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

(b) احسب سرعة الثقل عند مروره بموضع الاتزان إذا اعاقت حركته قوة احتكاك ثابتة مقدارها 4.0N تبطئ من حركته من لحظة اطلاقه.

طاقة الحركة المفقودة نتيجة الاحتكاك هي:

$$\Delta K = -f_k d = -(4.0 \text{ N})(2.0 \times 10^{-2} \text{ m}) = -0.080 \text{ J}$$

في الجزء (a) كانت طاقة الحركة النهائية بدون هذا الفقد تساوي 0.2J. لهذا فإن طاقة الحركة النهائية في وجود الاحتكاك هي:

$$K_f = 0.20 \text{ J} - 0.080 \text{ J} = 0.12 \text{ J} = \frac{1}{2} m v_f^2$$

$$\frac{1}{2} (1.6 \text{ kg}) v_f^2 = 0.12 \text{ J}$$

$$v_f^2 = \frac{0.24 \text{ J}}{1.6 \text{ kg}} = 0.15 \text{ m}^2/\text{s}^2$$

$$v_f = 0.39 \text{ m/s}$$

كما هو متوقع فإن هذه القيمة أقل من 0.5m/s والتي تم الحصول عليها في (a). كلما زادت قوة الاحتكاك كلما تناقصت السرعة.

القدرة Power

القدرة هي المعدل الزمني لبذل الشغل

$$P_{\text{avg}} = \frac{W}{\Delta t} \quad \text{But} \quad W = F \Delta r$$

$$P_{\text{avg}} = \frac{F \Delta r}{\Delta t}$$

$$P_{\text{avg}} = \vec{F} \cdot \vec{v}$$

القدرة كمية قياسية

➤ وحدة القدرة في نظام SI هي جول / ثانية (J/s) وتسمى بالواط (W)

$$1W = 1J/s = 1 kg.m^2/s^2$$

➤ وحدة القدرة في النظام الهندسي البريطاني هي الحصان (قدرة الحصان) (hp)

$$1 hp = 746 W$$

وحدة الطاقة (أو الشغل) يمكن تعريفها بدلالة وحدة القدرة

سؤال ٧ واحد كيلو واط ساعة (kWh) هي الطاقة المستهلكة أو المنقولة في الساعه بمعدل ثابت $1 kW = 1000 J/s$ القيمة العددية لـ $1 kWh$ (مقدار الطاقة التي تمثل ١ كيلو واط-ساعة هي

$$1 kWh = (10^3 W)(3600 s) = 3.60 \times 10^6 J$$

كيلو واط ساعة هو وحدة الطاقة وليس وحدة قدرة

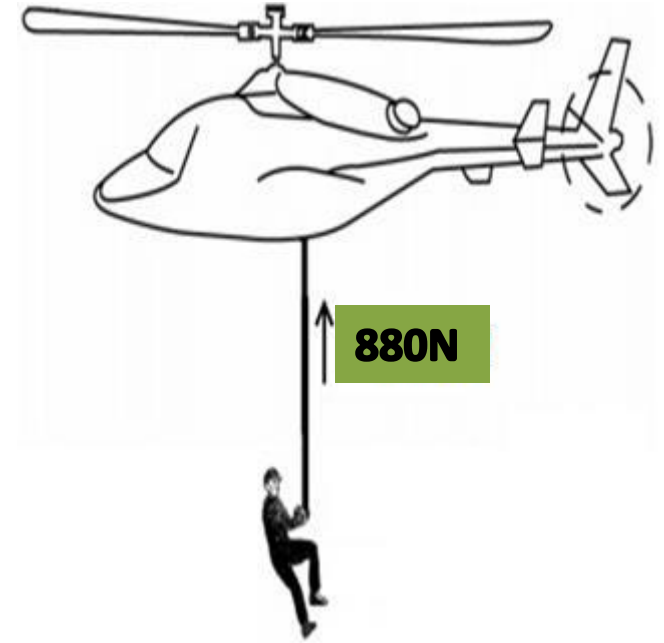
مثال: الطاقة الكهربائية التي تستهلكها لمبة قدرتها 300W تستخدم لمدة 12h هي

$$(0.3kW)(12h) = 3.6kWh$$

سؤال ١٢ طائرة انقاذ عمودية تحوم فوق جندي. تم رفع الجندي الى الأعلى بشكل عامودي وبسرعة ثابتة كما موضح بالشكل. اذا علمت ان مقدار قدرة الطائرة 3500W فما مقدار الشغل الذي تبذله الطائرة لرفع الجندي لمدة 20s

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

$$W = P \times t = 3500 \times 20 = 70000J = 70KJ$$



مثال 12.7

كابينة كتلتها 1000 kg تحمل ركابا كتلتهم 800 kg تؤثر عليها قوة احتكاك ثابتة مقدارها 4000 N والتي تعوق حركة الكابينة

A. ماهو الحد الأدنى للطاقة المولدة بالموتور لرفع الكابينة بسرعة 3.00 m/s

$$\sum F_y = T - f - F_g = 0$$

$$T = f + Mg$$

$$T = 4000 + (1000 + 800)(9.8)$$

$$T = 21640 \text{ N} = 2.16 \times 10^4 \text{ N}$$

$$P = \mathbf{T} \cdot \mathbf{v} = Tv$$

$$P = 21640 \times 3 = 64800 \text{ W}$$

$$= 6.48 \times 10^4 \text{ W}$$

B. ما مقدار القدرة التي يجب أن يولدها الموتور

عندما تكون سرعة الكابينة v إذا كان مصمما على أن يعطي تسارع لأعلى مقداره 1.00 m/s^2

$$\sum F_y = T - f - F_g = Ma$$

$$T = f + Mg + Ma$$

$$T = f + M(g + a)$$

$$T = 4000 + 1800(9.8 + 1)$$

$$T = 23440 \text{ N} = 2.34 \times 10^4 \text{ N}$$

$$P = Tv = 23400 \text{ W}$$



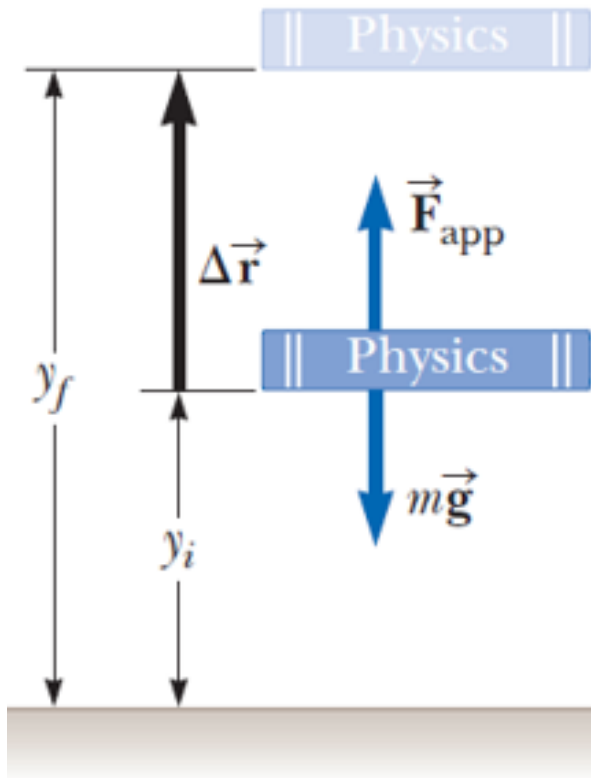
طاقة الوضع الناشئة عن الجاذبية Gravitational Potential Energy

طاقة الوضع الناشئة عن الجاذبية: هي حاصل ضرب مقدار الجاذبية mg المؤثرة على الجسم في ارتفاع الجسم y

$$U_g \equiv mgy$$

وحدة طاقة الوضع هي الجول

طاقة الوضع كمية قياسية



الشغل المبذول بقوة الجاذبية يساوي سالب التغير في طاقة وضع الجاذبية للمنظومة

$$W_g = U_i - U_f = -(U_f - U_i) = -\Delta U_g$$

مثال 1.8

أمسك لاعب البولنج باستهتار كرة بولنج كتلتها (7 kg) فأنزلت من يده (0.5m) إلى أصبع قدمه (0.03m). باعتبار مستوى الأرض هو $y=0$ لإحداثيات المنظومة، احسب الشغل الكلي لقوة الجاذبية الأرضية على الكرة عند سقوطها

$$W_g = U_i - U_f = -(U_f - U_i) = -\Delta U_g$$

$$U_i = mgy_i = 7 \times 9.8 \times 0.5 = 34.4J$$

$$U_f = mgy_f = 7 \times 9.8 \times 0.03 = 2.06J$$

$$W_g = -\Delta U = -(U_f - U_i) = -(2.06 - 34.3) = 32.24J$$