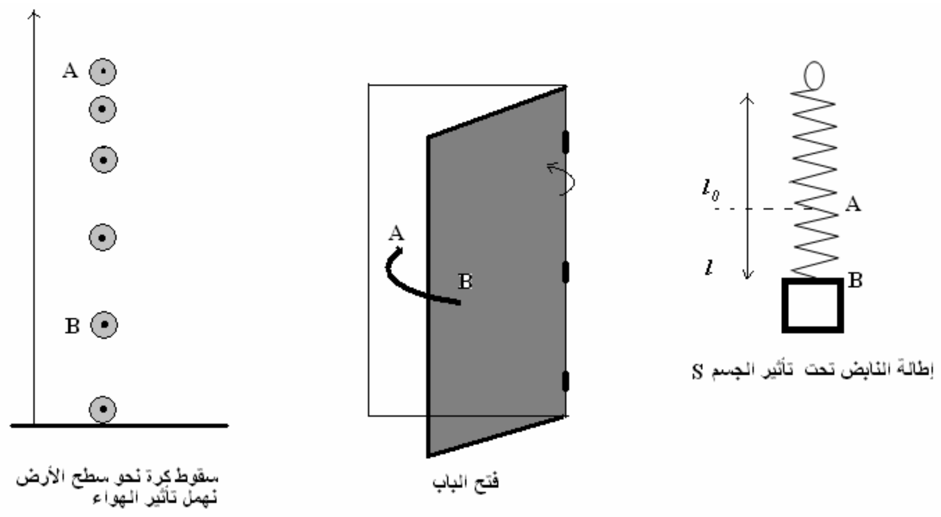
الشغل والقدرة

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



أ ـ أعط تفسير للأمثلة التالية :

ــ سقوط جسم .

ــ فتح الباب

ـ إطالة نابض تحت تأثير كتلة معلمة .

ب ـ 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)

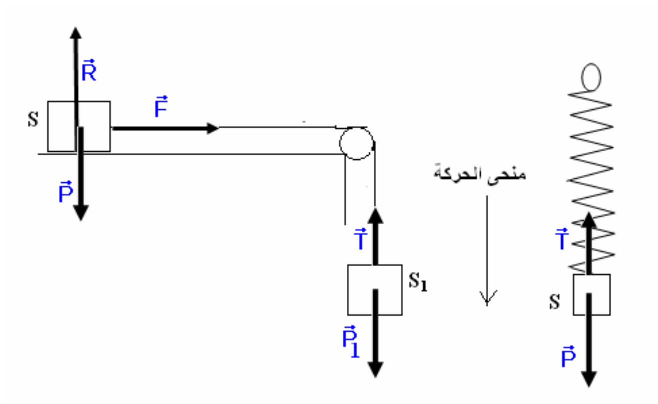
I ـ شغل وقدرة قوى مطبقة على جسم صلب في حركة إزاحة.

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 ؟

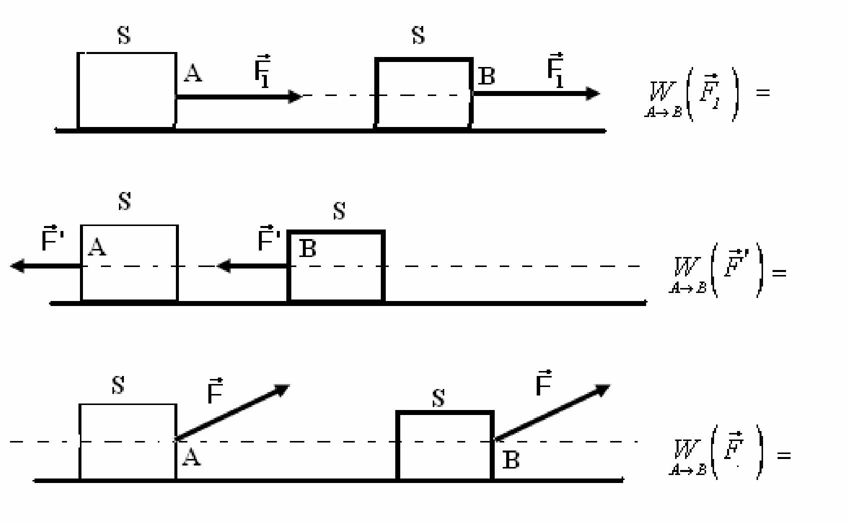
حركة الأرض حول الشمس ـ حركة قطار على طول السكة الحديدية ـ حركة السيارة على منعطف ـ حركة مرود مرتبط بمحرك ـ يتكون المصعد من مقصورة مرتبطة بكتلة وازنة بواسطة حبل حديدي يمر بمجرى بكرة عند صعود المصعد حدد طبيعة حركة المصعد والبكرة .



*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 .

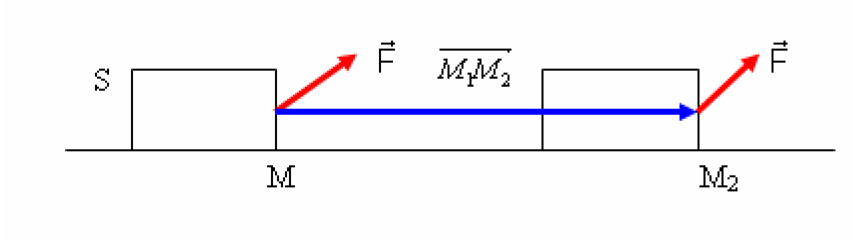
1 ـ شغل قوة ثابتة مطبقة على جسم صلب في إزاحة مستقيمية

النشاط 2



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

2 ـ 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 $(O,\vec{i},\vec{j})$

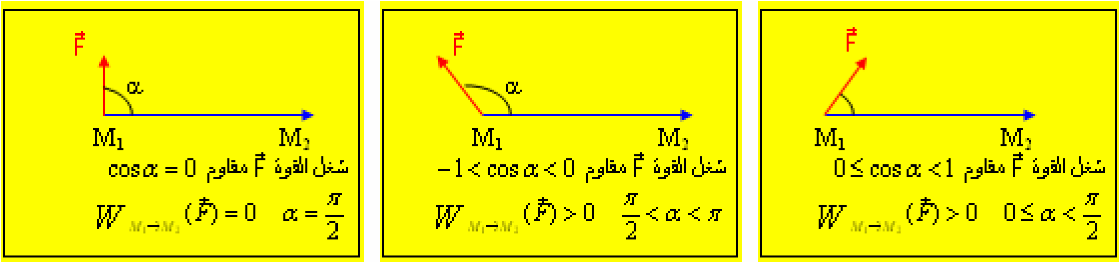
$\vec{F} = F_x\vec{i} + F_y\vec{j}$ و $\overrightarrow{M_1M_2} = (x_2-x_1)\vec{i} + (y_2-y_1)\vec{j}$ أي أن

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

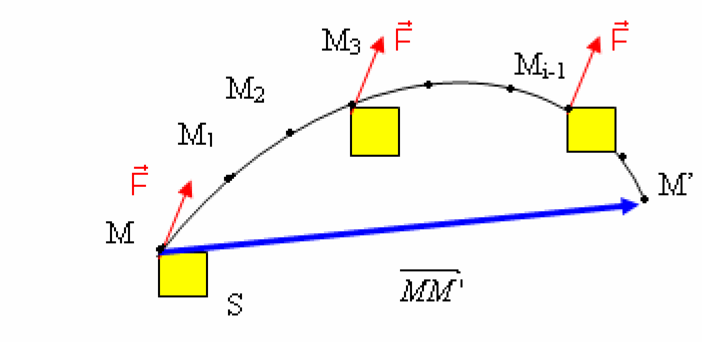
*** وحدة الشغل** . وحدة الشغل في النظام العالمي للوحدات : الجول Joule

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

*** الشغل المحرك والشغل المقاوم**



2 ـ 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 منحنيا.

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

* نقسم المسار إلى أجزاء لا متناهية في الصغر .

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

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

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 .

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

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

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

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

3 ـ 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 ـ اجرد القوى المطبقة على الجسم S . متى نقول أن الجسم في حالة سقوط حر ؟

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

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

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

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

4 ـ 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 $\alpha=30°$ 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 .

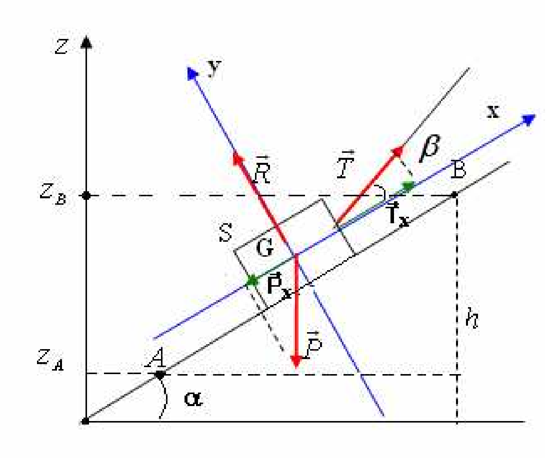
2 – نعتبر أن السطح المائل خشن . بين أن شغل قوة الاحتكاك $\vec{f}$ خلال الانتقال من A إلى B هو كالتالي : $W_{A\to B}(\vec{f}) = -f.AB$

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

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

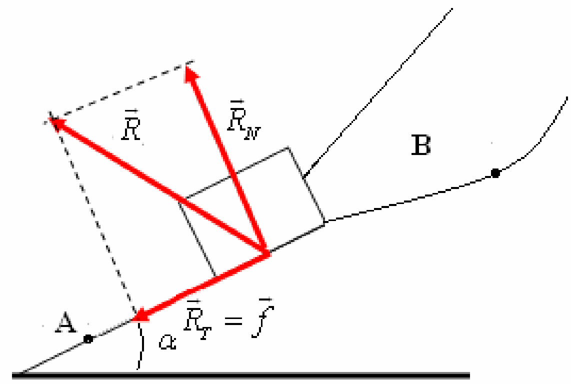
وبالتالي :

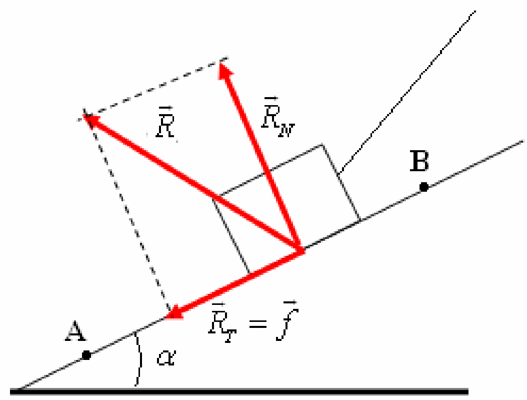
$$\underset{A\to B}{W}\left(\vec{F}\right)=0$$

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

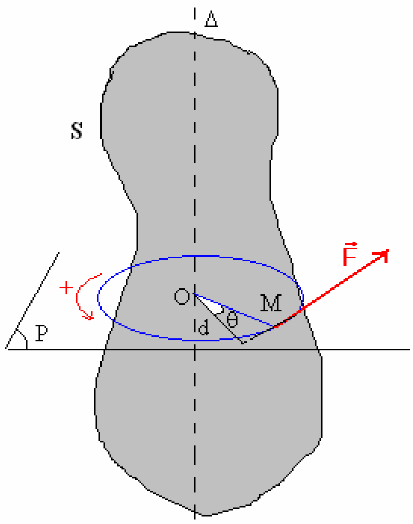




$$\delta W=\left(\vec{R}_N+\vec{f}\right).\delta\vec{\ell}$$
$$=\vec{R}_N.\delta\vec{\ell}+\vec{f}.\delta\vec{\ell}$$

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 $\sum_A^B\delta\ell=\ell$ وهو 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

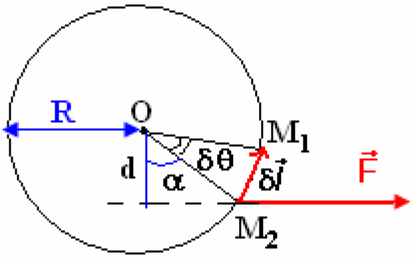
1 ـ تذكير بعزم قوة بالنسبة لمحور دوران ثابت

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 .



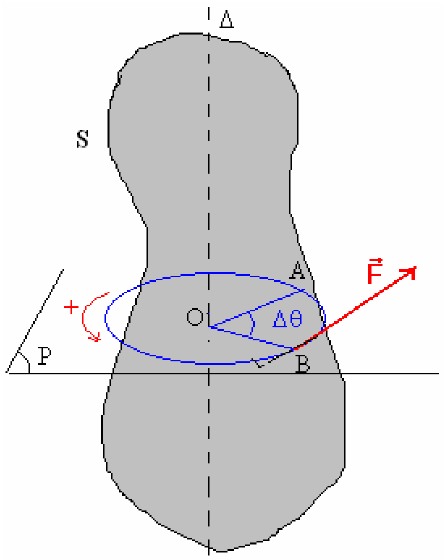
2 ـ الشغل الجزئي

عندما يدور الجسم بزاوية صغيرة $\delta\theta$ ، تقطع نقطة تأثير القوة $\vec{F}$ قوسا صغيرا $\overset{\frown}{M_1M_2}$
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 :

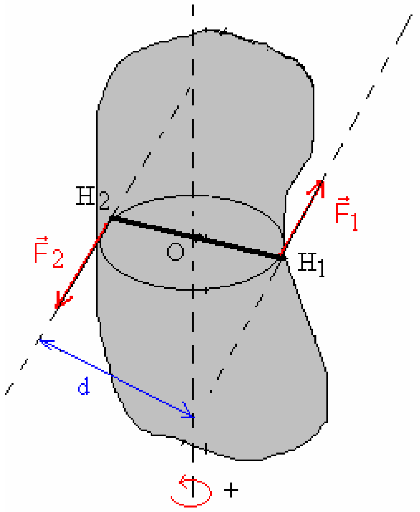
$$W(\vec{F}) = \mathcal{M}_\Delta(\vec{F}).\Delta\theta$$

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)

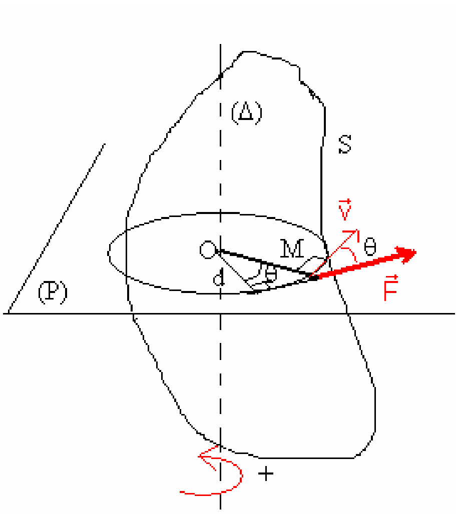
1ch=736W

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 :

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