

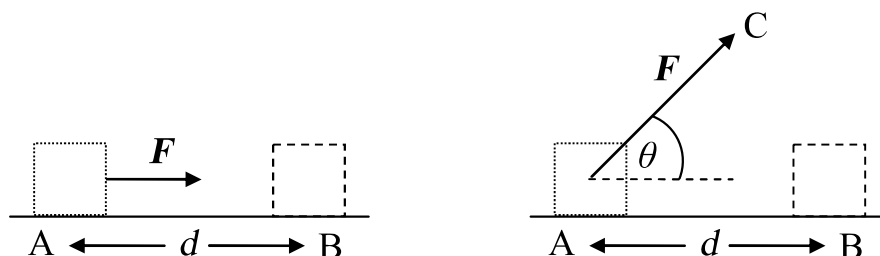
الشغل والطاقة

Work and Energy

4-4 الشغل والطاقة Work and energy

تُحدث القوة شغلاً على جسم ما إذا غيرت من موضع هذا الجسم . و تعريف الشغل هو حاصل ضرب الإزاحة التي يتحركها الجسم في مركبة القوة باتجاه الإزاحة. فمثلاً إذا أثرت قوة F في الاتجاه من الموضع A إلى الموضع B ، ثم تحرك الجسم مسافة d في هذا الاتجاه كما بالشكل (3-3) يكون الشغل المبذول هو

$$W = F \cdot d \quad (4-4)$$



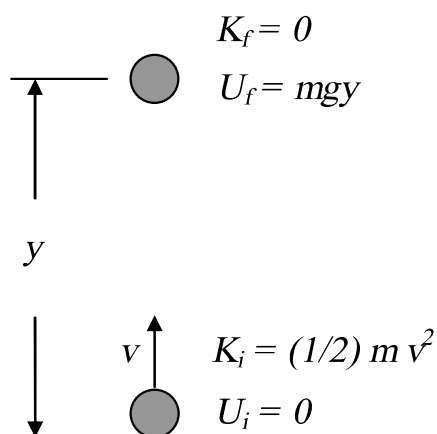
شكل (3-3)

أما إذا كان اتجاه القوة F بالاتجاه من A إلى C فإن الشغل المبذول يكون

$$W = (F \cos \theta) d$$

$$W = F d \cos \theta$$

(4-5)



شكل 4-3

حيث مقدار الإزاحة التي تحركتها الكتلة هي d و $(F \cos \theta)$ هي مركبة القوة F في اتجاه الإزاحة d . يتضح من القانون السابق أن الشغل يكون موجبا إذا كانت القوة باتجاه الإزاحة لأن $(\cos \theta = 1)$ ، ويكون سالبا إذا كانت القوة معاكسة لاتجاه الإزاحة لأن $(\cos 180^\circ = -1)$.

وحدة قياس الشغل هي دايين.سم (إرج erg) أو نيوتن.متر.

(جول joule) وهو وحدة كبيرة حيث

$$1 \text{ جول} = 10^7 \text{ (داين.سم)} = 10^7 \text{ إرج.}$$

ومن الملاحظ دائماً أنه كلما بذل شغل في مجموعه معزولة من الأجسام التي تؤثر عليها قوى يحدث تغيرات في الطاقة الداخلية لها . فمثلاً الشغل المبذول لرفع جسم ما يزيد من الطاقة الكامنة فيه بفضل موضعه وتسمى هذه الطاقة بطاقة الوضع ويرمز لها بالرمز U كما بالشكل (3-4). أيضاً الشغل المبذول في التغلب على قوى الاحتكاك يرفع من الطاقة الحرارية للجسم . وهكذا... نستخلص القانون الآتي:

قانون الشغل والطاقة

" التغير في طاقة وضع جسم أو مجموعة أجسام معزولة يساوي تماماً مقدار الشغل المبذول عليها "

الشغل المبذول = التغير في طاقة الجسم

$$W = -\Delta U$$

الإشارة السالبة للشغل تعني أنه حصل فقد لطاقة حركة الجسم، فمثلاً إذا قذف جسم لأعلى فإن طاقة حركته ستقل وتتحول إلى طاقة وضع (انظر الشكل 3-4).

مثال (4-6)

جسم كتلته 2Kg يتحرك تحت تأثير قوة ($F=20\text{N}$) تصنع زاوية مقدارها 37° كما بالشكل (3-5). فإذا تحرك الجسم مسافة مقدارها ($d=4\text{m}$) على سطح أملس، احسب الشغل المبذول بواسطة القوة F .

الحل:

حيث أن القوة تصنع مع الإزاحة زاوية θ فنستخدم العلاقة

$$W = F d \cos \theta$$

بالتعويض نجد أن

$$W = (20) (4) (\cos 37^\circ) = 63.9 \text{ J}$$

شكل (3-5)

مثال (4-7)

قذفت كرة كتلتها 2Kg إلى أعلى مسافة مقدارها ($d=4\text{m}$). احسب الشغل المبذول بواسطة قوة الجاذبية الأرضية.

الحل:

حيث أن الجسم قذف إلى أعلى فإن الإزاحة تكون إلى أعلى في حين أن القوة المؤثرة على الجسم وهي قوة الجاذبية الأرضية إلى أسفل، أي أن القوة تصنع مع الإزاحة زاوية مقدارها 180° .

$$W = F d \cos \theta$$

بالتعويض نجد أن

$$W = (20) (4) (\cos 180^\circ) = -80 \text{ J}$$

الإشارة السالبة تعني أنه قد حصل فقد لطاقة حركة الكرة.

ملاحظة/ لو أن الجسم سقط من أعلى إلى أسفل بنفس المسافة d فإن الشغل المبذول بواسطة الجاذبية سيكون موجبا وقيمته $80J$ والإشارة الموجبة تعني أن هناك زيادة في طاقة الحركة.

5-4 طاقة الوضع وطاقة الحركة Potential and kinetic energy

عند قذف جسم كتلته m إلى أعلى فإن القوة المؤثرة عليه تساوي وزن الجسم أي أن:

$$F = mg$$

حيث g عجلة الجاذبية الأرضية، وحسب قانون الشغل والطاقة تكون الزيادة في طاقة الجسم – عند رفعه مسافة رأسية y – مساوية للشغل الذي تبذله القوة، أي أن:

$$\Delta U = - W = - (- Fy) = mgy$$

حيث $(\Delta U = U_f - U_i)$ هي التغير في طاقة الوضع. وإذا اعتبرنا أن الجسم بدأ بطاقة وضع ابتدائية $(U_i = 0)$ وانتهى عند طاقة وضع نهائية $(U_f = U)$ فإن

$$U = mgy$$

(4-6)

هذه الزيادة في طاقة الوضع للجسم هي التي اكتسبها برفعه المسافة العمودية y ، ومن الجدير بالذكر هنا أن الزيادة في طاقة الوضع هذه لا تتوقف على المسار الذي يتحرك فيه الجسم عند رفعه. عندما يتحرك جسم ما فإنه يكتسب طاقة بفضل تلك الحركة ويمكن إيجاد مقدار هذه الطاقة باستخدام قانون الحركة الخطية تحت تأثير عجلة الجاذبية الأرضية g :

$$v^2 = v_0^2 - 2ax$$

فعندما تؤثر قوة على جسم متحرك بحيث تغير سرعته من v_0 إلى v فإنها تبذل شغلا يمكن حسابه من المعادلة السابقة كما يلي:

$$\frac{1}{2}(v^2 - v_0^2) = -gy \quad (4-7)$$

حيث تم استبدال التسارع a بعجلة الجاذبية g والمسافة x بالمسافة الرأسية y ، وبضرب طرفي المعادلة (4-4) في الكتلة m نحصل على:

$$\frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0^2 = -mgy = W$$

الكمية $\frac{1}{2}mv^2$ تعرف بطاقة حركة الجسم ويرمز لها بالرمز K ، أي أن:

$$K = \frac{1}{2}mv^2 \quad (4-8)$$

وعليه فإن

$$\boxed{K_f - K_i = \Delta K = W} \quad (4-9)$$

الكمية W هي الشغل الذي بذلته القوة ويساوي طاقة حركة الجسم النهائية مطروحا منها طاقة حركته الابتدائية وتعرف طاقة حركة الجسم بنصف حاصل ضرب كتلة الجسم في مربع سرعته.

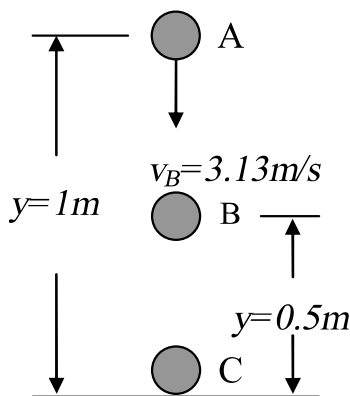
مثال (8-4)

سقطت كرة كتلتها 1Kg من السكون من ارتفاع 1m عند النقطة A فوصلت النقطة B - والتي تقع على ارتفاع 0.5m من سطح الأرض - بسرعة مقدارها 3.13m/s كما بالشكل (6-3). احسب كل من

(أ) طاقة الوضع وطاقة الحركة عند النقطة A.

(ب) طاقة الوضع وطاقة الحركة عند النقطة B.

(ت) طاقة الوضع وطاقة الحركة عند وصول الكرة إلى سطح الأرض.



شكل 6-3

الحل:

(أ) عند النقطة A تكون الكرة على ارتفاع $y=1\text{m}$ لذلك فإن طاقة

وضعها تساوي

$$U_A = mgy = (1) (9.8) (1) = 9.8 J$$

أما طاقة حركتها عند A فتساوي صفرا ($K_A=0$) لأنها بدأت حركتها من السكون ($v_A=0$).

(ب) طاقة الوضع عند النقطة B

$$U_B = mgy = (1) (9.8) (0.5) = 4.9 J$$

طاقة الحركة عند النقطة B تساوي

$$K_B = (1/2) m v^2$$

$$K_B = (1/2) (1) (3.13)^2 = 4.9 J$$

(ت) طاقة الوضع عند سطح الأرض تساوي صفرا ($U=0$) لأن $y=0$.

لحساب طاقة حركتها عند سطح الأرض يجب حساب سرعتها أولا لحظة وصولها للأرض وذلك باستخدام معادلات الحركة في خط مستقيم.

$$v^2 = v_0^2 + 2ay$$

$$v^2 = (0)^2 + 2 (9.8) (1) = 19.6 m^2/s^2$$

$$K = (1/2) m v^2 = (1/2) (1) (19.6) = 9.8 J$$

6-4 قانون بقاء الطاقة Law of conservation of energy

يعتبر قانون بقاء الطاقة من القوانين الهامة جدا في الفيزياء وينص على أن الطاقة لا تفنى ولا تستحدث من عدم ويمكن أن تأخذ صورة أخرى، أي تتحول من نوع إلى آخر. فمثلا إذا سقط جسم من حالة السكون في مجال الجاذبية الأرضية فإنه يكتسب طاقة حركة تساوي تماما ما يفقده من طاقة وضع.

يمكن استنتاج قانون بقاء الطاقة من العلاقة السابقة حيث أن

$$K_f - K_i = W = -\Delta U = -(U_f - U_i) = -U_f + U_i$$

أو أن

$$K_f + U_f = K_i + U_i$$

(4-10)

وبصورة أخرى

$$E_f = E_i$$

(4-11)

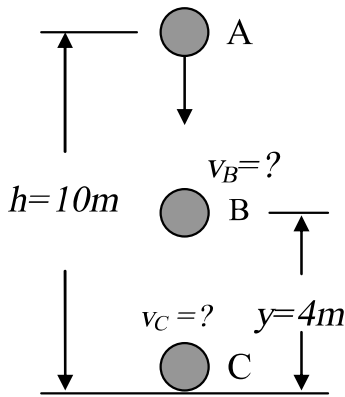
حيث أن الكمية

$$E = K + U$$

(4-12)

تسمى بالطاقة الميكانيكية وهي عبارة عن حاصل جمع طاقة الحركة وطاقة الوضع.

وأنواع الطاقة كثيرة، فبالإضافة إلى الطاقة الميكانيكية التي تشتمل طاقة الحركة وطاقة الوضع يوجد الطاقة الحرارية والكهربائية والمغناطيسية والطاقة الضوئية.



شكل 7-3

مثال (9-4)

جسم صغير كتلته $m=2Kg$ أسقط من ارتفاع $h=10m$ فوق سطح الأرض

كما بالشكل (7-3). مستخدماً مبدأ حفظ الطاقة احسب ما يلي:

(أ) سرعة الجسم على ارتفاع $y=4m$ من سطح الأرض.

(ب) سرعة الجسم لحظة وصوله لسطح الأرض.

الحل:

(أ) باستخدام مبدأ حفظ الطاقة بين النقطتين A و B نحصل على

$$K_A + U_A = K_B + U_B$$

$$0 + mgh = (1/2) m v_B^2 + mgy$$

$$2g(h - y) = v_B^2$$

$$v_B^2 = (2)(9.8)(10 - 4) = 117.6$$

$$v_B = 10.8 \text{ m/s}$$

(ب) باستخدام مبدأ حفظ الطاقة بين النقطتين A و C نحصل على

$$K_A + U_A = K_C + U_C$$

$$0 + mgh = (1/2) m v_C^2 + 0$$

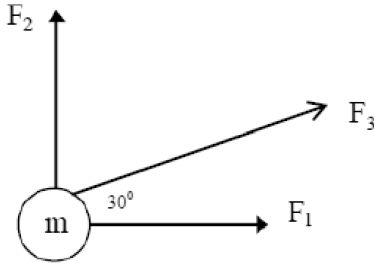
$$2g h = v_C^2$$

$$v_C^2 = (2)(9.8)(10) = 196$$

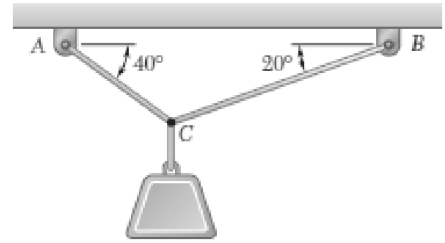
$$v_C = 14 \text{ m/s}$$

مسائل على الفصل الرابع

- 1- احسب قيمة القوة المؤثرة على سيارة كتلتها 1800kg وتسارعها 8m/s^2 .
- 2- أثرت قوة قيمتها 50N على جسم كتلته 5kg . ما هي العجلة التي ستتحرك بها الجسم؟
- 3- احسب كمية تحرك جسم كتلته 3kg وسرعته 5m/s .
- 4- ثلاث قوى F_1, F_2, F_3 تؤثر على جسم كتلته 4kg كما في الشكل. فإذا كان $F_1 = 10\text{N}$, $F_2 = 15\text{N}$, $F_3 = 20\text{N}$ احسب العجلة التي سيتحرك بها الجسم وحدد اتجاه العجلة.



- 5- حبلين معقود بهما حمل كتلته 60kg كما في الشكل احسب الشد في AC و BC



الشغل والطاقة

- 6- أثرت قوة أفقية قيمتها 3N على كتلة خشبية فأزاحتها مسافة 10m أفقياً. احسب مقدار الشغل المبذول على الكتلة.
- 7- جسم كتلته 2kg يتحرك تحت تأثير قوة $(F=20\text{N})$ تصنع زاوية مقدارها 37° كما بالشكل (3-5). فإذا تحرك الجسم مسافة مقدارها $(d=4\text{m})$ على سطح أملس، احسب الشغل المبذول بواسطة القوة F .
- 8- جسم كتلته 2kg يسقط من ارتفاع 5m تحت تأثير قوة الجاذبية الأرضية، احسب الشغل الناتج عن تأثير وزنه.
- 9- قذفت كرة إلى أعلى بسرعة ابتدائية 10m/s ، فإذا تباطأت الكرة بعجلة تقصيرية $a = -10\text{m/s}^2$ احسب (أ) أقصى ارتفاع تصل إليه الكرة.
- (ب) إذا كانت كتلة الكرة 0.5kg فاحسب الطاقة الميكانيكية للكرة لحظة انطلاقها وكذلك عند وصولها أقصى ارتفاع. فسر النتائج التي حصلت عليها تفسيراً فيزيائياً.