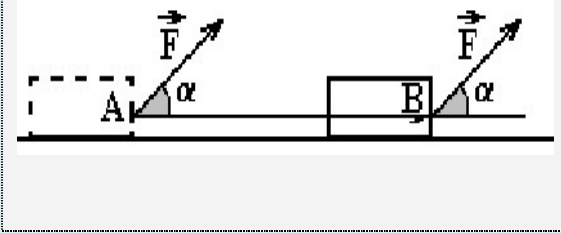


شغل و قدرة قوة

Travail et puissance d'une force

I. شغل قوة ثابتة.

(1) جسم صلب في إزاحة مستقيمة.



الجسم C يتحرك و هو خاضع لقوة $(M, \vec{F})$.
إذا كانت $\vec{AB}$ متجهة انتقال نقطة تأثير القوة $(M, \vec{F})$,
فإن شغلها أثناء هذا الانتقال هو:
 $W(\vec{F})_{A \rightarrow B} = \vec{F} \cdot \vec{AB}$
وحدة الشغل في S.I هو الجول (La Joule) رمزها J.

* في معلم متعامد و ممنظم $R(O, \vec{i}, \vec{j})$ يكون : $\vec{AB}(x_B - x_A, y_B - y_A)$ و $\vec{F}(F_x, F_y)$

بذلك فإن: $W(\vec{F})_{A \rightarrow B} = F_x(x_B - x_A) + F_y(y_B - y_A)$

* باعتبار الزاوية $\alpha = (\vec{F}, \vec{AB})$ فإن : $W(\vec{F})_{A \rightarrow B} = F \cdot AB \cdot \cos(\alpha)$

ملحوظة :

- إذا كان $W(\vec{F})_{A \rightarrow B} < 0$ نقول أن الشغل مقاوم
- إذا كان $W(\vec{F})_{A \rightarrow B} > 0$ نقول أن الشغل محرك
- إذا كان $W(\vec{F})_{A \rightarrow B} = 0$ نقول أن القوة لا تشتغل

(2) جسم صلب في إزاحة منحنية.

نقسم المسار إلى أجزاء لا متناهية في الصغر
نعتبرها مستقيمة، فيكون الشغل الجزئي أثناء انتقال
جزئي متجهته $\vec{\delta l}_i$ هو: $\delta W_i(\vec{F}) = \vec{F} \cdot \vec{\delta l}_i$

الشغل الكلي للقوة $\vec{F}$ هو مجموع الأشغال

الجزئية : $\sum \delta W_i(\vec{F}) = \sum \vec{F} \cdot \vec{\delta l}_i = \vec{F} \cdot \sum \vec{\delta l}_i$

لشغل بذلك نفس التعبير: $W(\vec{F})_{A \rightarrow B} = \vec{F} \cdot \vec{AB}$

(3) تطبيق : شغل وزن جسم.

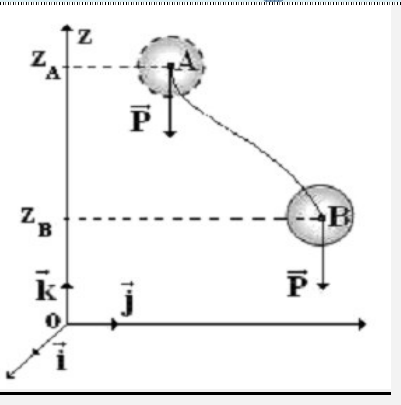
$W(\vec{P})_{G_1 \rightarrow G_2} = P_x(x_2 - x_1) + P_y(y_2 - y_1) + P_z(z_2 - z_1)$

بذلك: $W(\vec{P})_{G_1 \rightarrow G_2} = -m \cdot g \cdot \Delta z$

استنتاج: لا يرتبط شغل وزن جسم إلا بالانسوين z_2 و z_1 للموضعين
البدئي و النهائي لمركز قصور الجسم.

ملحوظة: في حالة محور (OZ) موجه نحو الأسفل

يصبح التعبير: $W(\vec{P})_{G_1 \rightarrow G_2} = +m \cdot g \cdot \Delta z$



- عند نزول الجسم يكون شغل الوزن محركا: $W(\vec{P})_{G_1 \rightarrow G_2} > 0$
- عند صعود الجسم يكون شغل الوزن مقاوما: $W(\vec{P})_{G_1 \rightarrow G_2} < 0$

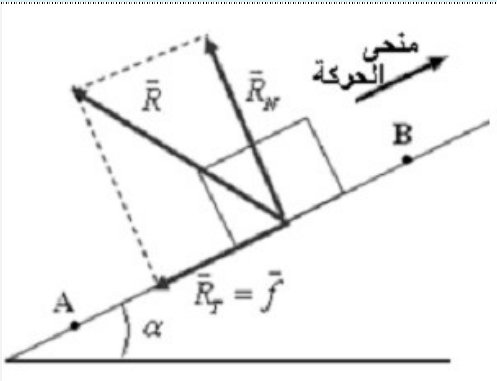
II. شغل مجموعة قوى.

(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 و متجهة الانتقال:

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

(2) تطبيق: جسم صلب في إزاحة فوق مستوى مائل.



تأثير المستوى على الجسم موزع و يمكن تمثيله بقوة $\vec{R}$

تمثل مجموع القوى الجزئية: $\vec{R} = \sum \vec{r}$.

بذلك فإن شغل قوى الاحتكاك خلال انتقال $\vec{AB}$

هو:

$$\vec{R} = \vec{R}_T + \vec{R}_N \quad \text{وبما أن: } W_{A \rightarrow B}(\vec{R}) = \vec{R} \cdot \vec{AB}$$

$$W_{A \rightarrow B}(\vec{R}) = (\vec{R}_T + \vec{R}_N) \cdot \vec{AB} = R_T \cdot (x_B - x_A) \quad \text{فإن:}$$

تمثل $\vec{R}_T$ قوى الاحتكاك، نضع $\vec{R}_T = \vec{f}$ و نعتبر أن f ثابتة، بذلك: $W_{A \rightarrow B}(\vec{R}) = -f \cdot AB$

ملحوظة: قوة الاحتكاك $\vec{f}$ ليست دائما ثابتة رغم أن شدتها ثابتة و شغلها يتعلق بالطول

$$I \quad \text{للمسار المتبع من طرف الجسم: } W(\vec{R}) = -f \cdot l$$

III. قدرة قوة.

(1) جسم صلب في إزاحة.

- القدرة المتوسطة.

* تعريف: تساوي القدرة المتوسطة لقوة، خارج شغل هذه القوة W و المدة

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

الزمنية اللازمة ΔT لإنجاز هذا الشغل :

وحدة القدرة في النظام العالمي للوحدات هو: الواط (WATT) رمزها W

ب- القدرة اللحظية.

إذا أنجزت قوة $\vec{f}$ شغلا جزئيا δW خلال مدة زمنية جد قصيرة δt فإن القدرة

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

اللحظية لهذه القوى هي:

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

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

نستنتج بذلك أن:

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

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

تطبيق: أحسب القدرة اللحظية و الشغل المنجز من طرف القوة $\vec{F}_3$ عند مختلف المواضع

من التسجيل في النشاط 2 ص 23 من الكتاب المدرسي.

(2) **جسم صلب في دوران.**

- القدرة اللحظية.

القدرة اللحظية للقوة (M, F) هي:

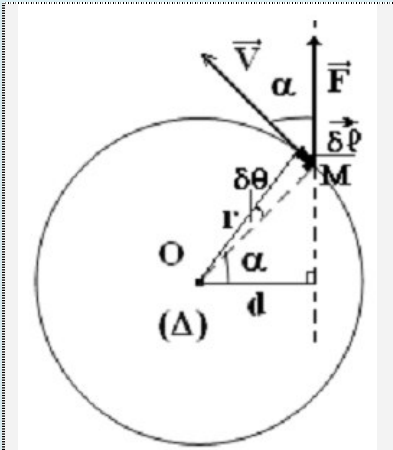
$$P = \vec{F} \cdot \vec{V}$$

$$P = F \cdot V \cdot \cos(\alpha)$$

$$P = F \cdot V \cdot \cos(\alpha)$$

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

$$P = M_{\Delta}(\vec{F}) \cdot \omega \quad \text{بذلك فإن:}$$



- شغل قوة عزمها ثابت.

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

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

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

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

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

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

تعبير الشغل الجزئي:

بذلك فإن الشغل الكلي:

وبما أن القوة عزمها ثابت فإن:

خلاصة: يساوي شغل قوة عزمها M_{Δ} ثابت مطبقة على جسم صلب في دوران حول محور ثابت Δ , جداء عزمها و زاوية الدوران $\Delta \theta$: $W(\vec{F})_{\theta_1 \rightarrow \theta_2} = M_{\Delta} \cdot \Delta \theta$ (J = N.m.rad = N.m)

ج- شغل و قدرة مجموعة قوى.

مجموعة قوى مطبقة على جسم صلب في دوران، عزومها على التوالي بالنسبة لمحور الدوران Δ $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \vec{F}_3, \dots, \vec{F}_n$
 $M_{1\Delta}, M_{2\Delta}, M_{3\Delta}, \dots, M_{N\Delta}$ تدور نقط تأثيرها بنفس الزاوية $\delta\theta$ خلال نفس المدة الزمنية δt .
 إذا كان مجموع عزوم القوى ثابتا: $\Sigma M_{\Delta} = Cte = M_{\Delta}$ فإن:

**** الشغل الكلي لهذه القوى هو مجموع أشغالها:**

$$\begin{aligned} W &= \Sigma (\Sigma \delta . W_i) \\ &= \Sigma (\Sigma M_{\Delta} (\vec{F}_i) . \delta\theta) \\ &= \Sigma (\delta\theta . \Sigma M_{\Delta} (\vec{F}_i)) \end{aligned}$$

يكتب شغلها بذلك: $W(\vec{F})_{\theta_1 \rightarrow \theta_2} = M_{\Delta} . \Delta\theta$ بحيث: $\Delta\theta = \Sigma \delta\theta = \theta_f - \theta_i$

**** القدرة اللحظية لهذه القوى:** $P = \frac{\delta W}{\delta t} = \frac{M_{\Delta} . \delta\theta}{\delta t}$ و بذلك: $P = M_{\Delta} . \omega$

* تطبيق: عزم مزدوجة قوتين

تعريف:

المزدوجة مجموعة قوى مستوائية بحيث:

- مجموع متجهاتها منعدما.
- يميزها عزم M ثابت بالنسبة لأي محور دوران عمودي على مستواها.

القدرة اللحظية للمزدوجة بذلك هي: $P = M(C) . \omega$
 شغلها خلال دوران $\Delta\theta$ هو: $W(C)_{\theta_1 \rightarrow \theta_2} = M . \Delta\theta$