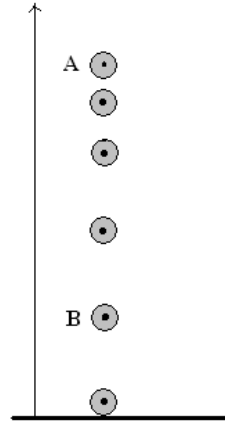
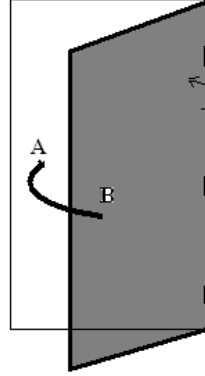


الشغل والقدرة

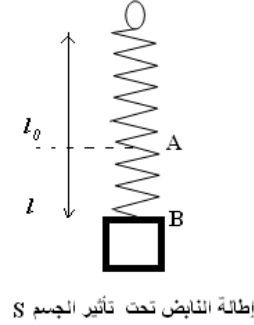
Travail et puissance

I - مفعول بعض التأثيرات الميكانيكية على جسم صلب خاضع لقوى نقط تأثيرها تنتقل (تذكير)
النشاط 1

1 - بناء على مفهوم التأثيرات الميكانيكية

سقوط كرة نحو سطح الأرض
نُهمل تأثير الهواء

فتح الباب



إطالة نابض تحت تأثير الجسم S

أ - أعط تفسير للأمثلة التالية :

- سقوط جسم .

- فتح الباب

- إطالة نابض تحت تأثير كتلة معلومة .

ب - أقرن كل تأثير ميكانيكي بمتجهه مقيدة بنقطة تأثيرها . ما هي ملاحظاتك بالنسبة لنقطة التأثير ؟

خلاصة

للقوة عدة مفاعيل ميكانيكية على جسم صلب والتي لها نقط التأثير تنتقل .

مثلا بعض أنواع هذه المفاعيل :

- تحريك جسم صلب (حركة السيارة على الطريق بفعل تأثير القوة المطبقة من طرف المحرك أو سقوط الأجسام بفعل تأثير وزنها)

- إحداث دوران جسم صلب (عندما ندير مقود الدراجة نطبق مزدوجة قوتين يمكنهما إدارة الدراجة)

- تشويه جسم صلب (عندما يطبق جسم قوة على نابض أو توتر النابض)

I - شغل وقدرة قوى مطبقة على جسم صلب في حركة إزاحة.

تذكير

2 - حدد في التبيانه التالية التأثير الميكانيكي المقرون بقوة ثابتة .

3 - حدد في الحالات التالية طبيعة حركة الجسم هل في إزاحة أم في

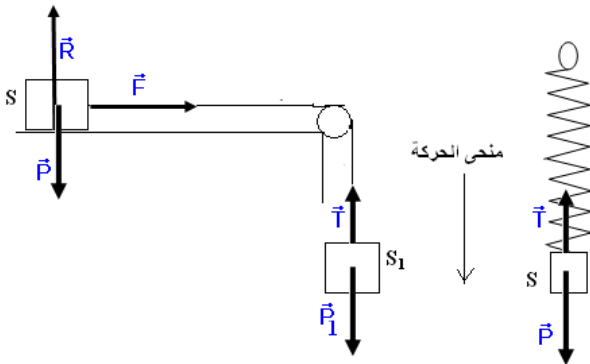
دوران . هل إزاحة مستقيمة أم إزاحة منحنية ؟

حركة الأرض حول الشمس - حركة قطار على طول السكة الحديدية -

حركة السيارة على منعطف - حركة مروود مرتبط بمحرك - يتكون

المصعد من مقصورة مرتبطة بكتلة وازنة بواسطة حبل حديدي يمر

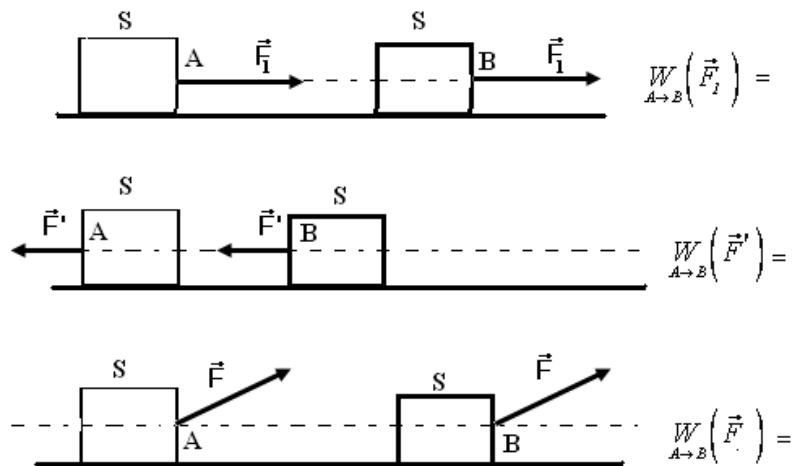
بمجرى بكرة عند صعود المصعد حدد طبيعة حركة المصعد والبكرة .



منحى الحركة

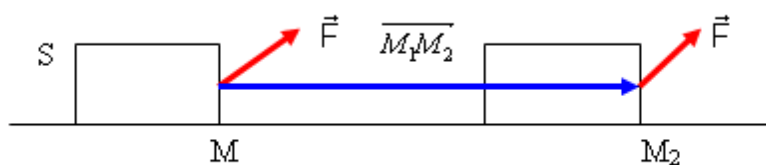
* مفهوم القوة الثابتة: $\vec{F}$ قوة ثابتة عندما تحافظ على مميزاتها خلال الحركة. أمثلة: وزن الجسم
 * حركة إزاحة جسم صلب: نقول أن الجسم S في حركة إزاحة إذا حافظ على نفس التوجيه في الفضاء وجميع نقطه تتحرك بنفس السرعة اللحظية.
 الإزاحة المستقيمة: مسار كل نقطة من نقط الجسم مستقيمي .
 الإزاحة المنحنية: مسار كل نقطة من نقط الجسم منحنى .

1 - شغل قوة ثابتة مطبقة على جسم صلب في إزاحة مستقيمة النشاط 2



1 - حدد على التبيانات التالية متجهة الانتقال $\overrightarrow{AB}$ وكذلك الزاوية بين $\overrightarrow{AB}$ والقوة $\vec{F}$

2 - في الحالات الثلاث تنتقل نقطة التأثير المطبقة على الجسم (S) فتزيحها من النقطة A إلى النقطة B نقول أن $\vec{F}$ أنجزت شغلا نرمز له بـ $W_{A \to B}(\vec{F})$ أستنتج تعبير شغل القوة $\vec{F}$ في كل حالة .



نعتبر النقطة M من الجسم S ، تخضع لقوة ثابتة $(M, \vec{F})$.
 عند انتقالها من الموضع M_1 إلى الموضع M_2 في حركة مستقيمة نقول أن القوة $\vec{F}$ تنجز شغلا نرمز له بـ:

$$W(M, \vec{F})_{M_1 \rightarrow M_2} = \vec{F} \cdot \overrightarrow{M_1 M_2} = Fl \cos \alpha$$

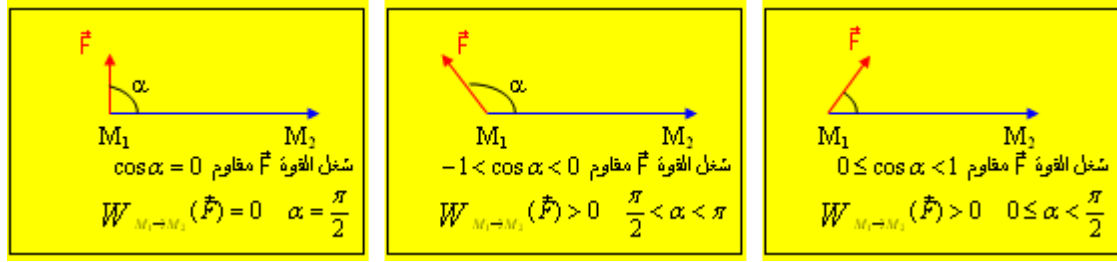
$$\alpha = (\vec{F}, \overrightarrow{M_1 M_2})$$

$l = \overrightarrow{M_1 M_2}$ متجهة الانتقال و $l = M_1 M_2$

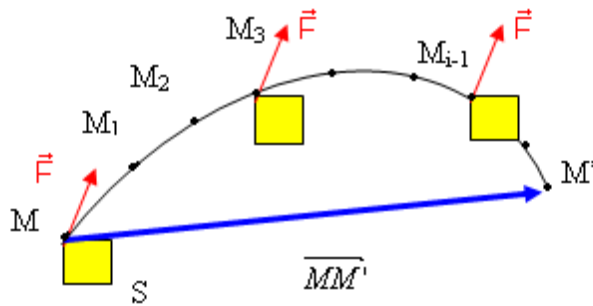
يمكن كذلك التعبير عن شغل قوة بواسطة إحداثيتي متجهة القوة $\vec{F}$ ومتجهة الانتقال $\overrightarrow{M_1 M_2}$ في معلم ديكارتي $(O, \vec{i}, \vec{j})$
 $\vec{F} = F_x \vec{i} + F_y \vec{j}$ و $\overrightarrow{M_1 M_2} = (x_2 - x_1) \vec{i} + (y_2 - y_1) \vec{j}$ أي أن

$$W_{M_1 \rightarrow M_2}(\vec{F}) = F_x(x_2 - x_1) + F_y(y_2 - y_1)$$

* **وحدة الشغل** . وحدة الشغل في النظام العالمي للوحدات : الجول Joule
تعريف بالجول : الجول هو الشغل الذي تبدله قوة ثابتة شدتها 1N عند انتقال نقطة تأثيرها بـ متر وفق اتجاهها .
 * **الشغل المحرك والشغل المقاوم**



2 - شغل قوة ثابتة مموضعة مطبقة على جسم صلب في إزاحة منحنية .



نعتبر نقطة M من جسم صلب S كنقطة تأثير قوة $\vec{F}$ ثابتة .
 الجسم S في إزاحة منحنية . مسار النقطة M منحنيًا .

ما هو تعبير شغل القوة $\vec{F}$ في هذه الحالة ؟

* نقسم المسار إلى أجزاء لا متناهية في الصغر .

$\overline{MM_1}, \overline{M_1M_2}, \overline{M_2M_3}, \dots, \overline{M_{i-1}M'}$

يمكن اعتبار هذه الأجزاء مستقيمة . بما هي لامتناهية
 في الصغر يمكن تعريف متجهة الانتقال الجزئي بـ

$$\vec{\delta l} = \overline{MM_1} \text{ بحيث أن } \vec{\delta l} = \overline{MM_1}$$

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

$$\delta W = \vec{F} \cdot \vec{\delta l} \text{ : بالعلاقة التالية :}$$

وبما أن القوة $(A, \vec{F})$ ثابتة ، فإن الشغل الذي تنجزه

عند انتقال الجسم من M نحو M' هو مجموع الأشغال الجزئية بين هاتين النقطتين .

$$W(\vec{F})_{M \rightarrow M'} = \vec{F} \cdot \delta \vec{l}_1 + \vec{F} \cdot \delta \vec{l}_2 + \dots + \vec{F} \cdot \delta \vec{l}_i'$$

$$W(\vec{F})_{M \rightarrow M'} = \vec{F} \cdot \sum \delta \vec{l}_i \text{ ونعلم أن } \sum \delta \vec{l}_i = \overline{MM'} \text{ وبالتالي :}$$

$$W(\vec{F})_{M \rightarrow M'} = \vec{F} \cdot \overline{MM'}$$

يساوي شغل قوة ثابتة مطبقة على جسم صلب في إزاحة منحنية الجداء السلمي لمتجهة القوة ومتجهة انتقال نقطة تأثيرها

3 - تطبيق : شغل وزن الجسم

نطلق جسماً شكله كروي وفولاذي S كتلته 200g من النقطة تبعد عن مستوى الأرض بارتفاع $h=1m$ ، وبدون سرعة بدئية . نأخذ $g=10m/s^2$

1 - أوجد القوى المطبقة على الجسم S . متى نقول أن الجسم في حالة سقوط حر ؟

2 - بين أن تعبير شغل وزن الجسم هو كالتالي : $W_{G_1 \rightarrow G_2}(\vec{P}) = -mg(z_2 - z_1)$ نأخذ أصل المعلم $(O, \vec{k})$ مرتبط بمسوى الأرض

3 - نغير الجسم S بورقة مساحتها $25cm^2$ وكتلتها 0,5g ، ونطلقها بدون سرعة بدئية من نقطة تبعد عن مستوى الأرض بارتفاع $h=1m$

3 - 1 هل يمكن اعتبار أن الورقة في حالة سقوط حر ؟

3 - 2 بين أن تعبير شغل وزن الجسم هو $W_{G_1 \rightarrow G_2}(\vec{P}) = -mg(z_2 - z_1)$

4 - ما هو استنتاجك ؟

خلاصة :

لا يرتبط شغل وزن الجسم إلا بالأنسوب z_2 الموضع البدئي ، وبالأنسوب z_1 الموضع النهائي لمركز قصور الجسم ، أي لا يتعلق بالمسار المتبع

II - شغل مجموعة من القوى في حالة إزاحة مستقيمة

نعتبر جسما صلبا S في إزاحة مستقيمة ، يوجد تحت تأثير مجموعة من القوى ثابتة $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \dots, \vec{F}_n$ حيث تنجز شغلا من A إلى B

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

$$W_{A \rightarrow B}(\vec{F}_1, \dots, \vec{F}_n) = \vec{AB} \cdot \sum_{i=1}^n \vec{F}_i$$

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

$\vec{F}$ هي مجموع متجهات القوى المطبقة على الجسم S .

تطبيق : شغل قوى الاحتكاك

نجر جسما S فوق سطح مائل بزاوية $\alpha = 30^\circ$ بالنسبة للمستوى الأفقي بواسطة خيط كتلته مهملة وغير قابل الامتداد يكون زاوية $\beta = 10^\circ$ مع مستوى السطح المائل. كتلة الجسم $m = 2\text{kg}$.

1 - نعتبر أن الاحتكاكات مهملة أحسب شغل القوى المطبقة على الجسم عند انتقاله بمسافة AB . نعتبر أن حركة S حركة إزاحة مستقيمة منتظمة .

2 - نعتبر أن السطح المائل خشن . بين أن شغل قوة الاحتكاك $\vec{f}$ خلال الانتقال من A إلى B هو كالتالي : $W_{A \rightarrow B}(\vec{f}) = -f \cdot AB$

3 - نعتبر في هذه الحالة أن السطح المائل خشن وأن حركة S حركة إزاحة منحنية . بين أن شغل قوى الاحتكاك $\vec{f}$ خلال الانتقال من A إلى B هو كالتالي : $W_{A \rightarrow B}(\vec{f}) = -f \cdot \ell$ بحيث أن ℓ طول المسار بين النقطتين A و B .

ما هو استنتاجك عندما يكون الجسم في إزاحة مستقيمة وعندما يكون في إزاحة منحنية ؟

1 - القوى المطبقة على الجسم S :

$$\vec{P}, \vec{R}, \vec{T}$$

نعتبر أن الجسم انتقل من A إلى B بحيث أن $AB = \ell = 1\text{m}$

نعتبر أن $\vec{F} = \vec{P} + \vec{R} + \vec{T}$ أي أن شغل القوى المطبقة على S هي :

$$W_{A \rightarrow B}(\vec{F}) = W_{A \rightarrow B}(\vec{T}) + W_{A \rightarrow B}(\vec{R}) + W_{A \rightarrow B}(\vec{P})$$

$$= \vec{T} \cdot \vec{AB} + \vec{R} \cdot \vec{AB} + \vec{P} \cdot \vec{AB}$$

بما أن $\vec{R}$ عمودية على متجهة الانتقال $\vec{AB}$ فشغلها منعدم $\vec{R} \cdot \vec{AB} = 0$ بالنسبة لشغل وزن الجسم فهو مقاوم :

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

$$W_{A \rightarrow B}(\vec{T}) = T \cdot \ell \cos \beta$$

وبالتالي :

$$W_{A \rightarrow B}(\vec{F}) = T \cdot \ell \cos \beta - mgh$$

حساب توتر الخيط :

بما أن حركة الجسم حركة منتظمة أي أن السرعة ثابتة نطبق مبدأ القصور

$$\sum \vec{F}_i = \vec{0} \Leftrightarrow \vec{R} + \vec{P} + \vec{T} = \vec{0}$$

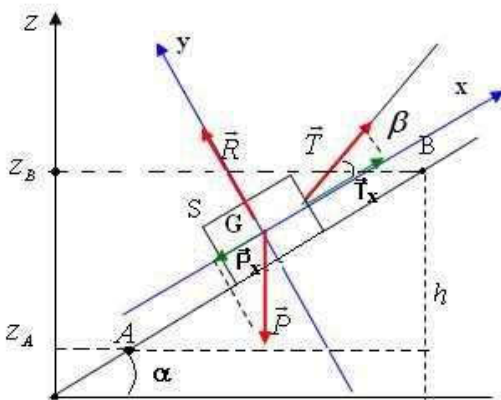
نستعمل الطريقة المبيانية : نختار أنظمة محورين أصلهما مركز الجسم S ونسقط العلاقة عليهما :

على المحور Ox

$$-mg \sin \alpha + T \cos \beta = 0 \Rightarrow T \cos \beta = mg \sin \alpha$$

أي أن

$$W_{A \rightarrow B}(\vec{F}) = T \cdot AB \cos \beta - mgAB \sin \alpha = 0$$

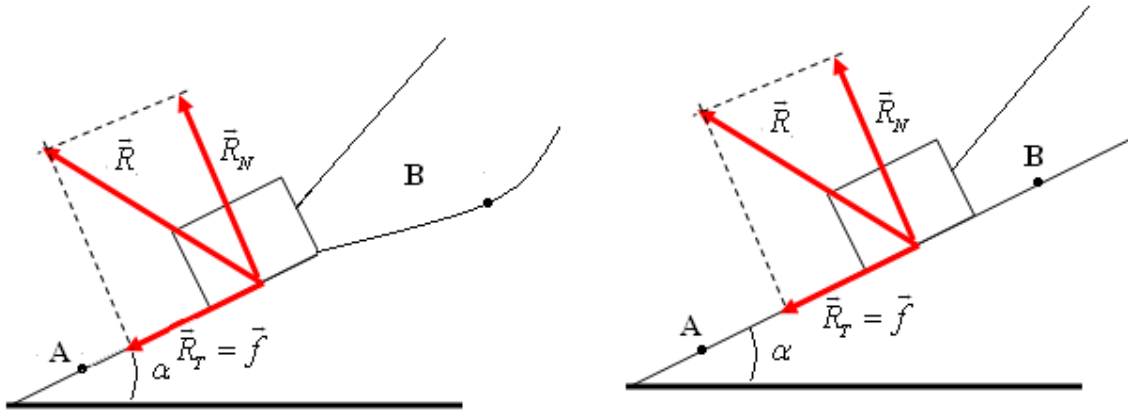


وبالتالي :

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

2 - عندما يكون السطح خشن فمتجهة القوة $\vec{R}$ غير عمودية على السطح فهي مائلة بحيث أن مركبتها على السطح المائل هي قوة الاحتكاك $\vec{f}$ منحناها يعاكس منحى الحركة وتسمى بالمركبة الأفقية للقوة $\vec{R}$ أما المركبة المنظمية $\vec{R}_N$ فهي عمودية على السطح المائل .

عند الانتقال الجزئي $\delta \ell$ على السطح المائل للجسم الصلب في إزاحة يكون شغل القوة $\vec{R}$ هو الشغل الجزئي $\delta W = \vec{R} \cdot \delta \vec{\ell}$ وبالتالي $\vec{R} = \vec{R}_N + \vec{f}$ بحيث أن



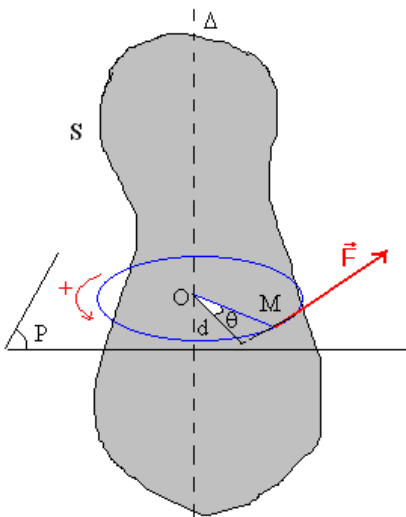
$$\begin{aligned} \delta W &= (\vec{R}_N + \vec{f}) \cdot \delta \vec{\ell} \\ &= \vec{R}_N \cdot \delta \vec{\ell} + \vec{f} \cdot \delta \vec{\ell} \end{aligned}$$

بما أن $\vec{R}_N$ عمودية على متجهة الانتقال فشغلها منعدم وبالتالي $\delta W = \vec{f} \cdot \delta \vec{\ell} = -f \cdot \delta \ell$ لهما منحنيان متعاكسان عند انتقال الجسم من A إلى B الشغل الكلي خلال هذا الانتقال هو :

$$\begin{aligned} W_{A \rightarrow B}(\vec{R}) &= W_{A \rightarrow B}(\vec{f}) = \sum_A^B \delta W_i \\ &= -\sum_A^B f \cdot \delta \ell = -f \sum_A^B \delta \ell \\ \text{و } \sum_A^B \delta \ell &= \ell \text{ وهو طول المسار} \end{aligned}$$

في حالة حركة إزاحة مستقيمة : $W_{A \rightarrow B}(\vec{R}) = -f \cdot \ell = -f \cdot AB$

في حالة حركة إزاحة منحنية $W_{A \rightarrow B}(\vec{R}) = -f \cdot \ell$ بحيث ℓ طول المسار بين A و B .



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

1 - تذكير بعزم قوة بالنسبة لمحور دوران ثابت

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

$$\mathcal{M}_\Delta(\vec{F}) = \pm F \cdot d$$

F : شدة القوة

d : المسافة الفاصلة بين خط تأثيرها والمحور (Δ).
يتم اختيار منحى اعتباريا موجبا للدوران .

2 - الشغل الجزئي

عندما يدور الجسم بزاوية صغيرة $\delta\theta$ ، تقطع نقطة تأثير القوة $\vec{F}$ قوسا صغيرا M_1M_2 يمكن اعتباره مستقيما ونعبر عنه بالمتجهة $\delta\vec{\ell}$.
باعتبار أن متجهة القوة $\vec{F}$ تقريبا ثابتة نعبر عن الشغل الجزئي δW بالعلاقة التالية :

$$\delta W = \vec{F} \cdot \delta\vec{\ell}$$

$\delta W = F \cdot \delta\ell \cdot \cos \alpha$ بما أن حركة النقطة M دائرية فإن $\delta\ell = R\delta\theta$ وبالتالي
 $\delta W = F \cdot R \cdot \cos \alpha \cdot \delta\theta$

وحسب الشكل لدينا $d = R \cos \theta$ وكذلك $d = F \cdot d$ أي أن $\mathcal{M}_d(\vec{F}) = F \cdot d$

$$\delta W = \mathcal{M}_d(\vec{F}) \cdot \delta\theta$$

3 - شغل قوة ذات عزم ثابت

عند دوران الجسم الصلب بزاوية معينة $\Delta\theta$ ، يكون الشغل الذي تنجزه القوة $\vec{F}$ ذات العزم الثابت بالنسبة لمحور الدوران ، مساويا لمجموع الأشغال الجزئية : $W(\vec{F}) = \sum \delta W$ أي
أن : $W(\vec{F}) = \mathcal{M}_d(\vec{F}) \cdot \sum \delta\theta$ وبما أن العزم ثابت $W(\vec{F}) = \mathcal{M}_d(\vec{F}) \cdot \Delta\theta$ وبالتالي فإن : $\sum \delta\theta = \Delta\theta$

$$W(\vec{F}) = \mathcal{M}_d(\vec{F}) \cdot \Delta\theta$$

وحدة الشغل دائما هي الجول ويمكن كذلك أن يكون الشغل محرك أو مقاوم حسب إشارتي العزم وزاوية الدوران .

VI - شغل مزدوجة عزمها ثابت

1 - تذكير بعزم مزدوجة قوتين بالنسبة لمحور الدوران

$$\mathcal{M}_d(\vec{F}_1, \vec{F}_2) = \pm F \cdot d$$

F الشدة المشتركة للقوتين
 d المسافة الفاصلة بين خطي تأثيرهما
تعريف عام بالمزدوجة :

المزدوجة مجموعة قوى مستوائية بحيث :

- يكون مجموع متجهاتها منعدما ؛

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

مثال : مزدوجة محرك ، مزدوجة الكبح ، الخ

2 - شغل مزدوجة ذات عزم ثابت

الشغل الجزئي للمزدوجة بالنسبة لدوران جزئي بزاوية صغيرة $\delta\theta$ للجسم S هو :

$$\delta W = \mathcal{M}_d \cdot \delta\theta$$

بالنسبة لدوران معين بزاوية $\Delta\theta$ لجسم صلب حول محور الدوران (Δ) يكون شغل

المزدوجة هو مجموع الأشغال الجزئية :

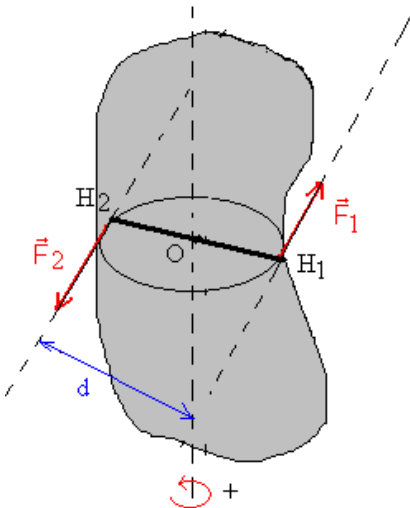
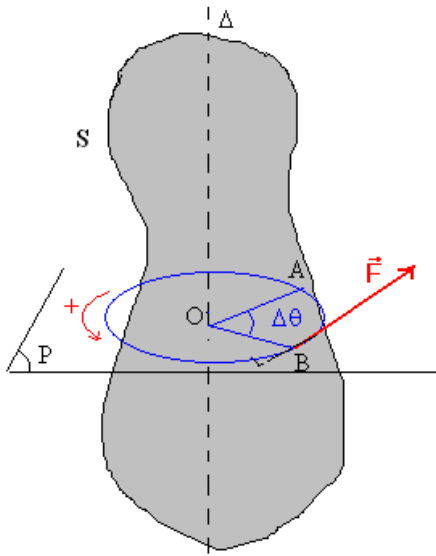
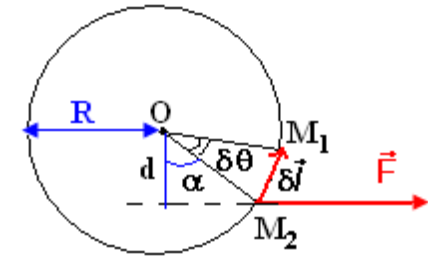
$W = \sum \delta W_i$ وفي الحالة التي يكون فيها عزم المزدوجة ثابتا تصبح صيغة الشغل هي :

$$W = \mathcal{M}_d \cdot \Delta\theta$$

V - قدرة قوة

القدرة هي مقدار فيزيائي يربط بين الشغل والمدة الزمنية المستغرقة لإنجازه.

1 - القدرة المتوسطة



$$P_m(\vec{F}) = \frac{W(\vec{F})}{\Delta t} \quad \text{نعرف القدرة المتوسطة بالعلاقة التالية :}$$

وحدة القدرة في النظام العالمي للوحدات هي الواط ورمزها W .

تعريف بالواط : الواط هو القدرة المبذولة عند انجاز شغل قيمته 1J خلال ثانية .

2 - القدرة اللحظية لقوة مطبقة على جسم صلب في إزاحة .

نعبر عن القدرة اللحظية بالعلاقة التالية: $P_t(\vec{F}) = \frac{\delta W(\vec{F})}{\delta t}$ بحيث أن δt المدة الزمنية القصير جدا لإنجاز هذا الشغل .

$$P_t(\vec{F}) = \frac{\vec{F} \cdot \vec{\delta l}}{\delta t} = \vec{F} \cdot \frac{\vec{\delta l}}{\delta t} = \vec{F} \cdot \vec{v} \quad \text{نعلم أن } \delta W = \vec{F} \cdot \vec{\delta l} \quad \text{إذن}$$

ملحوظة: القدرة مقدار جبري مثله مثل الشغل يمكن أ، القدرة محرك أو مقاومة أو منعقدة .

3 - وحدات أخرى للقدرة .

* الجول في الثانية . من الصيغة السابقة للقدرة $P_t(\vec{F}) = \frac{\delta W(\vec{F})}{\delta t}$ يمكن أن نعبر عن وحدة القدرة ب Js^{-1}

$$1W = 1J/s$$

* مضاعفات الواط : kW ، MW ، GW

* الحصان - البخاري (ch)

$$1ch = 736W$$

4 - شغل قوة قدرتها ثابتة .

نعبر عن الشغل الجزئي لقوة قدرتها ثابتة بالعلاقة التالية : $\delta W = P \cdot \delta t$

ويكون الشغل الكلي خلال مدة زمنية Δt مجموع الأشغال الجزئية :

$$W(\vec{F}) = \sum \delta W = \sum P \delta t$$

$$W(\vec{F}) = P \sum \delta t$$

$$W(\vec{F}) = P \cdot \Delta t$$

5 - القدرة اللحظية لقوة ذات عزم ثابت مطبقة على جسم صلب في دوران حول محور ثابت .

نعتبر جسما صلبا في دوران حول محور ثابت بسرعة زاوية ω تحت تأثير قوة $\vec{F}$ متعامدة مع محور الدوران .

تتحرك النقطة M وفق مسار دائري مركزه O وشعاعه OM .

القدرة اللحظية للقوة $\vec{F}$ هي : $\mathcal{P} = \vec{F} \cdot \vec{v} = F \cdot v \cdot \cos \alpha$ وبما أن $v = OM \cdot \omega$ فإن

$$\mathcal{P} = F \cdot OM \cdot \cos \theta \cdot \omega \quad \text{وحسب الشكل جانبه لدينا } \mathcal{M}_d(\vec{F}) = F \cdot OM \cdot \cos \theta \quad \text{وبالتالي}$$

:

$$\mathcal{P} = \mathcal{M}_d(\vec{F}) \cdot \omega$$

