

توازن جسم صلب قابل للدوران حول محور ثابت

Équilibre d'un corps solide pouvant tourner autour d'un axe fixe

ذ . علال محداد

الثانوية التأهيلية مجموعة مدارس الحكمة

السنة الدراسية : 2014 - 2015

توازن جسم
صلب قابل للدوران
حول محور ثابت

ذ . علاء محداد

1 عزم قوة

عزم قوة

عزم مزدوجة قوتين

مبرهنة العزوم

عزم مزدوجة اللي

2 عزم مزدوجة قوتين

3 مبرهنة العزوم

4 عزم مزدوجة اللي

توازن جسم
صلب قابل للدوران
حول محور ثابت

ذ . علاء محداد

1 عزم قوة

عزم قوة

عزم مزدوجة قوتين

مبرهنة العزوم

عزم مزدوجة اللي

2 عزم مزدوجة قوتين

3 مبرهنة العزوم

4 عزم مزدوجة اللي

توازن جسم
صلب قابل للدوران
حول محور ثابت

ذ . علاء محداد

1 عزم قوة

عزم قوة

عزم مزدوجة قوتين

مبرهنة العزوم

عزم مزدوجة اللي

2 عزم مزدوجة قوتين

3 مبرهنة العزوم

4 عزم مزدوجة اللي

توازن جسم
صلب قابل للدوران
حول محور ثابت

ذ . علاء محداد

1 عزم قوة

عزم قوة

عزم مزدوجة قوتين

مبرهنة العزوم

عزم مزدوجة اللي

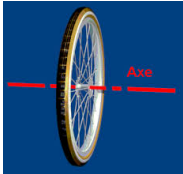
2 عزم مزدوجة قوتين

3 مبرهنة العزوم

4 عزم مزدوجة اللي

تقديم

تبين الصورة مجموعة الأجسام في حركة دوران حول محور ثابت . عجلة دراجة هوائية ، أرجوحة ، رافعة صخرة ، فتح باب وإغلاقه . كل من الطفلين يطبق قوة على لوحة الأرجوحة ، الطفل يطبق قوة على الباب لفتحه أو إغلاقه . تتميز هذه القوة بمقدار له إمكانية إحداث الدوران . نفس الشيء بالنسبة للقوة المطبقة على الصخرة . فما هو هذا المقدار ؟ وكيف يتم توظيفه لدراسة توازن الجسم ؟



توازن جسم صلب قابل للدوران حول محور ثابت

ذ . علال محداد

عزم قوة

عزم مزدوجة قوتين

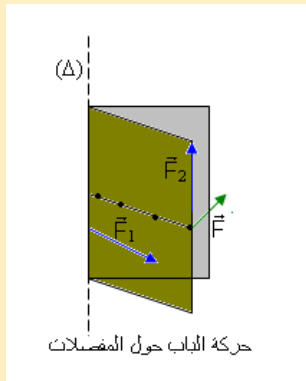
مبرهنة العزم

عزم مزدوجة اللي

I – مفعول قوة على دوران جسم صلب

نشاط تجريبي 1

حركة الباب حول المفصلات :



توازن جسم صلب قابل للدوران حول محور ثابت

ذ . علاء محداد

عزم قوة

عزم مزدوجة قوتين

مبرهنة العزوم

عزم مزدوجة اللي

I _ مفعول قوة على دوران جسم صلب

توازن جسم
صلب قابل للدوران
حول محور ثابت

ذ . علاء محداد

عزم قوة

عزم مزدوجة قوتين

مبرهنة العزم

عزم مزدوجة اللي

نشاط تجريبي 1

- هل للقوتين \vec{F}_1 و \vec{F}_2 مفعول على دوران الباب ؟
- 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 .

I _ مفعول قوة على دوران جسم صلب

توازن جسم
صلب قابل للدوران
حول محور ثابت

ذ . علاء محداد

عزم قوة

عزم مزدوجة قوتين

مبرهنة العزوم

عزم مزدوجة اللي

نشاط تجريبي 1

- هل للقوتين \vec{F}_1 و \vec{F}_2 مفعول على دوران الباب ؟
- 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 .

I _ مفعول قوة على دوران جسم صلب

توازن جسم صلب قابل للدوران حول محور ثابت

ذ . علاء محداد

عزم قوة

عزم مزدوجة قوتين

مبرهنة العزم

عزم مزدوجة اللي

نشاط تجريبي 1

- هل للقوتين \vec{F}_1 و \vec{F}_2 مفعول على دوران الباب ؟
- 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 .

1 - مفعول قوة على دوران جسم صلب

توازن جسم
صلب قابل للدوران
حول محور ثابت

ذ . علاء محداد

عزم قوة

عزم مزدوجة قوتين

مبرهنة العزوم

عزم مزدوجة اللي

نشاط تجريبي 1

- هل للقوة \vec{F} مفعول على دوران الباب ؟
- 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 F والمسافة الفاصلة بين خط تأثيرها والمحور Δ فما هي هذه العلاقة ؟

1 _ مفعول قوة على دوران جسم صلب

توازن جسم
صلب قابل للدوران
حول محور ثابت

ذ . علاء محداد

عزم قوة

عزم مزدوجة قوتين

مبرهنة العزوم

عزم مزدوجة اللي

نشاط تجريبي 1

- هل للقوة \vec{F} مفعول على دوران الباب ؟
- 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 F والمسافة الفاصلة بين خط تأثيرها والمحور Δ فما هي هذه العلاقة ؟

1 _ مفعول قوة على دوران جسم صلب

توازن جسم
صلب قابل للدوران
حول محور ثابت

ذ . علاء محداد

عزم قوة

عزم مزدوجة قوتين

مبرهنة العزم

عزم مزدوجة اللي

نشاط تجريبي 1

- هل للقوة \vec{F} مفعول على دوران الباب ؟
- 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 فما هي هذه العلاقة ؟

2 _ عزم قوة بالنسبة لمحور ثابت .

توازن جسم
صلب قابل للدوران
حول محور ثابت

ذ . علاء محداد

عزم قوة

عزم مزدوجة قوتين

مبرهنة العزوم

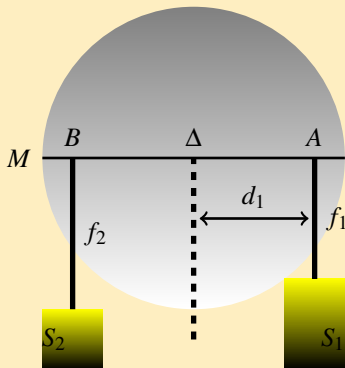
عزم مزدوجة اللي

النشاط التجريبي 2

نعتبر قرصا قابلا للدوران حول محور ثابت Δ يمر من مركزه O . نهمل الاحتكاكات بين القرص والمحور Δ . نعلق في النقطتين A و B من القرص وفق القطر MN الأفقي ، خيطين f_1 و f_2 في طرف كل منهما كتل معلمة ، نثبت الخيط f_2 في النقطة B و $OB=15\text{cm}$ ، ونعلق في طرفه الآخر جسما S_2 كتلته $m_2 = 100\text{g}$ نحرك الخيط f_1 على القطعة ON للحفاظ على القرص في حالة توازن وإبقاء القطر MN أفقيا، نغير كتلة الجسم S_1 المعلق في طرف الخيط f_1 وبذلك نغير شدة القوة F_1 المطبقة من طرف الخيط على القرص .

2 - عزم قوة بالنسبة لمحور ثابت .

النشاط التجريبي 2



- 1 - اجرد القوى المطبقة على القرص
- 2 - احسب شدة القوة T_2 المطبقة من طرف الخيط f_2 على القرص .
- 3 - بين أن شدة القوة $T_1 = m_1.g$ بحيث أن m_1 كتلة الجسم S_1
- 4 - ندون نتائج هذه التجربة في الجدول التالي :
أتمم الجدول أعلاه . ما هو استنتاجك ؟

توازن جسم صلب قابل للدوران حول محور ثابت

ذ . علال محداد

عزم قوة

عزم مزدوجة قوتين

مبرهنة العزوم

عزم مزدوجة اللي

2 - عزم قوة بالنسبة لمحور ثابت .

توازن جسم
صلب قابل للدوران
حول محور ثابت

ذ . علاء محداد

عزم قوة

عزم مزدوجة قوتين

مبرهنة العزوم

عزم مزدوجة اللي

النشاط التجريبي 2

d_1 (m)	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25
T_1 (N)	3.0	1.5	1.0	0.7	0.6
$T_1 \cdot d_1$ (N.m)					

2 - عزم قوة بالنسبة لمحور ثابت .

النشاط التجريبي 2

الأجوبة :

- 1 - القوى المطبقة على القرص : \vec{T}_1 القوة المطبقة من طرف الخيط

$$\begin{aligned} & \vec{f}_1 \\ & \vec{T}_2 \text{ القوة المطبقة من طرف الخيط } f_2 \\ & \vec{P} \text{ وزن القرص} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \vec{R} \text{ تأثير المحور } \Delta \text{ على القرص} \\ & 2 - \text{ حساب شدة القوة } T_2 \end{aligned}$$

- الجسم S_2 في حالة توازن تحت تأثير قوتين لهما نفس خط التأثير \vec{P}_2 و \vec{T}_2 حسب شروط التوازن لدينا :

$$\vec{P}_2 + \vec{T}_2 = \vec{0} \implies T_2 = m_2 g = 0.15N$$

توازن جسم
صلب قابل للدوران
حول محور ثابت

ذ . علال محداد

عزم قوة

عزم مزدوجة قوتين

مبرهنة العزوم

عزم مزدوجة اللي

2 _ عزم قوة بالنسبة لمحور ثابت .

النشاط التجريبي 2

الأجوبة :

● 1 _ القوى المطبقة على القرص : \vec{T}_1 القوة المطبقة من طرف الخيط

\vec{f}_1
 \vec{T}_2 القوة المطبقة من طرف الخيط f_2
 \vec{P} وزن القرص

\vec{R} تأثير المحور Δ على القرص

2 _ حساب شدة القوة T_2

● الجسم S_2 في حالة توازن تحت تأثير قوتين لهما نفس خط التأثير \vec{P}_2 و \vec{T}_2 حسب شروط التوازن لدينا :

$$\vec{P}_2 + \vec{T}_2 = \vec{0} \implies T_2 = m_2g = 0.15N$$

توازن جسم صلب قابل للدوران حول محور ثابت

ذ . علاال محداد

عزم قوة

عزم مزدوجة قوتين

مبرهنة العزوم

عزم مزدوجة اللي

2 _ عزم قوة بالنسبة لمحور ثابت .

النشاط التجريبي 2

الأجوبة :

- 1 _ القوى المطبقة على القرص : \vec{T}_1 القوة المطبقة من طرف الخيط
 f_1
 \vec{T}_2 القوة المطبقة من طرف الخيط f_2
 \vec{P} وزن القرص
 \vec{R} تأثير المحور Δ على القرص
2 _ حساب شدة القوة T_2
- الجسم S_2 في حالة توازن تحت تأثير قوتين لهما نفس خط التأثير \vec{P}_2 و \vec{T}_2 حسب شروط التوازن لدينا :

$$\vec{P}_2 + \vec{T}_2 = \vec{0} \implies T_2 = m_2g = 0.15N$$

توازن جسم
صلب قابل للدوران
حول محور ثابت

ذ . علاال محداد

عزم قوة

عزم مزدوجة قوتين

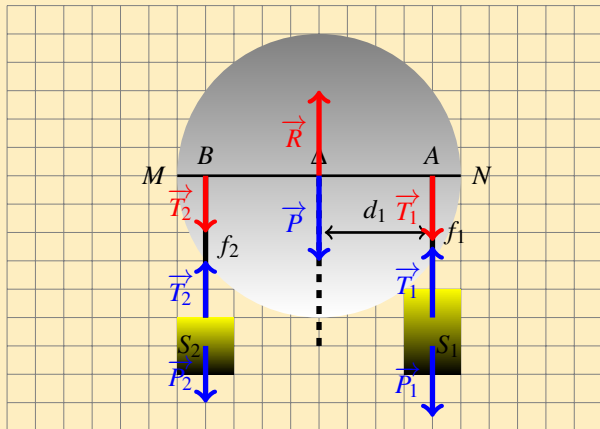
مبرهنة العزوم

عزم مزدوجة اللي

2 - عزم قوة بالنسبة لمحور ثابت .

النشاط التجريبي 2

الأجوبة :



توازن جسم صلب قابل للدوران حول محور ثابت

ذ . علاء محداد

عزم قوة

عزم مزدوجة قوتين

مبرهنة العزوم

عزم مزدوجة اللي

2 _ عزم قوة بالنسبة لمحور ثابت .

النشاط التجريبي 2

الأجوبة :

3 _ بنفس الطريقة نبين أن : $T_1 = m_1 g$: $\vec{P}_1 + \vec{T}_1 = \vec{0} \Rightarrow$

d_1 (m)	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25
T_1 (N)	3.0	1.5	1.0	0.7	0.6
$T_1.d_1$ (N.m)	0.15	0.15	0.15	0.14	0.15

نستنتج من الجدول أن المقدار $T_1.d_1$ يبقى تقريبا ثابتا خلال كل أوضاع التوازن ويوافق المقدار $T_2.d_2$.
يمثل هذا المقدار عزم القوة \vec{T} بالنسبة للمحور الدوران Δ نرمز له ب

$$\mathcal{M}_{\Delta}(\vec{T})$$

توازن جسم
صلب قابل للدوران
حول محور ثابت

ذ . علاء محداد

عزم قوة

عزم مزدوجة قوتين

مبرهنة العزوم

عزم مزدوجة اللي

2 - عزم قوة بالنسبة لمحور ثابت .

النشاط التجريبي 2

الأجوبة :

● 3 - بنفس الطريقة نبين أن : $T_1 = m_1 g \Rightarrow \vec{P}_1 + \vec{T}_1 = \vec{0}$

d_1 (m)	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25
T_1 (N)	3.0	1.5	1.0	0.7	0.6
$T_1.d_1$ (N.m)	0.15	0.15	0.15	0.14	0.15

● نستنتج من الجدول أن المقدار $T_1.d_1$ يبقى تقريبا ثابتا خلال كل أوضاع التوازن ويوافق المقدار $T_2.d_2$.
يمثل هذا المقدار عزم القوة \vec{T} بالنسبة للمحور الدوران Δ نرمز له ب

$$\mathcal{M}_{\Delta}(\vec{T})$$

توازن جسم
صلب قابل للدوران
حول محور ثابت

ذ . علاء محداد

عزم قوة

عزم مزدوجة قوتين

مبرهنة العزم

عزم مزدوجة اللي

2 _ عزم قوة بالنسبة لمحور ثابت .

النشاط التجريبي 2

الأجوبة :

- 3 _ بنفس الطريقة نبين أن : $T_1 = m_1 g \Rightarrow \vec{P}_1 + \vec{T}_1 = \vec{0}$

d_1 (m)	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25
T_1 (N)	3.0	1.5	1.0	0.7	0.6
$T_1.d_1$ (N.m)	0.15	0.15	0.15	0.14	0.15

- نستنتج من الجدول أن المقدار $T_1.d_1$ يبقى تقريبا ثابتا خلال كل أوضاع التوازن ويوافق المقدار $T_2.d_2$.
يمثل هذا المقدار عزم القوة \vec{T} بالنسبة للمحور الدوران Δ نرمز له ب

$$\mathcal{M}_{\Delta}(\vec{T})$$

توازن جسم
صلب قابل للدوران
حول محور ثابت

ذ . علاء محداد

عزم قوة

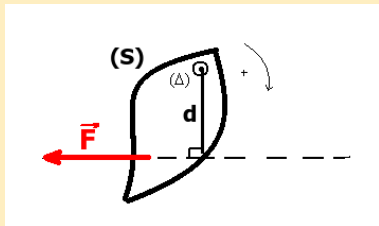
عزم مزدوجة قوتين

مبرهنة العزوم

عزم مزدوجة اللي

2 - عزم قوة بالنسبة لمحور ثابت .

2 - 1 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 .

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

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

توازن جسم
صلب قابل للدوران
حول محور ثابت

ذ . علاء محداد

عزم قوة

عزم مزدوجة قوتين

مبرهنة العزوم

عزم مزدوجة اللي

2 - عزم قوة بالنسبة لمحور ثابت .

توازن جسم
صلب قابل للدوران
حول محور ثابت

ذ . غلال محداد

عزم قوة

عزم مزدوجة قوتين

مبرهنة العزم

عزم مزدوجة اللي

2 - عزم قوة مقدار جبيري

الجداء $F.d$ 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 : $\mathcal{M}_{\Delta}(\vec{F}) = F.d$

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

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

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

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

II - عزم مزدوجة قوتين

توازن جسم صلب قابل للدوران حول محور ثابت

ذ . علال محداد

عزم قوة

عزم مزدوجة قوتين

مبرهنة العزوم

عزم مزدوجة اللي

1 - مزدوجة قوتين

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

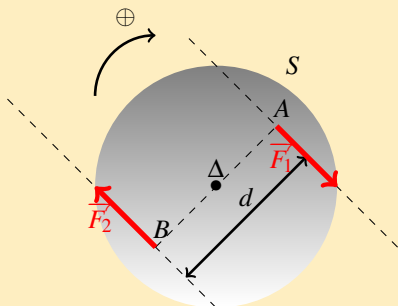
2 - عزم مزدوجة قوتين

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

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

وحدة \mathcal{M}_{Δ} هي $N.m$

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



III _ مبرهنة العزوم

توازن جسم
صلب قابل للدوران
حول محور ثابت

ذ . غلال محداد

عزم قوة

عزم مزدوجة قوتين

مبرهنة العزوم

عزم مزدوجة اللي

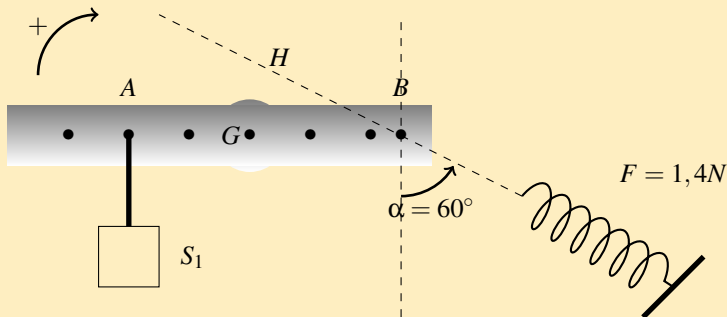
النشاط التجريبي 3

نعتبر عارضة طولها $L = 30\text{cm}$ وكتلتها $M = 120\text{g}$ قابلة للدوران بدون احتكاك حول محور ثابت Δ يمر من مركزها G ، نعلق في النقطة A بحيث أن $GA = 14\text{cm}$ للعارضة خيطا يحمل في طرفه الحر جسما S_1 كتلته $m_1 = 100\text{g}$ ولكي تبقى العارضة في توازن أفقي نطبق في النقطة B ($GB = 20\text{cm}$) قوة \vec{F} اتجاهها يكون زاوية $\alpha = 60^\circ$ مع الخط المنظمي ، بواسطة خيط مرتبط بدينامومتر يشير الدينامومتر إلى قيمة $1,4\text{N}$.

1 _ اجرد القوى المطبقة على العارضة
2 _ مثل هذه القوى باستعمال السلم $1\text{N} \longleftrightarrow 1\text{cm}$

III - مبرهنة العزوم

النشاط التجريبي 3



3 - بتطبيق شرطي التوازن على العارضة واستعمال الطريقة المبيانية استنتج مميزات المتجهة \vec{R} القوة المطبقة من طرف المحور على العارضة .

4 - أحسب عزوم القوى المطبقة على العارضة واستنتج قيمة مجموع هذه العزوم $\sum \mathcal{M}(\vec{F}_{ext})$

توازن جسم صلب قابل للدوران حول محور ثابت

ذ . علاء محداد

عزم قوة

عزم مزدوجة قوتين

مبرهنة العزوم

عزم مزدوجة اللي

III – مبرهنة العزوم

النشاط التجريبي 3

الأجوبة :

- 1 – القوى المطبقة على العارضة : \vec{T}_B القوة المطبقة من طرف النابض
 \vec{T}_A القوة المطبقة من طرف الخيط في النقطة A شدتها تساوي وزن الجسم $T_A = 1,0N$
 \vec{P} وزن العارضة شدته $P = 1,2N$
 \vec{R} تأثير المحور Δ على العارضة
- 2 – تمثيل القوى باستعمال السلم $1N \longleftrightarrow 1cm$
- العارضة في حالة توازن فحسب شروط التوازن لدينا :

$$\vec{P} + \vec{T}_A + \vec{T}_B + \vec{R} = \vec{0}$$

باستعمال الطريقة الهندسية : الخط المضلعي للقوى الأربع أن نستنبط مميزات متجهة القوة \vec{R}

توازن جسم صلب قابل للدوران حول محور ثابت

ذ . علاء محداد

عزم قوة

عزم مزدوجة قوتين

مبرهنة العزوم

عزم مزدوجة اللي

III – مبرهنة العزوم

النشاط التجريبي 3

الأجوبة :

- 1 – القوى المطبقة على العارضة : \vec{T}_B القوة المطبقة من طرف النابض
 \vec{T}_A القوة المطبقة من طرف الخيط في النقطة A شدتها تساوي وزن الجسم $T_A = 1,0N$
 \vec{P} وزن العارضة شدته $P = 1,2N$
 \vec{R} تأثير المحور Δ على العارضة
- 2 – تمثيل القوى باستعمال السلم $1N \longleftrightarrow 1cm$
- العارضة في حالة توازن فحسب شروط التوازن لدينا :

$$\vec{P} + \vec{T}_A + \vec{T}_B + \vec{R} = \vec{0}$$

باستعمال الطريقة الهندسية : الخط المضلعي للقوى الأربع أن نستنبط مميزات متجهة القوة \vec{R}

توازن جسم صلب قابل للدوران حول محور ثابت

ذ . علاء محداد

عزم قوة

عزم مزدوجة قوتين

مبرهنة العزوم

عزم مزدوجة اللي

III – مبرهنة العزوم

النشاط التجريبي 3

الأجوبة :

- 1 – القوى المطبقة على العارضة : \vec{T}_B القوة المطبقة من طرف النابض
 \vec{T}_A القوة المطبقة من طرف الخيط في النقطة A شدتها تساوي وزن الجسم $T_A = 1,0N$
 \vec{P} وزن العارضة شدته $P = 1,2N$
 \vec{R} تأثير المحور Δ على العارضة
- 2 – تمثيل القوى باستعمال السلم $1N \longleftrightarrow 1cm$
- العارضة في حالة توازن فحسب شروط التوازن لدينا :

$$\vec{P} + \vec{T}_A + \vec{T}_B + \vec{R} = \vec{0}$$

باستعمال الطريقة الهندسية : الخط المضلعي للقوى الأربع أن نستنبط مميزات متجهة القوة \vec{R}

توازن جسم صلب قابل للدوران حول محور ثابت

ذ . علاء محداد

عزم قوة

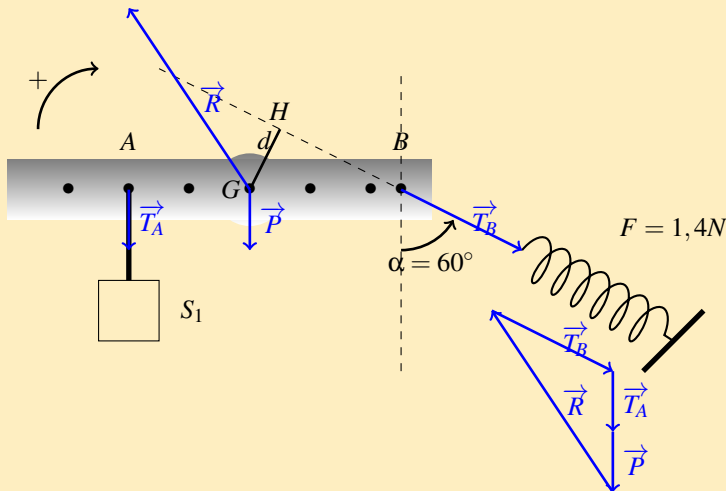
عزم مزدوجة قوتين

مبرهنة العزوم

عزم مزدوجة اللي

III - مبرهنة العزوم

النشاط التجريبي 3



توازن جسم صلب قابل للدوران حول محور ثابت

ذ . علاء محداد

عزم قوة

عزم مزدوجة قوتين

مبرهنة العزوم

عزم مزدوجة اللي

III – مبرهنة العزوم

النشاط التجريبي 3

الأجوبة :

- 3 – حساب عزوم القوى المطبقة على العارضة :
– القوتان \vec{P} و \vec{R} خط تأثرهما يتقاطع مع محور الدوران المار من G وبالتالي فإن :

$$\mathcal{M}_{\Delta}(\vec{P}) = \mathcal{M}_{\Delta}(\vec{R}) = 0$$

- – بالنسبة للقوة \vec{T}_A والتي تجعل الجسم يدور في المنحنى السالب :

$$\mathcal{M}_{\Delta}(\vec{T}_A) = -T_A \cdot AG = -0,14N.m$$

توازن جسم
صلب قابل للدوران
حول محور ثابت

ذ . علاء محداد

عزم قوة

عزم مزدوجة قوتين

مبرهنة العزوم

عزم مزدوجة اللي

III – مبرهنة العزوم

توازن جسم
صلب قابل للدوران
حول محور ثابت

ذ . علاء محداد

النشاط التجريبي 3

الأجوبة :

- 3 – حساب عزوم القوى المطبقة على العارضة :
– القوتان \vec{P} و \vec{R} خط تأثيرهما يتقاطع مع محور الدوران المار من G وبالتالي فإن :

$$\mathcal{M}_{\Delta}(\vec{P}) = \mathcal{M}_{\Delta}(\vec{R}) = 0$$

- – بالنسبة للقوة \vec{T}_A والتي تجعل الجسم يدور في المنحنى السالب :

$$\mathcal{M}_{\Delta}(\vec{T}_A) = -T_A \cdot AG = -0,14N.m$$

عزم قوة

عزم مزدوجة قوتين

مبرهنة العزوم

عزم مزدوجة اللي

III – مبرهنة العزوم

توازن جسم
صلب قابل للدوران
حول محور ثابت

ذ . علاء محداد

النشاط التجريبي 3

الأجوبة :

- 3 – حساب عزوم القوى المطبقة على العارضة :
– القوتان \vec{R} و \vec{P} خط تأثيرهما يتقاطع مع محور الدوران المار من G وبالتالي فإن :

$$\mathcal{M}_{\Delta}(\vec{P}) = \mathcal{M}_{\Delta}(\vec{R}) = 0$$

- – بالنسبة للقوة \vec{T}_A والتي تجعل الجسم يدور في المنحنى السالب :

$$\mathcal{M}_{\Delta}(\vec{T}_A) = -T_A \cdot AG = -0,14N.m$$

عزم قوة

عزم مزدوجة قوتين

مبرهنة العزوم

عزم مزدوجة اللي

III – مبرهنة العزم

النشاط التجريبي 3

الأجوبة :

- بالنسبة للقوة \vec{T}_B والتي تجعل الجسم يدور في المنحنى الموجب :

$$\mathcal{M}_\Delta(\vec{T}_B) = T_B \cdot d$$

بحيث أن $d = BG \cos \alpha$

$$\mathcal{M}_\Delta(\vec{T}_B) = T_B \cdot GB \cdot \cos \alpha = 0, 14 \text{ N.m}$$

- $$\mathcal{M}_\Delta(\vec{T}_B) + \mathcal{M}_\Delta(\vec{T}_A) + \mathcal{M}_\Delta(\vec{P}) + \mathcal{M}_\Delta(\vec{R}) = 0$$

توازن جسم صلب قابل للدوران حول محور ثابت

ذ . علال محداد

عزم قوة

عزم مزدوجة قوتين

مبرهنة العزم

عزم مزدوجة اللي

III – مبرهنة العزوم

النشاط التجريبي 3

الأجوبة :

- – بالنسبة للقوة \vec{T}_B والتي تجعل الجسم يدور في المنحنى الموجب :

$$\mathcal{M}_\Delta(\vec{T}_B) = T_B \cdot d$$

بحيث أن $d = BG \cos \alpha$

$$\mathcal{M}_\Delta(\vec{T}_B) = T_B \cdot GB \cdot \cos \alpha = 0, 14 \text{ N.m}$$

$$\mathcal{M}_\Delta(\vec{T}_B) + \mathcal{M}_\Delta(\vec{T}_A) + \mathcal{M}_\Delta(\vec{P}) + \mathcal{M}_\Delta(\vec{R}) = 0$$

توازن جسم
صلب قابل للدوران
حول محور ثابت

ذ . علاء محداد

عزم قوة

عزم مزدوجة قوتين

مبرهنة العزوم

عزم مزدوجة اللي

III – مبرهنة العزوم

النشاط التجريبي 3

الأجوبة :

- – بالنسبة للقوة \vec{T}_B والتي تجعل الجسم يدور في المنحنى الموجب :

$$\mathcal{M}_\Delta(\vec{T}_B) = T_B \cdot d$$

بحيث أن $d = BG \cos \alpha$

$$\mathcal{M}_\Delta(\vec{T}_B) = T_B \cdot GB \cdot \cos \alpha = 0, 14 N.m$$

$$\mathcal{M}_\Delta(\vec{T}_B) + \mathcal{M}_\Delta(\vec{T}_A) + \mathcal{M}_\Delta(\vec{P}) + \mathcal{M}_\Delta(\vec{R}) = 0$$

توازن جسم
صلب قابل للدوران
حول محور ثابت

ذ . علاء محداد

عزم قوة

عزم مزدوجة قوتين

مبرهنة العزوم

عزم مزدوجة اللي

III – مبرهنة العزوم

توازن جسم
صلب قابل للدوران
حول محور ثابت

ذ . علاء محداد

عزم قوة

عزم مزدوجة قوتين

مبرهنة العزوم

عزم مزدوجة اللي

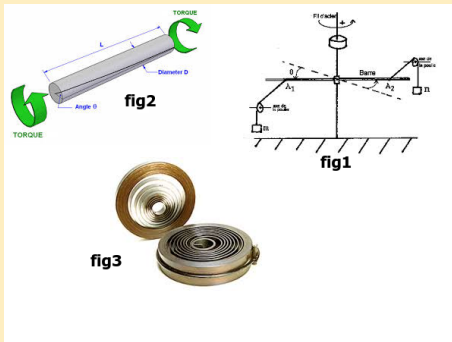
نص مبرهنة العزوم

تعميم هذه النتيجة : مبرهنة 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

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

IV – عزم مزدوجة اللي

1 – مزدوجة قوتين على سلك فليزي



عند تطبيق مزدوجة قوتين على القضيب في الشكل 2 ، 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 .

توازن جسم صلب قابل للدوران حول محور ثابت

ذ . علاء محداد

عزم قوة

عزم مزدوجة قوتين

مبرهنة العزوم

عزم مزدوجة اللي

IV – عزم مزدوجة اللي

توازن جسم
صلب قابل للدوران
حول محور ثابت

ذ . علاء محداد

1 – تطبيق مزدوجة قوتين على سلك فلزي

النشاط التجريبي 3

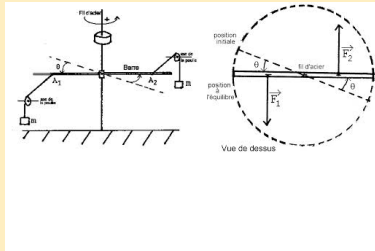
لتعيين عزم مزدوجة اللي نستعمل جهاز تجريبي يتكون من عارضة مرتبطة بسلك فلزي وأسطوانة مدرجة بالدرجات لقياس الزاوية θ .

عزم قوة

عزم مزدوجة قوتين

مبرهنة العزم

عزم مزدوجة اللي



IV – عزم مزدوجة اللي

توازن جسم
صلب قابل للدوران
حول محور ثابت

ذ . علال محداد

عزم قوة

عزم مزدوجة قوتين

مبرهنة العزوم

عزم مزدوجة اللي

1 – تطبيق مزدوجة قوتين على سلك فليزي

1 – أتمم الجدول

2 – أجرد القوى المطبقة على العارضة

3 – بين أن

$$\mathcal{M}_c = -\mathcal{M}_\Delta(\vec{F}_1, \vec{F}_2)$$

بحيث أن \mathcal{M}_c عزم مزدوجة اللي

4 – على ورق مليمتري مثل $\mathcal{M}_\Delta(\vec{F}_1, \vec{F}_2) = f(\theta)$

نختار السلم التالي : بالنسبة ل \mathcal{M} نأخذ : $0,004N.m \longleftrightarrow 1cm$

وبالنسبة ل θ نأخذ $0.1rad \longleftrightarrow 1cm$

5 – من خلال التمثيل المبياني أوجد العلاقة بين $\mathcal{M}_\Delta(\vec{F}_1, \vec{F}_2)$ و θ

6 – استنتج العلاقة بين \mathcal{M}_c و زاوية اللي θ

IV – عزم مزدوجة اللي

توازن جسم
صلب قابل للدوران
حول محور ثابت

ذ . علال محداد

عزم قوة

عزم مزدوجة قوتين

مبرهنة العزوم

عزم مزدوجة اللي

1 – تطبيق مزدوجة قوتين على سلك فليزي

1 – جدول القياسات :

$F(N)$ (m)	0,1	0,1	0.2	0.2	0.3	0,3
$d(m)$	0,04	0,06	0,06	0,08	0,08	0,10
$\mathcal{M}_{\Delta}(\vec{F}_1, \vec{F}_2)(N.m) \cdot 10^{-2}$	0.4	0.6	1,2	1,6	2,4	3,0
$\theta(^{\circ})$	9	14	28	37	55	69
$\theta(rad)$	0,16	0,24	0,48	0,64	0,96	1,2

IV – عزم مزدوجة اللي

توازن جسم صلب قابل للدوران حول محور ثابت

ذ . علال محداد

عزم قوة

عزم مزدوجة قوتين

مبرهنة العزم

عزم مزدوجة اللي

1 – تطبيق مزدوجة قوتين على سلك فليزي

2 – جرد القوى المطبقة على العارضة :

\vec{P} وزن العارضة .

\vec{T} تأثير السلك على العارضة .

(\vec{F}_1, \vec{F}_2) مزدوجة القوتين المطبقة من طرف الكتلتين .

مزدوجة اللي المطبقة من طرف السلك .

IV – عزم مزدوجة اللي

توازن جسم
صلب قابل للدوران
حول محور ثابت

ذ . علاء محداد

عزم قوة

عزم مزدوجة قوتين

مبرهنة العزوم

عزم مزدوجة اللي

1 – تطبيق مزدوجة قوتين على سلك فلزي

3 – لنبين أن :

$$\mathcal{M}_C = -\mathcal{M}_\Delta(\vec{F}_1, \vec{F}_2)$$

العارضة في توازن وقابلة للدوران حول محور ثابت فإن :

$$\mathcal{M}_\Delta(\vec{P}) + \mathcal{M}_\Delta(\vec{T}) + \mathcal{M}_C + \mathcal{M}_\Delta(\vec{F}_1, \vec{F}_2) = 0$$

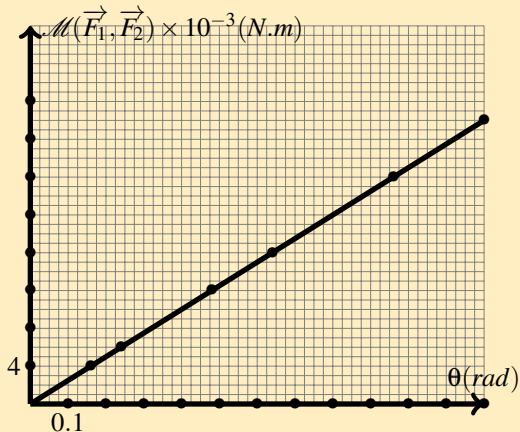
$\mathcal{M}_\Delta(\vec{P}) = 0$ و $\mathcal{M}_\Delta(\vec{R}) = 0$ لأن خط تأثيرهما يتقاطع مع محور الدوران .
وبالتالي فإن :

$$\mathcal{M}_C = -\mathcal{M}_\Delta(\vec{F}_1, \vec{F}_2)$$

IV - عزم مزدوجة اللي

1 - تطبيق مزدوجة قوتين على سلك فليزي

4 - التمثيل المبياني



توازن جسم صلب قابل للدوران حول محور ثابت

ذ . علاء محداد

عزم قوة

عزم مزدوجة قوتين

مبرهنة العزوم

عزم مزدوجة اللي

IV – عزم مزدوجة اللي

توازن جسم
صلب قابل للدوران
حول محور ثابت

ذ . علاء محداد

عزم قوة

عزم مزدوجة قوتين

مبرهنة العزوم

عزم مزدوجة اللي

1 – تطبيق مزدوجة قوتين على سلك فليزي

5 – من خلال التمثيل المبياني أن $\mathcal{M}_{\Delta}(\vec{F}_1, \vec{F}_2) = f(\theta)$ عبارة عن دالة خطية .

نستنتج أن عزم المزدوجة المطبقة على السلك تتناسب اطرادا مع زاوية اللي :

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

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

IV – عزم مزدوجة اللي

توازن جسم
صلب قابل للدوران
حول محور ثابت

ذ . علاء محداد

عزم قوة

عزم مزدوجة قوتين

مبرهنة العزوم

عزم مزدوجة اللي

1 – تطبيق مزدوجة قوتين على سلك فليزي

6 – العلاقة بين \mathcal{M}_C و θ

العارضة في حالة توازن تحت تأثير مزدوجتين : مزدوجة اللي للسلك
عزمها \mathcal{M}_C و مزدوجة القوتين عزمها $\mathcal{M}(\vec{F}_1, \vec{F}_2)$
حسب السؤال السابق أن :

$$\mathcal{M}_C = -\mathcal{M}_\Delta(\vec{F}_1, \vec{F}_2)$$

$$\mathcal{M}_C = -C.\theta$$

IV _ عزم مزدوجة اللي

توازن جسم
صلب قابل للدوران
حول محور ثابت

ذ . علاء محداد

عزم قوة

عزم مزدوجة قوتين

مبرهنة العزم

عزم مزدوجة اللي

استنتاج

عند لي سلك فلزي بزاوية θ فإن هذا الأخير يطبق مزدوجة قوتين (مزدوجة ارتداد) تقاوم هذا الإلتواء ، عومها :

$$M_C = -C.\theta$$

بحيث أن C ثابتة اللي للسلك وحدتها في النظام العالمي للوحدات :
 $N.m/rad$