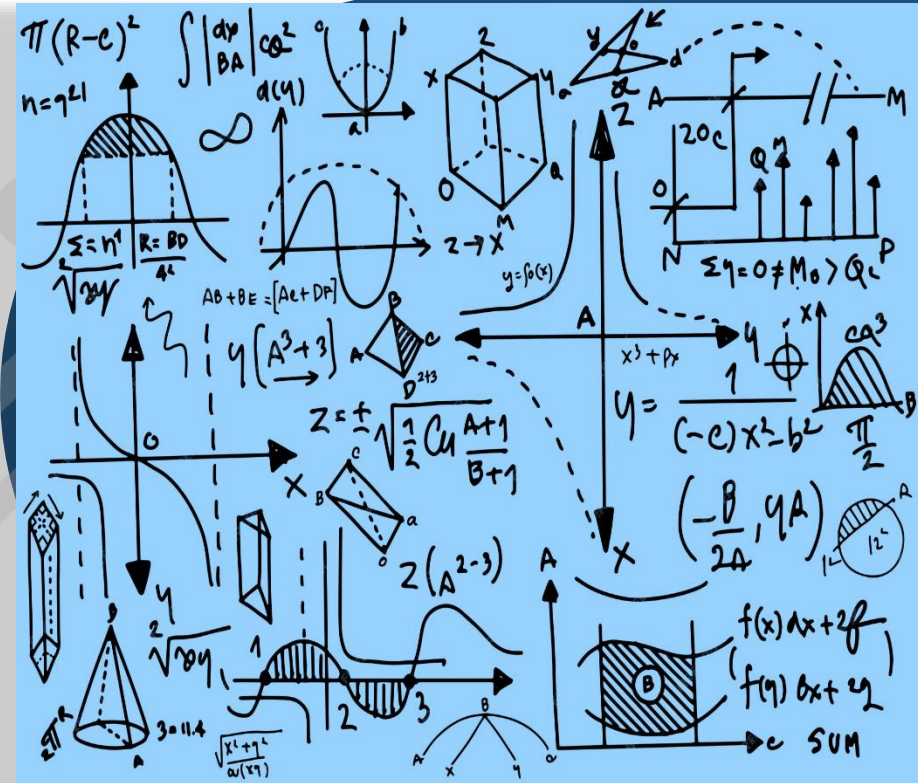


## ريانايج

تونالافولا

نحن هغل (ةيعانصلا تاصختلا



## الميكانيكا

الصف الثالث

للأغراض الصناعية (إنجليزي)

rd.3



## أولاً وحدة إحصائيات

صفحة	موضوع	درس رقم
41	عزم القوة حول نقطة في نظام ثنائي الأبعاد	أولاً
45	نظرية العزم	ثانية
49	عزم القوة حول نقطة في نظام إحداثيات ثلاثي الأبعاد	ثالث
52	محصلة قوتين متوازيتين	رابعاً
56	محصلة مجموعة من القوى المتوازية	الخامس
59	التوازن هو مجموعة من القوى المتوازية المستوية	السادس
63	الزوجان	السابع
66	الزوجان الناتجان (الحالة الأولى)	ثامن
70	الزوجان الناتجين (الحالة الثانية والثالثة)	التاسع
73	الزوجان الناتجين (الحالة الثانية والثالثة)	العاشر
76	اختبار الوحدة	الحادي عشر
78	تقدير	الثاني عشر

وحدة (1)

السكون

عزيزي الطالب، بنهاية دراسة هذه الوحدة، يجب أن تمتلك القدرات والمعارف التالية:

- 1) التعرف على عزم القوة وإيجاده وفقاً لنقطة في الفضاء.
- 2) أوجد معيار ومتجه القوة وفقاً لنقطة ما.
- 3) أوجد عزم القوى المستوية وفقاً لنقطة في مستواها.
- 4) التعرف على النظرية العامة للعزوم.
- 5) حل العديد من التطبيقات المتعلقة باللحظات.
- 6) التعرف على القوى المتوازية المستوية.
- 7) حدد خط عمل محصلة قوتين متوازيتين إذا كانتا في نفس الاتجاه أو في اتجاهين متعاكسين
- 8) إيجاد عزم مجموعة من القوى المتوازية حول نقطة ما.
- 9) أوجد محصلة مجموعة من القوى المتوازية.
- 10) استنتج أن مجموع عزوم عدة قوى متوازية حول نقطة ما يساوي عزم المحصلة حول نفس النقطة.
- 11) استنتج أن مجموع عزوم عدة قوى متوازية حول نقطة ما يساوي صفراً إذا مرت المحصلة بنفس النقطة.
- 12) استنتج أن مجموع عزوم عدة قوى متوازية حول نقطة ما يساوي صفراً إذا كانت محصلتها تلاشى.
- 13) التعرف على مفهوم الزوج، وإيجاد لحظة الزوج واستنتاج أن لحظة الزوج هي متجه ثابت.
- 14) التعرف على التكافؤ والتوازن لزوجين.
- 15) أوجد محصلة عدة أزواج.
- 16) أثبت أن مجموعة من القوى تعادل عزماً مزدوجاً باستخدام طرق مختلفة

## الدرس (1)

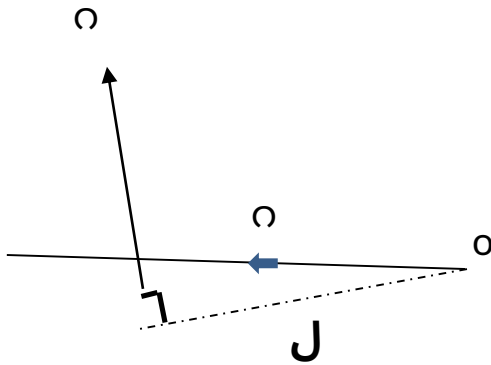
### عزم القوة حول نقطة في نظام ثنائي الأبعاد

**التعريف:** حاصل الضرب الاتجاهي لمتجهين:  $\vec{A} = (A_1, A_2)$  و  $\vec{B} = (B_1, B_2)$  يرمز إليه بـ

$$\vec{A} \times \vec{B} = A_1 B_2 - A_2 B_1$$

عزم القوة ( $\vec{O}$ ) حول نقطة ( $O$ ) ويرمز لها بـ  $\vec{O}$  أو

$$\vec{O} = \vec{O} \times \vec{r}$$



ملحوظات :

#### 1-المقياس الجبري للحظة:

@ لو  $\vec{O}$  إذا كان الدوران حول ( $O$ ) عكس اتجاه عقارب الساعة، فإن القياس الجبري هو إيجابي .

@ لو  $\vec{O}$  إذا كان الدوران حول ( $O$ ) باتجاه عقارب الساعة، فإن القياس الجبري هو سلبي .

#### 2-الوضع الراهن:

$$\vec{L} = \vec{r} \times \vec{F}$$

حيث:  $L$  هو طول العمود النازل من ( $O$ ) إلى خط عمل  $\vec{F}$

3-عزم القوة حول نقطة على خط تأثيرها = صفر

مثال (1):

القوة  $\vec{F} = 3\vec{i} - \vec{j}$  تؤثر عند النقطة  $A(1, 2)$  أوجد عزمها  $\vec{M}$  حول النقطة  $B(2, 0)$ ، ثم أوجد طول العمود النازل من  $B$  على خط  $\vec{F}$  فعل  $\vec{F}$

حل

$$\vec{r}_{AB} = (2-1)\vec{i} + (0-2)\vec{j} = \vec{i} - 2\vec{j}$$

$$\vec{M} = \vec{r}_{AB} \times \vec{F} = (\vec{i} - 2\vec{j}) \times (3\vec{i} - \vec{j}) = 3\vec{k} - 2\vec{k} = \vec{k}$$

$$L = \frac{|\vec{M}|}{|\vec{F}|} = \frac{1}{\sqrt{10}} = \frac{\sqrt{10}}{10} \text{ وحدة الطول}$$

مثال (2):

القوة  $\vec{F} = 3\vec{i} - \vec{j}$  يؤثر عند النقطة  $A(3, 1)$  إذا كانت لحظة  $\vec{M}$  المسافة حول النقطة  $B(4, 2)$  هي  $\vec{M} = m\vec{k}$  أوجد قيمة  $m$

حل

$$\vec{r}_{AB} = (4-3)\vec{i} + (2-1)\vec{j} = \vec{i} + \vec{j}$$

$$\vec{M} = \vec{r}_{AB} \times \vec{F} = (\vec{i} + \vec{j}) \times (3\vec{i} - \vec{j}) = 3\vec{k} - \vec{k} = 2\vec{k}$$

مثال (3):

القوة  $\vec{F} = \vec{i} + \vec{j}$  أثبت أن متجه العزم عند النقطة  $A(2, 2)$  يؤثر على  $\vec{F}$  إذا كان المتجه حول نقطة الأصل هو المتجه الصفري، فاشرح الإجابة.

حل

$$\vec{r}_A = 2\vec{i} + 2\vec{j}$$

خط عمل  $\vec{F}$  يمر بنقطة الأصل

مثال (4):

القوتين  $\vec{F}_1$  و  $\vec{F}_2$  ،  $\vec{O} = \vec{O} - \vec{O} = \vec{O} + 2\vec{O} =$  التأثير عند النقطتين  $A(3,0)$  و  $B(0,3)$  حدد قيمة الثابت  $m$  بحيث يكون مجموع عزوم القوتين حول نقطة الأصل مساوياً للصفر.

حل

$$\vec{O} = 2\vec{F}_2 \times \vec{r}_1 + \vec{F}_1 \times \vec{r}_2$$

$$0 = (2, 0) \times (3, 0) + (1, -1) \times (0, 3)$$

$$0 = 3 - 3 -$$

$$3 - m =$$

$$= -1, \text{ إذن،}$$

التمرين (1)

(1) القوة  $\vec{O} = 3\vec{O} + 4\vec{O}$  إذا أثرت القوة عند النقطة  $A(3,0)$ ، فأوجد متجه عزم القوة بالنسبة للنقطة  $B(-2,4)$ ، ثم أوجد طول العمود من النقطة  $B$  إلى خط عمل القوة  $\vec{O}$

(2) القوتان  $\vec{O}_1$  و  $\vec{O}_2$  ،  $\vec{O} = 3\vec{O}_1 - 2\vec{O}_2$  = تصرف عند النقطة  $A(-1,2)$  أوجد متجه العزم للقوتين بالنسبة للنقطة  $B(0,7)$

(3) القوتان  $\vec{O}_1$  و  $\vec{O}_2$  ،  $\vec{O} = 5\vec{O}_1 + 2\vec{O}_2 - \vec{O}$  إذا كان التأثير عند النقطة  $A(2,5)$ ، فأوجد متجه عزم القوتين بالنسبة للنقطة  $B(1,1)$ .

(4) القوة  $\vec{O} = \vec{O} + \vec{O}$  عند النقطة  $A(4,2)$  إذا كان عزمها حول نقطة الأصل يساوي  $-15$ ؟؟ ولحظتها حول النقطة  $B(0,5)$  تساوي  $15$ ؟؟ أوجد قيم الثوابت  $m$  و  $n$ ؟

(5) القوة  $\vec{O} = 6\vec{O} + 8\vec{O}$  عند النقطة  $A(-1,2)$  أوجد متجه عزم القوة بالنسبة للنقطة  $B(2,5)$





$$(-5, 1) = ?$$

$$(-5, 1) \times (-10, 10) = (-10, 10) \Rightarrow x = ?$$

∴ يمر خط عمل المحصلة عبر النقطة أ

### مثال (3):

القوة  $\vec{O} = -2\vec{i} - 3\vec{j}$  أثر باستخدام العزوم عند النقطة  $A(1, 1)$ :

خط عمل  $\vec{O}$  //

خط عمل  $\vec{O}$  يقسم  $\vec{O}$

مع العلم أن  $B(2, 4)$  ، ج  $(4, 7)$  ، د  $(2, 1)$

حل

$$\vec{O}_B = (-3, -2) \times (1, 3) = (-9, 1)$$

$$\vec{O}_C = (-3, -2) \times (3, 6) = (-18, 3)$$

$$\therefore \vec{O}_B = \vec{O}_C \Rightarrow \text{خط عمل } \vec{O} //$$

$$\vec{O}_D = (-3, -2) \times (1, 0) = (-2, -3)$$

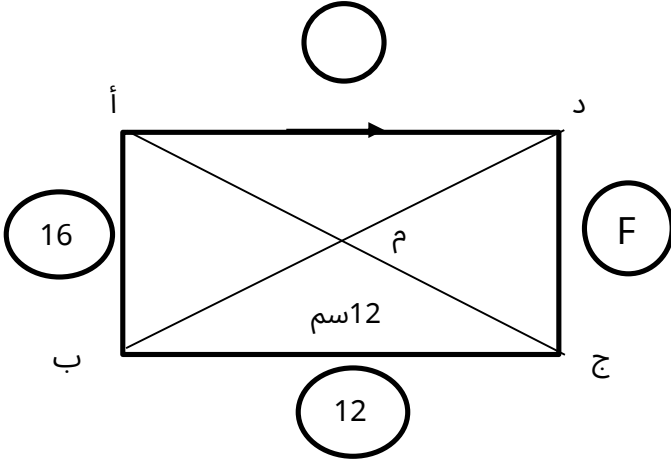
$$\therefore \vec{O}_D = -\vec{O}_C \Rightarrow \text{خط عمل } \vec{O} \text{ يقسم } \vec{O}_C$$

### مثال (4):

سم، والقوى 16 و 14 و 12 و 8 سم  $AB = 8$  مستطيل فيه ABCD ف، K kg.wt. act at

القوى المؤثرة على كل من النقطة C ومركز المستطيل تساوي صفراً. أوجد ف، ك

حل



$$\sum \tau_c = 0$$

$$-16 \times 12 + k \times 8 = 0$$

$$K = 24 \text{ غراماً} \quad 8K = 192$$

$$\sum \tau_m = 0$$

$$-16 \times 6 - F \times 6 + 12 \times 4 + k \times 4 = 0$$

$$0 = 4 \times 24 + 4 \times 12 + 6 \text{ عكس} - 6 \times 16 -$$

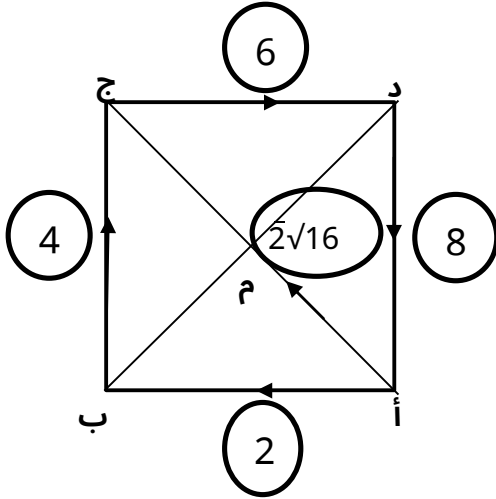
$$48 - 6F = 0$$

$$F = 8 \text{ جم. الوزن} \quad 6F = 48$$

**مثال (5):**

مربع طول ضلعه 6 سم، وقوى مقدارها 2 و 4 و 6 و 8 نيوتن يعزف في  
 ؟؟ ، ؟؟ ، ؟؟ ، ؟؟ على التوالي، احسب مجموع القياس الجبري لعزوم القوى **نوبة الرأس B** ؟

حل



$$\sum \tau_m = 0 \quad \text{(نظرية فيثاغورس)}$$

$$-2 \times 3 \times 2 \times 6 - 6 \times 8 + 6 \times 6 = 0$$

$$96 - 84 =$$

$$12 \text{ نيوتن. سم}$$

سم

التمرين (2)

1. القوتان  $\vec{F}_1$  و  $\vec{F}_2$  ،  $\vec{F}_1 = 5\vec{i} + 2\vec{j} - \vec{k}$  ، إذا كان التأثير عند النقطة  $A(2, 5)$  ، فأوجد متجه عزم محصلة القوتين بالنسبة للنقطة  $B(1, 1)$  ، ثم أوجد طول العمودي من النقطة  $B$  إلى خط عمل المحصلة.

2. القوتان  $\vec{F}_1$  و  $\vec{F}_2$  ،  $\vec{F}_1 = 4\vec{i} - 5\vec{j} - 4\vec{k}$  ،  $\vec{F}_2 = 4\vec{i} - \vec{j} - \vec{k}$  ، وأثبت أن خط عمل المحصلة يمر عبر النقطة  $A(3, 4)$  ، ثم أوجد متجه عزم المحصلة بالنسبة للنقطة  $B(2, -5)$ .

3. سم، القوى  $BC = 4$  ،  $AB = 8$  مستطيل فيه  $ABCD$  .  
تؤثر مقادير 12 و 10 و  $F$  و  $K$  عند  $\vec{F}_1$  ،  $\vec{F}_2$  ،  $\vec{F}_3$  ،  $\vec{F}_4$  على التوالي، إذا كان مجموع القياس الجبري لعزوم القوى يتلاشى حول كل من  $A$  و  $C$  ، فأوجد  $F$  و  $K$ .

4. قوى مقدارها 6 ،  $M$  مربع تتقاطع أقطاره عند النقطة  $ABCD$  .  
و 3 نيوتن تعمل في  $K$  و  $F$  ،  $\vec{F}_1$  ،  $\vec{F}_2$  ،  $\vec{F}_3$  ،  $\vec{F}_4$  على التوالي، إذا كان مجموع القياس الجبري لعزوم القوى يتلاشى حول كل من  $B$  و  $M$  ، فأوجد  $F$  و  $K$ .

### الدرس (3)

# عزم القوة حول نقطة في نظام الإحداثيات ثلاثي الأبعاد

لو: ( = ٠ ، ف، ج، ف ) يؤثر عند النقطة  $A) L, m, n$

ن = ۱    x = ۱    ثم

مثال (1):

القوة؟  $3 - n - 2 = n$  إذا كان التأثير عند النقطة  $(2, 1, 3) - A$ ، فأوجد عزم الدوران.  
قوة  $n$  حول النقطة  $(-1, 2, 2) - B$ ، ثم أوجد طول العمودي من  $B$  إلى خط عمل القوة؟

حل

21  $0 + 7?? = \frac{3}{3} \quad 1 - \frac{1}{2} = -5x = 0$

وحدة الطول  $\overline{35v} = \frac{27+221+20\sqrt{L}}{23+2(1-)+22\sqrt{L}}$



التمرين (3)

1. إذا كانت القوة  $?? - 3n + 2n = 0$  إذا كانت الأفعال عند النقطة (4, -1, 1) A، فأوجد:

في اللحظة  $n$  حول نقطة الأصل.

في اللحظة  $n$  حول النقطة (1, -3, 2) B، ثم استنتج طول

عمودي من النقطة B على خط عمل القوة.

2. إذا كانت القوة  $?? - 2n + 0 = 0$  يؤثر عند النقطة (0, -2, 4) A ولحظة  $n$  حول نقطة

الأصل يساوي  $?? 16 + 4n + 2n$  ما قيمة  $L$ ؟

3. إذا كانت القوة  $?? + 2n + 0 = 0$  تؤثر عند النقطة (2, -3, -1) A و

مكون من مكونات لحظة  $n$  إذا كانت المسافة حول المحور  $X$  تساوي 3 وحدات عزم، فأوجد قيمة  $b$ ، ثم أوجد طول العمودي من نقطة الأصل إلى خط عمل القوة.

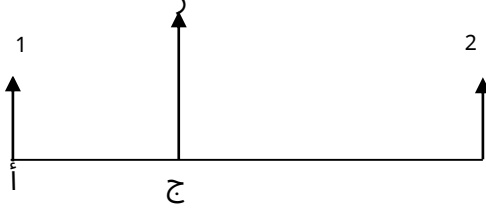
4. قوة  $?? 40 + 25n - 15n = 0$  إذا كان يؤثر عند النقطة (2, -3, -3) A، فأوجد

مركبة عزم الدوران  $n$  حول المحور الصادي

## الدرس (4)

### نتيجة لقوتين متوازيتين

المحصلة الأولى لقوتين متوازيتين في نفس الاتجاه :



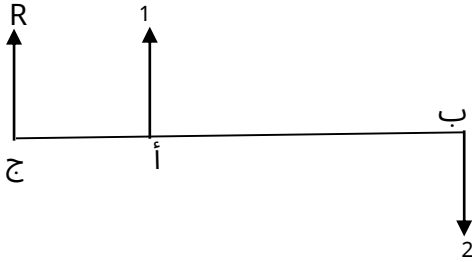
$$R = F_1 + F_2$$

ثم:

$$R = F_1 + F_2$$

ثانياً: محصلة قوتين متوازيتين في اتجاهين متعاكسين:

لنفترض أن  $F_1 > F_2$



$$R = F_1 - F_2$$

ثم:

$$R = F_1 - F_2$$

لاحظ أن:

إذا كان معيار المحصلة أقل من واحد من قوتين، فإن القوتين تكونان في اتجاهين متعاكسين.

مثال (1):

قوتان متوازيتان في نفس الاتجاه، مقدارهما 20 و 30 نيوتن، تؤثران عند النقطة A ووجد مقدار واتجاه محصلة القوتين عند نقطتين A و B على التوالي، والمسافة بين نقطة تأثيرهما والنقطة B.

مع العلم أن  $AB = 100$  سم

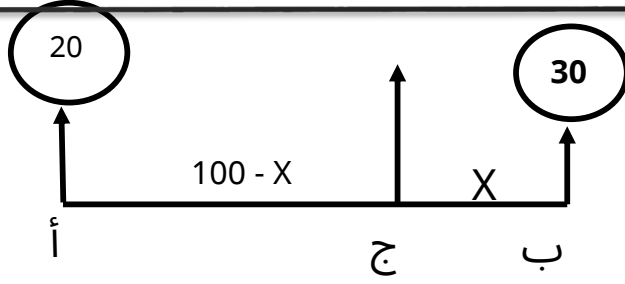
حل

$$R = F_1 + F_2 = 20 + 30 = 50 \text{ نيوتن (وفي نفس اتجاه القوتين)}$$

$$x(100 - 20) = 30 \times 20$$



## وحدة الإدارة والتشغيل لمدارس التكنولوجيا التطبيقية.



$$2000 - 20 \text{ سم} = 30 \text{ سم}$$

$$2000 = 50 \times$$

$$\therefore 40 \text{ سم}$$

مقدار المحصلة 50 نيوتن في اتجاه القوتين عند 40 سم

من ب.

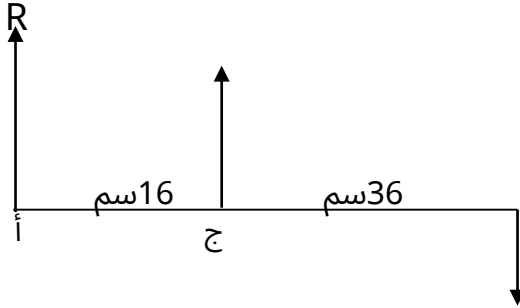
**مثال (2):**

1، ف هناك قوتان متوازيتان في اتجاهين متعاكسين تؤثران على النقطتين A و B على التوالي.

1 < 2، إذا كانت قيمة محصلة القوتين تساوي 90 كجم وتؤثر عند النقطة

النقطة ج؟ ب حيث AB = 36 سم، AC = 16 سم، أوجد 1، ف 2

حل



$$R = 1 - 2$$

$$(1) \quad 90 = 2 - 1 \therefore$$

$$(2) \quad 52 \times 2 \times 16 = 1$$

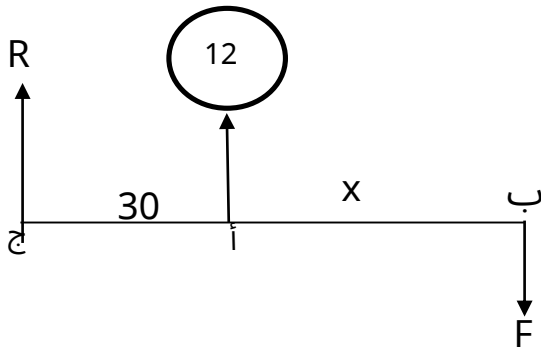
بحل المعادلتين (1) و (2)

$$\therefore 130 = 1 \text{ كيلوجول} , 40 = 2 \text{ كيلوجول}$$

**مثال (3):**

قوتان متوازيتان مقدارهما 12 نيوتن، ومحصلتها 3 نيوتن، وخط عملهما يبعد 30 سم عن خط عمل القوة الأولى، أثبت أن F لها قيمتان، وأوجد المسافة بين خطي عمل القوتين في الحالتين.

حل



تكون المحصلة أقل من إحدى القوتين:

القوتان في اتجاهين متعاكسين و

$$12 < F \quad \text{أولاً:}$$

$$R = 12 - F$$

$$F = 9 \text{ نيوتن}$$

$$3 = 12 - F$$

$$\text{سم} = 10 \text{ سم}$$

$$30 \times 12 = (30 + \text{سم}) 9$$

ثم القوة (F) ذات المقدار 9 نيوتن وعلى بعد 10 سم من القوة الأولى.

**ثانية:**  $12 < F$

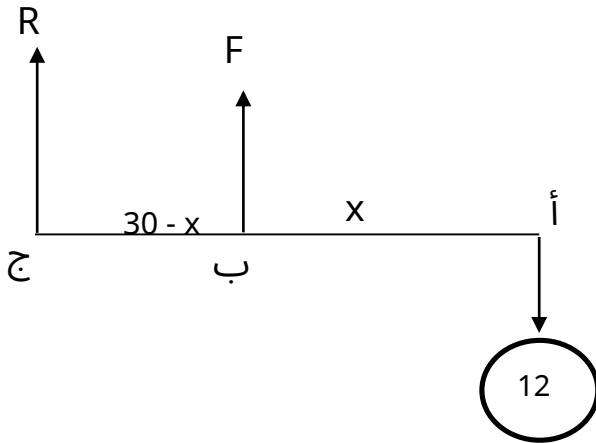
$$R = F - 12$$

$$3 = F - 12$$

$$F = 15 \text{ نيوتن}$$

$$30 \times 12 = (30 - \text{س}) \times 15$$

$$\text{س} = 6 \text{ سم}$$



ثم القوة (F) التي تبلغ قوتها 15 نيوتن وعلى بعد 6 سم من القوة الأولى.

التمرين (4)

- 1- قوتان متوازيتان مقدارهما 4 و 6 نيوتن تعملان في نفس الاتجاه و  
قم بتأثير النقطتين A و B حيث  $AB = 25$  سم. أوجد محصلة القوتين.
- 2- أوجد محصلة قوتين متوازيتين في اتجاهين متعاكسين إذا كانتا  
تبلغ المقدار 7 و 12 نيوتن وتؤثر عند A و B حيث  $AB = 20$  سم.
- 3- قوتان متوازيتان مقدار محصلتهما 350 نيوتن،  
مقدار إحدى القوتين 500 نيوتن وتؤثر على مسافة 51 سم  
ومن المحصلة، أوجد القوة الثانية والمسافة بين الخطين  
تأثير القوتين إذا كانت القوة المعطاة هي الفعل الناتج:
- أولاً: في نفس الاتجاه  
ثانياً: في اتجاهين متعاكسين
- 4- قوتان متوازيتان في اتجاهين متعاكسين، مقدارهما 7 و 12 نيوتن  
أوجد مقدار محصلتهما.
- 5- قوتان متوازيتان في نفس الاتجاه، مقدار كل منهما 7 و 10 نيوتن، تؤثران عند  
النقطتين A و B حيث:

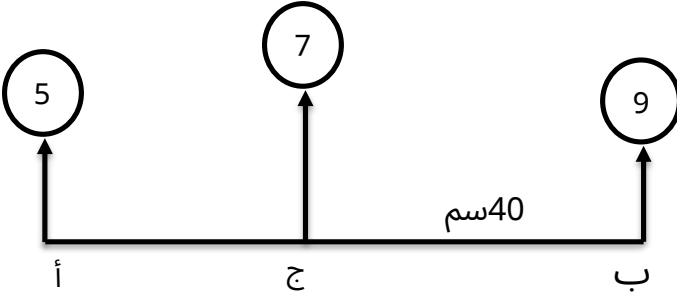
إذا كان طول AB يساوي 51 سم، وأوجد طول AC عند النقطة C، فأوجد محصلة أفعالهما عند النقطة C

الدرس (5)

ناتج عن مجموعة من القوى المتوازية

مثال (1):

في الشكل المقابل: أوجد مقدار واتجاه المحصلة؟



حل

$$R = 5 + 7 + 9 = 21 \text{ وحدة القوة (للأعلى)}$$

مجموع العزوم حول النقطة A = عزم المحصلة حول النقطة A

$$-70 \times 9 - 30 \times 21 = - \times 21 \text{ س}$$

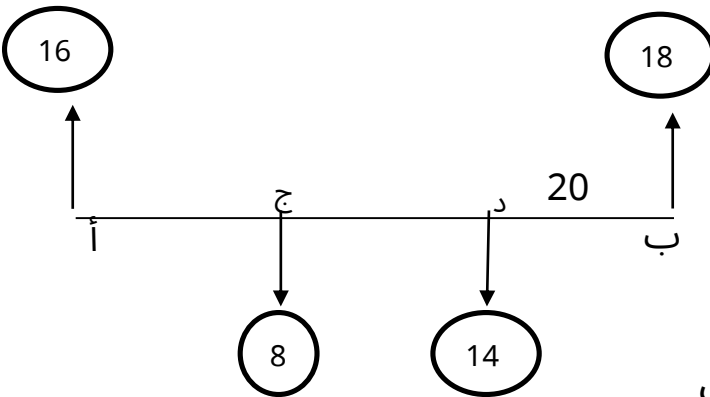
$$\therefore 40 \text{ سم} = \text{س}$$

مقدار المحصلة هو 21 وحدة قوة لأعلى إلى يسار (أ) وعلى بعد 40 سم

بعيداً عنها.

مثال (2):

في الشكل المقابل:  
أوجد مقدار واتجاه المحصلة؟



حل

$$R = 16 + 18 - 8 - 14 = 12 \text{ وحدة القوة (للأعلى)}$$

مجموع العزوم حول النقطة B = عزم المحصلة حول النقطة B

## وحدة الإدارة والتشغيل لمدارس التكنولوجيا التطبيقية.

$$-14 \times 20 = 8 \times 40 + 16 \times 60 = 12 \times \text{س}$$

$$\therefore \text{س} = 30 \text{ سم}$$

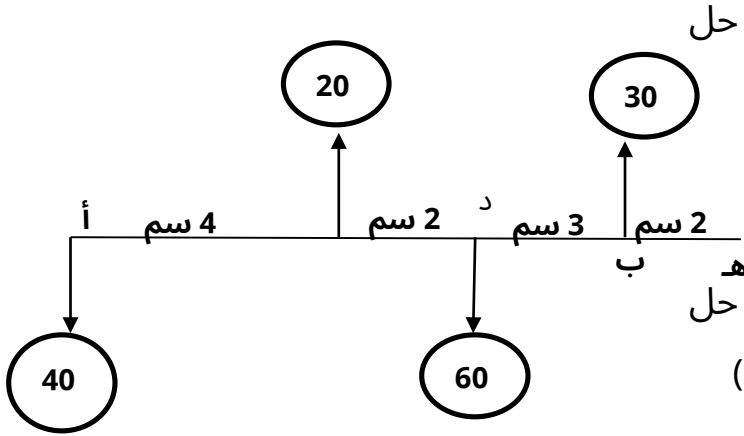
مقدار المحصلة هو 12 وحدة قوة لأعلى إلى يمين (B) وعلى بعد 30 سم منه.

### مثال (3):

النقاط A و B و C و D و E هي خمس نقاط تقع على خط مستقيم حيث:  $AB = 4$  سم،  $BC = 2$  سم،  $CD = 3$  سم.

سم، تؤثر قوتان مقدارهما 20 و 30 نيوتن عمودياً لأعلى عند النقطتين  $DE = 2$

أوجد C و A والقوتين 40 و 60 نيوتن تؤثران عمودياً لأسفل عند النقطتين B و D، مقدار واتجاه المحصلة ونقطة تأثير المحصلة.



في الشكل المقابل:

أوجد المقدار والاتجاه

من الناتج؟

$$\text{نيوتن } R = 40 + 60 - 20 - 30 = 50 \quad (\text{للأسفل})$$

مجموع عزوم القوى حول النقطة E = عزم المحصلة حول النقطة E

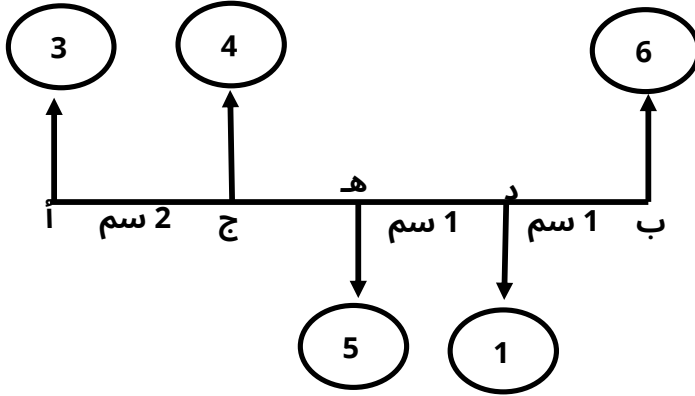
$$-40 \times 11 - 60 \times 5 + 20 \times 7 + 30 \times 2 = -50 \times \text{س}$$

$$\therefore \text{س} = 10.8 \text{ سم}$$

مقدار القوة المحصلة هو 12 نيوتن إلى أسفل يسار (E)

وعلى مسافة 10.8 سم منه

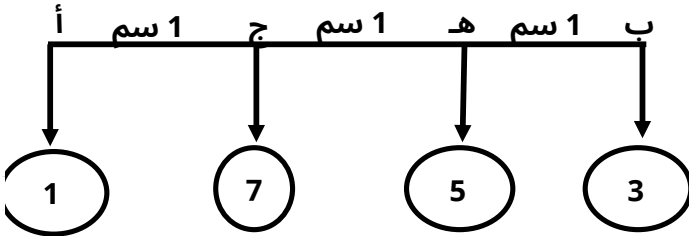
التمرين (5)



1- في الشكل المقابل :  
مجموعة من القوى المتوازية  
عمودية على ؟؟  
أوجد المقدار والاتجاه و  
ماهي نقطة تأثير المحصلة؟

2- النقاط A و B و C و D و E تقع على خط مستقيم حيث:  $AB = 4$  سم،  $BC = 6$  سم  
سم  $CD = 8$  ،

و  $DE = 10$  سم، تؤثر القوى 60، 30، 50، 80، 40 جم عند النقاط A، BC، D، E على التوالي، وهي عمودية على ؟؟، بحيث تكون القوى الثلاث الأولى في نفس الاتجاه والقوتين الأخيرين في الاتجاه المعاكس، حدد محصلة مجموعة القوى؟



3- في الشكل المقابل:

أربعة أوزان بمقادير 1، 7، 5، 3 غرام.

يتم وضعها على قضيب إضاءة. حدد

ماهي نقطة التعليق التي تحافظ على استواء القضيب؟

## الدرس (6)

### التوازن هو مجموعة من القوى المتوازية المستوية

إذا كان الجسم في حالة اتزان تحت تأثير مجموعة من القوى المتوازية المستوية، فإن:

- مجموع القياسات الجبرية للقوى يساوي صفراً
- مجموع المقاييس الجبرية لعزوم القوى حول أي نقطة في مستواها

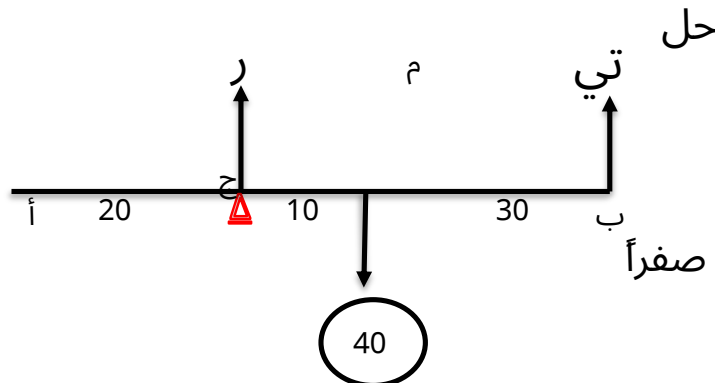
يساوي صفراً

تعايير توضيح حالة التوازن:

على وشك التحرك - على وشك الدوران - دون الإخلال بالتوازن -

أقل وزن يمكن تعليقه - أقصى وزن يمكن تعليقه مثال (1):

ب. قضيب منتظم طوله 60 سم ووزنه 40 جم، يستند على دعامة على بعد 20 سم من النقطة A. يحافظ على توازن القضيب أفقياً بواسطة خيط رأسي خفيف متصل بنهايته B. أوجد مقدار الشد في الخيط ورد فعل الدعامة.



$$r + T = 40$$

مجموع عزوم القوى حول النقطة C يساوي صفراً

$$40 \times 10 - T \times 40 = \text{صفر}$$

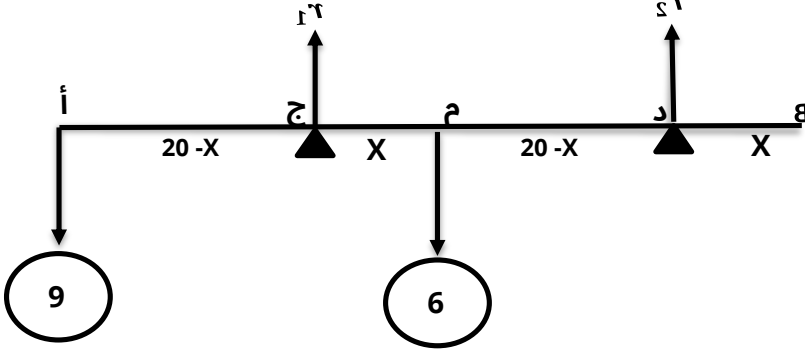
∴ الوزن = 10 جم

∴ wt. = 30 جم.  $r = 30$

مثال (2):

بـ قضيب منتظم طوله 40 سم ووزنه 6 كجم يستقر أفقياً على دعامتين عند النقطتين C و D، والمسافة بين الدعامتين 20 سم، ووجد أن القضيب على وشك الدوران إذا تم تعليق وزن 9 كجم من النقطة A. أوجد المسافة بين الدعامتين.

حل



عندما يتم تعليق وزن مقداره 9 كجم من النقطة A، فإن القضيب على وشك الدوران

$$\therefore \tau = 0$$

مجموع عزوم القوى حول النقطة C = 0

$$0 = 9(20 - \text{س}) - 6\text{س}$$

$$0 = 9X - 180 + 6X \therefore \text{س} = 12 \text{ سم}$$

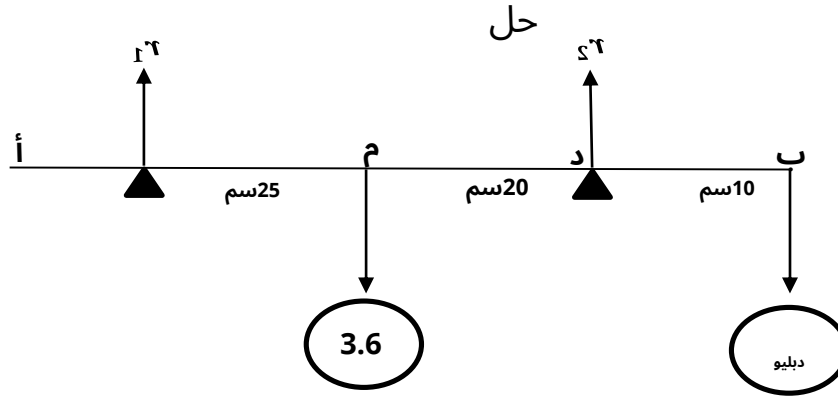
المسافة بين الدعامة C والنقطة A = 8 سم

المسافة بين الدعامة D والنقطة B = 12 سم

مثال (3):

بـ قضيب منتظم طوله 60 سم ووزنه 3.6 كجم، يستند أفقياً على دعامتين، إحداهما تبعد 5 سم عن النقطة A والأخرى تبعد 10 سم عن النقطة B. أوجد الضغط الواقع على الدعامتين، ثم ما هو أقصى وزن يمكن تعليقه من الطرف B دون الإخلال بتوازن القضيب؟





$$3.6 = 2r_1 + r_2$$

مجموع عزوم القوى حول  $C = 0$

$$0 \times 45 - 25 \times 3.6$$

$$\therefore 2r_2 = 2 \text{ كجم وزن}$$

$$r_1 = 1.6 \text{ كجم}$$

لاحظ أن :

عند تعليق الوزن عند النقطة ب

$$r_1 = 0$$

مجموع عزوم القوى حول النقطة  $D = 0$

$$W \times 10 - 3.6 \times 20 = 0$$

$$\therefore \text{الوزن} = 7.2 \text{ كجم}$$

التمرين (6)

1-دعامتان عند النقطتين A و B على مسافة 20 سم من طرفي لوح خشبي طوله 200 سم ووزنه 16 كجم. يعمل عند منتصفه ويحمل صندوقاً وزنه 24 كجم على بعد 60 سم من الدعامه (أ).

مامقدار الضغط الواقع على الدعامتين؟

.والأخرى عند نقطة أخرى A عبارة عن لوح خشبي منتظم كتلته 10 كجم وطوله 4 أمتار، ويستقر في وضع أفقي على دعامتين، إحداهما عند النقطة 2-AB على بعد متر واحد من النقطة B، وضح المسافة التي يقف عندها طفل وزنه 50 كجم على اللوح لجعل ردود الفعل على الدعامتين متساوية.

3-قضيب AB طوله 90 سم ووزنه 50 نيوتن، ويؤثر عند منتصفه، يستقر في وضع أفقي على دعامتين، إحداهما عند النقطة A والأخرى عند النقطة C على بعد 30 سم من النقطة B ويحمل وزناً مقداره 20 نيوتن عند نقطة تبعد 15 سم عن B، حدد قيم الضغط على كل دعامة، واحسب أيضاً مقدار الوزن الذي يجب تعليقه من الطرف B لجعل القضيب على وشك الدوران.

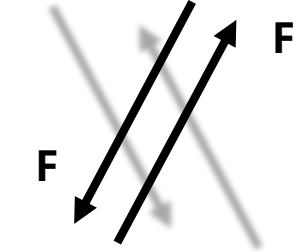
4-قضيب منتظم طوله متران وكتلته 75 كجم يستقر في وضع أفقي إذا كان القضيب مثبتاً على دعامتين عند طرفيه، وعلّق وزن مقداره 15 كجم من نقطة على القضيب تبعد 50 سم عن أحد طرفيه، فأوجد رد الفعل على كل دعامة.

الدرس السابع

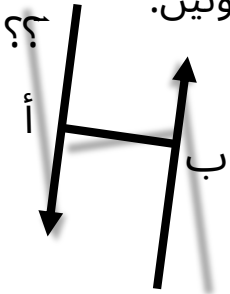
زوج

تعريف:

العزم المزدوج: نظام من قوتين متساويتين في المقدار وفي اتجاهين متعاكسين، وتعمل في مسارات عمل مختلفة. نظرية:



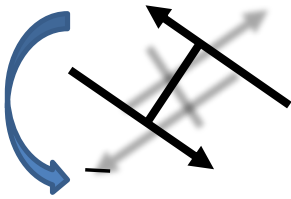
عزم الازدواج هو متجه ثابت لا يعتمد على النقطة التي نحسب عندها عزوم القوتين.



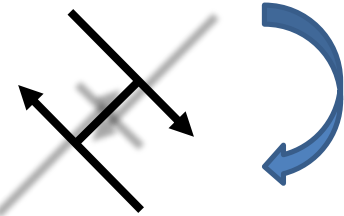
$$F \times \text{ب} = F \times \text{أ} = \text{عزم}$$

- معيار لحظة الزوجين =

مقدار إحدى القوتين  $\times$  المسافة العمودية بين؟؟ في خط عمل قوتين



$$M = F \times r$$



- تكون إشارة العزم الجبري للزوج سالبة إذا كان الدوران في اتجاه عقارب الساعة.
- تكون إشارة العزم الجبري للزوج موجبة إذا كان الدوران عكس اتجاه عقارب الساعة.

تعريف:

- إذا كان الزوجان في حالة توازن، فإن مجموع عزميهما يساوي صفراً.
- أي  $M_1 + M_2 = 0$
- إذا كان الزوجان متكافئين، فإن  $M_1 = M_2$

مثال 1:

قوتان  $F_1$  و  $F_2$ ،  $F_1 = 5 \text{ ن}$  و  $F_2 = 2 \text{ ن}$  = يشكلان زوجاً. أوجد  $a$  و  $b$

حل

تشكل القواتان عزمًا مزدوجاً  $\therefore 1\text{؟؟} = 2\text{؟؟}$

2- 5 = ب

## المثال الثاني:

إذا كان مقدار عزم ازدواج القوة 350 نيوتن.متر، ومقدار إحدى القوتين 70 نيوتن، فما هو طول

ذراع اللحظة.

حل

$\therefore = 5$  إذن  $70 = 350$   $M = F \times r$

### المثال 3:

قوتان؟؟،1؟؟ + ?? = ?? + ?? - ?? = تشکل

**زوجان.أوجد قيمة  $a + b + c$**

حل

$$\therefore + + = 1 \quad \text{ب} = 5, \text{ا} = 9, \text{ج} = 3$$

### المثال 4:

لو؟؟؟،؟؟؟تشكل قوتان ازدواجاً حيث؟؟؟ $n_1 + n - 1$  = يعمل في  
النقطة أ (1، 1)،؟؟؟إذا كان التأثير عند النقطة (1، -2، -1) B، فأوجد عزم  
الازدواج وطول العمود المرسوم من A على  
خط عمل؟؟؟

حل

$$13 = (9 + 4) = (2 - 3) \times (3 - 2) = 1 \times 1 = 1$$

$\therefore \sqrt{13} = 13 \therefore \sqrt{13}$  وحدة الطول **M = F x r**

### التمرين (7)

1. قوتان  $\vec{O_1}$ ،  $\vec{O_2}$  -  $\vec{O}$ ،  $\vec{O_2} = 3\vec{O} - 5\vec{O_1}$  = يشكلان زوجاً. أوجد (أ، ب)

2. يتكون عزم الدوران من قوتين، كل منهما مقدارها 12 نيوتن، وطولها

المسافة العمودية بينهما 8 سم تعادل عزم قوتين

المسافة العمودية بينهما 6 سم. أوجد مقدار كل منهما

قوتان

3. إذا  $\vec{O_1}$ ،  $\vec{O_2}$  -  $\vec{O}$ ،  $\vec{O_2} = 2\vec{O} - 4\vec{O_1}$  = بيجا - 5 جاي يشكلان زوجاً. أوجد  $2\vec{O} + \vec{B}$

4. إذا  $\vec{O_1}$ ،  $\vec{O_2}$  هما زوجان متوازنان و  $\vec{O_2} = 20\vec{O}$ ، ثم: ابحث  $\vec{O_1} - 2\vec{O_2}$

5. إذا  $\vec{O_1}$ ،  $\vec{O_2}$  هناك قوتان تؤثران عند النقطتين (A) 1, 3 و (B) 0, 5 على التوالي

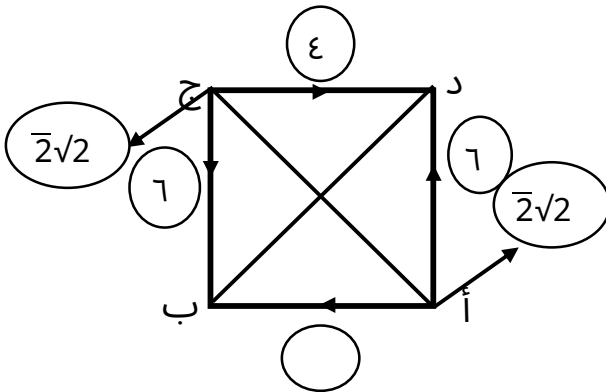
ويشكلان عزماً، ويكون متجه عزمهما  $20\vec{O}$ ، يجد  $\vec{O}$

## الدرس (8) الزوجان الناتجان (الحالة الأولى)

الحالة الأولى:

إذا شكلت مجموعة من القوى العديد من الأزواج، فإن المجموعة تعادل زوجاً محصلاً.  
عزمها = مجموع القياس الجبري لعزم هذه الأزواج. مثال (1)

مربع طول ضلعه 30 سم، وتؤثر عليه قوى مقدارها 6، 4، 6، 4 نيوتن عند  $ABCD$  ، ؟؟ ، ؟؟ ، ؟؟ ، ؟؟ على التوالي وقوتين، كل منهما بمقدار  $2\sqrt{2}$  تؤثر قوى نيوتن عند النقطتين  $A$  و  $B$  في اتجاه ؟؟، ؟؟ على التوالي. أوجد المقياس الجبري لعزم الازدواج الذي يكافئ النظام.



- تشكل القوتان (4، 4) عزمًا مزدوجاً  $\therefore 1م = 30 \times 4 = 120$  نيوتن.سم
- تشكل القوتان (6، 6) عزمًا مزدوجاً  $\therefore 2م = 30 \times 6 = 180$  نيوتن.سم
- القوتين  $(2\sqrt{2}, 2\sqrt{2})$  شكّلا زوجين  $\therefore 2م = 30 \times 2\sqrt{2} \times 2\sqrt{2} = 120$  نيوتن.سم

$\therefore$  النظام مكافئ لعزم دوران، وقياس عزمه الجبري  $= 120 - 180 - 120 = -180$  نيوتن.سم  
تذكر ذلك:

- قطر المربع متعامدان ومتساويان في الطول وينصف كل منهما الآخر.

- طول القطر  $= 2\sqrt{2}$  هو طول الضلع  $L$  حيث  $L$

مثال (2)

(m، سم 8 = BC، سم 6 = AB متوازي أضلاع فيه ABCD) = 60°. القوى بوزن 6، 9، 6، 9 غرامات، تعمل عند ؟؟، ؟؟، ؟؟، ؟؟ أثبت على التوالي أن النظام مكافئ لعزم الدوران، ثم أوجد عزمه.

حل

- القطران ليسا متساويين، وليس متعامدين، ولا ينصف أحدهما الآخر.
- كل ضلعين متقابلين متوازيان ومتساويان في الطول.

$$BE = 6 \sin 60^\circ = 3\sqrt{3} \text{ سم}$$

$$BO = 8 \sin 60^\circ = 3\sqrt{3} \text{ سم}$$

- تشكل القوتان (6، 6) عزمًا مزدوجًا:  $m = 1 - 6$

$$\times \frac{3\sqrt{4}}{3\sqrt{24}} = \text{الوزن بالجرام/سم}$$

- تشكل القوتان (9، 9) عزمًا مزدوجًا:  $m = 2 - 9$

$$\times \frac{3\sqrt{3}}{3\sqrt{27}} = \text{الوزن بالجرام/سم}$$

- النظام يعادل زوجًا من الأزواج،

$$\text{المقياس الجبري لعزمها} = 3\sqrt{3} = \text{الوزن الإجمالي سم}$$

مثال (4):

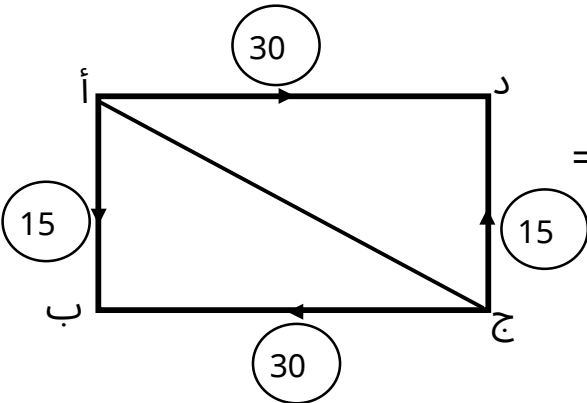
سم. قوى مقدارها 40 سم و 30 سم و 15 سم و 30 سم، 15 نيوتن، 30، 15، 30، 15، أثبت، على التوالي، أن النظام مكافئ لعزم دوران، ثم أوجد عزمه، ثم أوجد قوتين تعملان بشكل عمودي على ؟؟ عند النقطتين A و C اللتين تجعلان النظام في حالة توازن.

حل

- تشكل القوتان (15، 15) عزمًا مزدوجًا:  $m = 1 - 15$

$$600 = 40 \times 15 \text{ نيوتن.سم}$$

- تشكل القوتان (30، 30) عزمًا مزدوجًا



∴ م<sup>2</sup> = 30 × 30 = 900 نيوتن.سم.  
النظام مكافئ لعزم دوران.

المقياس الجبري لعزمها = 300 نيوتن.سم

- لجعل النظام في حالة توازن ← صفر = 300 - AC × F

- ∴ نيوتن F = 6 ← القوتان هما 6 و 6 نيوتن

تذكر ذلك:

- قطرا المستطيل متساويان في الطول، وليس

متعامدان وينصف كل منهما الآخر

- كل ضلعين متقابلين متوازيان ومتساويان في الطول.

- جميع ملائكتها متساوون في القياس، كل واحد منهم قياسه 90°



التمرين (8)

1. في الشكل المقابل:

مربع ABCD

أوجد المقياس الجبري لعزم

زوج من قوى النظام الموضحة في الشكل.

وخط عملهما في C و A سم. تؤثر قوتان مقدار كل منهما 39 نيوتن عند النقطتين  $AD = 5$

2.  $AB = 12$  سم، مستطيل فيه ABCD.

اتجاه؟ د، ؟؟ ب. حدد معيار لحظة الزوجين

3. سم. قوى  $BC = 40$  سم، و  $AB = 30$  سم مستطيل طوله ABCD.

قوة مقدارها 15، 30، 15، 30 نيوتن تؤثر على ؟؟ أ، ؟؟ ج، ؟؟ ب، ؟؟ أ. أوجد، على التوالي،

المقياس الجبري لعزم القوى المعطاة. إذا أثرت قوتان عند نقطتين

النقطتان A و C عموديتان على ؟؟ ج مما يجعل النظام في حالة توازن

أوجد القوتين.

4.  $AD = 8$  سم،  $CD = 6$  سم متوازي أضلاع فيه ABCD.  $60^\circ$ .

تؤثر قوى مقدارها 8، 10، 8، 10 غرامات عند ؟؟، ؟؟، ؟؟، ؟؟ على التوالي

أثبت أن النظام مكافئ لعزم دوران، ثم أوجد عزمه.

س

## الدرس (9) الزوج الناتج (الثاني والثالث)

### الحالة الثانية:

يقال إن نظام القوى المستوية مكافئ لعزم دوران إذا تحققت الشروط التالية معاً:

1. مجموع المكونات الجبرية للقوى في أي اتجاه = صفر.

2. مجموع عزم القوى حول أي نقطة  $\neq 0$

### الحالة الثالثة:

إذا كان مجموع القياس الجبري لعزم نظام من القوى المستوية بالنسبة لثلاث نقاط غير متوازية في مستواها ثابتاً ولا يساوي الصفر، فإن هذا النظام المكافئ لعزم الدوران يساوي هذا الثابت.

مثال (1):

$$\text{القوى } O = 2 \text{ ن} + 3 \text{ ن}, 1 = \text{ن} + 2 \text{ ن}, 2 = -6 \text{ ن} + \text{ن}, 3 = 3 \text{ ن} - 6 \text{ ن}, 4$$

قم بالتأثير عند النقاط (1, 1, 2, 1, 2, 3, 4, 2, A).

أثبت أن النظام مكافئ لعزم ثنائي، ثم أوجد عزمه.

حل

$$O = (6, -3) + (6, 1) + (1, 2) + (2, 3) = \text{؟؟}$$

$$\text{؟؟} = (6, -3) \times (1, 1) + (6, 1) \times (1, 2) + (1, 2) \times (3, 2) + (2, 3) \times (2, 4)$$

$$= -2 \text{؟؟} + 4 \text{؟؟} + 13 \text{ك} - 9 \text{؟؟} = 6 \text{؟؟}$$

∴ النظام يعادل زوجاً

المقياس الجبري لعزمها = 6 وحدة عزم

مثال (2):

القوتين  $\vec{O_1}$  و  $\vec{O_2}$  عند  $\vec{O}$  ،  $\vec{O_1} = 3\vec{i} - 4\vec{j}$  ،  $\vec{O_2} = -3\vec{i} - 4\vec{j}$  ،  $\vec{O} = 1, 2$  ،  $\vec{O} = -3, 4$  ، أثبت أنهما يشكلان زوجاً ، ثم أوجد معيار لحظته.

حل

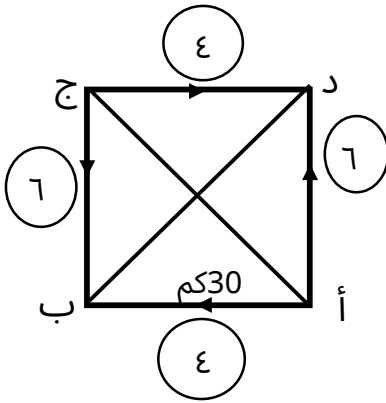
$$\vec{O} = (4, -3) + (-4, 3) = \vec{0}$$

$$\vec{O} = \vec{0} = \vec{0} \times \vec{O} = (-4, 3) \times (2, -4) = -10\vec{k}$$

∴ النظام مكافئ لعزم دوران معياره = 10 وحدة عزم مثال (3):

مربع طول ضلعه 30 سم ، وقوى مقدارها 8 ، 10 ، 8 ، 10 ABCD

نيوتن يعزف في  $\vec{A}$  ،  $\vec{B}$  ،  $\vec{C}$  ،  $\vec{D}$  على التوالي . أوجد المقياس الجبري لعزم الازدواج الذي يكافئ النظام .



حل

$$\vec{O} = -6 \times 30 + 4 \times 30 = -60$$

$$\vec{O} = -6 \times 30 + 4 \times 30 = -60$$

$$\vec{O} = -6 \times 30 + 4 \times 30 = -60$$

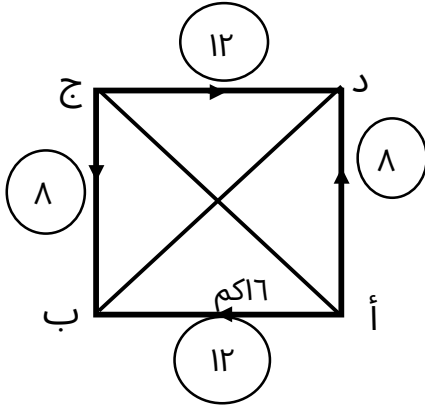
النظام المكافئ للزوج ،

المقياس الجبري لعزمها = -60 نيوتن.سم

لاحظ ما يلي:

يمكن حل هذا المثال باستخدام الحالة الأولى.

التمرين (9)



1. في الشكل المقابل:

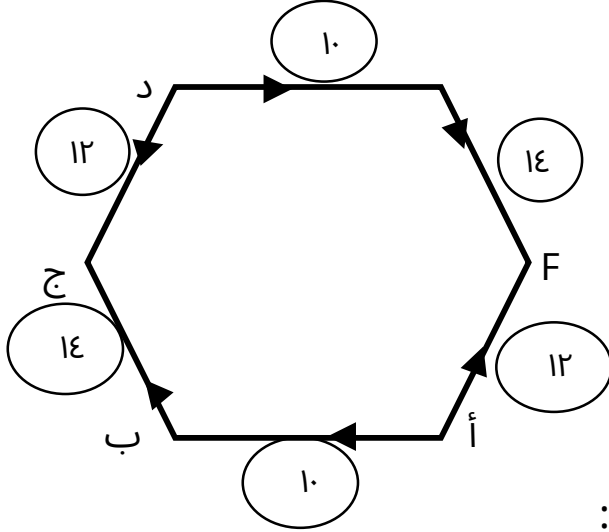
باستخدام الحالة الثالثة

أوجد المقياس الجبري للعزم

من الزوج المكافئ للنظام المعطى.

2. في الشكل المقابل: ABCDEF هو شكل

سداسي منتظم طول ضلعه 10 سم.



باستخدام الحالة الثالثة

أوجد المقياس الجبري للعزم

من الزوجين المكافئ للنظام المعطى. لاحظ ما يلي:

المسافة العمودية بين أي ضلعين متوازيين في الشكل المنتظم

الشكل السداسي الذي طول ضلعه L هو  $\sqrt{3}$

3. القوى  $n_1, n_2, n_3, n_4, n_5, n_6$   $n_1 = 2n_2 - 4, n_2 = 2n_3 - 3, n_3 = 2n_4 - 3, n_4 = 2n_5 - 3, n_5 = 2n_6 - 3, n_6 = 2n_1 - 3$  = التصرف عند النقاط

على التوالي (A) -1, 1, (B) -2, 3, (C) 0, 1

أثبت أن النظام مكافئ لزوج، ثم أوجد معيار عزمه.

الدرس (10)

الحالة الرابعة:

إذا أثرت ثلاث قوى مستوية على جسم صلب وتم تمثيلها بالكامل بأضلاع مثلث مأخوذة بنفس الطريقة، فإن هذا النظام يعادل عزمًا مزدوجًا.

$$\text{مقدار عزمها} = 2 \times \text{مساحة المثلث} \times \text{حجم}$$

تمثل القوة وحدة الطول

- تعميم هذه القاعدة لتشمل أكثر من ثلاث قوى. مثال (1):

المثلث ABC هو مثلث متساوي الأضلاع طول ضلعه 10 سم، وقوى متساوية فيه قوة مقدارها 2 نيوتن تؤثر على  $AB$ ،  $BC$ ،  $CA$  على التوالي. أوجد مقدار عزم الازدواج المكافئ للنظام.

حل

القوى في ترتيب دوري واحد

$$\frac{1}{5} \times 2 = \frac{h}{10}$$

$$\frac{1}{2} \times 10 \times \sin 60^\circ \times 10 = 3\sqrt{10} \text{ نيوتن.سم}$$

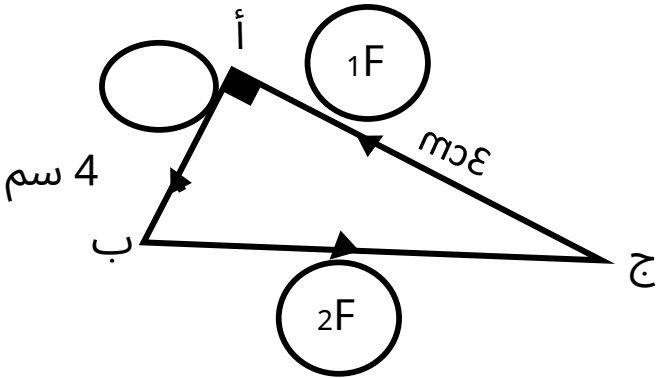
$$\times 2 = \text{مقدار عزمها}$$

مثال (2):

المثلث ABC قائم الزاوية عند النقطة A، حيث  $AB = 4$  سم و  $AC = 3$  سم كما هو موضح

تمثل جوانب الـ

المثلث. أوجد قيمة  $F_1 + F_2$



حل

سم (نظرية فيثاغورس)  $BC = 5$

القوى في ترتيب دوري واحد وممثلة بالكامل بأضلاع المثلث.

$$= 10 \quad 2 = 6 \quad , \quad 1 \therefore \quad - \quad -2 = 1 = 8 \therefore \quad 5 \quad 34$$

$16 = 2 + 1 \therefore$  نيكوين

مثال (3):

هي نقطة المنتصف لـ  $O$ ؟ سم، و  $AB = 9$ ،  $BC = 24$  مستطيل فيه  $ABCD$ ، تؤثر قوى مقدارها 18 و 48 و 30 و 24 غراماً عند  $??$ ،  $??$ ،  $??$ ،  $??$  على التوالي. أثبت أن النظام يكافئ عزمًا مزدوجًا، ثم أوجد مقدار عزمه.

حل

سم (نظرية فيثاغورس)  $CO = 15$

القوى في ترتيب دوري واحد وممثلة بالكامل بأضلاع المثلث.

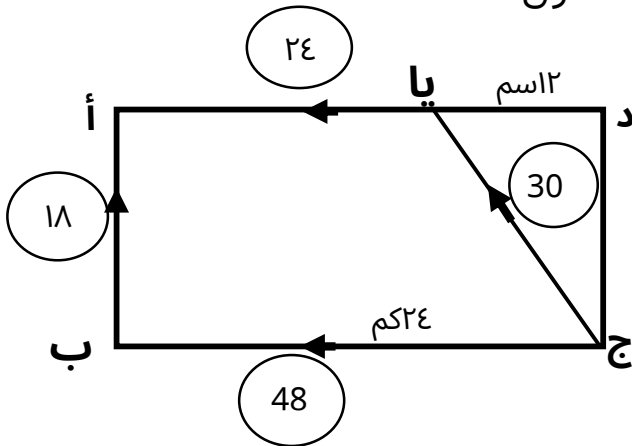
$$\therefore \frac{2}{12} = \frac{24}{24} = \frac{48}{24} = \frac{18}{9} \therefore$$

مقدار عزمها  $= 2 \times \text{مساحة المثلث} \times \text{حجم}$

تمثل القوة وحدة الطول

مقدار عزمه =

$$2 \times \left( \frac{1}{2} \times 9 \times (24 + 12) \right) = 324 \text{ غ/كغ}$$



التمرين (10)

1. المثلث ABC فيه  $AB = AC = 13$  سم، و  $BC = 24$  سم، وقوى

تؤثر زلازل بقوة 39 و 72 و 39 نيوتن على؟ب، ؟ج، ؟أعلى التوالي. أثبت أن النظام يكافئ عزمًا مزدوجًا، ثم أوجد مقدار عزمه.

2. هي نقطة المنتصف X، سم  $BC = 24$ ، سم  $AB = 9$  مستطيل فيه ABCD.

تؤثر قوى بمقادير 27 و 36 و 45 نيوتن عند ؟؟، ؟؟، ؟؟ على التوالي. أثبت أن النظام مكافئ لعزم دوران، ثم أوجد مقدار عزمه.

3. المثلث ABC هو مثلث فيه  $AB = 7$  سم،  $BC = 8$  سم،  $m(\angle ABC) = 120^\circ$

تؤثر قوى مقدارها 17.5 و 20 و 32.5 نيوتن عند؟ب، ؟ج، ؟أعلى التوالي، إذا كان النظام مكافئاً لعزم دوران، فأوجد مقدار عزمه.

4. ثلاث قوى مقدارها 10.5 و 12 و 19.5 نيوتن ممثلة تمثيلاً كاملاً بواسطة

قطعة الخط الموجه؟ب، ؟ج، ؟أعلى التوالي على المثلث ABC حيث  $AC = 13$  سم، ثم

هو شبه منحرف فيه ؟؟ ABCD، 5. ؟؟ // م (دأ)  $F_0 = 90^\circ$  سم، قوى مقدارها  $BC = 15$

سم،  $AB = 12$  سم،  $AD = 10$  سم،  $F_1$ ، 26، أنثى قانون نيوتن بشأن

؟؟، ؟؟، ؟؟، ؟؟ على التوالي. إذا كان النظام مكافئاً لعزم دوران، فأوجد قيمة  $F_1 + F_2$

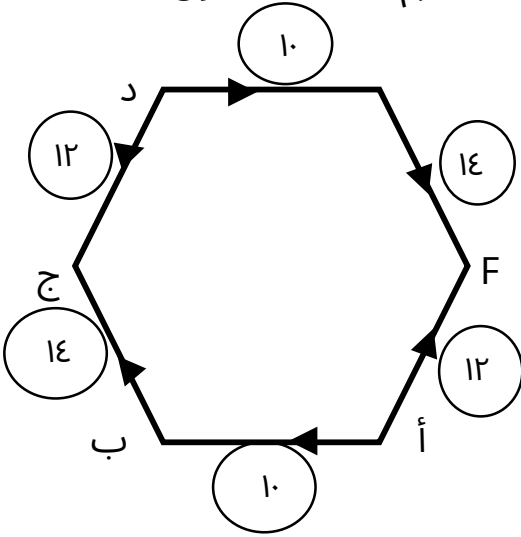
$F_3 + F$

### السؤال الأول

1.  $ABC$  مثلث فيه  $AB = 7$  سم،  $BC = 8$  سم،  $m \angle C = 120^\circ$ ، القوى تؤثر قوى مقدارها 17.5 و 20 و 32.5 نيوتن على  $A$ ،  $B$ ،  $C$ ،  $\angle C$  أعلى التوالي، إذا كان النظام مكافئاً لعزم دوران، فأوجد مقدار عزمه.
2. القوة  $\angle C = 8^\circ + 6^\circ$  إذا كان التأثير عند النقطة  $(-1, 2)$ ، فأوجد عزم الدوران  $\angle C$  حول النقطة  $(2, 5)$ .

### السؤال الثاني:

1. قوتان  $\angle C$ ،  $\angle C_1 = 4\angle C - 5$ ،  $\angle C_2 = 4\angle C - 5$  قم بالتصرف عند نقطة الأصل، وأثبت أن يمر خط عمل محصلة القوى بالنقطة  $A(-3, 4)$ . أوجد متجه عزم المحصلة حول النقطة  $(2, -5)$ .



### 2. في الشكل المقابل:

هو شكل سداسي منتظم طول ضلعه 10

سم  $ABCDEF$

أوجد المقياس الجبري لعزم الازدواج المكافئ للنظام المعطى.

### السؤال الثالث:

1. إذا كانت القوة  $\angle C = 2^\circ - 3^\circ - 4^\circ$  يؤثر عند النقطة  $(0, -2, 4)$ ، لحظة  $\angle C$  حول نقطة الأصل يساوي  $2^\circ + 4^\circ + 16^\circ$ ، ثم أوجد قيمة  $\angle C$ .



(m، سم 8، AD = 6 سم، CD = 6 متوازي أضلاع فيه ABCD. 2. ج) = 60°.

تؤثر قوى مقدارها 8، 10، 8، 10 غرامات عند  $??$ ،  $??$ ،  $??$ ،  $??$  على التوالي

أثبت أن النظام مكافئ لعزم دوران، ثم أوجد عزمه.

#### السؤال الرابع:

1. قوتان متوازيتان مقدارهما 4 و 6 نيوتن تؤثران عند النقطتين A و B في نفس

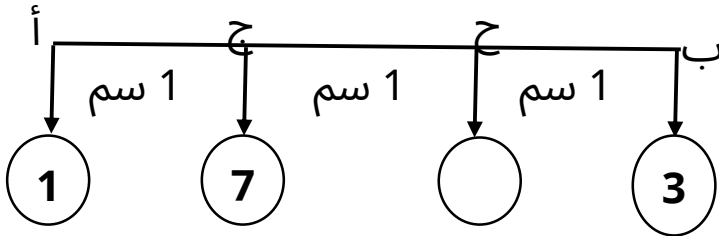
الاتجاه،  $AB = 25$  سم، أوجد محصلة القوتين.

2. عزم الدوران الذي يتكون من قوتين، مقدار كل منهما 12 نيوتن، والمسافة العمودية

بينهما تساوي 8 سم، يكافئ عزم دوران آخر يتكون من قوتين والمسافة العمودية

بينهما

أوجد مقدار القوتين عند مسافة 6 سم.



#### السؤال الخامس:

1. في الشكل المقابل:

وضعت أربعة أوزان مقدارها 1، 7، 5، 3 كجم على قضيب خفيف. حدد نقطة

التعليق التي تجعل القضيب في وضع أفقي.

2. أب قضيب منتظم طوله 40 سم ووزنه 6 كجم، يستند على دعامتين عند النقطتين

C و D في وضع أفقي، والمسافة بين الدعامتين 20 سم. إذا علّق وزن مقدارها 9

كجم عند النقطة A، فإن ذلك يجعل القضيب على وشك الدوران. جد موضع

الدعامتين.

## تقييم