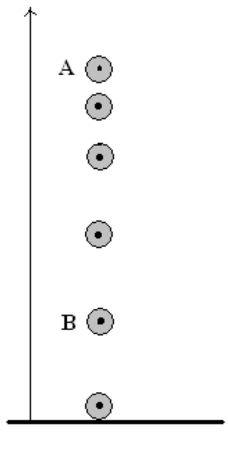
الشغل و القدرة

Travail et puissance

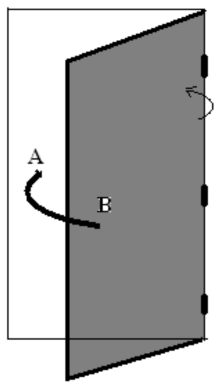
I ـ مفعول بعض التأثيرات الميكانيكية على جسم صلب خاضع لقوى نقط تأثيرها تنتقل (تذكير)

النشاط 1

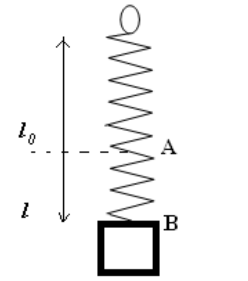
1 ـ بناء على مفهوم التأثيرات الميكانيكية



سقوط كرة نحو سطح الأرض
نهمل تأثير الهواء



فتح الباب



إطالة النابض تحت تأثير الجسم S

أ ـ أعط تفسير للأمثلة التالية :
ــ سقوط جسم .
ــ فتح الباب
ـ إطالة نابض تحت تأثير كتلة معلمة .
ب ــ أقرن كل تأثير ميكانيكي بمتجهة مقيدة بنقطة تأثيرها . ما هي ملاحظاتك بالنسبة لنقطة التأثير ؟

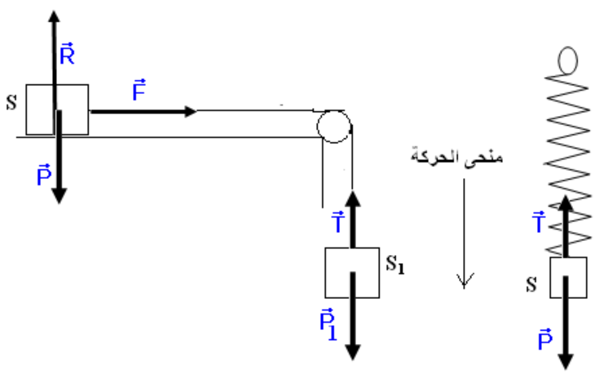
خلاصة

للقوة عدة مفاعيل ميكانيكية على جسم صلب والتي لها نقط التأثير تنتقل .
مثلا بعض أنواع هذه المفاعيل :
ـ تحريك جسم صلب (حركة السيارة على الطريق بفعل تأثير القوة المطبقة من طرف المحرك أو سقوط الأجسام بفعل تأثير وزنها)
ـ إحداث دوران جسم صلب (عندما ندير مقود الدراجة نطبق مزدوجة قوتين يمكنهما إدارة الدراجة)
ـ تشويه جسم صلب (عندما يطبق جسم قوة على نابض أو توتر النابض)

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

تذكير

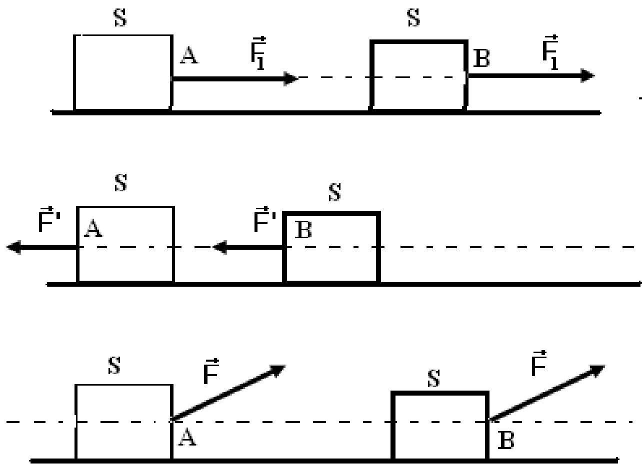
2 ـ حدد في التبيانة التالية التأثير الميكانيكي المقرون بقوة ثابتة .
3 ـ حدد في الحالات التالية طبيعة حركة الجسم هل في إزاحة أم في دوران . هل إزاحة مستقيمية أم إزاحة منحنية ؟
حركة الأرض حول الشمس ـ حركة قطار على طول السكة الحديدية ـ حركة السيارة على منعطف ـ حركة مرور مرتبط بمحرك ـ يتكون المصعد من مقصورة مرتبطة بكتلة وازنة بواسطة حبل حديدي يمر بمجرى بكرة عند صعود المصعد حدد طبيعة حركة المصعد والبكرة .



*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 المستقيمية : مسار كل نقطة من نقط الجسم مستقيمي .
الإزاحة المنحنية: مسار كل نقطة من نقط الجسم منحني .

1 – شغل قوة ثابتة مطبقة على جسم صلب في إزاحة مستقيمية

النشاط 2



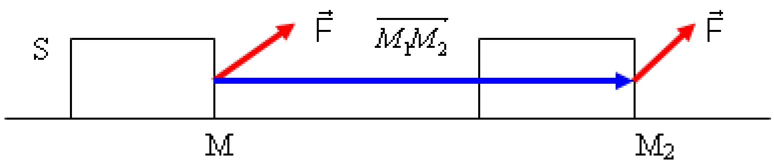
$W_{A\to B}(\vec{F}_1) =$

$W_{A\to B}(\vec{F}') =$

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

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

2 – في الحالات الثلاث تنتقل نقطة التأثير القوة المطبقة على الجسم (S) فتزيحها من النقطة A إلى النقطة B نقول أن $\vec{F}$ أنجزت شغلا نرمز له ب $W_{A\to B}(\vec{F})$ 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 مستقيمية نقول أن القوة $\vec{F}$ تنجز شغلا نرمز له ب:

$$W(M,\vec{F})_{M_1\to M_2} = \vec{F}\cdot\overrightarrow{M_1M_2}$$
$$= Fl\cos\alpha$$
$$\alpha = (\vec{F},\overrightarrow{M_1M_2})$$

$\overrightarrow{M_1M_2}$ متجهة الانتقال و $l=M_1M_2$

يمكن كذلك التعبير عن شغل قوة بواسطة إحداثيتي متجهة القوة $\vec{F}$ ومتجهة الانتقال $\overrightarrow{M_1M_2}$ في معلم ديكارتي $(O,\vec{i},\vec{j})$

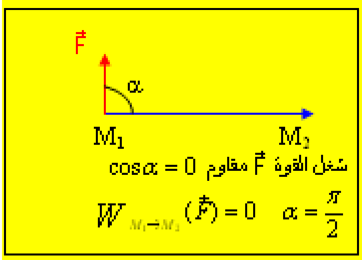
$\vec{F} = F_x\vec{i} + F_y\vec{j}$ و $\overrightarrow{M_1M_2} = (x_2 - x_1)\vec{i} + (y_2 - y_1)\vec{j}$ أي أن

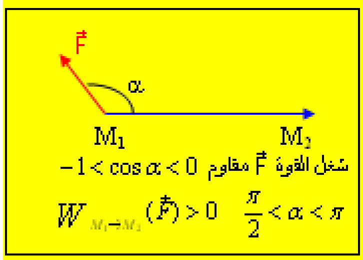
$$W_{M_1\to M_2}(\vec{F}) = F_x(x_2 - x_1) + F_y(y_2 - y_1)$$

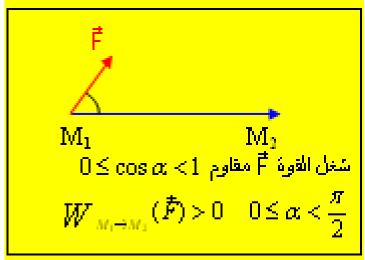
* **وحدة الشغل** . وحدة الشغل في النظام العالمي للوحدات : الجول Joule

تعريف بالجول : الجول هو الشغل الذي تبدله قوة ثابتة شدتها 1N عند انتقال نقطة تأثيرها بمتر وفق اتجاهها .

* **الشغل المحرك والشغل المقاوم**







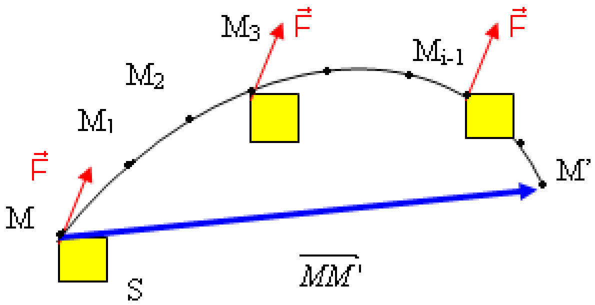
2 – شغل قوة ثابتة موضوعة مطبقة على جسم صلب في إزاحة منحنية .

نعتبر نقطة M من جسم صلب S كنقطة تأثير قوة F ثابتة

الجسم S في إزاحة منحنية. مسار النقطة M منحنيا.

ما هو تعبير شغل القوة F في هذه الحالة ؟

* نقسم المسار إلى أجزاء لا متناهية في الصغر .



$$\overrightarrow{MM_1}\ ,\ \overrightarrow{M_1M_2}\ ,\ \overrightarrow{M_2M_3}\ ....\overrightarrow{M_{i-1}M'}$$

يمكن اعتبار هذه الأجزاء مستقيمية. بما هي لامتناهية في الصغر يمكن تعريف متجهة الانتقال الجزئي ب

$\vec{\delta l}=\overrightarrow{MM_1}$ بحيث أن $\vec{\delta l}=\overrightarrow{MM_1}$

ونعبر عن الشغل الجزئي الذي تنجزه القوة F خلال

الانتقال الجزئي بالعلاقة التالية : $\delta W=\vec F.\vec{\delta l}$

وبما أن القوة (A,F) ثابتة ، فإن الشغل الذي تنجزه

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

$$W\left(\vec F\right)_{M\to M'}=\vec F.\vec{\delta\ell}_1+\vec F\vec{\delta\ell}_2+....+\vec F.\vec{\delta\ell}'$$

وبالتالي : $\sum\vec{\delta\ell}_i=\overrightarrow{MM'}$ ونعلم أن $W\left(\vec F\right)_{M\to M'}=\vec F.\sum\vec{\delta\ell}_i$

$$W\left(\vec F\right)_{M\to M'}=\vec F.\overrightarrow{MM'}$$

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

1 – اجرد القوى المطبقة على الجسم S . متى نقول أن الجسم في حالة سقوط حر ؟

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

4 – ما هو استنتاجك ؟

خلاصة :

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

II – شغل مجموعة من القوى في حالة إزاحة مستقيمية

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

$$W_{A\to B}(\vec{F}_1,\vec{F}_2,.......\vec{F}_n)=\vec{F}_1.\overrightarrow{AB}+\vec{F}_2.\overrightarrow{AB}+.......+\vec{F}_n.\overrightarrow{AB}$$

$$W_{A\to B}(\vec{F}_1,....\vec{F}_n)=\overrightarrow{AB}.\sum_{i=1}^{i=n}\vec{F}_i$$

$$W_{A\to B}=\vec{F}.\overrightarrow{AB}$$

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

تطبيق : شغل قوى الاحتكاك

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

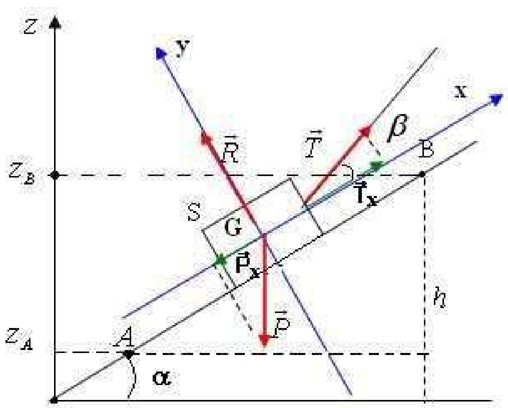
1 – نعتبر أن الاحتكاكات مهملة أحسب شغل القوى المطبقة على الجسم عند انتقاله بمسافة AB . نعتبر أن حركة S حركة إزاحة مستقيمية منتظمة .

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

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 : $W_{A\to B}(\vec{f})=-f.\ell$ بحيث أن ℓ طول المسار بين النقطتين A و B .

ما هو استنتاجك عندما يكون الجسم في إزاحة مستقيمية 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 $AB=\ell=1m$

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

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

$$=\vec{T}.\overrightarrow{AB}+\vec{R}.\overrightarrow{AB}+\vec{P}.\overrightarrow{AB}$$

بما أن $\vec{R}$ عمودية على متجهة الانتقال $\overrightarrow{AB}$ فشغلها منعدم $\vec{R}.\overrightarrow{AB}=0$

بالنسبة لشغل وزن الجسم فهو مقاوم :

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

كذلك بالنسبة لتوتر الخيط : $W_{A\to B}(\vec{T})=T.\ell\cos\beta$

وبالتالي :

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

حساب توتر الخيط :

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

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

نستعمل الطريقة المبيانية : نختار نظمة 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

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

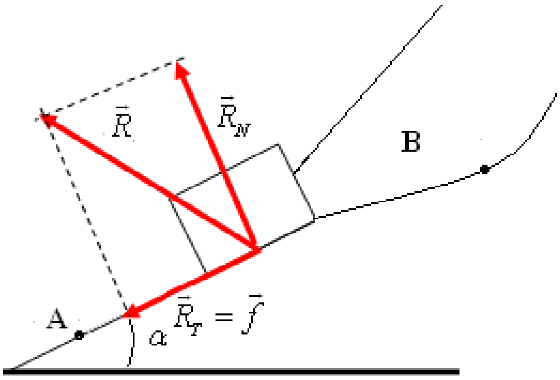
وبالتالي :

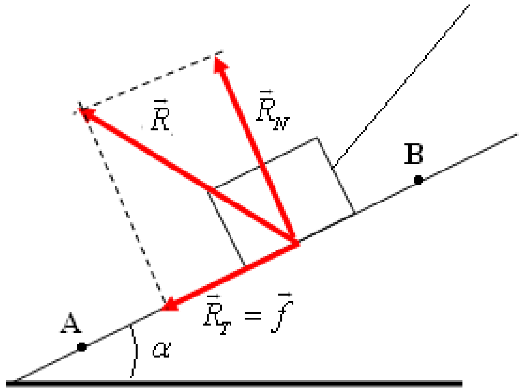
$$\underset{A\to B}{W}\left(\vec{F}\right)=0$$

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

عند الانتقال الجزئي $\delta\vec{\ell}$ على السطح المائل للجسم الصلب في إزاحة يكون شغل القوة $\vec{R}$ هو الشغل الجزئي $\delta W=\vec{R}.\delta\vec{\ell}$

بحيث أن $\vec{R}=\vec{R}_N+\vec{f}$ وبالتالي

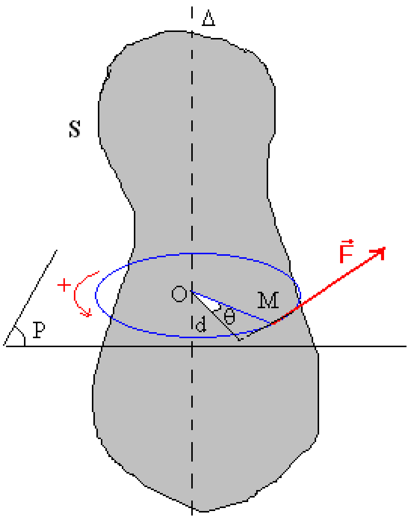




$$\delta W=\left(\vec{R}_N+\vec{f}\right).\delta\vec{\ell}$$
$$=\vec{R}_N.\delta\vec{\ell}+\vec{f}.\delta\vec{\ell}$$

بما أن $\vec{R}_N$ عمودية على متجهة الانتقال فشغلها منعدم وبالتالي $\delta W=\vec{f}.\delta\vec{\ell}=-f.\delta\ell$ لهما منحيان متعاكسان

عند انتقال الجسم من A إلى B الشغل الكلي خلال هذا الانتقال هو :



$$\underset{A\to B}{W}\left(\vec{R}\right)=\underset{A\to B}{W}\left(\vec{f}\right)=\sum_A^B\delta W_i$$
$$=-\sum_A^B f.\delta\ell=-f\sum_A^B\delta\ell$$

و $\sum_A^B\delta\ell=\ell$ و هو طول المسار

في حالة حركة إزاحة مستقيمية : $\underset{A\to B}{W}\left(\vec{R}\right)=-f.\ell=-f.AB$

في حالة حركة إزاحة منحنية $\underset{A\to B}{W}\left(\vec{R}\right)=-f.\ell$ بحيث ℓ طول المسار بين A و B .

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

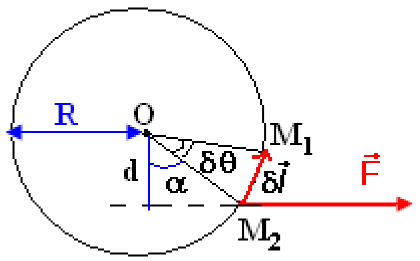
1 ـ تذكير بعزم قوة بالنسبة لمحور دوران ثابت

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

$$\mathcal{M}_\Delta\left(\vec{F}\right)=\pm F.d$$

F : شدة القوة

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



2 ـ الشغل الجزئي

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

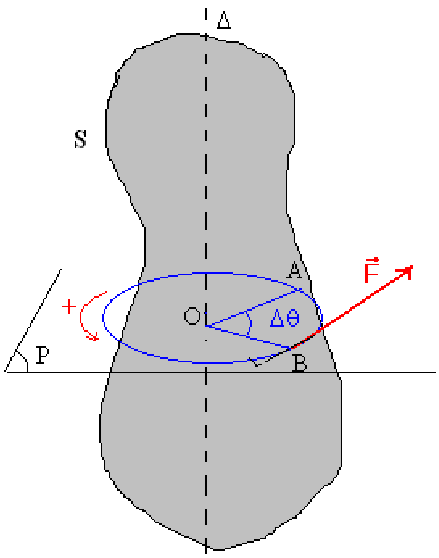
$$\delta W = \vec{F}.\delta\vec{\ell}$$

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

$$\delta W = F.R.\cos\alpha.\delta\theta$$

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

$$\delta W = \mathcal{M}_\Delta(\vec{F}).\delta\theta$$



3 ـ 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 : $W(\vec{F}) = \sum \mathcal{M}_\Delta(\vec{F}).\delta\theta$ وبما أن العزم ثابت $W(\vec{F}) = \mathcal{M}_\Delta(\vec{F})\sum\delta\theta$

ولدينا $\sum\delta\theta = \Delta\theta$ وبالتالي فإن :

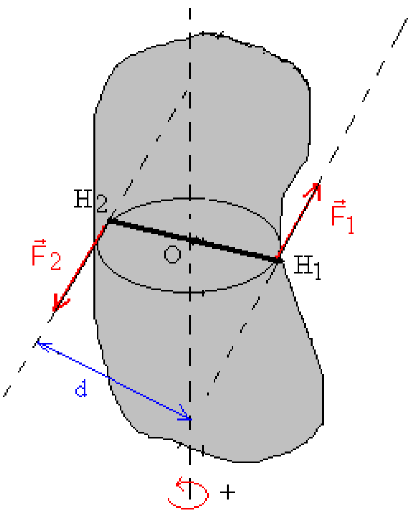
$$W(\vec{F}) = \mathcal{M}_\Delta(\vec{F}).\Delta\theta$$

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

VI ـ شغل مزدوجة عزمها ثابت

1 ـ تذكير بعزم مزدوجة قوتين بالنسبة لمحور الدوران

$$\mathcal{M}_\Delta(\vec{F}_1,\vec{F}_2) = \pm F.d$$



F الشدة المشتركة للقوتين $F_1 = F_2 = F$
d المسافة الفاصلة بين خطي تأثيرهما
تعريف عام بالمزدوجة :
المزدوجة مجموعة قوى مستوائية بحيث :
ـ يكون مجموع متجهاتها منعدما ؛
ـ يميزها عزم ثابت بالنسبة لأي محور دوران عمودي على مستواها .
مثال : مزدوجة محرك ، مزدوجة الكبح ، الخ .....

2 ـ شغل مزدوجة ذات عزم ثابت .

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

$$\delta W = \mathcal{M}_\Delta.\delta\theta$$

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 :

$$W = \mathcal{M}_\Delta.\Delta\theta$$

V ـ قدرة قوة

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

1 ـ القدرة المتوسطة

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

وحدة القدرة في النظام العالمي للوحدات هي الواط ورمزها W .

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

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

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

نعلم أن $\delta W = \vec{F}.\vec{\delta l}$ إذن $P_t(\vec{F}) = \dfrac{\vec{F}.\vec{\delta l}}{\delta t} = \vec{F}.\dfrac{\vec{\delta l}}{\delta t} = \vec{F}.\vec{v}$ بحيث $\vec{v}$ هي السرعة اللحظية لنقطة تأثير القوة $\vec{F}$.

ملحوظة: القدرة مقدار جبري مثله مثل الشغل يمكن أ، القدرة محركة أو مقاومة أو منعدمة .

3 ـ وحدات أخرى للقدرة .

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

* 1W=1J/s
* مضاعفات الواط : kW ، MW ، GW
* الحصان ـ البخاري (ch)

1ch=736W

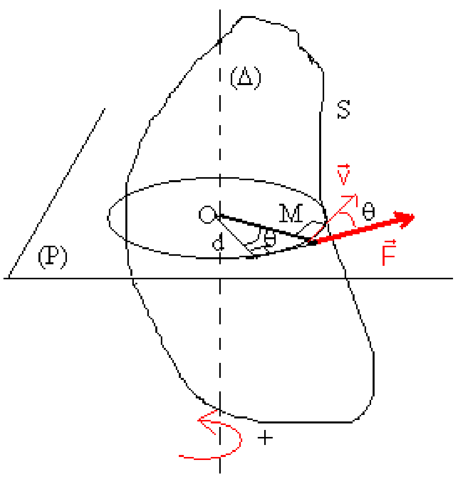
4 ـ شغل قوة قدرتها ثابتة .

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

ويكون الشغل الكلي خلال مدة زمنية Δt مجموع الأشغال الجزئية :

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

5 ـ 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 : $\mathscr{P} = \vec{F}.\vec{v} = F.v.\cos\alpha$ وبما أن $v = OM.\omega$ فإن

$\mathscr{P} = F.OM.\cos\theta.\omega$ وحسب الشكل جانبه لدينا $\mathcal{M}_{\Delta}(\vec{F}) = F.OM.\cos\theta$ وبالتالي :

$$\mathscr{P} = \mathcal{M}_{\Delta}(\vec{F}).\omega$$