

شغل وقدرة قوة Travail et puissance d'une force

I. مفعول بعض التأثيرات الميكانيكية على جسم صلب

تؤثر القوى على الجسم الصلب بعدة أنواع من المفاعيل الميكانيكية منها:

- ✓ تحريك جسم صلب: سقوط الأجسام بفعل تأثير وزنها.
- ✓ إحداث دوران جسم صلب: يدور الباب بفعل تأثير القوة التي يطبقها الشخص.
- ✓ تشويه جسم صلب: تنتشوه النفاخة بفعل القوة المطبقة من قبل الأصبع.

II. شغل قوة أو مجموعة قوى ثابتة مطبقة على جسم في إزاحة

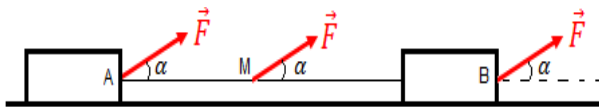
1. مفهوم شغل قوة

نقول إن قوة مطبقة على جسم ما تشتغل، إذا انتقلت نقطة تأثيرها، وغيّرت حركة هذا الجسم أو غيرت خصائصه الفيزيائية.

2. شغل قوة ثابتة مطبقة على جسم في إزاحة

القوة الثابتة هي التي تحتفظ بنفس الاتجاه، بنفس المنحى، ونفس الشدة طيلة الحركة.

a. حالة الإزاحة المستقيمة



يعبر عن شغل قوة ثابتة $\vec{F}$ خلال انتقال

مستقيمي AB بالعلاقة:

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

(N) (m)

ملحوظة: يمكن كذلك التعبير عن شغل قوة بواسطة الإحداثيات: $\vec{F}(F_x; F_y)$ و $A(x_A; y_A)$ و $B(x_B; y_B)$

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

❖ طبيعة شغل قوة ثابتة

لدينا: $W_{A \rightarrow B}(\vec{F}) = \vec{F} \cdot \overrightarrow{AB} = F \cdot AB \cos \alpha$ حيث: $-1 < \cos \alpha < 1$; $F > 0$; $AB > 0$. إذن نقول إن شغل قوة مقدار جبري وترتبط إشارته بقيمة الزاوية α .



$$90^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$$

$$\alpha = 90^\circ$$

$$0 \leq \alpha \leq 90^\circ$$

$$W_{A \rightarrow B}(\vec{F}) < 0 \quad \cos \alpha < 0$$

$$W_{A \rightarrow B}(\vec{F}) = 0 \quad \cos \alpha = 0$$

$$W_{A \rightarrow B}(\vec{F}) > 0 \quad \cos \alpha > 0$$

نقول إن الشغل مقاوم.

نقول إن الشغل منعدم.

نقول إن الشغل محرك.

b. حالة الإزاحة المنحنية

نقسم المسار المنحني إلى أجزاء صغيرة يمكن اعتبارها مستقيمة.

نعبر عن الشغل الجزئي الذي تنجزه القوة $\vec{F}$ خلال انتقال

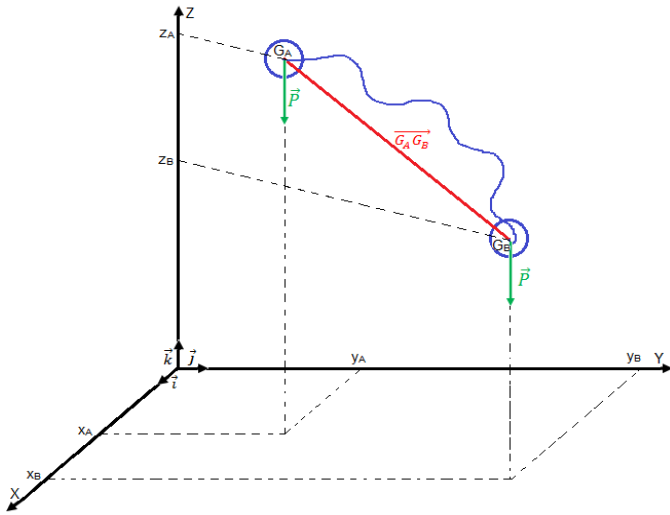
$$\delta W_i(\vec{F}) = \vec{F} \cdot d\vec{l}_i \quad \text{بالعلاقة: } d\vec{l}_i = \overrightarrow{A_i A_{i+1}}$$

أما شغل القوة $\vec{F}$ عند انتقال نقطة تأثيرها من A إلى B فهو مجموع الأشغال الجزئية:

$$W_{A \rightarrow B}(\vec{F}) = \vec{F} \cdot d\vec{l}_0 + \vec{F} \cdot d\vec{l}_1 + \dots + \vec{F} \cdot d\vec{l}_i + \dots + \vec{F} \cdot d\vec{l}_n = \vec{F} \cdot \sum_i d\vec{l}_i$$

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

إذن نقول إن شغل قوة ثابتة مستقل عن المسار الذي تتبعه نقطة تأثيرها، إذ يرتبط فقط بموضعها البدئي والنهائي.



3. تطبيق: شغل وزن جسم

بالنسبة لانتقال لا يتجاوز بضع كيلومترات (قريب من سطح الأرض)، يمكن اعتبار مجال الثقالة منتظما.

عند انتقال مركز قصور الجسم من الموضع G_A إلى G_B ، ينجز $\vec{F}$ شغلا:

$$W_{G_A \rightarrow G_B}(\vec{P}) = \vec{P} \cdot \overrightarrow{G_A G_B}$$

$$\vec{P} = -mg\vec{k} \quad \text{لدينا:}$$

$$\overrightarrow{G_A G_B} = (x_B - x_A)\vec{i} + (y_B - y_A)\vec{j} + (z_B - z_A)\vec{k} \quad \text{و}$$

$$W_{G_A \rightarrow G_B}(\vec{P}) = -mg(z_B - z_A) \quad \text{وبالتالي: } W_{G_A \rightarrow G_B}(\vec{P}) = mg(z_A - z_B)$$

خلاصة: لا يرتبط شغل وزن جسم إلا بالأنسوب z_A للموضع البدئي والأنسوب z_B للموضع النهائي لمركز قصور الجسم.

ملحوظة: يتعلق تعبير شغل وزن جسم بمنحى المحور OZ ، إذا تم اختيار منحى المحور نحو الأسفل يصبح هذا التعبير:

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

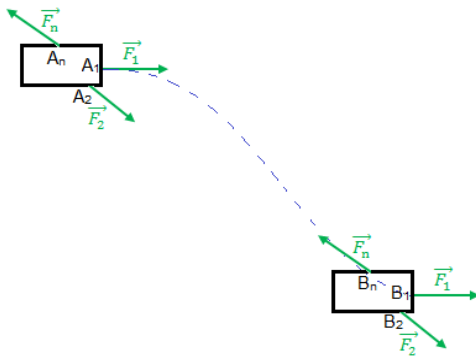
4. شغل مجموعة قوى ثابتة مطبقة على جسم صلب في إزاحة

لدينا الجسم في إزاحة:

$$\overrightarrow{A_1 B_1} = \overrightarrow{A_2 B_2} = \dots = \overrightarrow{A_n B_n} = \overrightarrow{AB} \quad \leftarrow$$

شغل القوى عند انتقال الجسم يعبر عنه بالعلاقة:

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



وبالتالي: $W_{A \rightarrow B} = \vec{F} \cdot \overline{AB}$ حيث: $\vec{F} = \sum_{i=1}^n \vec{F}_i$

تمرين تطبيقي: نقوم بسحب جسم صلب ذي كتلة $m = 250 \text{ Kg}$ نحو الأعلى فوق مستوى مائل بزاوية $\alpha = 30^\circ$ بالنسبة للمستوى الأفقي. فيقطع مركز ثقله المسافة $AB = 12 \text{ m}$.

1. أنجز تبيانة موضحة لمعطيات التمرين.

2. احسب $W_{A \rightarrow B}(\vec{P})$. نعطي $g = 10 \text{ N.Kg}^{-1}$.

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

1. عزم قوة بالنسبة لمحور دوران ثابت (تذكير)

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

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

(N) (m)

2. شغل قوة ذات عزم ثابت

عندما يدور الجسم بزاوية صغيرة $d\theta$, تقطع نقطة تأثير القوة $\vec{F}$ قوسا صغيرا $\widehat{M_1 M_2}$ يمكن اعتباره مستقيما ونعبر عنه بالمتجهة $d\vec{l}$.

باعتبار أن $\vec{F}$ تقريبا ثابتة, نعبر عن الشغل الجزئي ب:

$$\delta W = F \cdot dl \cdot \cos \alpha \iff \delta W = \vec{F} \cdot d\vec{l}$$

$$\delta W = F \cdot R \cos \alpha \cdot d\theta \iff dl = R d\theta$$

نعلم أن: حسب الشكل لدينا: $d = R \cos \alpha$ ولدينا $M_{\Delta}(\vec{F}) = F \cdot d$

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

عند دوران الجسم بزاوية $\Delta\theta$, تنجز القوة $\vec{F}$ شغلا مساويا لمجموع الأشغال الجزئية

$$W(\vec{F}) = \sum M_{\Delta}(\vec{F}) \cdot d\theta \quad \text{بما أن: } M_{\Delta}(\vec{F}) = \text{ct} \quad \text{فإن: } W(\vec{F}) = M_{\Delta}(\vec{F}) \sum d\theta$$

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

وبالتالي:

IV. شغل مزدوجة عزمها ثابت

1. عزم مزدوجة قوتين (تذكير)

$$M_{\Delta}(\vec{F}_1; \vec{F}_2) = \pm F \cdot d$$

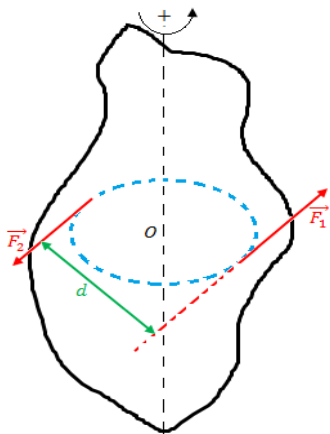
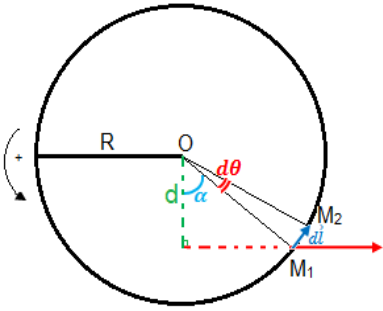
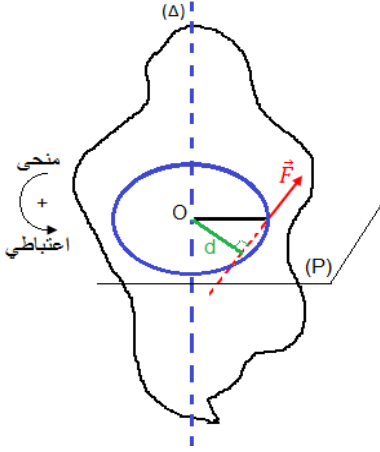
F : الشدة المشتركة للقوتين $F_1 = F_2 = F$

d : المسافة الفاصلة بين خطي تأثيرهما.

❖ **تعميم:**

المزدوجة مجموعة قوى بحيث:

✓ يكون مجموع متجهاتها منعدما.



✓ لها عزم غير منعدم.

أمثلة: مزدوجة محرك, مزدوجة الكبح, مزدوجة اللي.

2. شغل مزدوجة ذات عزم ثابت

بإتباع نفس المنهجية السابقة (حالة خاصة مزدوجة قوتين) نبين أن الشغل الجزئي لمزدوجة

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

بالنسبة لدوران بزاوية $\Delta\theta$, يكون شغل المزدوجة هو $W = \sum \delta W_i$

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

نعلم أن العزم ثابت وبالتالي:

تمرين تطبيقي: لتشغيل محرك مضخة ماء نلف خيطا غير مدود على اسطوانة المحرك, ذات

الشعاع $R = 5 \text{ cm}$, ونقوم بسحبه بتطبيق قوة $\vec{F}$ حيث: $\|\vec{F}\| = 100 \text{ N}$.

أحسب شغل هذه القوة عند انجاز الأسطوانة 20 دورة.

7. قدرة قوة

القدرة هي مفهوم فيزيائي يربط بين الشغل المنجز والمدة اللازمة لانجازه.

1. القدرة المتوسطة

$$P_m = \frac{W_{A \rightarrow B}(\vec{F})}{\Delta t}$$

نسمي القدرة المتوسطة المقدار:

حيث: $W_{A \rightarrow B}(\vec{F})$: الشغل المنجز ب (J).

Δt : المدة اللازمة لانجاز هذا الشغل ب: (s).

P_m : القدرة المتوسطة للقوة $\vec{F}$. ب: Watt (W).

2. القدرة اللحظية

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

نعتبر عن القدرة اللحظية بالعلاقة:

a. حالة جسم في إزاحة

إذا كان جسم في إزاحة ومطبق عليه قوة أو عدة قوى ثابتة $\vec{F}$.

$$\delta W = \vec{F} \cdot d\vec{l} \quad \text{إذن:} \quad P = \vec{F} \cdot \frac{d\vec{l}}{dt} \quad \Longleftrightarrow \quad P = \vec{F} \cdot \vec{v}$$

b. حالة جسم في دوران حول محور ثابت

إذا كان جسم في حالة دوران حول محور ثابت ومطبق عليه قوة أو مزدوجة ذات عزم ثابت.

$$\delta W = M_{\Delta} \cdot d\theta \quad \text{إذن} \quad P = M_{\Delta} \cdot \frac{d\theta}{dt} \quad \Longleftrightarrow \quad P = M_{\Delta} \cdot \omega$$