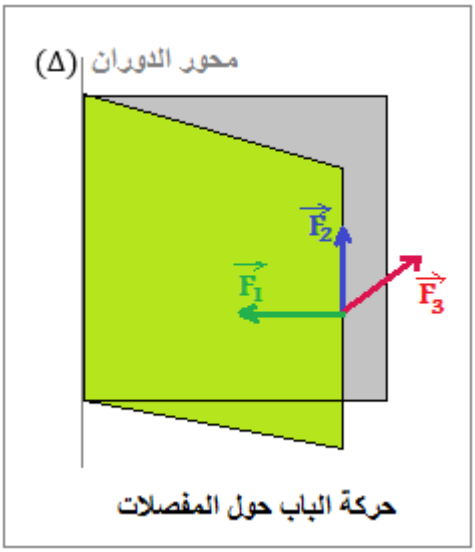
# توازن جسم قابل للدوران حول محور ثابت

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 محو الدوران (Δ) .

ليس للقوتين $\vec{F}_1$ 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 :

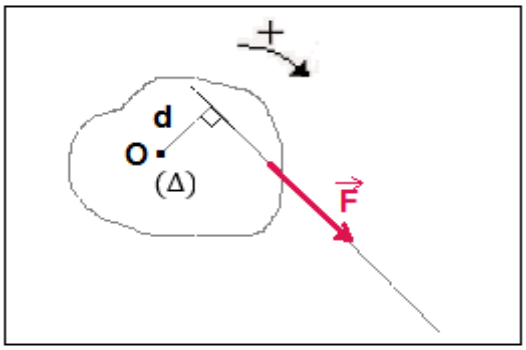
يكون لقوة $\vec{F}$ مفعول دوران على جسم صلب قابل للدوران حول محور ثابت (Δ) إذا كان خط تأثيرها غير مواز لمحور الدوران ولا يتقاطع معه .

## II-عزم قوة بالنسبة لمحور ثابت :

1-تعريف :

عزم قوة $\vec{F}$ بالنسبة لمحور الدوران (Δ) ثابت ومتعامد 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 $(N.m)$ .




2-عزم قوة مقدار جبري :

إن الجداء $F.d$ لا يحدد منحى دوران الجسم حول المحور (Δ) ، لذلك نختار منحى اعتباطيا لدوران الجسم نعتبره موجبا .

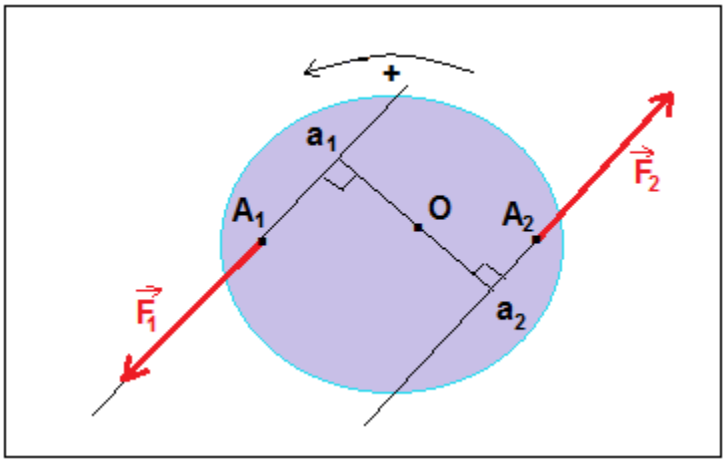
بالنسبة للشكل جانبه القوة $\vec{F}$ تدير الجسم في المنحى الموجب الذي تم اختياره ومنه العزم يكتب : $M_\Delta(\vec{F}) = +F.d$

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

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

## III-عزم مزدوجة قوتين :

### 1-تعريف :




تكون القوتان $\vec{F}_1$ و $\vec{F}_2$ مزدوجة قوتين ، إذا كان مجموعهما المتجهي منعدم : $\vec{F}_1 + \vec{F}_2 = \vec{0}$

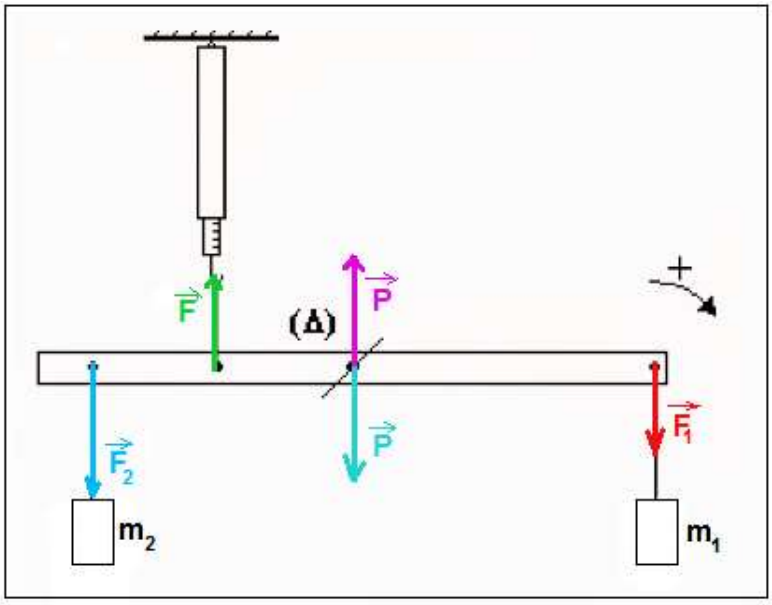
و خطا تاثيرهما متوازيان (أي غير متطابقان) .

### 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 $(\Delta)$ هو : $M = \pm F.d$

## IV-توازن جسم صلب قابل للدوران حول محور ثابت

### 1-تجربة :




نحقق توازن مسطرة $(S)$ متجانسة قابلة للدوران حول محور ثابت $(\Delta)$ أفقي وعمودي ويمر من مركز ثقلها $G$

المسطرة $(S)$ تخضع للتأثيرات التالية :

$\vec{R}$ : تأثير محور الدوران $(\Delta)$ .

$\vec{P}$ : 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** | $R$ | $m.g$ | 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 $M_\Delta(N.m)$ |

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

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

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

## 3-مبرهنة العزوم :

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

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

## 4-شرطا 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 $\sum \vec{F} = \vec{0}$

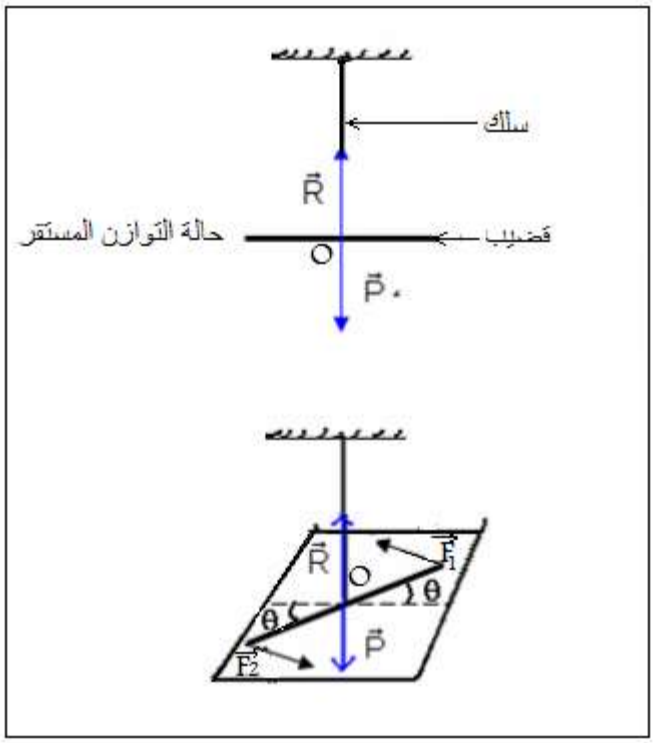
وهذا شط لازم لسكون مركز قصور الجسم الصلب .

-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)

.




## V-عزم مزدوجة اللي :

### 1-مزدوجة اللي :

عند تطبق عزم مزدوجة قوتين على الجزء غير المثبت لسلك اللي ، يلتوي بحيث تدور النقط المكونة للسلك بزاوية $\theta$ فتسلط هذه النقط قوى $\sum \vec{f}_i$ تسعى الى إعادة السلك الى شكله الاصلي . تكون القوى $\sum \vec{f}_i$ مزدوجة اللي عزمها $M_T$ .

### 2-تعبير عزم مزدوجة اللي :

#### 2-1-تجربة :

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

دراسة توازن القضيب :

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

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

القضيب 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 $\sum \vec{f}_i$ لها خاصيات مزدوجة قوتين ، تسمى بمزدوجة اللي $Couple\ de\ tortion$ ونرمز لها ب $M_T$ .

## 2-2-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 $M(\vec{F}_1, \vec{F}_2) = f(\theta)$ دالة خطية : $M(\vec{F}_1, \vec{F}_2) = C.\theta$ ثابتة تميز السلك وتسمى ثابتة اللي .

نستنتج تعبير عزم مزدوجة اللي :

$$M_T = -C.\theta$$