

توازن جسم صلب قابل للدوران حول محور ثابت Equilibre d'un corps solide en rotation autour d'un axe fixe

I - عزم قوة

1 - مفعول قوة على دوران جسم صلب

مثال 1 : حركة الباب حول المفصلات والتي تجسد محور الدوران Δ .

ليس للقوتين \vec{F}_1 و \vec{F}_2 أي مفعول على دوران الباب

يكون لقوة مفعول دوران على جسم صلب قابل للدوران حول محور ثابت ، إذا كان خط تأثيرها

غير مواز لمحور الدوران ولا يتقاطع معه .

2 - مثال

القوة \vec{F} لها مفعول على دوران الباب

نلاحظ أن شدة القوة تزداد كلما اقتربنا من محور الدوران Δ أي المفصلات

أي أن هناك علاقة بين شدة القوة \vec{F} والمسافة الفاصلة بين خط تأثيرها والمحور Δ

2 - عزم قوة بالنسبة لمحور ثابت .

1-2 - تعريف

عزم قوة \vec{F} بالنسبة لمحور الدوران (Δ) متعامد مع خط تأثيرها له قيمة مطلقة تساوي جداء الشدة F والمسافة d الفاصلة بين (Δ) وخط تأثيرها .

$$|\mathcal{M}_\Delta(\vec{F})| = F \cdot d$$

وحدة عزم القوة في النظام العالمي للوحدات هي : $N \cdot m$

2-2 - عزم قوة مقدار جبري

الجداء $F \cdot d$ لا يدلنا على منحنى دوران الجسم S حول المحور (Δ)

لهذا يجب أن نختار منحنى اعتباطيا لدوران الجسم ونعتبره موجبا

كما في الشكل :

* إذا كان بإمكان القوة إدارة الجسم في المنحنى الموجب الذي تم اختياره

فإن عزمها يعتبر موجبا : $\mathcal{M}_\Delta(\vec{F}) = +F \cdot d$

* * إذا كان بإمكان القوة إدارة الجسم عكس المنحنى الذي تم اختياره

فإن عزمها يعتبر سالبا : $\mathcal{M}_\Delta(\vec{F}) = -F \cdot d$

إذن بصفة عامة عزم قوة \vec{F} بالنسبة لمحور (Δ) ثابت هو :

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

II - عزم مزدوجة قوتين

1 - مزدوجة قوتين

تكون القوتان \vec{F}_1 و \vec{F}_2 مزدوجة قوتين ، إذا كان مجموعهما المتجهي منعدم ولهما

نفس خط التأثير .

2 - عزم مزدوجة قوتين

عزم مزدوجة قوتين بالنسبة لمحور الدوران (Δ) عمودي على مستوية المزدوجة

هو جداء الشدة المشتركة للقوتين والمسافة d الفاصلة بين خطي تأثيرهما :

$\mathcal{M}_e = \pm F \cdot d$ وحدة \mathcal{M}_e في النظام العالمي للوحدات هي $N \cdot m$

III - ميرهنة العزوم

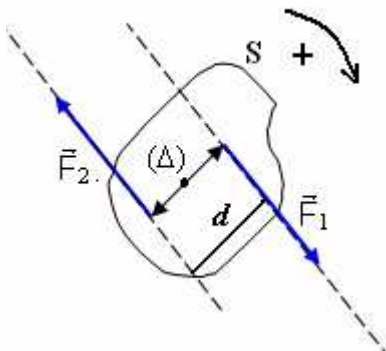
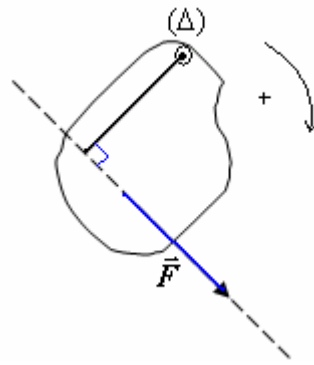
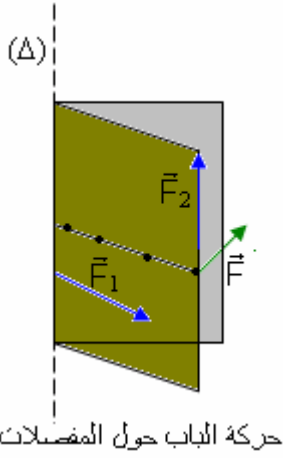
1 - نص ميرهنة العزوم

عند توازن جسم صلب قابل للدوران حول محور ثابت (Δ) أي كان ، فإن مجموع الجبري لعزوم القوى المطبقة عليه

بالنسبة لهذا المحور ، مجموع منعدم : $\sum_{i=1}^n \mathcal{M}_\Delta(\vec{F}_i) = 0$

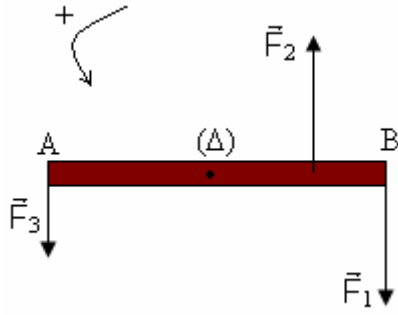
2 - تطبيق

نطبق على ساق متجانسة AB طولها $80cm$ وكتلتها مهمة ، ثلاث قوى \vec{F}_1 و \vec{F}_2 و \vec{F}_3 رأسية (أنظر الشكل)



شداتها هي $F_1=4N$ و $F_2=4N$ و $F_3=2N$.
محور الدوران أفقي وثابت يمر من مركز الساق .

- 1 - هل القوتان \vec{F}_1 و \vec{F}_2 تكونان مزدوجة؟ علل إجابتك .
- 2 - مثل الخط المضلعي لمتجهات القوى المطبقة على الساق؟
- 3 - أحسب المجموع الجبري لعزوم القوى المطبقة على الساق .
- 4 - هل يتحققا شرطا التوازن في هذه الحالة؟ علل إجابتك



VI - عزم مزدوجة اللي

1 - مزدوجة قوتين على سلك فلزي

عند تطبيق مزدوجة قوتين على القضيب ، نلاحظ أن السلك يلتوي أي أن تأثير المزدوجة أدى إلى ليّ السلك . وعند حذف المزدوجة يعود القضيب إلى موضع توازنه البدئي . نفس هذا كون أن السلك الملتوي يطبق بدوره على القضيب قوى ارتداد .

الدراسة الميكانيكية للقضيب :

* قبل تطبيق مزدوجة القوتين \vec{F}_1 و \vec{F}_2 :

القضيب في حالة توازن وهو خاضع لوزنه \vec{P} و \vec{R} القوة المطبقة من طرف السلك بحيث

$$\vec{P} + \vec{R} = \vec{0} \quad \text{و} \quad \mathcal{M}_A(\vec{P}) + \mathcal{M}_A(\vec{R}) = 0$$

* عند تطبيق مزدوجة القوتين (\vec{F}_1, \vec{F}_2)

يكون السلك ملتويا وهو يخضع للقوى \vec{P} و \vec{R} والمزدوجة المطبقة $\mathcal{M}_A(\vec{F}_1, \vec{F}_2)$ ومجموع قوى الارتداد المسلطة من طرف جميع مولدات السلك

$$\sum \vec{f}_i$$

القضيب في حالة النوازن :

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

و كذلك

$$\mathcal{M}_A(\vec{P}) + \mathcal{M}_A(\vec{R}) + \mathcal{M}_A(\vec{F}_1, \vec{F}_2) + \sum \mathcal{M}_A(\vec{f}_i) = 0$$

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

$$\sum \vec{f}_i = \vec{0}$$

خلاصة : قوى الارتداد $\sum \vec{f}_i$ لها خاصيات مزدوجة قوتين .

تسمى بمزدوجة اللي Couple de torsion ونركز لها ب \mathcal{M}_e

2 - عزم مزدوجة اللي

من خلال الدراسة التجريبية نستنتج أن عزم المزدوجة المطبقة على السلك تتناسب اطرادا مع الزاوية θ زاوية اللي نقول

$$\mathcal{M}_A(\vec{F}_1, \vec{F}_2) = C\theta$$

حيث C ثابتة تميز السلك نسميها ثابتة لي السلك وهي تتعلق بطول السلك وبمقطعه وبنوعيته .

وحسب الدراسة السابقة أن عزم مزدوجة لي السلك $\sum \mathcal{M}_A(\vec{f}_i) = \mathcal{M}_e$ هي المقابل لعزم مزدوجة القوتين \vec{F}_1 و \vec{F}_2

$$\mathcal{M}_e = -C.\theta \quad \text{إذن}$$

