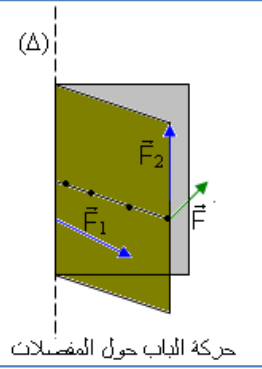


توازن جسم صلب قابل للدوران حول محور ثابت

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 .



حركة الباب حول المفصلات

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 : $N.m$

2 - عزم قوة مقدار جدي

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

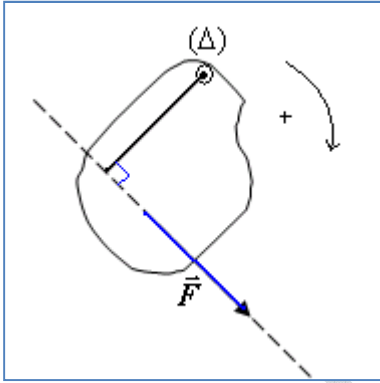
$$\mathcal{M}_\Delta(\vec{F}) = +F \cdot d$$

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

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

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

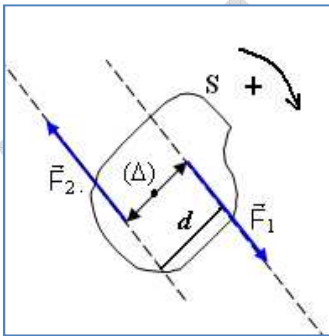
تكون القوتان \vec{F}_1 و \vec{F}_2 مزدوجة قوتين ، إذا كان مجموعهما المتجهي منعدم ولهما
نفس خط التأثير .

2 - عزم مزدوجة قوتين

عزم مزدوجة قوتين بالنسبة لمحور الدوران Δ عمودي على مستوى المزدوجة هو جداء الشدة
المشتركة للقوتين والمسافة d الفاصلة بين خطي تأثيرهما :

$$\mathcal{M}_\Delta(\vec{F}_1, \vec{F}_2) = \pm F \cdot d$$

ملحوظة : عزم مزدوجة قوتين لا يتعلق بموضع محور الدوران لأن d المسافة بين خطي تأثير
القوتين .



III - مبرهنة العزوم

1 - نص مبرهنة العزوم

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

$$\sum_{i=1}^n \mathcal{M}_\Delta(\vec{F}_i) = 0$$

2 - تطبيق

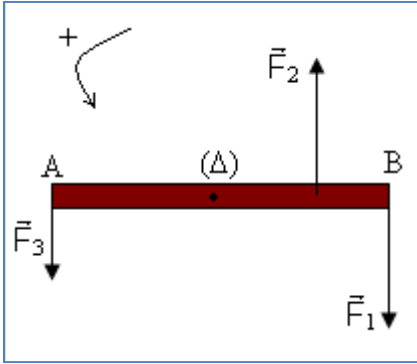
الأستاذ علال محداد

www.chimiephysique.ma

الجدع المشترك العلمي



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



- شدها 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 فليزي

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 . نفسر 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

$$\sum \vec{f}_i$$
 قوى الارتداد المسلطة من طرف جميع مولدات السلك

القضيب في حالة التوازن :

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

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 الزاوية اللي نقول أن للسلك

$$\text{استجابة خطية} . \mathcal{M}_A(\vec{F}_1, \vec{F}_2) = C \cdot \theta$$

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

وحسب الدراسة السابقة أن عزم مزدوجة لي السلك \mathcal{M}_e هي المقابل لعزم مزدوجة القوتين \vec{F}_1 و \vec{F}_2

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