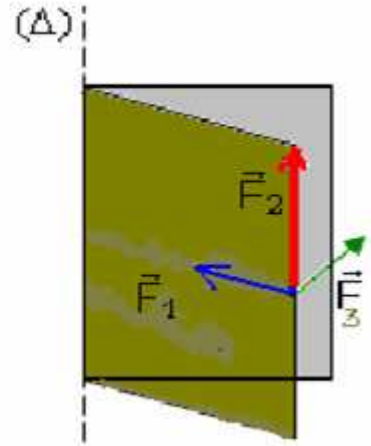


## توازن جسم صلب قابل للدوران حول محور ثابت

## I مفعول قوة على دوران جسم صلب:

## 1- ملاحظات:

عند فتح الباب أو إغلاقه جميع نقطه تدور حول محور ثابت  $\Delta$ .



$\vec{F}_3$  بإمكانها إدارة الباب حول المحور  $\Delta$ .

$\vec{F}_1$  و  $\vec{F}_2$  لا تؤديان إلى دوران الباب  $\leftarrow$  كل قوة خط تأثيرها يوازي

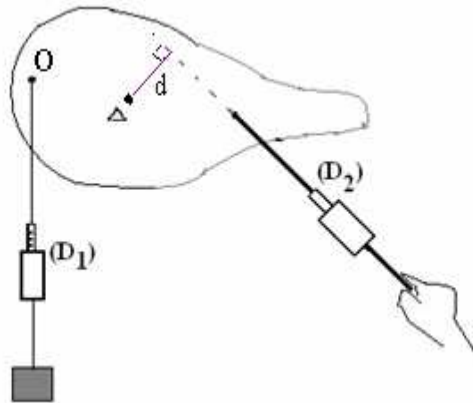
أو يتقاطع مع محور الدوران ليست لها مقدرة على إدارة الباب.

## 2- استنتاج:

مقدرة قوة على إدارة جسم صلب حول محور الدوران لا يتوقف على شدة هذه القوة فقط بل على اتجاهها أيضا ، لأن مفعول دوران القوة يتميز بمقدار فيزيائي يسمى **عزم القوة**.

## II - عزم قوة بالنسبة لمحور ثابت:

## 1- تجربة: ننجز التركيب التالي:



الصفحة بإمكانها الدوران حول المحور  $\Delta$ . ننتقلها بجسم في النقطة  $O$  ثم نطبق قوة  $\vec{F}$  من الجهة الأخرى للحصول على التوازن. نغير شدة واتجاه القوة وندرج النتائج في الجدول التالي:

2	3	4	5	6	F ب (N)
7,8		5,2	3,9	2,6	d ب (m)
15,6	15,6	15,6	15,5	15,6	F.d ب (N.m)

نلاحظ ما يلي:

كلما ارتفعت شدة القوة  $\vec{F}$  كلما تناقصت المسافة  $d$ .  
الجداء  $Fd$  يبقى ثابتا. وذلك باعتبار الأخطاء الناتجة عن القياسات.

## 2- استنتاج:

الجداء  $F.d$  يعبر عن مقدرة القوة على إدارة الجسم ونسميه عزم القوة  $\vec{F}$  بالنسبة لمحور الدوران  $\Delta$  ونرمز إليه ب:  $M_{\vec{F}/\Delta}$ .  
ووحدة العزم في النظام العالي للوحدات:  $(N.m)$ .

وبما أن للدوران حول المحور  $\Delta$  منحنيان ، فإن العزم يعتبر مقدار جبري (يمكن أن يكون موجبا أو سالبا).

$$M_{\vec{F}/\Delta} = \pm F d$$

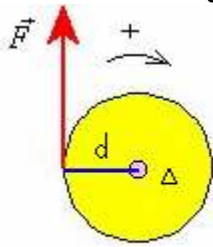
عزم القوة بالنسبة للمحور  $\Delta$ :  $M_{\vec{F}/\Delta}$

شدة القوة:  $F$

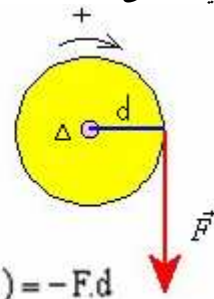
$d$ : أصغر مسافة بين خط تأثير القوة ومحور الدوران. ب (m)

ملحوظة: لتحديد عزم قوة نختار منحي موجبا للدوران.

إذا كانت القوة تدير الجسم في المنحى الموجب يكون عزمها موجبا وإذا كانت تديره في المنحى المعاكس يكون عزمها سالبا.



$$M(\vec{F}/\Delta) = +F.d$$



$$M(\vec{F}/\Delta) = -F.d$$

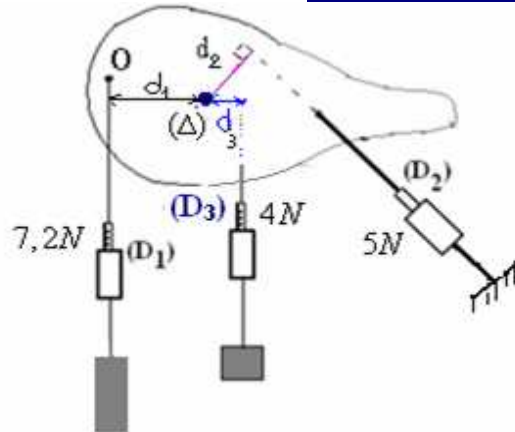
### III توازن جسم صلب قابل للدوران حول محور ثابت

1- تجربة: ننجز التركيب التالي:

$$d_1 = 4cm$$

$$d_2 = 3,6cm$$

$$d_3 = 2,7cm$$



الصفحة في حالة توازن

جرد القوى:

تخضع الصفحة للقوى التالية:

$\vec{P}$ : وزن الصفحة

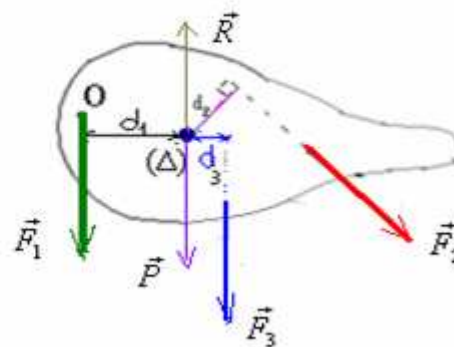
$\vec{R}$ : تأثير محور الدوران.

$\vec{F}_1$ : القوة المطبقة من طرف الديناموميتر  $D_1$ .

$\vec{F}_2$ : القوة المطبقة من طرف الديناموميتر  $D_2$ .

$\vec{F}_3$ : القوة المطبقة من طرف الديناموميتر  $D_3$ .

نختار منحى موجبا للدوران ثم نحسب عزم كل قوة.



$$M_{\vec{F}_1/\Delta} = 0$$

$$M_{\vec{R}/\Delta} = 0$$

لأن خطي تأثيرهما يتقاطعان مع محور الدوران.

$$\begin{aligned} \sum M(\vec{F}/\Delta) &= M(\vec{F}_1/\Delta) + M(\vec{F}_2/\Delta) + M(\vec{F}_3/\Delta) + M(\vec{P}/\Delta) + M(\vec{R}/\Delta) \\ &= -0,288 + 0,18 + 0,108 + 0 + 0 \\ &= -0,288 + 0,288 \\ &= 0 \end{aligned}$$

## 2. مبرهنة العزوم:

عندما يكون جسم صلب قابل للدوران حول محور ثابت ( $\Delta$ ) في حالة توازن ، فإن المجموع الجبري لعزوم كل القوى المطبقة عليه بالنسبة لهذا المحور مجموع منعدم .

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

### 3- توازن جسم صلب قابل للدوران: الشرط العام للتوازن.

عند توازن جسم صلب قابل للدوران حول محور ثابت ( $\Delta$ ) و خاضع لمجموعة من القوى فإن :

$$\sum \vec{F} = \vec{0} \quad * \text{مجموع متجهات القوى المطبقة على الجسم الصلب يساوي متجهة منعدمة. أي الخط المضلعي للقوى مغلق.}$$

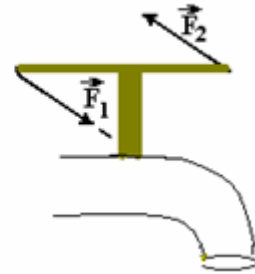
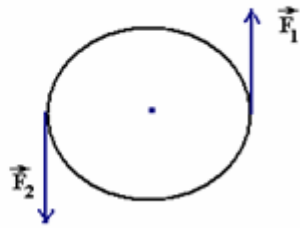
$$\sum M(\vec{F}/\Delta) = 0 \quad * \text{المجموع الجبري لعزوم كل القوى المطبقة عليه بالنسبة للمحور (\Delta) مجموع منعدم.}$$

## IV - عزوم مزدوجة قوتين :

### 1- تعريف مزدوجة قوتين:

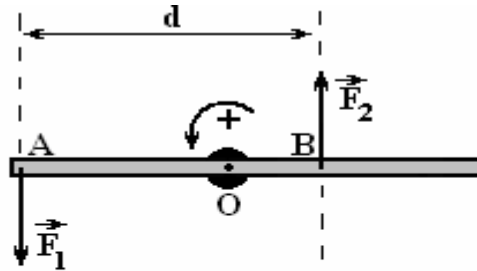
نسمى مزدوجة قوتين مجموعة قوتين لهما نفس الشدة ، خطي تأثيرهما متوازيان ولهما منحنيان متعاكسان : وكل جسم خاضع لتأثير مزدوجة قوتين تصبح له حركة دوران.

مثال 1: لفتح الصنبور نسلط عليه مزدوجة قوتين . مثال 2: لإدارة مقود السيارة أو الدراجة نسلط عليه مزدوجة قوتين :



### 2- عزوم مزدوجة قوتين :

عزم مزدوجة قوتين يساوي مجموع عزوم القوى المكونة للمجموعة.  $M(\vec{F}/\Delta) = M(\vec{F}_1/\Delta) + M(\vec{F}_2/\Delta)$



$$M(\vec{F}_{1/\Delta}) = F_1 \cdot OA$$

$$M(\vec{F}_{2/\Delta}) = F_2 \cdot OB$$

$$M(\vec{F}/\Delta) = M(\vec{F}_{1/\Delta}) + M(\vec{F}_{2/\Delta})$$

$$M(\vec{F}/\Delta) = F_1 \cdot OA + F_2 \cdot OB = F(OA + OB) = F \cdot AB = F \cdot d$$

• الصيغة العامة لعزم مزدوجة قوتين  $M(\vec{F}/\Delta) = \pm F \cdot d$

F : الشدة المشتركة لقوتي المزدوجة ( $F = F_1 = F_2$ )

d : المسافة الفاصلة بين خطي تأثير القوتين.

### 2- عزوم مزدوجة اللي :

أ- الدراسة التجريبية :

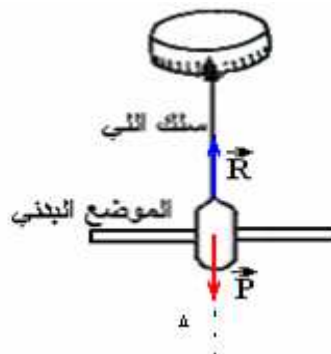
يتكون الجهاز المستعمل من سلك فولاذي قابل للي يحمل في طرفه السفلي قضيبا معدنيا.

-التوازن الأول :

بما أن القضيب في توازن :

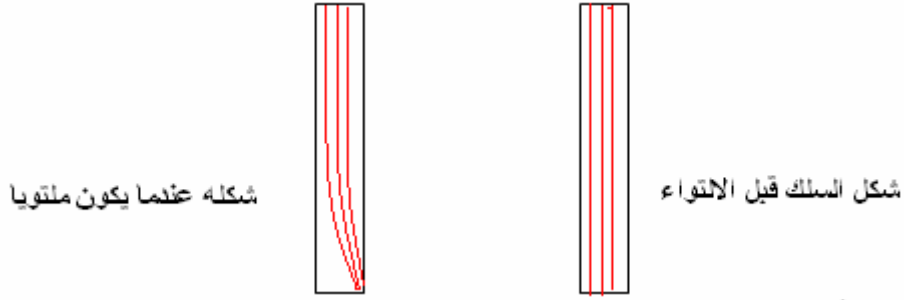
$$\vec{P} + \vec{R} = \vec{0}$$

$$M_{F/\Delta} + M_{R/\Delta} = 0$$



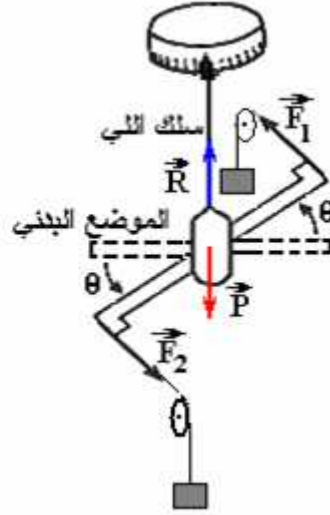
### ب- التوازن الثاني :

عندما ندير القضيب أفقيا حول المحور  $\Delta$  الرأسى بزاوية  $\theta$  ثم نحرره نلاحظ أنه يعود لوضعه الأول لأن السلك الملتوي يؤثر عليه. إذن السلك عندما يتغير شكله يصبح قادرا على الدوران في المنحى المعاكس نتيجة تأثير قوى اللي.



بواسطة خيط نطبق على القضيب مزدوجة قوتين  $\vec{F}_1$  و  $\vec{F}_2$  لكي يبقى في حالة توازن بعد التوائه بزاوية  $\theta$ .

المجموعة المدروسة: العارضة  
 جرد القوى:  
 \*  $\vec{R}$ : تأثير السلك.  
 \*  $\vec{P}$ : وزن العارضة.  
 \*  $(\vec{F}_1, \vec{F}_2)$ : مزدوجة قوتين عزمها  $M(\vec{F}_{/\Delta}) = F.d$   
 \* مزدوجة اللي ذات العزم  $M_z$ .



العارضة في توازن و بالتالي:

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

لدينا من خلال التوازن الأول:  $\vec{P} + \vec{R} = \vec{0}$

ونعلم أن:  $\vec{F}_1 + \vec{F}_2 = \vec{0}$  من خلال خاصيات مزدوجة قوتين.

إذن:  $\sum \vec{f}_i = \vec{0}$  مجموع قوى اللي منعدم.

نلاحظ أن قوى اللي لها نفس خاصيات مزدوجتين لذلك نقرن بها مزدوجة تسمى بمزدوجة اللي.

$$\sum M(\vec{F}_{/\Delta}) = M(\vec{P}_{/\Delta}) + M(\vec{R}_{/\Delta}) + M_c + M_t = 0$$

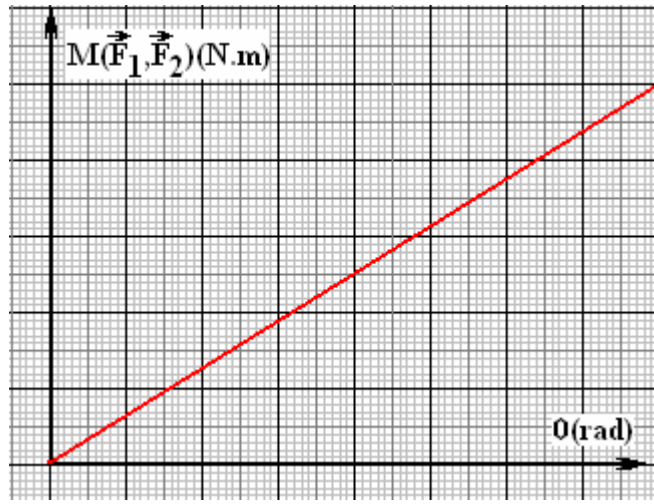
$$M(\vec{R}_{/\Delta}) = 0 \text{ و } \vec{P} : M(\vec{P}_{/\Delta}) = 0$$

$$M_t + M_c = 0 \text{ ومنه } M_t = -M_c$$

### 3- تعبير مزدوجة اللي:

- نغير عزم مزدوجة القوتين بتغير الشدة المشتركة  $F$  للمزدوجة المطبقة على العارضة أو بتغيير المسافة  $d$  لهذه المزدوجة من ونقيس قيمة الزاوية  $\theta$ .

0.3	0.3	0.2	0.2	0.1	0.1	F(N)
10	8	8	6	6	4	d(cm)
0.030	0.024	0.016	0.012	0.006	0.004	$M(\vec{F}_{/\Delta}) = F.d$
69	55	37	28	14	9	$\theta^\circ$
1.2	0.96	0.64	0.48	0.24	0.16	$\theta(\text{rad})$



يتبين من خلال المبيان أن عزم مزدوجة القوتين يتناسب اطرادا مع زاوية اللي و بالتالي:  $M(\vec{F}_1, \vec{F}_2) = C.\theta$

C : ثابتة التناسب.

و بالتالي:  $M_t = -C.\theta$

#### 4 - استنتاج:

عندما يكون السلك ملتويا، يطبق مزدوجة قوتين تسمى مزدوجة اللي، عزمها  $M_t$ ، يتناسب اطرادا مع زاوية اللي  $\theta$  بحيث :  
الإشارة السالبة تدل على أنه عزم ارتداد.

$$M_t = -C.\theta$$

$\theta$ (rad) : زاوية اللي أو الدوران .

C : ثابتة اللي وحدتها :  $(N.m.rad^{-1})$  ، وهي تتعلق بنوعية السلك وطوله ومساحة مقطعه.