الوحدة الخامسة

الطاقة الحركية والشغل والقدرة

➢ **الطاقة الحركية** هي الطاقة المرتبطة بحركة الجسم

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

✓ تقاس بوحدة الجول (J) وتكافئ $1\ J = 1\ N.m = 1\ Kg.m^2/s^2$.

✓ الطاقة الحركية موجبة دائمًا، أو تساوي صفرًا إذا كان الجسم ثابتًا.

✓ الطاقة الحركية كمية قياسية وليست متجهة. ← $K = \frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{2} m v_x^2 + \frac{1}{2} m v_y^2 + \frac{1}{2} m v_z^2$

✓ بالنسبة للحركة في أكثر من بعد، يمكننا كتابة إجمالي الطاقة الحركية كمجموع الطاقات الحركية المرتبطة بمركبات السرعة المتجهة في كل اتجاه مكاني **مجموعًا جبريًا** ← $K = \frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{2} m v_x^2 + \frac{1}{2} m v_y^2 + \frac{1}{2} m v_z^2$

✓ وللأجسام التي تسقط رأسيًا من وضع السكون ← $K = m g (y_0 - y)$

▪ فتعتمد الطاقة الحركية طرديًا على الارتفاع الذي يسقط منه الجسم، وقوة الجاذبية.

➢ **الشغل** هو الطاقة التي تنتقل من أو إلى الجسم نتيجة حركة قوة (أو) هو التغير في الطاقة الحركية لجسم بسبب قوة.

▪ يمثل الشغل **الموجب** انتقال الطاقة **إلى** الجسم، ويمثل الشغل **السالب** انتقال الطاقة **من** الجسم.

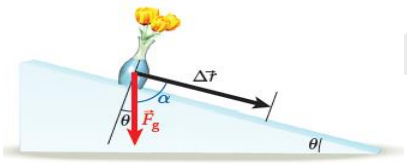
○ **الشغل المبذول من قوة ثابتة** هي حاصل الضرب القياسي للقوة المؤثرة $\vec{F}$ و مقدار الإزاحة الناتجة $\overrightarrow{\Delta r}$

$$W = \vec{F} \bullet \overrightarrow{\Delta r} = |\vec{F}||\overrightarrow{\Delta r}| \cos \alpha$$ *"حيث α هي الزاوية بين القوة والإزاحة"*

✓ إذا كانت الإزاحة متعامدة على القوة ← فإن حاصل الضرب القياسي يساوى صفرًا ولا يُبذل شغل.

✓ إذا كانت الإزاحة في نفس اتجاه القوة ← يتم بذل أقصى قدر من الشغل .

✓ إذا كانت الإزاحة على مستوى مائل بزاوية θ تحت تأثير الوزن ← فإن الشغل $W = mg\,\Delta r \cos \alpha$ "حيث $\alpha = 90 - \theta$"



✓ إذا كان الجسم متحرك بسرعة ثابتة ← فإن الشغل المبذول عليه من قوة الجاذبية = صفر (لعدم وجود تغير في طاقته الحركية).

✓ إذا كانت توجد أكثر من قوة تؤثر في جسم ← فإن محصلة الشغل المبذول من محصلة القوة = الشغل المبذول من محصلة القوة أو = مجموع الشغل المبذول من القوى الفردية.

$$W_{net} = \vec{F}_{net} \bullet \overrightarrow{\Delta r} = \sum_i (\vec{F}_i \bullet \overrightarrow{\Delta r}) = \sum_i W_i$$

✓ في حالة الحركة في بعد واحد يكون الشغل ← $W = \vec{F} \bullet \overrightarrow{\Delta r} = \pm F_x (x - x_0)$

- إذا كانت القوة والإزاحة في نفس الاتجاه ← يكون الشغل بالموجب.
- إذا كانت القوة والإزاحة في اتجاهين متعاكسين ← يكون الشغل بالسالب.

❖ **نظرية الشغل والطاقة الحركية** تنص على أن التغير الذي يحدث في الطاقة الحركية لجسم يساوي الشغل المبذول على الجسم من القوى المؤثرة فيه.

$$K - K_0 = W \quad \gg \quad \Delta K = W$$

- نظرية الشغل والطاقة تكافئ قانون نيوتن الثاني ← لذلك عند وجود أكثر من قوة تؤثر في جسم، يمكننا استخدام محصلة القوة لحساب الشغل المبذول.

$$F_x = m\,a_x \gg v_x^2 - v_{x0}^2 = 2a_x(x - x_0) \gg \frac{1}{2}mv_x^2 - \frac{1}{2}mv_{x0}^2 = ma_x\,(x - x_0) = F_x(x - x_0)$$

- لا يمكن أن تكون الطاقة الحركية أقل من صفر← لذا إن كان الجسم بدأ من السكون ($K_0=0$) فإن K = W.

❖ الشغل المبذول من قوة الجاذبية

✓ أثناء السقوط ← $W_g = + mgh$ حيث "$h = |y - y_o| = |\overrightarrow{\Delta r}| > 0$"

- موجبة لأن الإزاحة والقوة في نفس الاتجاه ← لذلك قوة الجاذبية تؤدي إلى زيادة الطاقة الحركية للجسم.

✓ أثناء الارتفاع ← $W_g = - mgh$

- سالبة لأن الإزاحة والقوة في اتجاهين متعاكسين ← لذلك قوة الجاذبية تؤدي إلى تقليل الطاقة الحركية للجسم.

❖ الشغل المبذول في رفع جسم وإنزاله

- في حالة التأثير بقوة خارجية عمودية على الجسم(F_{ext})، يجب تضمين الشغل المبذول من هذه القوة في معادلة الشغل والطاقة الحركية

$$K - K_0 = W_g + W_f$$

- في الحالة التي يكون فيها الجسم في وضع السكون في الحركة الابتدائية ($K_0=0$) والحركة النهائية ($K=0$) فإن

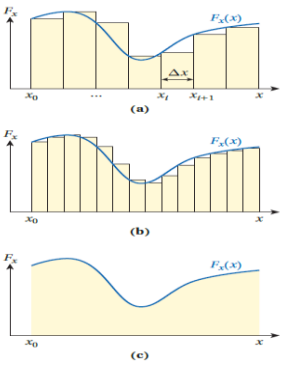
$$W_f = -W_g$$

▪ **في حالة الرفع** ← $W_f = -W_g = mgh$

▪ **في حالة الإنزال** ← $W_f = -W_g = -mgh$

- **يتم استخدام القانون التالي في حركة المقذوفات لمعرفة السرعة الابتدائية بمعرفة المسافة الأفقية عند ارتفاع معين وزاوية القذف**

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

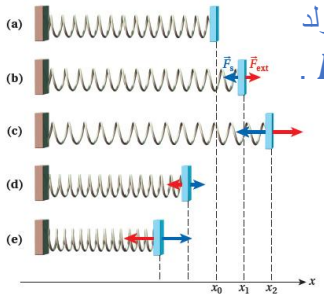


- **الشغل المبذول من قوة متغيرة**

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

- يمكن إيجاد الشغل من الرسم البياني بين القوة والإزاحة باعتباره المساحة الواقعة أسفل المنحنى.

➢ قوة الزنبرك



✓ **قانون هوك** إذا سحبنا طرف الزنبرك بقوة خارجية بعيدًا عن موضع اتزانه x_0 بمقدار x ← فسيتولد في الزنبرك قوة عكس اتجاه القوة الخارجية نحو موضع الاتزان تسمى قوة الزنبرك F_s .

$$F_s = -k\,(x - x_0) \quad , \quad F_s = -F_{ext}$$

- يكون ثابت الزنبرك (K) موجب دائمًا، ووحدة قياسه $N/m = kg/s^2$.
- تتناسب مقدار قوة الزنبرك (قوة الإرجاع) طرديًا مع إزاحة الزنبرك عن موضع اتزانه.
- يكون اتجاه قوة الزنبرك دائمًا ناحية موضع الاتزان، لذا فهي دائمًا عكس اتجاه الإزاحة، وذلك سبب الإشارة السالبة.
- لا ينطبق قانون هوك على تمدد الزنبرك بشكل مبالغ فيه، زائد عن حد المرونة (أقصى حد للتمدد).

✓ **الشغل المبذول بواسطة قوة الزنبرك**

$$W_s = \int_{x_0}^{x} F_s\,(x')\,dx' = \int_{x_0}^{x} -kx'dx' = -k\int_{x_0}^{x} x'dx'$$

$$W_s = -\frac{1}{2}kx^2 + \frac{1}{2}kx_0^2$$

- وإذا حددنا $x_0 = 0$ وبدأنا عند موضع الاتزان ← $W_s = \pm\frac{1}{2}kx^2 = \pm\frac{1}{2}F_s x$

- الشغل المبذول من قوة الزنبرك ← يكون سالب إذا كانت الإزاحة النهائية أكبر من الإزاحة الابتدائية عن موضع الاتزان.
  ← يكون موجب إذا كانت الإزاحة الابتدائية أكبر من الإزاحة النهائيةعن موضع الاتزان.

❖ **ملاحظات لحل المسائل**

- نضع نقطة أصل النظام عند موضع الاتزان، وفي حالة الحركة في الاتجاه الأفقي، يكون الاتجاه الأيمن موجب واليسار سالب.
  وفي حالة الحركة في الاتجاه الرأسي، يكون الاتجاه للأعلى موجب وللأسفل سالب.
- إضافة قوة ثابتة –عن طريق تعليق كتلة في زنبرك مثلًا- ستؤدي إلى تغيير موضع الاتزان فقط ← لذلك عند إضافة كتلة أو قوة أخرى، ينتج عنها قوة في الزنبرك تتناسب طرديًا مع الإزاحة عن موضع الاتزان الجديد.

➢ **القدرة** هي معدل بذل الشغل. أو رياضيًا، هي مشتقة الزمن للشغل.

- هي حاصل الضرب القياسي لمتجه القوة في متجه السرعة المتجهة.

$$P = \frac{dW}{dt} = \vec{F} \bullet \vec{v} = Fv\cos\alpha$$

✓ **متوسط القدرة**

$$\overline{P} = \frac{W}{\Delta t} = \frac{m\,v^2}{2\Delta t}$$

- تقاس بوحدة الواط ***(W)*** والذي يكافئ $1\ W = 1\ J/s = 1\ kg.m^2/s^3$.
- من وحدات القدرة ← الحصان **(hp)** ← $1\ hp = 746\ W$.
- على العكس، من وحدات الطاقة $1\ J = 1\ W.s$ ← $1\ kWh = 3.6 \times 10^6\ J$
- **kWh** من وحدات الطاقة المستخدمة لحساب فواتير الكهرباء والغاز والمياه، وتحدد مقدار الطاقة الكهربائية التي تم استهلاكها.
- متوسط القدرة اللازمة لزيادة سرعة الجسم من وضع السكون إلى السرعة v في فترة زمنية معينة يتناسب طرديًا مع كتلة الجسم.
- تساوي الطاقة التي استهلكها الجسم، ناتج ضرب متوسط القدرة في الفترة الزمنية ← لذلك كلما زادت كتلة الجسم زاد مقدار الطاقة اللازمة لزيادة سرعته في فترة زمنية معينة.
- متوسط طاقة الرياح التي تهب بسرعة v عبر توربين نصف قطره R ← $\overline{P} = \frac{1}{2}\, v^3 \rho\, \pi\, R^2$
  - متوسط طاقة الرياح يتناسب طرديًا مع مكعب سرعة الرياح.