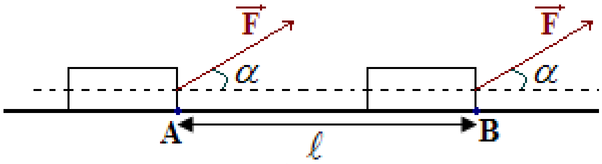
شغل وقدرة قوة
Travail et puissance d'une force

I ـ شغل قوة أو مجموعة قوى

1 ـ شغل قوة ثابتة مطبقة على جسم صلب في إزاحة:

نقول إن القوة $\vec{F}$ ثابتة عندما تحتفظ متجهة القوة بنفس المنحى ونفس الاتجاه ونفس المنظم خلال الانتقال.

1 - 1 ـ إزاحة مستقيمية



إذا اعتبرنا نقطة M من الجسم الصلب في إزاحة خاضعة لقوة $\vec{F}$ تنتقل من الموضع A إلى الموضع B ، فإن القوة $\vec{F}$ تنجز شغلا W ويساوي الجداء السلمي لمتجهة القوة $\vec{F}$ ومتجهة الانتقال $\overrightarrow{AB}$ لنقطة تأثير القوة: $\boxed{W_{A\to B}\left(\vec{F}\right)=\vec{F}.\overrightarrow{AB}}$

$$W_{A\to B}\left(\vec{F}\right)=F.AB.\cos(\widehat{\vec{F},\overrightarrow{AB}})$$

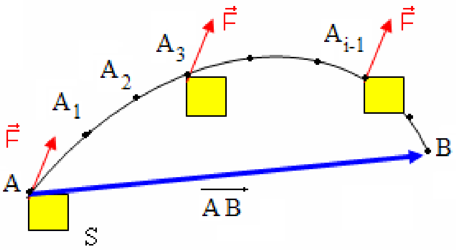
نضع: $\alpha=(\widehat{\vec{F},\overrightarrow{AB}})$ و $AB=\ell$ ومنه: $\boxed{W_{A\to B}\left(\vec{F}\right)=F.\ell.\cos\alpha}$ J

N m

وحدة الشغل في SI الجول Joule ويرمز لها بـ: J

الجول هو شغل قوة ثابتة شدتها 1N عند انتقال نقطة تأثيرها بـ 1m أي: 1J = 1N.m

1 - 2 ـ إزاحة منحنية



نقسم المسار إلى أجزاء متناهية في الصغر: $AA_1, A_1A_2, A_2A_3, \ldots\ldots, A_iB$.

نعبر عن الشغل الجزئي δW_i للقوة $\vec{F}$ خلال انتقال جزئي متجهته $\overrightarrow{\delta\ell_i}$:

$\boxed{\delta W_i = \vec{F}.\overrightarrow{\delta\ell_i}}$

الشغل الكلي $W_{A\to B}\left(\vec{F}\right)$ للقوة $\vec{F}$ عند انتقال نقطة تأثيرها من A إلى B هو مجموع الأشغال الجزئية:

$$W_{A\to B}(\vec{F})=\Sigma\delta W_i$$
$$=\Sigma\vec{F}.\overrightarrow{\delta\ell_i}$$
$$=\vec{F}.\Sigma\overrightarrow{\delta\ell_i}$$

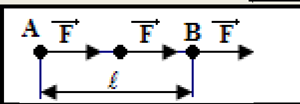
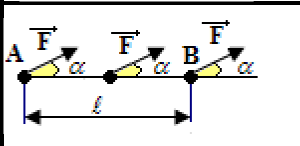
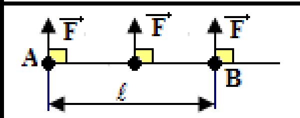
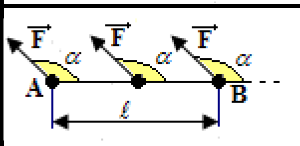
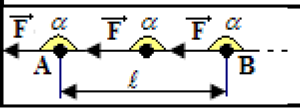
نضع : $\Sigma\overrightarrow{\delta\ell_i}=\overrightarrow{AB}$ وبالتالي: $\boxed{W_{A\to B}(\vec{F})=\vec{F}.\overrightarrow{AB}}$

خلاصة:

لا يرتبط شغل قوة ثابتة بمسار نقطة تأثيرها بل يرتبط فقط بموضعها البدئي وموضعها النهائي.

2 ـ الشغل المحرك و الشغل المقاوم

الشغل مقدار جبري، إذ يمكن أن يكون موجبا أو سالبا

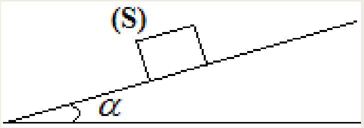
$\alpha = 0$		$W_{A\to B}\left(\vec{F}\right)=+F.\ell$ الشغل محرك
$0 < \alpha < 90°$		$W_{A\to B}\left(\vec{F}\right)=F.\ell.\cos\alpha$ $W_{A\to B}\rangle 0$ الشغل محرك
$\alpha = 90°$		$W_{A\to B}\left(\vec{F}\right)=0$ الشغل منعدم
$90° < \alpha < 180°$		$W_{A\to B}\left(\vec{F}\right)=F.\ell.\cos\alpha$ $W_{A\to B}\langle 0$ الشغل مقاوم
$\alpha = 180°$		$W_{A\to B}\left(\vec{F}\right)=-F.\ell$ الشغل مقاوم

3 ـ شغل مجموعة من قوى ثابتة مطبقة على جسم صلب في إزاحة مستقيمية.

يساوي شغل مجموع قوى ثابتة $\vec{F_1}, \vec{F}_2, ..., \vec{F_n}$ مطبقة على جسم صلب في إزاحة مستقيمية الجداء السلمي لمجموع متجهات القوى $\vec{F} = \vec{F_1} + \vec{F}_2 + ... + \vec{F_n}$ ومتجهة الانتقال $\overrightarrow{AB}$:

$$\begin{aligned} W_{A\to B}(\vec{F}) &= W_{A\to B}(\vec{F_1}) + W_{A\to B}(\vec{F_2}) + ... + W_{A\to B}(\vec{F_n}) \\ &= \vec{F_1}.\overrightarrow{AB} + \vec{F_2}.\overrightarrow{AB} + ... + \vec{F_n}.\overrightarrow{AB} \\ &= (\vec{F_1} + \vec{F_2} + ...\vec{F_n}).\overrightarrow{AB} \\ &= \vec{F}.\overrightarrow{AB} \end{aligned}$$

تطبيق:



نعتبر جسما صلبا (S) ينزلق باحتكاك على مستوى مائل بزاوية α بالنسبة للمستوى الأفقي.

أوجد تعبير شغل القوة $\vec{R}$ المقرونة بتأثير السطح على الجسم (S) .

....

....

....

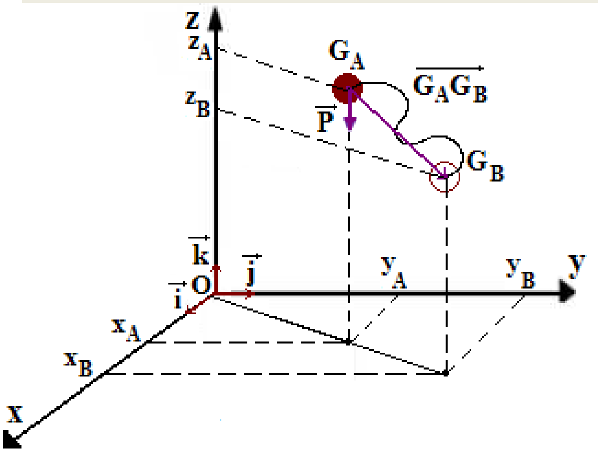
....

....

....

III ـ شغل وزن جسم.

عند ارتفاع h من سطح الأرض نعتبر مجال الثقالة منتظما، وبالتالي وزن الجسم $\vec{P}$ قوة ثابتة.



نعتبر المعلم المتعامد الممنظم الأرضي $(O,\vec{i},\vec{j},\vec{k})$ ، نعبر عن شغل وزن جسم عند انتقال مركز قصور الجسم G من A إلى B بـ :

$$\boxed{W_{G_A\to G_B}(\vec{P}) = \vec{P}.\overrightarrow{G_AG_B}}$$

إحداثيات $\overrightarrow{G_AG_B}$ و $\vec{P}$ في المعلم $(O,\vec{i},\vec{j},\vec{k})$:

$$\overrightarrow{G_AG_B}\left|\begin{array}{l} x_B - x_A \\ y_B - y_A \\ z_B - z_A \end{array}\right. \qquad \vec{P}\left|\begin{array}{l} 0 \\ 0 \\ -mg \end{array}\right.$$

نكتب: $W_{G_A\to G_B}(\vec{P}) = 0.(x_B - x_A) + 0.(y_B - y_A) - mg.(z_B - z_A)$

وبالتالي فإن: $\boxed{W_{G_A\to G_B}(\vec{P}) = mg.(z_A - z_B)}$

خلاصة:

لا يرتبط شغل وزن جسم إلا بالأنسوب z_A للموضع البدئي وبالأنسوب z_B للموضع النهائي لمركز قصور الجسم، فهو إذن لا يتعلق بالمسار المتبع.

ملحوظة:

- ✓ عند انتقال جسم صلب نحو الأسفل (نزول) : $W_{G_A\to G_B}(\vec{P}) > 0$ ، محرك.
- ✓ عند انتقال جسم صلب نحو الأعلى (صعود) : $W_{G_A\to G_B}(\vec{P}) < 0$ ، مقاوم.

تطبيق:

نقوم بسحب جسم صلب ذي كتلة $m = 250Kg$ نحو الأعلى على مستوى مائل بزاوية $\alpha = 30°$ بالنسبة للمستوى الأفقي، فيقطع مركز ثقله G المسافة $AB = 12m$.

1 ـ أنجز تبيانة تبرز فيها الموضعين A و B ومحورا رأسيا oz موجها نحو الأعلى، والأنسوبين z_A و z_B .

2 ـ هل شغل وزن الجسم محرك أم مقاوم . حدد إشارته.

3 ـ احسب $W_{A\to B}(\vec{P})$ شغل وزن الجسم بين الموضعين A و B. نعطي: $g = 10N.Kg^{-1}$

....

....

....

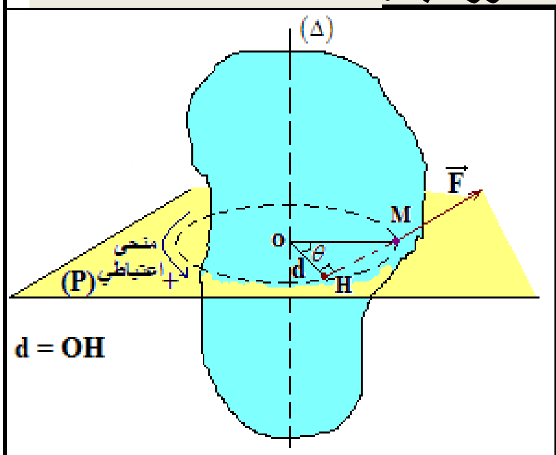
....

....

....

....

IV شغل قوة عزمها ثابت مطبقة على جسم صلب في دوران حول محور ثابت.



القوة $\vec{F}$ توجد في المستوى (P) العمودي على المحور (Δ)

1 ـ عزم قوة بالنسبة لمحور دوران ثابت.

صيغة عزم قوة $\vec{F}$ خط تأثيرها متعامد مع المحور (Δ) هي:

$$\boxed{M_\Delta(\vec{F}) = \pm F.d} \to \text{N m}$$

N.m

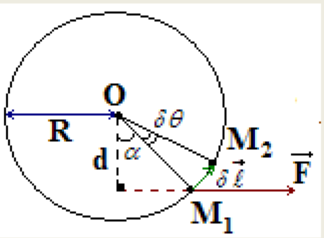
اختيار منحى الدوران يكون اعتباطيا.

2 ـ الشغل الجزئي δW.

نعبر عن الشغل الجزئي لقوة $\vec{F}$ عزمها ثابت بـ : $\boxed{\delta W = M_\Delta(\vec{F}).\delta\theta}$

الشغل الكلي هو مجموع الشغل الجزئية:

$$W = \Sigma \delta W$$
$$= \Sigma M_\Delta(\vec{F}).\delta\theta$$
$$= M_\Delta(\vec{F}).\Sigma\delta\theta$$



نضع: $\Sigma\delta\theta = \Delta\theta$

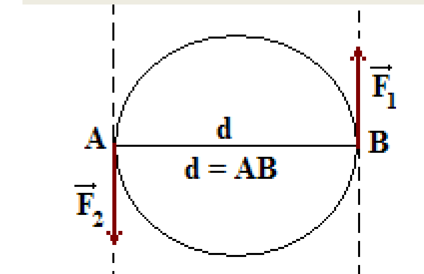
وبالتالي: $\boxed{W = M_\Delta(\vec{F}).\Delta\theta} \to$ J

N m   rad

شغل قوة مطبقة على جسم صلب في دوران حول محور ثابتن وعزمها ثابت بالنسبة لهذا المحور هو جداء العزم وزاوية الدوران: $\boxed{W = M_\Delta(\vec{F}).\Delta\theta}$

3 ـ شغل مزدوجة عزمها ثابت.

أ ـ تذكير:



d: المسافة التي تفصل خطي تأثير القوتين

تتكون مزدوجة قوتين من قوتين $\vec{F}_1$ و $\vec{F}_2$ قابلتين لإدارة جسم صلب في نفس المنحى حيث:

- ✓ متجهتي القوتين متوازيتين؛
- ✓ منحيا القوتين متعاكسان؛
- ✓ للقوتين نفس الشدة $F_1 = F_2 = F$.

عزم مزدوجة قوتين: $\boxed{M = \pm F.d}$ وهو مستقل عن وضع المحور بالنسبة للقوتين.

ب ـ شغل مزدوجة قوتين:

$$\boxed{W = M_{\Delta}.\Delta\theta}$$

V ـ قدرة قوة أو مجموعة قوى

1 ـ تعريف

القدرة مقدار فيزيائي يتعلق بالشغل وبالمدة الزمنية اللازمة لإنجازه.

2 ـ القدرة المتوسطة

تساوي القدرة المتوسطة لشغل قوة، خارج قسمة الشغل W لهذه القوة على المدة الزمنية Δt اللازمة لإنجاز هذا الشغل:

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

W ، J ، s

وحدة القدرة في SI هي الواط Watt رمزها **W** .

3 ـ القدرة اللحظية لقوة ثابتة أو مجموعة قوى ثابتة مطبقة على جسم صلب في إزاحة

تساوي القدرة اللحظية P لقوة ثابتة مطبقة على جسم صلب في إزاحة خارج قسمة الشغل الجزئي δW على المدة δt :

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

$\delta W = \vec{F}.\vec{\delta\ell}$ نعوض: $P = \vec{F}.\frac{\vec{\delta\ell}}{\delta t}$

نضع: $\vec{V} = \frac{\vec{\delta\ell}}{\delta t}$ فنكتب: $\boxed{P = \vec{F}.\vec{V}}$

أي: $\boxed{P = F.V.\cos\left(\widehat{\vec{F},\vec{V}}\right)}$

$\vec{V}$: السرعة اللحظية لنقطة تأثير القوة.

ملحوظة:

في حالة مجموعة قوى مطبقة على جسم صلب في إزاحة تساوي القدرة اللحظية لهذه القوى مجموع القدرات اللحظية لمختلف القوى: $P = \vec{F_1}.\vec{V_1} + \vec{F_2}.\vec{V_2} + ... + \vec{F_n}.\vec{V_n}$

وبما أن الجسم في حالة إزاحة فإن: $V_1 = V_2 = \ldots = V_n$

فنكتب: $\boxed{P = \Sigma\vec{F}.\vec{V}}$

4 ـ القدرة اللحظية لقوة عزمها ثابت مطبقة على جسم صلب في دوران حول محور ثابت.

تساوي القدرة اللحظية لقوة ذات عزم ثابت مطبقة على جسم صلب في دوران حول محور ثابت، جداء عزم القوة بالنسبة لهذا المحور و السرعة الزاوية للجسم الصلب:

$$\boxed{P = M_{\Delta}\left(\vec{F}\right).\omega}$$