جامعة الملك سعود
كلية العلوم
قسم الفيزياء والفلك

فيزياء عامة (2) فيز 102

الفصل الخامس: الشغل والطاقة

Work and Energy

Presented by Nouf Alkathran

الفصل الخامس: الشغل والطاقة (Work and Energy)

1-5 مقدمة: Introduction

2-5 الشغل الناتج عن قوة ثابتة: Work Done by a Constant Force

5-5 الطاقة الحركية: Kinetic Energy

6-5 طاقة الوضع (الطاقة الكامنة): Potential Energy

1-5 مقدمة: Introduction

- سندرس في هذا الفصل:

١ – مفاهيم الطاقة والشغل.

٢ – صور الطاقة المختلفة.

٣ – قانون حفظ الطاقة.

٤ – حل بعض المسائل.

2-5 الشغل الناتج عن قوة ثابتة:
Work Done by a Constant Force

إذا أثرت قوة على جسم وحركته نقول أن القوة تبذل شغلا..

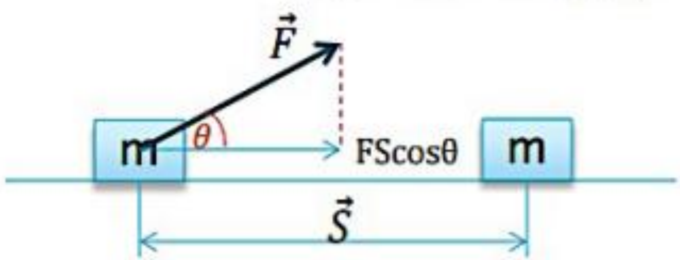
الشغل: هو كمية قياسية عبارة عن حاصل ضرب قياسي لكميتين متجهتين هما القوة والازاحة.

$$W = \vec{F}\cdot\vec{S} = FS\cos\theta$$

إذا كانت القوة والازاحة في نفس الاتجاه، سيكون الشغل موجبًا.

إذا كانت القوة والازاحة في اتجاهين متعاكسين، سيكون الشغل سالبًا.

حالات خاصة:



$$if\ \theta = 0 \rightarrow W = FS$$

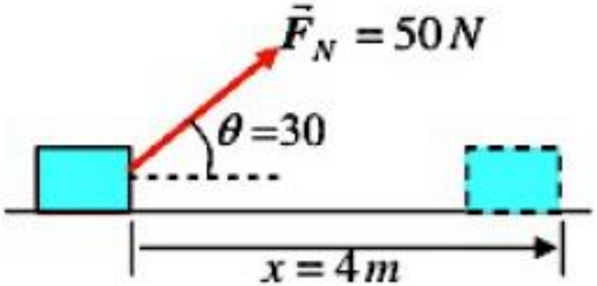
$$if\ \theta = \frac{\pi}{2} \rightarrow W = 0$$

$$if\ \theta = \pi \rightarrow W = -FS$$

إذا كان الشغل ناتج عن تأثير عدد من القوى، فإنه يساوي حاصل ضرب محصلة هذه القوى في الازاحة.

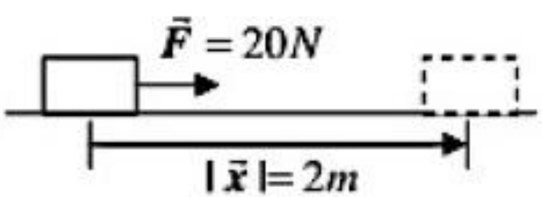
$$W = \left(\sum \vec{F}\right)\cdot\vec{S}$$

مثال 1



$$W = \vec{F} \bullet \vec{x}$$
$$= F\,x\,cos(30)$$
$$= (50N)(4m)\,cos(30) = 173\ J$$

مثال (2): تؤثر قوة مقدارها $20N$ أفقياً على جسم وتزيحه باتجاهها مسافة مقدارها $2\ m$.
الشغل الذي تبذله القوة هو:

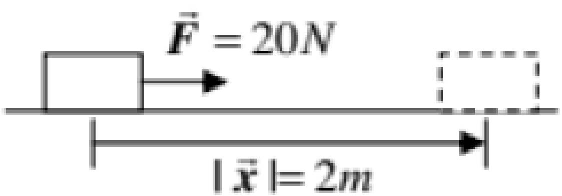


$$W = \vec{F} \bullet \vec{x} = F\,x\,cos(0) = (20)(2)(1) = 40J$$

■ حالات خاصة للزاوية θ بين "القوة المؤثرة" و "الإزاحة":

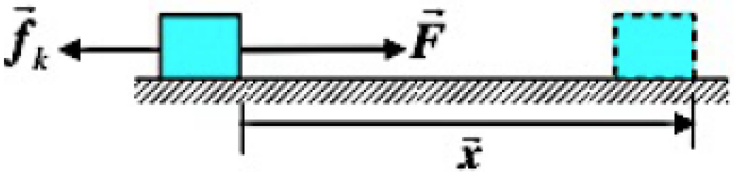
أ) عندما الزاوية $\theta = 0$ (أي القوة $\vec{F}$ باتجاه الإزاحة $\vec{x}$): $W = \vec{F} \bullet \vec{x} = F\,x\cos(0) = F\,x$

مثال (2): تؤثر قوة مقدارها $20N$ أفقياً على جسم وتزيحه باتجاهها مسافة مقدارها $2\,m$.
الشغل الذي تبذله القوة هو:



$$W = \vec{F} \bullet \vec{x} = F\,x\cos(0) = (20)(2)(1) = 40J$$

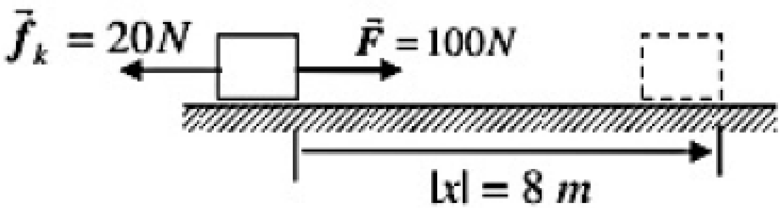
ب) عندما الزاوية $\theta = 180$ (القوة معاكسة للإزاحة)، يكون الشغل سالبا. مثل شغل قوى المقاومة (الاحتكاك).



لاحظ أن قوة الاحتكاك $\vec{f}_k$ معاكسة لإتجاه الإزاحة $\vec{x}$

$$W_{fric} = \vec{f}_k \bullet \vec{x} = f_k\, x\, \underbrace{\cos(180)}_{-1} = -f_k\, x$$

مثال 3: جسم يستقر على سطح أفقي خشن . أثرت عليه قوة مقدارها $100N$ باتجاه أفقي فحركته مسافة $8m$.
إذا كانت مقاومة الاحتكاك تساوي 20N ، احسب :

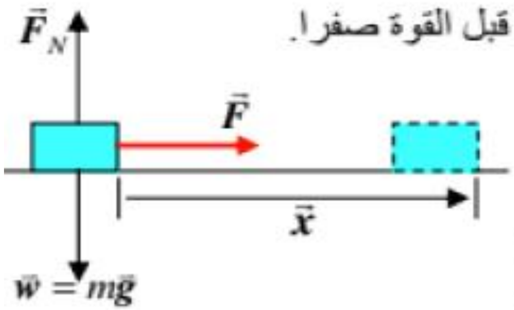


1. الشغل الذي تبذله القوة المؤثرة $\vec{F}$ على الجسم.
2. الشغل الذي تبذله قوة الاحتكاك $\vec{f}_k$.
3. الشغل الكلي المبذول على الجسم.

الحل:

1. شغل القوة المؤثرة: $W_F = \vec{F} \bullet \vec{x} = F\, x \cos(0) = (100)(8) = 800J$
2. شغل الاحتكاك (دائما سالب): $W_f = \vec{f}_k \bullet \vec{x} = f_k\, x \cos(180)$
$$= (20)(8)(-1) = -160J$$
3. الشغل الكلي: $W = W_F + W_f = 800J - 160J = 640J$

ج) عندما الزاوية $\theta = 90^\circ$ (القوة متعامدة على الإزاحة): يكون الشغل المبذول من قبل القوة صفرا.



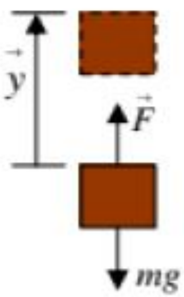
لاحظ أن القوتين العمودية $\vec{F}_N$ والوزن $\vec{w}$ متعامدتان على اتجاه الازاحة،

وبالتالي شغل كل منهما صفرا: $W = \vec{F}_N \bullet \vec{x} = (F_N)(x)\cancelto{0}{\cos}(90) = 0$

$$W = \vec{w} \bullet \vec{x} = (mg)(x)\cos(90) = 0$$

مثال 4: رفع رجل صندوقاً كتلته $m = 20\ kg$ مسافة رأسية لأعلى مقدارها $y = 1.0\ m$. احسب:

1. الشغل الذي بذله الرجل في رفع الصندوق .
2. إذا تحرك الرجل (بعد رفع الصندوق) مسافة أفقية مقدارها $10\ m$.
احسب الشغل الذي بذله الرجل خلال هذه الإزاحة الافقية.

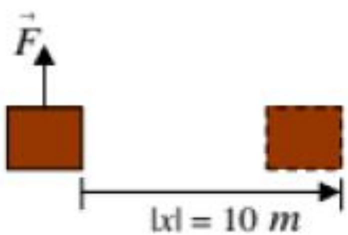


الحل:

1. شغل الرجل في رفع الصندوق عموديا:

$$W = \vec{F} \bullet \vec{y}$$
$$= (mg)(y)\cancelto{+1}{\cos}(0)$$
$$= (20 \times 9.8)(1.0) = 196J$$

2. الشغل أثناء الازاحة الافقية: $W = \vec{F} \bullet \vec{x} = F\,x\,\cancelto{0}{\cos}(90) = 0$



لا يبذل الرجل شغلاً أثناء الحركة الأفقية لأن القوة التي يؤثر بها على الصندوق (لأعلى) تتعامد على اتجاه الإزاحة.

مثال 5-2 صفحة 182

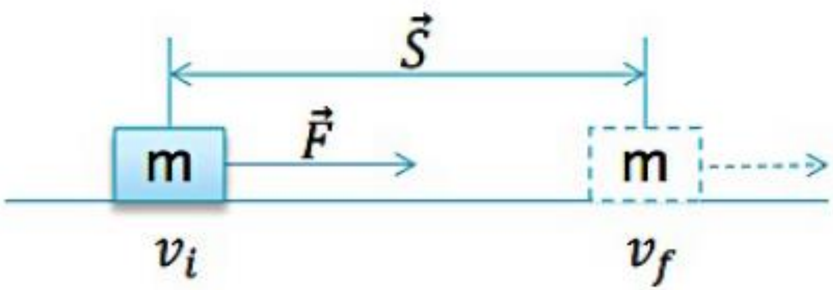
مثال 5-3 صفحة 183

مثال 5-5 صفحة 184

5-5 الطاقة الحركية: Kinetic Energy

<u>الطاقة الحركية</u>: هي مقدار الشغل الذي يبذله الجسم بسبب حركته.

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



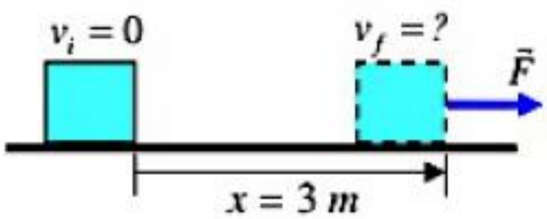
<u>علاقة الشغل بالطاقة الحركية</u>:

مجموع الشغل المبذول يساوي التغير في الطاقة الحركية.

$$\sum W = \Delta K = K_f - K_i = \frac{1}{2}m{v_f}^2 - \frac{1}{2}m{v_i}^2$$

أي الطاقة كمية محفوظة وأن الشغل المبذول تحول إلى طاقة حركية

مثال 8: صندوق كتلته $6.0\ kg$ ، سحب من السكون بقوة مقدارها $12\ N$ على سطح أفقي أملس مسافة $3.0\ m$.
احسب ما يلي: (أ) الشغل الذي تبذله القوة في سحب الصندوق.
(ب) سرعة الصندوق النهائية.



الحل: أرسم مخططا لتسهيل الحل، كما في الرسم المجاور.

(أ) الشغل المبذول: $W = \vec{F} \bullet \vec{x} = F\,x\,\cancelto{+1}{\cos(0)} = (12)(3) = 36\,J$

(ب) نجد السرعة باستخدام نظرية الشغل والطاقة:

$$\Delta K = \sum W$$

$$K_f - K_i = 36\,J$$

$$\frac{1}{2}mv_f^2 - \cancelto{0}{\frac{1}{2}mv_i^2} = 36\,J$$

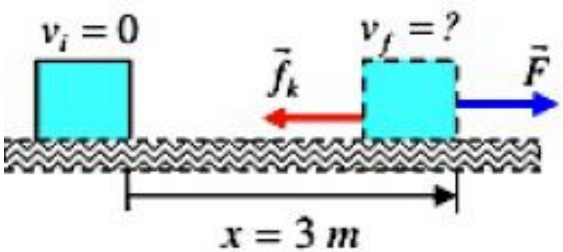
$$\frac{1}{2}(6.0)v_f^2 = 36$$

$$v_f = 3.5\ m/s$$

مثال 9: في المثال (8)، افترض ان السطح خشن ومعامل الإحتكاك الحركي هو $\mu_k = 0.15$. أحسب سرعة الصندوق بعد سحبه $3.0\ m$.

الحل: لاحظ وجود قوتين في هذه الحالة: القوة التي تسحب الجسم $\vec{F}$ وقوة الاحتكاك $\vec{f}_k$ ، وبالتالي لدينا شغلين W_F و W_{f_k} .

نطبق نظرية الشغل وطاقة الحركة: $\Delta K = \sum W$



$$K_f - \cancel{K_i}^{\,0} = W_F + W_{f_k}$$

$$\frac{1}{2}mv_f^2 - 0 = \vec{F} \bullet \vec{x} + \vec{f}_k \bullet \vec{x}$$

$$\frac{1}{2}mv_f^2 = F\,x\,\cancel{\cos(0)}^{\,+1} + f_k\,x\,\cancel{\cos(180)}^{\,-1}$$

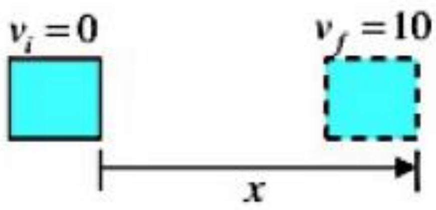
$$= F\,x - f_k\,x$$

$$= (F - \mu_k mg)\,x$$

$$\frac{1}{2}mv_f^2 = (12 - 0.15 \times 6.0 \times 9.8) \times 3.0$$

$$v_f = 1.8\ m/s$$

مثال 11: سيارة كتلتها $1.5\times10^3\ kg$ تبدأ الحركة من السكون وبتسارع منتظم حتى تصل سرعة $10\ m/s$ خلال زمن $t = 3\ s$.
احسب الشغل المبذول على السيارة خلال هذا الزمن.



الحل: يمكن الحل بسهولة باستخدام نظرية الشغل والطاقة: $\Delta K = W$

$$K_f - \cancel{K_i}^{\,0} = W$$

$$W = \frac{1}{2}mv_f^2 = \frac{1}{2}\left(1.5\times10^3\right)\left(10\right)^2 = 7.5\times10^4\ J$$

طريقة أخرى (باستخدام تعريف الشغل): $W = \vec{F}\bullet\vec{x} = F\,x = (m\,a)\,x = \left(1.5\times10^3\right)\left(\frac{10}{3}\right)(15) = 7.5\times10^4\ J$

احسب التسارع (a): $v_f = v_i + at \Rightarrow a = 10/3\ m/s^2$

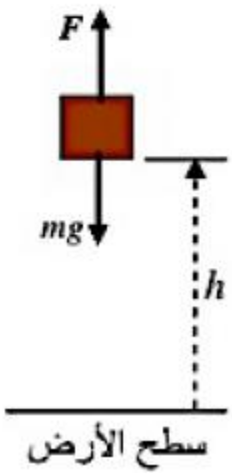
احسب المسافة (x): $v_f^2 = v_i^2 + 2ax \Rightarrow x = 15m$

6-5 طاقة الوضع (الطاقة الكامنة): Potential Energy

عندما ترتفع كتلة m مسافة h فوق سطح الأرض فإنها تكتسب طاقة وضع تُعطى بالعلاقفة التالية:

$$PE = U = mgh$$

وهذه الطاقة تساوي الشغل المبذول لرفع كتلة وزنها mg مسافة رأسية مقدارها h.
وهذه الكتلة، عند افلاتها، تبذل شغلاً مساويًا للشغل المبذول لرفعها، ولذلك تسمى الطاقة الكامنة وتمثل الشغل الذي يبذله الجسم بسبب موضعه.



التغير في طاقة الوضع هو:

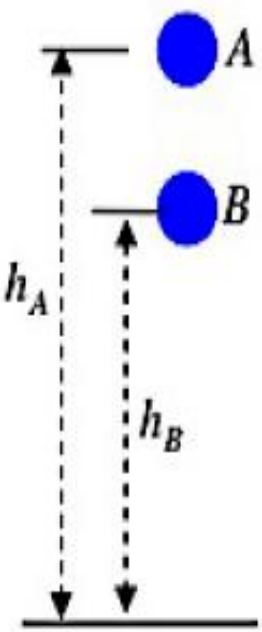
$$\Delta U = mg\Delta h = mg(h_f - h_i)$$

طاقة الوضع (الطاقة الكامنة) Potential Energy (U): ومنها على سبيل المثال

(أ) طاقة الوضع الناجمة من الجاذبية الارضية

(ب) طاقة الوضع المرونية التي تكمن في الزنبرك عند ضغطه (أو شدّه).

(ج) "طاقة الوضع الكهربائية" التي يكتسبها الألكترون عند سحبه بعيدا عن النواة.



مثال (1): سقطت كرة كتلتها $2.0\ kg$ من ارتفاع $10\ m$ عن سطح الأرض. احسب ما يلي:

(أ) طاقة وضع الكرة قبل سقوطها.

(ب) طاقة وضعها عند وصولها ارتفاع $8.0\ m$

(ج) التغير في طاقة وضع الكرة بين الوضعين أعلاه.

الحل: ارسم رسما مناسبا يوضح حركة الكرة، كما في الشكل المجاور.

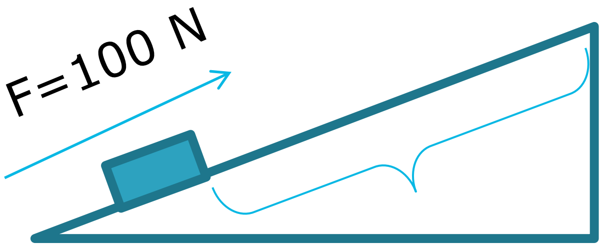
(أ) طاقة وضعها قبل السقوط (أي عند النقطة A): $U_A = mgh_A = 2.0 \times 9.8 \times 10 = 196\,J$

(ب) عند ارتفاع 8.0 m (أي عند النقطة B): $U_B = mgh_B = 2.0 \times 9.8 \times 8.0 = 156.8\,J$

(ج) التغير في طاقة وضع الكرة بين النقطتين A و B: $\Delta U = U_B - U_A$

$$= 156.8 - 196 = -39.2\,J$$

الشغل المبذول لتحريك جسم على سطح مائل خشن



M= 5 kg, d=20 m

$\boldsymbol{\mu = 0.2, \theta = 30°}$

$$W_{tot} = PE + KE + E_{lost}$$

$$E_{lost} = Work\ due\ to\ friction$$

W=F.d cosɵ=(100)(20)cos0°

$= 2000\ J$

PE= mgh,

h=d sinɵ=20sin30=10 m

PE=(5)(9.8)(10)=490 J

$E_{lost} = \mu\ N d cos\theta$

$= \mu mg cos(30) d cos 180°$

$= -170\ N$

$\boldsymbol{W_{tot} = PE + KE + E_{lost}}$

$2000 = 490 + \mathrm{KE} + 170$

KE=1340 J→ $\mathrm{v} = \sqrt{\frac{2kE}{m}}$=23m/s

5-7 حل أمثله محلولة صفحة 182

1، 6، 8 ،9 ، 12 ، 15