مسائل تدريبية

1–1 وصف الحركة الدورانية (صفحة 13–9)

صفحة 12

1. ما الإزاحة الزاويّة لعقارب ساعة يد خلال 1 h؟ اكتب إجابتك بثلاثة أرقام معنوية، وذلك لـ:

   a. عقرب الثواني

$$\Delta\theta = (60)(-2\pi \text{ rad})$$
$$= -120\pi \text{ rad} \text{ أو } -377 \text{ rad}$$

   b. عقرب الدقائق

$$\Delta\theta = -2\pi \text{ rad} \text{ أو } -6.28 \text{ rad}$$

   c. عقرب الساعات

$$\Delta\theta = \left(\frac{1}{12}\right)(-2\pi \text{ rad})$$
$$= -\frac{\pi}{6}\text{ rad} \text{ أو } -0.524 \text{ rad}$$

2. إذا كان التسارع الخطي لعربة نقل $1.85\ m/s^2$، والتسارع الزاوي لإطاراتها $5.23\ rad/s^2$ فما قطر الإطار الواحد للعربة؟

$$r = \frac{a}{\alpha}$$
$$= \frac{1.85\ m/s^2}{5.23\ rad/s^2}$$
$$= 0.354\ m$$

لذا، فالقطر يساوي 0.707 m

3. إذا كانت العربة التي في السؤال السابق تسحب قاطرة، قطر كل من إطاراتها 48 cm، فقارن بين:

   a. التسارع الخطي للقاطرة والتسارع الخطي للعربة.

التغيرات في السرعة المتجهة هي نفسها، لذا فإن التسارعين الخطيين متساويان.

   b. التسارع الزاوي للقاطرة والتسارع الزاوي للعربة.

لما كان نصف قطر الإطار قد نقص من 35.4 cm إلى 24 cm، فإن التسارع الزاوي سيزيد.

$$\alpha_1 = 5.23\ rad/s^2$$
$$\alpha_2 = \frac{a_2}{r} = \frac{1.85\ m/s^2}{0.24\ m}$$
$$= 7.7\ rad/s^2$$

4. إذا استبدلت بإطارات سيارتك إطارات أخرى قطرها أكبر فكيف تتغير السرعة الزاوية المتجهة وعدد الدورات إذا قمت بالرحلة نفسها، وقطعت المسافة نفسها ملتزمًا بالسرعة الخطية نفسها؟

بما أن $\omega = \frac{v}{r}$، فإنه إذا زادت r، فستقل ω، وسيقل عدد الدورات.

مراجعة القسم

1–1 وصف الحركة الدورانية (صفحة 13–9)

صفحة 13

5. **السرعة الزاوية المتجهة** يدور القمر حول محوره دورة كاملة خلال 27.3 يومًا، فإذا كان نصف قطر القمر $1.74\times10^6\ m$، فاحسب:

   a. زمن دوران القمر بوحدة الثانية.

زمن الدورة T

$$T = (27.3\ day)(24\ h/day)(3600\ s/h)$$
$$= 2.36\times10^6\ s$$

   b. السرعة الزاوية لدوران القمر بوحدة rad/s.

$$\omega = \frac{1}{T}$$
$$= \frac{1}{2.36\times10^6}\ rev/s$$
$$= 2.66\times10^{-6}\ rad/s \quad \text{أو}$$

   c. مقدار السرعة الخطية لصخرة على خط الاستواء للقمر (الناتجة فقط عن دوران القمر)؟

$$v = r\omega$$
$$= (1.74\times10^6\ m)(2.66\times10^{-6}\ rad/s)$$
$$= 4.63\ m/s$$

   d. النسبة بين مقدار السرعة في الفرع السابق والسرعة الناتجة عند دوران الأرض لشخص يقف على خط الاستواء. علما بأن سرعة الأرض عند خط الاستواء 464 m/s.

السرعة عند خط الاستواء الأرضي 464 m/s، أو أسرع 100 مرة تقريبًا.

www.almanahj.com

6. الإزاحة الزاوية إذا كان قطر الكرة المستخدمة في فأرة الحاسوب 2.0 cm، وحَرّكت الفأرة 12 cm، فما الإزاحة الزاوية للكرة؟

$$d = r\theta$$

$$\theta = \frac{d}{r} = \frac{12\text{ cm}}{1.0\text{ cm}} = 12\text{ rad}$$

7. الإزاحة الزاوية هل لكل أجزاء عقرب الدقائق الإزاحة الزاوية نفسها؟ وهل لها إزاحة خطية متماثلة؟

الإزاحة الزاوية—نعم، المسافة الخطية—لا؛ لأن المسافة الخطية دالة في نصف القطر.

8. التسارع الزاوي يدور الملف الأسطواني في محرك غسالة الملابس 635 rev /min (أي 635 دورة في الدقيقة)، وعند فتح غطاء الغسالة يتوقف المحرك عن الدوران. فإذا احتاج الملف 8.0 s حتى يتوقف بعد فتح الغطاء فما التسارع الزاوي للملف الأسطواني؟

$$\omega_i = 635\text{ rpm} = 66.53\text{ rad/s}$$

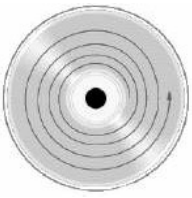
$$\omega_f = 0.0,$$

لذا فإن

$$\Delta\omega = -66.5\text{ rad/s}$$

$$\alpha = \frac{\Delta\omega}{\Delta t} = \frac{-66.5\text{ rad/s}}{8.0\text{ s}} = -8.3\text{ rad/s}^2$$

9. التفكير الناقد يبدأ مسار لولبي على قرص مضغوط CD على بُعد 2.7 cm من المركز، وينتهي على بُعد 5.5 cm. ويدور القرص المضغوط بحيث تتغير السرعة الزاوية كلما ازداد نصف قطر المسار، ويبقى مقدار السرعة الخطية المتجهة للمسار اللولبي ثابتًا ويساوي 1.4 m/s. احسب ما يلي:



المسار اللولبي على قرص (CD)

a. السرعة الزاوية المتجهة للقرص (بوحدة rad/s وrev/min) عند بداية المسار.

$$\omega = \frac{v}{r}$$

$$= \frac{1.4\text{ m/s}}{0.027\text{ m}}$$

$$= 52\text{ rad/s}$$

$$= 5.0\times10^2\text{ rev/min}$$

b. السرعة الزاوية المتجهة للقرص عند نهاية المسار.

$$\omega = \frac{v}{r}$$

$$= \frac{1.4\text{ m/s}}{0.055\text{ m}}$$

$$= 25\text{ rad/s}$$

$$= 2.4\times10^2\text{ rev/min}$$

c. التسارع الزاوي للقرص إذا كان زمن قراءته كاملًا 76 min.

$$\alpha = \frac{\Delta\omega}{\Delta t} = \frac{\omega_f - \omega_i}{\Delta t}$$

$$= \frac{-25\text{ rad/s} - 52\text{ rad/s}}{(76\text{ min})\,(60\text{ s/min})}$$

$$= -5.9\times10^{-3}\text{ rad/s}^2$$

مسائل تدريبية

www.almanahj.com

2-1 ديناميكا الحركة الدورانية (صفحة 18-14)

صفحة 16

10. بالرجوع إلى مفتاح الشد في المثال 1، ما مقدار القوة التي يجب التأثير بها عموديًّا في مفتاح الشد؟

$$\tau = Fr\sin\theta$$

$$F = \frac{\tau}{r\sin\theta}$$

$$= \frac{35\text{ N.m}}{(0.25\text{ m})(\sin 90.0^\circ)}$$

$$= 1.4\times10^2\text{ N}$$

11. إذا تطلب تدوير جسم عزمًا مقداره 55.0 N.m، في حين كانت أكبر قوة يمكن التأثير بها 135 N، فما طول ذراع القوة الذي يجب استخدامه؟

بالنسبة إلى ذراع القوة الأقصر المحتمل، فإن $\theta = 90.0^\circ$.

$$\tau = Fr\sin\theta$$

$$r = \frac{\tau}{F\sin\theta}$$

$$= \frac{55.0\text{ N.m}}{(135\text{ N})(\sin 90.0^\circ)}$$

$$= 0.407\text{ m}$$

12. لديك مفتاح شد طوله 0.234 m، وتريد أن تستخدمه في إنجاز مهمة تتطلب عزمًا مقداره 32.4 N.m، عن طريق التأثير بقوة مقدارها 232 N. ما مقدار أقل زاوية تصنعها القوة المؤثرة بالنسبة إلى الرأسي، وتسمح بتوفير العزم المطلوب؟

$$\tau = Fr\sin\theta$$

$$\theta = \sin^{-1}\left(\frac{\tau}{Fr}\right)$$

$$= \sin^{-1}\left(\frac{32.4\ \text{N.m}}{(232\ \text{N})(0.234\ \text{m})}\right)$$

$$= 36.6°$$

13. إذا كانت كتلتك 65 kg ووقفت على بدّالات دراجة هوائية، بحيث يصنع البدّال زاوية مقدارها 35° على الأفقي، وتبعد مسافة 18 cm عن مركز حلقة السلسلة، فما مقدار العزم الذي تؤثر فيه؟ وما مقدار العزم الذي تؤثر فيه إذا كانت البدّالات رأسيَّة؟

الزاوية بين القوة ونصف القطر تساوي $90° - 35° = 55°$.

$$\tau = Fr\sin\theta$$

$$= mgr\sin\theta$$

$$= (65\ \text{kg})(9.80\ \text{m/s}^2)(0.18\ \text{m})(\sin 55°)$$

$$= 94\ \text{N.m}$$

أما عندما تكون البدّالات رأسية فإن $\theta = 0.0°$، لذا يكون

$$\tau = Fr\sin\theta$$

$$= mgr\,(\sin 0.0°)$$

$$= 0.0\ \text{N.m}$$

صفحة 18

14. يجلس عليّ على بُعد 1.8 m من مركز الأرجوحة، فعلى أي بعد من مركز الأرجوحة يجب أن يجلس عبد الله حتى يتزن؟ علمًا بأنَّ كتلة عليّ 43 kg وكتلة عبدالله 52 kg.

$$F_{\text{عليّ}}r_{\text{عليّ}} = F_{\text{عبدالله}}r_{\text{عبدالله}}$$

$$r_{\text{عبدالله}} = \frac{F_{\text{عليّ}}r_{\text{عليّ}}}{F_{\text{عبدالله}}}$$

$$= \frac{m_{\text{عليّ}}gr_{\text{عليّ}}}{m_{\text{عبدالله}}g}$$

$$= \frac{m_{\text{عليّ}}r_{\text{عليّ}}}{m_{\text{عبدالله}}}$$

$$= \frac{(43\ \text{kg})(1.8\ \text{m})}{52\ \text{kg}}$$

$$= 1.5\ \text{m}$$

15. إذا كان نصف قطر إطار دراجة هوائية 7.70 cm، وأثرت السلسلة بقوة عمودية مقدارها 35.0 N في الإطار في اتجاه حركة عقارب الساعة فما مقدار العزم اللازم لمنع الإطار من الدوران؟

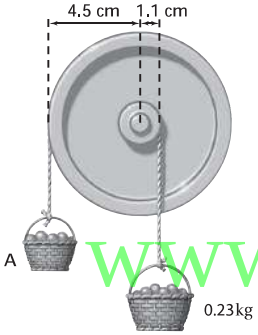
$$\tau_{\text{السلسلة}} = F_g r$$

$$= (-35.0\ \text{N})(0.0770\ \text{m})$$

$$= -2.70\ \text{N.m}$$

لذا، يجب أن يؤثر عزم مقداره $+2.70$ N.m لموازنة هذا العزم.

16. عُلقت سلتا فواكه بحبلين يمران على بكرتين قطراهما مختلفان، فاتزنتا كما في **الشكل 6–1**. ما مقدار كتلة السلة A؟



■ الشكل 6–1

$$\tau_1 = \tau_2$$

$$F_1r_1 = F_2r_2$$

$$m_1gr_1 = m_2gr_2$$

$$m_1 = \frac{m_2r_2}{r_1}$$

$$= \frac{(0.23\ \text{kg})\ (1.1\ \text{cm})}{4.5\ \text{cm}}$$

$$= 0.056\ \text{kg}$$

17. افترض أن نصف قطر البكرة الكبرى في السؤال السابق أصبح 6.0 cm، فما مقدار كتلة السلة A؟

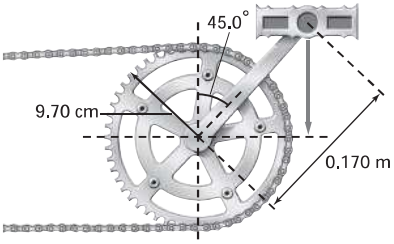
$$m_1 = \frac{m_2r_2}{r_1}$$

$$= \frac{(0.23\ \text{kg})\ (1.1\ \text{cm})}{6.0\ \text{cm}}$$

$$= 0.042\ \text{kg}$$

www.almanahj.com

18. يقف شخص كتلته 65.0 kg على بدّالة دراجة هوائية، فإذا كان طول ذراع التدوير 0.170 m ويصنع زاوية 45.0° بالنسبة إلى الرأسي كما في **الشكل 7–1**. وكانت ذراع التدوير متصلةً بالإطار الخلفي (الذي تديره السلسلة عادة)، فما مقدار القوة التي يجب أن تؤثر فيها السلسلة لمنع الإطار من الدوران، علمًا بأن نصف قطر الإطار 9.70 cm؟



■ الشكل 7–1

$$\tau_{\text{ذراع التدوير}} = -\tau_{\text{السلسلة}}$$

$$F_{\text{ذراع التدوير}}\, r_{\text{ذراع التدوير}} \sin\theta = -F_{\text{السلسلة}}\, r_{\text{السلسلة}}$$

$$F_{\text{السلسلة}} = \frac{-F_{\text{ذراع التدوير}}\, r_{\text{ذراع التدوير}} \sin\theta}{r_{\text{السلسلة}}}$$

$$F_{\text{السلسلة}} = \frac{-mg\, r_{\text{ذراع التدوير}} \sin\theta}{r_{\text{السلسلة}}}$$

$$F_{\text{السلسلة}} = \frac{-(65.0\ \text{kg})\,(9.80\ \text{m/s}^2)\,(0.170\ \text{m})\,(\sin 45.0°)}{0.097\ \text{m}}$$

$$F_{\text{السلسلة}} = 789\ \text{N}$$

www.almanahj.com

مراجعة القسم

1–2 ديناميكا الحركة الدورانية (صفحة 18–14)

صفحة 18

19. العزم يريد عبد الرحمن أن يدخل من باب دوّار ساكن، وضّح كيف يدفع الباب ليولد عزمًا بأقل مقدار من القوة المؤثرة؟ وأين يجب أن تكون نقطة تأثير تلك القوة؟

لتوليد عزم بأقل قوة ينبغي عليه دفع الباب مقتربًا ما أمكن من حافة الباب، وبزاوية قائمة على الباب.

20. ذراع القوة حاول فيصل فتح باب، ولم يستطع دفعه بزاوية قائمة، فدفعه بزاوية 55° بالنسبة إلى العمودي، فقارن بين قوة دفعه للباب في هذه الحالة وبين القوة اللازمة لدفعه عندما تكون القوة عمودية عليه (90°) مع تساوي سرعة الباب في الحالتين.

الزاوية بين القوة ونصف القطر تساوي 35°. العزم يساوي: $\tau = Fr \sin\theta$، ولما كان $\sin 90° = 1$, و $\sin 35° = 0.57$، فإنه ينبغي عليه زيادة القوة بنسبة $\frac{1}{0.57} = 1.75$ للحصول على العزم نفسه.

تابع الفصل 1

21. محصلة العزم يسحب شخصان حبلين ملفوفين حول حافة إطار كبير، فإذا كانت كتلة الإطار 12 kg وقطره 2.4 m، ويسحب أحد الشخصين الحبل الأول في اتجاه حركة عقارب الساعة بقوة 43 N، ويسحب الشخص الآخر الحبل الثاني في اتجاه معاكس لاتجاه حركة عقارب الساعة بقوة 67 N، فما محصلة العزم على الإطار؟

$$\tau_{\text{المحصلة}} = \tau_1 + \tau_2$$

$$= F_1 r + F_2 r$$

$$= (F_1 + F_2)\left(\frac{1}{2}d\right)$$

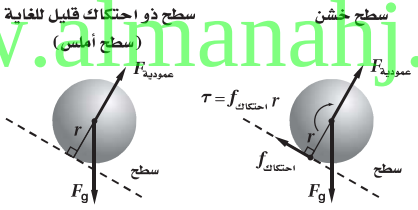
$$= (-43\ \text{N} + 67\ \text{N})\left(\frac{1}{2}\right)(2.4\ \text{m})$$

$$= 29\ \text{N.m}$$

22. التفكير الناقد إذا وضعت كرة عند أعلى سطح مائل مهمل الاحتكاك فسوف تنزلق إلى أسفل السطح دون دوران، ولكن إذا كان السطح خشنًا فإنّ الكرة ستتدحرج في أثناء انزلاقها إلى أسفل. وضح سبب ذلك، مستخدمًا مخطط الجسم الحر.

العزم يساوي: $\tau = Fr\sin\theta$، قوة الاحتكاك توازي السطح وتتعامد مع محور دوران الكرة فتولد عزمًا يجعل الكرة تدور في اتجاه حركة عقارب الساعة، وإذا كان السطح أملس فلا توجد قوة موازية للسطح في هذه الحالة ولا يوجد عزم، لذا لا يوجد دوران. وتذكر أنه قد تم إهمال القوى المؤثرة في نقطة المحور (مركز الكرة).

www.almanahj.com



مسائل تدريبية

3–1 الاتزان (صفحة 24–19)

صفحة 23

23. يتزن لوح خشبي كتلته 24 kg وطوله 4.5 m على حاملين، أحدهما تحت مركز اللّوح مباشرة، والثاني عند الطرف. ما مقدار القوتين اللتين يؤثر بهما كل من الحاملين الرأسيين في اللوح؟

اختر مركز كتلة اللوح على أنه محور الدوران. ولما كان طرف اللوح الذي لا حامل تحته ولا داعم لا يؤثر بأي عزم، فإن طرف اللوح الآخر المدعوم بالحامل يجب ألا يؤثر بأي عزم كذلك؛ لذا فإن كل القوة المؤثرة مصدرها الحامل الذي يقع تحت مركز اللّوح، وهذه القوة مساوية لوزن اللوح الخشبي:

$$F_{\text{المركز}} = F_g = (24\ \text{kg})\ (9.80\ \text{m/s}^2)$$

$$= 2.4\times10^2\ \text{N}$$

$$F_{\text{الطرف}} = 0\ \text{N}$$

تابع الفصل 1

24. يتحرك غطاس كتلته 85 kg نحو الطرف الحر للوح القفز، فإذا كان طول اللّوح 3.5 m وكتلته 14 kg، وثبت بداعمين، أحدهما عند مركز الكتلة، والآخر عند أحد طرفي اللّوح، فما مقدار القوة المؤثرة في كل داعم؟

اختر مركز كتلة لوح القفز على أنه محور الدوران. إن قوة الجاذبية الأرضية المؤثرة في لوح القفز تؤثر كليًّا في الداعم الموجود أسفل مركز الكتلة.

$$\tau_{\text{الطرف}} = -\tau_{\text{الغطاس}}$$

$$F_{\text{الطرف}} r_{\text{الطرف}} = -F_{\text{الغطاس}} r_{\text{الغطاس}}$$

$$F_{\text{الطرف}} = \frac{-F_{\text{الغطاس}} r_{\text{الغطاس}}}{r_{\text{الطرف}}}$$

$$= \frac{-m_{\text{الغطاس}} g r_{\text{الغطاس}}}{r_{\text{الطرف}}}$$

$$= \frac{-(85\ \text{kg})\ (9.80\ \text{m/s}^2)(1.75\ \text{m})}{1.75\ \text{m}}$$

$$= -8.3 \times 10^2\ \text{N}$$

لحساب القوة المؤثرة في الداعم الموجود عند مركز الكتلة، لاحظ أنه لما كان اللوح لا يتحرك فإن:

$$F_{\text{الطرف}} + F_{\text{المركز}} = F_{\text{الغطاس}} + F_g$$

www.almanahj.com

لذا فإن

$$F_{\text{المركز}} = F_{\text{الغطاس}} + F_g - F_{\text{الطرف}}$$

$$= 2F_{\text{الغطاس}} + F_g$$

$$= 2m_{\text{الغطاس}} g + m_{\text{اللوح}} g$$

$$= g(2m_{\text{الغطاس}} + m_{\text{اللوح}})$$

$$= (9.80\ \text{m/s}^2)\ (2(85\ \text{kg}) + 14\ \text{kg})$$

$$= 1.8 \times 10^3\ \text{N}$$

مراجعة القسم

3–1 الاتزان (صفحة 19–27)

صفحة 27

25. مركز الكتلة هل يمكن أن يكون مركز كتلة جسم في نقطة خارج الجسم؟ وضح ذلك.

نعم، يتحرك الجسم كما لو أن جميع كتلته مركّزة في مركز الكتلة. لا يوجد شيء في التعريف يتطلب أن تكون كتلة الجسم أو جزء منها في مركز الكتلة.

26. استقرار الجسم لماذا تكون المركبة المعدّلة التي أضيف إليها نوابض لتبدو مرتفعة، أقل استقرارًا من مركبة مشابهة غير معدّلة؟

يرتفع مركز كتلة المركبة ولكن لا تزداد أبعاد قاعدتها، وهذا من شأنه أن يجعل مركز كتلة المركبة خارج قاعدتها عند تمايلها.

تابع الفصل 1

27. شرطا الاتزان أعطِ مثالاً على جسم في الحالات التالية:

a. متزن دورانيًّا، ولكنه غير متزن انتقاليًّا.

كتاب ساقط دون دوران.

b. متزن انتقاليًّا، ولكنه غير متزن دورانيًّا.

لعبة أرجوحة أفقية غيرمتزنة، حيث تدور لعبة الأرجوحة حتى تضرب قدم اللاعب بالأرض.

28. تعيين مركز الكتلة وضّح كيف يمكنك إيجاد مركز كتلة كتاب الفيزياء.

اربط خيطًا بإحدى زوايا الكتاب، وعلّقه، ثم ارسم خطًّا على امتداد الخيط. ثم اربط الخيط بزاوية أخرى من زوايا الكتاب، وعلّقه ثانية، وارسم خطًّا آخر على امتداد الخيط. عندئذ سيكون مركز الكتلة في نقطة تقاطع الخطين.

29. دوران الأطر المرجعية إذا وضعت قطعة نقد على قرص دوّار، وبدأ انزلاقها إلى الخارج عند زيادة سرعة دوران القرص، فما القوى المؤثرة فيها؟

كتلة الأرض تؤثر بقوة إلى أسفل، في حين يؤثر سطح القرص الدوّار بقوتين: الأولى إلى أعلى لتوازن قوة الجاذبية، والثانية إلى الداخل وهي الناشئة بسبب الاحتكاك والتي تعطي قطعة النقد تسارعها المركزي. ولا يوجد هناك قوة إلى الخارج، وإذا لم يكن هناك قوة احتكاك فستتحرك قطعة النقد في خط مستقيم.

30. التفكير الناقد عندما تستخدم الكوابح ينخفض الجزء الأمامي للسيارة إلى أسفل. لماذا؟

تؤثر الطريق بقوة في الإطارات مما يؤدي إلى توقف السيارة. ولما كان مركز الكتلة فوق الطريق فإنه توجد محصلة عزم تؤثر في السيارة تحاول تدويرها في الاتجاه الذي يجعل مقدمتها تنخفض إلى أسفل.

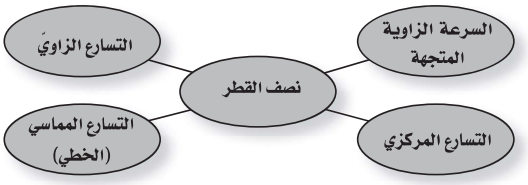
www.almanahj.com

تقويم الفصل

خريطة المفاهيم

صفحة 32

31. أكمل خريطة المفاهيم أدناه باستخدام المصطلحات التالية: التسارع الزاويّ، نصف القطر، التسارع المماسي (الخطي)، التسارع المركزي.



إتقان المفاهيم

صفحة 32

32. يدور إطار دراجة هوائية بمعدل ثابت 25 rev/min. فهل تقل سرعتها الزاوية المتجهة، أم تزداد أم تبقى ثابتة؟ (1–1)

تبقى ثابتة.

33. يدور إطار لعبة بمعدل ثابت 5 rev/min. فهل تسارعها الزاوي موجب أم سالب أم صفر؟ (1–1)

صفر.

34. هل تدور جميع أجزاء الأرض بالمعدل نفسه؟ وضح ذلك. (1–1)

نعم؛ لأن كل أجزاء الجسم الصلب تدور بالمعدل نفسه.

تابع الفصل 1

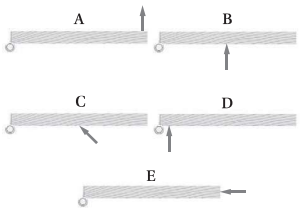
35. يدور إطار دراجة بمعدل ثابت 14 rev/min. فهل يكون اتجاه التسارع الكلي لنقطة على الإطار إلى الداخل، أم إلى الخارج، أم مماسيًّا، أم صفرًا؟ (1–1)

نحو الداخل (مركزي)

36. لماذا يُعد عزم الدوران أهم من القوة عند محاولة شدّ البرغي؟ (2–1)

يجب أن ينتج تسارع زاوي لشد البرغي. ويمكن أن تؤثر عزوم مختلفة في مفتاح الشد باستخدام أطوال مختلفة.

37. رتب العزوم المؤثرة في الأبواب الخمسة في **الشكل 14–1** من الأقل إلى الأكبر. ولاحظ أنّ مقدار القوة هو نفسه في الأبواب كلها. (2–1)



■ الشكل 14–1

A > B > C > D > E = 0

38. لمعايرة العجلات توضع عجلة السيارة على محور دوران رأسي، وتضاف إليها أثقال لجعلها في وضع أفقي. لماذا تكافئ عمليةُ وضع الأثقال على العجلة عمليةَ تحريك مركز كتلتها حتى يصبح في منتصفها؟ (3–1)

www.almanahj.com

عندما تتزن العجلة بحيث لا تدور في أي اتجاه، فعندئذٍ لا يؤثر فيها عزم. وهذا يعني أن مركز الكتلة في نقطة المركز (محور الدوران).

39. يقود سائقٌ سيارةً بطريقة خطرة؛ حيث يقودها على إطارين جانبيين فقط، فأين يكون مركز كتلة السيارة؟ (3–1)

يكون مباشرة فوق الخط الواصل بين النقطتين اللتين يلامس الإطاران عندهما الأرض. ليس هناك محصلة عزم تؤثر في السيارة، لذا فهي متزنة ومستقرة مؤقتًا.

40. لماذا تتزن عندما تقف على أطراف أصابع قدميك حافيًا، ولا تستطيع الاتزان إذا وقفت مواجهًا للجدار وأصابع قدميك تلامسه؟ (3–1)

يجب أن يكون مركز كتلتك فوق نقطة الدعم. ولكن مركز كتلتك تقريبًا في مركز جسمك، لذا فإن نصف جسمك تقريبًا يجب أن يكون أمام رؤوس أصابعك وأنت واقف عليها، والنصف الآخر يكون خلفها. أما إذا كانت رؤوس أصابعك مقابل الحائط، فلا يكون أي جزء من جسمك أمام رؤوس أصابعك.

41. لماذا يظهر لاعب الجمباز وكأنه يطير في الهواء عندما يرفع ذراعيه فوق رأسه في أثناء القفز؟ (3–1)

يحرك مركز كتلته قريبًا من رأسه.

42. لماذا يكون احتمال انقلاب سيارة لها إطارات أقطارها كبيرة أكبر من احتمال انقلاب سيارة ذات إطارات أقطارها صغيرة؟

مركز الكتلة للسيارة ذات الإطارات الكبيرة يقع عند نقطة أعلى مما في السيارات ذات الإطارات الصغيرة؛ لذا يمكن أن تنقلب دون أن تميل كثيرًا.

تابع الفصل 1

تطبيق المفاهيم

صفحة 33–32

43. ناقلا حركة، أحدهما صغير والآخر كبير، متصل أحدهما بالآخر ويدوران كما في **الشكل 15–1**. قارن أولاً بين سرعتيهما الزاويّتين المتجهتين، ثم بين السرعتين الخطيتين لسنّين متصلين معًا.

■ **الشكل 15–1**

السرعتان الخطيتان للأسنان متماثلتان. وتكون السرعتان الزاويتان مختلفتين لأن نصفي القطر مختلفان و $\frac{v}{r} = \omega$.

44. الدوران في حوض الغسالة ما مبدأ عمل الغسالة؟ وكيف يؤثر دوران الحوض في الغسيل؟ اشرح ذلك بدلالة القوى على الملابس والماء.

يخضع الماء والملابس في حوض الغسالة لتسارعات مركزية كبيرة. تؤثر أسطوانة الدوران بقوى في الملابس. ولكن عندما يصل الماء إلى الثقوب في أسطوانة الدوران لا تؤثر فيه قوى مركزية للداخل، وعندئذٍ يتحرك بخط مستقيم خارج أسطوانة الدوران.

45. الإطار المثقوب افترض أن أحد إطارات سيارة والدك قد ثُقب، وأخرجت العدة لتساعده ووجدت أن هناك مشكلة في مقبض مفتاح الشد المستخدم لفك صمولة البراغي الثابتة، وأنه من المستحيل فك الصواميل، فاقترح عليك والدك عدة طرائق لزيادة العزم المؤثر لفكها. اذكر ثلاث طرائق يمكن أن يقترحها عليك والدك.

ضع ماسورة إطالة في طرف مفتاح الشد لزيادة طول ذراع القوة، أو أثّر بقوتك بزاوية قائمة بالنسبة إلى مفتاح الشد، أو زد القوة المؤثرة بالوقوف على طرف مفتاح الشد مثلاً.

46. الألعاب البهلوانية يسير لاعب بهلواني على حبل حاملاً قضيبًا يتدلى طرفاه أسفل مركزه، انظر إلى **الشكل 16–1**. كيف يؤدي القضيب إلى زيادة اتزان اللاعب؟ *تلميح: ابحث في مركز الكتلة.*

■ **الشكل 16–1**

تدلي طرفي القضيب يجعل مركز الكتلة يقترب من السلك، مما يقلل من عزم الدوران المؤثر في اللاعب ويزيد من ثباته. ويؤدي تقليل العزم المؤثّر إلى تقليل التسارع الزاوي إذا أصبح اللاعب في حالة عدم اتزان. كذلك يستطيع اللاعب استعمال القضيب لإزاحة مركز الكتلة من أجل الاتزان.

47. لعبة الحصان الدوّار عندما كان أحمد يجلس على لعبة الحصان الدوّار، قذف مفتاحًا نحو صديقه الواقف على الأرض لكي يلتقطه، هل يجب عليه قذف المفتاح قبل أن يصل النقطة التي يقف عندها صديقه بوقت قصير، أم ينتظر حتى يصبح صديقه خلفه مباشرة؟ وضح ذلك.

بما أن له سرعة متجهة مماسّيّة نحو الأمام فإن المفتاح سينطلق من يده بتلك السرعة المتجهة، لذا يتعين عليه قذفه قبل ذلك.

48. لماذا نهمل القوى التي تؤثر في محور دوران جسمٍ ما في حالة اتزان ميكانيكي عند حساب محصلة العزم عليه؟

العزم الناتج عن هذه القوى يساوي صفرًا؛ لأن طول ذراع القوة يساوي صفرًا.

49. لماذا نجعل عادةً محور الدوران عند نقطة تؤثر بها قوة أو أكثر في الجسم عند حل مسائل في الاتزان الميكانيكي؟

هذا يجعل العزم الناتج عن القوة يساوي صفرًا، مما يقلل عدد العزوم التي يجب أن تحسب.

www.ahmadalmanj.com

إتقان حل المسائل

1–1 وصف الحركة الدورانية

صفحة 34–33

50. نصف قطر الحافة الخارجية لإطار سيارة 45 cm وسرعته 23 m/s، ما مقدار السرعة الزاوية للإطار بوحدة rad/s؟

$$v = r\omega$$

$$\omega = \frac{v}{r}$$

$$= \frac{23\ \text{m/s}}{0.45\ \text{m}} = 51\ \text{rad/s}$$

51. يدور إطار بحيث تتحرك نقطة عند حافته الخارجية مسافة 1.5 m. وإذا كان نصف قطر الإطار 2.50 m كما في **الشكل 17–1** فما مقدار الزاوية (بوحدات radians) التي دارها الإطار؟

■ **الشكل 17–1**

www.almanahj.com

$$d = r\theta$$

$$\theta = \frac{d}{r}$$

$$= \frac{1.50\ \text{m}}{2.50\ \text{m}}$$

$$= 0.600\ \text{rad}$$

52. أديرت عجلة قيادة سيارة بزاوية قدرها 128°، انظر **الشكل 18–1**، فإذا كان نصف قطرها 22 cm، فما المسافة التي تتحركها نقطة على الطرف الخارجي لعجلة القيادة؟

■ **الشكل 18–1**

$$d = r\,\theta$$

$$= (0.22\ \text{m})\ (128°)\left(\frac{2\pi\ \text{rad}}{360°}\right) = 0.49\ \text{m}$$

53. المروحة تدور مروحة بمعدل 1880 rev /min، أي (1880 دورة كل دقيقة).

a. ما مقدار سرعتها الزاويّة المتجهة بوحدة rad/s؟

$$\omega = \left(1880\,\frac{\text{rev}}{\text{min}}\right)\left(\frac{2\pi\ \text{rad}}{\text{rev}}\right)\left(\frac{\text{min}}{60\ \text{s}}\right)$$

$$= 197\ \text{rad/s}$$

b. ما مقدار الإزاحة الزاويّة للمروحة خلال 2.50 s؟

$$\theta = \omega t$$

$$= (197 \text{ rad/s})(2.50 \text{ s})$$

$$= 492 \text{ rad}$$

54. تناقص دوران المروحة في السؤال السابق من 475 rev/min إلى 187 rev/min خلال 4.00 s، ما مقدار تسارعها الزاويّ؟

$$\alpha = \frac{\Delta\omega}{\Delta t}$$

$$= \frac{\omega_f - \omega_i}{\Delta t}$$

$$= \frac{(187 \text{ rev/min} - 475 \text{ rev/min})}{4.00 \text{ s}}\left(\frac{2\pi \text{ rad}}{\text{rev}}\right)\left(\frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}}\right)$$

$$= -7.54 \text{ rad/s}^2$$

55. إطار سيارة نصف قطره 9.00 cm كما في **الشكل 19–1**، يدور بمعدل 2.50 rad /s، ما مقدار السرعة الخطية لنقطة تقع على بعد 7.00 cm من مركز الدوران؟

www.almanahj.com

الشكل 19 – 1

$$v = r\omega$$

$$= (7.00 \text{ cm})(2.50 \text{ rad/s})$$

$$= 17.5 \text{ cm/s}$$

56. الغسالة غسالة قطر حوضها 0.43 m، لها سرعتان: الأولى تدور بمعدل 328 rev /min، والأخرى بمعدل 542 rev /min.

a. ما مقدار نسبة التسارع المركزي لسرعة الدوران الأسرع والأبطأ؟ تذكر: $a_c = \frac{v^2}{r}$ ، و $v = r\omega$

$$\frac{a_{\text{الأسرع}}}{a_{\text{الأبطأ}}} = \frac{(r\omega_{\text{الأسرع}})^2}{(r\omega_{\text{الأبطأ}})^2}$$

$$= \frac{(542 \text{ rev/min})^2}{(328 \text{ rev / min})^2}$$

$$= 2.73$$

b. ما نسبة السرعة الخطية لجسم على سطح الحوض لكل من السرعتين؟

$$\frac{v_{\text{الأسرع}}}{v_{\text{الأبطأ}}} = \frac{\omega_{\text{الأسرع}}\, r}{\omega_{\text{الأبطأ}}\, r}$$

$$= \frac{\omega_{\text{الأسرع}}}{\omega_{\text{الأبطأ}}}$$

$$= \frac{542 \text{ rev/min}}{328 \text{ rev/min}}$$

$$= 1.65$$

57. أوجد القيمة القصوى للتسارع المركزي بدلالة **g** للغسالة في السؤال السابق.

$$a_c = \omega^2 r\left(\frac{1\text{ g}}{9.80 \text{ m/s}^2}\right)$$

$$= \left(542 \text{ rev / min}\left(\frac{2\pi \text{ rad}}{\text{rev}}\right)\left(\frac{1\text{min}}{60 \text{ s}}\right)\right)^2 \left(\frac{0.43 \text{ m}}{2}\right)\left(\frac{1\text{g}}{9.80 \text{ m/s}^2}\right)$$

$$= 71 \text{ g}$$

58. استخدم جهاز الطرد المركزي الفائق السرعة لفصل مكونات الدم، بحيث يولّد تسارعًا مركزيًّا مقداره 0.35×10^6 g على بُعد 2.50 cm من المحور. ما مقدار السرعة الزاوية المتجهة اللازمة بوحدة rev/min؟

www.almanahj.com

$$a_c = \omega^2 r$$

$$\omega = \sqrt{\frac{a_c}{r}}$$

$$= \sqrt{\frac{(0.35\times10^6)\ (9.80 \text{ m/s}^2)}{0.025 \text{ m}}}\left(\frac{\text{rev}}{2\pi \text{ rad}}\right)\left(\frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}}\right)$$

$$= 1.1\times10^5 \text{ rev/min}$$

1–2 الديناميكا الدورانية Rotational Dynamics

صفحة 34

59. **مفتاح الشد** يتطلب شدّ برغي عزمًا مقداره 8.0 N.m، فإذا كان لديك مفتاح شد طوله 0.35 m، فما مقدار أقل قوة يجب التأثير بها في المفتاح؟

$$\tau = Fr\sin\theta$$

$$F = \frac{\tau}{r\sin\theta}$$

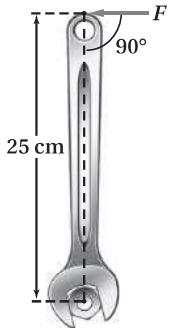
لأقل قوة ممكنة تكون الزاوية $90.0°$، لذا فإن:

$$F = \frac{8.0 \text{ N.m}}{(0.35 \text{ m})\ (\sin 90.0°)}$$

$$= 23 \text{ N}$$

تابع الفصل 1

60. ما مقدار العزم المؤثر في صمولة والناتج عن قوة مقدارها 15 N تؤثر عموديًّا في مفتاح شدّ طوله 25 cm؟
انظر الشكل 20–1.



■ الشكل 20–1

$$\tau = Fr \sin\theta$$

$$= (15\ \text{N})(0.25\ \text{m})(\sin 90.0°)$$

$$= 3.8\ \text{N.m}$$

3–1 الاتزان Equilibrium

صفحة 34

61. تبين مواصفات سيارة بأن وزنها موزع بنسبة 53% على الإطارات الأمامية و 47% على الإطارات الخلفية، فإذا كان طول لوح قاعدة سيارة 2.46 m، فأين يكون مركز كتلة السيارة؟

www.almanahj.com

افترض أن مركز كتلة السيارة على بعد يساوي x من مقدمة السيارة، وأن وزن السيارة يساوي F_g .

$$\tau_{\text{مقدمة}} = \tau_{\text{مؤخرة}}$$

$$F_{\text{مقدمة}}\, r_{\text{مقدمة}} = F_{\text{مؤخرة}}\, r_{\text{مؤخرة}}$$

$$(0.53\ F_g)\, x = (0.47\ F_g)\ (2.46\ \text{m} - x)$$

$$x = 1.16\ \text{m}$$

62. لوح كتلته 12.5 kg وطوله 4.00 m، رفعه أحمد من أحد طرفيه، ثم طلب المساعدة، فاستجاب له جواد.

a. ما أقل قوة يؤثر بها جواد لرفع اللّوح إلى الوضع الأفقي؟ وعند أي جزء من اللّوح؟

يستطيع جواد رفع نصف الكتلة عند الطرف المقابل للطرف الذي رفعه أحمد.

$$F_{\text{أقل}} = mg$$

$$= \left(\frac{1}{2}\right)(12.5\ \text{kg})\ (9.80\ \text{m/s}^2)$$

$$= 61.2\ \text{N}$$

b. ما أكبر قوة يؤثر بها جواد لرفع اللّوح إلى الوضع الأفقي؟ وعند أي جزء من اللّوح؟

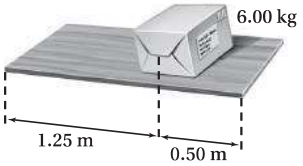
سوف يرفع الكتلة كلها،عند مركز كتلة اللوح (الوسط).

$$F_{\text{أكبر}} = mg$$

$$= (12.5\ \text{kg})\ (9.80\ \text{m/s}^2)$$

$$= 122\ \text{N}$$

63. يرفع شخصان لوحًا خشبيًّا من طرفيه إلى أعلى، فإذا كانت كتلة اللّوح 4.25 kg وطوله 1.75 m، ويوضع على بُعد 0.50 m من طرفه الأيمن صندوق كتلته 6.00 kg. انظر **الشكل 21–1**. ما القوتان اللتان يؤثر بهما الشخصان في اللّوح؟



■ الشكل 21–1

في حالة الاتزان، محصلة القوى جميعها تساوي صفرًا، ومحصلة العزوم حول أي محور دوران تساوي صفرًا أيضًا.

$$F_{\text{يسار}} + F_{\text{يمين}} + F_{\text{اللوح}} + F_{\text{الصندوق}} = 0$$

$$\tau_{\text{يسار}} + \tau_{\text{يمين}} + \tau_{\text{اللوح}} + \tau_{\text{الصندوق}} = 0$$

يمكننا اختيار محور الدوران ليكون في موقع إحدى القوى المجهولة ($F_{\text{يسار}}$)، فيكون العزم الناتج عن تلك القوة يساوي صفرًا، وبهذه الطريقة يتم تبسيط العمليات الحسابية.

$$F_{\text{يسار}} r_{\text{يسار}} + F_{\text{يمين}} r_{\text{يمين}} + F_{\text{اللوح}} r_{\text{اللوح}} + F_{\text{الصندوق}} r_{\text{الصندوق}} = 0$$

$$F_{\text{يسار}} r_{\text{يسار}} + F_{\text{يمين}} r_{\text{يمين}} + m_{\text{اللوح}} g r_{\text{اللوح}} + m_{\text{الصندوق}} g r_{\text{الصندوق}} = 0$$

www.almanahj.com

$$F_{\text{يسار}}(0) + F_{\text{يمين}}(1.25\text{ m} + 0.50\text{ m}) + (4.25\text{ kg})(-9.80\text{ m/s}^2)\left(\frac{1.25\text{ m} + 0.50\text{ m}}{2}\right) +$$

$$(6.00\text{ kg})(-9.80\text{ m/s}^2)(1.25\text{ m}) = 0$$

$$F_{\text{يمين}} = 63\text{ N}$$

وبتعويض النتيجة السابقة في معادلة القوة:

$$F_{\text{يسار}} + F_{\text{يمين}} + F_{\text{اللوح}} + F_{\text{الصندوق}} = 0$$

$$F_{\text{يسار}} = -F_{\text{يمين}} - F_{\text{اللوح}} - F_{\text{الصندوق}}$$

$$= -F_{\text{يمين}} - m_{\text{اللوح}}\,g - m_{\text{الصندوق}}\,g$$

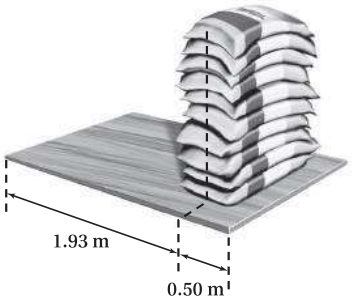
$$= -(63\text{ N}) - (4.25\text{ kg})(-9.80\text{ m/s}^2) - (6.00\text{ kg})(-9.80\text{ m/s}^2)$$

$$= 37\text{ N}$$

مراجعة عامة

صفحة 35–34

64. التربة الرملية وضعت عشرة أكياس مملوءة بتربة رملية يزن كل منها 175 N بعضها فوق بعض، على بُعد 0.5 m من الطرف الأيمن لقطعة خشبية طولها 2.43 m. انظر **الشكل 22–1**. فرفع شخصان طرفي القطعة من نهايتيها إلى أعلى. ما مقدار القوة التي يؤثر بها كل من الشخصين في القطعة الخشبية مع إهمال وزنها؟



■ **الشكل 22–1**

في حالة الاتزان، محصلة القوى جميعها تساوي صفرًا، ومحصلة العزوم تساوي صفرًا أيضًا.

$$F_{\text{يسار}} + F_{\text{يمين}} + F_{\text{أكياس}} = 0$$

$$\tau_{\text{يسار}} + \tau_{\text{يمين}} + \tau_{\text{أكياس}} = 0$$

اختر موقع القوة ($F_{\text{يمين}}$) على أنها محور الدوران، وذلك حتى تجعل عزم تلك القوة يساوي صفرًا.

$$\tau_{\text{يسار}} = -\tau_{\text{أكياس}}$$

$$-F_{\text{يسار}}\, r_{\text{يسار}} = -F_{\text{أكياس}}\, r_{\text{أكياس}}$$

$$F_{\text{يسار}} = \frac{-F_{\text{أكياس}}\, r_{\text{أكياس}}}{-r_{\text{يسار}}}$$

$$F_{\text{يسار}} = \frac{(10)(175\text{ N})(0.50\text{ m})}{2.43\text{ m}}$$

$$= 3.6\times10^{2}\text{ N}$$

وبتعويض النتيجة السابقة في معادلة القوة:

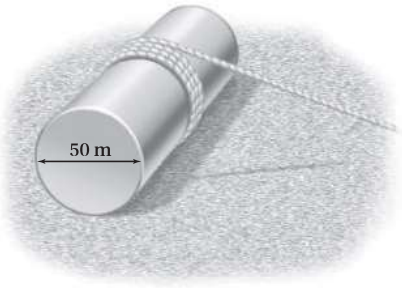
$$F_{\text{يسار}} + F_{\text{يمين}} + F_{\text{أكياس}} = 0$$

$$F_{\text{يمين}} = -F_{\text{يسار}} - F_{\text{أكياس}}$$

$$= -3.6\times10^{2}\text{ N} - 10(-175\text{ N})$$

$$= 1.4\times10^{2}\text{ N}$$

65. يوضح **الشكل 23–1** أسطوانة قطرها 50 m في حالة سكون على سطح أفقي، فإذا لف حولها حبل ثم سحب، وأصبحت تدور دون أن تنزلق



■ **الشكل 23–1**

www.almanahj.com

a. فما المسافة التي يتحركها مركز كتلة الأسطوانة عند سحب الحبل مسافة 2.5 m بسرعة ثابتة؟

يكون مركز الكتلة دائمًا فوق نقطة الاتصال مع السطح للأسطوانة المنتظمة؛ لذا تحرك مركز الكتلة 2.50 m.

b. وإذا سحب الحبل مسافة 2.5 m خلال زمن 1.25 s، فما سرعة مركز كتلة الأسطوانة؟

$$v = \frac{d}{t}$$

$$= \frac{(2.50\text{ m})}{(1.25\text{ s})}$$

$$= 2.00\text{ m/s}$$

c. ما السرعة الزاوية المتجهة للأسطوانة؟

$$\omega = \frac{v}{r}$$

$$= \frac{2.00\ \text{m/s}}{\left(\frac{1}{2}\right)(50\ \text{m})}$$

$$= 8\times10^{-2}\ \text{rad/s}$$

66. القرص الصلب يدور قرص صلب في حاسوب حديث 7200 rev /min (دورة لكل دقيقة). فإذا صمّم على أن يبدأ الدوران من السكون ويصل السرعة الفعّالة خلال 1.5 s، فما التسارع الزاوي للقرص؟

$$\alpha = \frac{\Delta\omega}{\Delta t} = \frac{\omega_f - \omega_i}{\Delta t}$$

$$= \frac{(7200\ \text{rev/min} - 0\ \text{rev/min})}{1.5\ \text{s}}\left(\frac{2\pi\ \text{rad}}{\text{rev}}\right)\left(\frac{1\ \text{min}}{60\ \text{s}}\right)$$

$$= 5.0\times10^{2}\ \text{rad/s}^2$$

67. عداد السرعة تقيس معظم أجهزة قياس السرعة في السيارات السرعة الزاوية للحركة، ثم تحولها إلى سرعة خطية، فكيف تؤثر زيادة قطر الإطارات في قراءة عداد السرعة؟

تقل السرعة الزاوية بزيادة القطر، وبالتالي تقل قراءة عداد السرعة.

www.almanahj.com

68. يُسحب صندوق على الأرض باستخدام حبل مربوط بالصندوق على ارتفاع h من الأرض، فإذا كان معامل الاحتكاك 0.35 وارتفاع الصندوق 0.50 m وعرضه 0.25 m، فما مقدار القوة اللازمة لقلب الصندوق؟

افترض أن كتلة الصندوق تساوي M، ومركز كتلة الصندوق على بعد 0.25 m فوق سطح الأرض. يكون الصندوق على وشك الانقلاب عندما تكون العزوم المؤثرة فيه متساوية.

$$\tau_{\text{حبل}} = \tau_{\text{احتكاك}}$$

$$F_{\text{حبل}}\, r_{\text{حبل}} = F_{\text{احتكاك}}\, r_{\text{احتكاك}}$$

$$F_{\text{حبل}} = \frac{F_{\text{احتكاك}}\, r_{\text{احتكاك}}}{r_{\text{حبل}}}$$

$$F_{\text{حبل}} = \frac{\mu M g\, r_{\text{احتكاك}}}{r_{\text{حبل}}}$$

$$F_{\text{حبل}} = \frac{(0.35)\ \text{M}\ (9.80\ \text{m/s}^2)\ (0.25\ \text{m})}{h - 0.25\ \text{m}}$$

$$F_{\text{حبل}} = \frac{(0.86\ \text{m}^2/\text{s}^2)\ \text{M}}{h - 0.25\ \text{m}}$$

لاحظ أنه عندما تسحب الصندوق من عند مركز كتلته، يصبح المقام صفرًا. وهكذا تستطيع السحب بأي مقدار من القوة ولا ينقلب الصندوق.

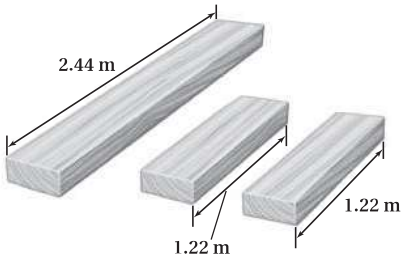
69. إذا كان طول عقرب الثواني في ساعة يد 12 mm، فما سرعة دورانه؟

$$v = r\omega$$

$$= (0.012\ \text{m})\left(\frac{-2\pi\ \text{rad}}{\text{min}}\right)\left(\frac{\text{min}}{60\ \text{s}}\right)$$

$$= -1.3 \times 10^{-3}\ \text{m/s}$$

70. عارضة خشبية إذا اشتريت عارضة خشبيّة طولها 2.44 m، وعرضها 10 cm، وسمكها 10 cm، في حين اشترى زميلك عارضة خشبية مماثلة وقطعها إلى قطعتين طول كل منهما 1.22 m. انظر إلى **الشكل 24–1**، ثم حمل كل منكما ما اشتراه من الخشب على كتفيه.



■ **الشكل 24–1**

a. فأيكما يرفع ما اشتراه من الخشب بطريقة أسهل؟ ولماذا؟

بما أن الكتلتين متساويتان فإن وزنيهما متساويان أيضًا. لذا، يلزم القوة نفسها، وتؤثر إلى أعلى لرفع كل من الحملين.

b. وإذا كان كل منكما يؤثر بعزم بيديه ليمنع الخشب من الدوران، فأي الحملين يُعدّ منعه من الدوران أسهل؟ ولماذا؟

منع القطعة الخشبية الأطول من الدوران أسهل؛ لأن كتلتها موزعة على مسافة أطول (لها أكبر عزم قصور ذاتي).

71. اللّوح المسطح يحمل ماجد وعدي لوحًا مسطحًا طوله 2.43 m، ووزنه 143 N. فإذا كان ماجد يرفع أحد طرفي اللّوح بقوة 57 N

a. فما القوة التي يجب أن يؤثر بها عدي لرفع اللوح؟

$$F_{\text{عدي}} = F_g - F_{\text{ماجد}}$$

$$= 143\ \text{N} - 57\ \text{N}$$

$$= 86\ \text{N}$$

b. أي أجزاء اللّوح يجب أن يرفعه عدي؟

اختر نقطة الدوران عند النقطة التي يرفع فيها ماجد اللوح المسطّح.

$$\tau_{\text{عدي}} = \tau_g$$

$$F_{\text{عدي}}\, r_{\text{عدي}} = F_g r_g$$

$$r_{\text{عدي}} = \frac{F_g r_g}{F_{\text{عدي}}}$$

$$= \frac{(143\ \text{N})\left(\frac{2.43\ \text{m}}{2}\right)}{86\ \text{N}}$$

$$r_{\text{عدي}} = 2.0\ \text{m}$$

وعلى عدي أن يرفع اللوح على بعد 2.0 m من طرف اللوح الذي يرفعه ماجد.

72. عارضة فولاذية طولها 6.50 m، ووزنها 325 N تستقر على دعامتين المسافة بينهما 3.00 m، وبُعد كل من الطرفين عن الدعامتين متساو. فإذا وقفت سوزان في منتصف العارضة وأخذت تتحرك نحو أحد الطرفين فما أقرب مسافة تتحركها سوزان لهذا الطرف قبل أن تبدأ العارضة في الانقلاب إذا كان وزن سوزان 575 N؟

تبعد كل دعامة مسافة 1.75 m عن طرف العارضة. اختر نقطة الدوران على أنها إحدى الدعامتين عند الطرف الأقرب لسوزان. سيكون مركز كتلة العارضة على بعد 1.50 m من تلك الدعامة. ستبدأ العارضة في الانقلاب عندما يكون عزم سوزان ($\tau_{\text{سوزان}}$) مساويًا لعزم مركز كتلة العارضة ($\tau_{\text{مركز كتلة العارضة}}$)، وسيكون الوزن كله على الدعامة الأقرب إلى سوزان.

$$\tau_{\text{سوزان}} = \tau_{\text{مركز كتلة العارضة}}$$

$$F_{\text{سوزان}}\, r_{\text{سوزان}} = F_{\text{مركز كتلة العارضة}}\, r_{\text{مركز كتلة العارضة}}$$

$$r_{\text{سوزان}} = \frac{F_{\text{مركز كتلة العارضة}}\, r_{\text{مركز كتلة العارضة}}}{F_{\text{سوزان}}}$$

$$= \frac{(325\ \text{N})\left(\frac{3.00\ \text{m}}{2}\right)}{575\ \text{N}}$$

$$= 0.848\ \text{m}$$

تستطيع سوزان أن تتحرك حتى تصبح على بُعد 0.848 m من الدعامة، أو $0.90\ \text{m} - 0.848 = 1.75$ من الطرف.

www.almanahj.com

تابع الفصل 1

التفكير الناقد

صفحة 36–35

73. تطبيق المفاهيم نقطة على حافة إطار تتحرك حركة دورانية.

a. ما الشروط التي تجعل التسارع المركزي صفرًا؟

عندما $\omega = 0.0$

b. ما الشروط التي تجعل التسارع المماسي (الخطي) صفرًا؟

عندما $\alpha = 0.0$

c. هل يمكن ألا يساوي التسارع الخطي صفرًا عندما يكون التسارع المركزي صفرًا؟ وضح ذلك.

عندما تكون $\omega = 0.0$ لحظيًا، غير أن α ليست صفرًا، حيث تستمر ω في التغير.

d. هل يمكن ألا يساوي التسارع المركزي صفرًا عندما يكون التسارع الخطي صفرًا؟ وضح ذلك.

نعم، مادامت ω ثابتة ولكنها ليست صفرًا.

74. التحليل والاستنتاج تتدلى راية كبيرة من سارية أفقية قابلة للدوران حول نقطة تثبيتها في جدار كما في **الشكل 25–1**، إذا كان طول السارية 2.10 m، ووزنها 175 N، ووزن الراية 105 N، وعُلِّقت على بعد 1.80 m من محور الدوران (نقطة التثبيت في الجدار) فما قوة الشد في الحبل الداعم للسارية؟

www.almanahj.com

■ **الشكل 25–1**

يمكننا استخدام العزوم لإيجاد المركّبة الرأسية لقوة الشد ($F_{\text{شدy}}$). فالعزوم التي في اتجاه حركة عقارب الساعة متزنة مع العزوم التي في عكس اتجاه حركة عقارب الساعة.

$$\tau_{\text{في اتجاه حركة عقارب الساعة}} = \tau_{\text{في عكس اتجاه حركة عقارب الساعة}}$$

$$\tau_{\text{الحبل}} = \tau_{\text{السارية}} + \tau_{\text{الراية}}$$

$$F_{\text{شدy}} r_{\text{الحبل}} = F_{\text{السارية}} r_{\text{السارية}} + F_{\text{الراية}} r_{\text{الراية}}$$

$$F_{\text{شدy}} = \frac{F_{\text{السارية}} r_{\text{السارية}} + F_{\text{الراية}} r_{\text{الراية}}}{r_{\text{الحبل}}}$$

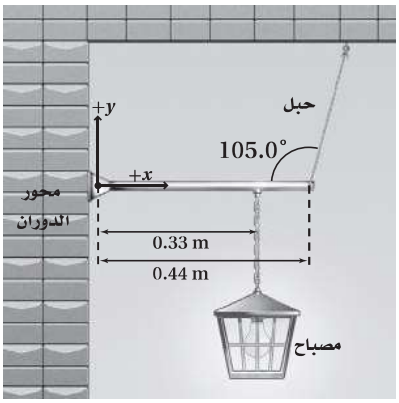
الشد الكلي يساوي:

$$F_{\text{شد}} = \frac{F_{\text{شدy}}}{\sin 25^\circ} = \frac{F_{\text{السارية}}\, r_{\text{السارية}} + F_{\text{الراية}}\, r_{\text{الراية}}}{r_{\text{الحبل}} \sin 25^\circ}$$

$$= \frac{(175\ \text{N})(1.05\ \text{m}) + (105\ \text{N})(1.80\ \text{m})}{(2.10\ \text{m}) \sin 25^\circ}$$

$$= 420\ \text{N}$$

75. التحليل والاستنتاج يتدلى مصباح من سلسلة معلقة بقضيب أفقي قابل للدوران حول نقطة اتصاله بجدار، ومشدود من طرفه الآخر بحبل، انظر إلى **الشكل 26–1**. إذا كان وزن القضيب 27 N، ووزن المصباح 64 N



■ **الشكل 26–1**

www.almanahj.com

a. فما العزم المتولد من كل قوة؟

$$\tau_g = -F_g\, r \sin\theta$$

$$= -(27\ \text{N})(0.22\ \text{m})(\sin 90.0^\circ)$$

$$= -5.9\ \text{N.m}$$

$$\tau_{\text{المصباح}} = -F_{\text{المصباح}}\, r \sin\theta$$

$$= -(64\ \text{N})(0.33\ \text{m})(\sin 90.0^\circ)$$

$$= -21\ \text{N.m}$$

b. وما قوة الشد في الحبل الداعم لقضيب المصباح؟

يمكننا استخدام العزوم لإيجاد المركّبة الرأسية لقوة الشد ($F_{\text{لأشد}}$). العزوم التي في اتجاه حركة عقارب الساعة متزنة مع العزوم التي في عكس اتجاه حركة عقارب الساعة.

$$\tau_{\text{في اتجاه حركة عقارب الساعة}} = \tau_{\text{في عكس اتجاه حركة عقارب الساعة}}$$

$$\tau_{\text{الحبل}} = \tau_{\text{القضيب}} + \tau_{\text{المصباح}}$$

$$F_{\text{لأشد}}\, r_{\text{الحبل}} = F_{\text{القضيب}}\, r_{\text{القضيب}} + F_{\text{المصباح}}\, r_{\text{المصباح}}$$

$$F_{\text{لأشد}} = \frac{F_{\text{القضيب}}\, r_{\text{القضيب}} + F_{\text{المصباح}}\, r_{\text{المصباح}}}{r_{\text{الحبل}}}$$

الشد الكلي يساوي:

$$F_{\text{شد}} = \frac{F_{\text{لأشد}}}{\sin 105^\circ} = \frac{F_{\text{القضيب}}\, r_{\text{القضيب}} + F_{\text{المصباح}}\, r_{\text{المصباح}}}{r_{\text{الحبل}} \sin 105^\circ}$$

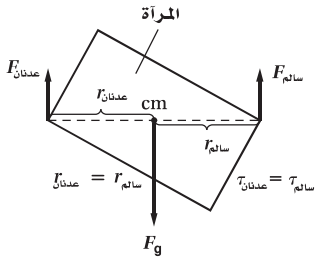
www.almanahj.com

$$F_{\text{شد}} = \frac{(27\ \text{N})\left(\frac{0.44\ \text{m}}{2}\right) + (64\ \text{N})\,(0.33\ \text{m})}{(0.44\ \text{m}) \sin 105^\circ}$$

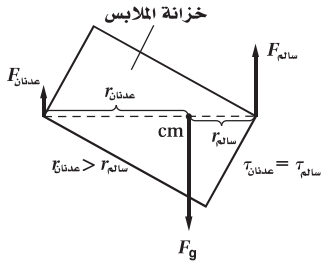
$$F_{\text{شد}} = 64\ \text{N}$$

76. التحليل والاستنتاج ينقل عدنان وسالم الأجسام الآتية إلى أعلى السلم: مرآة كبيرة، وخزانة ملابس، وتلفازًا، حيث يقف سالم عند الطرف العلوي، ويقف عدنان عند الطرف السفلي. وعلى افتراض أن كليهما يؤثر بقوى رأسية فقط.

a. ارسم مخطط الجسم الحر مبينًا فيه سالمًا وعدنان يؤثران بالقوة نفسها في المرآة.

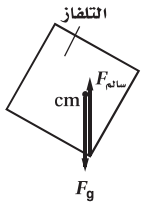


b. ارسم مخطط الجسم الحر مبينًا فيه عدنان يؤثر بقوة أكبر في أسفل خزانة الملابس.



c. أين يكون مركز كتلة التلفاز لكي يحمل سالم الوزن كله؟

مباشرة فوق المكان الذي يرفع منه عدنان.



78. تصنف محركات السيارات وفق عزم الدوران الذي تنتجه. ابحث عن سبب الاهتمام بعزم الدوران وقياسه.

تتسارع السيارة بسبب القوة التي تؤثر بها الأرض في الإطارات، وتنتج هذه القوة عن المحرك عن طريق تدوير محور الإطارات. والعزم المؤثر في الإطار يساوي القوة المؤثرة في حافة الإطار مضروبة في نصف قطره، وقد تغير نواقل الحركة القوة المؤثرة لكنها لا تغير العزم؛ لذا فإن مقدار العزم المتولد من المحرك ينتقل إلى الإطارات.

مراجعة تراكمية

صفحة 36

79. تحركت زلاجة كتلتها 60.0 kg بسرعة 18.0 m/s في منعطف نصف قطره 20.0 m. كم يجب أن يكون الاحتكاك بين الزلاجة والجليد حتى تجتاز المنعطف؟

$$F_{\text{احتكاك}} = F_{\text{محصلة}} = \frac{mv^2}{r}$$

$$= \frac{(60.0\ \text{kg})(18.0\ \text{m/s})^2}{20.0\ \text{m}} = 972\ \text{N}$$

www.almanahj.com

الكتابة في الفيزياء

صفحة 36

77. يعرف علماء الفلك أنه إذا كان التابع الطبيعي (كالقمر) قريبًا جدًّا من الكوكب فإنه سيتحطم إلى أجزاء بسبب قوى تسمى قوى المدّ والجزر. وبالمثل فإنّ الفرق بين قوتي الجاذبية الأرضية على طرفي القمر الاصطناعي القريب من الأرض والبعيد عنها أكبر من قوة تماسكه. ابحث في حد روش Roche limit، وحدّد بعد القمر عن الأرض ليدور حولها عند حد روش.

إذا كانت كثافة التابع تساوي كثافة الكوكب كان حد روش Roche limit يساوي نصف قطر الكوكب 2.446 مرة. وحد روش Roche للأرض يساوي 18,470 km.