Travail et puissance d'une force شغل وقدرة قوة

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: تتشوه النفاخة بفعل القوة المطبقة من قبل الأصبع.

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

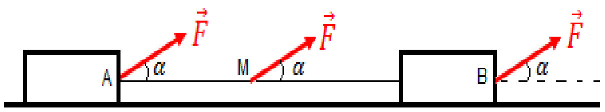
1. مفهوم شغل قوة

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

2. شغل قوة ثابتة مطبقة على جسم في إزاحة

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

a. حالة الإزاحة المستقيمية



يعبر عن شغل قوة ثابتة $\vec{F}$ خلال انتقال مستقيمي AB بالعلاقة:

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

(Joule :J) ; F (N) ; AB (m)

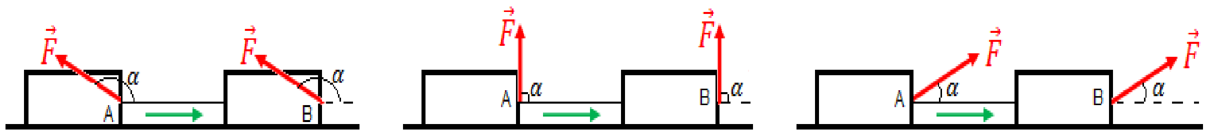
ملحوظة: يمكن كذلك التعبير عن شغل قوة بواسطة الإحداثيات: $\vec{F}(F_x; F_y)$ و $A(x_A ;y_A)$ و $B(x_B ;y_B)$.

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

❖ **طبيعة شغل قوة ثابتة**

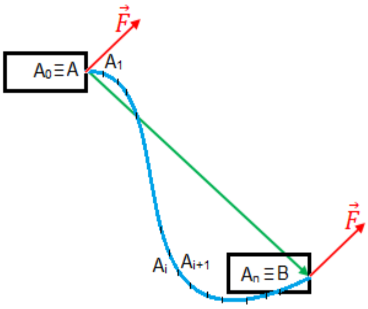
لدينا: $W_{A\to B}(\vec{F}) = \vec{F}.\overrightarrow{AB} = F.AB\cos\alpha$ حيث: $-1<\cos\alpha<1$; $F>0$; $AB>0$

إذن نقول إن شغل قوة مقدار جبري وترتبط إشارته بقيمة الزاوية α.



$0\leq\alpha\leq90°$	$\alpha = 90°$	$90°\leq\alpha\leq180°$
$\cos\alpha > 0$ $\quad W_{A\to B}(\vec{F}) > 0$	$\cos\alpha = 0$ $\quad W_{A\to B}(\vec{F}) = 0$	$\cos\alpha < 0$ $\quad W_{A\to B}(\vec{F}) < 0$
نقول إن الشغل محرك.	نقول إن الشغل منعدم.	نقول إن الشغل مقاوم.

b. حالة الإزاحة المنحنية



نقسم المسار المنحني إلى أجزاء صغيرة يمكن اعتبارها مستقيمية.

نعبر عن الشغل الجزئي الذي تنجزه القوة $\vec{F}$ خلال انتقال جزئي $\overrightarrow{dl_i} = \overrightarrow{A_iA_{i+1}}$ بالعلاقة: $\delta W_i(\vec{F}) = \vec{F}.\overrightarrow{dl_i}$

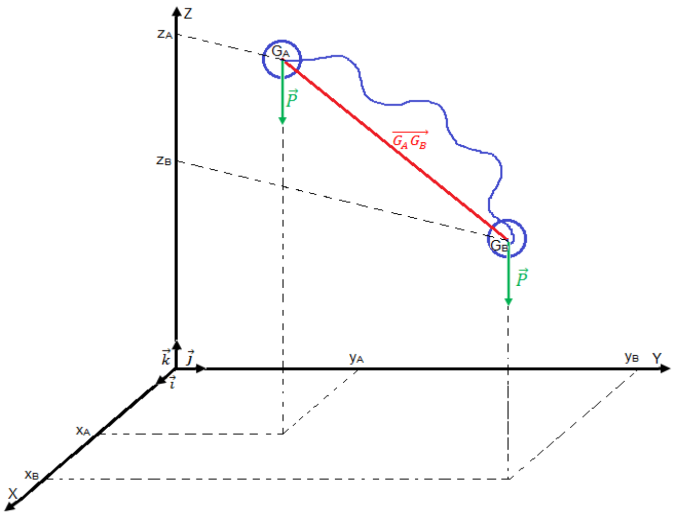
أما شغل القوة $\vec{F}$ عند انتقال نقطة تأثيرها من A إلى B فهو مجموع الأشغال الجزئية:

$$W_{A\to B}(\vec{F}) = \vec{F}.\overrightarrow{dl_0} + \vec{F}.\overrightarrow{dl_1} + \cdots += \vec{F}.\overrightarrow{dl_i} + \cdots + \vec{F}.\overrightarrow{dl_n} = \vec{F}.\sum_i \overrightarrow{dl_i}$$

$$\Longleftarrow \quad W_{A\to B}(\vec{F}) = \vec{F}.\overrightarrow{AB}$$

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:

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

لدينا: $\vec{P} = -mg\vec{k}$

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

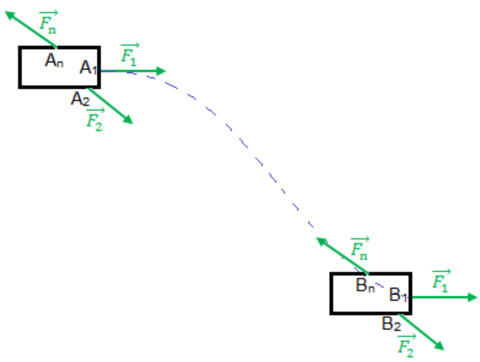
إذن: $W_{G_A\to G_B}(\vec{P}) = -mg(z_B - z_A)$ وبالتالي: $W_{G_A\to G_B}(\vec{P}) = mg(z_A - z_B)$

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

<u>ملحوظة:</u> يتعلق تعبير شغل وزن جسم بمنحى المحور OZ, إذا تم اختيار منحى المحور نحو الأسفل يصبح هذا التعبير:

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

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



لدينا الجسم في إزاحة:

$$\Longleftarrow \quad \overrightarrow{A_1B_1} = \overrightarrow{A_2B_2} = \cdots = \overrightarrow{A_nB_n} = \overrightarrow{AB}$$

شغل القوى عند انتقال الجسم يعبر عنه بالعلاقة:

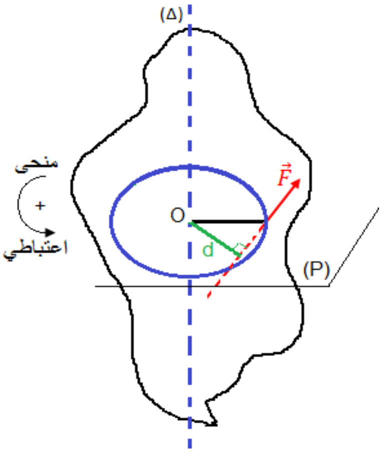
$$W_{A\to B} = \vec{F_1}.\overrightarrow{AB} + \vec{F_2}.\overrightarrow{AB} + \cdots + \vec{F_n}.\overrightarrow{AB} = (\vec{F_1} + \vec{F_2} + \cdots + \vec{F_n})\overrightarrow{AB}$$

وبالتالي: $W_{A\to B} = \vec{F}.\overrightarrow{AB}$ حيث: $\vec{F} = \sum_{i=1}^{n} \vec{F_i}$

تمرين تطبيقي: نقوم بسحب جسم صلب ذي كتلة m = 250 Kg نحو الأعلى فوق مستوى مائل بزاوية α = 30° بالنسبة للمستوى الأفقي. فيقطع مركز ثقله المسافة AB = 12 m.

1. أنجز تبيانة موضحة لمعطيات التمرين.
2. احسب $W_{A\to B}(\vec{P})$. نعطي $g = 10\ N.Kg^{-1}$.

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



1. عزم قوة بالنسبة لمحور دوران ثابت (تذكير)

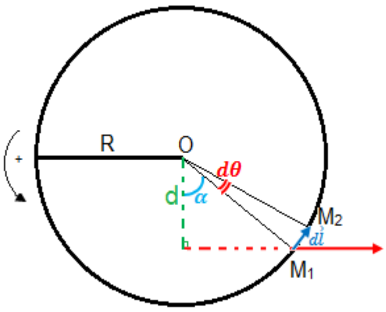
صيغة عزم قوة $\vec{F}$ بالنسبة لمحور (Δ) متعامد مع خط تأثيرها هي:

$$M_\Delta(\vec{F}) = \pm F.d$$

(N.m) (N) (m)

2. شغل قوة ذات عزم ثابت

عندما يدور الجسم بزاوية صغيرة $d\theta$, تقطع نقطة تأثير القوة $\vec{F}$ قوسا صغيرا $\widehat{M_1M_2}$ يمكن اعتباره مستقيميا ونعبر عنه بالمتجهة $\overrightarrow{dl}$.



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

$$\delta W = \vec{F}.\overrightarrow{dl} \Rightarrow \delta W = F.dl.\cos\alpha$$

نعلم أن: $dl = Rd\theta \Rightarrow \delta W = F.R\cos\alpha.d\theta$

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

إذن: $\delta W = M_\Delta(\vec{F}).d\theta$

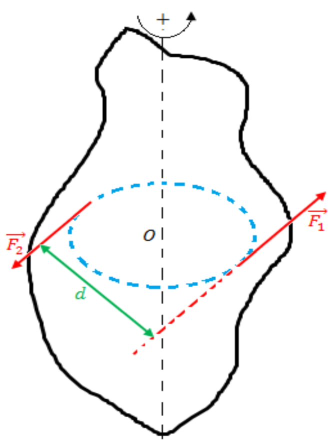
عند دوران الجسم بزاوية $\Delta\theta$, تنجز القوة $\vec{F}$ شغلا مساويا لمجموع الأشغال الجزئية

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

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

IV. شغل مزدوجة عزمها ثابت

1. عزم مزدوجة قوتين (تذكير)



$$M_\Delta(\vec{F_1};\vec{F_2}) = \pm F.d$$

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 هو: $\delta W = M_{\Delta}.d$

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

نعلم أن العزم ثابت وبالتالي: $W = M_{\Delta}.\Delta\theta$

تمرين تطبيقي: لتشغيل محرك مضخة ماء نلف خيطا غير مدود على اسطوانة المحرك, ذات الشعاع $R = 5\ cm$, ونقوم بسحبه بتطبيق قوة $\vec{F}$ حيث: $\|\vec{F}\| = 100N$.

أحسب شغل هذه القوة عند انجاز الأسطوانة 20 دورة.

V. قدرة قوة

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

1. القدرة المتوسطة

نسمي القدرة المتوسطة المقدار: $P_m = \dfrac{W_{A\to B}(\vec{F})}{\Delta t}$

حيث: $W_{A\to B}(\vec{F})$: 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

نعبر عن القدرة اللحظية بالعلاقة: $P = \dfrac{\delta W}{dt}$

a. حالة جسم في إزاحة

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

فإن: $\delta W = \vec{F}.\overrightarrow{dl}$ إذن: $P = \vec{F}.\dfrac{\overrightarrow{dl}}{dt} \Longleftarrow P = \vec{F}.\vec{v}$

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.

فإن: $\delta W = M_{\Delta}.d\theta$ إذن $P = M_{\Delta}.\dfrac{d\theta}{dt} \Longleftarrow P = M_{\Delta}.\omega$.