الجزء الأول : الشغل الميكانيكي و الطاقة . الدرس 2 ذ : عزيز العطور	شغل و قدرة قوة	الأولى بكالوريا جميع الشعب

1- مفهوم شغل قوة :

1-1- نشاط :

حدد المفاعيل أو التغيرات التي تحدثها هذه القوى على كل مجموعة ، سواء تعلق الأمر بالموضع أو بالسرعة أو بالحالة الفيزيائية .

شخص يدفع سيارة — يد تدير مقود سيارة — سيارة سباق أثناء تشغيل المكابح فينبعث دخان — يد تضغط على مسطرة قابلة للتشويه

المفعول الذي تحدثه هذه القوى :

- **على السيارة** هو تحريكها بفعل القوة التي يطبقها الشخص .
- **على مقود السيارة** هو إدارته بفعل القوة التي تطبقها اليد .
- **على المسطرة** هو تغيير شكلها بفعل القوة التي تطبقها اليد .
- **على سيارة السباق** هو تغيير سرعتها بفعل القوة التي تطبقها المكابح .

1-2- خلاصة :

تتعدد المفاعيل الميكانيكية التي تحدثها القوى المطبقة على جسم صلب والتي لها نقط تأثير تنتقل ، وذلك :

- حسب طبيعة هذا الانتقال (إزاحة ، دوران ، ...) .
- حسب مميزات هذه القوى .
- حسب خصائص وطبيعة الجسم الصلب (قابل للتشويه ...) .

ونذكر من هذه المفاعيل :

- تحريك جسم صلب .
- إحداث دوران جسم صلب .
- تشويه جسم صلب .

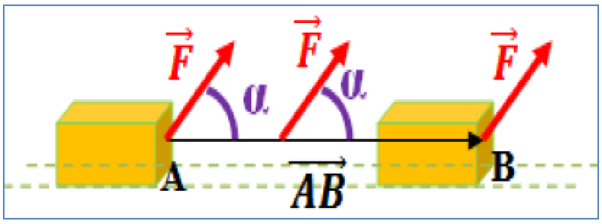
نقول إن قوة مطبقة على جسم ما تشتغل ، إذا انتقلت نقطة تأثيرها ، وغيرت حركة هذا الجسم (تغير في الارتفاع ، تغير في سرعته ...) أو غيرت خصائصه الفيزيائية (ارتفاع في درجة حرارته ، تشويهه...) .

2- شغل قوة أو مجموعة قوى :

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

- **نقول إن القوة ثابتة إذا احتفظت بنفس الاتجاه ، نفس المنحى ونفس الشدة طيلة الحركة .**
- **نقول إن جسما صلبا في حركة إزاحة إذا حافظ على نفس التوجيه في الفضاء (أي لم تتغير مميزات المتجهة $\overrightarrow{AB}$ بحيث A و B نقطتان من الجسم) .**

2-1-1- إزاحة مستقيمية :



إذا اعتبرنا نقطة M من جسم صلب في إزاحة خاضعة لقوة $\vec{F}$ ، وتنتقل من موضع A إلى موضع B . فإن القوة $\vec{F}$ تنجز شغلا يساوي الجداء السلمي لمتجهة القوة $\vec{F}$ و متجهة للانتقال $\overrightarrow{AB}$ لنقطة تأثير القوة .

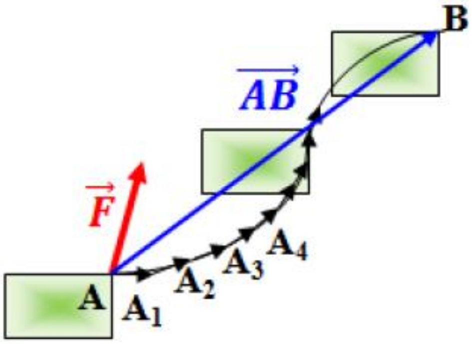
$$W_{A\to B}(\vec{F}) = \vec{F}.\overrightarrow{AB} = F.AB.\cos\alpha$$

مع $\alpha = (\widehat{\vec{F},\overrightarrow{AB}})$

وحدة الشغل في (ن ع) هي الجول J .

الجول يمثل شغل قوة ثابتة شدتها 1N عند انتقال نقطة تأثيرها بمتر 1m وفق اتجاهها وفي منحاها . $1J = 1N.m$

2-1-2- إزاحة منحنية :



نقسم المسار إلى أجزاء متناهية في الصغر بحيث يمكن اعتبارها مستقيمية .

نعبر عن **الشغل الجزئي** δW_i للقوة $\vec{F}$ خلال الانتقال الجزئي $\overrightarrow{\delta l_i} = \overrightarrow{A_iA_{i+1}}$ بالعلاقة : $\delta W_i = \vec{F}.\overrightarrow{\delta l_i}$.

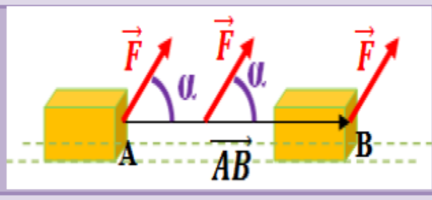
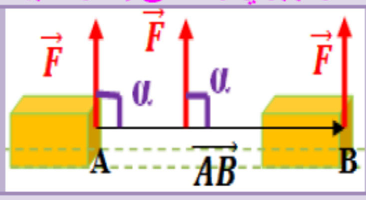
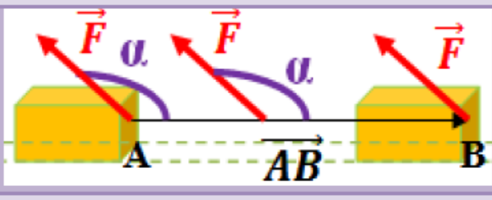
الشغل الكلي للقوة $\vec{F}$ عند انتقال نقطة تأثيرها من A إلى B هو **مجموع الأشغال الجزئية** $W_{A\to B}(\vec{F}) = \sum\delta W_i = \vec{F}.\sum\overrightarrow{\delta l_i} = \vec{F}.\overrightarrow{AB}$

في حالة الإزاحة المنحنية ، يُعبر عن شغل قوة $\vec{F}$ عند انتقال نقطة تأثيرها من A إلى B بالعلاقة : $W_{A\to B}(\vec{F}) = \vec{F}.\overrightarrow{AB}$

ملحوظة : لا يرتبط شغل قوة ثابتة بمسار نقطة تأثيرها ، بل يرتبط فقط بموضعها البدئي و النهائي .

2-1-3- طبيعة الشغل :

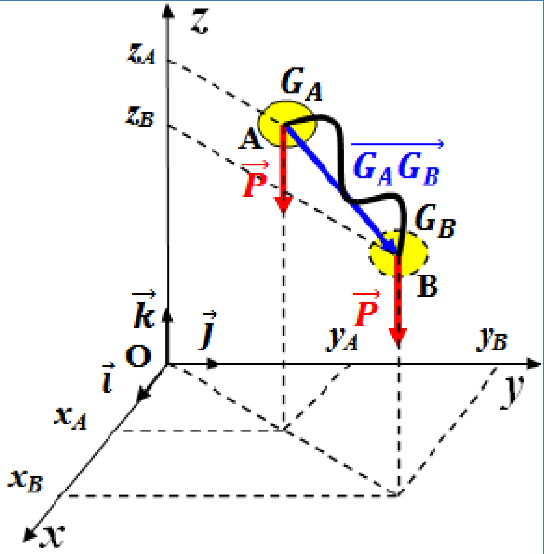
الشغل مقدار جبري و تتعلق إشارته بإشارة $\cos\alpha$

		
$\cos\alpha > 0 \Leftarrow 0 \le \alpha < 90°$ وبالتالي $W_{A\to B}(\vec{F}) > 0$ فنقول إن الشغل محرك	$\cos\alpha = 0 \Leftarrow \alpha = 90°$ وبالتالي $W_{A\to B}(\vec{F}) = 0$ فنقول إن الشغل منعدم	$\cos\alpha < 0 \Leftarrow 90° \le \alpha < 180°$ وبالتالي $W_{A\to B}(\vec{F}) < 0$ فنقول إن الشغل مقاوم

2-2- شغل مجموعة قوى ثابتة مطبقة على جسم في إزاحة :

يساوي شغل مجموعة قوى ثابتة $(\vec{F}_1 , \vec{F}_2 , \vec{F}_3 ,\dots \vec{F}_n)$ مطبقة على جسم صلب في إزاحة ، الجداء السلمي لمجموع متجهات القوى $\sum\vec{F}_i$ و متجهة الانتقال $\overrightarrow{AB}$.

$$W_{A\to B}(\vec{F}) = \sum\vec{F}_i.\overrightarrow{AB}$$



2-3- شغل وزن جسم :

بالنسبة لانتقال جسم على مقربة من الأرض ، يعتبر وزن الجسم قوة ثابتة .

تعبير شغل وزن جسم عند انتقال G مركز قصوره من A إلى B هو :

$W_{A\to B}(\vec{P}) = \vec{P}.\overrightarrow{G_AG_B}$.

في المعلم $\mathcal{R}(O,\vec{i},\vec{j},\vec{k})$ (**حيث oz موجه نحو الأعلى**) إحداثيات $\vec{P}$ و $\overrightarrow{G_AG_B}$ هي :

$$\vec{P}\begin{cases} P_x = 0 \\ P_y = 0 \\ P_z = -mg \end{cases} \quad \text{و} \quad \overrightarrow{G_AG_B}\begin{cases} x_B - x_A \\ y_B - y_A \\ z_B - z_A \end{cases}$$

إذن $W_{A\to B}(\vec{P}) = m(z_A - z_B)$

ملحوظة :

❖ **لا يرتبط شغل وزن جسم إلا بالأنسوب z_A للموضع البدئي و بالأنسوب z_B للموضع النهائي أي لا يتعلق بالمسار المتبع .**

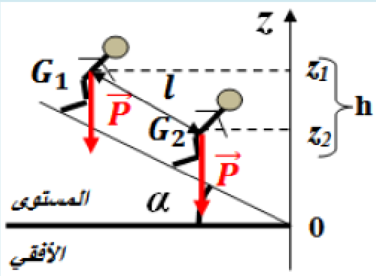
إذا كان المحور oz موجها نحو الأسفل فإن تعبير شغل وزن الجسم يصبح : $W_{A\to B}(\vec{P}) = mg(z_B - z_A)$.

تمرين تطبيقي (تمرين 4 ص 35 من المسار)

ينزلق طفل كتلته m=30kg فوق منزلق مستقيمي ومائل بزاوية $\alpha = 45°$ بالنسبة للمستوى الأفقي .

1- أنجز تبيانة توضيحية .

2- احسب الشغل الذي ينجزه وزن الطفل عند قطعه للمسافة $l = 4m$. نعطي : $g = 10N.kg^{-1}$.



1- انظر جانبه .

2- لدينا $W_{G_1\to G_2}(\vec{P}) = mg(z_1 - z_2) = mgh$

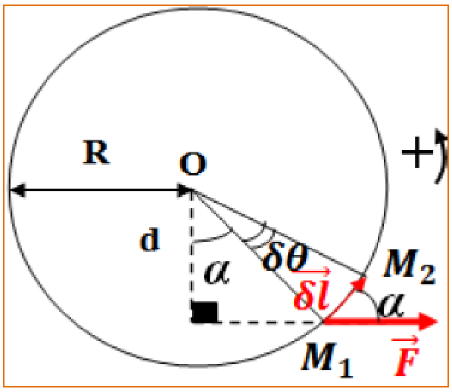
ولدينا $\sin\alpha = \frac{h}{l}$ وبالتالي $W_{G_1\to G_2}(\vec{P}) = mgl\sin\alpha$

إذن $W_{G_1\to G_2}(\vec{P}) = 30 \times 10 \times 4 \times \sin 45 = 848,53J$.

2-4- شغل قوة عزمها ثابت مطبقة على جسم صلب في دوران حول محور ثابت :

صيغة عزم قوة $\vec{F}$ بالنسبة لمحور (Δ) متعامد مع خط تأثيرها هي $\mathcal{M}_\Delta(\vec{F}) = \pm F.d$

حيث F شدة القوة و d المسافة الفاصلة بين خط تأثيرها والمحور .



عند دوران جسم صلب بزاوية صغيرة $\delta\theta$ ، تقطع نقطة تأثير القوة قوسا صغيرا $\widehat{M_1M_2}$ الذي يمكن اعتباره مستقيميا ونعبر عنه بالمتجهة $\vec{\delta l}$.

كما يمكن اعتبار القوة $\vec{F}$ تقريبا ثابتة .

تعبير **الشغل الجزئي** δW هو : $\delta W = \vec{F}.\vec{\delta l} = F.\delta l.\cos\alpha$.

مع $\delta l = R\delta\theta$ و $d = R.\cos\alpha$ و $\mathcal{M}_\Delta(\vec{F}) = F.d$

إذن $\delta W = F.R.\delta\theta.\cos\alpha = F.d.\delta\theta = \mathcal{M}_\Delta(\vec{F}).\delta\theta$

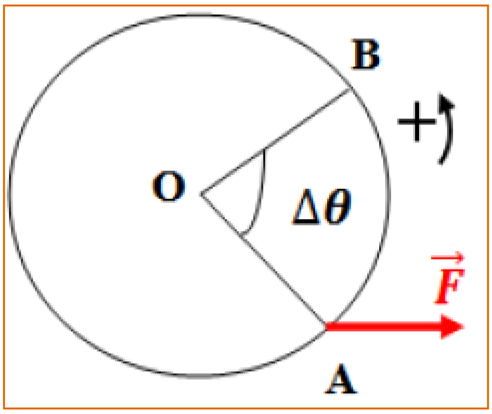
الشغل الكلي للقوة $\vec{F}$ هو مجموع الأشغال الجزئية $W(\vec{F}) = \sum \delta W = \sum \mathcal{M}_\Delta(\vec{F}).\delta\theta$

بما أن $\mathcal{M}_\Delta(\vec{F}) = Ct$ فإن $W(\vec{F}) = \mathcal{M}_\Delta(\vec{F}).\sum\delta\theta$

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

يساوي شغل قوة عزمها ثابت بالنسبة لمحور الدوران جداء العزم وزاوية الدوران $W(\vec{F}) = \mathcal{M}_\Delta(\vec{F}).\Delta\theta$

J   N.m   rad



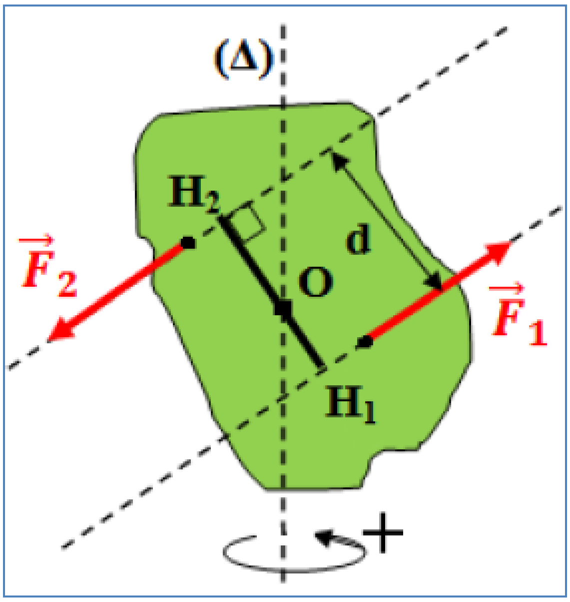
2-5- شغل مزدوجة عزمها ثابت :

2-5-1- عزم مزدوجة قوتين بالنسبة لمحور الدوران :

عزم مزدوجة قوتين بالنسبة لمحور الدوران (Δ) عمودي على مستوى المزدوجة هو جداء الشدة المشتركة F للقوتين والمسافة d الفاصلة بين خطي تأثيريهما : $\mathcal{M}_C = \mathcal{M}_\Delta(\vec{F}_1,\vec{F}_2) = \pm F.d$

تعميم : المزدوجة هي مجموعة قوى مستوائية بحيث :

- **يكون مجموع متجهاتها منعدما .**
- **يميزها عزم ثابت بالنسبة لأي محور دوران عمودي على مستواها .**



2-5-2- شغل مزدوجة ذات عزم ثابت :

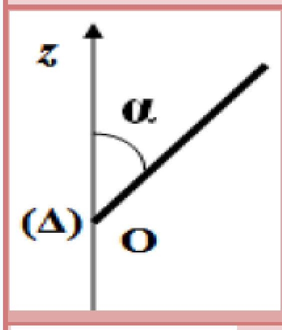
بالنسبة لدوران جزئي بزاوية $\delta\theta$ لجسم صلب حول محور ثابت (Δ) ، يكون **الشغل الجزئي للمزدوجة** هو : $\delta W = \mathcal{M}_C . \delta\theta$.

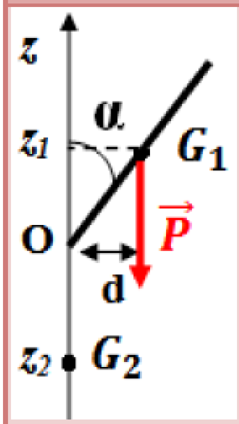
بالنسبة لدوران معين بزاوية $\Delta\theta$ لجسم صلب حول محور ثابت (Δ) ، يكون **شغل المزدوجة** هو مجموع الأشغال الجزئية هو : $W = \sum \delta W$.

إذا كان عزم المزدوجة ثابتا ، تصبح صيغة الشغل هي $W(\vec{F}) = \mathcal{M}_C . \Delta\theta$.

تمرين تطبيقي (تمرين 5 ص 35 من المسار)

نعتبر عارضة متجانسة كتلتها m=200g وطولها L=50cm ، وقابلة للدوران حول محور أفقي (Δ) مار من O .
نحرر العارضة من موضع بدئي حيث تكون الزاوية بينها وبين محور رأسي موجه نحو الأعلى $\vec{O}$ هي $\alpha = 45°$.
احسب الشغل الذي يُنجزه وزن العارضة بين لحظة انطلاقها ولحظة مرورها لأول مرة من الخط الرأسي .





قيمة عزم وزن العارضة في الموضع G_1 : $\mathcal{M}_\Delta(\vec{P}) = m.g.d$

ولدينا $\sin\alpha = \frac{d}{\frac{L}{2}}$ إذن $\mathcal{M}_\Delta(\vec{P}) = m.g.\frac{L}{2}.\sin\alpha \neq 0$

قيمة عزم وزن العارضة في الموضع G_2 : $\mathcal{M}_\Delta(\vec{P}) = m.g.0 = 0$

بما أن العزم غير ثابت فإنه لا يمكن تطبيق العلاقة : $W(\vec{P}) = \mathcal{M}_\Delta(\vec{P}).\Delta\theta$

لدينا $W_{G_1\to G_2}(\vec{P}) = mg(z_1 - z_2)$

مع $\cos\alpha = \frac{z_1}{\frac{L}{2}}$ أي $z_1 = \frac{L}{2}.\cos\alpha$ و $z_2 = -\frac{L}{2}$ وبالتالي

$$W_{G_1\to G_2}(\vec{P}) = mg\frac{L}{2}(\cos\alpha + 1) = 0,2 \times 10 \times \frac{0,5}{2}(\cos 45 + 1) = 0,85J$$

3- قدرة قوة أو مجموعة قوى :

القدرة مقدار فيزيائي يتعلق بالشغل و بالمدة اللازمة لإنجازه .

3-1- القدرة المتوسطة :

تساوي القدرة المتوسطة لقوة $\vec{F}$ خارج قسمة الشغل W لهذه القوة على المدة الزمنية Δt اللازمة لإنجاز هذا الشغل .

$$P = \frac{W}{\Delta t}$$

W ← P ، s ← Δt ، J ← W

3-2- القدرة اللحظية لقوة ثابتة أو مجموعة قوى ثابتة مطبقة على جسم صلب في إزاحة :

تساوي القدرة اللحظية P لقوة ثابتة ، مطبقة على جسم صلب في إزاحة ، خارج قسمة الشغل الجزئي δW على المدة δt الصغيرة جدا اللازمة لإنجاز هذا الشغل .

$$P = \frac{\delta W}{\delta t} \Rightarrow P = \vec{F}.\frac{\delta \vec{l}}{\delta t} \Rightarrow P = \vec{F}.\vec{V}$$

ملحوظة :

- القدرة مقدار جبري تتعلق إشارته بإشارة $\alpha = (\widehat{\vec{F},\vec{V}})$ أي $P = F.V.\cos\alpha$.
- في حالة وجود مجموعة قوى ثابتة مطبقة على جسم صلب في إزاحة ، **تساوي القدرة اللحظية لهذه القوى مجموع القدرات اللحظية لمختلف القوى** : $P = \sum P_i = \sum \vec{F}_i.\vec{V}_i$

وبما أن الجسم في إزاحة فإن $\vec{V}_i = \vec{V} = \overrightarrow{Cte}$ وبالتالي : $P = \left(\sum \vec{F}_i\right).\vec{V}$.

3-3- القدرة اللحظية لقوة ذات عزم ثابت مطبقة على جسم صلب في دوران حول محور ثابت :

لدينا تعبير القدرة اللحظية هو $P = \frac{\delta W}{\delta t}$ ولدينا في حالة الدوران $\delta W = \mathcal{M}_\Delta(\vec{F}).\delta\theta$

إذن $P = \mathcal{M}_\Delta(\vec{F}).\frac{\delta\theta}{\delta t}$ وبما أن العزم ثابت فإن $P = \mathcal{M}_\Delta(\vec{F}).\omega$

تساوي القدرة اللحظية P لقوة ثابتة ، مطبقة على جسم صلب في دوران حول محور ثابت ، جداء عزم هذه القوة بالنسبة للمحور والسرعة الزاوية للجسم .

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

w ← P ، N.m ← $\mathcal{M}_\Delta(\vec{F})$ ، $rad.s^{-1}$ ← ω