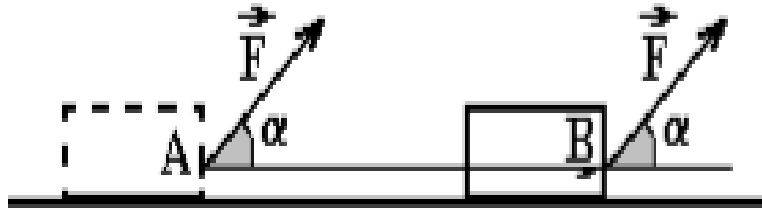


الشغل والقدرة

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

1.1- شغل قوة ثابتة مطبقة على جسم صلب في إزاحة مستقيمة :
*تعريف :



نقول ان قوة ثابتة إذا احتفظت بنفس المميزات أثناء حركة جسم .
شغل قوة ثابتة $\vec{F}$ مطبقة على جسم صلب في إزاحة مستقيمة يساوي الجداء السلمي لمتجهة القوة ومتجهة انتقال نقطة تأثيرها .

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

$\overrightarrow{AB}$ متجهة انتقال نقطة تأثير القوة $\vec{F}$ بين الموضعين A و B .
هام :

يمكن التعبير أيضا عن الشغل بدلالة أحداثيات متجهة القوة $\vec{F}$ ومتجهة الانتقال $\overrightarrow{AB}$ في معلم متعامد ممنظم (Oxy)

$$W_{A \rightarrow B}(\vec{F}) = \vec{F} \cdot \overrightarrow{AB} = F_x(x_B - x_A) + F_y(y_B - y_A)$$

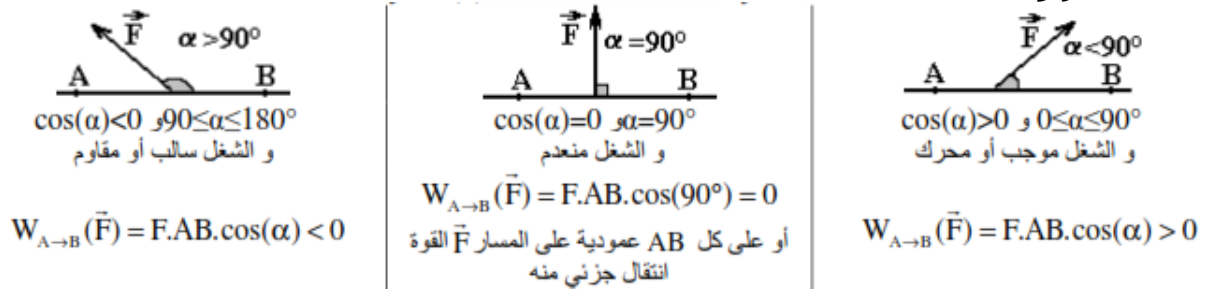
*وحدة الشغل :

- وحدة الشغل في النظام العالمي للوحدات هي الجول ويرمز له ب (J)
- الجول هو الشغل الذي تبذله قوة ثابتة شدتها 1N عند انتقال نقطة تأثيرها بمتر واحد بحيث : $1J = 1N.m$

*الشغل المحرك والشغل المقاوم :
حسب تعبير الشغل :

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

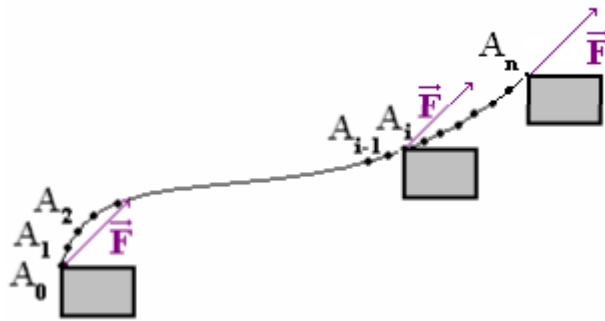
شغل قوة $\vec{F}$ مقدار جبري وإشارته مرتبطة فقط بقيمة $\cos \alpha$ أي بقيمة الزاوية α .



1.2- شغل قوة ثابتة مطبقة على جسم صلب في إزاحة منحنية :

- الجسم (S) في إزاحة منحنية أي أن مسار حركة نقطة M من الجسم منحنى (غير مستقيمي).

- نقسم المسار إلى أجزاء مستقيمة $\vec{\delta l}$ متناهية في الصغر
 $\overrightarrow{A_0 A_1}$ و $\overrightarrow{A_1 A_2}$ و و $\overrightarrow{A_{n-1} A_n}$



- الشغل الجزئي الذي تنجزه القوة $\vec{F}$ خلال الانتقال $\vec{\delta l}$ هو :

$$\delta M(\vec{F}) = \vec{F} \cdot \vec{\delta l}$$

- الشغل الكلي بين النقطتين A_0 و A_n يساوي مجموع الاشغل الجزئية بين هاتين النقطتين :

$$W_{A \rightarrow B}(\vec{F}) = \sum \delta M(\vec{F}) = \sum \vec{F} \cdot \vec{\delta l} = \vec{F} \cdot \sum \vec{\delta l}$$

$$W_{A \rightarrow B}(\vec{F}) = \vec{F} \cdot (\overrightarrow{A_0 A_1} + \overrightarrow{A_1 A_2} + \dots + \overrightarrow{A_{n-1} A_n})$$

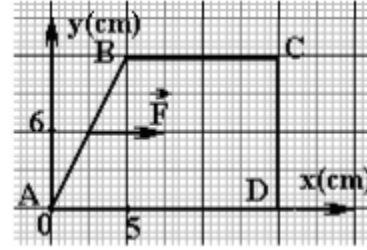
$$W_{A \rightarrow B}(\vec{F}) = \vec{F} \cdot \overrightarrow{A_0 A_n}$$

استنتاج :

شغل قوة ثابتة مطبقة على جسم صلب في إزاحة منحنية مستقل عن المسار المتبع ميساوي الجداء السلمي لمتجهة القوة ومتجهة نقطة انتقال نقطة تأثيرها بين الموضعين البدئي والنهائي .

تطبيق :

- تنتقل نقطة تأثير قوة ثابتة شدتها $F=15N$ وفق المسار ABCD .
- 1- أحسب شغل القوة $\vec{F}$ خلال كل انتقال وبطريقتين مختلفتين .
 - 2- أحسب شغل القوة خلال الانتقال من A إلى D .

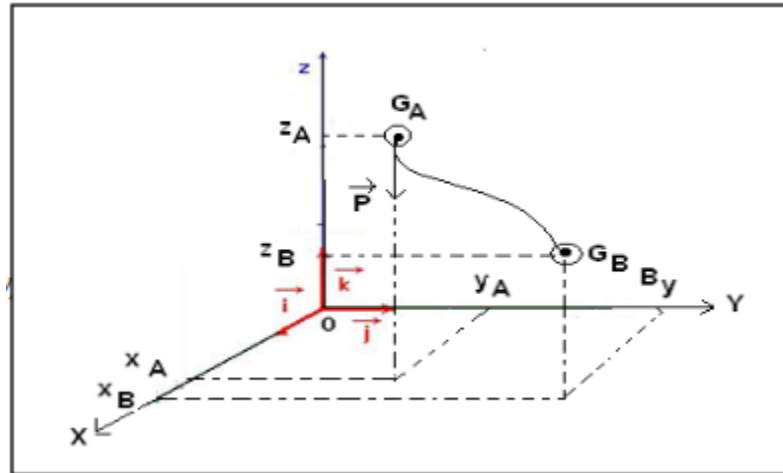


3.1- شغل وزن الجسم :

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

نختار معلما متعامدا ممنظما حيث المحور Oz رأسي موجه نحو الاعلى ونحدد الاحداثيات المتجهتين : $\vec{P}$ و $\overrightarrow{AB}$:

$$\vec{P} \begin{pmatrix} P_x = 0 \\ P_y = 0 \\ P_z = 0 \end{pmatrix} \quad \text{و} \quad \overrightarrow{AB} \begin{pmatrix} x_B - x_A \\ y_B - y_A \\ z_B - z_A \end{pmatrix}$$



نحصل على :

$$W_{A \rightarrow B}(\vec{P}) = P_x \cdot (x_B - x_A) + P_y \cdot (y_B - y_A) + P_z \cdot (z_B - z_A)$$

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

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

استنتاج :

شغل وزن الجسم مستقل عن المسار المتبع ومرتبطة بالانسوب z_A للموضع البدئي والأنسوب z_B للموضع النهائي لمركز قصور الجسم .

عند نزول الجسم يكون شغل الوزن محركا : $W_{A \rightarrow B}(\vec{P}) > 0$

عند صعود الجسم يكون شغل الوزن مقاوما $W_{A \rightarrow B}(\vec{P}) < 0$

ملحوظة :

تعبير شغل وزن الجسم مرتبط بمنحى المحور Oz ، إذا تغير منحاه نحو الاسفل يصبح تعبير الشغل :

$$W_{A \rightarrow B}(\vec{P}) = -mg.(z_A - z_B)$$

2- شغل مجموعة من القوى في حالة إزاحة مستقيمة :

2.1- تعبير الشغل :

شغل مجموعة قوى ثابتة $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \vec{F}_3, \dots, \vec{F}_n$ مطبقة على جسم صلب في إزاحة ، يساوي الجداء السلمي لمجموع متجهات القوى ومتجهة الانتقال :

$$W_{A \rightarrow B}(\vec{F}) = (\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \dots + \vec{F}_n) \cdot \vec{AB}$$

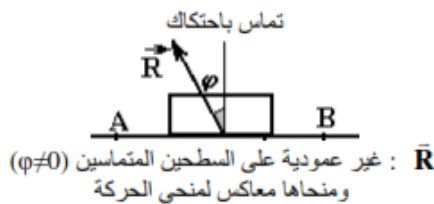
$$W_{A \rightarrow B}(\vec{F}) = \vec{F} \cdot \vec{AB}$$

بحيث : $\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \dots + \vec{F}_n = \sum \vec{F}_i$ مجموع متجهات القوى المطبقة على الجسم الصلب .

2.2- تطبيق شغل قوى الاحتكاك :

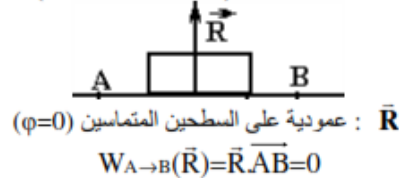
لدينا $\vec{R} \neq \vec{0}$ القوة المكافئة لقوة التماس الموزعة

$$W_{A \rightarrow B}(\vec{R}) = \vec{R} \cdot \vec{AB} = R \cdot AB \cdot \cos(\vec{R}, \vec{AB})$$

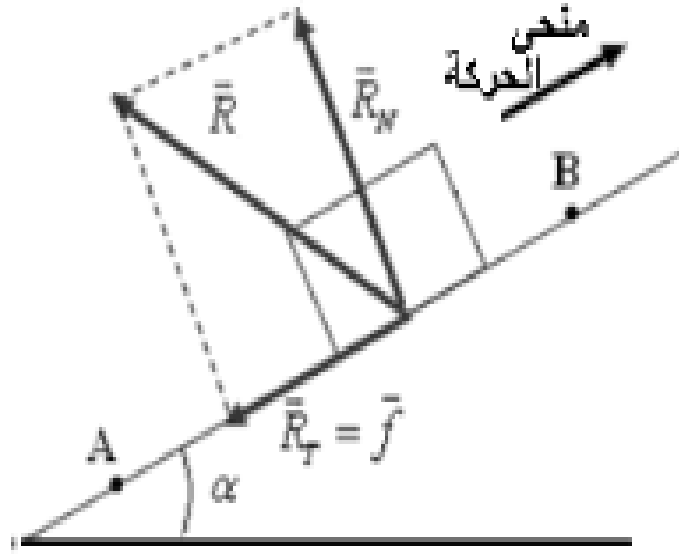


$$W_{A \rightarrow B}(\vec{R}) = \vec{R} \cdot \vec{AB} = R \cdot AB \cdot \cos(\varphi + \frac{\pi}{2}) = -R \cdot AB \cdot \sin(\varphi) < 0$$

تماس بدون احتكاك (أو الاحتكاكات مهملة).



هام شغل قوى الاحتكاك دائما سالب .



$$\vec{R} = \vec{R}_N + \vec{R}_T = \vec{R}_N + \vec{f}$$

$\vec{R}$: القوة التي يطبقها المستوى المائل
 $\vec{R}_N$: المركبة الرأسية وهي تحول دون انغراز الجسم في السطح
 $\vec{R}_T = \vec{f}$: المركبة الأفقية وهي تقاوم الانزلاق وتمثل قوة الاحتكاك بين الجسم وسطح التماس .

$$W_{A \rightarrow B}(\vec{R}) = \vec{R} \cdot \overrightarrow{AB} = (\vec{R}_N + \vec{f}) \cdot \overrightarrow{AB} = \vec{R}_N \cdot \overrightarrow{AB} + \vec{f} \cdot \overrightarrow{AB}$$

$$W_{A \rightarrow B}(\vec{R}) = 0 + \vec{f} \cdot \overrightarrow{AB} = f \cdot AB \cdot \cos \pi = -f \cdot AB < 0$$

3- قدرة قوة :

3.1- جسم صلب في إزاحة :

أ- القدرة المتوسطة :

* تعريف :

تساوي القدرة المتوسطة لقوة ، خارج شغل هذه القوة W والمدة الزمنية Δt اللازمة لانجاز هذا الشغل :

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

وحدة القدرة في النظام العالمي للوحدات هي : الواط (Watt) رمزها W .

ب- القدرة اللحظية :

إذا انجزت قوة $\vec{F}$ شغلا δW خلال مدة زمنية جد قصيرة δt ، فإن القدرة اللحظية لهذه القوة هي : $P = \frac{\delta W}{\delta t}$

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

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

نستنتج :

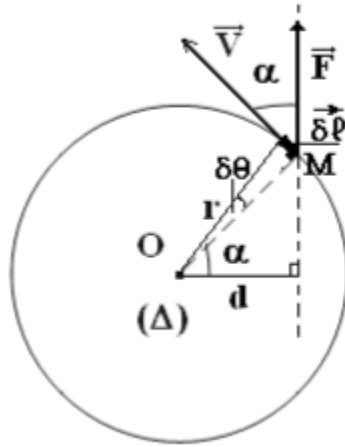
حيث $\vec{V}$ متجهة السرعة اللحظية لنقطة تأثير القوة $\vec{F}$.

ملحوظة :

يمكن حساب شغل قوة $\vec{F}$ لها قدرة ثابتة بالعلاقة : $W = P \cdot \Delta t$
يمكن استعمال الوحدة كيلو واط ساعة (kWh) لحساب هذا الشغل .

3.2- جسم صلب في دوران :

أ- القدرة اللحظية :



القدرة اللحظية للقوة $\vec{F}$ هي:

$$P = \vec{F} \cdot \vec{V}$$
$$P = F \cdot V \cdot \cos \alpha$$

نعلم أن : $M_{\Delta}(\vec{F}) = F \cdot R \cos \alpha$ و $V = R \cdot \omega$

وبالتالي نحصل على :

$$P = F \cdot R \cos \alpha \cdot \omega$$

أي:

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

ب- شغل قوة عزمها ثابت :

تعبير الشغل الجزئي :

$$\delta W = P \cdot \delta t$$

$$\delta W = M_{\Delta} \cdot \omega \cdot \delta t$$

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

الشغل الكلي :

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

بما أن القوة عزمها ثابت فإن :

$$W = M_{\Delta} \sum \delta \theta$$

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

خلاصة :

يساوي شغل قوة عزمها M_{Δ} ثابت مطبقة على جسم صلب في دوران حول محور ثابت Δ ، جداء عزمها وزاوية الدوان $\Delta \theta$:

$$W(\vec{F})_{\theta_1 \rightarrow \theta_2} = M_{\Delta} \cdot \Delta \theta$$

ج- شغل مزدوجة قوتين :

قوتان $\vec{F}_1$ و $\vec{F}_2$ تكونان مزدوجة قوتين إذا كان :

- مجموع متجهاتها منعدم $\vec{F}_1 + \vec{F}_2 = \vec{0}$

- خطي تأثيرهما متوازيين (مختلفين)

- يميزها عزم ثابت بالنسبة لأي محور دوران عودي على مستواها .

عزم مزدوجة قوتين يساوي مجموع عزم القوى المكونة للمجموعة :

$$M_C = M\left(\vec{F}_1\right)_{\Delta} + M\left(\vec{F}_2\right)_{\Delta} = \pm F \cdot d$$

شغل عزم مزدوجة قوتين عزمها ثابت :

$$W(\vec{F}_{/\Delta})_{1 \rightarrow 2} = M_C \cdot \Delta \theta$$