الشغل المبذول بواسطة قوة أو مجموعة قوى:

الشغل W هو حاصل ضرب معدل القوة في المسافة المقطوعة في اتجاه القوة ووحدته جول (J) وهو كمية عددية ليست لها اتجاه.

$$W = \bar{F}.\bar{S} \quad \Longrightarrow W = F\,S\,cos\theta \qquad (N.m = J)$$

$$\theta = \cos^{-1}\frac{\bar{F}.\bar{S}}{F\,S}$$ الزاوية المحصورة بين اتجاه القوة واتجاه الازاحة

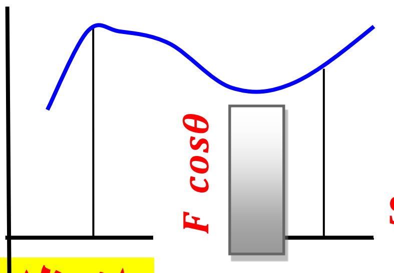
$$\bar{F} = \bar{\imath}F_x + \bar{\jmath}F_y + \bar{k}F_z \qquad , \quad \bar{S} = \bar{\imath}x + \bar{\jmath}y + \bar{k}z$$

الشغل المبذول من النقطة (1) إلى النقطة (2) من تأثير قوة متغيرة لمنحنى القوة والمسافة يمثل المساحة المحصورة تحت المنحنى ويساوي :

$$W = \int_1^2 \bar{F}.d\bar{S} = \int_1^2 F\,S\,cos\theta$$

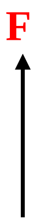
F

(1) (2)

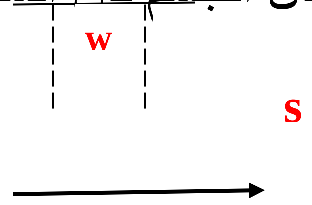


ملاحظات :

1- يكون الشغل موجب اذا كانت القوة تنجز شغل ويكون سالب اذا كانت القوة تضيع شغل مثل قوة الاحتكاك.



2- اذا كانت القوة ثابتة وموازية لجهة انتقال الجسم فان الشغل يساوي المساحة تحت منحنى القوة

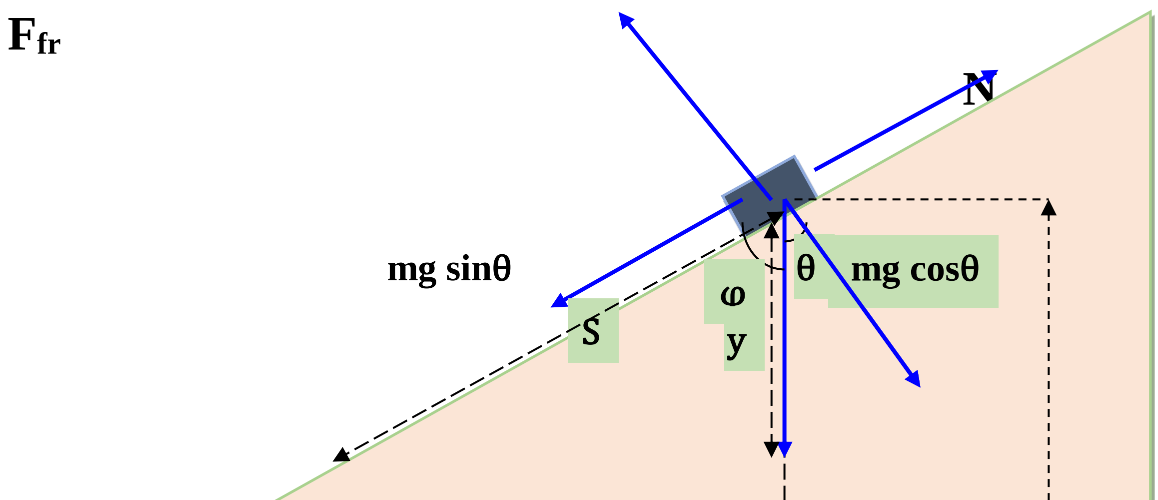


3- اذا تغير مقدار القوة المؤثرة أو تغير الاتجاه بين القوة وإزاحة الجسم بصورة منتظمة من الصفر الى أعظم ما يمكن ويساوي:

$$W = \frac{1}{2} F cos\theta . S$$

4- القوة لا تنجز شغل اذا كانت عمودية على اتجاه حركة الجسم.

شغل الوزن وشغل رد فعل السطح وشغل الاحتكاك:



1- شغل وزن الجسم (W_w)

$$W_w = mg(y_1 - y_2) = mg\ y$$

$= mgcos\varphi\ S$ y شغل الوزن باتجاه الازاحة الشاقولية

or W_w

$= mg\ sin\theta\ S$ S شغل مركبة الوزن الشاقولية باتجاه الازاحة

2- شغل رد فعل السطح (W_N):

بما ان قوة رد فعل السطح (N) عمودية دائما على السطح الذي يتحرك عليه الجسم أي ان الزاوية بين القوة (N) والإزاحة (S) تكون (90^O) أي ان شغل قوة رد الفعل تساوي صفر ($W_N=0$)

3- شغل قوة الاحتكاك (W_{F_r}) :

$$W_{F_{fr}} = F_{fr} . S = F_{fr} \cos 180^{o} \, S = -F_{fr} \; S$$

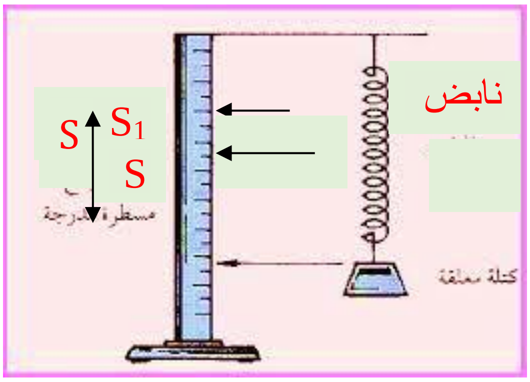
$$= -\mu_k \, N \, S$$

$$W_{F_r}$$

$$= -\mu_k \, mg \, cos\theta \, S$$ شغل قوة الاحتكاك سالب دوماَ

$$W_T = W_w + W_N + W_{F_{fr}}$$ شغل محصلة القوى

الشغل المبذول بالنابض (شغل قوة الإرجاع):



عندما ينتقل الجسم المربوط بالنابض أزاحه ($S = S_2 - S_1$) فان النابض يؤثر على الجسم بقوة تتناسب مع الإزاحة وبالاتجاه المعاكس وتسمى هذه القوة بقوة الإرجاع أو قوة المرونة (F=-KS) حيث K ثابت المرونة للنابض $\left(K = \frac{mg}{S_2 - S_1}\right)$ ويسمى بقانون هوك للمرونة.

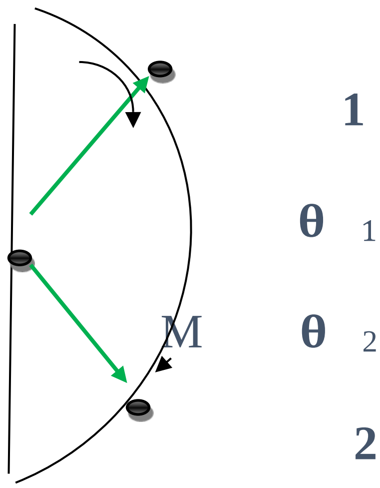
شغل قوة الإرجاع الذي يبذله النابض عندما ينتقل الجسم المربوط به من S_1 الى S_2 يساوي :

$$W = \int F\, dS$$

$$= \int_{S_1}^{S_2} -K\, S\, dS = -\frac{1}{2} K (S_2^2 - S_1^2)$$

$$= -\frac{1}{2} K S^2$$

شغل عزم الازدواج أو عزم الدوران Work of a Couple or Torque :



الشغل التفاضلي للعزم M من خلال الإزاحة الزاوية $d\theta$ يساوي :

$$dW = M\, d\theta \quad \Longrightarrow W_{1\,2} = \int_{\theta_1}^{\theta_2} M\, d\theta$$

$$IF \quad M = constant \quad \Longrightarrow W_{1\,2} = M \int_{\theta_1}^{\theta_2} d\theta \Longrightarrow W_{1\,2} = M(\theta_2 - \theta_1)$$

العزم: $M = F\, r$

يساوي القوة في ذراعها

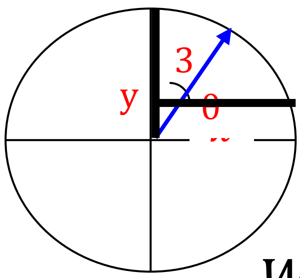
مثال: يستخدم ذراع مفتاح على شكل حرف T في عجلة توسيع قطر ثقب وذلك بتسليط قوتين متساويتين بالمقدار ومتعاكستين بالاتجاه (16 N) وعلى مسافة (150 mm) من المركز أوجد الشغل المبذول عندما يدور ذراع المفتاح بزاوية (375^{o}).

$$W = M(\theta_2 - \theta_1) \quad , \qquad M = F\,r$$

$$M = M_1 + M_2 = 2 \times 16 \times 0.15 = 4.8\ N.m$$

$$W = 4.8 \times 375^o \times \frac{\pi}{180^o} = 31.4\ J$$

مثال: ما شغل القوة $\bar{F} = (2x - y + z)\bar{\imath} + (x + y - z^2)\bar{\jmath} + (3x - 2y + 4z)\bar{k}$ على جسم يدور دورة كاملة على محيط دائرة في المستوي $(x\ y)$ مركزها $(0,0)$ ونصف قطرها 3m .



بما ان الجسم يدور في المستوي $x\ y$

$$\therefore z = 0\ ,\ \ F_z = 0$$

$$W = \int_0^{2\pi} \bar{F}.d\bar{S}$$

$$\bar{F} = (2x - y)\bar{\imath} + (x + y)\bar{\jmath} \quad ، \quad dS = \bar{\imath}\,dx + \bar{\jmath}\,dy$$

$$W = \int_0^{2\pi} \bar{F}.d\bar{S}$$

$$= \int_0^{2\pi} (2x - y)dx + (x + y)dy$$

$$x = 3\,cos\theta \quad \Longrightarrow dx = -3\,sin\theta\,d\theta \quad , y = 3\,sin\theta \quad \Longrightarrow dy = 3\,cos\theta\,d\theta$$

$$W = \int_0^{2\pi} (2 \times 3\,cos\theta - 3\,sin\theta)(-3\,sin\theta\,d\theta) + (3\,cos\theta + 3\,sin\theta)3\,cos\theta\,d\theta$$

$$W = \int_0^{2\pi} (-18\,cos\theta\,sin\theta + 9sin^2\theta + 9cos^2\theta + 9cos\theta\,sin\theta)\,\mathrm{d}\theta$$

$$W = \int_0^{2\pi} [\,-9\,cos\theta\,sin\theta + 9(sin^2\theta + cos^2\theta)]\mathrm{d}\theta$$

$$W = -9\int_0^{2\pi} cos\theta\,sin\theta\,\mathrm{d}\theta \,+ 9\int_0^{2\pi} \mathrm{d}\theta$$

$$W = -9\left(\frac{sin\theta^2}{2}\right)_0^{2\pi} + 9 \times 2\pi = 0 + 18\pi = 18\pi\,J$$