

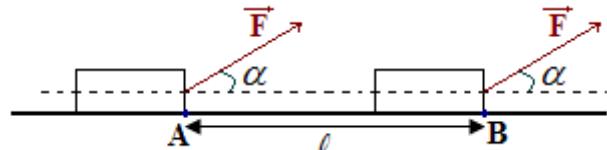
شغل وقدرة قوة Travail et puissance d'une force

I - شغل قوة أو مجموعة قوى

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

نقول إن القوة F ثابتة عندما تحفظ متجهة القوة بنفس المنحى ونفس الاتجاه ونفس المنظم خلال الانتقال.

1 - 1 - إزاحة مستقيمية



إذا اعتبرنا نقطة M من الجسم الصلب في إزاحة خاضعة لقوة F تنتقل من الموضع A إلى الموضع B ، فإن القوة F

تنجز شغلا W ويساوي الجداء السلمي لمتجهة القوة F ومتجهة الانتقال \overrightarrow{AB} لنقطة تأثير القوة:

$$W_{A \rightarrow B}(\vec{F}) = \vec{F} \cdot \overrightarrow{AB}$$

نضع: $AB = l$ و $\alpha = \widehat{(\vec{F}, \overrightarrow{AB})}$

$$J \quad W_{A \rightarrow B}(\vec{F}) = F \cdot l \cdot \cos \alpha \quad \text{ومنه:}$$

وحدة الشغل في SI الجول Joule ويرمز لها بـ J

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

1 - 2 - إزاحة منحنية

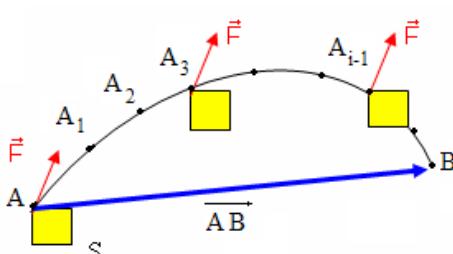
نقسم المسار إلى أجزاء متناهية في الصغر: $.AA_1, A_1A_2, A_2A_3, \dots, A_iB$

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

$$\delta W_i = F \cdot \delta l_i$$

الشغل الكلي $W_{A \rightarrow B}(\vec{F})$ عند انتقال نقطة تأثيرها من A إلى B هو مجموع

$$W_{A \rightarrow B}(\vec{F}) = \sum \delta W_i$$



$$W_{A \rightarrow B}(\vec{F}) = \vec{F} \cdot \overrightarrow{AB} \quad \text{وبالتالي:}$$

نضع: $\sum \vec{\delta l}_i = \overrightarrow{AB}$

$$= \sum \vec{F} \cdot \vec{\delta l}_i$$

$$= \vec{F} \cdot \sum \vec{\delta l}_i$$

خلاصة:

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

2 - الشغل المحرك والشغل مقاوم

الشغل مقدار جبri، إذ يمكن أن يكون موجباً أو سالباً

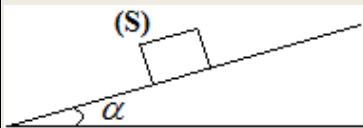
$\alpha = 0$		$W_{A \rightarrow B}(\vec{F}) = +F \cdot l$ الشغل محرك
$0 < \alpha < 90^\circ$		$W_{A \rightarrow B}(\vec{F}) = F \cdot l \cdot \cos \alpha$ $W_{A \rightarrow B} > 0$ الشغل محرك
$\alpha = 90^\circ$		$W_{A \rightarrow B}(\vec{F}) = 0$ الشغل منعدم
$90^\circ < \alpha < 180^\circ$		$W_{A \rightarrow B}(\vec{F}) = F \cdot l \cdot \cos \alpha$ $W_{A \rightarrow B} < 0$ الشغل مقاوم
$\alpha = 180^\circ$		$W_{A \rightarrow B}(\vec{F}) = -F \cdot l$ الشغل مقاوم

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

يساوي شغل مجموع قوى ثابتة $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \vec{F}_n, \dots$ مطبقة على جسم صلب في إزاحة مستقيمية الجداء السلمي لمجموع متجهات القوى $\vec{AB} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n$ ومتوجهة الانتقال :

$$\begin{aligned} W_{A \rightarrow B}(\vec{F}) &= W_{A \rightarrow B}(\vec{F}_1) + W_{A \rightarrow B}(\vec{F}_2) + \dots + W_{A \rightarrow B}(\vec{F}_n) \\ &= \vec{F}_1 \cdot \vec{AB} + \vec{F}_2 \cdot \vec{AB} + \dots + \vec{F}_n \cdot \vec{AB} \\ &= (\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n) \cdot \vec{AB} \\ &= \vec{F} \cdot \vec{AB} \end{aligned}$$

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).

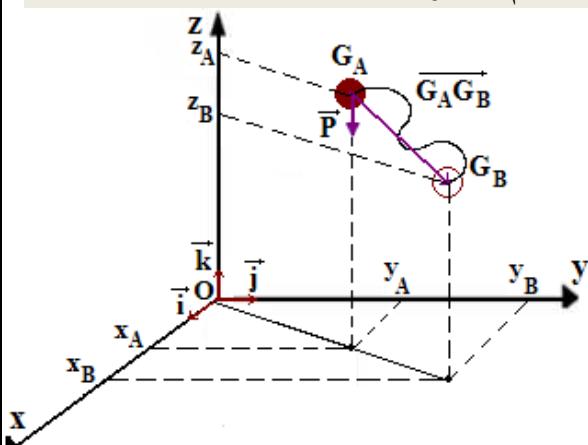
III - شغل وزن جسم.

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

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

$$W_{G_A \rightarrow G_B}(\vec{P}) = \vec{P} \cdot \vec{G}_A \vec{G}_B$$

إحداثيات \vec{P} و $\vec{G}_A \vec{G}_B$ في المعلم $(O, \vec{i}, \vec{j}, \vec{k})$:



$$\begin{array}{c|ccc} \vec{P} & 0 & \vec{G}_A \vec{G}_B & \begin{array}{l} x_B - x_A \\ y_B - y_A \\ z_B - z_A \end{array} \\ \hline 0 & 0 & 0 & \\ -mg & & & \end{array}$$

$$W_{G_A \rightarrow G_B}(\vec{P}) = 0 \cdot (x_B - x_A) + 0 \cdot (y_B - y_A) - mg \cdot (z_B - z_A)$$

$$W_{G_A \rightarrow G_B}(\vec{P}) = mg \cdot (z_A - z_B)$$

خلاصة:

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

ملحوظة:

✓ عند انتقال جسم صلب نحو الأسفل (نزول) : $W_{G_A \rightarrow G_B}(\vec{P}) > 0$ ، محرك.

✓ عند انتقال جسم صلب نحو الأعلى (صعود) : $W_{G_A \rightarrow G_B}(\vec{P}) < 0$ ، مقاوم.

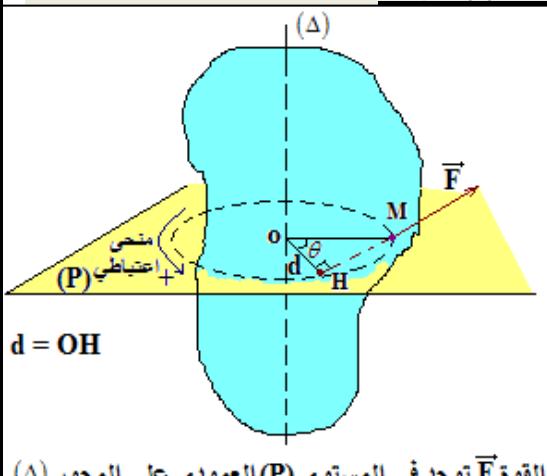
تطبيق:

نقوم بسحب جسم صلب ذي كتلة $m = 250\text{Kg}$ نحو الأعلى على مستوى مائل بزاوية $30^\circ = \alpha$ بالنسبة للمستوى الأفقي، فيقطع مركز تقله G المسافة $AB = 12\text{m}$.

- 1 - أنجز تبیانة تبرز فيها الموضعين A و B ومحور رأسيا oz موجها نحو الأعلى، والأنسوبین z_A و z_B .
- 2 - هل شغل وزن الجسم محرك أم مقاوم . حدد إشارته.

3 - احسب $(P)_{A \rightarrow B}^W$ شغل وزن الجسم بين الموضعين A و B. نعطي: $g = 10\text{N.Kg}^{-1}$

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 - عزم قوة بالنسبة لمحور دوران ثابت.

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

$$N \text{ m} \rightarrow M_{\Delta}(\vec{F}) = \pm F \cdot d$$

\uparrow \downarrow
N.m

اختيار منحى الدوران يكون اعتباطيا.

2 - الشغل الجزيئي δW

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

الشغال الكلي هو مجموع الشغال الجزيئية: $W = \sum \delta W$

$$= \sum M_{\Delta}(\vec{F}) \cdot \delta \theta$$

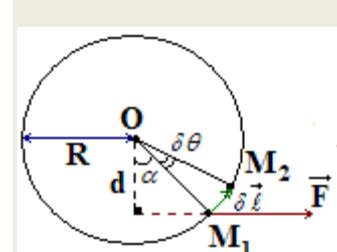
$$= M_{\Delta}(\vec{F}) \cdot \sum \delta \theta$$

$$J \rightarrow W = M_{\Delta}(\vec{F}) \cdot \Delta \theta$$

\uparrow \uparrow
N m rad

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

وبالتالي:



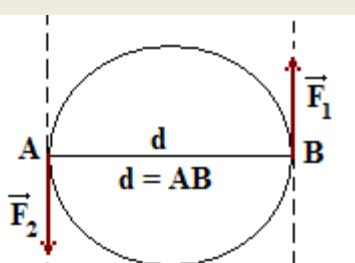
شغل قوة مطبقة على جسم صلب في دوران حول محور ثابت وعزمها ثابت بالنسبة لهذا المحور هو جداء العزم وزاوية الدوران:

$$W = M_{\Delta}(\vec{F}) \cdot \Delta \theta$$

3 - شغل مزدوجة عزمها ثابت.

أ - تذكير:

ت تكون مزدوجة قوتين من قوتين F_1 و F_2 قابلتين لإدارة جسم صلب في نفس المنحى حيث:



المسافة التي تفصل خطى تأثير القوتين d

✓ متجهتي القوتين متوازيتين؛

✓ منحيا القوتين متعاكسان؛

✓ للقوتين نفس الشدة $F_1 = F_2 = F$.

عزم مزدوجة قوتين: $M = \pm F \cdot d$

ب - شغل مزدوجة قوتين:

$$W = M_{\Delta} \cdot \Delta \theta$$

V - قدرة قوة أو مجموعة قوى

1 - تعريف

القدرة مقدار فيزيائي يتعلّق بالشغل وبالمدة الزمنية الازمة لإنجازه.

2 - القدرة المتوسطة

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

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

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

3 - 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 :

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

$$P = \vec{F} \cdot \frac{\overrightarrow{\delta l}}{\delta t} \quad \text{نوع:} \quad \delta W = \vec{F} \cdot \overrightarrow{\delta l}$$

$$\begin{aligned} P &= \vec{F} \cdot \vec{V} & \text{فكتوب:} \quad \vec{V} = \frac{\overrightarrow{\delta l}}{\delta t} \\ P &= F \cdot V \cdot \cos(\hat{\vec{F}, \vec{V}}) & \text{أي:} \end{aligned}$$

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:

$$P = \vec{F}_1 \cdot \vec{V}_1 + \vec{F}_2 \cdot \vec{V}_2 + \dots + \vec{F}_n \cdot \vec{V}_n$$

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

$$P = \sum \vec{F} \cdot \vec{V}$$

4 - 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 والسرعة الزاوية للجسم الصلب:

$$P = M_{\Delta} (\vec{F}) \cdot \omega$$