



مدونة المناهج السعودية

<https://eduschool40.blog>

الموقع التعليمي لجميع المراحل الدراسية

في المملكة العربية السعودية

# الوحدة الأولى

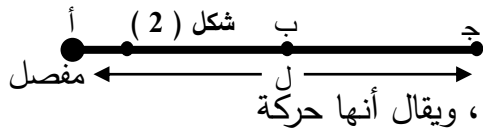
## توازن الأجسام الصلبة

علم الميكانيكا: هو العلم الذي يدرس حالة الجسم سواءً كان ساكناً أو متحركاً.  
أنواعه:

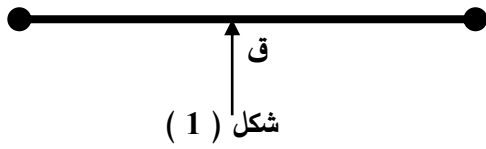
(1) الإستاتيكا: هو علم السكون الذي يهتم بدراسة توازن الأجسام تحت تأثير قوي.

(2) الديناميكا: هو علم الحركة الذي يهتم بدراسة حركة الجسم.

وفي هذه الوحدة سندرس علم السكون بدراسة توازن الأجسام.  
عزم القوة:



في شكل (1) إذا أثرت قوة على جسم فإنه يتحرك في اتجاهها ، ويقال أنها حركة



انتقالية وتخضع لقوانين نيوتن بينما في شكل (2)

إذا ثبت جسم من جهة وأثرنا بقوة عند ( أ ، ب ، ج )

نجد أنه عند ( أ ) نحتاج إلى قوة كبيرة ليدور الجسم . بينما عند ( ب ، ج ) نحتاج لقوة أصغر حتى يدور الجسم.

∴ حركة أي جسم حول محور ثابت مثل حركة دوران مفتاح صامولة حول محورها أو حركة باب حول مفصلة بتأثير قوة يقال أن للقوة عزم.

المقصود بعزم القوة: يقاس بمقدار القوة على إحداث دوران جسم حول محور ثابت.  
العوامل التي يتوقف عليها عزم القوة:

1- مقدار القوة واتجاهها. حيث  $\alpha$  ق

2- البعد العمودي بين خط عمل القوة ومحور الدوران (ذراع القوة) حيث  $\alpha$  ل.

عزم القوة كمية متجهة لأنه عند الدوران مع عقارب الساعة يكون العزم سالباً، وفي عكس

عقارب الساعة يكون العزم موجباً.

اتجاه الدوران  
(+)

$$\text{عزم القوة} = ق \times ل = \text{نيوتن م}$$

(-)

اتجاه الدوران

## ملاحظات:

(1) عزم القوة = صفر إذا ضغطنا على مفصل الباب فيكون ذراع العزم = صفر ، فيكون العزم =

صفر ولا يدور الجسم .

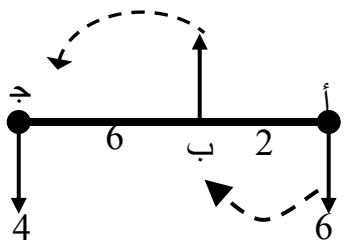
(2) يقل عزم القوة كلما قلت مقدار القوة أو كلما قل ذراع القوة.

(3) يزداد عزم القوة كلما زادت القوة أو كلما زاد ذراع القوة.

مثال: قضيب أ ج طوله 8 متر وزنه مهمل تؤثر فيه 3 قوى رأسية قوتاً كما في الشكل أحسب:

المجموع الجبري لعزوم القوى المؤثرة حول محور عمودي على مستوى المورقة يمر خلال النقاط أ ،

ب ، ج؟



الدوران حول ( ج ) :

عزم ج = صفر

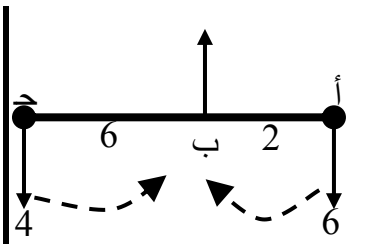
القوة (4) ليس لها عزم لأنها تؤثر عند محور الدوران.

$$\text{عـ ج} = 6 \times 8 + 2 \times 6 = 36$$

نيوتن م

∴ الإشارة سالبة.

∴ الدوران مع عقارب الساعة



الدوران حول ( ب ) :

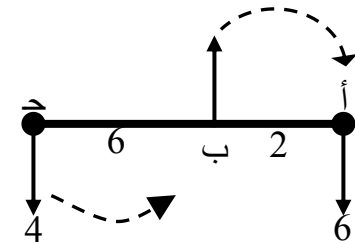
القوة (2) ليس لها عزم لأنها

تؤثر عند محور الدوران (ب)

$$\text{عـ ب} = 6 \times 4 + 2 \times 6 = 12$$

نيوتن م

الدوران عكس عقارب الساعة



الدوران حول ( أ ) :

القوة (6) ليس لها عزوم لأنها

تؤثر عند محور الدوران (أ)

$$\text{عـ أ} = 8 \times 4 + 2 \times 2 = 28$$

نيوتن م

∴ الإشارة موجبة.

∴ اتجاه الدوران عكس عقارب

الساعة

## الازدواج :

إذا أثرت قوتان متساويتان على جسم واحد فإن:

أ- إذا كانا على استقامة واحدة فإن القوة المحصلة هي:

1. مجموعها إذا كانا في اتجاه واحد، وتنتج عنهما حركة انتقالية حسب قانون نيوتن الثاني.

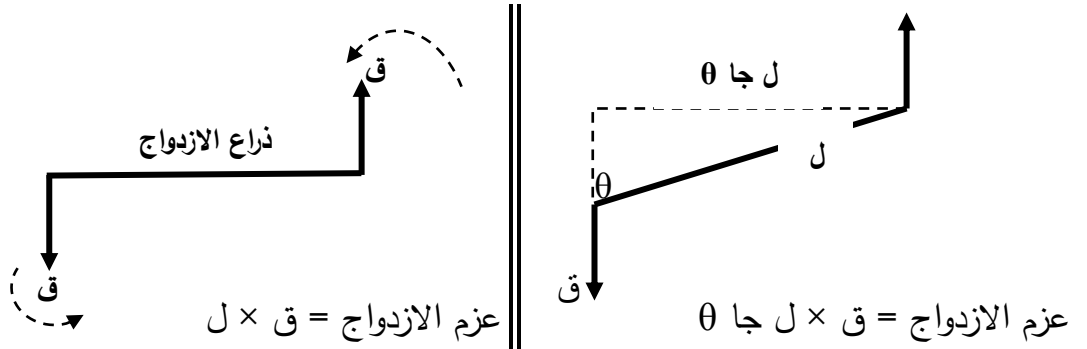
2. الفرق بينهما إذا كان في اتجاهين متضادين.

ب- إذا كانت القوتان متوازيتان وخط عملهما ليس على استقامة واحدة. ينشأ ازدواج محصلته

صفر ولا تنتج حركة انتقالية.

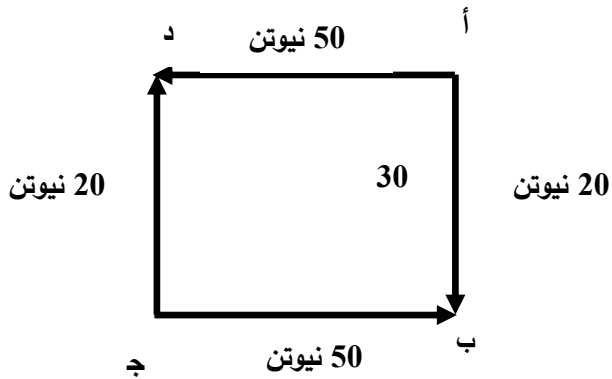
تعريف الازدواج: هو عبارة عن قوتان متساويتين في المقدار ومتعاكستين في الاتجاه وخطا عملهما

ليس على استقامة واحدة.



اتجاه الدوران عكس عقارب الساعة .

أمثلة له: عند فتح صنبور المياه أو إدارة مفتاح الباب فإننا نؤثر بقوتين متوازيتين على جسم واحد فيحدث دوران للجسم .



مثال

أ ، ب ، ج ، د ، مربع طول ضلعه 30م إذا أثرت قوتان مقدار كل منهما 20 نيوتن في أب ، ج د وقوتان قيمة كل منهما 50 نيوتن في أ د ، ج ب أوجد الإزدواج المحصل (عزم الازدواج المكافئ)؟

الحل

القوتان (20 ، 20) نيوتن تعملان ازدواج عزمه ع<sub>1</sub> مع عقارب الساعة.

عزم الازدواج الأول = - 30 × 20 = -600 نيوتن متر .

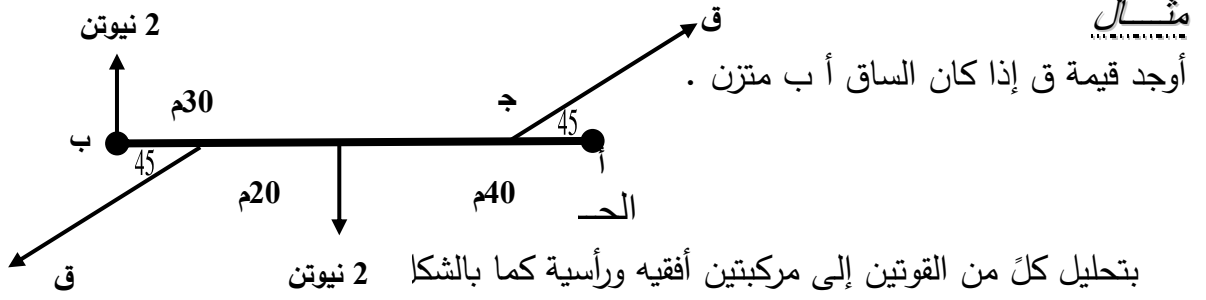
القوتان (50 ، 50) نيوتن تعملان ازدواج عزمه ع<sub>2</sub> بعكس عقارب الساعة.

عزم الازدواج الثاني = 30 × 50 = 1500 نيوتن متر .

$$\therefore ع = ع_2 + ع_1$$

∴ عزم الازدواج المحصل  $\epsilon = 1500 - 600 = 900$  نيوتن متر.

∴ الإشارة موجبة ∴ اتجاه الازدواج المكافئ عكس عقارب الساعة.



القوتان 2 ، 2 تحدثان ازدوج حيث

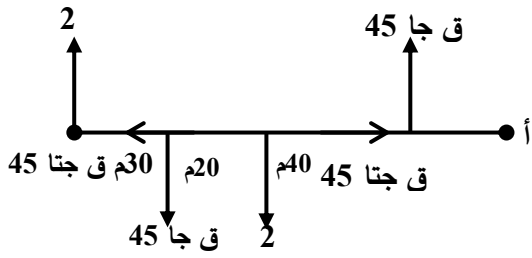
$$\epsilon_1 = 50 \times 1 = 100 \text{ نيوتن متر .}$$

في اتجاه عقارب الساعة

القوتان ق جا 45 تحدثا ازدوج حيث

$$\epsilon_2 = 60 \times 45 =$$

في اتجاه عكس عقارب الساعة



∴ الساق متزنة ∴ مجموع عزوم الازدواجات = صفر

$$\epsilon = \epsilon_1 + \epsilon_2 = \text{صفر}$$

$$-100 + 60 \times 45 \sin 45 = \text{صفر}$$

$$100 = 60 \times \frac{1}{\sqrt{2}} \times \text{ق} \Rightarrow 100 = 60 \times 45 \sin 45 \Rightarrow \text{ق} = \frac{100}{60} \times \frac{\sqrt{2}}{2} = \frac{5\sqrt{2}}{3} \text{ نيوتن.}$$

## اتزان جسم صلب تحت تأثير ثلاث قوى

عرفنا أن قوتان يمكن أن يحدثا اتزان إذا كانا في اتجاهين مختلفين وعلى استقامة واحدة، ولكن هنا

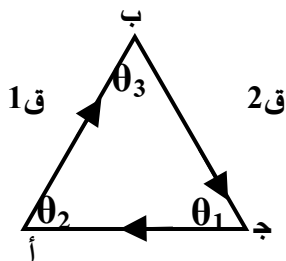
3 قوى تؤثر على جسم فما هو شرط الاتزان.

شروط الاتزان:

(1) أن يكون المجموع الاتجاهي للقوى المؤثرة في الجسم = صفر. أي محصلة القوى = صفر

(2) أن تتلاقى الثلاث قوى في نقطة واحدة.  $\sum_{i=1}^3 \vec{Q}_i = \text{صفر}$  حيث  $n = (1, 2, 3)$

ملاحظة هامة:



إذا حللنا القوى إلى مركبات أفقيه ورأسية فإن الشرط الأول يصبح:

(أ) المجموع الجبري للمركبات السينية للقوى = صفر.

$$\sum_{i=1}^n Q_n \cos \theta = Q_1 \cos \theta_1 + Q_2 \cos \theta_2 + Q_3 \cos \theta_3 = \text{صفر.}$$

(ب) المجموع الجبري للمركبات الصادية للقوى = صفر.

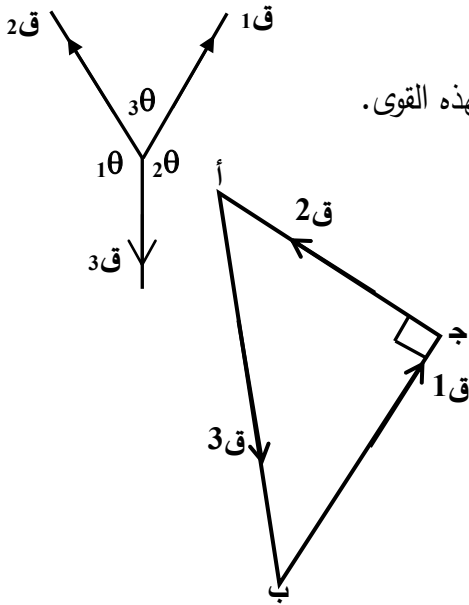
$$\sum_{i=1}^n Q_n \sin \theta = Q_1 \sin \theta_1 + Q_2 \sin \theta_2 + Q_3 \sin \theta_3 = \text{صفر.}$$

إذا اتزنت ثلاث قوى متلاقية في نقطة ورسم مثلث أضلاعه توازي خطوط عمل القوى وفي اتجاه دوري واحد فإن أضلاع المثلث تكون متناسبة مع مقادير القوى المناظرة ويسمى بمثلث القوى.

$$\boxed{\frac{Q_1}{AB} = \frac{Q_2}{BC} = \frac{Q_3}{CA}} \therefore$$

أو تتناسب مقادير القوى مع جيوب زوايا المثلث المقابلة للأضلاع الممثلة لهذه القوى.

$$\boxed{\frac{Q_1}{\sin \theta_1} = \frac{Q_2}{\sin \theta_2} = \frac{Q_3}{\sin \theta_3}} \therefore$$



**مثال (1):** ثلاث قوى متساوية مقاديرها  $Q_1$ ،  $Q_2$ ،  $Q_3$ ،  $18$  نيوتن متلاقية في نقطة متزنة فإذا كانت الزاوية بين خطي عمل القوتين الأولى والثانية  $90^\circ$  وبين الثانية والثالثة  $120^\circ$  فأوجد قيمة كلٍّ من  $Q_1$ ،  $Q_2$ ؟

**الحل**

$$Q_3 = 18$$

$$Q_2 = ?$$

$$Q_1 = 2$$

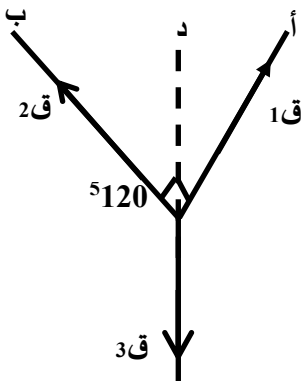
**حل أول: تطبيق قاعدة مثلث القوى:**

تمد خط عمل القوة الثالثة إلى د.

$$\therefore \frac{Q_1}{\sin 10^\circ} = \frac{Q_2}{\sin 20^\circ} = \frac{Q_3}{\sin 30^\circ}$$

$$\frac{Q_1}{60^\circ} = \frac{Q_2}{30^\circ} = \frac{Q_3}{90^\circ}$$

$$\therefore \frac{18}{1} = \frac{Q_1}{\frac{3}{2}}$$



∴ ق<sub>1</sub> =  $\frac{3\sqrt{3}}{2} \times 18 = 9\sqrt{3}$  نيوتن

∴  $\frac{18}{1} = \frac{ق_2}{\frac{1}{2}}$

ق<sub>2</sub> =  $\frac{1}{2} \times 18 = 9$  نيوتن.

حل ثاني: بالطريقة التحليلية:

∴ مج ق<sub>س</sub> = صفر.

∴ ق<sub>1</sub> جتا θ - ق<sub>2</sub> جتا 2θ = صفر.

ق<sub>1</sub> جتا θ = ق<sub>2</sub> جتا 2θ

ق<sub>1</sub> =  $\frac{1}{2} \times ق_2 \times \frac{3\sqrt{3}}{2}$

ق<sub>1</sub> =  $\frac{3\sqrt{3}}{2} ق_2$  (1)

∴ مج ق<sub>ص</sub> = صفر.

ق<sub>1</sub> جا θ + ق<sub>2</sub> جا 2θ - ق<sub>3</sub> = صفر.

ق<sub>1</sub> جا θ + ق<sub>2</sub> جا 2θ = ق<sub>3</sub>

بالتعويض من (1):  $18 = \frac{1}{2} \times ق_2 + \frac{3\sqrt{3}}{2} \times ق_2$

$18 = \frac{ق_2}{2} + \frac{3ق_2}{2}$

∴  $18 = \frac{4ق_2}{2}$

ق<sub>2</sub> =  $\frac{18}{2} = 9$  نيوتن.

ق<sub>1</sub> =  $9\sqrt{3}$  نيوتن.

بالتعويض في (1)

مثال (2):

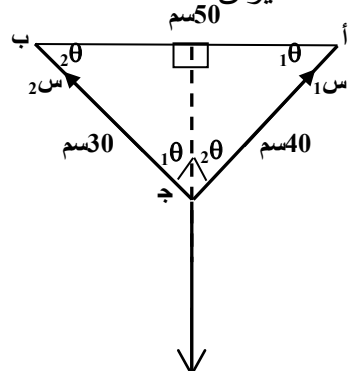
علق ثقل قدرة 100 نيوتن بخطين طوليهما 30سم، 40سم من نقطتين في خط أفقي واحد البعد بينهما 50 سم أوجد مقدار قوة الشد في الخيطين.

الحل

ش<sub>1</sub> = ؟

ش<sub>2</sub> = ؟

و = 100 نيوتن.



حل أول: بتطبيق قاعدة مثلث القوى:

$$\frac{و}{\text{جا } \theta} = \frac{\text{ش}_2}{\text{جا } 2\theta} = \frac{\text{ش}_1}{\text{جا } 1\theta} \therefore$$

$$\frac{100}{1} = \frac{\text{ش}_2}{\text{جا ب}} = \frac{\text{ش}_1}{\text{جا أ}} \therefore$$

$$100 = \frac{\text{ش}_1}{\frac{30}{50}} \therefore$$

$$\therefore \text{ش}_1 = \frac{30}{50} \times 100 = 60 \text{ نيوتن.}$$

$$100 = \frac{\text{ش}_2}{\frac{40}{50}} \therefore$$

$$\therefore \text{ش}_2 = \frac{40}{50} \times 100 = 80 \text{ نيوتن.}$$

**حل ثانٍ: بتطبيق الطريقة التحليلية.**

∴ مج ق<sub>س</sub> = صفر.

$$\therefore \text{ش}_1 \text{ جتا } \theta - \text{ش}_2 \text{ جتا } 2\theta = \text{صفر}$$

$$\text{ش}_1 \text{ جتا } \theta = \text{ش}_2 \text{ جتا } 2\theta$$

$$\therefore \text{ش}_1 = \frac{40}{50} \times \text{ش}_2 = \frac{30}{50} \times 4 \text{ ش}_2 = 3 \text{ ش}_2$$

$$\left( \text{ش}_1 = \frac{3}{4} \text{ ش}_2 \right) \leftarrow (1)$$

∴ مج ق<sub>ص</sub> = صفر.

$$\therefore \text{ش}_1 \text{ جا } \theta + \text{ش}_2 \text{ جا } 2\theta - و = \text{صفر.}$$

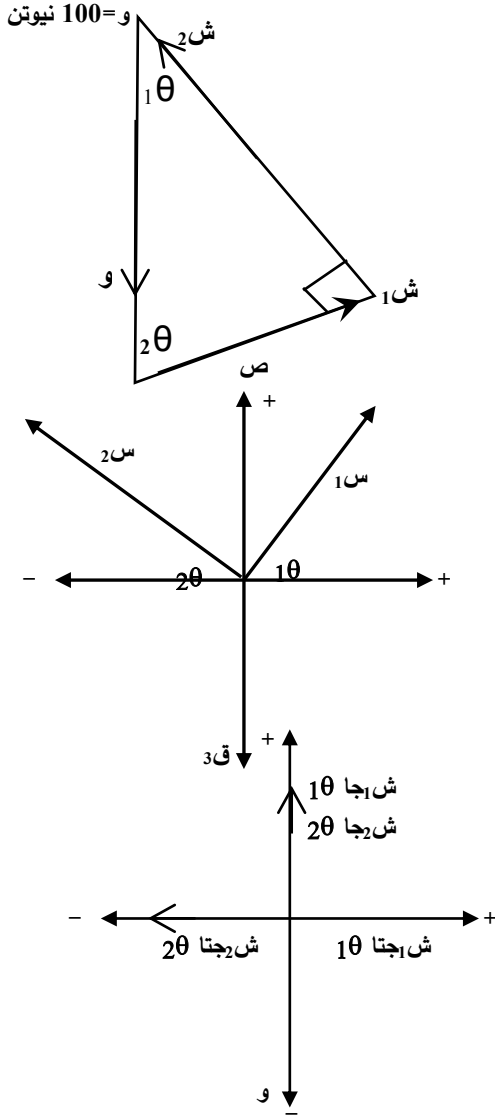
$$\therefore 100 = \frac{40}{50} \times \text{ش}_2 + \frac{30}{50} \times \text{ش}_1$$

**بالتعويض من (1)**

$$100 = \text{ش}_2 \frac{4}{5} + \frac{3}{5} \times 2 \text{ ش}_2 \frac{3}{4}$$

$$100 = \text{ش}_2 \frac{4}{5} + \text{ش}_2 \frac{9}{20} \therefore$$

$$100 = \frac{\text{ش}_2 (16 + 9)}{20}$$





$$\therefore \text{ش 2} = \frac{2000}{25} = 80 \text{ نيوتن.}$$

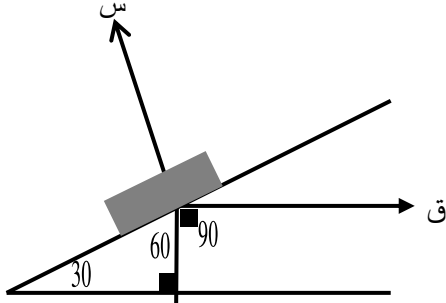
$$25 \text{ ش 2} = 2000$$

بالتعويض في (1)

$$\text{ش 1} = 80 \times \frac{3}{4} = 60 \text{ نيوتن.}$$

مثال (3):

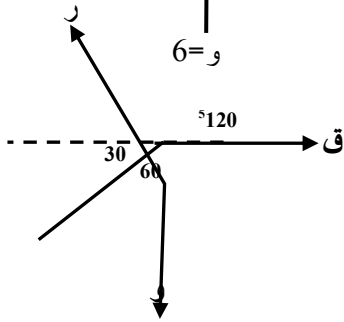
وضع جسم وزنه 6 نيوتن على مستوى مائل أملس يميل على الأفقى بزاوية 30° وحفظ توازنه بقوة ق أوجد مقدار هذه القوة ورد الفعل؟



الحل

بتطبيق قاعدة مثلث القوى بعد نقل القوى

$$\frac{r}{1} = \frac{q}{30} = \frac{6}{60} \leftarrow \frac{r}{90} = \frac{q}{150} = \frac{6}{120}$$



$$\therefore r = \frac{6}{\frac{3}{2}} = \frac{6}{1.5} = 4 \text{ نيوتن}$$

$$\therefore q = r = \frac{1}{2} \times 3 \times 4 = 30 \text{ نيوتن}$$

بطريقة التحليل:

مج ق س = صفر

$$\therefore q - r \text{ جتا } 60 = \text{صفر.}$$

$$q = r \text{ جتا } 60$$

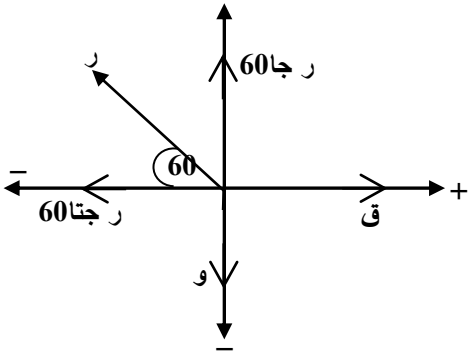
$$q = r \times \frac{1}{2}$$

$\therefore$  مج ق ص = صفر

$$r \text{ جتا } 60 - w = \text{صفر.}$$

$$r \text{ جتا } 60 = w = 6$$

$$(1) \leftarrow \boxed{\frac{r}{2} = q} \leftarrow$$



$$\therefore r = \frac{3}{2} \times 6$$

$$r = \frac{12}{3} = 4 \sqrt[3]{3} \text{ نيوتن.}$$

بالتعويض في (1)

$$q = \frac{\sqrt[3]{4}}{2} = 2 \sqrt[3]{2} \text{ نيوتن.}$$

### اتزان جسم صلب خاضع لتأثير عدة قوى متوازية :

1- إذا كانت القوى تعمل على الدوران في عكس عقارب الساعة كان القياس الجبري لمتجه العزم موجباً .

2- إذا كانت القوى تعمل على الدوران مع عقارب الساعة كان القياس الجبري لمتجه العزم سالباً .

3- أما إذا كان خط عمل القوة يمر بنفس النقطة كان القياس الجبري لمتجه عزمها = صفر .

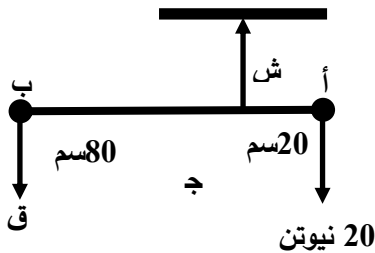
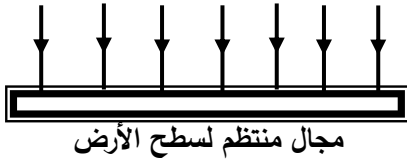
**∴ مجموع عزوم القوى بالنسبة لأي نقطة = عزم محصلة هذه القوى.**

### شروط الاتزان:

1- أن يكون المجموع الإتجاهي للقوى المؤثرة = صفر.

2- المجموع الجبري للمركبات السينية = صفر.

3- المجموع الجبري للمركبات الصادية = صفر .



**مثال:**

علق قضيب أ ب طوله 100 سم بحبل من نقطة ج التي تبعد 20 سم من طرفه أ فإذا علق في الطرف أ ثقل 20 نيوتن - فأحسب :

1- مقدار الثقل الذي يعلق فيه حتى يتزن القضيب؟

2- مقدار الشد في الخيط؟

**الحل**

(1) يأخذ العزم عند ج حتى يكون لدينا مجهول واحد فقط وهو ق.

مج عي = صفر.

$$\therefore -20 \times 20 + 80 \text{ ق} = \text{صفر}$$

$$\therefore \text{ق} = \frac{400}{80} = 5 \text{ نيوتن}$$

$$80 \text{ ق} = 400$$

(2) بأخذ العزم عند أ

$$5 \times 100 - \text{ش} \times 20 = \text{صفر}$$

$$\therefore \text{ش} = \frac{500}{20} = 25 \text{ نيوتن}$$

$$20 \text{ ش} = 500$$

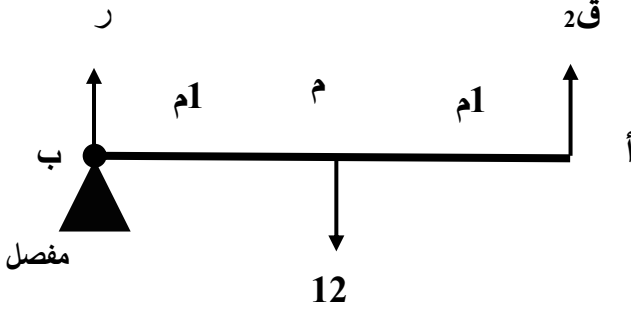
حل آخر:

$$\therefore \text{ح} = \text{صفر}$$

$\therefore$  القضيب متزن

$$\therefore \text{ش} = 5 + 20 = 25 \text{ نيوتن}$$

مثال:



قضيب أ ب طوله 2م يؤثر في منتصفه (م) قوة مقدارها 12 نيوتن ولأسفل وتؤثر قوة مجهولة ق2 عند (أ) ولأعلى ، ويركز عند (ب) على مفصل. أوجد كل من:  
1- مقدار القوة المجهولة؟  
2- رد فعل المفصل؟

الحل

(1) نأخذ العزم عند ب حتى يكون لدينا مجهول واحد فقط هو ق2.

$$\therefore \text{ق}2 \times 2 - 1 \times 12 = \text{صفر}$$

$$\therefore \text{مج عى} = \text{صفر}$$

$$\text{ق}2 = \frac{12}{2} = 6 \text{ نيوتن}$$

$$\therefore 2 \times \text{ق}2 = 12$$

(2) نأخذ العزم عند م

$$6 \times 1 - \text{ر} \times 1 = \text{صفر}$$

$$\therefore \text{ر} = 6 \text{ نيوتن}$$

حل آخر: محصلة القوى لأعلى = محصلة القوى لأسفل.

$$\text{ق}2 + \text{ر} = 12$$

$$\therefore r = 6 \text{ نيوتن.}$$

$$12 = r + 6$$

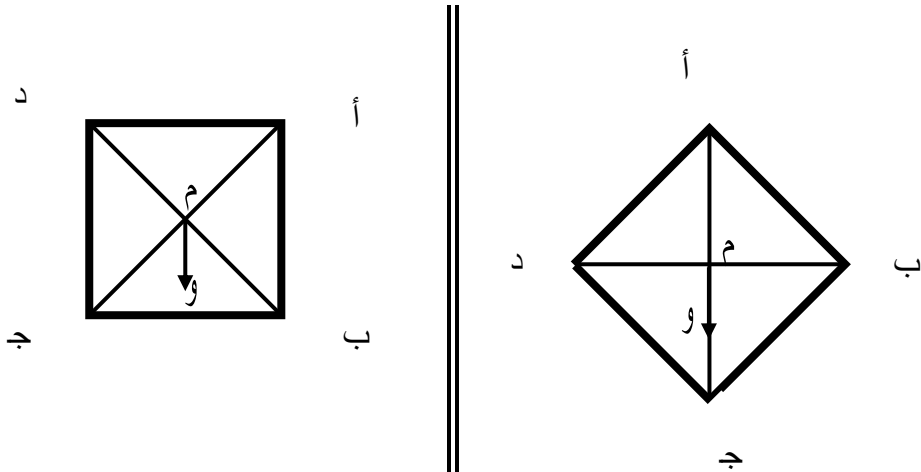
## مركز ثقل جسم صلب

مركز الثقل: هي نقطة وهمية يؤثر فيها ثقل الجسم وعند تعليقه منها يتخذ وضع مستقر أفقياً، وهو ثابت لا يتغير.  
أولاً: إذا كان الجسم منتظم الشكل:  
 يكون مركز الثقل ينطبق على المركز الهندسي للجسم .

الشكل	قضيب اسطواني	مربع	مثلث	كرة
مركز الثقل	منتصفه	نقطة تقاطع القطرين	نقطة تقاطع المسـتقيمات المتوسطة	في مركزها

ثانياً: إذا كان الجسم غير منتظم الشكل:

لو تصورنا مكعباً من الخشب وضع على قاعدته ب ج كما في الشكل ( 1 ) فإن مركز الثقل (و)، ويكون الجسم مستقر بينما إذا ازيح إلى اليمين أو اليسار قليلاً فإنه سرعان ما يستعيد توازنه لأن خط عمل القوة ( و ) يمر خلال القاعدة بينما في شكل ( 2 ) إذا وضع المكعب عند رأس من رؤوسه ولتكن (ج) فإنه يمكن أن يستقر مؤقتاً ولكنه إذا فقد هذا الأستقرار لا يعود إليه وقد ينقلب لأن خط عمل قوة الثقل ( و ) يمر خارج القاعدة.



شكل ( 1 ) توازن مستقر

شكل ( 2 ) توازن غير مستقر

## مثال آخر:

إذا وضعنا قارورة على قاعدتها كما في شكل ( 1 ) فأنها تستقر أو في وضع توازن ، وإذا ازيحت نحو اليمين أو نحو اليسار تنقلب بسهولة ، والسبب ان خط عمل قوة الثقل يمر بمركز قاعدتها أو حولها . بينما الشكل ( 2 ) قد تنقلب القارورة بسهولة عند دفعه خفيفة ، وتفسير ذلك أن خط عمل قوة الثقل يمر خارج القاعدة ، وهذا يسمى توازن غير مستقر . بينما في شكل (3) واضح أن القاعدة التي يمر بها خط عمل قوة الثقل كبيرة فإذا أثرتنا بقوة فأنها تكون دائماً المسافة ثابتة، ولا تميل فتتدحرج الأسطوانة، وتكون دائماً مستقرة، ويسمى ذلك بالأتزان المستقر .

## تذكر أن

1- إذا أثرت قوة على جسم مثبت حول مفصل فإنه يدور ويقال أن القوة عملت عزمًا. ويتوقف

على:

أ- مقدار القوة . ب- المسافة بين المفصل ونقطة تأثير القوة .

$$\text{عزم القوة} = \text{ق} \times \text{ل} = \text{نيوتن} \times \text{م}$$

2- إذا أثرت قوتان على جسم :

أ- إذا كانا على استقامة واحدة أو في اتجاهين متضادين فإن الجسم يكون مستقر إذا كان خط

عملهما على استقامة واحدة .

ب- إذا كانت القوتان متوازيتان ( خط عملهما ليس على استقامة واحدة ) فإنه يحدث ازدواج ويدور

الجسم إذا شرط الإزدواج هو وجود قوتين متساويتين ومتوازيتان ومتعاكسين.

## أسئلة تقويم الوحدة

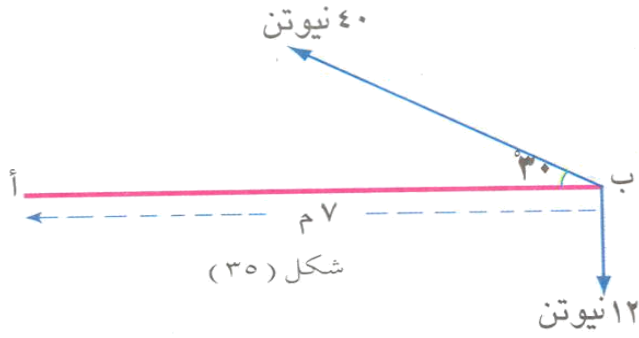
س1/ أكمل الجمل الآتية:

- أ- إذا أثرت عدة قوى متوازية مستوية على جسم فإن الجسم يكون في حالة اتزان إذا كان:
- المجموع..... المؤثرة على الجسم = .....
  - المجموع..... المؤثرة على الجسم حول..... = .....
- ب- إذا أثرت ثلاث قوى مستوية متلاقية (غير متوازية) على جسم فإن الجسم يكون في حالة توازن إذا كان:
- المجموع..... المؤثرة على الجسم = .....
  - القوى الثلاث المؤثرة في الجسم.....

س2/ عرف كل من:

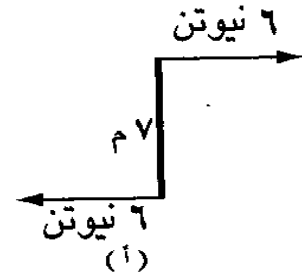
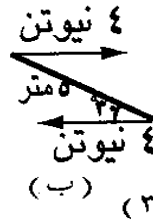
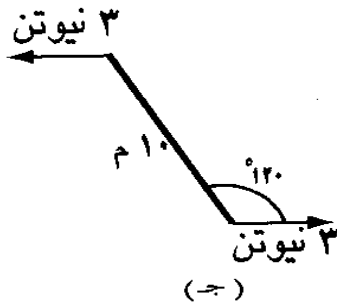
- أ- عزم القوة.  
ب- الازدواج.  
ت- مركز ثقل جسم صلب.
- 3- متى يكون عزم القوة صفراً؟
- 4- في أية حالة تكون القوتان المتساويتان في المقدار، والمتعاكستان في الاتجاه لا تشكلان ازدواجاً؟
- 5- أذكر مثالين عمليين للازدواج من غير الأمثلة المذكورة في الكتاب.
- 6- ضع علامة (✓) أمام العبارة الصحيحة، وعلامة (×) أمام العبارة الخاطئة.
- أ- عند ثبوت القوة يكون عزم القوة أكبر ما يمكن عندما يكون ذراعها أكبر ما يمكن ( )
- ب- عزم القوة هو كمية قياسية ( )
- ج- يكون الجسم المتوازن أكثر استقراراً إذا كانت مساحة القاعدة التي يرتكز عليها أكبر، وارتفاع مركز ثقله أخفض ( )
- د- سيارة الشحن تكون أكثر عرضة للانقلاب، إذا كان ارتفاع حمولتها أكبر ( )
- هـ- عزم الازدواج يعتمد دوماً على اختيار مركز العزم ( )
- و- قوة وزن الجسم تمر دوماً من مركز ثقله ( )
- ز- في التوازن المتعادل يظل ارتفاع مركز ثقل الجسم أثناء حركته غير ثابت بالنسبة للأرضية المرتكز عليها ( )

7- في الشكل (35) أحسب مجموع عزوم القوى الواقعة في مستوى الورقة حول محور عمودي على مستواها يمر:

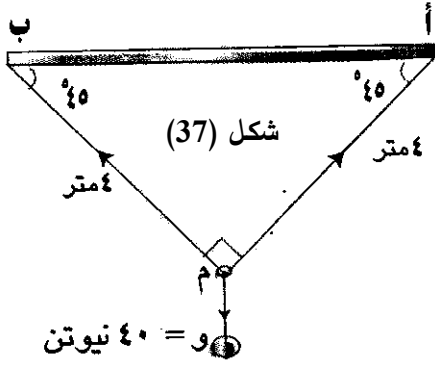


- أ- خلال (أ)  
ب- خلال (ب)

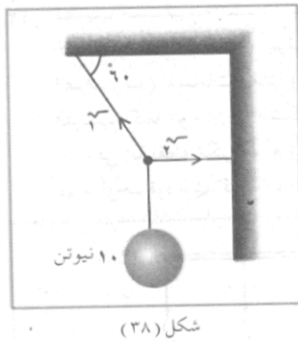
8- أحسب عزوم الازدواج في كل من الرسومات الواردة في الشكل (36)



9- رُبطَ حبلٌ طوله (8) أمتار في خطافين مثبتين في سقف



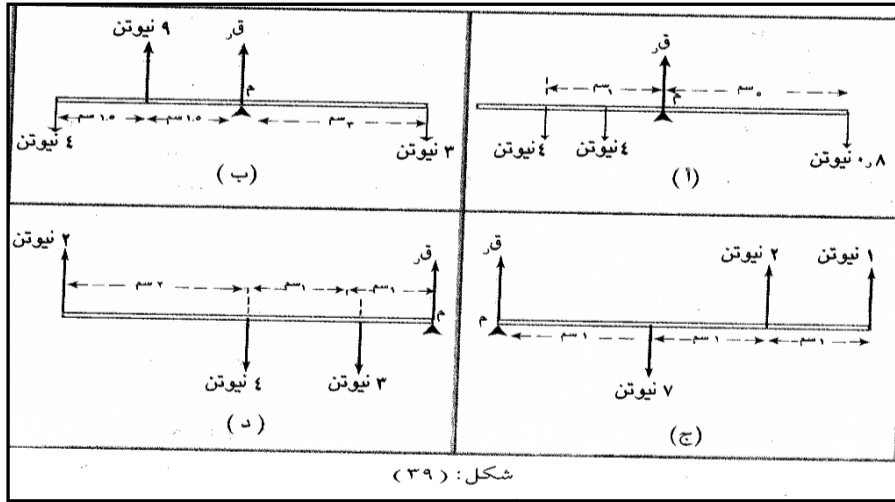
أفقي، في النقطتين (أ ، ب). ثم علق في نقطة (م) من منتصف الحبل ثقل قدره (40) نيوتن؛ بحيث تكون الزاوية أ م ب =  $90^\circ$  كما هو مبين في الشكل (37)، أوجد بطريقة مثلث القوى وبالطريقة التحليلية الشد في كل جزء من الحبل.



10- في الشكل (38) أوجد س<sub>1</sub>، س<sub>2</sub> في الحبلين بطريقة مثلث القوى، وبالطريقة التحليلية.



11- في الشكل (39) أيُّ الأجسام هي في حالة توازن، ثم أوجد القوة (قر)



شكل: (39)

**ملاحظة:** لإيجاد القوة

(قر) نأخذ العزوم حول

محور الدوران (م)

12- قضيب مستقيم

منتظم (أ ب) طوله متراً،

ويزن (8) نيوتن، علقت

فيه الأثقال (10، 3، 4،

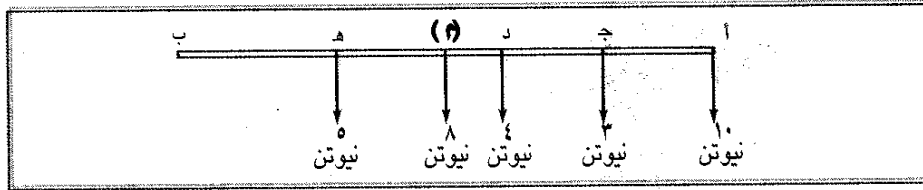
5) نيوتن، في النقاط (أ،

ج، د، هـ) التي تبعد عن الطرف (ب) المسافات (متراً واحداً 0.8 متراً، 0.6 متراً، 0.3 متراً) على

الترتيب، كما هو مبين في الشكل (40).

أ- في أية نقطة يمكن أن يُعلّق القضيب؛ بحيث يترن في وضع أفقي.

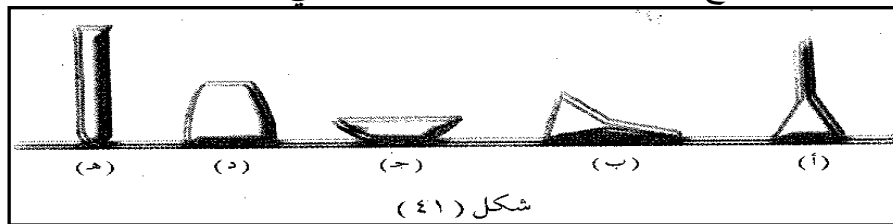
ب- أوجد قوة الشد في الحبل الذي تعلق به القضيب.



شكل (40)

13- في الشكل (41) أشكال من (أ) إلى (ج) تبين بعض الأواني المخبرية، وضعت على طاولة في

أوضاع مختلفة. أذكر نوع التوازن لكل واحد من هذه الأواني.



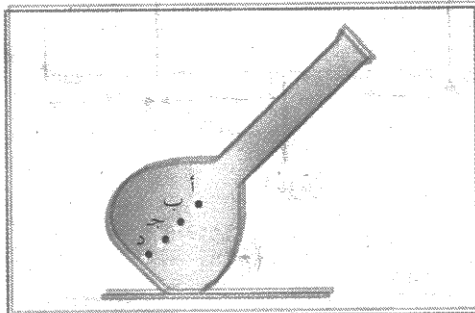
شكل (41)

14- في الشكل (42) دورق مختبر طويل ينقلب

نحو اليمين، ما هي النقطة الأكثر احتمالاً من

النقاط (أ، ب، ج، د) التي يمكن أن تكون

نقطة مركز ثقله مع إعطاء تفسير لجوابك.



شكل (42)

## إجابة تقويم الوحدة

ج1: أكمل العبارات:

أ) إذا أثرت عدة قوى متوازية مستوية على جسم فإن الجسم في حالة اتزان إذا كان:

1) المجموع الجبري للقوى المؤثرة على الجسم = صفر.

2) المجموع الجبري لعزوم القوى المؤثرة على الجسم حول نقطة = صفر .

ب) إذا أثرت 3 قوى مستوية متلاقية غير متوازية على جسم فإن الجسم يكون في حالة اتزان إذا كان:

1- المجموع للقوى المؤثرة على الجسم = صفر.

2- القوى الثلاث المؤثرة في الجسم متلاقية في نقطة.

ج2: أنظر

ج3: يكون عزم القوى = صفر إذا كان ذراع القوة = صفر .

ج4: إذا كانت القوتان على استقامة واحدة لا يحدث ازدواج.

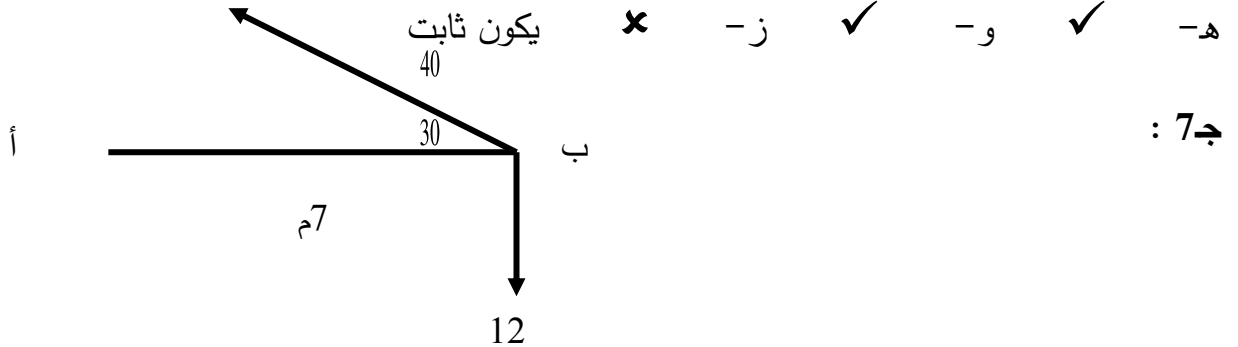
ج5: يحدث ازدواج في دوران ملف الجلفانومتر عندما يمر تيار بحيث يكون موجود في مجال مغناطيس .

كذلك دوران الملف داخل موتور المروحة أو الغسالة يكون بسبب الإزدواج .

ج6: ضع ( ✓ ) أم ( ✗ ) :

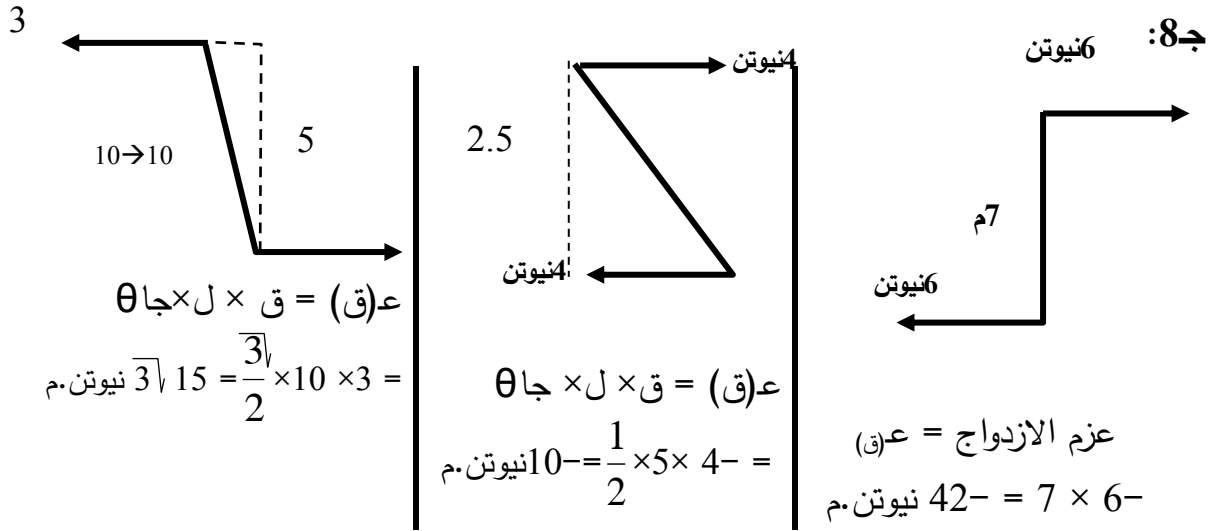
أ- ✓ ب- ✗ كمية متجهة ج- ✓ د- ✓

هـ- ✓ و- ✗ يكون ثابت ز- ✗



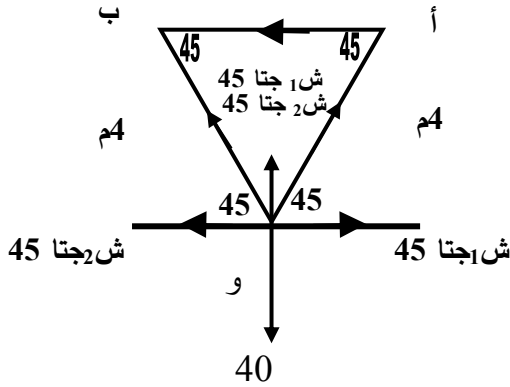
عزم الازدواج عند أ = 40 جا  $7 \times 12 - 7 \times 30 = 84 - 140 = -56$  نيوتن×متر

عزم القوة عند ب = صفر لأن القوى تعمل على المحور نفسه.



**ج9:** أولاً: طريقة مثلث القوى:

$$20 = \frac{40}{2\sqrt{2}} = 1 \text{ ش} \leftarrow \frac{1 \text{ ش}}{2\sqrt{2}} = \frac{40}{1} \leftarrow \frac{2 \text{ ش}}{45 \text{ جا}} = \frac{1 \text{ ش}}{45 \text{ جا}} = \frac{و}{90 \text{ جا}}$$



وأيضاً ش2 = 20 = 2 نيوتن.

ثانياً: بطريقة التحليل:

في الاتجاه السيني

مج قس = صفر

ش1 جتا 45 - ش2 جتا 45 = صفر.

ش1 جتا 45 = ش2 جتا 45

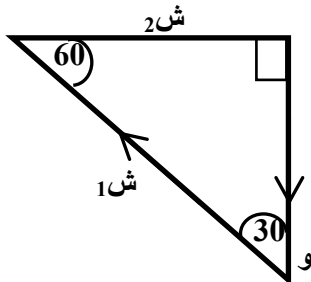
$$\therefore \boxed{\text{ش1}} = \boxed{\text{ش2}} \leftarrow (1)$$

في الاتجاه الصادي: مج قس = صفر

ش1 جا 45 + ش2 جا 45 - و = صفر

$$\boxed{\text{ش1}} \boxed{\text{جا 45}} + \boxed{\text{ش2}} \boxed{\text{جا 45}} - \boxed{و} = 0 \leftarrow (2)$$

من (1) في (2)  $\therefore \text{ش1} \times 1 + \frac{1}{2\sqrt{2}} \times 1 \times 40 - و = 0 \Rightarrow 40 = \frac{1}{2\sqrt{2}} \times 40 + و \Rightarrow و = 40 - \frac{40}{2\sqrt{2}} = 40 - 14.14 = 25.86 \text{ نيوتن}$



$\therefore \text{ش2} = 20 = 2\sqrt{2} \text{ نيوتن}$

**ج10:**

أولاً: بطريقة مثلث القوى:

$$\frac{10}{\frac{3\sqrt{3}}{2}} = \frac{1 \text{ ش}}{1} \leftarrow \frac{و}{60 \text{ جا}} = \frac{1 \text{ ش}}{90 \text{ جا}} \leftarrow \frac{و}{60 \text{ جا}} = \frac{2 \text{ ش}}{30 \text{ جا}} = \frac{1 \text{ ش}}{90 \text{ جا}}$$

$$\frac{20}{3\sqrt{3}} = 1 \text{ ش} = \text{نيوتن.}$$

$$\frac{10}{\frac{3\sqrt{3}}{2}} = \frac{2 \text{ ش}}{\frac{1}{2}} \leftarrow \frac{و}{60 \text{ جا}} = \frac{2 \text{ ش}}{30 \text{ جا}}$$

$$\frac{10}{3\sqrt{3}} = 2 \text{ ش} = \text{نيوتن.}$$

ثانياً: بالتحليل

$$\text{مج ق س} = \text{صفر} \leftarrow \text{ش}_2 - \text{ش}_1 \text{ اجتا } 60 = \text{صفر}$$

$$\text{مج ق س} = \text{صفر} \quad \therefore \text{ش}_2 = \text{ش}_1 \text{ اجتا } 60 (+)$$

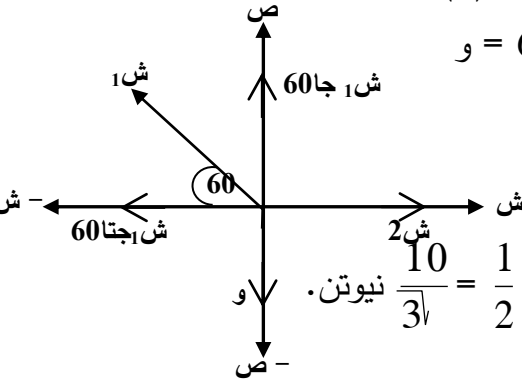
$$\therefore \text{ش}_1 \text{ جا } 60 - \text{و} = \text{صفر} \leftarrow \therefore \text{ش}_1 \text{ جا } 60 = \text{و}$$

$$\text{ش}_1 \times \frac{3}{2} = 10 \leftarrow \text{ش}_1 = \frac{20}{3\sqrt{3}} = \text{نيوتن.}$$

بالتعويض في (1)

$$\text{ش}_2 = \text{ش}_1 \text{ اجتا } 60$$

**ج11: شرط الاتزان: مج ع م = صفر.**



$$\therefore \text{ش}_2 = \frac{1}{2} \times \frac{20}{3\sqrt{3}} = \frac{10}{3\sqrt{3}} = \text{نيوتن.}$$

(أ) مج ع م =  $1 \times 4 + 0.5 \times 4 + 5 \times 0.8 = 4 + 4 + 4 = 12$  نيوتن سم.  $\therefore$  الجسم غير متزن.

قر =  $4 + 4 + 0.8 = 8.8$  نيوتن.

(ب) مج ع م =  $1.5 \times 9 - 3 \times 4 + 3 \times 3 = 13.5 - 12 + 9 = 10.5$  نيوتن.  $\therefore$  الجسم غير متزن.

قر =  $2 - 1 - 7 = 4$  نيوتن.

(ج) مج ع م =  $1 \times 7 - 2 \times 2 + 3 \times 1 = 7 - 4 + 3 = 6$  نيوتن.  $\therefore$  الجسم متزن.

قر =  $2 - 1 - 7 = 4$  نيوتن.

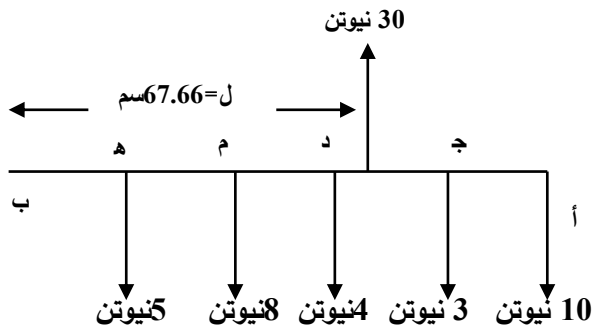
(د) مج ع م =  $4 \times 2 - 2 \times 4 + 1 \times 3 = 8 - 8 + 3 = 3$  نيوتن.  $\therefore$  الجسم غير متزن.

قر =  $2 - 4 + 3 = 1$  نيوتن.

**ج12: بأخذ عزم القوى حول ب**

(1) مج ع ب =  $1 \times 10 - 0.8 \times 3 - 0.6 \times 4 - 0.5 \times 8 + 0.3 \times 5 = 10 - 2.4 - 2.4 - 4 + 1.5 = 2.7$  نيوتن.

$\therefore$  لكي تزن الجسم يجب أن يؤثر عزم اتجاهه عكس عقارب الساعة مقداره 2.7 نيوتن.



∴ مجى = صفر .

∴ ش - 10 - 3 - 4 - 8 - 5 = صفر .

∴ ش = 30 نيوتن .

∴ مج عى = صفر

∴ ش × ل - 20.3 = صفر .

∴ 30 ل = 20.3

$$ل = \frac{20.3}{30} = 0.6766 = 67.66 \text{ سم}$$

**ج13 :**

شكل (أ) تتزن إذا أزيحت تعود لأن الخط المار بمركز الثقل له قاعدة كبيرة .

شكل (ب) إذا أثرت بقوة تقع وتتكسر .

شكل (ج) تعود إلى وضع الاتزان . كما في ( أ )

شكل (د) أكثرهم اتزاناً بسبب كبر مساحة القاعدة .

شكل (هـ) أقلهم اتزاناً بسبب صغر مساحة القاعدة فيسهل قلبها .

**ج14/** من المعروف لكي يعود الإتزان يجب أن يكون مركز الثقل أخفض نقطة على القاعدة وهي ( د

.)