

## الوحدة الأولى : الميكانيكا

### الفصل الثاني : القوى والحروم

#### [ ١ - ٢ ] مفهوم القوة وتياسها

**القوة :** هي مؤثر خارجي يعمل على تغيير مقدار سرعة الجسم المتحرك أو اتجاه حركته أو كليهما ، وقد يغير من شكل الجسم ( يشوهه ) .

**وحدة قياس القوة :** تقاس القوة بوحدة " النيوتن " التي تعتبر الوحدة الأساسية للقوة في النظام العالمي للوحدات .

#### [ ٢ = ٢ ] أنواع خاصة من القوى

هناك عدة أنواع مختلفة من القوى منها : قوة الجاذبية الأرضية ، قوة الشد ، قوة التلامس العمودية ، قوة الاحتكاك وغيرها .

**قوة الجاذبية الأرضية :** هي القوة التي تؤثر بها الأرض على جميع الأجسام فتجذبها نحوها وتكسبها أوزانها .

#### نعتمد قوة الجاذبية الأرضية للأجسام على :

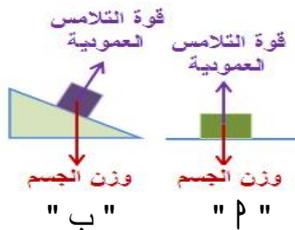
- (١) كتلة الجسم " ك " : تزداد قوة الجاذبية بازدياد كتلة الجسم .
  - (٢) شدة مجال الجاذبية الأرضية " ج " : تزداد قوة الجاذبية بزيادة قيمة تسارع الجاذبية ، فكلما ابتعدنا عن مركز الأرض قلت شدة مجال الجاذبية الأرضية ( تسارع الجاذبية الأرضية ) فيقل وزن الجسم .
- قوة الجاذبية " و ج = ك × ج "

**وزن الجسم :** هو مقدار القوة اللازمة لمنع الجسم من السقوط سقوطاً حراً وتساوي قوة جذب الأرض للجسم .  
وزن الجسم = قوة جذب الأرض للجسم = ك × ج

**ملاحظة :** يكون وزن جسم هو نفسه سواء كان ساكناً أو متحركاً بسرعة ثابتة .

**قوة الشد :** هي القوة التي يؤثر بها حبل على جسم عند ربطه وشده بالحبل .

تكون قوة الشد في جميع أجزاء الحبل هي نفسها ، وفي حالة استخدام حبل حول بكرة ملساء وخفيفة فإن الشد يكون متساوياً في جميع أجزاء الحبل ، وتعمل البكرة فقط على تغيير اتجاه القوة .



**قوة التلامس العمودية :** هي القوة التي تؤثر على الجسم عمودياً على مستوى التلامس وبعبداً على السطح وتظهر عندما يلامس الجسم سطحاً آخر .

**ملاحظة :** تكون قوة التلامس العمودية عمودية على سطح التلامس كما في

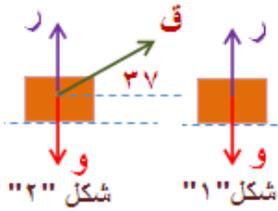
الشكلين " م " و " ب " ففي الشكل " م " تظهر قوة التلامس على جسم موضوع على سطح أفقي ، حيث تكون قوة التلامس عمودية على السطح الأفقي ، بينما في الشكل " ب " تظهر قوة التلامس المؤثرة على جسم موضوع على سطح مائل ، حيث تكون قوة التلامس العمودية عمودية على السطح المائل .

**سؤال [١]** جسم كتلته ١٠ كغم ، أوجد قوة التلامس العمودية الواقعة عليه في الحالات التالية :  
(١) عندما يكون على سطح أفقي .

(٢) عند سحبه بقوة ٥٠ نيوتن تميل بزاوية ٣٧° عن الأفقي .

(٣) عند وضعه على سطح مائل بزاوية ٥٣° .

**الإجابة :**



(١) عندما يكون السطح أفقي فإن :  $R = W = 10 \times 10 = 100$  نيوتن .

(٢) نحلل القوة " ق " إلى مركبتين سينية " و " وجتا " و جا٣٧ " .  
 $R + W \text{ جا} 37 = 100$

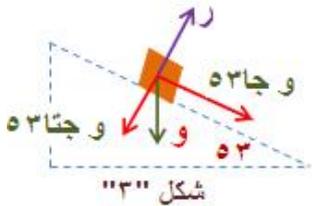
$R = 100 - 10 \times 0.6 = 34$  نيوتن .

(٣) عندما يكون على سطح مائل ، نحلل الوزن إلى مركبتين أحدهما موازية للسطح المائل والأخرى عمودية على السطح المائل .

و العمودية على السطح = ك جا٥٣ =  $10 \times 0.6 = 60$  نيوتن .

و الموازية للسطح = ك جا٥٣ =  $10 \times 0.8 = 80$  نيوتن .

$R = 80 - 60 = 20$  نيوتن .



**قوة الاحتكاك:** هي القوة التي تنشأ بسبب تداخل نتوءات السطحين المتلامسين محاولة منعهما من الانزلاق على بعضهما، وتكون دائماً باتجاه معاكس لاتجاه حركة الجسم .

تعتمد قوة الاحتكاك على طبيعة السطحين المتلامسين وعلى قوة التلامس العمودية المؤثرة على الجسم .

$$F_c \propto R, \text{ ومنها } F_c = \mu R$$

حيث :  $F_c$  : قوة الاحتكاك ،  $R$  : قوة التلامس العمودية ،  $\mu$  : معامل الاحتكاك .

وحدة قياس معامل الاحتكاك =  $R / F_c = \frac{\text{نيوتن}}{\text{نيوتن}} = 1$  ، أي ليس معامل الاحتكاك وحدة قياس .

وهناك نوعين من الاحتكاك : هما الاحتكاك السكوني والاحتكاك الحركي .

**قوة الاحتكاك السكوني :** هي قوة تنشأ لتلامس سطحين وتتغير حسب نوع السطحين وتبلغ أقصى قيمة لها عندما يكون الجسم على وشك الحركة .

عندما يكون الجسم ساكناً تكون قوة الاحتكاك السكوني صفراً ، وتزداد قوة الاحتكاك السكوني بزيادة القوة المؤثرة على جسم ، وتصل قوة الاحتكاك السكوني إلى أكبر قيمة لها عندما يكون الجسم على وشك الحركة ، وتكون قوة الاحتكاك السكوني قوة متغيرة .

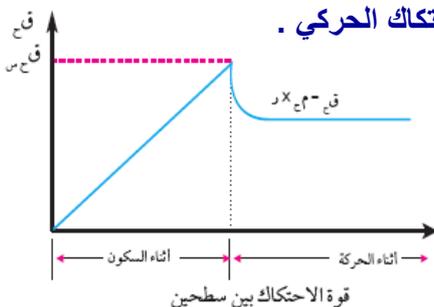
**قوة الاحتكاك الحركي :** تسمى قوة الاحتكاك عندما يكون الجسم متحركاً بقوة الاحتكاك الحركي ، وتكون قوة الاحتكاك

الحركي أقل من قوة الاحتكاك السكوني ، لأن معامل الاحتكاك السكوني أكبر من معامل الاحتكاك الحركي [  $\mu_s > \mu_k$  ]

**سؤال [٢]** علل : القيمة القصوى لمعامل الاحتكاك السكوني أكبر من معامل الاحتكاك الحركي .

**الإجابة :**

وذلك لوجود زمن كافي لتداخل النتوءات في حالة السكون، أما في حالة الحركة فلا يكون هناك زمناً كافياً لتداخل النتوءات.



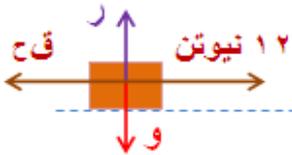
**سؤال [٣]** علل : عدم حركة بعض الأجسام عند التأثير عليها ببعض القوى ؟

قوة الاحتكاك بين سطحين

## الإجابة :

وذلك لأن : أما أن تكون القوى المؤثرة أقل من قوى الاحتكاك ، أو أن القوى المؤثرة متزنة ومحصلتها صفر .  
والشكل السابق يبين قوة الاحتكاك بين سطحين .

**سؤال [٤]** جسم موضوع على سطح أفقي خشن ، كتلته ٥ كغم ، أثرت عليه قوة مقدارها ١٢ نيوتن موازية للسطح ولم يحدث تحريك للجسم ، احسب :  
(١) مقدار قوة التلامس العمودية المؤثرة على الجسم " ر " .  
(٢) قوة الاحتكاك بين الجسم والسطح وما نوعها سكوني أو حركي .



## الإجابة :

(١) قوة التلامس العمودية " ر " = وزن الجسم = ٥ كجم

$$= ١٠ \times ٥ = ٥٠ \text{ نيوتن .}$$

(٢) قوة الاحتكاك = القوة المؤثرة على الجسم = ١٢ نيوتن ،  
لأن الجسم لم يتحرك بعد ، إذاً قوة الاحتكاك سكوني .

ملاحظة : عندما يكون الجسم ساكناً ولم يكن هناك قوة مؤثرة على الجسم فإن قوة الاحتكاك تساوي صفراً ، وعندما تؤثر على الجسم بقوة أفقية معينة ولم يحدث تحريك للجسم فإن قوة الاحتكاك تساوي القوة المؤثرة وهي سكونية ، وكلما زادت القوة المؤثرة على الجسم زادت قوة الاحتكاك ، إلى أن يصبح الجسم على وشك الحركة ، وعندها تكون قوة الاحتكاك أكبر ما يمكن ، وعندما يتحرك الجسم تبقى قوة الاحتكاك نفسها مهما زادت القوة المؤثرة على الجسم .

## [٢-٣] اتزان الجسم الصلب :

يكون الجسم في وضع الاتزان عندما يكون : ساكناً ( اتزان ساكن ) أو متحركاً بسرعة ثابتة في خط مستقيم ( اتزان متحرك ) .

يتزن الجسم الصلب تحت تأثير عدة قوى مستوية ومتلاقية في نقطة عندما تكون محصلة هذه القوى صفراً . أي أن :

$$\sum \vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \dots = \text{صفراً}$$

ولحدوث الاتزان يجب أن يكون مجموع المركبات السينية ومجموع المركبات الصادية تساوي صفراً .

$$\sum \vec{F}_x = 0 \text{ ، وكذلك } \sum \vec{F}_y = 0$$

**اتزان القوى :** إذا اتزن جسم تحت تأثير ثلاث قوى مستوية ، فإن محصلة أي قوتين تساوي القوة الثالثة في المقدار وتعاكسها في الاتجاه ، ويمكن تمثيل هذه القوى بأضلاع مثلث ينطبق عليها قانون الجيوب ( قاعدة لامي).

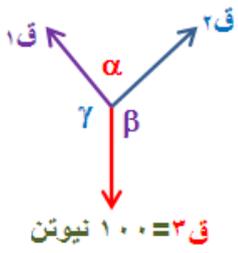
قاعدة لامي : إذا اتزن جسم تحت تأثير ثلاث قوى مستوية فإن :

$$\frac{\text{القوة الأولى}}{\text{جيب الزاوية بين القوتين الأخرين}} = \frac{\text{القوة الثانية}}{\text{جيب الزاوية بين القوتين الأخرين}} = \frac{\text{القوة الثالثة}}{\text{جيب الزاوية بين القوتين الأخرين}}$$

**مركز الثقل ( نقطة التوازن) :** لجميع الأجسام نقطة توازن تسمى مركز الجاذبية أو مركز الثقل .

**مركز الثقل :** هو النقطة التي يبدو أن تأثير الجاذبية مركز فيها ، وهو نقطة تأثير محصلة أوزان الجسيمات الصغيرة التي يتكون منها الجسم .

**سؤال [5]** باستخدام طاولة القوى اتزنت القوتين ق<sub>١</sub> ، ق<sub>٢</sub> مع القوة ق<sub>٣</sub> = ١٠٠ نيوتن ، فإذا كانت زاوية α = ٩٠° ، وزاوية β = ١٢٠° ، كما هو مبين بالشكل المجاور ، أوجد قيمة كل من ق<sub>١</sub> ، ق<sub>٢</sub> ، بطريقة لامي مرة وبطريقة التحليل مرة أخرى .



**الإجابة :**

طريقة قاعدة لامي :

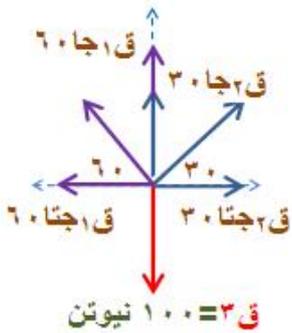
$$\frac{Q_1}{\sin 60^\circ} = \frac{Q_2}{\sin 120^\circ} = \frac{100}{\sin 90^\circ}$$

$$Q_1 = \frac{60 \times 100}{1} = 60 \text{ جتا} = 60 \text{ نيوتن}$$

$$Q_2 = \frac{120 \times 100}{1} = 120 \text{ جتا} = 120 \text{ نيوتن}$$

**طريقة التحليل :**

نحلل القوتين ق<sub>١</sub> ، ق<sub>٢</sub> كل منهما إلى مركبتين سينية وصادية .



$$\sum F_x = 0 \Rightarrow 60 \cos 60 - 120 \cos 120 = 0$$

$$30 - 120 \times (-0,5) = 0 \Rightarrow 30 + 60 = 0 \Rightarrow 90 = 0$$

$$\sum F_y = 0 \Rightarrow 60 \sin 60 + 120 \sin 120 - 100 = 0$$

$$30\sqrt{3} + 120 \times \frac{\sqrt{3}}{2} - 100 = 0$$

$$30\sqrt{3} + 60\sqrt{3} - 100 = 0 \Rightarrow 90\sqrt{3} - 100 = 0$$

$$90\sqrt{3} = 100 \Rightarrow \sqrt{3} = \frac{100}{90} \Rightarrow \sqrt{3} = \frac{10}{9}$$

**سؤال [6]** جسم وزنه ٢٠٠ نيوتن معلق بواسطة حبلين في سقف أفقي كما في الشكل المجاور ، احسب قوة الشد بالحبل عندما يتزن الجسم .

**الإجابة :**

نحلل قوة الشد ش<sub>١</sub> إلى مركبتين سينية وصادية .

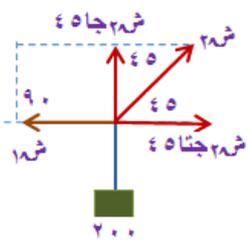
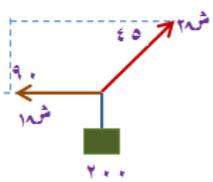
$$\sum F_x = 0 \Rightarrow 45 \cos 45 - 18 = 0$$

$$45 \times \frac{\sqrt{2}}{2} - 18 = 0 \Rightarrow 45\sqrt{2} = 36 \Rightarrow \sqrt{2} = \frac{36}{45} = \frac{4}{5}$$

$$\sum F_y = 0 \Rightarrow 45 \sin 45 + 45 - 200 = 0$$

$$45 \times \frac{\sqrt{2}}{2} + 45 - 200 = 0 \Rightarrow 45\sqrt{2} + 45 - 200 = 0$$

$$45\sqrt{2} = 155 \Rightarrow \sqrt{2} = \frac{155}{45} = \frac{31}{9}$$

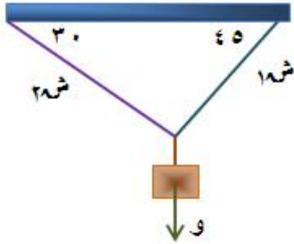


$$\text{شـ} ٢ = \frac{٢٠٠}{٤} = \frac{٢٠٠}{٠,٧} = ٢٨٥,٧ \text{ نيوتن .}$$

بالتعويض في المعادلة الأولى :

$$\text{شـ} ١ = ٢ \text{ شـ} ٢ \text{ جتا } ٤٥$$

$$٢٠٠ = ٠,٧ \times ٢٨٥,٧ =$$



سؤال [٧] من الشكل المجاور احسب مقدار كل من شـ ١ ، شـ ٢ ، إذا كان الجسم متزنًا .

الإجابة :

من الشكل المجاور نحلل كل من قوة الشد شـ ١ ، شـ ٢ إلى مركبتين سينية وصادية .

بما أن الكتلة متزنة ، فإن  $\sum U = 0$  ، وكذلك  $\sum V = 0$  .

$$\sum U = 0 \Rightarrow \text{شـ} ١ \text{ جتا } ٤٥ - \text{شـ} ٢ \text{ جتا } ٣٠ = 0$$

$$\text{شـ} ١ = \frac{٠,٨٦٦}{٠,٧} \times \text{شـ} ٢$$

$$\text{شـ} ١ = ١,٢٤ \times \text{شـ} ٢$$

$$\sum V = 0 \Rightarrow \text{شـ} ١ \text{ جا } ٤٥ + \text{شـ} ٢ \text{ جا } ٣٠ - و = 0$$

$$\text{شـ} ١ \text{ جا } ٤٥ + \text{شـ} ٢ \text{ جا } ٣٠ = و$$

$$\sum U = 0 \Rightarrow \text{شـ} ١ \text{ جتا } ٤٥ - \text{شـ} ٢ \text{ جتا } ٣٠ = 0$$

بالتعويض بدل شـ ١ من المعادلة الأولى :

$$١,٢٤ \times \text{شـ} ٢ \text{ جتا } ٤٥ = \text{شـ} ٢ \text{ جتا } ٣٠$$

$$١,٢٤ \times ٠,٨٦٦ = ٠,٥ \times ٢$$

$$\text{شـ} ٢ = \frac{٤٠}{١,٣٦٦} = ٢٩,٢٨ \text{ نيوتن .}$$

$$\text{شـ} ١ = ١,٢٤ \times ٢٩,٢٨ = ٣٦,٣١ \text{ نيوتن .}$$

سؤال [٨] من الشكل المجاور احسب مقدار كل من شـ ١ ، شـ ٢ ، إذا كان الجسم متزنًا .

الإجابة :

من الشكل المجاور نحلل كل من قوة الشد شـ ١ ، شـ ٢ إلى مركبتين سينية وصادية .

بما أن الكتلة متزنة ، فإن  $\sum U = 0$  ، وكذلك  $\sum V = 0$  .

$$\sum U = 0 \Rightarrow \text{شـ} ١ \text{ جتا } ٥٣ - \text{شـ} ٢ \text{ جتا } ٣٧ = 0$$

$$\text{شـ} ١ = \frac{٠,٦}{٠,٨} \times \text{شـ} ٢$$

$$\text{شـ} ١ = ٠,٧٥ \times \text{شـ} ٢$$

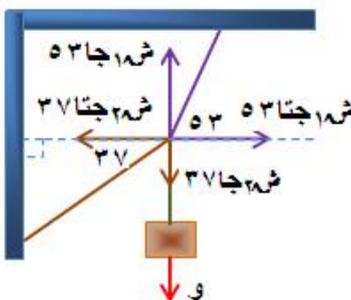
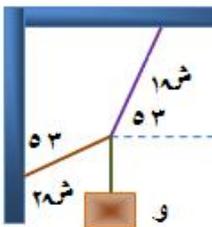
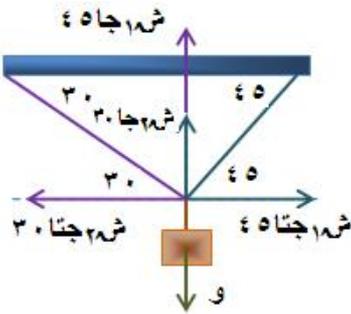
$$\sum V = 0 \Rightarrow \text{شـ} ١ \text{ جا } ٥٣ + \text{شـ} ٢ \text{ جا } ٣٧ - و = 0$$

$$\text{شـ} ١ \text{ جا } ٥٣ + \text{شـ} ٢ \text{ جا } ٣٧ = و$$

$$\text{شـ} ١ \text{ جا } ٥٣ + ٠,٧٥ \times \text{شـ} ٢ \text{ جا } ٣٧ = و$$

$$٠,٧٥ \times ١,٣٣ \times \text{شـ} ٢ + ٠,٦ \times \text{شـ} ٢ = و$$

$$١,٠٦٤ \times \text{شـ} ٢ = و$$



$$٠,٤٦٤ \text{ شـ} = ٢ = ٦٠$$

$$\text{شـ} = ٢ = \frac{٦٠}{٠,٤٦٤} = ١٢٩,٣١ \text{ نيوتن .}$$

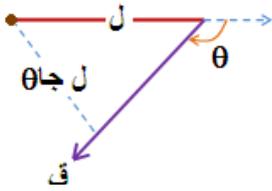
بالتعويض بدل شـ ١ من المعادلة الأولى :

$$\text{شـ} = ١ = ١,٣٣ = ١٢٩,٣١ \times ١,٣٣ = ١٧٢ \text{ نيوتن .}$$

## [ ٢ - ٤ ] العزم :

**عزم القوة :** هو الأثر الدوراني للقوة المؤثرة على الجسم القابل للدوران حول المحور .

عندما تؤثر قوة على جسم ويكون خط عمل القوة غير مار من نقطة اتزان الجسم " مركز الثقل " فإن الجسم يدور حول محور ثابت .



## يعتمد الأثر الدوراني لقوة تؤثر في جسم على العوامل التالية :

١. مقدار القوة .
  ٢. بعد نقطة تأثير القوة عن نقطة الارتكاز .
- عزم القوة = مقدار القوة  $\times$  بعدها العمودي عن محور الدوران .
- $$\vec{C} = \vec{L} \times \vec{F}$$
- $$C = L \sin \theta$$

$\vec{C}$  : عزم القوة حول محور الدوران ويقاس بوحدة نيوتن.متر ،  $\vec{F}$  : القوة المؤثرة ،

$\vec{L}$  : متجه الموضع لنقطة تأثير القوة وهو البعد بين محور الدوران ونقطة تأثير القوة واتجاهه من محور الدوران إلى نقطة تأثير القوة .

$\theta$  : الزاوية بين  $\vec{L}$  ،  $\vec{F}$  ، كما في الشكل المجاور .

يحدد اتجاه عزم القوة حسب قاعدة اليد اليمنى ، اجعل أصابع اليد اليمنى تشير إلى اتجاه  $\vec{L}$  ثم دورها باتجاه  $\vec{F}$  بأصغر زاوية فيشير الإبهام إلى اتجاه عزم القوة .

**ذراع الازدواج :** هو البعد العمودي بين قوتي الازدواج ويقاس بوحدة " المتر " .

**سؤال [٩]** بين أن وحدة عزم القوة هي : نيوتن.متر ، ثم وضح متى ينعدم عزم الدوران ، ثم أثبت أن :

$L \sin \theta = L'$  ، كما في الشكل المجاور ، وبالتالي فإن :

$$C = C'$$

**الإجابة :**

من العلاقة :  $C = L \sin \theta$

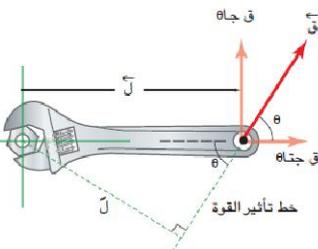
وحدة  $C =$  نيوتن.متر .

ينعدم عزم الازدواج عندما :

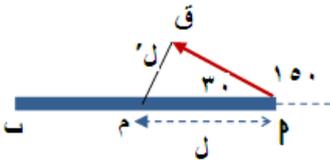
١. عندما  $\theta = 0$  = صفر ن أي عندما يكون متجه القوة المؤثرة موازياً لمتجه الموقع لنقطة تأثير القوة .

٢. إذا كانت القوة أو خط عملها يمر بمحور الدوران أي  $L = 0$  = صفر .

$C = L \sin \theta$  ،  $L \sin \theta = L'$  لذلك يكون  $C = C'$  .



سؤال [ ١٠ ] ب قضيب طوله ٣ م قابل للدوران حول محور عمودي يمر بمنتصفه " م " ، اثرت في طرفه " ب " قوة مقدارها ٢٠ نيوتن في الاتجاه المبين في الشكل ، احسب عزم القوة مقداراً واتجهاً .

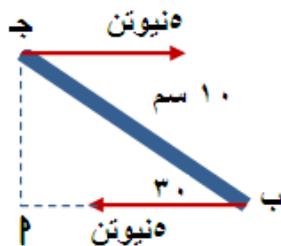


الإجابة :

$$\begin{aligned} \text{ع } \tau &= \text{ل جا } \theta = 1,5 \times 20 = 30 \text{ جا } 30^\circ = 15 \text{ نيوتن.متر} \\ &= 30 \times 0,5 = 15 \text{ نيوتن.متر} \\ &\text{باتجاه عكس عقارب الساعة} \\ &\text{أي أن ع } \tau = + 15 \text{ نيوتن.متر} \end{aligned}$$

سؤال [ ١١ ] احسب عزم الازدواج المؤثر في القضيب المبين في الشكل المجاور .

الإجابة :



عزم الازدواج =  $\tau = \text{ل جا } \theta$

$$\begin{aligned} &= 30 \text{ جا } 30^\circ = 15 \text{ نيوتن.متر} \\ &= 0,25 \times 0,5 = 0,125 \text{ نيوتن.متر} \end{aligned}$$

سؤال [ ١٢ ] اختر أي محور دوران ، واختبر إذا كان القضيب المبين في الشكل المجاور في وضع اتزان أو لا .

الإجابة :



نختار محور الدوران عند نقطة في منتصف القضيب " م " .

نجد مجموع عزوم القوى الثلاث حول النقطة " م "

$$\Sigma \text{ع " م " } = \text{ع } (70) + \text{ع } (100) + \text{ع } (30)$$

$$= 90 \text{ جا } 90^\circ + 90 \text{ جا } 90^\circ - 90 \text{ جا } 90^\circ = 90 + 90 - 90 = 90$$

$$= 70 - 100 - 30 = -60 \text{ نيوتن.متر} ، \text{ مع عقارب الساعة} .$$

بما أن  $\Sigma \text{ع " م " } \neq 0$  ، لذلك لا يكون القضيب متزاناً .

سؤال [ ١٣ ] أيهما أسهل لفتح الباب ، أن تدفعه من منتصفه أم قريباً من مقبضه ؟ ولماذا .

الإجابة :

دفع الباب من عند مقبضه أسهل من دفعه من عند المنتصف وذلك لأن ذراع القوة عند المقبض أكبر منه عند المنتصف .

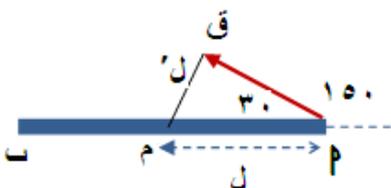
سؤال [ ١٤ ] متى يساوي عزم القوة صفراً مهما كبرت قيمتها ؟

الإجابة :

عزم القوة يساوي صفراً مهما كبرت قيمتها عندما يؤثر خط عملها في محور الدوران صفر و  $\theta = 0^\circ$  أو  $180^\circ$  .

سؤال [ ١٥ ] ب قضيب طوله ٣ م قابل للدوران حول محور عمودي يمر بمنتصفه " م " ، اثرت في طرفه " ب " قوة مقدارها ٢٠ نيوتن في الاتجاه المبين في الشكل ، احسب عزم القوة مقداراً واتجهاً .

الإجابة :



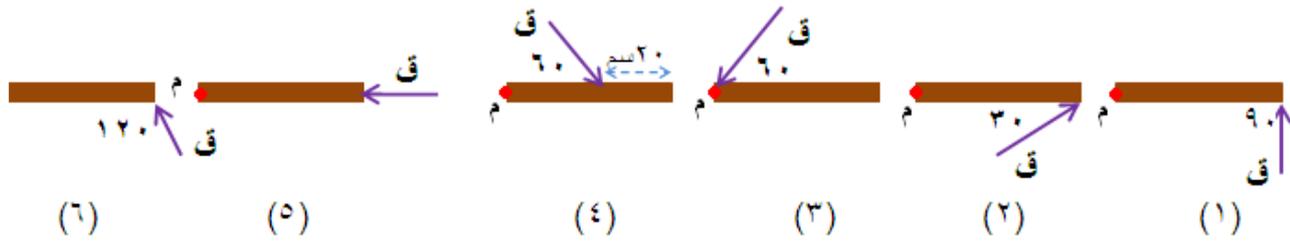
$$\text{ع } \tau = \text{ل جا } \theta = 1,5 \times 20 = 30 \text{ جا } 30^\circ = 15 \text{ نيوتن.متر}$$

$$= 30 \times 0,5 = 15 \text{ نيوتن.متر}$$

باتجاه عكس عقارب الساعة .

أي أن ع  $\tau = + 15$  نيوتن.متر .

سؤال [١٦] أوجد عزم القوة مقداراً واتجهاً حول النقطة "م" في كل حالة ، علماً بأن طول الجسم ٤٠ سم ، ق = ٢٠ نيوتن .



الإجابة :

ق = ٢٠ نيوتن ، ل = ٤٠ سم = ٠,٤ متر .

(١) ع ل = ل ج = ٠,٤ × ٢٠ × ٩٠ جا = ٧٢ نيوتن.متر ، بعكس عقارب الساعة .

(٢) ع ل = ل ج = ٠,٤ × ٢٠ × ٣٠ جا = ٢٤ نيوتن.متر ، بعكس عقارب الساعة .

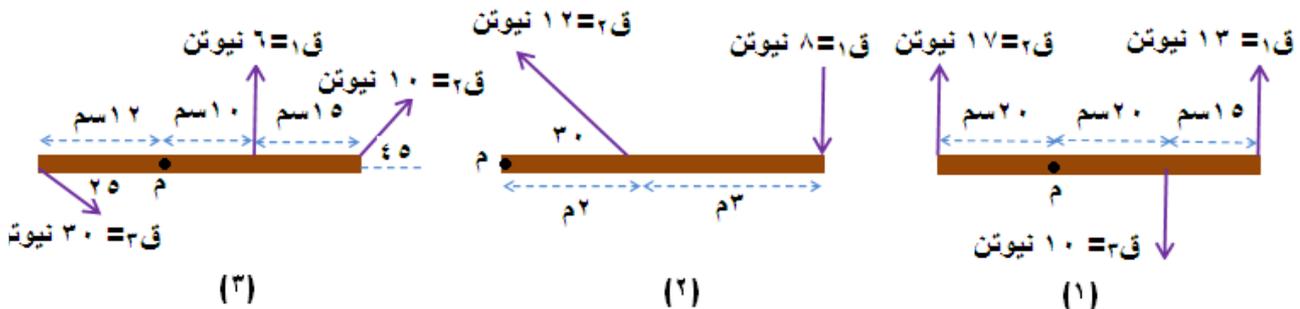
(٣) ع ل = ل ج = ٠,٤ × ٢٠ × ٦٠ جا = ٤٨ نيوتن.متر .

(٤) ع ل = ل ج = ٠,٤ × ٢٠ × ٦٠ جا - ٠,٤ × ٢٠ × ٢٠ جا = ١٦ نيوتن.متر .

(٥) ع ل = ل ج = ٠,٤ × ٢٠ × ١٢٠ جا = ٩٦ نيوتن.متر .

(٦) ع ل = ل ج = ٠,٤ × ٢٠ × ١٢٠ جا = ٩٦ نيوتن.متر ، بعكس عقارب الساعة .

سؤال [١٧] احسب محصلة عزوم القوى حول النقطة م في الحالات التالية :



الإجابة :

(١) عزم ١ ل = ل ج = ٠,٣٥ × ١٣ × ٩٠ جا + ٠,٢ × ١٧ × ٩٠ جا - ٠,٢ × ١٠ × ٩٠ جا = ٤,٥٥ نيوتن.متر ، بعكس عقارب الساعة .

عزم ٢ ل = ل ج = ٠,٢ × ١٧ × ٩٠ جا - ٠,٢ × ١٠ × ٩٠ جا = ٣,٤ نيوتن.متر ، مع عقارب الساعة .

عزم ٣ ل = ل ج = ٠,٢ × ١٠ × ٩٠ جا - ٠,٢ × ٢٥ × ٩٠ جا = ٢ نيوتن.متر ، مع عقارب الساعة .

عزوم القوى حول "م" = ٢ - ٣,٤ - ٤,٥٥ = - ٠,٨٥ نيوتن.متر ، مع عقارب الساعة .

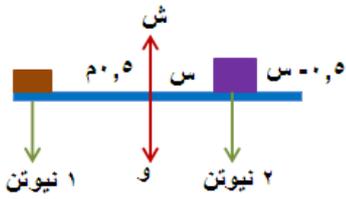
(٢) عزم ١ ل = ل ج = ٠,٥ × ٨ × ٩٠ جا - ٠,٥ × ١٢ × ٩٠ جا = ٤٠ نيوتن.متر ، مع عقارب الساعة .

عزم ٢ ل = ل ج = ٠,٥ × ٢٤ × ٩٠ جا + ٠,٥ × ١٢ × ٩٠ جا = ١٢ نيوتن.متر ، بعكس عقارب الساعة .

عزوم القوى حول "م" = ١٢ + ٤٠ = ٥٢ نيوتن.متر ، مع عقارب الساعة .



**الإجابة :**



نفرض أن بعد الثقل ٢ نيوتن عن نقطة التعليق ( عند المنتصف ) تساوي " س " متر  
بما أن المسطرة متزنة فإن :  $\sum \tau = 0$  حول نقطة التعليق عند المنتصف = صفر .  
 $2 \times 0,5 \times 1 + 0,5 \times 1 \times 0,5 + 1 \times 0,5 \times 1 = 0$  صفر = صفر .  
 $2 \times 0,5 + 1 \times 0,5 + 1 \times 0,5 = 0$  صفر = صفر  
 $2 \times 0,5 = 0,5$  ،  $0,5 = 0,5$  متر عن المنتصف .  
 بعد الثقل ٢ نيوتن عن الطرف الأيسر =  $0,5 + 0,5 = 1,0$  نيوتن .

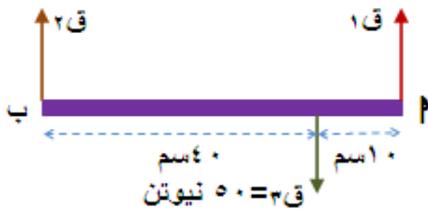
**سؤال [٢١] في السؤال السابق ماذا يحدث للجسم إذا كان مجموع عزوم القوى لا يساوي صفراً .**

**الإجابة :**

إذا كان مجموع عزوم القوى المؤثرة على جسم لا يساوي صفراً فإن الجسم يدور باتجاه عزم القوة الأكبر.

**سؤال [٢٢] في الشكل المجاور إذا كان الجسم متزن احسب مقدار  $Q_1$  ،  $Q_2$  .**

**الإجابة :**



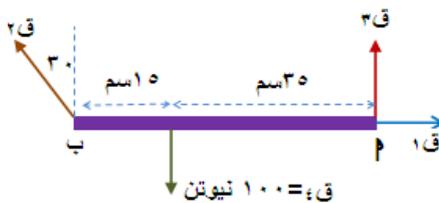
حسب شرط الاتزان الثاني :  $\sum \tau = 0$  حول ب = صفر  
 $1 \times 0,5 \times 1 - 0,5 \times 1 \times 0,4 - 2 \times 0,4 \times 1 = 0$  صفر  
 $1 \times 0,5 - 0,2 - 0,8 = 0$  صفر  
 $0,5 - 1,0 = 0$   
 $0,5 = 1,0$  نيوتن .

حسب شرط الاتزان الأول :  $\sum F = 0$  صفر  
 $1 + 2 - 0,5 - 3 = 0$  صفر  
 $3 - 3 = 0$  صفر  
 $0 = 0$  نيوتن .

**سؤال [٢٣] في الشكل المجاور إذا كان الجسم متزن احسب مقدار  $Q_1$  ،  $Q_2$  ،  $Q_3$  .**

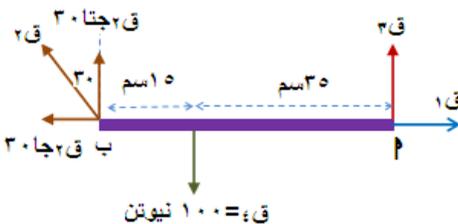
**الإجابة :**

حسب شرط الاتزان الثاني :  $\sum \tau = 0$  حول النقطة ب = صفر  
 $1 \times 0,5 \times 1 + 0,5 \times 1 \times 0,15 - 0,15 \times 1 \times 1 + 2 \times 0,3 \times 1 = 0$  صفر  
 $0,5 + 0,075 - 0,15 + 0,6 = 0$  صفر  
 $0,025 = 0,025$  نيوتن .



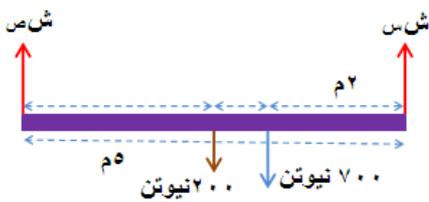
حسب شرط الاتزان الأول في الاتجاه الصادي :  $\sum F = 0$  صفر .

$1 + 2 - 0,5 - 3 = 0$  صفر  
 $0,866 \times 2 + 3 - 100 = 0$  صفر  
 $1,732 + 3 - 100 = 0$   
 $4,732 = 100$   
 $0,04732 = 100$  نيوتن .



حسب شرط الاتزان الأول في الاتجاه السيني :  $\sum U = 0$  = صفر .  
 $U_1 - U_2 = 30 \text{ جـ} = 30 \text{ جـ} - 30 \text{ جـ} = 0$  صفر  
 $U_1 = U_2 = 30 \text{ جـ} = 0,5 \times 80,83 = 40,415 = 40,4$  نيوتن .

**سؤال [٢٤]** في الشكل المجاور إذا علمت أن وزن اللوح ٢٠٠ نيوتن وهو منتظم ، وهو معلق بواسطة حبلين س ، ص ، يقف شخص وزنه ٧٠٠ نيوتن كما في الشكل ، على اعتبار أن المجموعة متزنة احسب قوة الشد في كل من الحبلين شـس ، شـص .



**الإجابة :**

بما أن اللوح متزن فإن :

$\sum U = 0$  = صفر  
 $U_{ش ص} + U_{ش س} - 200 - 700 = 0$  صفر  
 $U_{ش ص} + U_{ش س} = 900$   
 وكذلك فإن :  
 " ١ " .....

$\sum C$  حول النقطة "س" = صفر

$U_{ش ص} \times 5 - 200 \times 2,5 - 700 \times 2 = 0$  صفر  
 $5 U_{ش ص} = 1400$   
 $U_{ش ص} = \frac{1400}{5} = 280$  نيوتن .

بالتعويض في المعادلة الأولى :

$U_{ش س} + U_{ش ص} = 900$   
 $U_{ش س} = 900 - 280 = 620$  نيوتن .

**سؤال [٢٥]** يحمل رجلان لوحاً طوله ٦ متر ووزنه ١٠٠ نيوتن موضوع عليه كتلة وزنها ٨٠٠ نيوتن كما في الشكل المجاور ، احسب مقدار القوة التي يؤثر بها كل عامل ليتمكننا من رفع اللوح والكتلة .



**الإجابة :**

حسب شرك الاتزان الأول :  $\sum U = 0$  = صفر ، فإن :

$U_1 + U_2 - U_{اللوحة} - U_{الصندوق} = 0$  صفر  
 $U_1 + U_2 - 100 - 800 = 0$  صفر  
 $U_1 + U_2 = 900$  " ١ " .....

حسب شرط الاتزان الثاني :

$\sum C$  حول النقطة التي تؤثر فيها  $U_1 = 0$  صفر

$U_2 \times 6 - 100 \times 3 - 800 \times 3 = 0$  صفر .  
 $6 U_2 - 300 - 2400 = 0$  صفر .

$6 U_2 + 300 = 2400$  ،  $U_2 = \frac{2100}{6} = 350$  نيوتن .

بالتعويض في المعادلة الأولى :

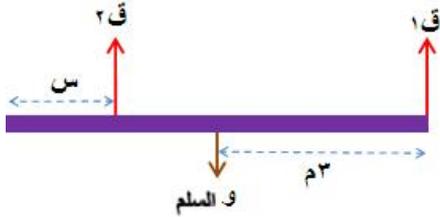
$$900 = 2U + 1U$$

$$900 = 516,7 + 1U$$

$$1U = 383,3 = 516,7 - 900 = 383,3 \text{ نيوتن .}$$

**سؤال [26]** شخصان يحملان سلماً منتظماً طوله 6 م ووزنه 500 نيوتن ، إذا كان أحد الشخصين يرفع السلم بقوة مقدارها 180 نيوتن عند طرفي السلم ، عند أي نقطة يجب أن يرفع الشخص الآخر السلم .

**الإجابة :**



من شرط الإيزان :  $\sum U = 0 = \text{صفر}$

$$180 + 1U - 500 = \text{صفر}$$

$$180 + 1U = 500 = \text{صفر}$$

$$1U = 320 = 500 - 180 = \text{صفر}$$

من شرط الاتزان الثاني :  $\sum C = 0$  حول النقطة التي تؤثر فيها القوة  $1U = \text{صفر}$

$$1U \times \text{صفر} + \text{صفر} \times 3 - 500 \times 3 = (6 - s) \times 320 = \text{صفر}$$

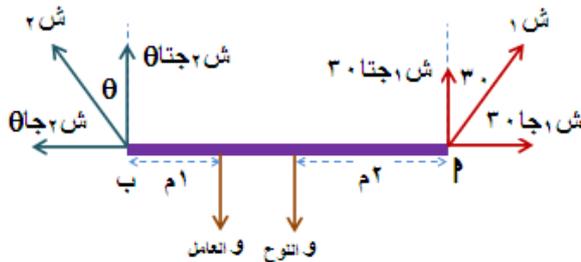
$$0 = \text{صفر} + 1920 - 1500 = \text{صفر}$$

$$320 \times s = 580 = \text{صفر}$$

$$s = 1,81 \text{ م}$$

$$s = \frac{580}{320} = 1,81 \text{ متر عن الطرف الأيسر .}$$

**سؤال [27]** لوح خشبي طوله 4 م ووزنه 120 نيوتن معلق بحبلين كما في الشكل المجاور ، يقف عامل طلاء عليه وزنه 400 نيوتن على بعد 1 م من النقطة " ب " ، احسب :



1. الشد في الحبلين .

2. الزاوية "  $\theta$  " التي يصنعها الحبل الأيسر .

**الإجابة :**

1. حسب شرط الاتزان الثاني :  $\sum C = 0 = \text{صفر}$

بأخذ عزوم القوى حول النقطة " ب " .

$$185 \times 4 - 400 \times 1 - 90 \times 2 = 0 = \text{صفر}$$

$$740 - 400 - 180 = 160 = \text{صفر}$$

$$160 = 185 \times \sin \theta = \text{صفر}$$

$$\sin \theta = \frac{160}{185} = 0,8648648648648648$$

$$\theta = 59,7^\circ = \text{صفر}$$

حسب شرط الاتزان الأول :  $\sum U = 0 = \text{صفر}$

$$185 - 30 \sin \theta = \text{صفر}$$

$$185 - 30 \times 0,8648648648648648 = \text{صفر}$$

$$185 - 25,945945945945945 = 159,05405405405405 = \text{صفر}$$

$$159,05405405405405 = 30 \cos \theta = \text{صفر}$$

$$\cos \theta = \frac{159,05405405405405}{30} = 5,3018018018018018$$

$$\theta = 10,7^\circ = \text{صفر}$$

$$10,7^\circ = \text{صفر}$$

$$10,7^\circ = \text{صفر}$$

$$10,7^\circ = \text{صفر}$$

٢ . بقسمة المعادلة الأولى على الثانية :

$$\frac{92,5}{360} = \frac{\text{شـ}^2 \text{جا}^2 \theta}{\text{شـ}^2 \text{جتا}^2 \theta}$$

$$\theta = 0,257$$

$$\theta = 14,4^\circ$$

لإيجاد شـ<sub>٢</sub> نعوض في المعادلة الأولى :

$$\text{شـ}^2 \text{جا}^2 \theta = 92,5$$

$$\text{شـ}^2 \text{جا}^2 14,4 = 92,5$$

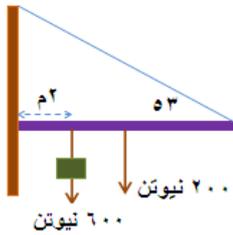
$$\text{شـ}^2 = \frac{92,5}{0,2487} = 372 \text{ نيوتن} .$$

**سؤال [٢٨]** في الشكل المجاور ثبت قضيب منتظم طوله ٨ م ووزنه ٢٠٠ نيوتن بجدار بواسطة برغي وربط القضيب بحبل يصنع معه زاوية ٥٣° وربط طرف الخيط الآخر بالجدار ثم علق فيه جسم وزنه ٦٠٠ نيوتن على بعد ٢ م من الجدار ، أوجد :

١ . قوة الشد في الحبل .

٢ . قوة رد فعل الجدار على القضيب واتجاهها .

**الإجابة :**



١ . حسب شرط الاتزان الثاني :  $\sum \tau = 0$  حول نقطة تأثير ق = صفر

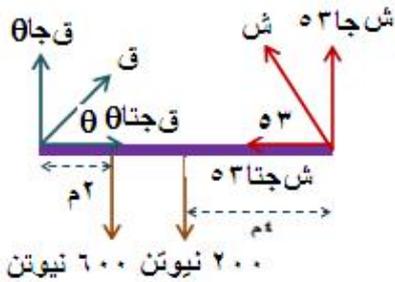
$$\text{شـ}^2 \text{جتا} 53 \times 8 \times 90 - 90 \times 4 \times 200 - 90 \times 2 \times 600 = 90 \times \text{شـ}^2 \text{جا}^2 \theta + 90 \times \text{شـ}^2 \text{جا}^2 \theta = 0$$

$$\text{شـ}^2 = \frac{0 + 1 \times 2 \times 600 - 1 \times 4 \times 200 - 8 \times 90 \times 8}{90} = 0$$

$$\text{شـ}^2 = 1200 - 800 - 5760 = 0$$

$$\text{شـ}^2 = 2000$$

$$\text{شـ} = \frac{2000}{6,4} = 312,5 \text{ نيوتن} .$$



٢ . حسب شرط الاتزان الأول :  $\sum F = 0$  صفر في الاتجاه الصادي

$$\text{شـ}^2 \text{جتا} 53 + 90 \text{ جا} \theta - 200 - 600 = \text{صفر}$$

$$\text{شـ}^2 \text{جتا} 53 + 90 \times 0,8 \times 312,5 - 800 = \text{صفر}$$

$$90 \text{ جا} \theta = 800 - 2500 = 0$$

$$90 \text{ جا} \theta = 500 \dots \dots \dots \text{ " ١ "}$$

حسب شرط الاتزان الأول :  $\sum \tau = 0$  صفر في الاتجاه السيني

$$90 \text{ جتا} \theta - \text{شـ}^2 \text{جتا} 53 = \text{صفر}$$

$$90 \text{ جتا} \theta = 0,6 \times 312,5 = 187,5$$

$$90 \text{ جتا} \theta = 187,5 \dots \dots \dots \text{ " ٢ "}$$

بقسمة المعادلة " ١ " على المعادلة " ٢ "

$$\frac{500}{187,5} = \frac{90 \text{ جا} \theta}{90 \text{ جتا} \theta}$$

$$\theta = 71,2^\circ \quad \text{ظا} \theta = 2,933$$

بالتعويض في المعادلة الأولى :

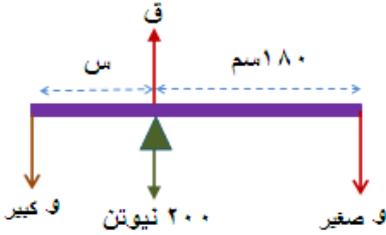
$$U \text{ جا } \theta = 550$$

$$U \times 71,2 = 550$$

$$U \times 0,94665 = 550$$

$$U = \frac{550}{0,94665} = 581 \text{ نيوتن}.$$

**سؤال [٢٩]** طفلان كتلتاهما ٢٥ كغم ، ٣٥ كغم يجلسان على أرجوحة ، الطفل الصغير يبعد مسافة ١٨٠ سم عن نقطة ارتكاز الأرجوحة ، إذا علمت وزن الأرجوحة ٢٠٠ نيوتن ، احسب :  
١. المسافة " س " التي يبعد عنها الطفل الكبير عن نقطة الارتكاز .  
٢. مقدار القوة " U " التي تضغط بها الدعامة على الأرجوحة .



**الإجابة :**

و الصغير = ك ج =  $25 \times 10 = 250$  نيوتن

و الكبير = ك ج =  $35 \times 10 = 350$  نيوتن .

١. حسب شرط الاتزان الثاني :  $\sum C$  حول نقطة الارتكاز = صفر .

$$- \text{و الصغير} \times 1,8 \text{ جا} + 200 \times 90 \text{ جا} + \text{و الكبير} \times \text{س} \text{ جا} + 90 \text{ جا} \times 0 \times \text{و} = \text{صفر}$$

$$- 250 \times 1,8 \text{ جا} + 200 \times 90 \text{ جا} + 350 \times \text{س} \text{ جا} + 0 = \text{صفر}$$

$$350 \text{ س} = 450 \text{ ، س} = 1,29 \text{ متر} = 129 \text{ سم}.$$

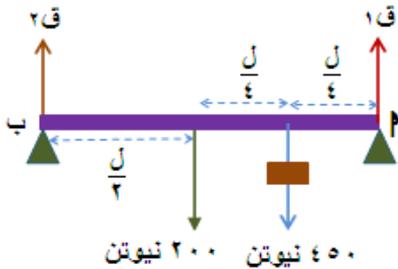
٢. حسب شرط الاتزان الأول :  $\sum U$  = صفر

$$\text{و} - \text{و صغير} - \text{و كبير} - \text{و الأرجوحة} = \text{صفر}$$

$$\text{و} - 250 - 350 - 200 = \text{صفر}$$

$$\text{و} = 200 + 350 + 250 = 800 \text{ نيوتن}.$$

**سؤال [٣٠]** قضيب منتظم طوله " ل " ووزنه ٢٠٠ نيوتن علق به ثقل وزنه ٤٥٠ نيوتن كما في الشكل المجاور ، احسب مقدار كل قوة تؤثر بها كل دعامة على القضيب .



**الإجابة :**

حسب شرط الاتزان الثاني :  $\sum C$  حول النقطة ب = صفر

$$\text{و} \times \text{ل} \text{ جا} + 90 \text{ جا} \times \text{ق} - 200 \times \frac{\text{ل}}{2} - \frac{\text{ل}^3}{4} \times 450 = \text{صفر}$$

$$\text{و} \times \text{ل} + 90 \text{ ل} - 100 \text{ ل} - 337,5 \text{ ل} = \text{صفر}$$

$$\text{و} \times \text{ل} = 437,5$$

$$\text{و} = 437,5 \text{ نيوتن}.$$

حسب شرط الاتزان الأول :  $\sum U$  = صفر

$$\text{ق} + \text{ق} - 200 - 450 = \text{صفر}$$

$$650 = \text{ق} + 437,5$$

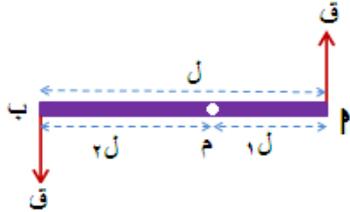
$$\text{ق} = 650 - 437,5 = 212,5 \text{ نيوتن}.$$

### الازدواج :

**الازدواج :** هو عبارة عن قوتان متساويتان في المقدار ومتعاكستان في الاتجاه ومتوازيتان وخطا عملهما غير مشتركين .  
للازدواج أثر دوراني على الجسم  
الازدواج كمية متجهة ، قد يسبب دوران الجسم مع عقارب الساعة أو بعكس عقارب الساعة .

### حساب عزم الازدواج :

إذا كان لدينا جسماً صلباً طوله " ل " وقابل للدوران حول محور ، وتؤثر عند طرفيه قوتان متساويتان مقدار كل منهما " ق " وهما متوازيتان ومتعاكستان فتشكلان ازدواجاً يعمل على تدوير الجسم ، كما في الشكل المجاور .  
لحساب عزم الازدواج عند نقطة " م " عندما تقع بين خطي عمل القوتين .  
على اعتبار أن محور الدوران عمودي مستوى القوتين .



عزم الازدواج =  $\sum$  عزمي القوتين حول النقطة " م "

$$\sum \vec{C} = \vec{C}_1 + \vec{C}_2 = (Q \cdot l_1) + (Q \cdot l_2)$$

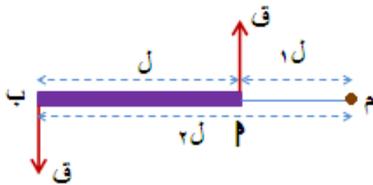
$$= Q \cdot l_1 + Q \cdot l_2$$

$$= 90 \text{ جا } 90^\circ + 90 \text{ جا } 90^\circ$$

$$= [90 + 90] \times 1 = 180$$

$$= 180 \text{ نيوتن } \cdot \text{سم} \text{ ، ويكون الدوران بعكس عقارب الساعة .}$$

حيث ع م : عزم الازدواج ، ق : إحدى القوتين ، ل : البعد العمودي بين القوتين .  
أما عندما تكون النقطة " م " خارج الخط الواصل بين خطي عمل القوتين فإن :  
عزم الازدواج =  $\sum$  عزمي القوتين حول النقطة " م "



$$\sum \vec{C} = \vec{C}_1 + \vec{C}_2 = (Q \cdot l_1) + (Q \cdot l_2)$$

$$= Q \cdot l_1 + Q \cdot l_2$$

$$= 90 \text{ جا } 90^\circ + 90 \text{ جا } 90^\circ$$

$$= [90 + 90] \times 1 = 180$$

$$= [90 - 90] \times 1 = 0$$

$$= 0 \text{ نيوتن } \cdot \text{سم} \text{ ، حيث } l_1 = 90 \text{ سم} \text{ ، } l_2 = 90 \text{ سم} \text{ .}$$

**عزم الازدواج = إحدى القوتين × البعد العمودي بينهما**

حيث ع م : عزم الازدواج ، ق : إحدى القوتين ، ل : البعد العمودي بين القوتين .

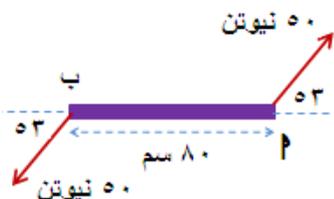
### ملاحظة :

عزم الازدواج ثابت المقدار والاتجاه حول أي نقطة في المستوى ولا يعتمد على موضع محور الدوران .

### العوامل التي يعتمد عليها عزم الازدواج :

- مقدار إحدى القوتين " ق " .
- البعد العمودي بين القوتين " ل " .

**سؤال [ ٣١ ]** يبين الشكل المجاور قضيب طوله ٨٠ سم وتؤثر عليه قوتان كما في الشكل المجاور ، احسب عزم الازدواج المؤثر على القضيب .



الإجابة :

$$\vec{C}_M = \vec{L} \times \vec{v}$$

$$C_M = L \times v \text{ جا } \theta$$

$$= 0,8 \times 50 \times 53 = 2120 \text{ نيوتن.متر}$$

باتجاه عكس عقارب الساعة .

سؤال [32] في الشكل المجاور ، إذا كل ل ق<sub>1</sub> ، ق<sub>2</sub> المقدار نفسه :

(1) ماذا تسمى القوتين ؟ وما الأثر الناشئ عنهما ؟

(2) احسب عزم الازدواج ،

أولاً : حول النقطة "س" ثانياً : حول النقطة "هـ"

ثم سجل استنتاجاتك .

(3) إذا كانت ق<sub>1</sub> = 200 نيوتن والمسافة بين "س" ، "هـ" تساوي 80 سم ،

احسب عزم الازدواج الناشئ .

(4) ما العوامل التي يعتمد عليها عزم الازدواج .

الإجابة :

(1) تسمى القوتان المتساويتان ق<sub>1</sub> ، ق<sub>2</sub> ازدوجاً ، وينشأ عنهما أثر دوراني يسمى عزم الازدواج .

(2) أولاً : ع "س" = ع "ق<sub>1</sub>" + ع "ق<sub>2</sub>"

$$= 90 \times L \times \text{جا } \theta + 90 \times L \times \text{جا } \theta = 180 \times L \times \text{جا } \theta$$

ثانياً : حول النقطة "هـ" :

$$\text{ع "هـ"} = \text{ع "ق<sub>1</sub>"} + \text{ع "ق<sub>2</sub>"}$$

$$= 90 \times L \times \text{جا } \theta + 90 \times L \times \text{جا } \theta = 180 \times L \times \text{جا } \theta$$

نلاحظ أن عزم الازدواج لا يتغير بتغير موقع محور الدوران .

(3) عزم الازدواج = ل جاθ = 200 × 1,6 × 90 = 3200 نيوتن.متر ، بعكس عقارب الساعة .

(4) يعتمد عزم الازدواج على :

أ. مقدار إحدى القوتين المشكلتين للازدواج ب. البعد العمودي بين خطي تأثير القوتين .

سؤال [33] يجلس ولدان على لوح مثبت من منتصفه بدعامة ، كما في الشكل المجاور ، إذا كان وزن اللوح 40 نيوتن ،

ويؤثر في منتصفه ، وكانت أوزان الولدين 800 نيوتن ، 350 نيوتن فجد ما يأتي :

(1) القوة العمودية التي يؤثر بها الدعامة في اللوح .

(2) البعد "ل" المبين في الشكل كي يتزن اللوح .

الإجابة :

(1) حسب شرط الاتزان الأول :  $\sum F = 0$  = صفر

$$\sum F = R - W_1 - W_2 - W = 0$$

$$R - 800 - 350 - 40 = 0$$

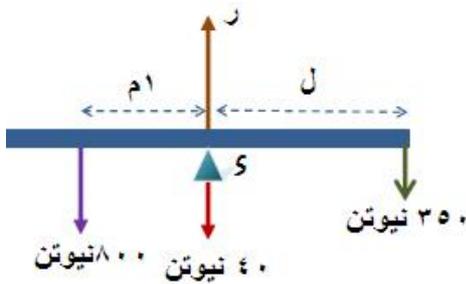
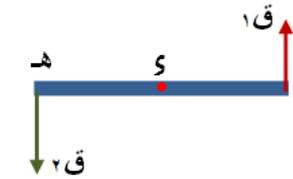
$$R = 800 + 350 + 40 = 1190 \text{ نيوتن .}$$

(2) حسب شرط الاتزان الثاني :  $\sum C = 0$  = صفر

$$\sum C = 0 = W_1 \times L + W_2 \times 0 + W \times 0 - R \times 0$$

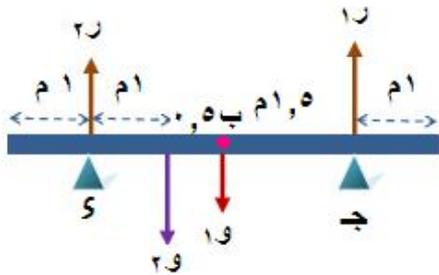
$$0 = 800 \times L + 350 \times 0 - 1190 \times 0$$

$$800 \times L = 1190 \times 0 \Rightarrow L = \frac{1190 \times 0}{800} = 2,286 \text{ متر .}$$



**سؤال [٣٤]** يستقر لوح خشبي متزنًا على دعامتين تؤثران فيه عند " ج ، و " كما في الشكل المجاور ، إذا كان طول اللوح ٥ متر ووزنه ٣٠٠ نيوتن يؤثر في منتصفه ، ووقف رجل وزنه ٧٥٠ نيوتن فوق اللوح عند النقطة "ب" ، احسب القوة العمودية التي تؤثر بها كل دعامة في اللوح .

**الإجابة :**



$$١ = ٣٠٠ \text{ نيوتن} ، ٢ = ٧٥٠ \text{ نيوتن} .$$

حسب شرط الاتزان الأول :  $\sum \tau = 0$  = صفر

$$\sum \tau = ١ \times ٢ - ١٠ - ٢ \times ١ = ٠$$

$$٧٥٠ - ٣٠٠ - ٢ \times ١ = ٠$$

$$١ + ٢ = ١٠٥٠ \text{ ..... " ١ "}$$

حسب شرط الاتزان الثاني :  $\sum \tau = 0$  = صفر

$$\sum \tau = ١ \times ٢ - ١,٥ \times ١ - ٠ \times ٢ - ٣ \times ١ = ٠$$

$$١ \times ٧٥٠ - ١,٥ \times ٣٠٠ - ٠ - ١ \times ٣ = ٠$$

$$٧٥٠ + ٤٥٠ = ١ \times ٣$$

$$١ \times ٣ = ١٢٠٠ ، ١ = \frac{١٢٠٠}{٣} = ٤٠٠ \text{ نيوتن} .$$

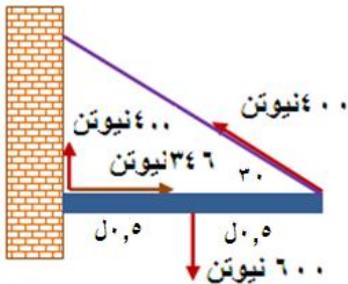
بالتعويض في المعادلة " ١ "

$$١ + ٢ = ١٠٥٠$$

$$٢ + ٤٠٠ = ١٠٥٠ ، ٢ = ٦٥٠ \text{ نيوتن} .$$

**سؤال [٣٥]** تحقق في ما إذا كان الجسر المبين في الشكل المجاور في وضع الاتزان أم لا ، وذلك بتطبيق شرطي الاتزان عليه عند نقطة تختارها .

**الإجابة :**



بعد تحليل القوة " و " إلى مركبتين أفقية " و جتا ٣٠ " وعمودية " و جا ٣٠ "

حسب شرط الاتزان الأول :  $\sum \tau = 0$  = صفر

$$\sum \tau = ٦٠٠ - ٤٠٠ + ٣٠ \text{ جا} = ٠$$

$$٦٠٠ - ٤٠٠ + ٢٠٠ = ٦٠٠ - ٤٠٠ + ٠,٥ \times ٤٠٠ = ٠$$

$$\sum \tau = ٣٤٦ + ٣٠ \text{ جتا} = ٠$$

$$٣٤٦ + ٠,٨٦٦ \times ٤٠٠ = ٠$$

$$٣٤٦ - ٣٤٦ = ٠ \text{ صفر}$$

أي أن  $\sum \tau = 0$  = صفر

حسب شرط الاتزان الثاني :  $\sum \tau = 0$  = صفر

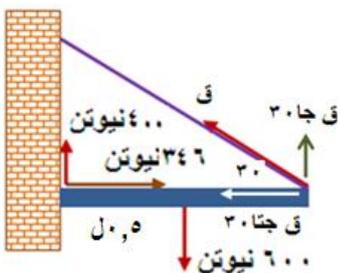
بأخذ عزوم القوى حول نقطة منتصف الجسر :

$$\sum \tau = ٤٠٠ \times \frac{١}{٢} - ٠ \times ٦٠٠ + \frac{١}{٢} \times ٣٠ \text{ جا} = ٠$$

$$٢٠٠ \times ١ - ٠,٥ \times ٢٠٠ = ٠$$

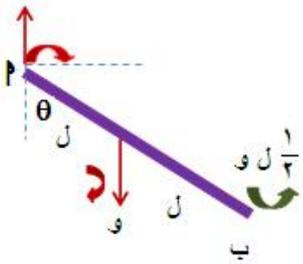
$$١٠٠ \times ١ - ١٠٠ = ٠$$

بما أن  $\sum \tau = 0$  = صفر لذلك لا يكون الجسر متزنًا .



**سؤال [٣٦]** ب قضيب منتظم طوله " ٢ ل " ووزنه " و " يؤثر عند المنتصف ، ثبت من طرفه ١ بمفصل في جدار يجعله قابلاً للدوران في مستوى رأسي ، فإذا أثر في القضيب ازدواج في مستوى رأسي عزمه  $\frac{1}{4} ل \times و$  ، أثبت أن رد فعل المفصل يساوي " و " وأوجد زاوية ميل القضيب عند الاتزان .

**الإجابة :**



يتأثر القضيب بقوتي الوزن ورد الفعل ، بالإضافة إلى ازدواج بعكس عقارب

الساعة " + " مقداره "  $\frac{1}{4} ل \times و$  " ، لذلك يشكل وزن القضيب ورد الفعل من الجدار

ازدواجاً موازناً للازدواج الأول ، لذلك فإن :

$| و | = | ر |$  ، حيث ر : رد فعل الجدار .

عزم الازدواج المؤثر = عزم الازدواج الموازن

$$\frac{1}{4} ل | و | \times | ر | \cos \theta = | و | \times | ر |$$

$$\cos \theta = 0,5 \quad , \quad \theta = 30^\circ$$

زاوية ميل القضيب عن الأفقي =  $90^\circ - 30^\circ = 60^\circ$  .

**سؤال [٣٧]** ١ ب جـ ٤ مربع طول ضلعه ٩ م ، أثرت فيه القوى ٤ ، ٦ ، ٤ ، ٦ نيوتن في الاتجاهات المبينة في الشكل المجاور ، أثبت أن هذه القوى تكافئ ازدواجاً ، ثم احسب عزم الازدواج المكافئ .

**الإجابة :**



تشكل القوتان ( ٤ نيوتن ، ٤ نيوتن ) ازدواجاً عزمه  $١ ع = | و | \times | ل | = ٩ \times ٩ = ٨١$  جا .

$٣٦ = ٤ \times ٩$  نيوتن. متر بعكس عقارب الساعة .

كذلك تشكل القوتان ٦ نيوتن ، ٦ نيوتن ازدواجاً عزمه  $٢ ع$

$٢ ع = | و | \times | ل | = ٩ \times ٦ = ٥٤$  نيوتن. متر باتجاه عقارب الساعة .

عزم الازدواج المكافئ =  $٣ ع = (٥٤ -) + ٣٦ = ١٨$  نيوتن. متر باتجاه عقارب الساعة .

**سؤال [٣٨]** احسب عزم الازدواج المؤثر في القضيب ١ ب المبين في الشكل المجاور .

**الإجابة :**



عزم الازدواج =  $و ل \cos \theta$

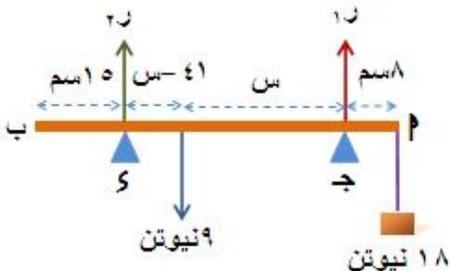
$$= ٥ \times ١ \times ٥ = ٢٥ \text{ جا} = ٥ \times ٥ = ٢٥ \text{ نيوتن. متر} .$$

اتجاه دوران الازدواج : مع عقارب الساعة ، بينما يكون اتجاه عزم الازدواج باتجاه

(-). العمودي على مستوى الصفحة .

**سؤال [٣٩]** ١ ب قضيب غير منتظم طوله ٦٤ سم ووزنه ٩ نيوتن يرتكز في وضع أفقي على حاملين عند جـ ، ٤ بحيث كان ١ جـ = ٨ سم ، ب = ١٥ سم ، علق من ١ ثقل مقداره ١٨ نيوتن فأصبح القضيب على وشك الدوران حول جـ ، أوجد بعد نقطة تأثير وزن القضيب عن جـ ، ثم أوجد أيضاً أكبر ثقل يمكن تعليقه من الطرف ب دون أن يختل التوازن مع عدم رفع الثقل المعلق عند ١ .

**الإجابة :**



عندما يصبح القضيب على وشك الدوران حول " جـ " فإن  $ر = ٠$  صفر .

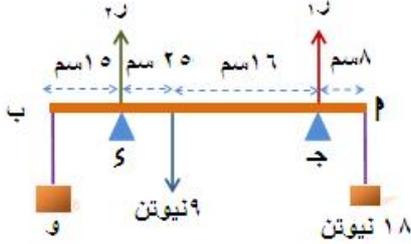
$$\sum و = ٠$$

$$١ - ١٨ - ٩ = ٠ \text{ صفر} , \quad ١ = ٩ + ١٨ = ٢٧ \text{ نيوتن} .$$

بأخذ العزوم حول النقطة " ج "

$$18 \times [8 - ] + 9 \times س = صفر$$

$$9 \times س = 144 ، س = \frac{144}{9} = 16 \text{ سم بعد نقطة تأثير وزن القضيب عن "ج" .}$$



عند تعليق ثقل مقدار ه " و " من نقطة "ب" :

$$\text{يصبح } ر = صفر$$

$$\text{ويكون بعد تأثير وزن القضيب عن النقطة "س" } [16 + 10 + 8] - 64 =$$

$$64 - 39 = 25 \text{ سم .}$$

بأخذ العزوم حول النقطة " س "

ع حول س = صفر ، لأن القضيب متزن

$$18 \times [49 - ] + 9 \times [25 - ] + 10 \times و + ر \times صفر = صفر$$

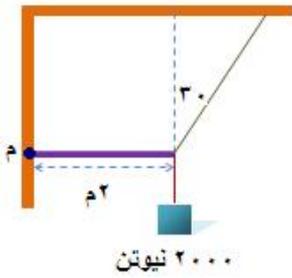
$$- 882 - 225 + 10 \times و = صفر$$

$$16 \times و = 1107 ، و = \frac{1107}{10} = 110.7 \text{ نيوتن .}$$

**سؤال [٤٠] :** قضيب مهمل الوزن طوله ٢ م كما في الشكل المجاور ، يمكنه الدوران حول أحد طرفيه "م" وطرفه الآخر مثبت بواسطة حبل معلق بالسقف ، علق على القضيب جسماً وزنه ٢٠٠٠ نيوتن ، احسب :

١. الشد في الحبل .

٢. مركبتي قوة رد الفعل .



**الإجابة :**

(١) نجد مجموع العزوم حول النقطة " م "

$$\sum \text{ع م} = صفر$$

$$\text{ش جتا } 30 \times 2 - 2 \times 2000 + ر \times صفر = صفر$$

$$\text{ش} = \frac{4000}{2 \times 0.866} = 2309.5$$

$$\text{ش} = \frac{4000}{1.732} = 2309.5 \text{ نيوتن .}$$

(ب)  $\sum ر س = صفر$

$$\text{ش جتا } 30 + ر س = صفر .$$

$$0.5 \times 2309.5 + ر س = صفر$$

$$ر س = - 1154.5 \text{ نيوتن ، والإشارة السالبة تعني أن اتجاهها باتجاه س -}$$

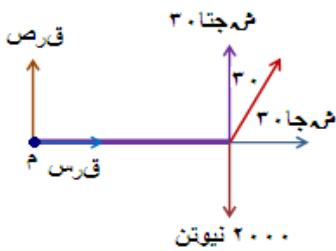
$$\sum \text{ع ص} = صفر$$

$$ر ص + \text{ش جتا } 30 - 2000 = صفر$$

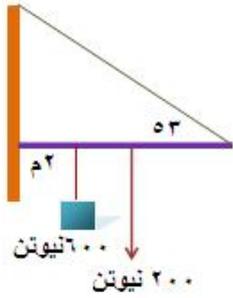
$$ر ص = 2000 - 0.866 \times 2309.5 = صفر$$

$$ر ص = 2000 - 2000 = صفر .$$

$$ر = ر س + ر ص = \sqrt{[0]^2 + [2309.5]^2} = 2309.5 \text{ نيوتن باتجاه س - .}$$



**سؤال [٤١]** في الشكل المجاور ثبت قضيب منتظم طوله ٨ م ووزنه ٢٠٠ نيوتن بجدار بواسطة برغي ، وربط القضيب بخيط يصنع معه زاوية ٥٣° وربط طرف الخيط الآخر بالجدار وعلق فيه جسم ثقله ٦٠٠ نيوتن على بعد ٢ م من الجدار ، احسب :



(أ) قوة الشد في الحبل .

(ب) قوة رد فعل الجدار على القضيب واتجاهها .

**الإجابة :**

[أ] بعد تحليل قوة الشد "ش" وقوة رد الفعل "ر" إلى مركبتين أفقية ورأسية .

$$\sum \text{ع م} = \text{صفر} .$$

$$- 2 \times 600 - 200 \times 4 + 8 \times \text{ش} \times \cos 53 + \text{ر} \times 8 \times \sin 53 = \text{صفر}$$

$$- 1200 - 800 + 800 \times \text{ش} + 640 \times \text{ر} = \text{صفر}$$

$$6,4 \times \text{ش} = 2000 \quad , \quad \text{ش} = \frac{2000}{6,4} = 312,5 \text{ نيوتن} .$$

$$\sum \text{ر س} = \text{صفر}$$

$$\text{ر} \times 8 \sin 53 - \text{ش} \times 8 \cos 53 = \text{صفر} .$$

$$\text{ر} \times 6,4 - 0,6 \times 312,5 = \text{صفر}$$

$$\text{ر} \times 6,4 = 187,5 \quad \dots \dots \dots \text{ " ١ "}$$

$$\sum \text{ر ص} = \text{صفر}$$

$$\text{ر} \times 8 \cos 53 + \text{ش} \times 8 \sin 53 - 600 - 200 = \text{صفر} .$$

$$\text{ر} \times 6,4 = 800 - 0,8 \times 312,5$$

$$\text{ر} \times 6,4 = 800 - 250$$

$$\text{ر} \times 6,4 = 550 \quad \dots \dots \dots \text{ " ٢ "}$$

بقسمة المعادلة "٢" على المعادلة "١"

$$\frac{\text{ر} \times 6,4}{\text{ر} \times 6,4} = \frac{550}{187,5} = \frac{\text{ر} \times 6,4}{187,5} \quad , \quad \text{ر} = \frac{550}{187,5} = 2,93 \quad , \quad \text{ظا} = 2,93 \quad , \quad \text{ه} = 71,15^\circ .$$

باسعويص في المعادلة الأولى :

$$\text{ر} \times 6,4 = 187,5$$

$$\text{ر} \times 6,4 = 71,15$$

$$\text{ر} = 0,323 \times 187,5 = 60,56 \quad , \quad \text{ر} = \frac{187,5}{0,323} = 580,5 \text{ نيوتن} .$$

**سؤال [٤٢]** سلم منتظم طوله " ل " وكتلته " ك " يستند على جدار رأسي أملس كما في الشكل ، وكان معامل الاحتكاك السكوني بين السلم والأرض ٠,٤ جد أصغر زاوية " θ " بحيث لا يحصل انزلاق للسلم .

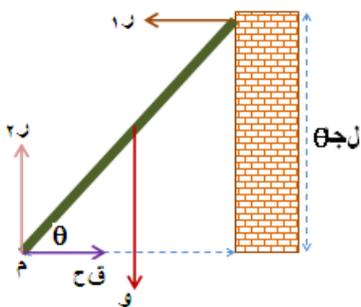
**الإجابة :**

وزن السلم = و = ك جـ ، ، ر : قوة التلامس العمودية بين السلم والجدار الرأسي

، ر : قوة التلامس العمودية بين السلم والأرض ،

م : معامل الاحتكاك السكوني بين السلم والأرض .

$$\text{ر} = \text{ح م} = ٢ م .$$



كـ ص = صفر ، لأن السلم متزن على وشك الحركة .

$$١٠ - ح = ١٠ = صفر$$

$$١٠ = ٢٠ م$$

$$١٠ = ٢٠ \times ٠,٤$$

$$١٠ = ٢٠ \times ٠,٤ = ٨ \text{ " ١ "}$$

كـ ص = صفر ، لأن السلم متزن على وشك الحركة .

$$٢ - و = و = صفر$$

$$٢ = و$$

$$٢ = ك = ج \text{ " ٢ "}$$

بالتعويض بدل ٢ في المعادلة " ١ "

$$١٠ = ٢٠ \times ٠,٤$$

$$١٠ = ٠,٤ \times ك = ج \text{ " ٣ "}$$

حسب شرط الاتزان الثاني ، بأخذ مجموع العزوم حول النقطة " م "

$$كـ ع = " م " = صفر$$

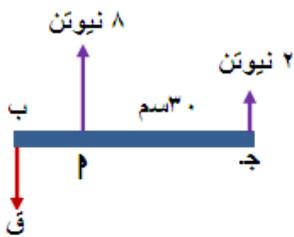
$$١٠ \times ل \text{ جا } \theta - و \times ٠,٥ \text{ ل جا } \theta = صفر$$

$$٠,٤ \times ك \text{ ج} - ٠,٥ \text{ ل جا } \theta = ٠,٥ \text{ ل جا } \theta$$

$$\frac{\text{جا } \theta}{\text{جتا } \theta} = \frac{٠,٥ \text{ ل جا } \theta}{٠,٤ \text{ ل جا } \theta} = ١,٢٥$$

$$\theta = ٥١,٣٤^\circ \text{ ، أصغر زاوية يميلها السلم مع الأرض .}$$

**سؤال [٤٣]** قوتان مقدارهما ٨ ، ق نيوتن متوازيتان ومحصلتهما ٢ نيوتن ، وخط عملها يبعد عن خط عمل القوة الأولى مسافة ٣٠ سم ، بين أن ق لها قيمتان ، ثم أوجد البعد بين خطي عمل القوتين في الحالتين .



**الإجابة :**

ح = ٢ نيوتن ، وهو أصغر من مقدار القوة الأولى وهو ٨ نيوتن ، لذلك فإن

القوتان ٨ ، ق باتجاهين متعاكسين وهناك احتمالين إما أن تكون  $٨ > ق$  أو  $٨ < ق$  .

الحالة الأولى عندما تكون ق  $> ٨$  :

$$ح = ٨ - ق ، ق = ٨ - ٢ = ٦ ، ٦ = ٢ - ٨ = ق$$

بأخذ عزوم القوى حول النقطة " ج " .

$$٨ \times ٣٠ + ق \times ١٠ = صفر ، حيث س : بعد خط عمل القوة ق عن نقطة " ج " .$$

$$٢٤٠ = ٦ \times ١٠ ، س = \frac{٢٤٠}{٦} = ٤٠ \text{ سم}$$

البعد بين خطي عمل القوتين =  $٣٠ - ٤٠ = ١٠$  سم .

الحالة الثانية : عندما تكون ق  $< ٨$  :

$$ح = ٨ - ق$$

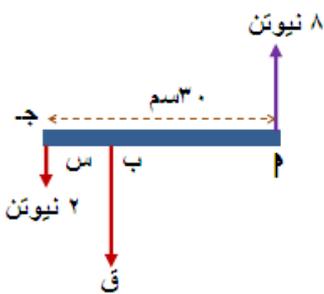
$$٢ = ٨ - ق ، ق = ٨ - ٢ = ٦ \text{ نيوتن}$$

بأخذ العزوم حول النقطة " ج " :

$$٨ \times ٣٠ - ق \times ١٠ = صفر$$

$$٢٤٠ = ٦ \times ١٠ ، س = \frac{٢٤٠}{٦} = ٤٠ \text{ سم}$$

البعد بين خطي عمل القوتين =  $٣٠ - ٤٠ = ٦$  سم .



**سؤال [٤٤]** قضيب منتظم  $P$  بطوله  $٤٠$  سم ووزنه  $٦$  نيوتن ، علق في طرفيه  $P$  ، ب جسمان كتلتاهما  $٦$  نيوتن ،  $١٢$  نيوتن على الترتيب ، فمن أي نقطة على القضيب يجب تعليقه حتى يتزن أفقياً .

**الإجابة :**

نفرض أن نقطة تعليق القضيب هي " ج " ، لذلك يكون القضيب متزن بفعل أربع قوى متوازية هي : وزنه  $٦$  نيوتن يؤثر عند " م " في منتصف القضيب  $P$  ، والثقلين  $٦$  نيوتن ،  $١٢$  نيوتن المعلقين عند النقطتين  $P$  ، ب ، والقوة الرابعة قوة الشد " شه " في خيط التعليق عند النقطة " ج " .

بما أن القضيب متزن فإن :  $\sum \tau = 0$  = صفر

شه - ٦ - ٦ - ١٢ = صفر ، شه = ٢٤ نيوتن .

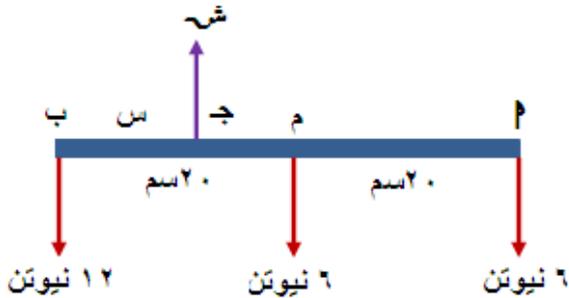
بحساب مجموع العزوم حول النقطة " P " :

$$٦ \times ٤٠ + ٦ \times ٢٠ - ١٢ \times ٤٠ - ٢٤ \times (٤٠ - س) = 0$$

$$١٢٠ + ١٢٠ - ٤٨٠ - ٢٤س + ٩٦٠ = ٢٤س$$

$$٣٦٠ = ٢٤س ، س = ١٥ سم عن النقطة " ب " .$$

$$وعن النقطة P = ٤٠ - ١٥ = ٢٥ سم .$$



**سؤال [٤٥]**  $P$  قضيب غير منتظم طوله  $٦٠$  سم يرتكز في وضع أفقي على وتدين ج ، و حيث :  $١٠ = ب = ج$  ، فإذا علق من  $P$  ثقل مقداره  $٩٠$  نيوتن ليصبح القضيب على وشك الدوران حول النقطة " ج " وإذا علق من " ب " ثقل مقداره  $١٥٠$  نيوتن يصبح القضيب على وشك الدوران حول النقطة " و " ، أوجد مقدار وزن القضيب وبعد نقطة تأثيره على الطرف  $P$  .

**الإجابة :**

بفرض أن وزن القضيب يساوي " و " و " نيوتن ويؤثر في النقطة " م " حيث :

$$ج م = س سم .$$

عند تعليق الثقل  $٩٠$  نيوتن عند النقطة " P " :

عندما يكون القضيب على وشك الدوران حول النقطة " ج " ، فإن  $\tau = 0$  = صفر .

القضيب متزن تحت تأثير ثلاث قوى هي [  $٩٠$  ،  $١٠$  ، و ] نيوتن

بأخذ العزوم حول النقطة " ج " :

$$- ٩٠ \times ١٠ + ١٠ \times ١٠ + و \times س = 0$$

$$٩٠٠ = و \times س$$

عند تعليق الثقل  $١٥٠$  نيوتن عند النقطة " ب " :

عندما يكون القضيب على وشك الدوران حول النقطة " و " ، فإن  $\tau = 0$  = صفر .

القضيب متزن تحت تأثير ثلاث قوى هي [  $١٥٠$  ،  $٢٠$  ، و ] نيوتن .

بأخذ العزوم حول النقطة " و " :

$$- ١٥٠ \times ١٥٠ + (س - ٤٠) \times و = 0$$

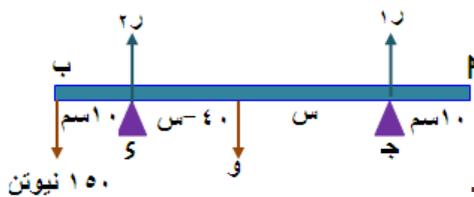
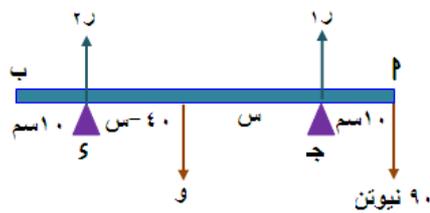
$$- ١٥٠٠ + و \times س + ٤٠ \times و = 0$$

بالتعويض بدل و  $\times س$  من المعادلة الأولى

$$- ١٥٠٠ + ١٥٠٠ + و \times س + ٤٠ \times و = 0$$

$$- ١٥٠٠ + ٩٠٠ + و \times ٤٠ = 0$$

$$٢٤٠٠ = و \times ٤٠ ، و = \frac{٢٤٠٠}{٤٠} = ٦٠ نيوتن ، وزن القضيب .$$



بالتعويض في المعادلة " ١ "

$$900 = 60 \times s$$

و  $900 = 60 \times s$  ،  $s = \frac{900}{60} = 15$  سم بعد نقطة تأثير الوزن عن الوتد " ج " .  
فيكون بعد نقطة تأثير الوزن عن الطرف " ب "  $10 + 15 = 25$  سم .

سؤال صفحة ١٩ :

يمثل الشكل المجاور جسماً كتلته ٤ كغم موضوع على سطح أفقي خشن ، حيث معامل الاحتكاك السكوني بين الجسم والسطح ٠,٥ ومعامل الاحتكاك الحركي ٠,٤ ، احسب مقدار الاحتكاك ونوعها (سكوني أو حركي) عندما تكون :



- أ. و المؤثرة = ١٦ نيوتن .  
ب. و المؤثرة = ٢٣ نيوتن .

الإجابة :

$$F_c = s \times m = 0,5 \times 4 = 2 \text{ كج} = 20 \text{ نيوتن}$$

$$F_k = s \times m = 0,4 \times 4 = 1,6 \text{ كج} = 16 \text{ نيوتن}$$

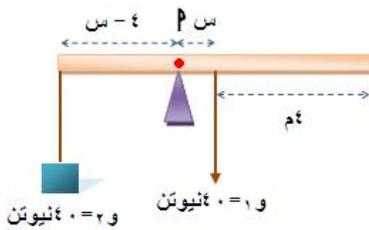
أ. و المؤثرة = ١٦ نيوتن > ٢٠ نيوتن ، إذا قوة الاحتكاك سكوني ويظل الجسم ساكناً .

ب. و المؤثرة = ٢٣ نيوتن < ٢٠ نيوتن ، إذا قوة الاحتكاك حركي .

ويتحرك الجسم بفعل و المحصلة = ٢٣ - ١٦ = ٧ نيوتن .

سؤال صفحة ٢٤ :

قضيب معدني منتظم طوله ٨ م ووزنه ٤٠ نيوتن يستند في نقطة على حامل ، علق في إحدى نهايتيه ثقلاً مقداره ٤٠ نيوتن ، فإذا اتزن القضيب في وضع أفقي فجد المسافة بين نقطة الإسناد والثقل المعلق .



الإجابة :

نفترض أن نقطة الاتزان تبعد " س " عن مركز ثقل القضيب .

إذاً بعد الثقل = ٤ - س .

بما أن القضيب متزن فإن :

$$\sum \tau = 0 \text{ حول النقطة " م " = صفر .}$$

$$40 \times [4 - s] - 40 \times s = 0$$

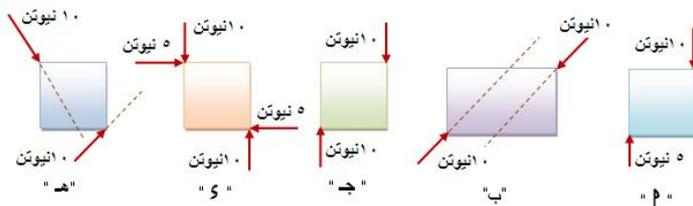
$$160 - 40s = 40s$$

$$160 = 80s$$

$$s = \frac{160}{80} = 2 \text{ متر .}$$

٨٠ س = ١٦٠ ،  $s = \frac{160}{80} = 2$  متر . عن مركز ثقل القضيب .

سؤال صفحة ٢٤ :



أي من القوى في الأشكال التالية يشكل ازدواجاً ، ولماذا .

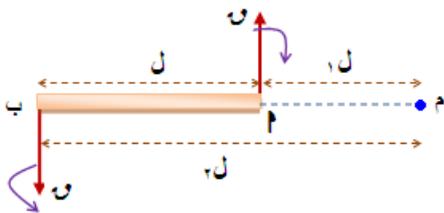
## الإجابة :

في الشكل " ط " : لا تشكل القوتين ازدوجا لأنهما غير متساويتين .  
 في الشكل " ب " : تشكل القوتين ازدوجا لأنهما متساويتان في المقدار ومتعاكستان في الاتجاه وخط عملهما غير منطبق  
 في الشكل " ج " : تشكل القوتين ازدوجا لأنهما متساويتان في المقدار ومتعاكستان في الاتجاه وخط عملهما غير منطبق  
 في الشكل " د " : تشكل كل قوتين ازدوجا لأنهما متساويتان في المقدار ومتعاكستان في الاتجاه وخط عملهما غير منطبق  
 في الشكل " هـ " : لا تشكل القوتين ازدوجا لأنهما غير متوازيتين . .

## سؤال صفحة ٢٥ :

احسب عزم الازدواج عندما تقع النقطة " م " على امتداد العمود الواصل بين خطي عمل القوتين كما في الشكل المجاور ، لاحظ أن أحد العزمين باتجاه دوران عقارب الساعة ، والآخر بعكس اتجاه دوران عقارب الساعة .

## الإجابة :



$$\begin{aligned} \Sigma \tau_M &= \tau_{F_1} + \tau_{F_2} \\ &= F_1 \times L + F_2 \times L \\ &= 90 \text{ جا} \times 1 + 90 \text{ جا} \times 1 \\ &= [1L + 1L] \times 90 \\ &= [1L - 1L] \times 90 \text{ ، حيث } L = 1L + 1L \\ &= 0 \end{aligned}$$

## أسئلة الفصل الثاني : القوى والحروم صفحة ٢٦

**سؤال [١]** ما المقصود بكل من المفاهيم التالية :  
القوة ، الاحتكاك السكوني ، مركز ثقل الجسم ، ذراع الازدواج .

**الإجابة :**

**القوة :** هي مؤثر خارجي يعمل على تغيير مقدار سرعة الجسم المتحرك أو اتجاه حركته أو كليهما ، وقد يغير من شكل الجسم ( يشوهه ) .  
**قوة الاحتكاك السكوني :** هي قوة تنشأ لتلامس سطحين وتتغير حسب نوع السطحين وتبلغ أقصى قيمة لها عندما يكون الجسم على وشك الحركة .  
**مركز ثقل الجسم :** هي النقطة التي يبدو تأثير الجاذبية مركز فيها وهي نقطة تأثير محصلة أوزان الجسيمات الصغيرة التي يتكون منها الجسم .  
**ذراع الازدواج :** هو البعد العمودي بين قوتي الازدواج ويقاس بوحدة " المتر " .

**سؤال [٢]** فسر ما يأتي تفسيراً علمياً :

- القيمة القسوى لمعامل الاحتكاك السكوني لسطح ما أكبر من معامل الاحتكاك الحركي لنفس السطح .  
- القوة التي يكون خط عملها موازياً للذراع ليس لها أثر دوراني على الجسم .

**الإجابة :**

١. م س < م ح وذلك لوجود زمن كافي لتداخل التواءات في حالة السكون أما في حالة الحركة فلا يكون هناك زمناً كافياً لتداخل التواءات .

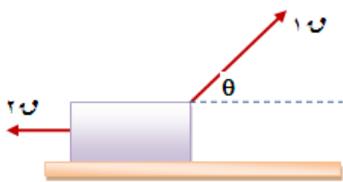
٢. لأن : ع = ل × و × جاθ

عندما تكون القوى موازية للذراع تكون الزاوية = صفر أو ١٨٠° ، ويكون جا٠ = ١ ، جا١٨٠ = صفر ، فيكون عزم القوة :

ع = ل × و × جاθ = ل × و × صفر = صفر .

**سؤال [٣]** في الشكل المجاور قوتان ( و١ ، و٢ ) تؤثران في صندوق يتحرك بسرعة ثابتة على أرض ملساء ، فإذا قللنا الزاوية " θ " من دون تغيير قيمة " و١ " وأردنا للجسم أن يبقى على سرعته الثابتة، فهل تزيد " و٢ " أم تقلها أم تبقىها ثابتة ، بين السبب .

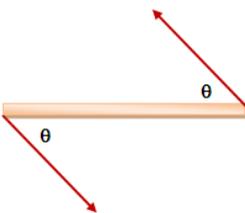
**الإجابة :**



القوة المحركة للجسم هي " و١ جتاθ " ، بتقليل الزاوية " θ " يزداد " جتاθ " فتزداد القوة المحركة للجسم " و١ جتاθ " ( مع بقاء و١ ) ثابتة ، وبما أن الجسم يتحرك بسرعة ثابتة ، لذلك يجب زيادة القوة " و٢ " بنفس نسبة زيادة " و١ جتاθ " لأن محصلة القوى على الجسم ثابتة .

**سؤال [٤]** قوتان متوازيتان قيمة كل منهما ٨٠ نيوتن ، تؤثران عند طرفي مسطرة كما في الشكل المجاور ، فإذا كان طول الساق " ٢ م " وعزم الازدواج المؤثر يساوي ٨٠ نيوتن.متر ، جد الزاوية التي يصنعها خط عمل كل من القوتين مع المسطرة .

**الإجابة :**



$$ع = و١ × ل × جاθ$$

$$٨٠ = ٨٠ × ٢ × جاθ$$

$$جاθ = \frac{٨٠}{١٦٠} = ٠,٥ ، \theta = ٣٠^\circ .$$

سؤال [٥] يتزن لوح منتظم من الخشب طوله ٣ م ، ووزنه ٤٠ نيوتن علق في وضع أفقي بواسطة حبلين رأسيين مربوطين عند طرفيه ، إذا وقف شخص كتلته ٧٢ كغم " على بعد " ١ م " من إحدى طرفيه ، جد قوة الشد في كلا من الحبلين .

**الإجابة :**

وزن الشخص "و" = ك × ج = ١٠ × ٧٢ = ٧٢٠ نيوتن .

حسب شرط الاتزان الأول :

$$\sum \tau = 0$$

$$ش_١ + ش_٢ - ٧٢٠ - ٤٠ = 0$$

$$ش_١ + ش_٢ = ٧٦٠ \dots\dots\dots " ١ "$$

بأخذ العزوم حول النقطة " م "

$$\sum \tau = 0$$

$$ش_١ \times ٣ - ٠ \times ٣ - ٧٢٠ \times ١ - ٤٠ \times ١,٥ = 0$$

$$٣ \times ش_١ = ٧٢٠ + ٦٠$$

$$٣ \times ش_١ = ٧٨٠$$

$$ش_١ = \frac{٧٨٠}{٣} = ٢٦٠ \text{ نيوتن .}$$

بالتعويض في المعادلة الأولى :

$$ش_١ + ش_٢ = ٧٦٠$$

$$ش_٢ = ٧٦٠ - ٢٦٠$$

$$ش_٢ = ٥٠٠ \text{ نيوتن .}$$

سؤال [٦] في الشكل طلب يحمل متراً خشبياً به خطافات على مسافات مختلفة من يديه ، إذا علق جسم ثقيل في إحداها ، سيواجه هذا الطالب صعوبة في رفع المتر .

١. في أي خطاف يلاقي صعوبة أكبر .

٢. رتب الخطافات تنازلياً من حيث الصعوبة التي سيواجهها .

**الإجابة :**

١. يواجه الطالب صعوبة عند النقطة " م " أكبر ما يمكن .

٢. م < ب < ج < د

