الوحدة 2: الحركة الدورانية

الدرس الأول: العزم والاتزان السكوني

مراجعة:

ماهي انواع الحركة؟

1- الحركة الانتقالية: الحركة في خط مستقيم في اتجاه واحد او عدة اتجاهات.

2- الحركة التذبذبية الاهتزازية: الجسم يتحرك ذهاباً وإياباً حوله موضع سكون مثل البندول

3- الحركة الدائرية: الحركة في مسار دائري تصف قطره ثابت (منتظمة) او متغير (غير منتظمة) مثل سيارة تعمل دوار

4- الحركة الدورانية: الحركة في مسار دائري حوله محور ثابت مثل عجلة السيارة، المروحة، البابه

مراجعة في خاصية المتجهات: الضرب التقاطعي

الضرب التقاطعي او المتجهي: هو ضرب متجه في متجه آخره الناتج كمية متجهة

قانون: اذا كان $\vec{A} = |\vec{A}|\, u_A$, $\vec{B} = |\vec{B}|\, u_B$

فإن $\vec{A} \times \vec{B} = |\vec{A}||\vec{B}| \sin\theta$ القانون المتجهي لايجاد

حيث θ هي الزاوية الصغرى (اقل من 180) بين المتجهين لتحديد الاتجاه تستخدم قاعدة اليد اليمنى

كم خطوات استخدام قاعدة اليد اليمنى

1- نرسم المتجهين من نفس نقطة البداية ونحسب زاوية كل منهما

2- باستخدام اليد اليمنى، نضع الابهام على المتجه الاول حسب المطلوب في السؤال

3- اصابع اليد على المتجه الثاني

4- رسغ اليد على نفس بداية المتجهين

5- باطن الكف اليد من الداخل يكون اما

أ- الداخل الصفحة = عمودي للداخل = $-z$ = ⊗

ب- الخارج الصفحة = عمودي للخارج = $+z$ = ⊙

Scanned with CamScanner

ملاحظات:

1- سمي بالضرب التقاطعي لانه يستخدم اشارة (cross (x

2- سمي بالضرب المتجهي لانه ناتج الضرب كمية متجهة

3- يكون ناتج الضرب التقاطعي موجب دائماً (القيمة الناتجة من القانون) لانه قيمة المتجهان موجبة ولانه sinΘ للزوايا الاقل من 180 موجب دائما

ربع اول	ربع ثاني
$\sin^+$	$\sin^+$

90 ، 0 ، 180

2- الضرب التقاطعي ليس تبديلياً اي ان $\vec{A} * \vec{B} \neq \vec{B} * \vec{A}$ حيث يكونان متساويان في المقدار متعاكسان في الاتجاه

متى يكون للضرب التقاطعي أعلى قيمة؟

عندما يكون المتجهان متعامدان اي الزاوية بينهما 90 حيث ($\sin 90 = 1$)

متى يكون للضرب التقاطعي اقل قيمة

عندما يكون المتجهان متوازيان في نفس الاتجاه او متعاكسان

$\Theta = 180$ ، $\Theta = 0$

$\sin 180 = 0$ ، $\sin 0 = 0$

Five Apple

Scanned with CamScanner

الحركة الدورانية: / مراجعة الضرب التقاطعي

مثال ١: اذا كان

$\vec{A} = 5\angle 30°$ $\quad \vec{B} = 10\angle 90°$

أجد

1) $\vec{A} \times \vec{B} = |\vec{A}||\vec{B}| \sin\theta$

$(5)(10) \sin(90-30)$

$50 \sin 60$

$50 * 0.87 = +43.5$

$2+, \odot$ عمودية للخارج

2) $\vec{B} \times \vec{A} = 43.5\angle$

$2-, \otimes$ عمودية للداخل

3) $-\vec{A} \times \vec{B} = 43.5\angle \rightarrow$

$\otimes$ عمودية للداخل

4) $2\vec{A} \times -\vec{B} =$

$-2(\vec{A} \times \vec{B}) = 2(43.5)\angle, 2^-$

$= 87\angle, 2^-$

5) $-3\vec{A} \times -2\vec{B}$

$-3 \times -2(\vec{A} \times \vec{B})$

$+6(\vec{A} \times \vec{B}) = 6(43.5)\angle, 2^+$

$= 261\angle, 2^+$

6) $-5\vec{B} \times 2\vec{A}$

$(-5)(2)(\vec{B} \times \vec{A}) = -10(\vec{B} \times \vec{A}) = 435\angle, 2^+$

7) $-4\vec{B} \times -2\vec{A}$

$(-4 \times -2)(\vec{B} \times \vec{A}) = 8(\vec{B} \times \vec{A})$

$= 8(43.5)\angle, 2^-$

$= 348\angle, 2^-$

- التأكيد أن الرتبة مكتوبة بالصيغة الصحيحة

$\vec{A} = |\vec{A}|\angle\theta$

وحدة قياس — زاوية

السالب في الرتبة يعكس اتجاه

Five Apple

Scanned with CamScanner

مثال 2:

$\vec{A} = 2u, 120°$ $\vec{B} = 4u, 330°$

find 1) $\vec{A} \times \vec{B}$ 2) $\vec{B} \times \vec{A}$

3) $2\vec{A} \times \vec{B}$ 4) $\vec{A} \times -\vec{B}$

1] $\vec{A} \times \vec{B} = |\vec{A}||\vec{B}| \sin\theta$

$(2)(4) \sin(330 - 120)$

$= 8 \sin 210$

$= 8 \sin(360 - 210)$

$8 \sin 150$

$8 * \frac{1}{2} = 4u, \otimes$

2] $\vec{B} \times \vec{A} = 4u, \odot^{Z+}$

3] $2\vec{A} \times \vec{B} = 8u, \otimes^{Z-}$

4] $\vec{A} \times -\vec{B} = 4u, \odot^{Z+}$

مثال 3:

$\vec{A} = 2u, 30°$ غرب الجنوب $\rightarrow \vec{A} = 2u, 240°$

$\vec{B} = 4u, 60°$ شمال الغرب $\rightarrow \vec{B} = 4u, 120$

1] $\vec{A} \times \vec{B} = (2)(4) \sin(240 - 120)$

$8 \sin 120 = 8(0.87) = 6.96, Z^-$

2] $\vec{B} \times \vec{A} = 6.96u, Z^+$

3] $2\vec{A} \times -3\vec{B} = -6(\vec{A} \times \vec{B}) = 41.76, Z^-$

4] $-2\vec{B} \times -3\vec{A} = 6(\vec{B} \times \vec{A}) = 41.76, Z^+$

Scanned with CamScanner

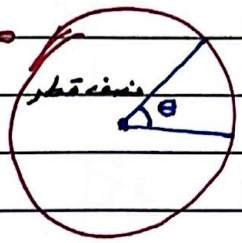
الوحدة الثانية: الحركة الدورانية

الزاوية المركزية: هي زاوية مركزية طول قوسها يساوي نصف قطر الدائرة

مصطلحات:

S: طول القوس

Y: نصف القطر



قانون

قاعدة:

$1 rad = 57.3°$

$\theta rad = \frac{180}{\pi} = 57.3°$

قاعدة: للتحويل من قياس الزاوية بالدرجات إلى قياس الزاوية بالراديان نستخدم القاعدة التالية

$\theta rad = \frac{\pi}{180} * \theta°$

مثال: حول قيم الزوايا التالية إلى قياس

1) $\theta_1 = 60° \rightarrow \theta_1 rad = \frac{\pi}{180} \times 60 = \frac{\pi}{3}$

2) $\theta_2 = 90° \rightarrow \theta_2 rad = \frac{\pi}{180} \times 90 = \frac{\pi}{2}$

3) $\theta_3 = 45° \rightarrow \theta_3 rad = \frac{\pi}{180} \times 45 = \frac{\pi}{4}$

4) $\theta_4 = 180° \rightarrow \theta_4 rad = \frac{\pi}{180} \times 180 = \pi$

5) $\theta_5 = 360° \rightarrow \theta_5 rad = \frac{\pi}{180} \times 360 = 2\pi$

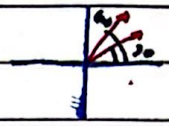
6) $\theta = 270° \rightarrow \frac{\pi}{180} \times 270 = \frac{3\pi}{2}$

Five Apple

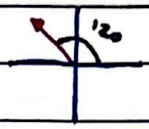
Scanned with CamScanner

مثال: في الاشكال التالية، أوجد قيمة الزاوية بالراديان

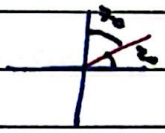
1) a → $\frac{\pi}{180} * 30 = \frac{\pi}{6}$ b → $\frac{\pi}{180} * 60 = \frac{\pi}{3}$



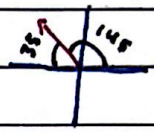
2) → $\frac{\pi}{180} * 120 = \frac{2\pi}{3}$



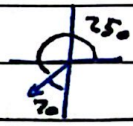
3) → $\frac{\pi}{180} * 2 = \frac{\pi}{90}$



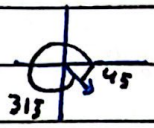
4) → $\frac{\pi}{180} * 145 = \frac{29\pi}{36}$



5) → $\frac{\pi}{180} * 250 = \frac{25\pi}{18}$



6) → $\frac{\pi}{180} * 315 = \frac{7\pi}{4}$



تذكر: الزاوية المرجعية تبدأ من محور x^+ عكس عقارب الساعة

Scanned with CamScanner

عزم الدوران

العزم: كمية فيزيائية متجهة تمثل مقدار تأثير القوة على جسم وتحريكه حركة دورانية حوله محور ثابت

تعريف العزم: مقياس لقدرة القوة على إحداث دوران الجسم حوله محور وهو كمية متجهة

Torque ($\vec{\tau}$: tau)

قانون: $\vec{\tau} = \vec{r} \times \vec{F} = |\vec{r}||\vec{F}| \sin\theta$

حيث: $(\vec{r})$: متجه موقع نقطة تأثير القوة بوحدة (m)

$(\vec{F})$: متجه القوة المؤثرة في الجسم (N)

θ : الزاوية الصغرى (اقل من 180°) المحصورة بين $\vec{r}$ و $\vec{F}$ بشرط ان $\vec{r}$ و $\vec{F}$ رسما من نفس نقطة البداية

س: ماهي العوامل التي يعتمد عليها العزم؟

١- **محور الدوران** هو خط وهمي يمثل المحور الذي يدور حوله الجسم

٢- ذراع القوة (هو نفسه متجه موقع نقطة تأثير القوة $\vec{r}$) وهو الخط العمودي بين محور الدوران ونقطة تأثير قوة

٣- القوة $\vec{F}$: مؤثر خارجي يؤثر في الجسم ويغير حالته الحركية (العزم حركة دورانية)

س: ماهي وحدة قياس العزم؟

$\vec{\tau} = \vec{r} \times \vec{F} = |\vec{r}||\vec{F}| \sin\theta$

→ Newton.meter

= N.m

$= kg \cdot \frac{m}{s^2} \cdot m = kg \cdot \frac{m^2}{s^2}$

Five Apple

Scanned with CamScanner

س: كيف نحدد اتجاه عزم الدوران؟

طريقة (1) باستخدام قاعدة اليد اليمنى بحيث يكون الابهام على $\vec{r}$ اصابع اليد على $\vec{F}$ وباطن اليد يحدد الاتجاه

⊗ عمودي للداخل — ⊙ عمودي للخارج

$-Z$ (عكس عقارب الساعة) — $+Z$ (مع عقارب الساعة)

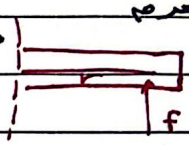
طريقة (2) نضع المتجهين $(\vec{r})$ $(\vec{F})$ بحيث يكون لهما نفس نقطة اصل ننقل المتجه بدون تغير اتجاهه، ونتحرك من $\vec{r}$ الى $\vec{F}$

الدوران عكس عقارب الساعة — $+Z$ ⊙ عمودي للخارج

الدوران مع عقارب الساعة — $-Z$ ⊗ عمودي للداخل

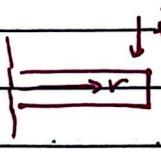
حالات العزم

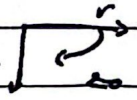
1) تعامد



= عمودي للخارج ⊙ $+Z$ ← عكس

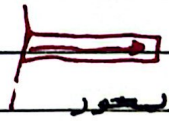
2) تعامد





= عمودي ⊗ للداخل $-Z$

3) $\vec{F}$ على نفس المحور متعاكسين



العزم صفر $\vec{r} \times \vec{F}$

$\theta = 180$

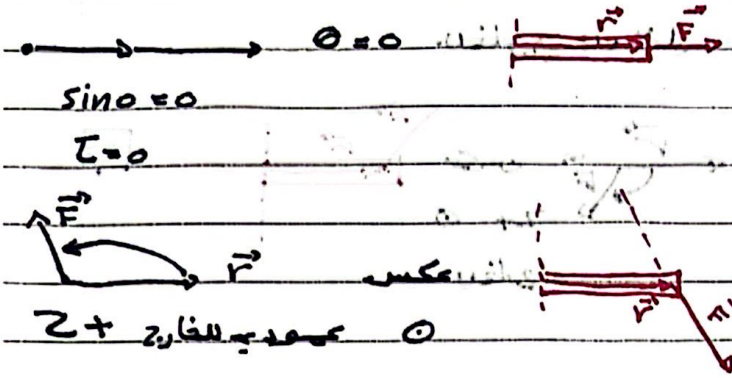
$\sin 180 = 0$

$\tau = 0$

Scanned with CamScanner

العزم الاتزان السكونيه

a) $\vec{F}$ ، $\vec{r}$ على نفس المحور في نفس الاتجاه



b) امتداد خط عمل القصة

ملاحظات:

* اعلى قيمة للعزم $\theta = 90^\circ$ تعامد
* اقل قيمة للعزم $\theta = 180^\circ$ ، $\theta = 0$ توازي
* كلما زادت الزاوية بين r,F قيمة العزم تزايد $0 < \theta < 90$
* قيمة العزم تقل عندما تزيد الزاوية بين r و F $90 < \theta < 180$

θ	sin
0	0
30	0.5
37	0.6
45	0.7
60	0.87
90	1
120	0.87
150	0.5

ثاني	ربع
sin +	sin +

$\tau = r \times F \times \sin\theta$

$\vec{A} \cdot \vec{B}$

$\vec{A} \times \vec{B} = |\vec{A}||\vec{B}| \sin\theta$

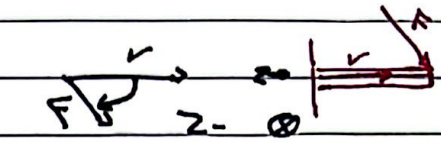
الصغرى

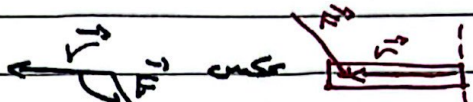
اقل من 180°

$\theta = 0^\circ$ ، $\theta = 180^\circ$ ← اقل قيمة ← $\sin\theta = 0$

$\theta = 90^\circ$ ← اعلى قيمة ← $\sin\theta = 1$

Scanned with CamScanner





مفهوم ذراع القوة

هو البعد العمودي من محور الدوران

إلى نقطة تأثير القوة

Scanned with CamScanner

العزم

تأثير على جسم بقوة

1) حركة دورانية

2) حركة متجهة

$\tau = \vec{r} \times \vec{F} = rF\sin\theta$

الاتجاه ← z+

z-

1) متجة القوة

2) متجة الموقع

3) ذراع القوة

مثال 1 ص 46

(أ) $\vec{r} = 4m \quad \vec{F} = 90N$

$\tau = \vec{r} \times \vec{F} = |\vec{r}||\vec{F}|\sin\theta$

$= (4)(90)\sin 140^\circ, 2^-$ (عمودية للداخل)

$(4)(90)(0.643)$

$360 * 0.643$

$= 231.48\ N.m, 2^-$

(ب) $\vec{r} = 3m \quad \vec{F} = 60N$

$\tau = \vec{r} \times \vec{F} = |\vec{r}||\vec{F}|\sin\theta$

$(3)(60)\sin 130$

180×0.76

$= 136.8\ N.m\ 2^+$

$F = 80N \quad r = 3m \quad \theta = 0$ (ج)

$F.r.\sin\theta$

$80.3.\sin(0)$

$= 0$

مثال 2 ص 47

$B = 75^\circ$ ، $F = 1.6 \times 10^{-2}\ N$ ، طول مفتاح $= 25\ cm$

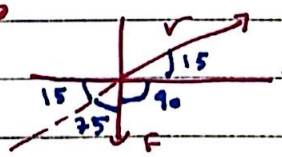
$r = \frac{25\ cm}{100} = 0.25\ m$

$\tau = \vec{r} \times \vec{F} = |\vec{r}||\vec{F}|\sin\theta$

$(0.25)(1.6 \times 10^{-2})\sin 105$

$= \frac{40}{160} \times \frac{1}{14} \times 0.96$

$= 3849\ N.m, 2^-$

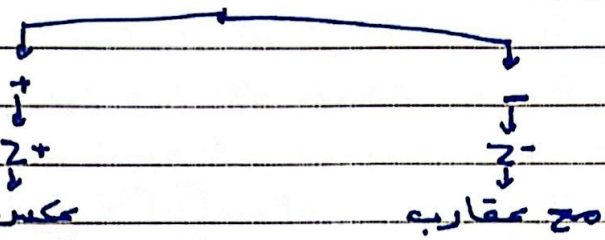


Scanned with CamScanner

ايجاد العزم المحصلة

عندما يتأثر الجسم بأكثر من قوة فإن مجموع العزوم الناتجة من كل قوة جمعا متجها (الجمع مع اشارة العزم) يعطي قيمة محصلة العزوم $\Sigma\tau$ واشارة المحصلة ستحدد اتجاه الدوران

$\Sigma\tau = \tau_1 + \tau_2 + \dots$



مثال 3 ص48

$r_B = 50\,cm = (0.5)\,m$

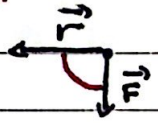
$r_A = 30\,cm = (0.3)\,m$

1) $\tau_A \rightarrow \vec{r_A} \times \vec{F_A} = |\vec{r_A}||\vec{F_A}| \sin\theta$

$(0.3)(50)\sin 90$

$(0.3)(50)(1)$

$= 15\,N.m, \Sigma+$

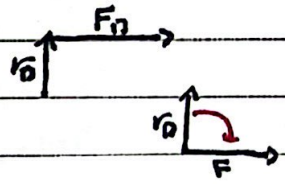


2) $\tau_B \rightarrow \vec{r_B} \times \vec{F_B} = |\vec{r_B}||\vec{F_B}| \sin\theta$

$= (0.5)(50)\sin\theta$

$= (0.5)(50)\sin 90$

$= 25\,N.m, \Sigma-$



تمرين ص48

$\vec{F} = 180N$ $\vec{r} = 1.5m$

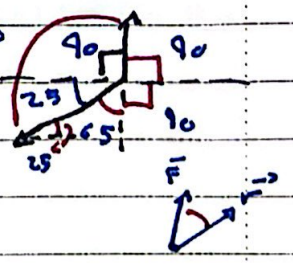
$\tau = \vec{r} \times \vec{F} = |\vec{r}||\vec{F}| \sin\theta$

$= (1.5)(180)(\sin 115$

$= 270 \sin 115$

$(270)(0.906)$

$= 244.62\,N.m, \Sigma+$



Scanned with CamScanner

مثال: تؤثر قوة ثابتة في جسم يدور حول محور ثابت اذا علمت ان القوة تؤثر في عدة اتجاهات وان قيمة البعد بين محور دورانه ونقطة تأثير القوة $(\vec{r})$ ثابت اوجد الزاوية التي يكون عندها العزم له:

أ- اكبر قيمة ← لما تكون 90 تحاسد

ب- اقل قيمة ← لما تكون 180 او 0 تعازي

ج- القيمة تساوي نصف القيمة العظمى للعزم

$\tau_{max} = |\vec{r}||\vec{F}|\sin 90$

$= \vec{r}\,\vec{F}$

$\tau = \frac{1}{2}\tau_{max} = \frac{1}{2}\vec{r}\,\vec{F}$

$|\vec{r}||\vec{F}|\sin\theta = \frac{1}{2}|\vec{r}||\vec{F}|$

$\sin\theta = \frac{1}{2}$ (shift, sin, $\frac{1}{2}$)

$\theta = 30$

$180 - \theta$

$= 180 - 30 = 150°$

د- مقدار الزاوية التي تسبب نقص 40% في مقدار القيمة العظمى

$100\% - 40\%$

$= 60\%$

$= \frac{60}{100} = 0.6$

$\tau_{max} = |\vec{r}||\vec{F}|\sin 90 = |\vec{r}||\vec{F}|$

$\tau = 0.6\ \tau_{max}$

$|\vec{r}||\vec{F}|\sin\theta = 0.6|\vec{r}||\vec{F}|$

$\sin\theta = 0.6 \rightarrow \theta_1 = 37°$

$\theta_2 = 143°$

مثال: اذا كانت القوة المؤثرة في الجسم تساوي 5N أوجد قيمة البعد $(\vec{r})$ التي تسبب عزماً مقداره 2.5 N.m محدداً الزاوية

$\vec{F} = 5N$ $\tau = 2.5\,N.m$

$\vec{r}$

ملاحظة: اعتمد مبدأ الفرض

$\tau = \vec{r} \times \vec{F} = |\vec{r}||\vec{F}|\sin\theta$

$\frac{2.5}{5} = r\ \frac{5}{5}\sin\theta$ $r\sin\theta = 0.5$

Scanned with CamScanner

$\theta = 0 \rightarrow r = 0$

$\theta = 30^\circ \rightarrow r \sin 30 = 0.5 \rightarrow r(0.5) = 0.5 \rightarrow r = 1\,m$

$\theta = 60^\circ \rightarrow r \sin 60 = 0.5 \rightarrow r = \frac{0.5}{0.87} = 0.57\,m$

$\theta = 37^\circ \rightarrow r \sin 37 = 0.5 \rightarrow r = \frac{0.5}{0.6} = 0.83\,m$

$\theta = 53^\circ \rightarrow r \sin 53 = 0.5 \rightarrow r = \frac{0.5}{0.8} = 0.625\,m$

$\theta = 45 \rightarrow r \sin 45 = r = \frac{0.5}{0.7}$

$\theta = 90 \rightarrow r \sin 90 = r = \frac{0.5}{1} = 0.5$

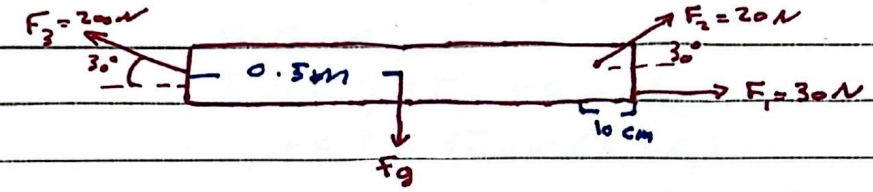
Scanned with CamScanner

العزوم المحصلة

تعريف العزم المحصلة: هو العزم الناتج من تأثير اكثر من قوة على جسم قابله للدوران حول محور ثابت

يمكن ايجاده عن طريق ايجاد عزم كل قوة بشكل منفصل ثم جمعها جبريا (اعط جبر مع اشاره الاتجاه)

مثال: أوجد محصلة العزوم المؤثرة في الشكل التالي لساق متجانسة كتلتها 6kg وتؤثر فيها ثلاث قوى علما ان طولها 1m



$m = 615g$ $L = 1m$ $F_1 = 30N, 0°$ $F_2 = 20N, 30°$

$F_3 = 200N, 150°$ $F_4 = F_g = mg = 6 \times 10 = 60N, 270°$ تسارع الجاذبية الأرضية

1] $\tau_1 = \vec{r} \times \vec{F} = |\vec{r}||\vec{F}| \sin\theta$

(1) (30) sin 0

= 30 (0)

= 0 N.m

2] $\tau_2 = \vec{r} \times \vec{F} = |\vec{r}||\vec{F}| \sin\theta$

(0.9)(20) sin 30

18 sin 30 = 18 sin(0.5)

= 9 N.m +Z

3] $\tau_3 = \vec{r} \times \vec{F} = |\vec{r}||\vec{F}| \sin\theta$

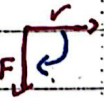
(0) (30) sin 150

0

4] $\tau_4 = \vec{r} \times \vec{F} = |\vec{r}||\vec{F}| \sin\theta$

(60)(0.5) sin 90

30 N.m Z⁻



$\Sigma\tau = \tau_1 + \tau_2 + \tau_3 + \tau_4$

= 0 + 9 + 0 − 30

= −21 N.m

= 21 N.m, Z⁻

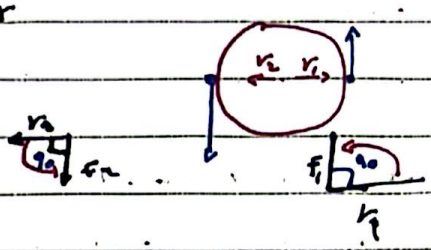
Scanned with CamScanner

عزم الأزدواج

عزم الأزدواج: هو عزم دوران ينتج من قوتين متساويتين في المقدار متعاكستين في الاتجاه وخط عملهما غير مطابق ويبعد كلاً منهما عن مركز الدوران متساوي

← البعد العمودي بين القوتين

$\vec{d} = 2\vec{r}$



$\tau_1 = \vec{r_1} \times \vec{F_1}$

$= r_1 \times F_1 \times \sin 90$

$= r_1 F_1$

$\tau_2 = \vec{r_2} \times \vec{F_2}$

$= r_2 \times F_2 \times \sin 90$

$= r_2 F_2$

$r_1 = r_2 = r$

$\left.\begin{matrix} \tau_1 = r F_1 \\ \tau_2 = r F_2 \end{matrix}\right\} \Sigma\tau = r F_1 + r F_2$

$\Sigma\tau = r(F_1 + F_2)$

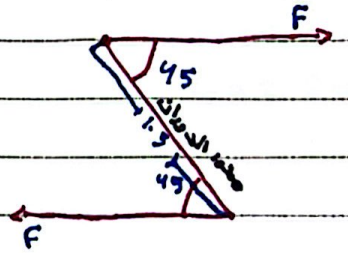
اذا كان $|F_1| = |F_2|$

$F_1 = F_2 = F$

$\Sigma\tau = r(2F)$

$\Sigma\tau = 2rF = \vec{d} \times \vec{F}$

مثال 4 ص50 اوجد العزم المحصلة



$\Sigma\tau \rightarrow \tau_{couple} = 130\ N.m$

$L = 1.5\ m$

$\tau_{couple} = \vec{d} \times \vec{F}$

$\tau_{couple} = |\vec{d}||\vec{F}| \sin\theta$

$130 = (1.5)(\vec{F}) \sin 45$

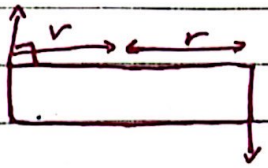
$130 = (1.5)(0.7)(\vec{F})$

$\frac{130}{195} = \frac{1.05}{1.05} \rightarrow \vec{F} = 123.8\ N$

الاتجاه - Z

Five Apple

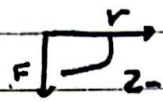
Scanned with CamScanner

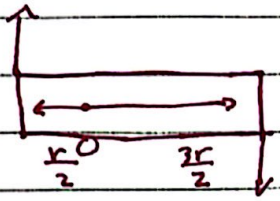


$\Sigma\tau = \tau_{couple} = \vec{d} \times \vec{F}$

$|\vec{d}||\vec{F}|\sin 90$

$= (\vec{d})(\vec{F})$



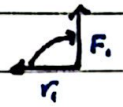


$F_1 = F_2 = F$

$\tau_1 = \vec{r_1} \times \vec{F_1}$

$= \frac{r}{2} \times F_1 \times \sin 90$

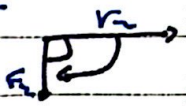
$= \frac{r}{2} F, z^-$



$\tau_2 = \vec{r_2} \times \vec{F_2}$

$= (\frac{3r}{2})(F_2)\sin 90$

$= \frac{3r}{2} F_2(1) = \frac{3r}{2} F, z^-$



$\Sigma\tau = \tau_1 + \tau_2$

$= \frac{r}{2} F + -\frac{3r}{2} F = -2rF = -dF = dF\,N.m, z^-$

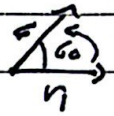
ص 57 س 3

$L = 2.5\,m$

$\tau_1 = \vec{r_1} \times \vec{F_1} = |\vec{r}||F|\sin\theta$

$(1)(10)\sin 60$

$= 10(0.87) = 8.7\,N.m, z^+$



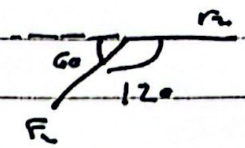
$\tau_2 = \vec{r_2} \times \vec{F_2} = |\vec{r_2}||\vec{F_2}|\sin\theta$

$= (2.5)(10)\sin 120$

$(2.5)(10)(0.87)$

$= 25 * 0.87$

$= 21.7\,N.m, z^-$



$\Sigma\tau = 8.7 + -21.7 = -13\,N.m$

$= 13\,N.m, z^-$

Five Apple

Scanned with CamScanner