الفصل الخامس

الشغل والطاقة والقدرة

Work & Energy & power

5-1 الشغل work

في لغتنا اليومية لكلمة الشغل معان متنوعة وكثيرة لكن في الفيزياء اعطى الشغل معنى خاصاً وهو وصف مايتحقق عن تسليط قوة على جسم وجعله يتحرك مسافة معينة. إذا أثرت قوة F على جسم خلال أنتقاله مسافة x فإننا نعرف شغل هذه القوة (أو بالاحرى شغل مصدر القوة) بالعلاقة :

$$W = F.x = F\ xcos\theta$$

حيث θ الزاوية بين القوة F والازاحة x، ويقاس الشغل بوحدة النيوتن-متر في الوحدات العالمية وتسمى هذه الوحدة **بالجول** أما اذا قيست المسافة السنتمتر والقوة بالداين فتصبح عنئذ وحدة الشغل هي **الارك**.

مثال 5-1

سحب صندوق كتلته (50 kg) مسافة (40 m) على طول ارض مستوية خشنة بقوة ثاتة مقدارها (100 N) وتصنع زاوية (37°) مع الافق كما مبين في الشكل، فإذا كانت الارض تؤثر بقوة أحتكاكية مقدارها 50 N ، أحسب الشغل الذي تنجزه كل قوة مسلطة على الصندوق ومحصلة الشغل المنجز على الصندوق.

الحل:

القوة العمودية التي تسلطها الارض الى الاعلى لا تنجز شغلا لانها عموديتنا على الازاحة.

$$W_N=0$$

$$W_g=0$$

أما الشغل التي تنجزه القوة F_p فيساوي

$$W_p = F_p \times \cos\theta = (100)\ (40)\ (\cos 37)$$

$$=3200\ J$$

والشغل الذي تنجزه قوة الاحتكاك F_f

$$W_f = F_f \times \cos 180 = (50)\ (40)\ (-1)$$

$$= -\ 2000\ J$$

وظهرت الاشارة السالبة لأن الزاوية بين الازاحة وقوة الاحتكاك تساوي 180 درجة أي بأتجاهين متعاكسين. وهذا يعني أن قوة الاحتكاك تنجز شغلا سالبا على الصندوق.

ولحساب محصلة الشغل المنجز على الصندوق هناك طريقتان الاولى بايجاد مجموع الجبري للشغل الذي تنجزه كل قوة ولما كان الشغل كمية عددية اذن

$$W = W_g + W_N + W_p + W_f$$

$$=0 + 0 + 3200 - 2000$$

$$=1200\ J$$

والثانية بأيجاد محصلة القوى المسلطة على الجسم ومن ثم حساب الشغل ، أي ان

$$F = F_p \cos\theta - F_f$$

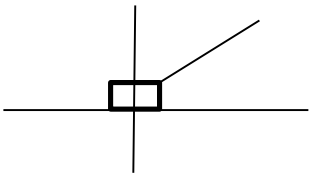
$$= 100 \cos 37 - 50 = 30$$

$$W = F\ X = (30)\ (40) = 1200\ J$$

مثال 2-5

يسحب شخص صندوقا على سطح افقي خشن بسرعة ثابتة بتأثير قوة شد F والتي تصنع زاوية 37° مع الافق وتحركه أزاحة مقدارها (5 m) فإذا كانت قوة الاحتكاك الانزلاقي (F_k) بين الصندوق والسطح (20 N) مامقدار قوة الشد ومامقدار الشغل المنجز بواسطة قوة الشد والشغل المنجز بوسطة قوة الاحتكاك

الحل:



$$\sum F_x = 0$$

$$F\ cos\theta - f_k = 0$$

$$F\cos 37 - 20 = 0$$

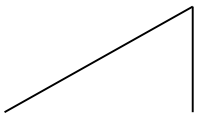
$$\mathrm{F} = \frac{20}{0.8} = 25\ N$$

$$W = F.x = F\ x\cos 37 = (25)(5)(0.8) = 100\ J$$

$$W = F_k.x = \ F_k\ x\cos 180 = 20)\ (5)(-1) = \ -100\ J$$

مثال 3-5

جد الشغل الذي ينجزه شخص لحمل كيس كتلته (15 kg) الى قمة تل ارتفاعها (10 m) كما مبين بالشكل ، وجد أيضا الشغل الذي تنجزه الجاذبية ومحصلة الشغل المنجز على الكيس ، أذا علمت أن أن الاحتكاك مهمل وأن السرعة ثابتة اي التعجيل مهمل.



الحل:

يبين الشكل القوى المسلطة على الكيس وهي قوة جذب الارض mg التي تعمل الى الاسفل والقوة F التي يسلطها الشخص الى الاعلى ليستند الكيس ولما تم أهمال التعجيل فأن القوة الافقية مهمله ايضا ومن قانون نيوتن الثاني

$$F = ma$$

$$F_p - mg = 0$$

$$F_p = mg = (15)(9.8) = 147\ N$$

$$W_p = Fxcos\theta = Fh = (147)(10) = 1470\ J$$

ونرى هنا ان الغل المنجز يعتمد فقط على تغيير الارتفاع وليس على زاوية التل θ. والشغل نفسه سيبذل لرفع الكيس شاقوليا الى نفس الارتفاع h. كما أن محصلة الشغل المبذول على الكيس تساوي صفرا اي ان

$$W_R = \ W_g + W_p = 0$$

$$W_g = -W_p = \ -1470\ J$$

5-2 الطاقة الحركية Kinetic energy

ان الطاقة الحركية سميت بهذا الاسم لانها تتعلق بخواص الجسم فقط من كتلة وسرعة بغض النظر عن أي مؤثر خارجي بحيث أنه إذا كان للجسم كتله m وسرعة v عندئذ يكون له طاقة حركة تعطى بالعلاقة الاتية أيا كان موضعه أو القوى المؤثرة عليه:

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

تعتبر الطاقة الحركية كمية عددية وهي تعتمد لجسم متحرك على مقدار سرعته وليس على الاتجاه الذي يتحرك فيه الجسم. ووحدة الطاقة الحركية هي الجول أو الارك. ويعتمد التغير بالطاقة الحركية على الشغل أي أن :

$$W = \frac{1}{2}\, mv_2^2 - \frac{1}{2}\, mv_1^2$$

وتسمى هذه العلاقة نظرية الشغل والطاقة والتي تنص على أن شغل محصلة القوى المؤثرة على جسم عندما ينتقل بين نقطتين يساوي تغير طاقته الحركة بينهما.

مثال 5-4

رميت كرة كتلتها (145 g) بسرعة (25 m/sec) ، a) ماهي طاقتها الحركية؟ b) جد الشغل المنجز لتصل هذه السرعة اذا ابتدأت حركتها من السكون؟

الحل:-

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

$$= \frac{1}{2}\, (0.145)(25)^2 = 45\, J$$

ولما كانت الطاقة الحركية الابتدائية تساوي صفرا فالشغل المنجز يساوي تماما الطاقة الحركية النهائية أي (45 J).

مثال 5-5

جد الشغل اللازم لتعجيل سيارة كتلتها (1000 kg) من (20 m/sec) الى (30 m/sec).

الحل:-

$$W = \frac{1}{2}\, mv_2^2 - \frac{1}{2}\, mv_1^2$$

$$= \frac{1}{2}\,(1000)[(30)^2 - (20)^2] = 250000\, J$$

مثال 6-5

ما شغل محصلة القوى المؤثرة على جسم كتلته (0.5 kg) عندما ينتقل بين نقطتين فتتغير سرعته من $v_1 = 3i + 5j\ m/sec$ الى $v_2 = 7j\ m/sec$ ؟

الحل:-

$$v_1^2 = 9 + 25 = 34\ m/sec$$

$$v_2^2 = 49\ m/sec$$

$$W = \frac{1}{2}\, mv_2^2 - \frac{1}{2}\, mv_1^2$$

$$W = \frac{1}{2}(0.5)(49) - \frac{1}{2}(0.5)(34) = 3.75\, J$$

5-3 الطاقة الكامنة التثاقلية *Gravitational Potential Energy*

سميت الطاقة المصاحبة لحركة الجسيم بالطاقة الحركية وهناك طاقة اخرى مهمة تصاحب تغيير موضع الجسم أو شكله وما يحيط به وتسمى بالطاقة الكامنة التثاقلية. فعند رفع جسم عن مستو نختاره كيفما نشاء قرب سطح الارض والذي يسمى بالمستوي المرجعي سيكتسب الجسم طاقة كامنة بسبب تغيير موضعه بالنسبة للمستوي اي يكتسب قابلية لانجاز شغل لانه لو حررناه بعدئذ من ايدينا ليسقط على مسمار مثلا فسيدفعه في الارض وذلك يعني انه انجز شغلاً.

ويتم التعبير عن الطاقة الكامنة التثاقلية رياضيا كالاتي :

$$E_P = mgh$$

ويتم التعبير عن الشغل الذي ينجزه الجسم بأنه حاصل جمع التغيير بالطاقة الحركية والتغيير بالطاقة الكامنة التثاقلية، ويتم التعبير عنه رياضيا بالعلاقة الاتية:

$$W = \left(\frac{1}{2}\, mv_2^2 - \frac{1}{2}\, mv_1^2\right) + (mgh_2 - mgh_1)$$

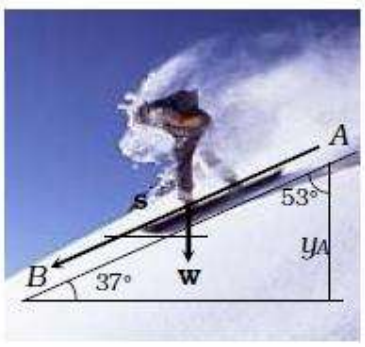
ويسمى مجموع الطاقة الحركية والطاقة الكامنة لجسم بالطاقة الميكانيكة الكلية ويمكن اعادة كتابة المعادلة اعلاه بالشكل الاتي

$$W = \left(\frac{1}{2}\, mv_2^2 + mgh_2\right) - (\frac{1}{2}\, mv_1^2 + mgh_1)$$

اي ان الشغل الذي تنجزه جميع القوى المسلطة على الجسم سوى القوة التثاقلية يساوي التغيير في الطاقة الميكانيكية الكلية للجسم.

مثال 5-7

يتزلج شخص كتلته (70 kg) مسافة (100 m) على منحدر مائل بزاوية (37°) كما في الشكل التالي، ماطاقة الكامنة التثاقلية الابتدائية والنهائية؟



الحل:

$$E_P = mgh$$

ونظرا لان موضع الارض (h=0) عند النقطة B لذا يكون $h_B=0$ ويكون :

$$E_{pA} = mgh_A = (70)(9.8)(100)\sin 37$$

$$= 41.3\ KJ$$

5-4 القدرة power

تعرف القدرة بأنها معدل الشغل المبذول في وحدة الزمن. ويرمز لها بالرمز p

$$\bar{p} = \frac{W}{t}$$

وتعطى وحدة القدرة بـ جول/ثانية (وات) (W=J/sec). وكثيرا مانستخدم الكيلووات ($kW=10^3$ W) أو ميغاوات ($MW=10^6W$) للتعبير عن القدرة الكهربائية المستهلكة في المنازل والمصانع.

مثال 5-8

ركض رجل كتلته (70 kg) صاعدا درجات سلم طويل في (4) ثواني. فاذا كان أرتفاع السلم الشاقولي يساوي (4.5 m) أحسب قدرة الرجل بالوات.

الحل:- أن الشغل الذي يبذله الرجل ضد الجاذبية الارضية هو :

$$\bar{p} = \frac{W}{t} = \frac{mgh}{t} = \frac{(70)(9.8)(4.5)}{4} = 770\ w$$