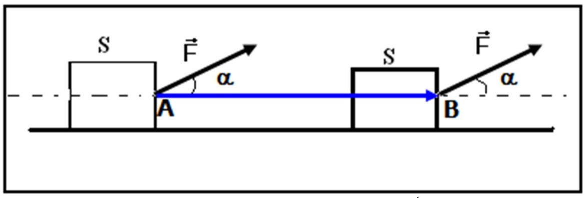
الشغل والقدرة
Travail et puissance
ملخص الدرس

I ـ شغل قوة ثابتة مطبقة على جسم صلب في حركة إزاحة.

1 ـ تعريف :

نعتبر النقطة M من الجسم S ، تخضع لقوة ثابتة $\vec{F}$.

عند انتقالها من الموضع A إلى الموضع B في حركة مستقيمية نقول أن القوة $\vec{F}$ تنجز شغلا نرمز له ب:



$$\boxed{W_{A\to B}\left(\vec{F}\right)=\vec{F}.\overrightarrow{AB}=F\ell\cos\alpha}$$ بحيث أن : $\alpha=\left(\vec{F},\overrightarrow{AB}\right)$

$\overrightarrow{AB}$ متجهة الانتقال و $\ell=AB$

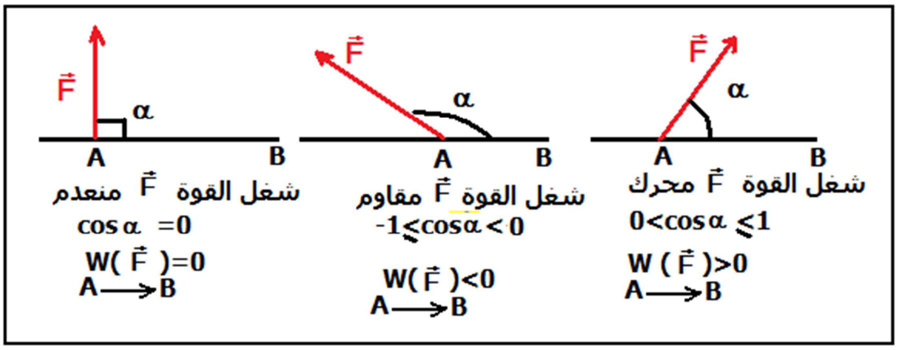
وحدة الشغل في النظام العالمي للوحدات هي : الجول (J)

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

$\vec{F}=F_x\vec{i}+F_y\vec{j}$ و $\overrightarrow{AB}=(x_B-x_A)\vec{i}+(y_B-y_A)\vec{j}$ أي أن

$$\boxed{W_{A\to B}\left(\vec{F}\right)=F_x\left(x_B-x_A\right)+F_y\left(y_B-y_A\right)}$$

2 ـ الشغل المحرك والشغل المقاوم



II ـ شغل قوة ثابتة مموضعة مطبقة على جسم صلب في إزاحة منحنية .

1 ـ الشغل الجزئي :

نعتبر نقطة M من جسم صلب S كنقطة تأثير قوة ثابتة $\vec{F}$.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 $\overrightarrow{\delta\ell_i}$ بحيث أن $\overrightarrow{\delta\ell_i}=\overrightarrow{MM_i}$

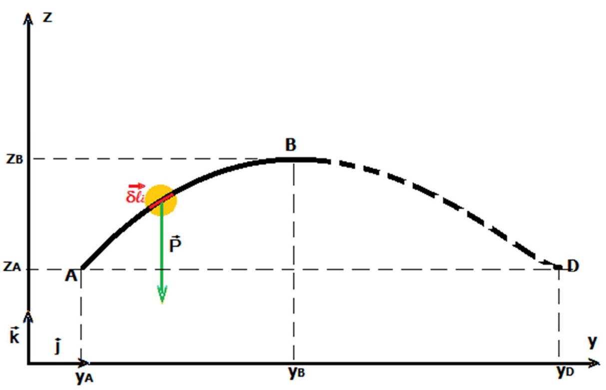
ونعبر عن الشغل الجزئي الذي تنجزه القوة $\vec{F}$ خلال الانتقال الجزئي بالعلاقة التالية : $\boxed{\delta W_i=\vec{F}.\overrightarrow{\delta\ell_i}}$

2 ـ شغل وزن الجسم

يمثل الشكل جانبه مسار مركز كرة أرسلت من طرف لاعب انطلاقا من النقطة A

أوجد تعبير شغل وزن الجسم عند انتقال الكرة من A إلى B ، ثم من B إلى C ,

نعطي $z_B-z_A=h$ و $g=10N/kg$



القوة $\left(G,\vec{P}\right)$ ثابتة ، فإن الشغل الذي تنجزه عند انتقال الجسم من A نحو B هو مجموع الأشغال الجزئية بين هاتين النقطتين .

$$W_{A\to B}\left(\vec{P}\right)=\delta W_1+\delta W_2+.........\delta W'$$

$$W_{A\to B}\left(\vec{P}\right)=\vec{P}.\delta\vec{\ell}_1+\vec{P}\delta\vec{\ell}_2+....+\vec{P}.\delta\vec{\ell}\,'$$

ونعلم أن $\underset{A\to B}{W}\left(\vec{P}\right)=\vec{P}.\sum\delta\vec{\ell}_i$ ونعلم أن $\sum\delta\vec{\ell}_i=\overrightarrow{AB}$ وبالتالي :

$$\boxed{\underset{M\to M'}{W}\left(\vec{F}\right)=\vec{P}.\overrightarrow{AB}}$$

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

$$\underset{A\to B}{W}(\vec{P})=\vec{P}.\overrightarrow{AB}$$

في المعلم الديكارتي $(O,\vec{j},\vec{k})$ لدينا $\vec{P}=-mg\vec{k}$ و

$\overrightarrow{AB}=(y_B-y_A)\vec{i}+(z_B-z_A)\vec{j}$ أي أن : $\underset{A\to B}{W}(\vec{P})=-mg(z_B-z_A)$

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

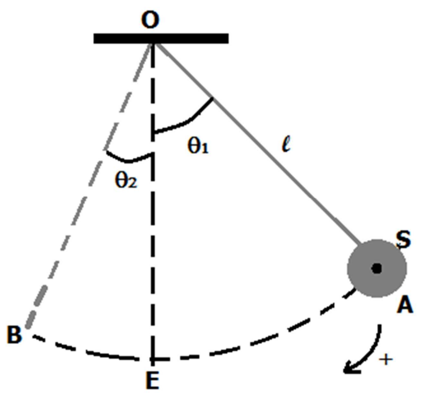
$z_B>z_A$ $\boxed{W_{A\to B}(\vec{P})=-mg(z_B-z_A)=-mgh}$ في حالة أن وزن الجسم قوة مقاومة

في الحالة الثانية $\underset{A\to B}{W}(\vec{P})=\vec{P}.\overrightarrow{BD}$

$z_D<z_B$ $\boxed{W_{B\to D}(\vec{P})=-mg(z_D-z_B)=mgh}$ في حالة وزن الجسم قوة محركة

بصفة عامة : فإن شغل وزن الجسم لا يتعلق إلا بالارتفاع h الذي قطعه الجسم وإشارة الشغل تتعلق بطبيعته هل مقاوم أم محرك

$$\boxed{\underset{A\to B}{W}(\vec{P})=\pm mgh}$$



تمرين التطبيقي 3

نعلق بأحد طرفي خيط طوله $\ell=0,5m$ ، كرة (S) كتلتها $M=0,3kg$ ونثبت الطرف الآخر بحامل أفقي ثابت (أنظر الشكل)

نزيح المجموعة عن موضع توازنها ونطلقها بدون سرعة بدئية لتصل الكرة إلى الموضع B ، نمعلم موضعي الانطلاق والوصول بالزاويتين θ_1 و θ_2 بالنسبة لموضع التوازن E .

نعطي $\theta_1=\left(\widehat{\overrightarrow{0E},\overrightarrow{OA}}\right)=45°$ و $\theta_2=\left(\widehat{\overrightarrow{0B},\overrightarrow{OE}}\right)=30°$

اجرد القوى المطبقة على الكرة ومثلها على الشكل بدون سلم

أحسب شغل وزن الجسم عند انتقاله من A إلى E ، ثم عند انتقاله من E إلى B وحدد في كل حالة طبيعة هذا الشغل .

3 ـ شغل مجموعة من القوى مطبقة على جسم 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

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

$$\underset{\delta x\to 0}{W}\left(\sum\vec{F}_i\right)=\overrightarrow{AB}.\sum_{i=1}^{i=n}\vec{F}_i \qquad \sum_{i=1}^{i=n}\vec{F}_i=\vec{F}$$

$$\underset{\delta x\to 0}{W}\left(\sum\vec{F}_i\right)=\vec{F}.\overrightarrow{AB}$$

$\vec{F}=\vec{F}_1+\vec{F}_2+.......+\vec{F}_n$ هي مجموع متجهات القوى المطبقة على الجسم S .

III ـ قدرة قوة $\vec{F}$

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

3ـ 1 القدرة المتوسطة

$$\mathscr{P}_m(\vec{F})=\frac{W(\vec{F})}{\Delta t}$$

وحدة القدرة في النظام العالمي للوحدات هي الواط ورمزها W .

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

$$\boxed{\mathcal{P}_t(\vec{F}) = \frac{\vec{F}.\delta\vec{l}}{\delta t} = \vec{F}.\frac{\delta\vec{l}}{\delta t} = \vec{F}.\vec{v}}$$

<u>وحدات أخرى للقدرة .</u>

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

* 1W=1J/s

* مضاعفات الواط : $1KW = 10^3 W, 1MW = 10^6 W, 1GW = 10^9 W$

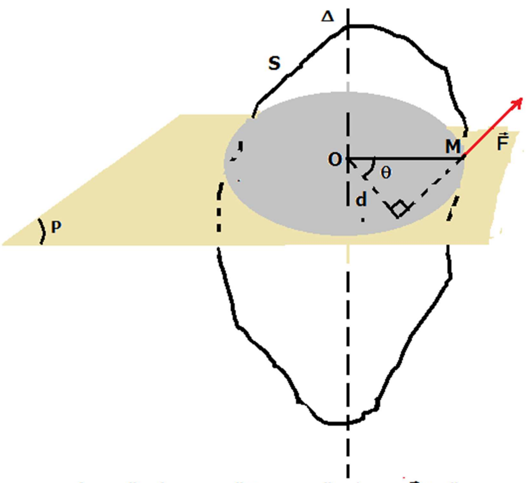
* الحصان – البخاري (ch) 1ch=736W

<u>6 – 3 شغل قوة قدرتها ثابتة .</u>

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

ويكون الشغل الكلي خلال مدة زمنية t، مجموع الأشغال الجزئية :

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



القوة $\vec{F}$ توجد في المستوى P العمودي على المحور Δ

IV – شغل قوة عزمها ثابت مطبقة على جسم صلب في دوران حول محور ثابت

1 – تذكير بعزم قوة $\vec{F}$

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

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

F : شدة القوة

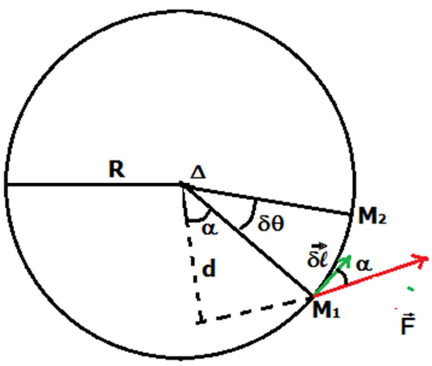
d : المسافة الفاصلة بين خط تأثيرها والمحور (Δ).

يتم اختيار منحى اعتباطيا موجبا للدوران .

<u>2 – الشغل الجزئي</u>

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

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

<u>3 – شغل قوة ذات عزم ثابت</u>

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 :

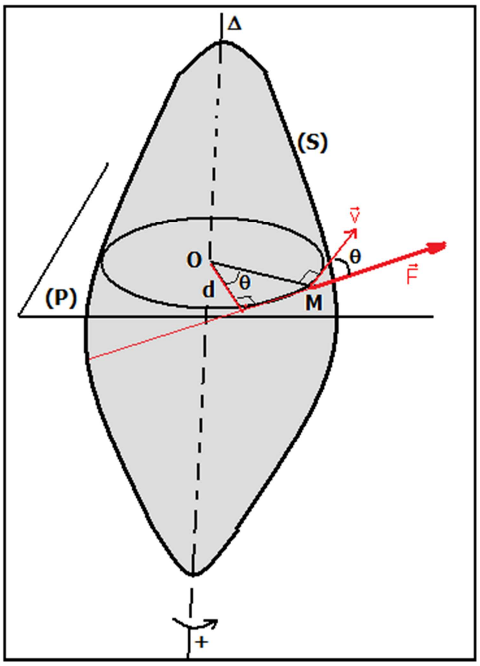
$$\boxed{W(\vec{F}) = \mathcal{M}_\Delta(\vec{F}).\Delta\theta}$$

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

<u>4 – القدرة اللحظية لقوة ذات عزم ثابت مطبقة على جسم صلب في دوران حول محور ثابت .</u>

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 هي : $P=\vec{F}.\vec{v}=F.v.\cos\alpha$ وبما أن $v=OM.\omega$

فإن $P=F.OM.\omega.\cos\theta$. وحسب الشكل جانبه لدينا

$M_\Delta(\vec{F})=F.OM.\cos\theta$ وبالتالي : $P=M_\Delta(\vec{F}).\omega$

5 ـ شغل مزدوجة عزمها ثابت

<u>تذكير بعزم مزدوجة قوتين بالنسبة لمحور الدوران</u>

$$\boxed{M_\Delta(\vec{F}_1,\vec{F}_2)=\pm F.d}$$

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 .

<u>6 ـ شغل مزدوجة ذات عزم ثابت .</u>

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