

## الوحدة الخامسة

# عزم القوّة ومركز الكتلة

## ١-٥ عزم القوّة

العزم: هو التأثير الدوراني للقوّة حول محور الدوران.

- درسنا أنه إذا أثّرت محصلة قوى على جسم فإنه يتحرك في اتجاهها.
- لكن إذا كان لهذا القوّة تأثيراً دورانياً فإن الجسم يدور مع العزم الناشئ سبيها.
- يزداد مقدار عزم القوّة (وبالتالي يمكن الحصول على أكبر عزم دوراني) في الحالات التالية:

1. أن يكون مقدار القوّة كبيراً.

2. أن تكون المسافة بين القوّة ومحور الدوران كبيراً.

• لذلك يسهل دفع الباب إذا كانت القوّة المؤثرة بعيدة عن المفصلات (محور الدوران).

• كذلك يسهل رفع عربة الحديقة عندما تكون مقابضها طويلة.

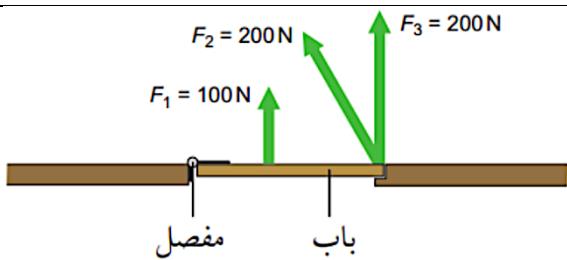
3. أن تكون القوّة المؤثرة عمودية على المسافة بينها وبين محور الدوران.

• لذلك يسهل دفع العجلة إذا كانت القوّة المؤثرة عمودية عليها.

• كذلك يسهل رفع عربة الحديقة إذا كانت القوّة المؤثرة عمودية عليها مقبضها.



- ملحوظة مهمة: كلمة "يسهل" تعني أن القوّة المطلوبة تصبح أقل.



تظهر في الشكل المقابل ثلاثة قوى مختلفة وهي تشد باباً قلباً ثقيلاً إلى الأعلى. ما القوة التي سيكون لها أكبر تأثير دوراني؟ وضح إجابتك.

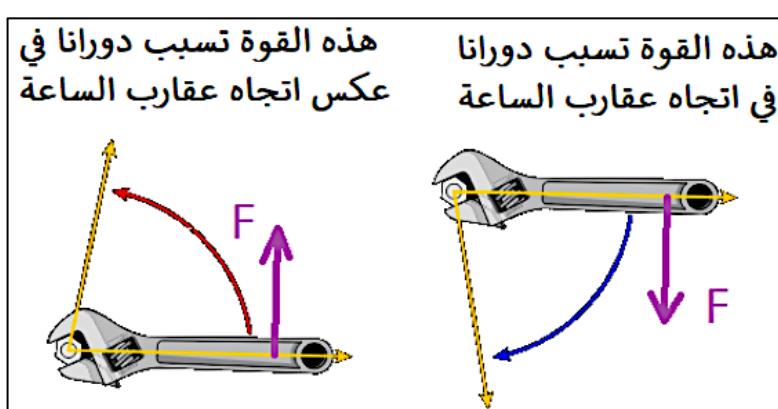
القوة ( $F_3$ ) لأنها الأبعد عن المحور كما أنها عمودية.

تبقى الشجرة الطويلة ثابتة ما دامت الرياح خفيفة. ولكنها قد تُقتلع إذا هبت عليها رياح شديدة. لماذا يُرجح أن تُقتلع الشجرة الطويلة مقارنة بالشجرة القصيرة؟

لأن العزم على الشجرة الأطول أكبر بسبب بعد قمته عن الأرض.

## ٢-٥ حساب عزم القوة

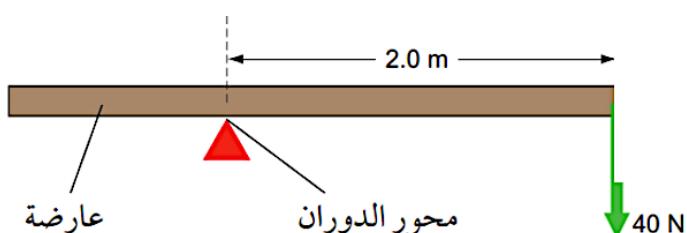
### اتجاه عزم الدوران



كما ذكرنا من قبل: عزم القوة يسبب دوران الجسم حول محوره.

لذلك فإن اتجاه الدوران يكون إما في نفس اتجاه عقارب الساعة أو عكس اتجاه عقارب الساعة.

### قانون عزم الدوران



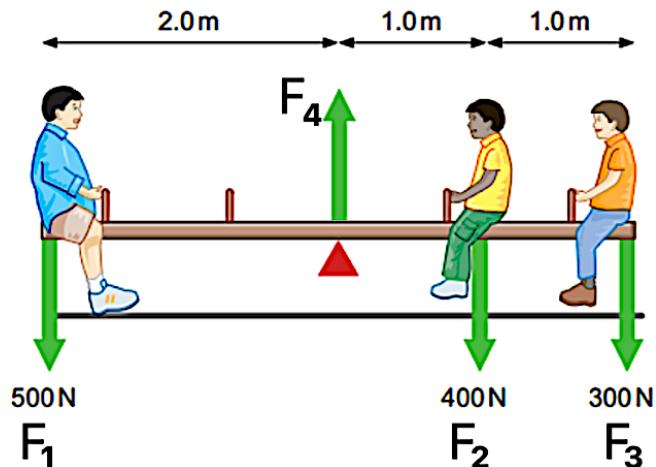
عزم القوة = القوة  $\times$  المسافة العمودية من المحور إلى القوة.

$$= F \times d$$

في الشكل المقابل: عزم الدوران يساوي:

$$F \times d = 40 \times 2 = 80 \text{ Nm}$$

شرطان لكي تتن العارضة في الشكل المقابل:



1. أن تكون القوى المؤثرة عليها متزنة (أي محاصلة القوى تساوي الصفر). وهذا يتحقق عندما تتساوى القوى المؤثرة لأسفل مع القوى المؤثرة لأعلى:

$$F_1 + F_2 + F_3 = F_4$$

$$\therefore F_4 = 500 + 400 + 300 = 1200 \text{ N}$$

بالطبع أنت تعرف أن  $F_4$  هي قوة التلامس العمودية.

2. أن تكون العزوم المؤثرة عليها متزنة (أي محاصلة العزوم تساوي الصفر). وهذا يتحقق عندما تتساوى العزوم في اتجاه عقارب الساعة مع العزوم عكس عقارب الساعة:

$$F_1 \times d_1 = F_2 \times d_2 + F_3 \times d_3$$

$$500 \times 2 = 400 \times 1 + 300 \times 2$$

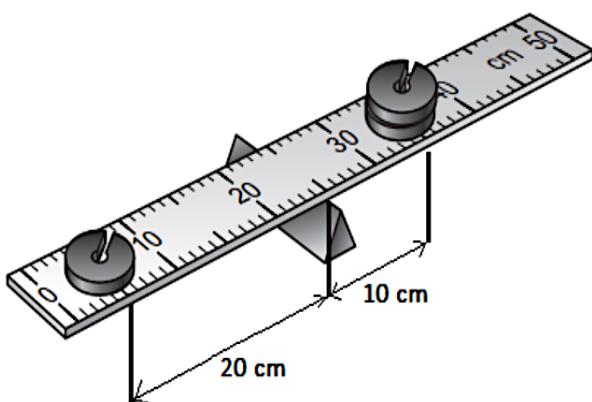
$$1000 \text{ Nm} = 1000 \text{ Nm}$$

ملحوظة مهمة جداً: القوة  $F_4$  ليس لها عزم لأن خط عملها يبر بالمحور. بعبارة أخرى المسافة بينها وبين المحور تساوي الصفر.

إذا توفر هذان الشرطان نقول إن النظام في حالة اتزان مالم تؤثر عليه قوة من خارجه أو تدخل إليه طاقة أو تخرج منه.

**مبدأ عزم القوة** الذي ينص على أنه في حالة الاتزان يكون:

**مجموع العزوم في اتجاه عقارب الساعة = مجموع العزوم عكس اتجاه عقارب الساعة**



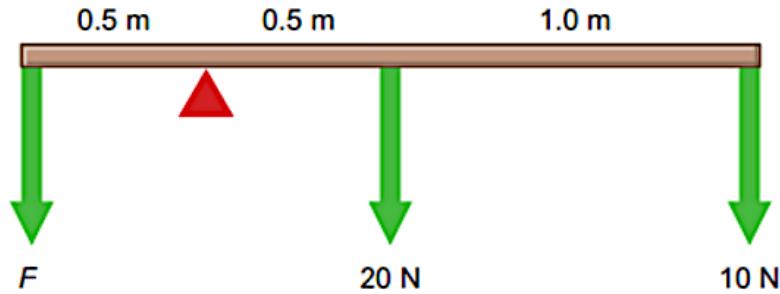
هل المسطرة في الشكل المقابل متزنة أم لا؟ (الحمل الواحد 1 N)

القوى متزنة لأن المسطرة لا تتسارع رأسياً.

- العزم في نفس اتجاه عقارب الساعة:  $2 \times 10 = 20 \text{ N cm}$

- العزم عكس اتجاه عقارب الساعة:  $1 \times 20 = 20 \text{ N cm}$

العزوم متزنة أيضاً. إذاً المسطرة متزنة.



يبلغ طول العارضة المبينة في الرسم التخطيطي المقابل (2.0 m)، ويبلغ وزنها (20 N) ولها محور دوران. تؤثر قوتها (10 N) نحو الأسفل عند أحد طرفيها. كم تبلغ القوة F التي يجب أن تطبق نحو الأسفل عند الطرف الآخر لتحقيق اتزان في العارضة؟

- مجموع العزوم في اتجاه عقارب الساعة:

$$10 \times 1.5 + 20 \times 0.5 = 25 \text{ Nm}$$

- مجموع العزوم عكس اتجاه عقارب الساعة:

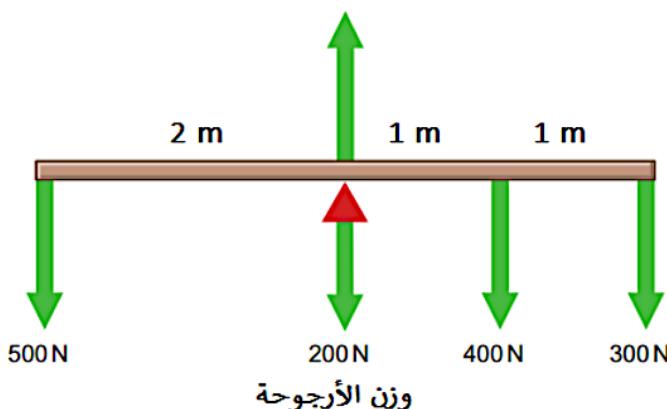
$$F \times 0.5 = 0.5F$$

عند اتزان العارضة:

$$0.5F = 25$$

قوّة التلامس العمودية = 1400 N

$$F = \frac{25}{0.5} = 50 \text{ N}$$



في الشكل المقابل، أثبتت أن الأرجوحة متزنة:

مجموع القوى المؤثرة لأسفل:

$$500 + 200 + 400 + 300 = 1400 \text{ N}$$

وهذا يساوى القوى المؤثرة لأعلى. إذاً القوى متزنة.

- مجموع العزوم في اتجاه عقارب الساعة:

$$300 \times 2 + 400 \times 1 = 1000 \text{ Nm}$$

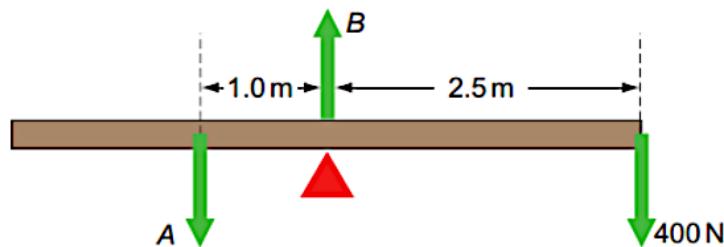
- مجموع العزوم عكس اتجاه عقارب الساعة:

$$500 \times 2 = 1000 \text{ Nm}$$

العزوم متزنة أيضاً. إذاً الأرجوحة متزنة.

ملحوظة مهمة جداً: تجاهلنا وزن الأرجوحة وقوّة التلامس العمودية لأن خط عمل كل منها يمر بالمحور وبالتالي ليس له عزم.

احسب القوتين المجهولتين  $B$  ،  $A$  للعارض المترنة المبينة في الشكل التالي. يمكنك إهمال وزن العارضة.



$$400 \times 2.5 = 1000 \text{ Nm}$$

$$A \times 1 = A \text{ Nm}$$

- العزم في اتجاه عقارب الساعة:

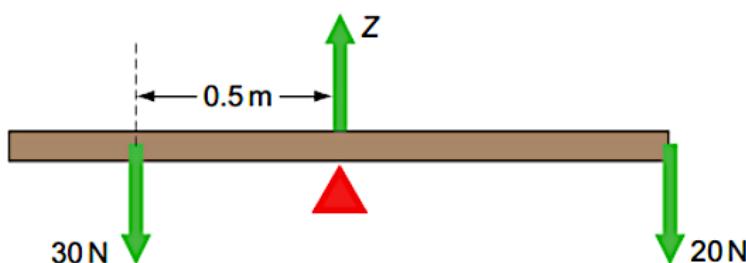
- العزم عكس اتجاه عقارب الساعة:

$$A = 1000 \text{ N}$$

لأن العزوم مترنة يكون:

$$B = 1000 + 400 = 1400 \text{ N}$$

لأن القوى مترنة يكون:



العارض المبينة في الشكل المقابل مترنة عند منتصفها.

يبلغ وزنها (40 N) وطول العارضة. احسب القوة

المجهولة Z وطول العارضة.

$$Z = 30 + 40 + 20 = 90 \text{ N}$$

لأن القوى مترنة يكون:

$$30 \times 0.5 = 20 \times d$$

لأن العزوم مترنة يكون:

$$d = \frac{15}{20} = 0.75 \text{ m}$$

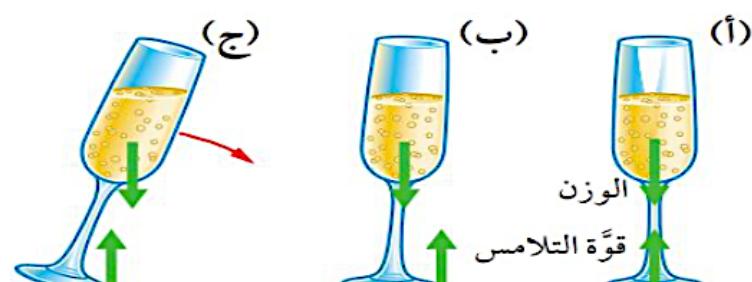
$$0.75 \times 2 = 1.5 \text{ m}$$

لكن (d) تمثل نصف طول العارضة، إذاً طول العارضة يساوي:

## ٣-٥ الاستقرار ومركز الكتلة

**مركز الكتلة**: هي النقطة التي يمكن اعتبار أن كل كتلة الجسم متراكمة فيها.

وُتُّعرف أحياناً باسم مركز الجاذبية أو مركز الثقل.

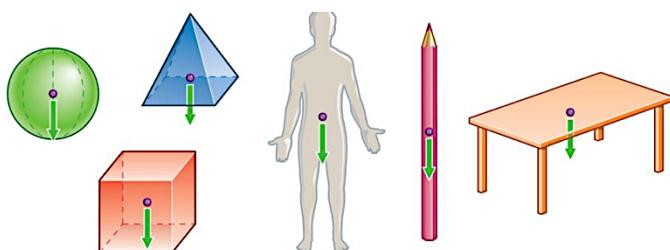


في الشكل المقابل :

- الكأس (أ) مستقرة لأن الوزن وقوة التلامس العمودية يعملان على نفس الخط.
- الكأس (ب) غير مستقرة لكنها ستعود إلى الاستقرار لأن خط عمل الوزن يمر بالقاعدة.
- الكأس (ج) غير مستقرة وستسقط لأن خط عمل الوزن يقع خارج القاعدة.

يمكن زيادة استقرار الجسم بما يلي:

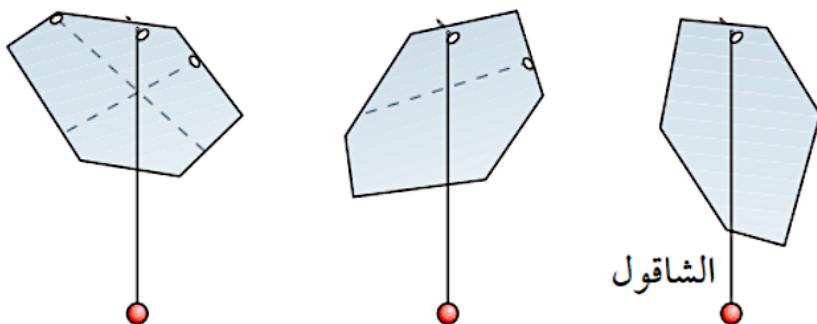
1. أن يكون مركز ثقله منخفضاً (أي قريباً من قاعدته، وهذا ما يجعل الهرم هو أكثر الأجسام استقراراً).
2. أن يكون له قاعدة واسعة.



تعليق على الأجسام في الشكل المقابل:

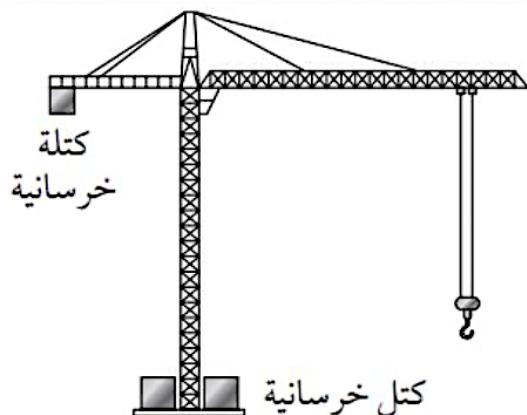
- لأن الكرة والمكعب من الأشكال المتماثلة متماثلة تماماً، فإن مركز كتلة كل منها يقع في المركز.
- الإنسان متماثل إلى حد ما، فلا بد من أن يقع مركز كتلته على محور التماثل وفي منتصف الجسم تقريباً.
- مركز الكتلة للطاولة يقع في الحيز الموجود تحت سطح الطاولة بسبب وجود الأرجل كلها في هذا الاتجاه.

## إيجاد مركز الكتلة لصفحة مستوية عن طريق الاتزان



1. تعلق الصفيحة من خلال ثقب وتترك لتحرك بحرية حتى تستقر.
2. وبالتالي يكون مركز الكتلة أسفل نقطة التعليق (وسبب ذلك أن الوزن يشد الجسم إلى أسفل حتى يتطابق خط عمل الوزن مع خط عمل قوة التلامس فتكون محصلة العزوم تساوي الصفر).
3. يستخدم شاقول (مكون من خيط وكتلة صغيرة) لرسم الخط الرأسي أسفل المسار.
4. تكرر العملية على ثقين آخرين وفي كل مرة نرسم الخط الرأسي.
5. ستقاطع الخطوط الثلاثة عند مركز الكتلة.

### استخدم فكري الاستقرار ومركز الكتلة لشرح ما يأتي:



- أ. الأوزان الثقيلة في الحالات ذات الطابقين توضع في جوانبها السفلية.
- ب. للرافعة كتلة خرسانية ثقيلة تثبت بأحد طرفي ذراعها، وكتل أخرى موضوعة حول قاعدتها كما في الشكل أدناه.

الإجابة:

- أ. لخفض مركز كتلتها مما يجعلها أكثر استقراراً.
  - ب. الكتلة الخرسانية الواقعة عند نهاية الذراع هي موازنة الحمل.
- أما الكتل الخرسانية عند القاعدة فهي لخفض مركز كتلة الرافعة وتوسيع قاعدتها مما يجعلها أكثر استقراراً.

(أ)

يبين الرسم التخطيطي المقابل القوتين المؤثرين على راكب دراجة.



أ. انظر إلى الجزء (أ) من الرسم التخطيطي. اشرح كيف تعرف أن راكب الدراجة المبين في الجزء (أ) في حالة اتزان.

ب. انظر الآن إلى الجزء (ب) من الرسم التخطيطي. هل القوى المؤثرة على راكب الدراجة متزنة؟ وضح ذلك.

الإجابة:

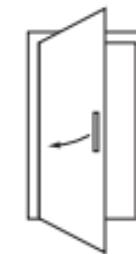


أ. الوزن وقوة التلامس العمودية متساويتان وتعملان على نفس (ب) الخط ، لذلك فإن محصلة العزم تساوي الصفر.

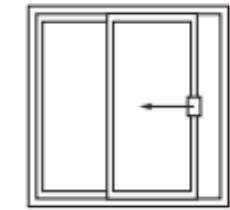
ب. كلا. القوى المؤثرة على راكب الدراجة في الجزء (ب) غير متزنة لأن خط عمل الوزن ير على يمين قوة التلامس العمودية.

يوضّح الشكل أدناه نوعين من الأبواب، (أ) و (ب).

لفتح الباب (أ)، يجب على الشخص سحبه إلى الجانب. لفتح الباب (ب)، يجب على الشخص سحبه باتجاهه.



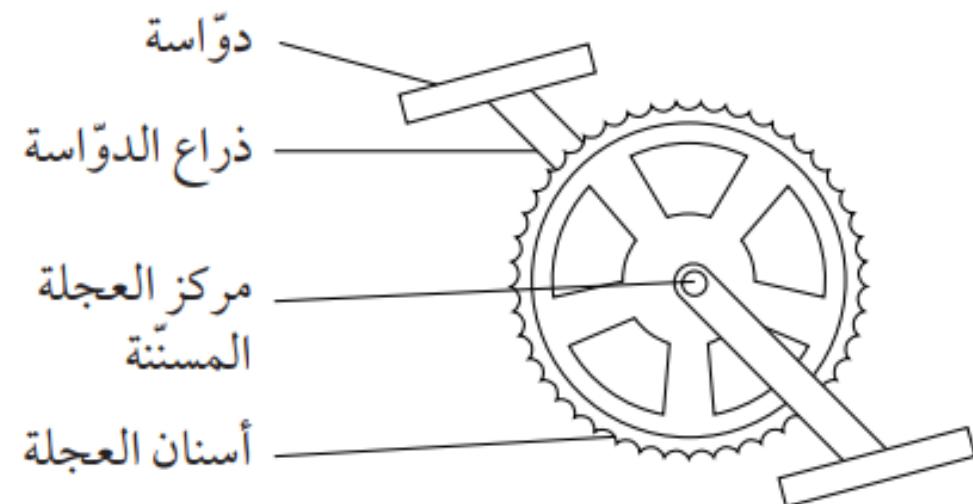
(ب)



(أ)

اشرح أيّ من هذه الأبواب يتطلّب عزماً من أجل فتحه.

يبين الرسم التخطيطي أدناه الأجزاء المستخدمة في تحريك دراجة.



سمُّ الجزء الذي:

- أ. تؤثّر عليه قوّة.
- ب. يعمل كعتلة.
- ج. يعمل كمحور للعتلة.

١

الباب (ب): لأن القوّة تُستخدم لإنتاج عزم دوران.

٢

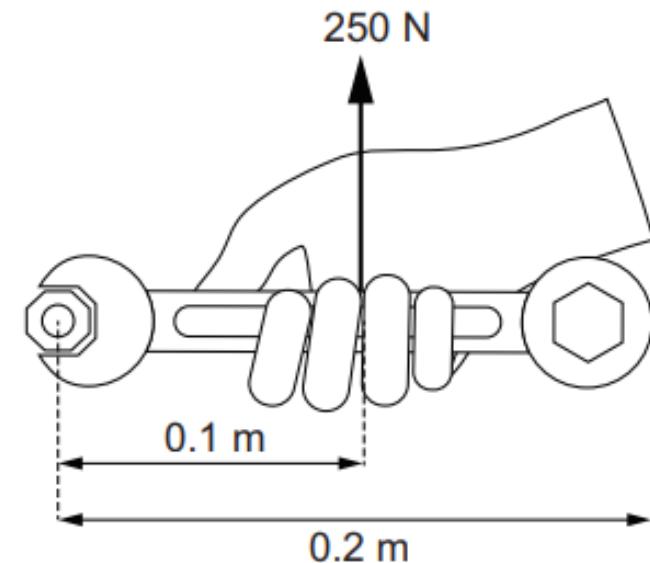
الباب لديه محور / يدور حول محور / يعمل المفصل كمحور.

أ. الدوّاسة.

ب. ذراع الدوّاسة.

ج. مركز العجلة المسنّنة.

يبين الرسم التخطيطي أدناه شخصاً يستخدم مفك البراغي لتدوير برجي.



يمكن للشخص أن يؤثر بأقصى قوّة ومقدارها (250 N).

- أ. احسب عزم القوّة على البرغي، كما هو موضح في الرسم التخطيطي، مبيّناً وحدة القياس في إجابتك.
- ب. لا يدور البرغي في الرسم التخطيطي عندما يؤثر الشخص بأقصى قوّة عليه.
١. اشرح كيف يمكن للشخص أن يمسك مفك البراغي بشكل مختلف لزيادة العزم.
٢. العزم المطلوب لجعل هذا البرغي يدور هو (45 Nm). بين بالحساب ما إذا كان ممكناً لهذا الشخص أن يجعل البرغي يدور باستخدام مفك البراغي هذا.

أ. العزم = القوة × المسافة العمودية من المحور إلى القوة، وبالتالي، العزم:

$$= 250 \times 0.1$$

$$= 25 \text{ Nm}$$

ب. ١. يُمسك الشخص بالمفك عند أبعد مسافة عن البرغي / يقوم بزيادة البُعد عن البرغي / يُمسك بالمفك عند بُعد 0.2 m عن البرغي.

بما أن العزم = القوة × المسافة العمودية من المحور إلى القوة، فإن زيادة المسافة ستزيد من عزم القوة.

٢. (الحد الأقصى) للعزم:

$$= 250 \times 0.2$$

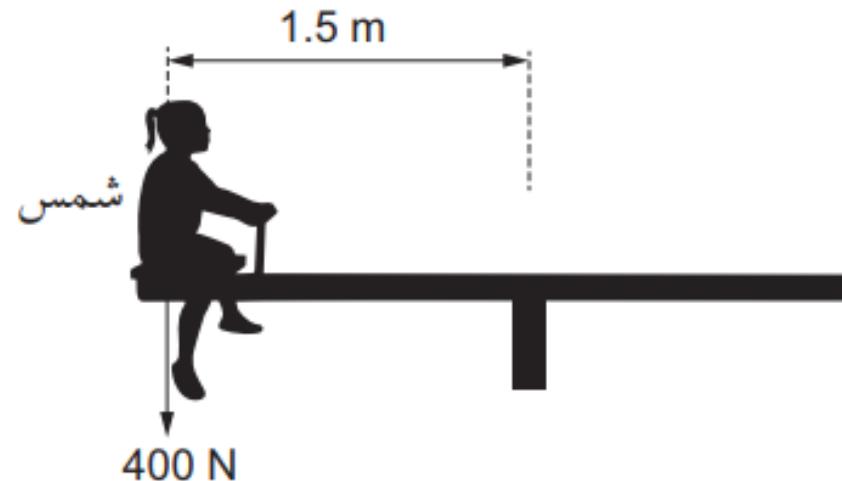
$$= 50 \text{ Nm}$$

أكبر من 50 Nm 45 Nm لذا نعم، سوف يدور البرغي.

أ. اذكر مبدأ العزم.

ب. تريد طفلتان شمس وشيم، استخدام أرجوحة اتّزان.

يبلغ وزن شمس (400 N) وتجلس على مسافة (1.5 m) من محور الدوران، كما يظهر في الرسم التخطيطي أدناه.



١. احسب العزم الذي تسبّبه شمس في الأرجوحة.

٢. شيم أكبر سنًا وبلغ وزنها (800 N). احسب المسافة من نقطة المنتصف التي يجب أن تجلس شيم عليها لتحقيق الاتّزان مع شمس.

أ. ينحى مبدأ عزم القوّة على أن الجسم يكون في حالة اتّزان عندما تتساوى العزوم باتّجاه عقارب الساعة مع العزوم بعكس اتّجاه عقارب الساعة / النظام مُتوازن / في حالة اتّزان إذا كانت محصلة العزوم في اتّجاه عقارب الساعة تساوي محصلة العزوم في عكس اتّجاه عقارب الساعة.

ب. ١. العزم = القوّة × المسافة العمودية من المحور إلى القوّة  
العزم الذي تُسبّبه شمس:

$$\begin{aligned} &= 400 \times 1.5 \\ &= 600 \text{ Nm} \end{aligned}$$

٢. يجب الإشارة إلى أن العزم على كل جانب من جوانب المحور هو نفسه في حالة الاتّزان.

العزم الذي تُسبّبه شمس يساوي:

$$= 600 \text{ Nm}$$

المسافة =  $d$

$$600 = 800 \times d$$

المسافة:

$$d = \frac{600}{800}$$

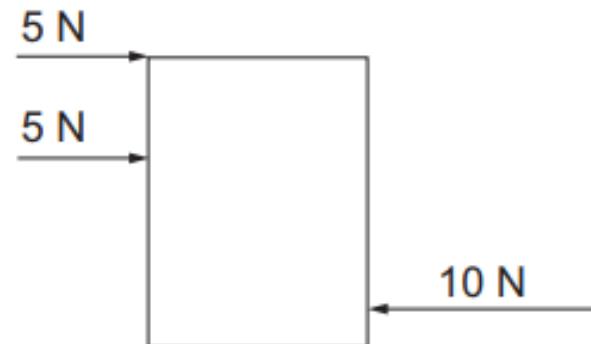
$$d = 0.75 \text{ m}$$

٥

كان أرخميدس Archimedes عالِماً فيزيائياً. وقد عاش في الفترة 250 سنة قبل الميلاد تقريباً. طرح أرخميدس فكرة أنه بالإمكان رفع الأرض بعتلة طويلة (رافعة). بافتراض أن من الممكن صُنع عتلة طويلة وقوية كفاية، اقترح سبيّن لاستحالة رفع الأرض بعتلة.

٦

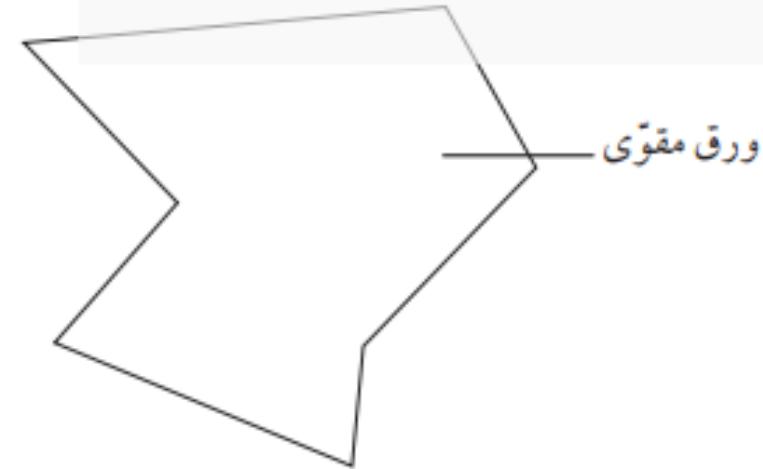
يمكن تحريك الجسم الموضّح في الرسم التخطيطي أدناه بحرّية. تؤثّر على الجسم ثلات قوى.



اشرح ما إذا كان هذا الجسم في حالة اتّزان أم لا.

٧

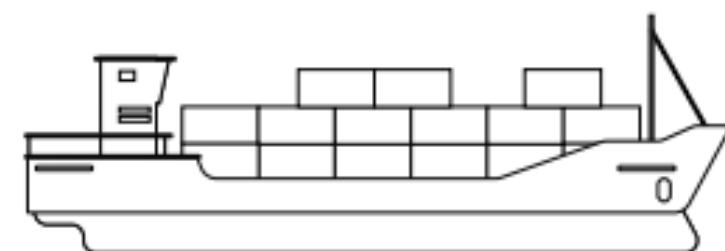
يقص مهاب قطعة من الورق المقوى مكوناً شكلاً غير منتظم، كما يظهر في الرسم أدناه.



٨

كيف يمكن لمهاب أن يحدد موقع مركز الكتلة لهذا الشكل؟

يُظهر الرسم أدناه حاويات معدنية كبيرة على سطح سفينة. تمتلك جميع الحاويات الأبعاد نفسها، لكن كتلة كل حاوية تختلف.



اقترح مع الشرح كيفية تحميل الحاويات على السفينة لضمان استقرارها.

٥

- بسبب عدم وجود مكان لوضع محور العتلة (الرافعة).
- الأرض لا تستقر على سطح ما لذلك لا يمكن رفعها.

٦

محصلة القوى تساوي الصفر، ولكن مُحصلة العزوم لا تساوي الصفر؛ لأن القوى تعمل في موقع مختلفة. لذا سوف تتسرب القوى بعزم في اتجاه عقارب الساعة، وليس هناك من عزم بعكس اتجاه عقارب الساعة؛ وبالتالي، فإن الجسم ليس في حالة اتزان دوري.

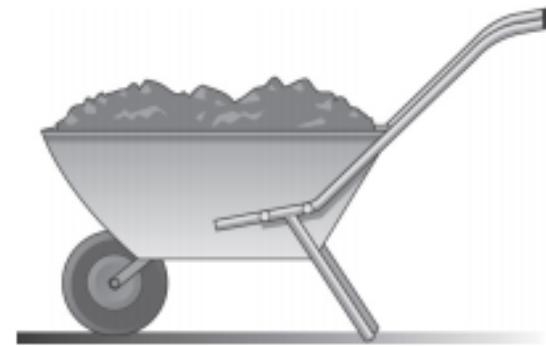
٧

يقوم مهاب بتعليق الشكل قرب الحافة بدبوس مثبت أفقياً، بحيث يستطيع الشكل أن يتراجع بحرية. وباستخدام شاقول (أو كتلة أو ثقل معلق بخيط) معلق رأسياً عند الدبوس، يرسم مهاب خطأ على الورق المقوى لإظهار موضع الخط الشاقولي. ثم يكرر تعليق الشكل من نقاط مختلفة. الموضع الذي تتقاطع فيه الخطوط هو مركز الكتلة.

٨

الحاويات التي لديها أكبر كتلة توضع في قاع السفينة لإبقاء مركز الكتلة (للسفينة والحاويات معاً) عند أدنى مستوى ممكن، وتثبت الحاويات لمنعها من التحرك، ولا يقاب تغير مركز الكتلة (السفينة والحاويات معاً).

أ يُظهر الرسم التخطيطي عربة بحمولة ثقيلة من التربة. أضف سهماً لتوضّح كيف ترفع ذراع العربة بأقلّ قوّة ممكنة. تذكّر أن تشير بوضوح إلى اتجاه القوّة.



ب يوضّح الرسم التخطيطي أدناه عارضة مُتنّزة حول محور. أضف الأسهم لإظهار القوّتين الآتيتين:

- قوّة  $N 100$  تدفع العارضة إلى الأسفل، وسوف يكون لها أكبر تأثير ممكّن في اتجاه عقارب الساعة. سُمّ هذه القوّة (أ).
- قوّة  $N 200$  تدفع العارضة إلى الأسفل، وسوف يكون لها تأثير دوران عكس اتجاه عقارب الساعة يساوي في المقدار تأثير الدوران للقوّة (أ). سُمّ هذه القوّة (ب).



ج) إذا كان الجسم في حالة اتزان، فماذا تقول عن:

• محصلة القوى المؤثرة على الجسم؟

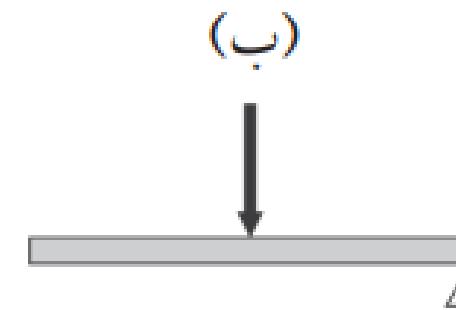
• محصلة عزم القوّة على الجسم؟



يجب أن تكون القوة عمودية عند نهاية المقابض، أو إظهار سهم القوة بزاوية  $90^\circ$  على خط امتداد المقابض بمركز العجلة.

ب

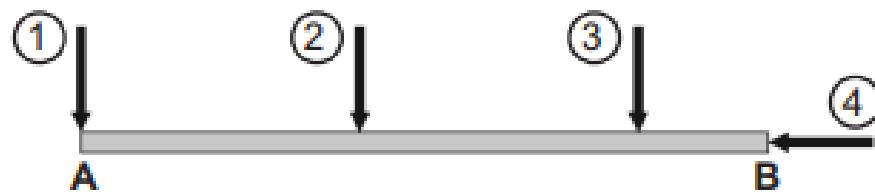
(ب)



ج

- مُحَصَّلة الْقُوَى الْمُؤْثِرَةُ عَلَى الْجَسَم = الصَّفَرُ.
- مُحَصَّلة عَزْمِ الْقُوَّةِ = الصَّفَرُ.

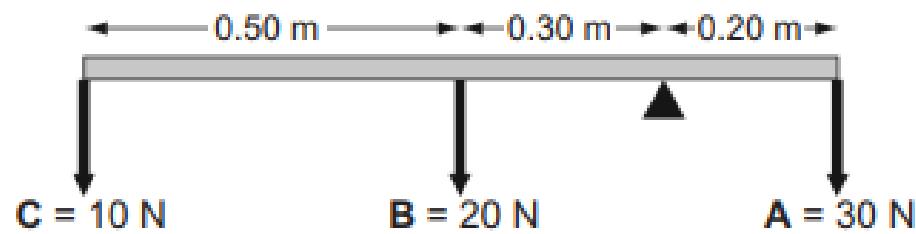
**أ** جميع القوى المؤثرة هي الرسم التخطيطي المُقابل متساوية في المقدار.



١. أي قوّة لها أكْبَر عَزْم حَوْل النَّقْدَة ٩A

٢. أي قوّة ليس لها عَزْم حَوْل النَّقْدَة ٩B

**ب** ١. احسب العزم حَوْل محور كل قوّة من القوى المُشار إليها في الرسم التخطيطي. سجّل إجاباتك في الجدول ١-٥.

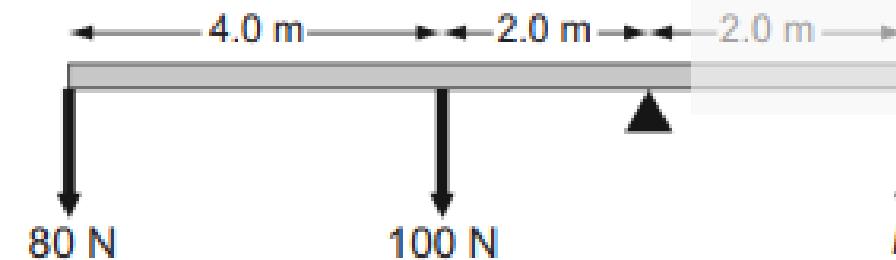


الاتجاه عقارب الساعة أو عكس اتجاه عقارب الساعة	العزم	القوّة
		A
		B
		C

الجدول ١-٥

٢. ما القوّة التي يجب إزالتها حتى تكون العارضة مُتنَزِّنة؟

ج العارضة في الرسم التخطيطي أدناه مُثبَّتة. احسب مقدار القوَّة  $F$ .



أ

- القوّة 3 لها العزم الأكبر حول النقطة A؛ لأن خطّ عملها عمودي على العارضة والأبعد عن النقطة A.
- القوّة 4 لها عزم صفر حول النقطة B؛ لأن خط عملها يمر في النقطة B.

ب

القوّة	العزم	اتّجاه عقارب الساعة أو عكس اتّجاه عقارب الساعة
A	$30 \times 0.20 = 6.0 \text{ Nm}$	باتّجاه عقارب الساعة
B	$20 \times 0.30 = 6.0 \text{ Nm}$	عكس اتّجاه عقارب الساعة
C	$10 \times 0.80 = 8.0 \text{ Nm}$	عكس اتّجاه عقارب الساعة

الجدول ١-٥

ج

- يجب إزالة القوّة C لكي تتنّزّل العارضة.

محصلة عزم القوّة بعكس اتّجاه عقارب الساعة:

بما أن العارضة متّزنة، فإنّ عزم القوّة باتّجاه عقارب الساعة:

$$= 680 \text{ Nm}$$

$$F \times 2 = 680$$

$$F = \frac{680}{2}$$

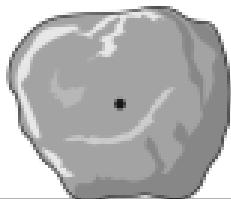
$$F = 340 \text{ N}$$

$$= (80 \times (4 + 2)) + (100 \times 2)$$

$$= 480 + 200$$

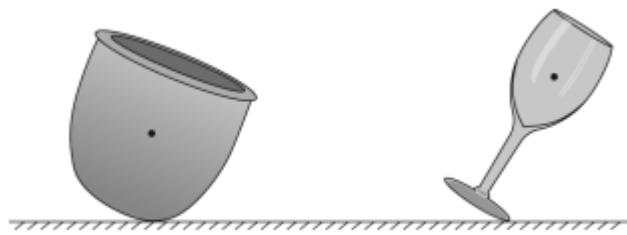
$$= 680 \text{ Nm}$$

**أ** يُظهر الرسم أدناه جسمًا مستقرًا إلى حد ما. تم تحديد مركز كتلته ب نقطة.



1. ارسم على يمين هذا الجسم جسمًا أكثر استقرارًا. حدّد مركز كتلته.
2. ارسم على يسار هذا الجسم جسمًا أقلً استقرارًا. حدّد مركز كتلته.

**ب** يُظهر الرسم أدناه جسمين غير مستقررين. تم تحديد مركز كتلة كل منهما ب نقطة.



1. تؤثر قوّتان رأسیتان على كل من هذين الجسمين. سُمّ هاتين القوّتين:

القوّة المُتجهة إلى الأعلى:

القوّة المُتجهة إلى الأسفل:

2. ارسم لكل جسم أسهماً توضّح القوّتين المؤثّتين عليه. تبّأ ما إذا كان كل جسم سيقع أم لا، واكتب تفسيرًا لذلك.



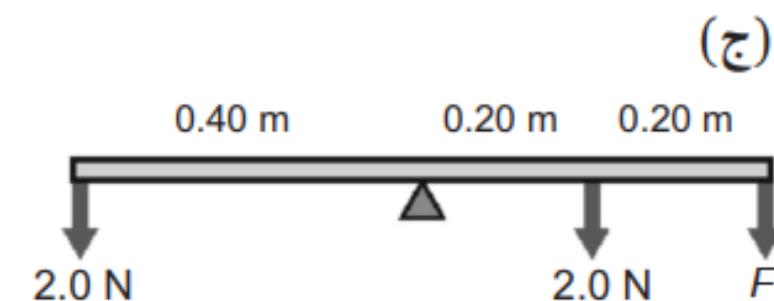
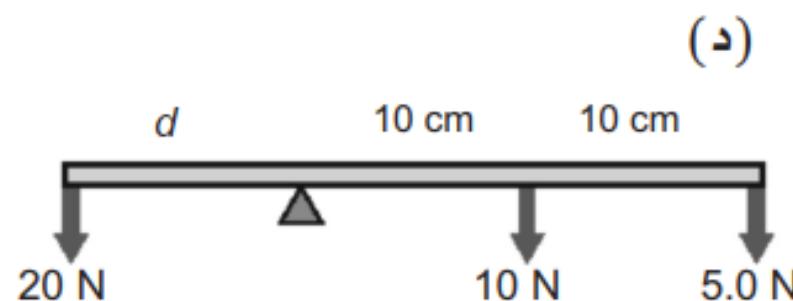
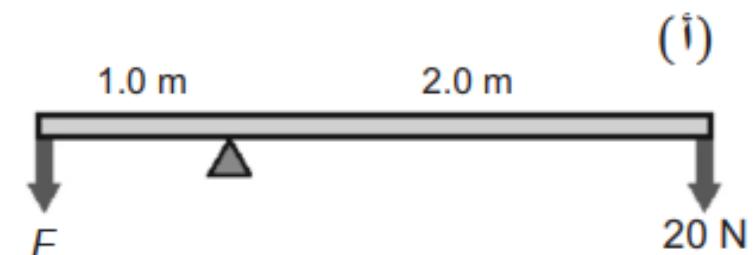
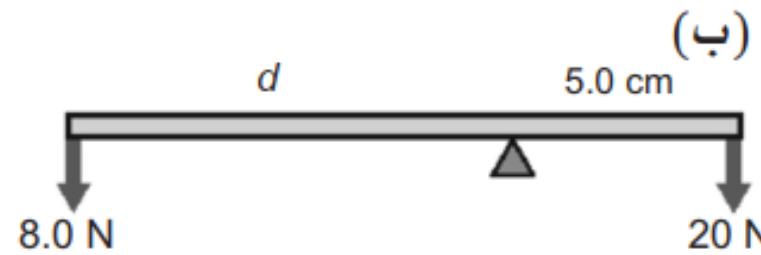
١. الجسم الأكثر استقراراً له قاعدة أوسع ومركز كتلة أكثر انخفاضاً.
  ٢. الجسم الأقل استقراراً له قاعدة أضيق ومركز كتلة أعلى ارتفاعاً.
- تم عرض أمثلة نموذجية.

١. القوة المتجهة إلى الأعلى: قوة التلامس العمودية  
القوة المتجهة إلى الأسفل: الوزن

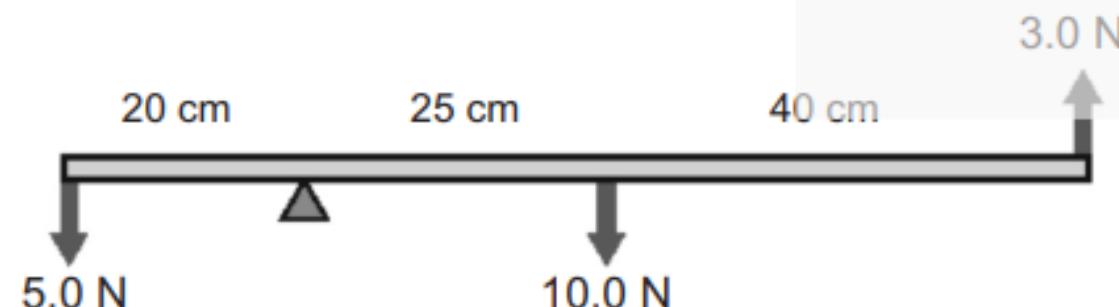


٢. الجسم الأيمن، سوف يقع، لأن وزنه يعمل خارج قاعدته. أمّا الجسم الأيسر فلن يقع، لأن وزنه يمرّ عبر قاعدته وبالتالي سوف يتسبّب في ميله إلى اليسار، وإعادته إلى الوضع الرأسي (وضع الاستقرار).

١ العارضة في كل من المُخطّطات الآتية مُتّزنة. احسب القوّة المجهولة  $F$  أو المسافة المجهولة  $d$  في كلّ حالة من الحالات.



٢ انظر إلى العارضة أدناه. هل هي مُتّزنة؟ إذا لم تكن كذلك، ففي أيّ اتجاه سوف تميل العارضة إلى أن تدور؟



(أ) العزم باتجاه عقارب الساعة:

$$= F \times d$$

$$= 20 \times 2.0$$

$$= 40 \text{ Nm}$$

عزم القوة  $F$  بعكس اتجاه عقارب الساعة:

$$= 40 \text{ Nm}$$

$$F \times 1.0 = 40 \text{ Nm}$$

$$F = \frac{40}{1.0}$$

$$F = 40 \text{ N}$$

(ب) العزم باتجاه عقارب الساعة:

$$= 20 \times 5.0$$

$$= 100 \text{ Ncm}$$

عزم القوة  $8 \text{ N}$  بعكس اتجاه عقارب الساعة:

$$= 100 \text{ Ncm}$$

$$8.0 \times D = 100 \text{ Ncm}$$

$$D = \frac{100}{8.0}$$

$$D = 12.5 \text{ cm}$$

(د) محصلة العزوم باتجاه عقارب الساعة:

$$= (10 \times 10) + (5.0 \times 20)$$

$$= 200 \text{ Ncm}$$

بالتالي عزم القوة 20 N بعكس اتجاه عقارب الساعة:

$$= 200 \text{ Ncm}$$

$$20 \times D = 200 \text{ Ncm}$$

$$D = \frac{200}{20}$$

$$D = 10 \text{ cm}$$

(ج) العزم بعكس اتجاه عقارب الساعة:

$$= 2.0 \times 0.4$$

$$= 0.8 \text{ Nm}$$

بالتالي العزم باتجاه عقارب الساعة:

$$= 0.8 \text{ Nm}$$

العزم المعلوم باتجاه عقارب الساعة:

$$= 2.0 \times 0.2$$

$$= 0.4 \text{ Nm}$$

العزم المجهول باتجاه عقارب الساعة هو عزم القوة  $F$ :

$$= 0.8 - 0.4$$

$$= 0.4 \text{ Nm}$$

$$F \times (0.2 + 0.2) = 0.4 \text{ Nm}$$

$$F = \frac{0.4}{0.4}$$

$$F = 1 \text{ N}$$

العزم باتجاه عقارب الساعة:

$$= F \times d$$

$$= 10.0 \times 25$$

$$= 250 \text{ Ncm}$$

محصلة العزوم بعكس اتجاه عقارب الساعة:

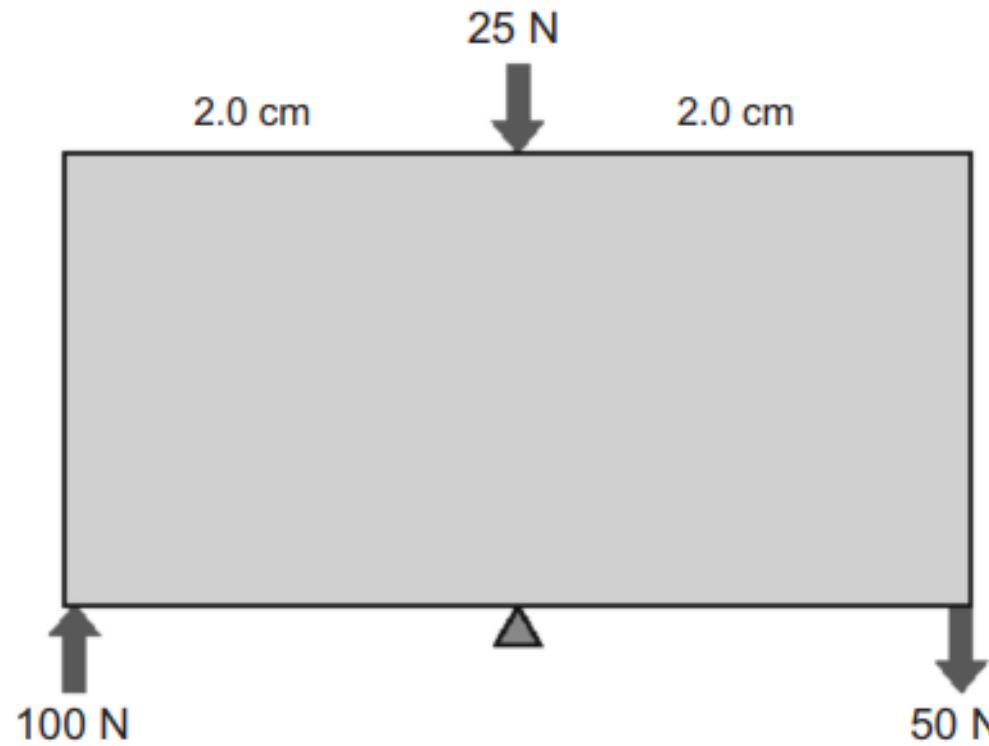
$$= (5.0 \times 20) + (3.0 \times 65)$$

$$= 295 \text{ Ncm}$$

محصلة العزوم:

$$= 295 - 250 = 45 \text{ Ncm}$$

الكتلة المُوضّحة أدناه ترتكز على محور وتخضع لثلاث قوى.



أ. أي قوّة من القوى الثلاث ليس لها تأثير دوراني؟ اشرح إجابتك.

ب. احسب التأثير الدوراني لكل من القوّتين الأخرىين، وحدّد ما إذا كانت تعمل في اتجاه عقارب الساعة أو عكس اتجاه عقارب الساعة.

أ. القوّة  $N 25$  تؤثّر على المحور، وبالتالي ليس لها تأثير دوران.

ب. عزم القوّة  $N 100$  :

$$100 \times 2.0 = 200 \text{ cm}$$

تعمل باتّجاه عقارب الساعة.

عزم القوّة  $N 50$  :

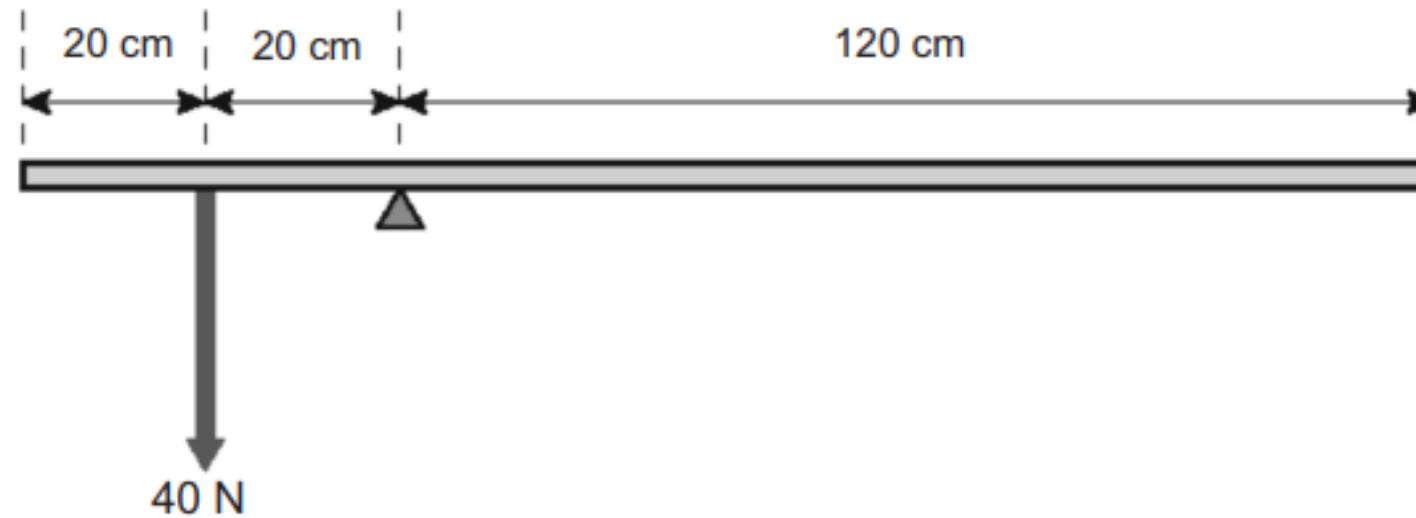
$$50 \times 2.0 = 100 \text{ Ncm}$$

محصلة العزوم :

$$0 + 200 + 100 = 300 \text{ Ncm}$$

تعمل باتّجاه عقارب الساعة.

٤ تؤثر قوّة مقدارها  $40\text{ N}$  على العارضة، كما هو موضّح في الرسم التخطيطي أدناه.

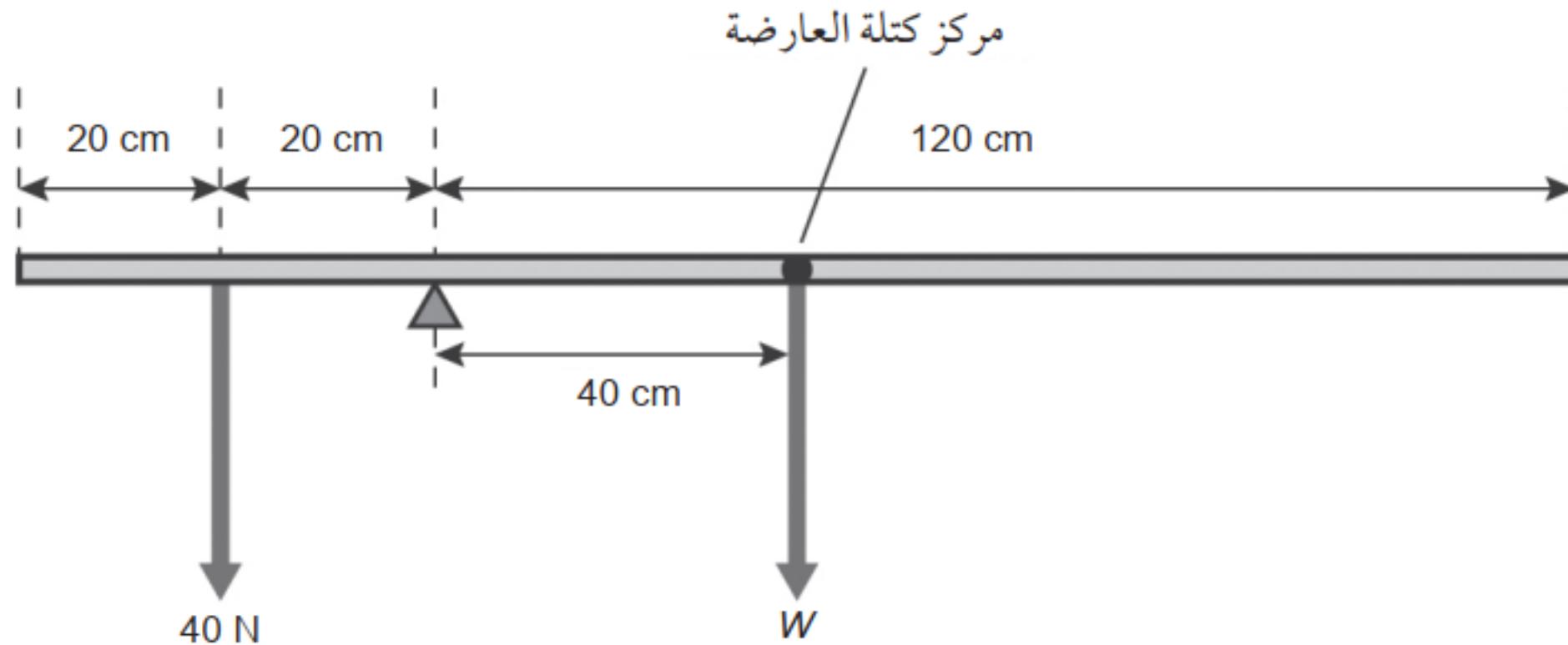


أ. حدد على المُخطّط مركز كتلة العارضة. أضف سهماً لتمثيل وزن العارضة  $W$ .

ب. العارضة في حالة اتّزان. استخدم هذه الحقيقة لحساب وزنها.

ج. احسب كتلة العارضة ( $g = 10\text{ N/kg}$ ).

أ. مركز الكتلة عند مُنتصف العارضة ويُمثّل الوزن بسهم إلى الأسفل من هذه النقطة.



ب. العزم بعكس اتجاه عقارب الساعة:

$$= F \times d$$

$$= 40 \times 20$$

$$= 800 \text{ Ncm}$$

طول العارضة:

$$= 20 + 20 + 120$$

$$= 160 \text{ cm}$$

موقع مركز العارضة بالنسبة إلى المحور:

$$= 120 - \frac{160}{2}$$

$$= 40 \text{ cm}$$

عزم الوزن  $W$  باتجاه عقارب الساعة:

$$= 800 \text{ Ncm}$$

$$800 = W \times 40$$

$$W = \frac{800}{40}$$

$$W = 20 \text{ N}$$

$$W = mg$$

كتلة العارضة:

$$m = \frac{W}{g}$$

$$= \frac{20}{10}$$

$$m = 2 \text{ kg}$$