

# فيزياء

## الشغل والطاقة

الجدارة : يطبق مفهوم العلاقة بين الشغل المبذول على جسم و التغير في طاقته الميكانيكية وذلك لوصف حركة الجسم .

الأهداف : عندما تكمل هذه الوحدة تكون قادراً على أن :

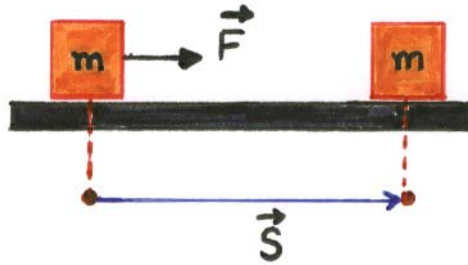
1. تعريف الشغل نصاً و رياضياً ( في حالة تطابق محور القوة مع محور الإزاحة فقط ) .
2. تحسب مقدار شغل القوة.
3. تعرف القدرة نصاً و رياضياً ، و تذكر وحدتها.
4. تحسب القدرة بدلالة الشغل و الزمن .
5. تعرف الطاقة ، و تذكر وحدتها .
6. تعدد أشكال الطاقة مع ذكر مثال لكل نوع .
7. تعرف الطاقة الحركية و الكامنة نصاً و رياضياً.
8. تحسب الطاقة الحركية بدلالة السرعة و الكتلة .
9. تحسب الطاقة الكامنة بدلالة الكتلة و الارتفاع .
10. تذكر قانون حفظ الطاقة نصاً و رياضياً.
11. تطبق مفهوم حفظ الطاقة للطاقة الميكانيكية لحساب التسارع السرعة الإزاحة الزمن

الوقت المتوقع للتدريب : 10 ساعات .

**الشغل :**

نستعمل كلمة الشغل كمصطلح اجتماعي في التعبير عن قيام عمل يتطلب مجهوداً جسدياً أو عقلياً أو آلياً .

أما الشغل كمصطلح فيزيائي فله دلالة خاصة ، فنقول : إن قوة ثابتة أحدثت شغلاً إذا أثرت على جسم ما وإزاحته في اتجاه خط عملها ( محورها ) كما في الشكل ( 4-1 ) :



شكل ( 4-1 )

ويعرف الشغل بأنه :

حاصل ضرب القوة في الإزاحة التي في اتجاه محور القوة .

ونكتب ذلك بصورة رياضية على النحو الآتي :

$$W = F S$$

( 4-1 ) .....

حيث  $W$  : الشغل وتقاس بوحدة جول ( J ) في النظام العالمي للوحدات ( SI ) .

$F$  : القوة المؤثرة بوحدة ( N ) .

$S$  : الإزاحة بوحدة ( m ) .

مثال ( 4-1 ) :

تؤثر قوة أفقية ثابتة مقدارها 50 N على جسم ، فأزاحته بمقدار 10 m احسب شغل هذه القوة .

$$F = 50 \text{ N} , S = 10 \text{ m}$$

$$W = F S$$

$$W = 50 \times 10 = 500 \text{ J}$$

مثال ( 4-2 ) :

ما هو الشغل الذي يقوم به رجل كتلته 80 kg تسلق جبلاً ارتفاعه 50 m بسرعة ثابتة .

الحل :

بما أن الرجل يتسلق الجبل بسرعة ثابتة فإن القوة التي يبذلها الرجل على جسمه أثناء الصعود = وزنه إلى

اسفل أي أن :

$$F = m g$$

$$F = 80 \times 9.8 = 784 \text{ N}$$

$$S = 50 \text{ m}$$

$$W = F S$$

$$W = 784 \times 50 = 39200 \text{ J}$$

**القدرة :**

لنفرض أننا كلفنا ببناءين يحملان أكياساً من الرمل من الطابق الأول إلى الطابق الرابع من بناء مرتفع ، فوجدنا أن العامل الأول يرفع 240 كيساً خلال ساعة في حين أن الآخر يرفع 150 كيساً خلال خمسين دقيقة . فأَي البناءين أكبر قدرة يا ترى . لعلك ترى أن الإجابة على هذا السؤال مباشرة صعب بعض الشيء ، ولكن لو قارنا الشغل ( عدد الأكياس التي يرفعها الواحد منهما ) خلال دقيقة مثلاً

$$\text{فالبناى الأول سيرفع : } 4 = \frac{240}{60} \text{ أكياس / دقيقة}$$

$$\text{والبناى الثانى سيرفع : } 3 = \frac{150}{50} \text{ أكياس / دقيقة}$$

إذاً البناى الأول ذو قدرة أكبر على العمل .

لذلك نعرف القدرة بأنها :

مقدار الشغل المنجز خلال وحدة الزمن

أي أن :

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

..... ( 4-2 )

حيث P : القدرة وتقاس بوحدة جول / ثانية ( J/S ) وتسمى وات ( w ) نسبة للعالم البريطاني جيمس وات

مخترع المحرك البخاري .

W : الشغل بوحدة الجول ( J ) .

t : الزمن بوحدة الثانية ( s ) .

وهناك وحدات أكبر من الوات (w) منها :

1- كيلو وات ( kw ) حيث

$$1 \text{ kW} = 10^3 \text{ W}$$

2- ميغا وات ( mw ) حيث

$$1 \text{ mW} = 10^6 \text{ W}$$

3- الحصان الميكانيكي (hp) وتستخدم لقياس قدرة محركات السيارات والمحركات والآلات

بشكل عام. ويعادل الحصان الميكانيكي (hp) الوات (w) حسب العلاقة التالية :

$$1 \text{ hp} = 746 \text{ W}$$

مثال ( 3-4 ) :

مضخة ترفع كمية من الماء بمقدار 24500 N من عمق 40m إلى سطح الأرض خلال دقيقة

احسب قدرة هذه المضخة بالحصان الميكانيكي بفرض أن الشغل الذي تبذله لا يفقد منه شيء .

الحل :

مقدار القوة الذي تبذله المضخة لرفع كمية الماء تساوي وزن هذه الكمية من الماء أي أن :

$$F = 24500 \text{ N}$$

$$t = 1 \text{ min} = 1 \times 60 = 60 \text{ s}$$

$$S = 40 \text{ m}$$

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

$$P = \frac{24500 \times 40}{60} = 16333.3 \text{ w}$$

$$P = \frac{16333.3}{746} = 21.89 \text{ hp}$$

**الطاقة :**

درسنا في الفصل السابق العلاقة بين حركة جسم والمسبب لهذه الحركة وهي القوة. وفي هذا الموضوع سوف ندرس المصدر الذي تستمد منه القوة في تحريك الأجسام وهذا المصدر هو الطاقة. ويمكننا أن نعرف الطاقة بأنها :

المقدرة على إنجاز شغل ما . وهي كمية قياسية وتقاس بالجول .

**أشكال الطاقة :**

تظهر الطاقة في حياتنا العملية في عدة صور منها :

- 1- الطاقة الميكانيكية المتمثلة في حركة الأجسام.
- 2- الطاقة الكهربائية المتمثلة في التيار الكهربائي.
- 3- الطاقة الضوئية أو الموجات الكهرومغناطيسية.
- 4- الطاقة الصوتية ، المتمثلة في موجات الصوت.
- 5- الطاقة الكيميائية المتمثلة في التفاعلات الكيميائية.
- 6- الطاقة النووية المتمثلة في تحول الكتلة إلى طاقة.
- 7- الطاقة الحرارية المتمثلة في حركة جزيئات المادة.

وسوف ندرس في هذا الموضوع الطاقة الميكانيكية فقط وهي نوعان :

- 1- الطاقة الحركية.
- 2- الطاقة الكامنة.

**الطاقة الحركية :**

طاقة الحركة هي الطاقة التي يكتسبها جسم نتيجة لحركته. فانتقال الكرة وسقوط قطرات الماء في الشلال وحركة الإلكترونات في السلك ..... إلخ كلها تمثل طاقة حركية ، إذاً تعرف الطاقة الحركية على النحو الآتي :

هي طاقة الجسم الناشئة عن حركته وتعطى بالعلاقة الآتية :

$$k = \frac{1}{2} m v^2$$

(4-3) .....

حيث

m : كتلة الجسم ( kg ) كيلو جرام

v : سرعة الجسم ( m/s ) متر/ ثانية

k : الطاقة الحركية ( J ) جول

مثال (4-4) :

جسم كتلته 50 kg يسير بسرعة 10 m/s احسب طاقته الحركية.

الحل:

$$m = 50 \text{ kg} \quad v = 10 \text{ m/s}$$

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

$$= \frac{1}{2} \times 50 \times 10^2 = 2500 \text{ J}$$

**الطاقة الكامنة :**

هي الطاقة الناشئة عن وضع الجسم أو شكله أو تركيبه الكيميائي أو النووي.

وسوف ندرس فقط الطاقة الكامنة الناشئة عن الجاذبية الأرضية والتي تعطى بالعلاقة التالية:

$$U = m g h$$

(4-4).....

حيث :

U : طاقة الوضع الكامنة ( J ) جول.

m : كتلة الجسم ( kg ) كيلو جرام.

h : ارتفاع الجسم عن سطح الأرض ( m ) متر.

g : تسارع الجاذبية الأرضية ،  $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ .

مثال (4-5) :

جسم كتلته 5 kg موضوع على سطح طاولة. احسب الطاقة الكامنة للجسم بالنسبة لسطح الأرض

علماً بأن ارتفاع سطح الطاولة 0.75 m ؟



الحل :

$$\begin{aligned}
 m &= 5 \text{ kg} & h &= 0.75 \text{ m} \\
 U &= mgh \\
 &= 5 \times 9.8 \times 0.75 = 36.75 \text{ J}
 \end{aligned}$$

**قانون حفظ الطاقة :**

عرفنا سابقاً أن الطاقة هي المقدرة على بذل شغل، وهناك صوراً عديدة للطاقة، فالفحم والبنزين وغير ذلك من أنواع الوقود تحتوي على طاقة كيميائية كامنة يمكن أن تتحول بعد أن تحترق احتراقاً كيميائياً إلى شغل ميكانيكي متمثلة في حركة السيارات والقطارات ...إلخ وكذلك تتحول الطاقة الكهربائية في المصباح إلى طاقة حرارية وضوئية وفي المذياع إلى طاقة صوتية وتتحول الطاقة الكامنة في شلال الماء إلى طاقة ميكانيكية حركية ثم إلى طاقة كهربائية. وهناك أمثلة عديدة لتحول الطاقة من شكل إلى آخر، وتخضع مثل هذه التحولات للقانون الآتي:

الطاقة لا تفنى ولا تستحدث من العدم، إنما يمكن أن تتحول من شكل لآخر .

ولقد تحقق العلماء من صحته بالتحليل الرياضي و بإجراء التجارب العملية . ولكن هذا القانون ينطبق فقط على قدرة الإنسان المحدودة ، فهو لا يستطيع إفناء الطاقة ولا خلقها ولكن يستطيع أن يحولها من شكل إلى آخر بأمر الله ، والله سبحانه وتعالى يخلق ما يشاء ويفعل ما يريد ويوجد من العدم ويفني إلى العدم وهو سبحانه على كل شيء قدير.

يمكن كتابة قانون حفظ الطاقة الميكانيكية بصورة رياضية على النحو الآتي :

$$\Delta K + \Delta U = W$$

(4-5) .....

أي أن المجموع الجبري لأشغال القوي المبذولة على جسم كالشد والدفع والاحتكاك ..... إلخ ماعدا قوة الجاذبية يساوي مقدار التغير في طاقته الحركية والتغير في طاقته الكامنة.

أما إذا كان الجسم واقع تحت تأثير قوة الجاذبية الأرضية مثل السقوط الحر مع إهمال قوة الاحتكاك فإن الجسم يعد معزولاً فيزيائياً أي لا تؤثر فيه أي قوى خارجية وبالتالي فإن :  $W = 0$  وتصبح المعادلة (4-5) على النحو الآتي:

$$\Delta K - \Delta U = 0$$

(4-5) .....

❖ ملحوظة على تطبيق المعادلة ( 4-5 ) :

عند التعويض عن قيم الأشغال نراعي إشارة الشغل بحيث يكون الشغل المساعد على الحركة موجباً والشغل المقاوم للحركة سالباً.

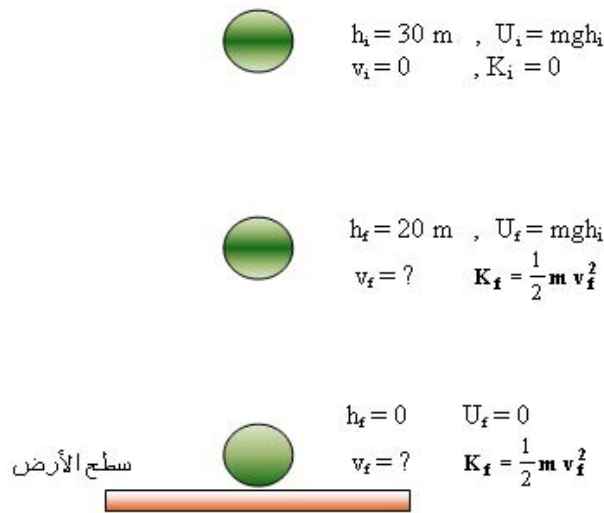
مثال (4-6):

جسم كتلته 5 kg ترك يسقط من أعلى نقطة في مبنى ارتفاعه 30 m أوجد ما يلي مع إهمال الاحتكاك بالهواء :

1- سرعة الجسم عند ارتفاع 20 m عن سطح الأرض .

2- سرعة الجسم لحظة اصطدامه بالأرض .

الحل :



شكل (4-2)

1- سرعة الجسم عند ارتفاع 20 m:

الجسم معزول إذاً:

$$\Delta k - \Delta U = 0$$

$$(k_f - k_i) + (U_f - U_i) = 0$$

$$\left( \frac{1}{2} m v_f^2 - 0 \right) + (mgh_f - mgh_i) = 0$$

باختصار كتلة الجسم فإنه :

$$\frac{1}{2} V_f^2 + g (h_f - h_i) = 0$$

$$\frac{1}{2} V_f^2 = -g (h_f - h_i) = g (h_i - h_f)$$

$$V_f = \sqrt{2g(h_i - h_f)}$$

$$V_f = \sqrt{2 \times 9.8(30 - 20)}$$

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

2- سرعة الجسم لحظة الاصطدام بالأرض :

$$\Delta k + \Delta U = 0$$

$$(\frac{1}{2} m v^2 - 0) + (0 - m g h_i) = 0$$

$$\frac{1}{2} m v^2 = m g h_i$$

أي أن :

الطاقة الكامنة للجسم في أعلى المبنى = الطاقة الحركية للجسم لحظة الاصطدام بالأرض.

$$V_f^2 = 2 g h_i$$

$$V_f = \sqrt{2 \times 9.8 \times 30}$$

$$= 24.25 \text{ m/s}$$

مثال (4-7) :

سيارة كتلتها 900 kg متحركة في طريق أفقي ضغط السائق على الفرامل فتزحلق السيارة مسافة قدرها 30 m قبل أن تتوقف تماماً. إذا كانت قوة الاحتكاك بين إطارات السيارة والطريق 6000 N احسب السرعة التي كانت تسير بها السيارة قبل الضغط على الفرامل.

الحل :

$$m = 900 \text{ kg} \quad s = 30 \text{ m} \quad f = 6000 \text{ N} \quad V_f = 0 \quad v_i = ?$$

الجسم غير معزول أي تؤثر عليه قوى خارجية إذاً :

$$\Delta k + \Delta U = W$$

ولكن :

صفر  $\Delta U =$  لأن الحركة على مستوى أفقي.

$$0 - \frac{1}{2} m v_i^2 = - f_s$$

$$v_i^2 = \frac{2f_s}{m}$$

$$v_i = \sqrt{\frac{2 \times 6000 \times 30}{900}}$$

$$v_i = 20 \text{ m/s}$$

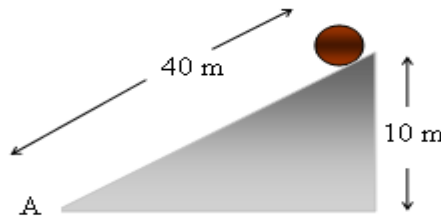
مثال (4-8) :

وضع جسم كتلته 15 kg عند قمة مستوى مائل طوله 40 m وارتفاعه 10 m كما في الشكل (4-3)

، احسب سرعته عند قاعدة المستوى النقطة ( A ) بإهمال قوة الاحتكاك

2- إذا كانت قوة الاحتكاك هي 12 N احسب سرعته عند A

الحل :



شكل ( 4-3 )

$$m = 15 \text{ kg} \quad h_i = 10 \text{ m} \quad S = 40 \text{ m} \quad f = 12 \text{ N}$$

$$v = 0 \quad v_f = ? \quad h_f = 0$$

1- في حالة الاحتكاك مهمل فإن الجسم معزول إذا :

$$\Delta k + \Delta U =$$

$$\left( \frac{1}{2} m v_f^2 - 0 \right) + (0 - mgh_i) = 0$$

$$\frac{1}{2} m v_i^2 = mgh_i$$

باختصار  $m$  وترتيب المعادلة لحساب  $v_f$  فإن :

$$v_f = \sqrt{2gh_i}$$

$$= \sqrt{2 \times 9.8 \times 10} = 14 \text{ m/s}$$

2- في حالة قوة الاحتكاك  $f = 12 \text{ N}$  فإن الجسم غير معزول إذا :

$$\Delta k + \Delta U = W$$

$$\left( \frac{1}{2} m v_f^2 - 0 \right) + (0 - mgh_i) = - f_s$$

$$v_f = \sqrt{\frac{2(mgh_i - f_s)}{m}}$$

$$v_f = \sqrt{\frac{2 \times (15 \times 9.8 \times 10 - 12 \times 40)}{15}}$$

$$v_f = 11.48 \text{ m/s}$$

## أسئلة

- 1- إذا ضغطت بيدك على الحائط بقوة كبيرة ، فهل تبذل شغلاً فيزيائياً. ولماذا؟
- 2- أوجد الشغل الذي تبذله قوة مقدارها  $100\text{ N}$  في تحريك جسم مسافة  $30\text{ m}$  في اتجاه خط عملها.
- 3- يحمل شخص حقيبة وزنها  $120\text{ N}$  ويصعد بها إلى الطابق الثالث في مبنى ارتفاعه  $12\text{ m}$  عن سطح الأرض ، أوجد :
  - أ- الشغل الذي يبذله الشخص على الحقيبة.
  - ب- قدرة الشخص لبذل هذا الشغل إذا استغرق صعوده دقيقة واحدة.
- 4- دفع جسم كتلته  $4\text{ kg}$  مسافة  $1.5\text{ m}$ 
  - أ- ما مقدار الشغل المبذول ضد الجاذبية الأرضية.
  - ب- كرر المسألة في حالة نزول الجسم بدلاً من رفعه.
- 5- مضخة ترفع كمية من الماء وزنها  $25000\text{ N}$  في دقيقتين من بئر عمقه  $20\text{ m}$  أوجد قدرة المضخة بالحصان الميكانيكي.
- 6- أوجد طاقة حركة سيارة كتلتها  $2000\text{ kg}$  تسير بسرعة  $72\text{ km/h}$
- 7- جسم كتلته  $20\text{ g}$  موضوع على ارتفاع  $180\text{ cm}$  من سطح الأرض احسب طاقته الكامنة.
- 8- أثرت قوة على جسم ساكن كتلته  $4\text{ kg}$  فاكسب تسارعاً منتظماً  $0.5\text{ m/s}$  فإذا كان الشغل الذي بذلته القوة  $196\text{ J}$  ، احسب ما يلي:
  - أ- المسافة التي تحركها.
  - ب- الزمن اللازم الذي استغرقه لقطع المسافة.
  - ج- قدرة هذه القوة.
- 9- جسم كتلته  $8\text{ kg}$  سقط من السكون من ارتفاع  $20\text{ m}$  عن سطح الأرض ، بإهمال قوة الاحتكاك احسب ما يلي :
  - أ- عند نقطة البداية
  - ب- عند ارتفاع  $10\text{ m}$
  - ج- لحظة وصوله سطح الأرض

10- قذف جسم كتلته  $0.2 \text{ kg}$  رأسياً لأعلى من سطح الأرض بسرعة  $70 \text{ m/s}$  بإهمال قوة

الاحتكاك احسب ما يلي:

أ- أقصى ارتفاع يصل إليه الجسم

ب- سرعة الجسم عند ارتفاع  $100 \text{ m}$  عن سطح الأرض.

11- مصعد كتلته  $2000 \text{ kg}$  يرتفع من السكون من أساس بناء إلى الطابق الرابع مسافة  $25 \text{ m}$ .

وعند مروره بالطابق الرابع، تكون سرعته  $3 \text{ m/s}$  فإذا كان هناك قوة احتكاك ثابتة مقدارها

$500 \text{ N}$  فاحسب ما يلي:

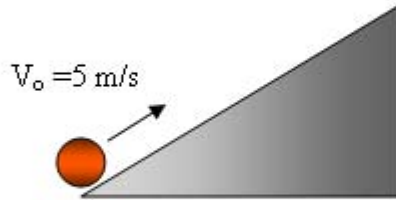
أ- الشغل الذي تبذله آلة الرفع.

ب- قدرة الآلة خلال  $16 \text{ s}$

12- دفع جسم كتلته  $500 \text{ g}$  إلى أعلى المستوى المائل كما في الشكل ( 4-4 ) بسرعة  $5 \text{ m/s}$  ، إذا

توقف الجسم عند ارتفاع  $0.6 \text{ m}$  عن سطح الأرض ، احسب المسافة التي قطعها الجسم إلى أعلى على

السطح المائل علماً بأن مقدار قوة الاحتكاك بين الجسم والسطح هو  $0.6 \text{ N}$



الشكل ( 4-4 )