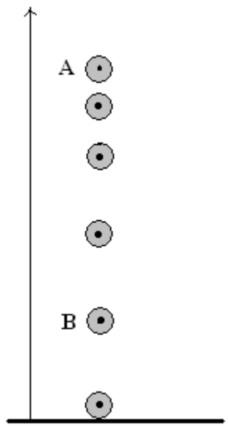
الشغل والقدرة
Travail et puissance

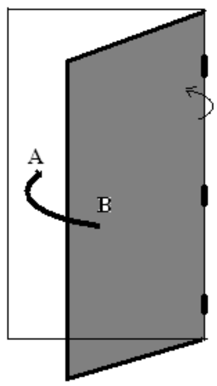
I ــ مفعول بعض التأثيرات الميكانيكية على جسم صلب خاضع لقوى نقط تأثيرها تنتقل (تذكير)

النشاط 1

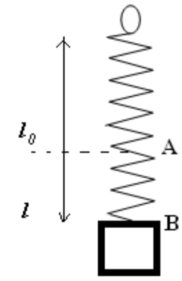
1 ــ بناء على مفهوم التأثيرات الميكانيكية



سقوط كرة نحو سطح الأرض نهمل تأثير الهواء



فتح الباب



إطالة النابض تحت تأثير الجسم S

أ ــ أعط تفسير للأمثلة التالية :

ــ سقوط جسم .

ــ فتح الباب

ــ 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 :

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

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

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

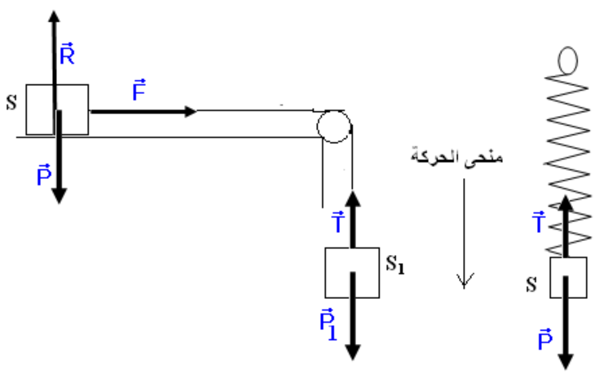
I ــ شغل وقدرة قوى مطبقة على جسم صلب في حركة إزاحة.

تذكير

2 ــ حدد في التبيانة التالية التأثير الميكانيكي المقرون بقوة ثابتة .

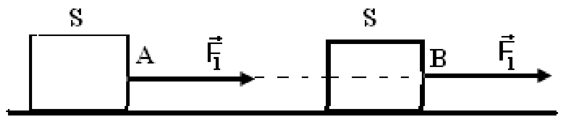
3 ــ حدد في الحالات التالية طبيعة حركة الجسم هل في إزاحة أم في دوران . هل إزاحة مستقيمية أم إزاحة منحنية ؟

حركة الأرض حول الشمس ــ حركة قطار على طول السكة الحديدية ـ حركة السيارة على منعطف ــ 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 .

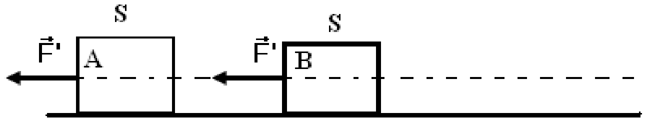


*مفهوم القوة الثابتة: $\vec{F}$ قوة ثابتة عندما تحافظ على مميزاتها خلال الحركة . أمثلة: وزن الجسم
* حركة إزاحة جسم صلب: نقول أن الجسم S في حركة إزاحة إذا حافظ على نفس التوجيه في الفضاء وجميع نقطه تتحرك بنفس السرعة اللحظية.
الإزاحة المستقيمية : مسار كل نقطة من نقط الجسم مستقيمي .
الإزاحة المنحنية: مسار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

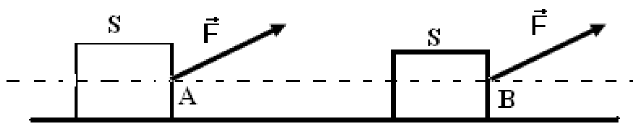
1 – شغل قوة ثابتة مطبقة على جسم صلب في إزاحة مستقيمية
النشاط 2



$\underset{A\to B}{W}\left(\vec{F_1}\right) =$

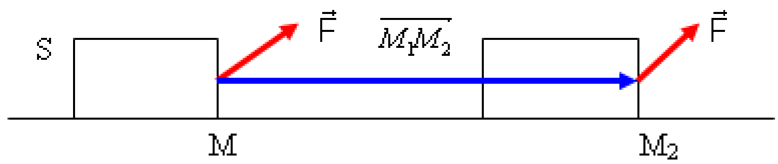


$\underset{A\to B}{W}\left(\vec{F'}\right) =$



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

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

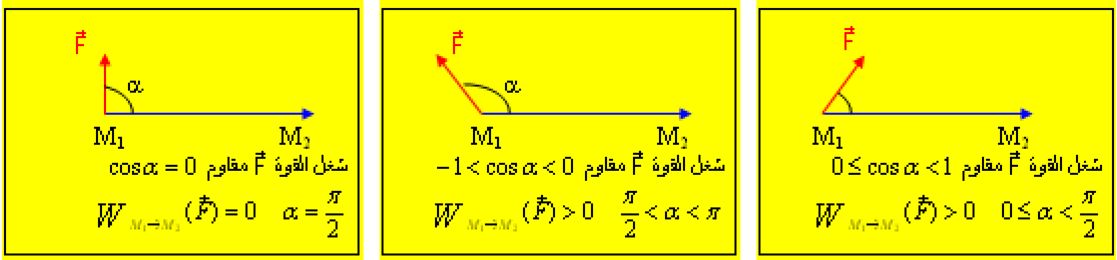
$$W_{M_1\to M_2}(\vec{F}) = F_x(x_2-x_1) + F_y(y_2-y_1)$$

R

* **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 موضعة مطبقة على جسم صلب في إزاحة منحنية .

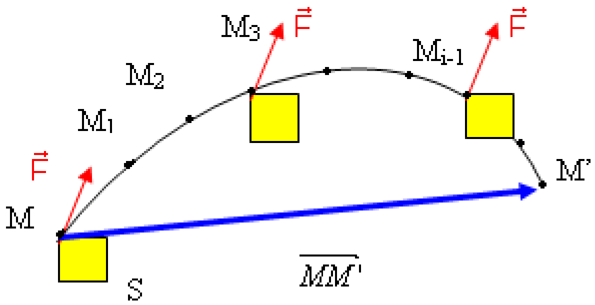
نعتبر نقطة M من جسم صلب S كنقطة تأثير قوة $\vec{F}$ ثابتة

الجسم S في إزاحة منحنية. مسار النقطة M منحنى.

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

* نقسم المسار إلى أجزاء لا متناهية في الصغر .

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



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 .

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

$W\left(\vec{F}\right)_{M\to M'} = \vec{F}.\sum\vec{\delta\ell}_i$ 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 – 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 $(O,\vec{k})$ 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

R

II ـ 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

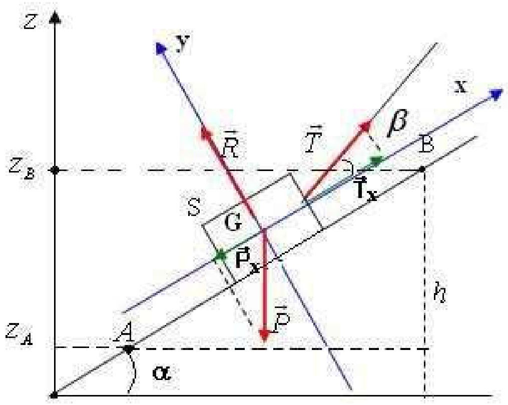
نجر جسما S فوق سطح مائل بزاوية $\alpha=30°$ بالنسبة للمستوى الأفقي بواسطة خيط كتلته مهملة وغير قابل الامتداد يكون زاوية $\beta=10°$ مع مستوى السطح المائل. كتلة الجسم m=2kg .

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

2 ـ 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 ـ 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 ـ 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

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

R

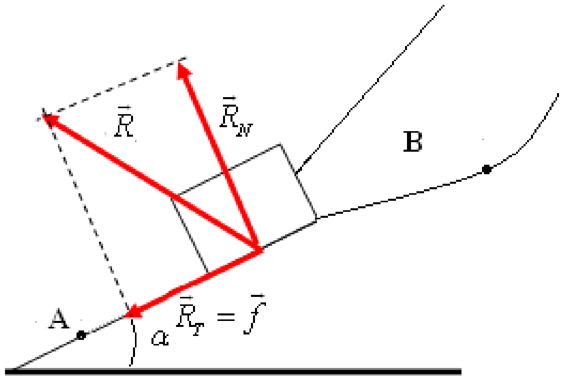
وبالتالي :

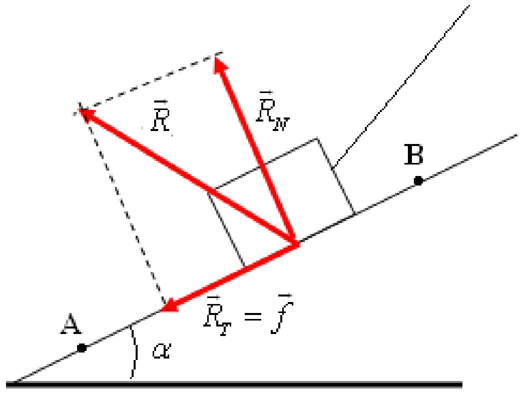
$$\underset{A\to B}{W}\left(\vec{F}\right)=0$$

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





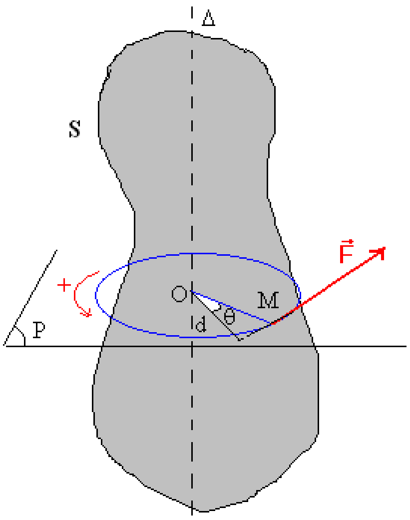
$$\delta W=\left(\vec{R}_N+\vec{f}\right).\delta\vec{\ell}$$
$$=\vec{R}_N.\delta\vec{\ell}+\vec{f}.\delta\vec{\ell}$$

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

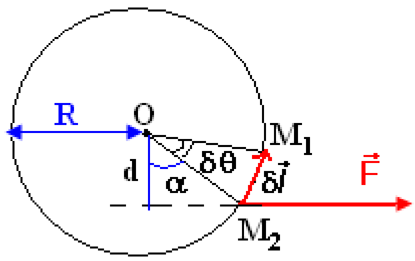
صيغة عزم القوة $\vec{F}$ بالنسبة لمحور الدوران (Δ) متعامد مع خط تأثيرها هي :

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

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 $\vec{\delta\ell}$.

باعتبار أن متجهة القوة $\vec{F}$ تقريبا ثابتة نعبر عن الشغل الجزئي δW بالعلاقة التالية :

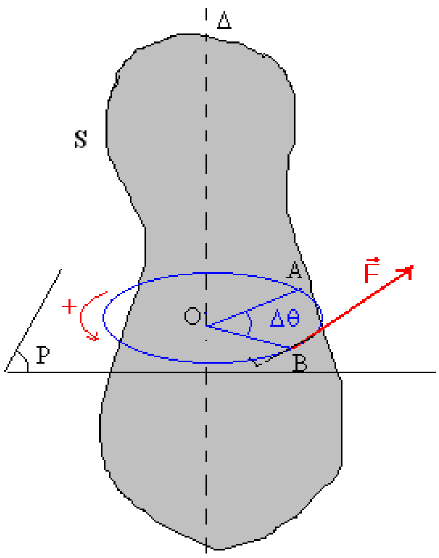
$$\delta W = \vec{F}.\vec{\delta\ell}$$

$\delta W = F.\delta\ell.\cos\alpha$ 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

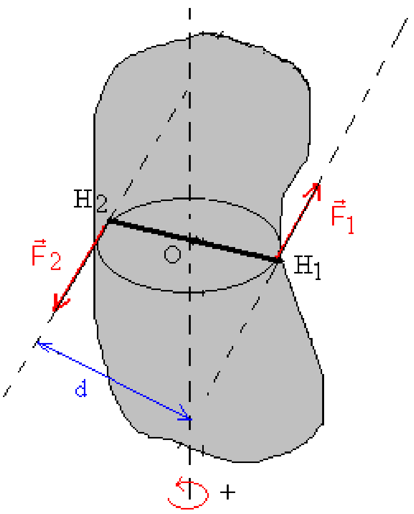
تعريف عام بالمزدوجة :

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

R

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 : $\delta W = P.\delta t$

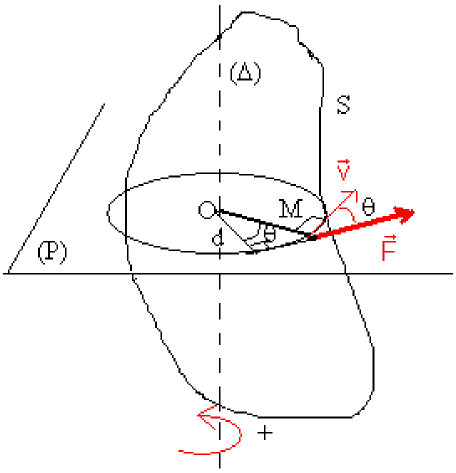
ويكون الشغل الكلي خلال مدة زمنية Δt مجموع الأشغال الجزئية :

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

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

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

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 :

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