الوحـــدة الأولـــى

توازن الأجسام الصلبة

علـم الميكانيكـــا: هو العلم الذي يدرس حالة الجسم سواءً كان ساكناً أو متحركاً.

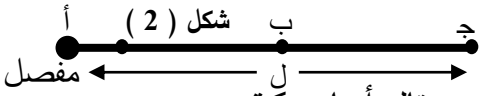
أنواعـــه:

1) **<u>الاستاتيكا:</u>** هو علم السكون الذي يهتم بدارسة توازن الأجسام تحت تأثير قوي.

2) **<u>الديناميكا:</u>** هو علم الحركة الذي يهتم بدراسة حركة الجسم.

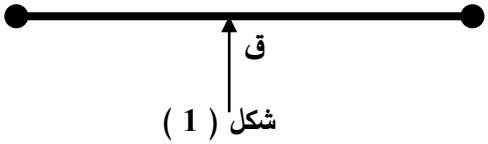
وفي هذه الوحدة سندرس علم السكون بدراسة توازن الأجسام.

عـزم القـوة:



شكل (2)

في شكل (1) إذا أثرت قوة على جسم فأنه يتحرك في اتجاهها ، ويقال أنها حركة انتقالية وتخضع لقوانين نيوتن بينما في شكل (2)



شكل (1)

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

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

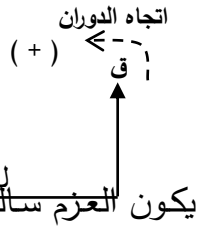
∴ حركة أي جسم حول محور ثابت مثل حركة دوران مفتاح صامولة حول محورها أو حركة باب حول مفاصلة بتأثير قوة يقال أن للقوة عزم.

المقصود بعزم القوة: يقاس بمقدار القوة على إحداث دوران جسم حول محور ثابت.

العوامل التي يتوقف عليها عزم القوة:

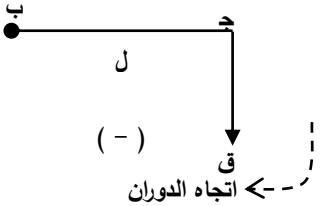
1- مقدار القوة واتجاهها. حيث **ع**ق α ق

2- البعد العمودي بين خط عمل القوة ومحور الدوران (ذراع القوة) حيث **ع**ق α ل.



عزم القوة = ق × ل = نيوتن م

وعزم القوة كمية متجهة لأنه عند الدوران مع عقارب الساعة يكون العزم سالباً، وفي عكس عقارب الساعة يكون العزم موجباً.



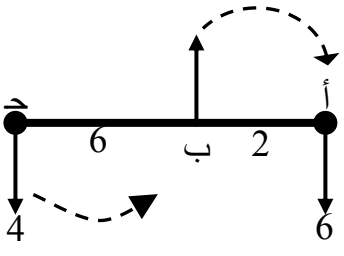
ملاحظـات:

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

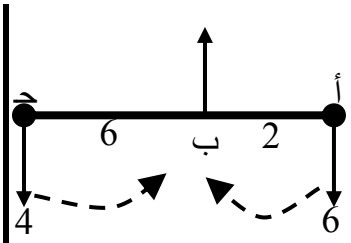
(2) يقل عزم القوة كلما قلت مقدار القوة أو كلما قل ذراع القوة.

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

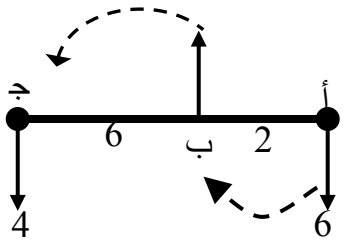
مثـــال: قضيب أ جـ طوله 8 متر وزنه مهمل تؤثر فيه 3 قوى رأسية قوتاً كما في الشكل أحسب: المجموع الجبري لعزوم القوى المؤثرة حول محور عمودي على مستوى المورقة يمر خلال النقاط أ ، ب ، جـ؟



الدوران حول (أ):
القوة (6) ليس لها عزوم لأنها تؤثر عند محور الدوران (أ)
عـم)ق) = −2×2 + 4× 8 = 28نيوتن م
∵ الإشارة موجبة.
∴اتجاه الدوران عكس عقارب الساعة



الدوران حول (ب) :
القوة (2) ليس لها عزم لأنها تؤثر عند محور الدوران(ب)
عـ ب (ق)= −6×2 + 4× 6 = 12نيوتن م
الدوران عكس عقارب الساعة



الدوران حول (جـ) :
عزم جـ = صفر
القوة (4) ليس لها عزم لأنها تؤثر عند محور الدوران.
عـــ جـ (ق)=6×8+2×6=−36 نيوتن م
∵ الإشارة سالبة.
∴ الدوران مع عقارب الساعة

الازدواج :

إذا أثرت قوتان متساويتان على جسم واحد فإن:

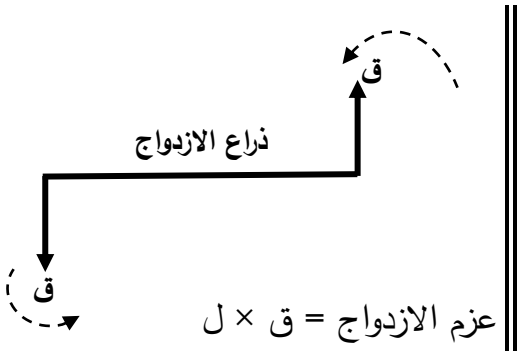
أ-إذا كانا على استقامة واحدة فإن القوة المحصلة هي:

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

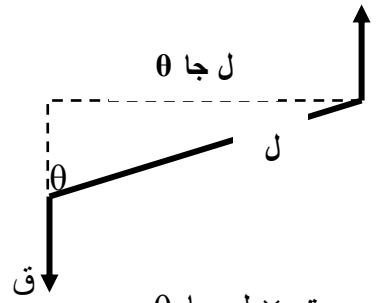
2.الفرق بينهما إذا كان في اتجاهين متضادين.

ب- **<u>إذا كانت القوتان متوازيتان وخط عملهما ليس على استقامة واحدة.</u>** 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.



عزم الازدواج = ق × ل



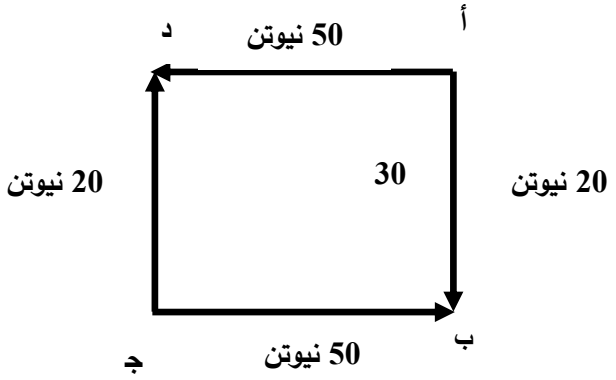
عزم الازدواج = ق × ل جا θ

اتجاه الدوران عكس عقارب الساعة .

<u>أمثلة لـــه:</u> عند فتح صنبور المياه أو إدارة مفتاح الباب فإننا نؤثر بقوتين متوازيتين على جسم واحد فيحدث دوران للجسم .

<u>مثـــال</u>

أ ، ب ، جـ ، د مربـع طـول ضـلعه 30م إذا أثرت قوتـان مقدار كل منهما 20 نيوتن في أب ، جـ د وقوتـان قيمـة كل منهما 50 نيوتن في أد ، جـ ب **أوجد الإزدواج المحصل (عزم الازدواج المكافئ)؟**



الحـــــــــل

القوتان (20 ، 20) نيوتن تعملان ازدواج عزمه ع$_1$ مع عقارب الساعة.

<u>عزم الازدواج الأول</u> = − 20 × 30 = −600 نيوتن متر .

القوتان (50 ، 50) نيوتن تعملان ازدواج عزمه ع$_2$ بعكس عقارب الساعة.

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

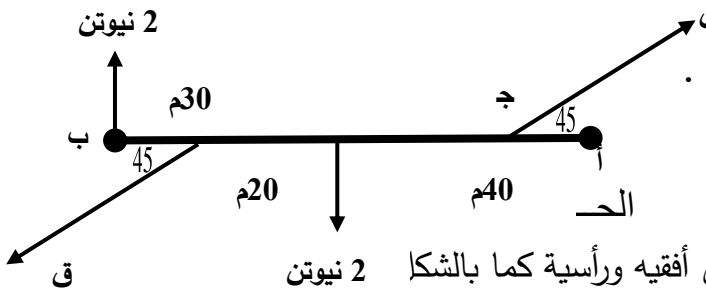
∵ ع = ع1 + ع2

∴ عزم الازدواج المحصل ع = 1500 – 600 = 900 نيوتن متر.

∵ الإشارة موجبة ∴ اتجاه الازدواج المكافئ عكس عقارب الساعة.

مثـــال

أوجد قيمة ق إذا كان الساق أ ب متزن .

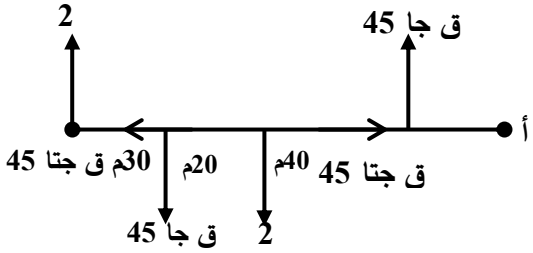


بتحليل كلٍ من القوتين إلى مركبتين أفقيه ورأسية كما بالشكا

القوتان 2 ، 2 تحدثان ازدوج حيث

ع$_1$ = −1× 50 =−100 نيوتن متر .

في اتجاه عقارب الساعة



القوتان ق جا 45 تحدثا ازدواج حيث

ع$_2$ = ق جا 45 × 60 =

في اتجاه عكس عقارب الساعة

∵ الساق متزنة ∴ مجموع عزوم الازدواجات = صفر

∴ ع = ع$_1$ + ع$_2$ = صفر

– 100 + ق جا 45 × 6 = صفر

ق جا 45 × 60 = 100 ⇐ 100 = 60 × $\frac{1}{\sqrt{2}}$ × ق ∴ ق= $\frac{100}{60}$ = $\frac{5\sqrt{2}}{3}$ نيوتن.

اتزان جسم صلب تحت تأثير ثلاث قوى

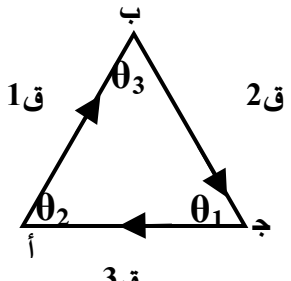
عرفنا أن قوتان يمكن أن يحدثا اتزان إذا كانا في اتجاهين مختلفين وعلى استقالة واحدة، ولكن هنا 3 قوى تؤثر على جسم فما هو شرط الاتزان.

شـروط الاتـــزان:

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

(2) أن تتلاقي الثلاث قوى في نقطة واحدة. $\sum_{ن=1}^{3}$ مجـ ق$_ن$ = صفر حيث ن = (1 ، 2 ، 3

مـلاحظـة هامـة:



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

أ)المجموع الجبري للمركبات السينية للقوى = صفر.

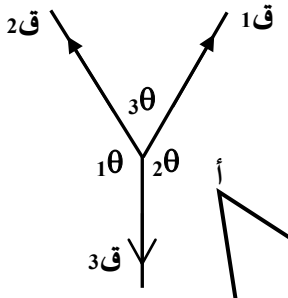
$$\sum_{ن=1}^{3} \text{ق}_{ن\,س} = \text{ق}_1\,س + \text{ق}_2\,س + \text{ق}_3\,س = \text{صفر}.$$

ب)المجموع الجبري للمركبات الصادية للقوى = صفر.

$$\sum_{ن=1}^{3} \text{ق}_{ن\,ص} = \text{ق}_1\,ص + \text{ق}_2\,ص + \text{ق}_3\,ص = \text{صفر}.$$

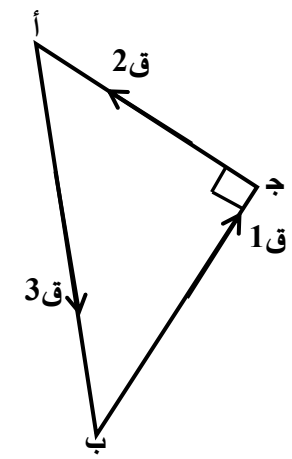
إذا اتزنت ثلاث قوى متلاقية في نقطة ورسم مثلث أضلاعه توازي خطوط عمل القوى وفي اتجاه دوري واحد فإن أضلاع المثلث تكون متناسبة مع مقادير القوى المناظرة ويسمى بمثلث القوي.

$$\therefore \quad \frac{\overleftarrow{\text{ق}_1}}{\text{أ ب}} = \frac{\overleftarrow{\text{ق}_2}}{\text{ب ج}} = \frac{\overleftarrow{\text{ق}_3}}{\text{ج أ}}$$



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

$$\therefore \quad \frac{\overleftarrow{\text{ق}_1}}{\text{جا}\theta_1} = \frac{\overleftarrow{\text{ق}_2}}{\text{جا}\theta_2} = \frac{\overleftarrow{\text{ق}_3}}{\text{جا}\theta_3}$$



<u>مثـــال (1):</u> ثلاث قوى متساوية مقاديرها ق1، ق2 ،18 نيوتن متلاقية في نقطة متزنة فإذا كانت الزاوية بين خطي عمل القوتيين الأولى والثانية 90^5 وبين الثانية والثالثة 120^5 فأوجد قيمة كلً من ق1، ق2؟

الحـــــــل

ق1 = 2 ق2 =؟ ق3 = 18

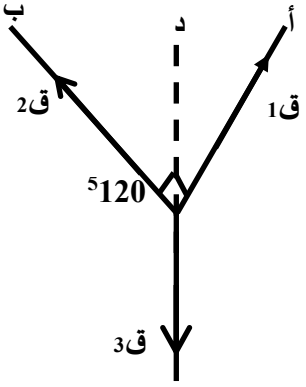
<u>حل أول: تطبيق قاعدة مثلث القوى:</u>

تمد خط عمل القوة الثالثة إلى د.

$$\because \quad \frac{\text{ق}_1}{\text{جا}\,1\theta} = \frac{\text{ق}_2}{\text{جا}\,2\theta} = \frac{\text{ق}_3}{\text{جا}\,3\theta}$$

$$\frac{\text{ق}_1}{\text{جا}\,60} = \frac{\text{ق}_2}{\text{جا}\,30} = \frac{\text{ق}_3}{\text{جا}\,90}$$

$$\therefore \quad \frac{18}{1} = \frac{\text{ق}_1}{\frac{3}{2}}$$



∴ ق$_1$ = 18 × $\frac{\sqrt{3}}{2}$ = 9$\sqrt{3}$ نيوتن

∴ $\frac{\text{ق}_2}{\frac{1}{2}}$ = $\frac{18}{1}$

ق$_2$ = 18 × $\frac{1}{2}$ = 9 نيوتن.

<u>حل ثاني: بالطريقة التحليلية:</u>

∵ مجـ ق$_س$ = صفر.

∴ ق$_1$ جتاθ_1 – ق$_2$ جتاθ_2 = صفر.

ق$_1$ جتاθ_1 = ق$_2$ جتاθ_2

ق$_1$ × $\frac{1}{2}$ = ق$_2$ × $\frac{\sqrt{3}}{2}$

ق$_1$ = $\sqrt{3}$ ق$_2$ ← (1)

∵ مجـ ق$_ص$ = صفر.

ق$_1$ جاθ_1 + ق$_2$ جاθ_2 – ق$_3$ = صفر.

ق$_1$ جاθ_1 + ق$_2$جاθ_2 = ق$_3$

بالتعويض من (1) ∴ ق$_2$ × $\frac{\sqrt{3}}{2}$ × $\sqrt{3}$ + ق$_2$ × $\frac{1}{2}$ = 18

$\frac{3\text{ ق}_2}{2}$ + $\frac{\text{ق}_2}{2}$ = 18

∴ $\frac{4\text{ق}_2}{2}$ = 18

2ق$_2$ = 18 ∴ ق$_2$ = $\frac{18}{1}$ = 9 نيوتن.

بالتعويض في(1) ق$_1$ = 9 $\sqrt{3}$ نيوتن.

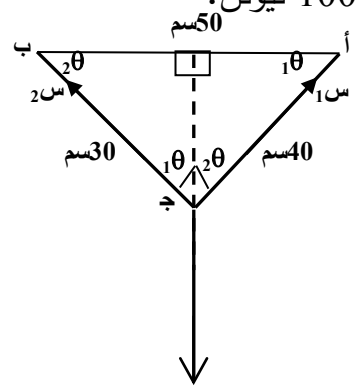
<u>مثـــال(2):</u>

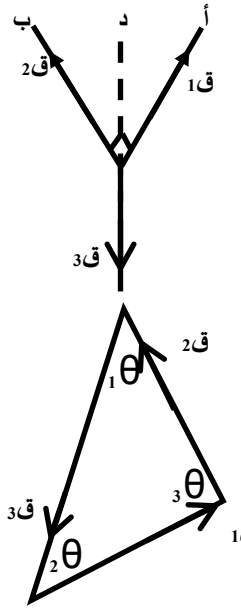
علق ثقل قدرة 100 نيوتن بخطين طوليهما 30سم، 40سم من نقطتين في خط أفقي واحد البعد بينهما 50 سم أوجد مقدار قوة الشد في الخيطين.

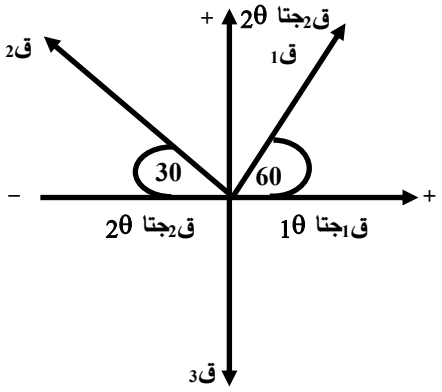
الحـــــــل

ش$_1$ = ؟ ش$_2$=؟ و=100 نيوتن.

حل أول: بتطبيق قاعدة مثلث القوى:







$\because \frac{\text{ش}_1}{\text{جا}\,\theta_1} = \frac{\text{ش}_2}{\text{جا}\,\theta_2} = \frac{\text{و}}{\text{جا}\,\theta_3}$

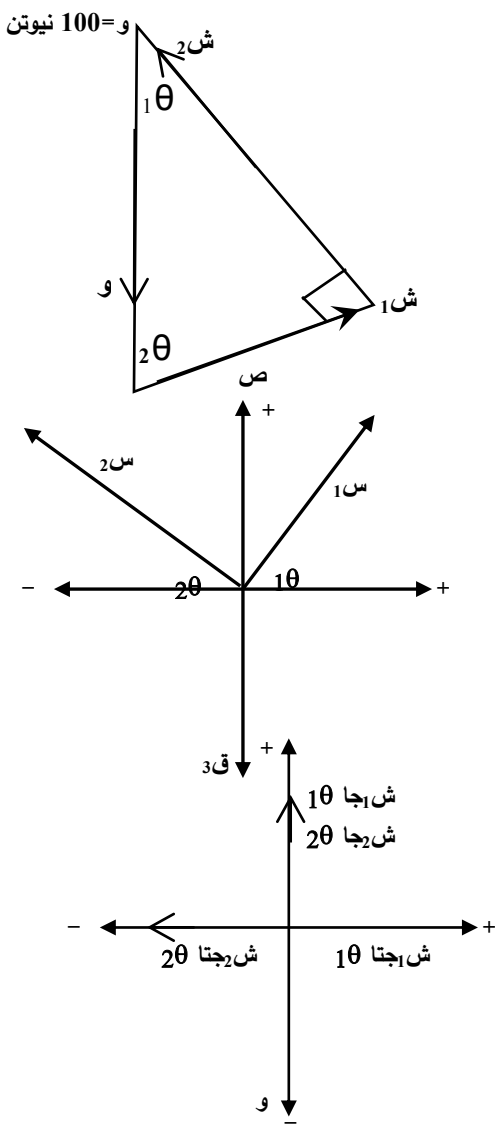
$\therefore \frac{\text{ش}_1}{\text{جا أ}} = \frac{\text{ش}_2}{\text{جا ب}} = \frac{100}{1}$

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

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

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

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



<u>حل ثانٍ</u>: بتطبيق الطريقة التحليلية.

$\because$ مجـ ق$_س$ = صفر.

$\therefore$ ش$_1$ جتاθ_1 − ش$_2$ جتاθ_2 = صفر

ش$_1$ جتاθ_1 = ش$_2$ جتاθ_2

$\therefore$ ش$_1$ × $\frac{40}{50}$ = ش$_2$ × $\frac{30}{50}$ $\Leftarrow$ 4 ش$_1$ = 3ش$_2$

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

$\because$ مجـ ق ص = صفر.

$\therefore$ ش$_1$جاθ_1 + ش$_2$جاθ_2 − و = صفر.

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

بالتعويض من (1)

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

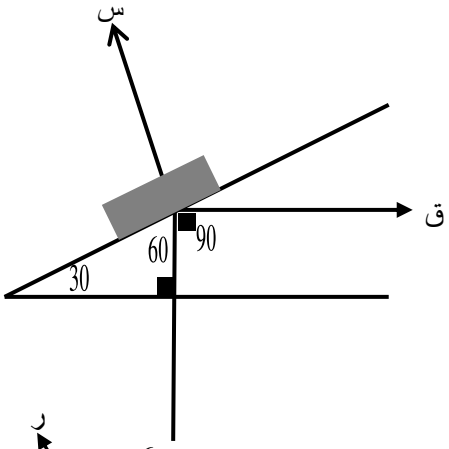
$$\therefore \frac{9}{20}\,\text{ش}_2 + \text{ش}_2\,\frac{4}{5} = 100$$

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

$25ش_2 = 2000$ $\quad\quad$ $\therefore ش_2 = \frac{2000}{25} = 80$ نيوتن.

بالتعويض في (1)

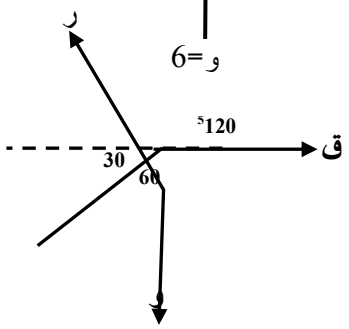
$ش_1 = \frac{3}{4} \times 80 = 60$ نيوتن.



مثـــال (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؟

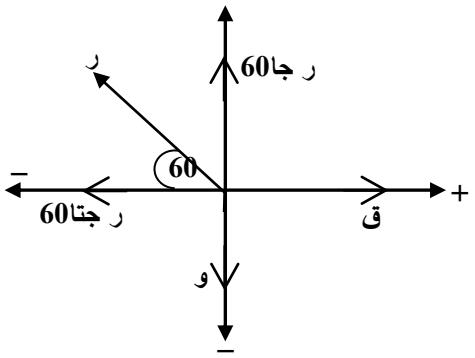
الحـــــل



بتطبيق قاعدة مثلث القوى بعد نقل القوى

$\frac{6}{جا120} = \frac{ق}{جا150} = \frac{ر}{جا90} \Leftarrow \frac{6}{جا60} = \frac{ق}{جا30} = \frac{ر}{1}$

$\therefore ر = \frac{6}{جا60} = \frac{6}{\frac{\sqrt{3}}{2}} = \frac{12}{3} = \frac{12}{\sqrt{3}} \times \frac{\sqrt{3}}{\sqrt{3}} = \frac{12\sqrt{3}}{3} = 4\sqrt{3}$ نيوتن



$\therefore ق = ر جا 30 = 4\sqrt{3} \times \frac{1}{2} = 2\sqrt{3}$ نيوتن

بطريقة التحليل:

مجـ $ق_س$ = صفر

$\therefore$ ق – ر جتا 60 = صفر.

ق = ر جتا 60

$ق = ر \times \frac{1}{2} \Leftarrow \boxed{ق = \frac{ر}{2}} \Leftarrow (1)$

$\because$ مجـ $ق_ص$ = صفر

ر جا 60 – و = صفر.

ر جا 60 = و $\Leftarrow$ ر جا 60 = 6

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

ر $= \frac{12}{3} = 4\sqrt{3}$ نيوتن.

بالتعويض في (1)

ق $= \frac{4\sqrt{3}}{2} = 2\sqrt{3}$ نيوتن.

اتزان جسم صلب خاضع لتأثير عدة قوى متوازية :

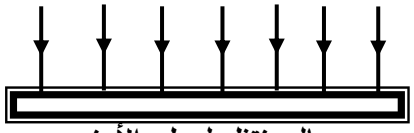
1- إذا كانت القوى تعمل على الدوران في عكس عقارب الساعة كان القياس الجبري لمتجه العزم موجباً .

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 .

$\therefore$ مجموع عزوم القوى بالنسبة لأي نقطة = عزم محصلة هذه القوى.

شروط الاتزان:

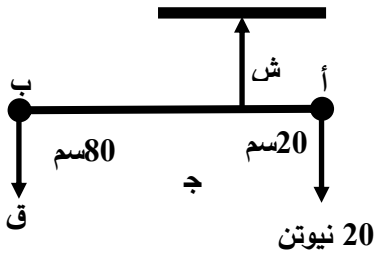


1- أن يكون المجموع الإتجاهي للقوى المؤثرة = صفر.

2- المجموع الجبري للمركبات السينية = صفر.

3- المجموع الجبري للمركبات الصادية = صفر .

مثال:



علق قضيب أ ب طوله 100سم بحبل من نقطة جـ التي تبعد 20سم 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؟

الحـــــل

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

مجـ عق = صفر.

∴ −20 × 20 + 80ق = صفر

80ق = 400 ∴ ق = $\frac{400}{80}$ = 5 نيوتن

2) بأخذ العزم عند أ

5 × 100 − ش × 20 = صفر.

20ش = 500 ∴ ش = $\frac{500}{20}$ = 25 نيوتن.

حل أخر:

∵ القضيب متزن ∴ ح = صفر.

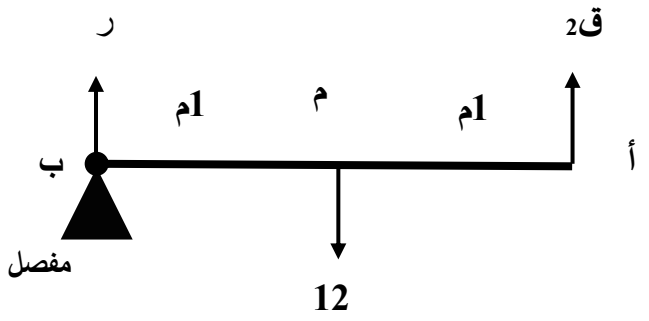
∴ ش = 20 + 5 = 25 نيوتن.

مثـــال:

قضيب أ ب طوله 2م يؤثر في منتصفه (م) قوة مقدارها 12 نيوتن ولأسفل وتؤثر قوة مجهولة $ق_2$ عند(أ) ولأعلى ، ويركز عند (ب) على مفصل. أوجد كل من:

1−مقدار القوة المجهولة؟

2−رد فعل المفصل؟



الحـــــل

1) نأخذ العزم عند ب حتى يكون لدينا مجهول واحد فقط هو $ق_2$.

∵ مجـ ع = صفر. ∴ $ق_2$ × 2 − 12 × 1 = صفر

∴ 2$ق_2$ = 12 $ق_2$ = $\frac{12}{2}$ = 6 نيوتن

2) نأخذ العزم عند م

6 × 1 − ر × 1 = صفر

∴ ر = 6 نيوتن.

حل أخر: محصلة القوى لأعلى = محصلة القوى لأسفل.

$ق_2$ + ر = 12

6 + ر = 12 ∴ ر = 6 نيوتن.

مركـز ثقل جسم صلب

مركــز الثقــل: هي نقطة وهمية يؤثر فيها ثقل الجسم وعند تعليقه منها يتخذ وضع مستقر أفقياً، وهو ثابت لا يتغير.

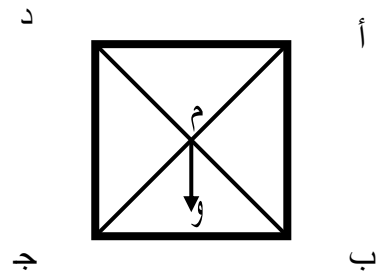
أولاً: إذا كان الجسم منتظم الشكل:

يكون مركز الثقل ينطبق على المركز الهندسي للجسم .

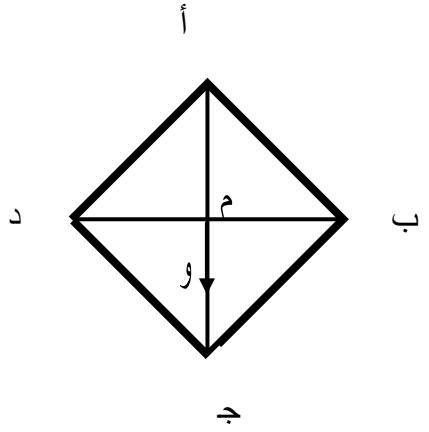
الشكـل	قضيب اسطواني	مربـع	مثلـث	كــرة
مركز الثقل	منتصفه	نقطــة تقــاطع القطرين	نقطــة تقــاطع المســتقيمات المتوسطة	في مركزها

ثانياً: إذا كان الجسم غير منتظم الشكل:

لو تصورنا مكعباً من الخشب وضع على قاعدته ب جـ كما في الشكل (1) فأن مركز الثقل(و)، ويكون الجسم مستقر بينما إذا ازيح إلى اليمين أو اليسار قليلاً فأنه سرعان ما يستعيد توازنه لأن خط عمل القوة (و) يمر خلال القاعدة بينما في شكل (2) إذا وضع المكعب عند رأس من رؤوسه ولتكن (جـ(فأنه 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 أخـر:

إذا وضـعنا قـارورة علـى قاعـدتها كمـا فـي شـكل (1) فأنهـا تسـتقر أو فـي وضـع تـوازن ، 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 أثرنا بقوة فأنها تكون دائماً المسافة ثابتة، ولا تميل فتتدحرج الأسطوانة، وتكون دائماً مستقرة، ويسمى ذلك بالأتزان المستقر.

تذكـر أن

1- إذا أثرت قوة على جسم مثبت حول مفصل فأنه يدور ويقال أن القوة عملت عزماً. ويتوقف على:

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

عزم القوة = ق × ل = نيوتن × م

2- إذا أثرت قوتان على جسم :

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

ب- إذا كانت القوتان متوازيتان (خط عملهما ليس على استقامة واحدة) فأنه 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 الخطأ.

أ- عند ثبوت القوة يكون عزم القوة أكبر ما يمكن عندما يكون ذراعها أكبر ما يمكن ( )

ب- عزم القوة هو كمية قياسية ( )

جـ- 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 ( )

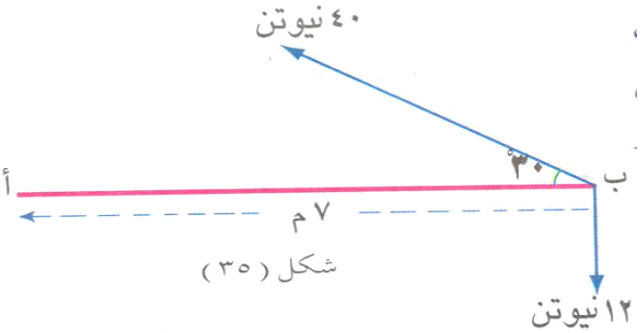
و- قوة وزن الجسم تمر دوماً من مركز ثقله ( )

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:

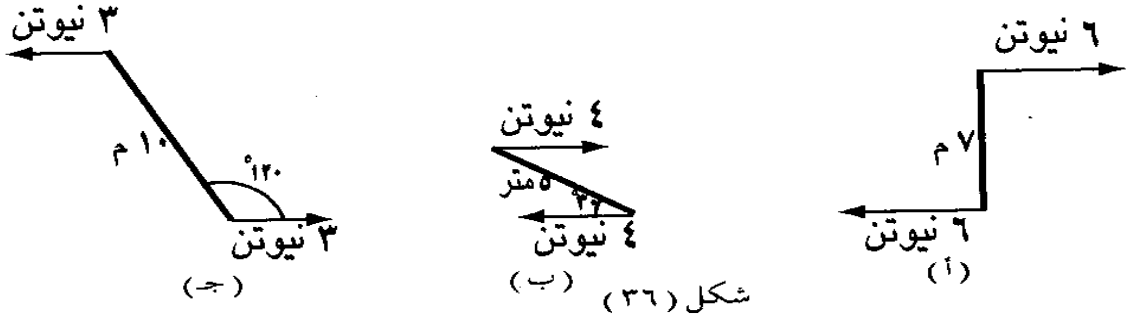
أ- خلال (أ)

ب- خلال (ب)



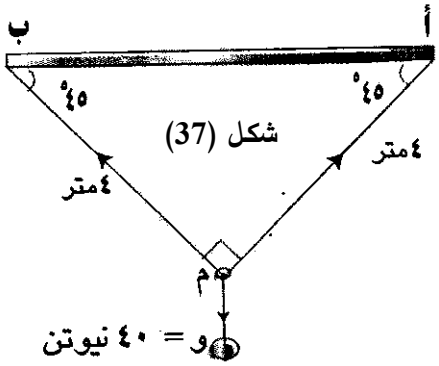
شكل (٣٥)

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



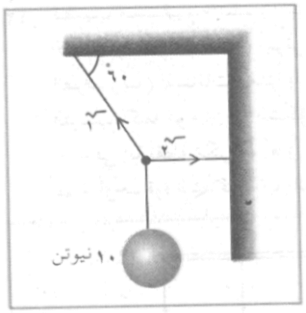
شكل (٣٦)

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^{5} كما هو مبين في الشكل (37)، أوجد بطريقة مثلث القوى وبالطريقة التحليلية الشد في كل جزء من الحبل.



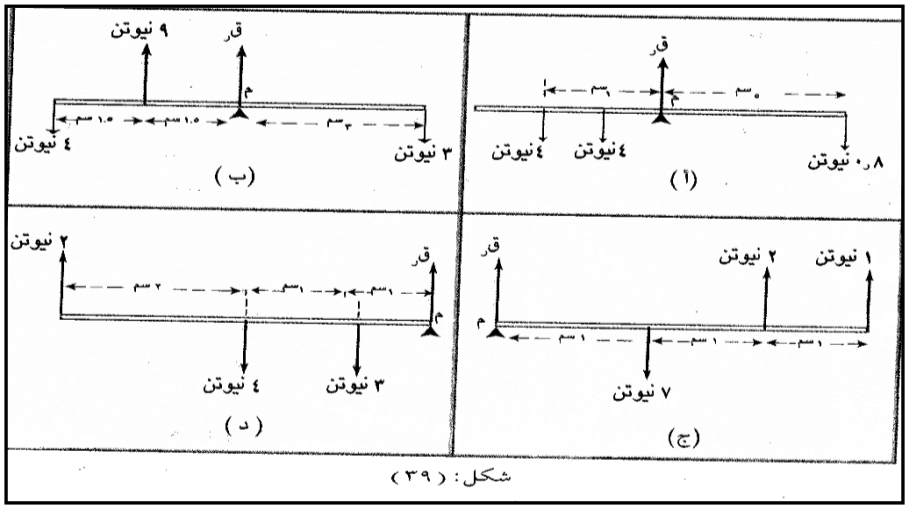
شكل (37)

10- في الشكل (38) أوجد س1، س2 في الحبلين بطريقة مثلث القوى، وبالطريقة التحليلية.



شكل (٣٨)

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



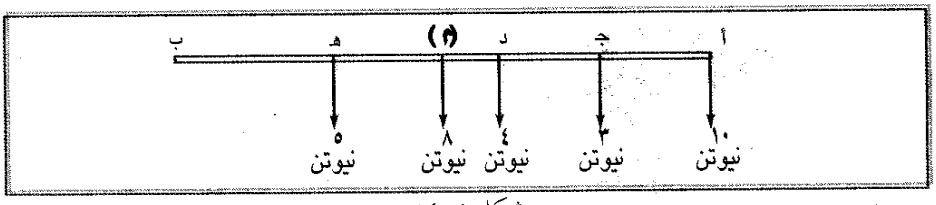
شكل: (٣٩)

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، جـ ، د ، هـ) التي تبعد عن الطرف (ب) المسافات (متراً واحداً 0.8 متراً ، 0.6متراً، 0.3 متراً) على الترتيب، كما هو مبين في الشكل (40).

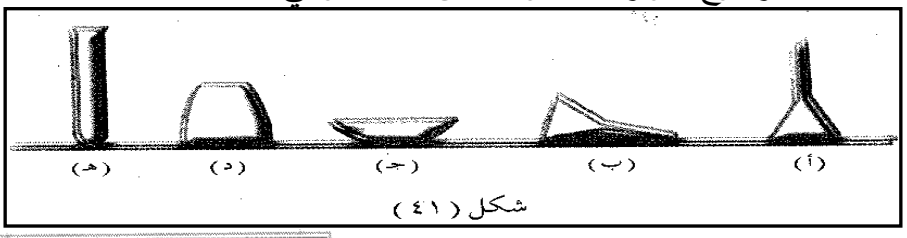
أ- في أية نقطة يمكن أن يُعَلَّقُ القضيب؛ بحيث يتزن في وضع أفقي.

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



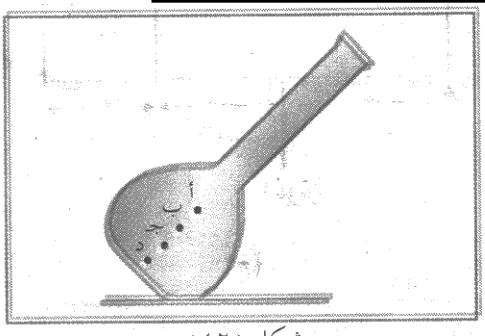
شكل (٤٠)

13- في الشكل (41) أشكال من (أ) إلى (جـ) تبين بعض الأواني المخبرية، وضعت على طاولة في أوضاع مختلفة. أُذكر نوع التوازن لكل واحد من هذه الأواني.



شكل (٤١)

14- في الشكل (42) دورق مختبر طويل ينقلب نحو اليمين، ما هي النقطة الأكثر احتمالاً من النقاط (أ ، ب ، جـ، د) التي يمكن أن تكون نقطة مركز ثقله مع إعطاء تفسير لجوابك.



شكل (٤٢)

إجابة تقويـم الوحـدة

جـ1: أكمل العبارات:

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

1) المجموع الجبري للقوة 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 فأن الجسم يكون في حالة اتزان إذا كان:

1- المجموع للقوى المؤثرة على الجسم = صفر.

2- القوى الثلاث المؤثرة في الجسم متلاقية في نقطة.

جـ2: أنظر

جـ3: يكون عزم القوى = صفر إذا كان ذراع القوة = صفر.

جـ4: إذا كانت القوتان على استقامة واحدة لا يحدث ازدواج.

جـ5: يحدث ازدواج في دوران ملف الجلفانومتر عندما يمر تيار بحيث يكون موجود في مجال مغناطيس .

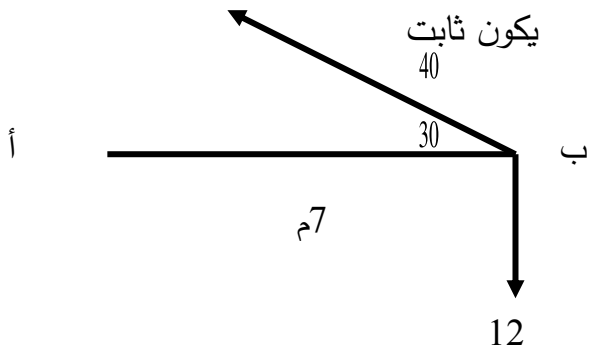
كذلك دوران الملف داخل موتور المروحة أو الغسالة يكون بسبب الإزدواج .

جـ6: ضع (✓) أم (✗) :

أ- ✓ ب- ✗ كمية متجهة ج- ✓ د- ✓

هـ- ✓ و- ✓ ز- ✗ يكون ثابت

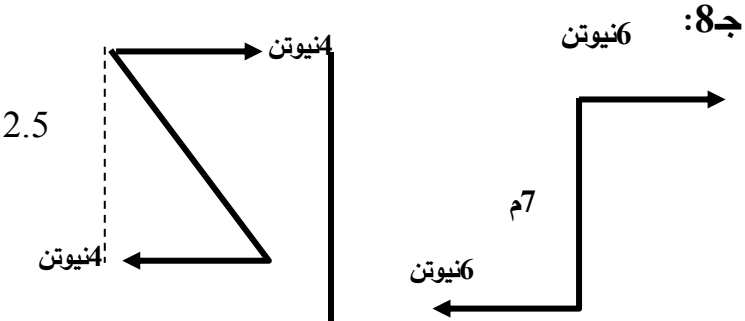
جـ7 :



عزم الازدواج عند أ = 40 جا 30 × 7 − 12 × 7 = 84 −140 = 56 نيوتن×متر

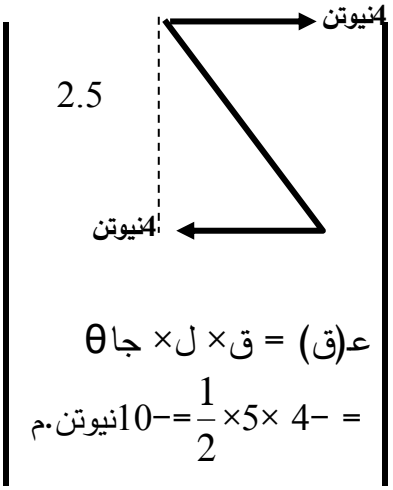
عزم القوة عند ب = صفر لأن القوى تعمل على المحور نفسه.

جـ8:



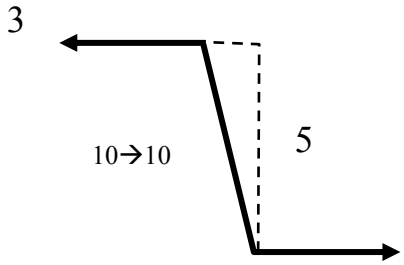
عزم الازدواج = ع(ق)

$= -6 \times 7 = -42$ نيوتن.م



ع(ق) = ق× ل× جا θ

$= -4 \times 5 \times \frac{1}{2} = -10$ نيوتن.م

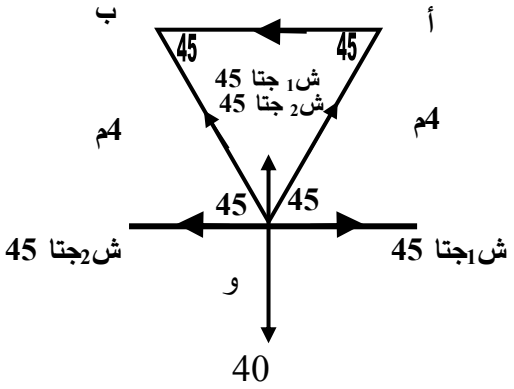


ع(ق) = ق × ل×جا θ

$= 3 \times 10 \times \frac{\sqrt{3}}{2} = 15\sqrt{3}$ نيوتن.م

جـ9 : <u>أولاً: طريقة مثلث القوى:</u>

$\frac{\text{و}}{\text{جا}90} = \frac{\text{ش}_1}{\text{جا}45} = \frac{\text{ش}_2}{\text{جا}45} \Leftarrow \frac{\text{ش}_1}{\frac{1}{\sqrt{2}}} = \frac{40}{1} \Leftarrow \text{ش}_1 = \frac{40}{\sqrt{2}} = 20\sqrt{2}$ نيوتن.



وأيضاً $\text{ش}_2 = 20\sqrt{2}$ نيوتن.

<u>ثانياً: بطريقة التحليل:</u>

في الاتجاه السيني

مجـ $\text{ق}_س$ = صفر

ش_1 جتا 45 – ش_2 جتا 45= صفر.

ش_1 جتا 45 = ش_2 جتا 45

∴ $\text{ش}_1 = \text{ش}_2$ ← (1)

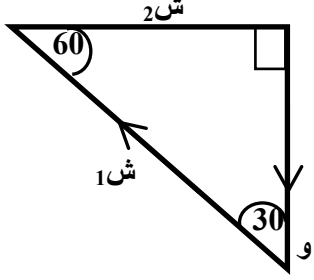
في الاتجاه الصادي: مجـ $\text{ق}_ص$ = صفر

ش_1 جا45 + ش_2 جا 45 – و = صفر

$\text{ش}_1 \text{ جا } 45 + \text{ش}_2 \text{ جا } 45 = 40$ ← (2)

من (1)في (2) ∴ $\text{ش}_1 \times \frac{1}{\sqrt{2}} + \text{ش}_1 \times \frac{1}{\sqrt{2}} = 40 \Leftarrow \frac{2\text{ش}_1}{2} = 40 \Leftarrow \text{ش}_1 = 20\sqrt{2}$ نيوتن

∴ $\text{ش}_2 = 20\sqrt{2}$ نيوتن.



جـ10 :

أولاً: بطريقة مثلث القوى:

$$\frac{ش_1}{جا 90} = \frac{ش_2}{جا 30} = \frac{و}{جا 60} \Leftarrow \frac{ش_1}{جا 90} = \frac{و}{جا 60} \Leftarrow \frac{ش_1}{1} = \frac{10}{\frac{\sqrt{3}}{2}}$$

$ش_1 = \frac{20}{\sqrt{3}}$ نيوتن.

$$\frac{ش_2}{جا 30} = \frac{و}{جا 60} \Leftarrow \frac{ش_2}{\frac{1}{2}} = \frac{10}{\frac{\sqrt{3}}{2}}$$

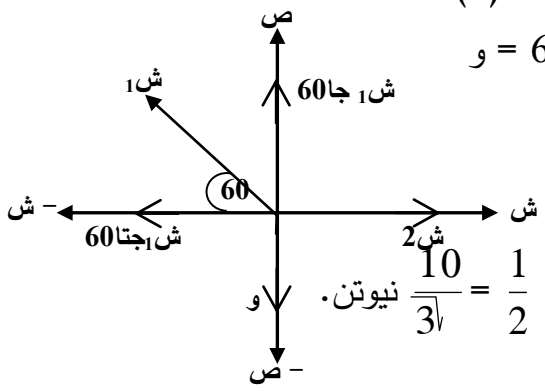
$ش_2 = \frac{10}{\sqrt{3}}$ نيوتن.

ثانياً: بالتحليل

مجـ $ق_س$ = صفر $\Leftarrow$ $ش_2 - ش_1$جتا 60 = صفر

مجـ $ق_س$= صفر ∴ $ش_2$= $ش_1$جتا 60 (+)

∴ ش1 جا 60 – و = صفر $\Leftarrow$ ∴ ش 1 جا 60 = و



$ش_1 \times \frac{3}{2} = 10 \Leftarrow ش_1 = \frac{20}{\sqrt{3}}$ نيوتن.

بالتعويض في (1)

$ش_2 = ش_1$ جتا 60 ∴ $ش_2 = \frac{20}{\sqrt{3}} \times \frac{1}{2} = \frac{10}{\sqrt{3}}$ نيوتن.

جـ11 : شرط الاتزان: مجـ $ع_م$= صفر.

(أ) مجـ $ع_م$= 0.8×5 + 4× 0.5 + 4×1 = −42 + 4 =2نيوتن سم. ∴ الجسم غير متزن.

$ق_ر$= 0.8 + 4 + 4 = 8.8 نيوتن.

(ب) مجـ $ع_م$ = −3×3+4×3−9×1.5=−9+12− 13.5 =10.5 نيوتن. ∴الجسم غير متزن.

$ق_ر$ = 7−1−2 = 4 نيوتن.

(جـ(مجـ $ع_م$= 1× 3+ 2×2 − 7 × 1 = 7 − 7 = صفر. ∴ الجسم متزن.

$ق_ر$ = 7−1−2 = 4 نيوتن.

(د) مجـ $ع_م$= 3 × 1 + 4 × 2 − 2× 4 = 3 + 8 −8 = 3 نيوتن ∴ الجسم غير متزن.

$ق_ر$ = 3+ 4 − 2 = 5 نيوتن.

جـ12: بأخذ عزم القوى حول ب

1) مجـ $ع_ب$= 10×1 − 3× 0.8 − 4×0.6− 8× 0.5− 5× 0.3 = −20.3 نيوتن.

∴ لكي تزن الجسم يجب أن يؤثر عزم اتجاهه عكس عقارب الساعة مقداره 20.3 نيوتن.

∵ مجق = صفر.

∴ ش – 10 – 3 – 4 – 8 – 5 = صفر.

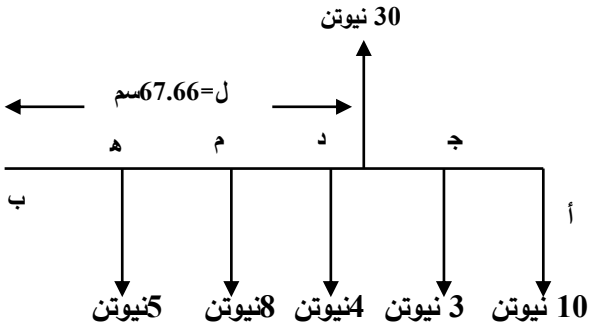
∴ ش = 30 نيوتن.

∴ مجـ عب = صفر

∴ ش × ل – 20.3 = صفر.

∴ 30 ل = 20.3

ل = $\frac{20,3}{30}$ = 0.6766 = 67.66سم



جـ13 :

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

شكل(ب) إذا أثرنا بقوة تقع وتنكسر .

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 .

جـ14/ من المعروف لكي يعود الإتزان يجب أن يكون مركز الثقل أخفض نقطة غلى القاعدة وهي (د) .