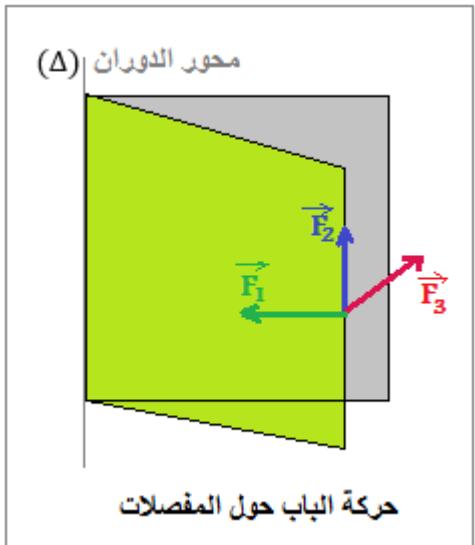


توازن جسم قابل للدوران حول محور ثابت

Equilibre d'un solide mobile autour d'un axe fixe

I- مفعول قوة على دوران جسم صلب

*مثال 1 :



حركة الباب حول المفصلات والتي تجسد محور الدوران (Δ) .
ليس للقوىن \vec{F}_1 و \vec{F}_2 مفعول على دوران الباب .

*مثال 2 :

القوة \vec{F}_3 بإمكانها إدارة الباب حول المحور (Δ) .
نلاحظ أن شدة القوة تزداد كلما اقتربنا من محور الدوران (Δ) أي المفصلات .

استنتاج :

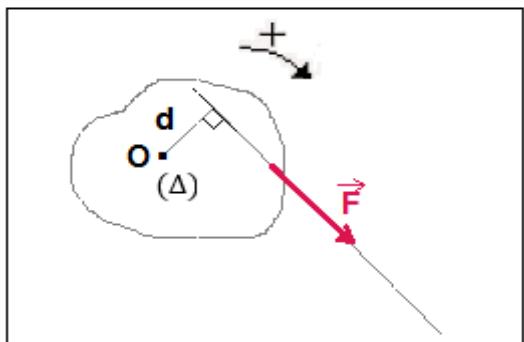
يكون لقوة \vec{F} مفعول دوران على جسم صلب قابل للدوران حول محور ثابت (Δ) إذا كان خط تأثيرها غير مواز لمحور الدوران ولا يتقاطع معه .

II- عزم قوة بالنسبة لمحور ثابت :

1-تعريف :

عزم قوة \vec{F} بالنسبة لمحور الدوران (Δ) ثابت ومتعاون مع خط تأثيرها هو جداء الشدة F لهذه القوة والمسافة d الفاصلة بين المحور (Δ) وخط تأثيرها .

وحدة العزم في النظام العالمي للوحدات هي النيوتن في المتر ($N \cdot m$) .



2- عزم قوة مقدار جبري :

إن الجداء $d \cdot F$ لا يحدد منحى دوران الجسم حول المحور (Δ) ، لذلك نختار منحى اعتباطياً لدوران الجسم نعتبره موجباً .

بالنسبة للشكل جانبه القوة \vec{F} تدبر الجسم في المنحى الموجب الذي تم

اختياره ومنه العزم يكتب : $M_{\Delta}(\vec{F}) = +F \cdot d$

بصفة عامة يعبر عن عزم قوة بالنسبة لمحور (Δ) ثابت بالعلاقة :

$$M_{\Delta}(\vec{F}) = \pm F \cdot d$$

III-عزم مزدوجة قوتين :

1-تعريف :

تكون القوتان \vec{F}_1 و \vec{F}_2 مزدوجة قوتين ، إذا كان مجموعهما المتجهي منعدم : $\vec{F}_1 + \vec{F}_2 = \vec{0}$ و خطأ تأثيرهما متوازيان (أي غير متطابقان) .

2-عزم مزدوجة قوتين :

عزم مزدوجة قوتين (\vec{F}_1, \vec{F}_2) تفصل بين خطي تأثيرهما المسافة d ، بالنسبة لمحور الدوران ثابت وعمودي على المستوى الذي يتضمن المتجهتين (\vec{F}_1, \vec{F}_2) وبشكل مستقل عن المحور (Δ) هو : $M = \pm F \cdot d$:

IV-توازن جسم صلب قابل للدوران حول محور ثابت

1-تجربة :

تحقق توازن مسطرة (S) متاجنسة قابلة للدوران حول محور ثابت (Δ) أفقي وعمودي ويمر من مركز ثقلها G المسطرة (S) تخضع للتأثيرات التالية :

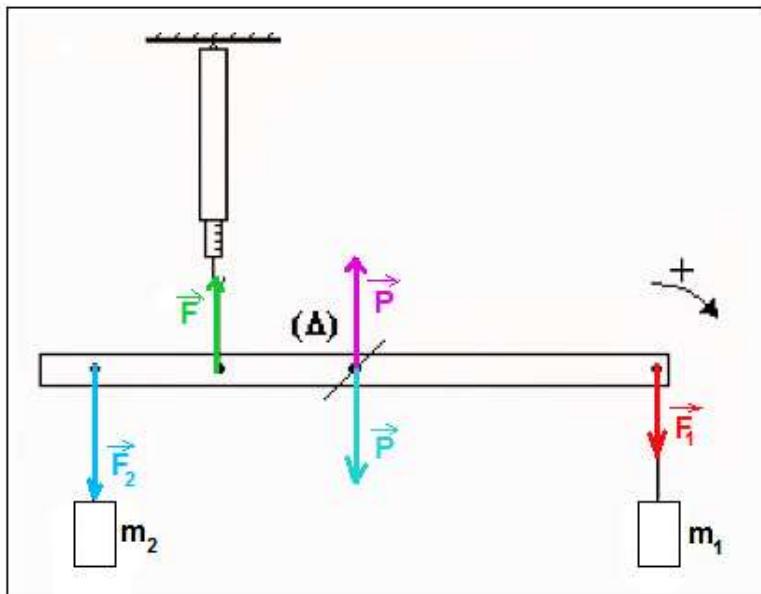
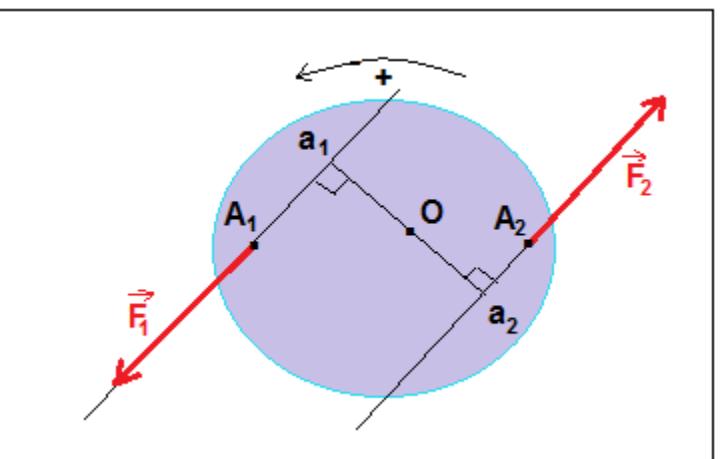
\vec{R} : تأثير محور الدوران (Δ) .

\vec{P} : وزن المسطرة .

\vec{F}_1 : القوة المطبقة من طرف الكتلة المعلمة m_1 .

\vec{F}_2 : القوة المطبقة من طرف الكتلة المعلمة m_2 .

\vec{F} : القوة المطبقة من طرف الدينامومتر .



2-نتائج التجربة :

\vec{F}	\vec{F}_2	\vec{F}_1	\vec{P}	\vec{R}	متجهة القوة \vec{F}_i
2	2	1	R	$m \cdot g$	شدة القوة $F_i(N)$
0,04	0,10	0,12	0	0	المسافة $d_i(m)$
0,08	-0,20	+0,12	0	0	العزم $M_\Delta(N \cdot m)$

$$\sum M_\Delta(\vec{F}_i) = M_\Delta(\vec{R}) + M_\Delta(\vec{P}) + M_\Delta(\vec{F}_1) + M_\Delta(\vec{F}_2) + M_\Delta(\vec{F})$$

$$\sum M_\Delta(\vec{F}_i) = 0 + 0 + 0,12 - 0,20 + 0,08$$

$$\sum M_\Delta(\vec{F}_i) \approx 0$$

3-مبرهنة العزوم :

عند توازن جسم صلب قابل للدوران حول محور ثابت (Δ) ، أيًا كان ، فإن المجموع الجبري لعزوم كل القوى المطبقة على الجسم ، بالنسبة لهذا المحور منعدم :

$$\sum M_\Delta(\vec{F}) = 0$$

4-شرط التوازن :

عندما يكون جسم صلب قابل للدوران حول محور ثابت (Δ) في توازن وهو خاضع لعدة قوى ، بالنسبة لمعلم مرتبط بالأرض ، فإن :

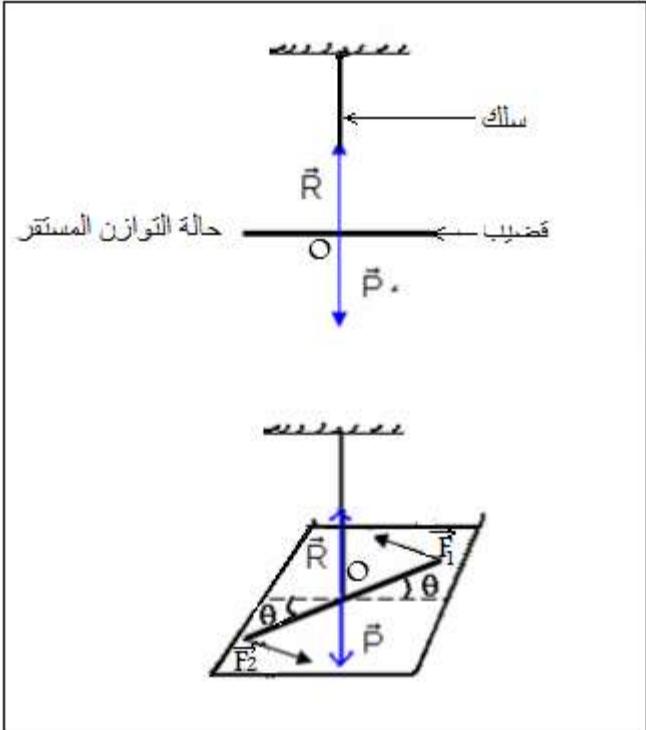
-مجموع متجهات القوى يكون منعدما

وهذا شط لازم لسكنى مركز قصور الجسم الصلب .

-المجموع الجبري لعزوم كل القوى المطبقة على الجسم الصلب ، بالنسبة للمحور (Δ) ، مجموع منعدم

$$\sum M_\Delta(\vec{F}) = 0$$

وهذا شرط لازم لغياب دوران الجسم الصلب حول المحور (Δ)



7-عزم مزدوجة اللي :

1-مزدوجة اللي :

عند تطبيق عزم مزدوجة قوتين على الجزء غير المثبت لسلك اللي ، يلتوي بحيث تدور النقط المكونة للسلك بزاوية θ فتسلط هذه النقط قوى \vec{f}_i تسعى إلى إعادة السلك إلى شكله الأصلي . تكون القوى \vec{f}_i مزدوجة اللي عزما M_T .

2-تعبير عزم مزدوجة اللي :

1-تجربة :

عند تطبيق مزدوجة قوتين على القضيب مزدوجة قوتين على القضيب ، نلاحظ أن السلك يلتوي أي أن تأثير المزدوجة أدى إلى لي السلك ، وعند حذف المزدوجة المزدوجة يعود القضيب إلى موضع توازنه المستقر .

دراسة توازن القضيب :

عند تطبيق مزدوجة قوتين (\vec{F}_1, \vec{F}_2) يلتوي السلك و يكون خاضعا للقوى التالية :

وزنه ، \vec{P} تأثير السلك ، مزدوجة قوتين (\vec{F}_1, \vec{F}_2) وجموع قوى الارتداد المسلطة من طرف جميع مولدات السلك $\sum \vec{f}_i$. القسيب في توازن :

$$\vec{P} + \vec{R} + \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \sum \vec{f}_i = \vec{0}$$

$$\underbrace{M_{\Delta}(\vec{R})}_{=0} + \underbrace{M_{\Delta}(\vec{P})}_{=0} + M_{\Delta}(\vec{F}_1) + M_{\Delta}(\vec{F}_2) + \sum M_{\Delta}(\vec{f}_i) = 0$$

$$M(\vec{F}_1, \vec{F}_2) = - \sum M_{\Delta}(\vec{f}_i)$$

قوى الارتداد \vec{f}_i لها خاصيات مزدوجة قوتين ، تسمى **مزدوجة اللي** *Couple de torsion* ونرمز لها ب M_T .

2-عزم مزدوجة اللي :

تجريبيا بتمثيل تغيرات العزم $M(\vec{F}_1, \vec{F}_2)$ بدلالة زاوية الدوران نحصل على مستقيم يمر من أصل المعلم . يعني $M(\vec{F}_1, \vec{F}_2) = C \cdot \theta$ دالة خطية : ثابتة تميز السلك وتسماى ثابتة اللي .

نستنتج تعبير عزم مزدوجة اللي :

$$M_T = -C \cdot \theta$$