

مسائل تدريبية

1-1 وصف الحركة الدورانية (صفحة 13-9)

صفحة 12

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

a. عقرب الثواني

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

$$= -377 \text{ rad أو } -120\pi \text{ rad}$$

b. عقرب الدقائق

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

c. عقرب الساعات

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

$$= -\frac{\pi}{6} \text{ rad أو } -0.524 \text{ rad}$$

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؟

$$r = \frac{a}{\alpha}$$

$$= \frac{1.85 \text{ m/s}^2}{5.23 \text{ rad/s}^2}$$

$$= 0.354 \text{ m}$$

لذا، فالقطر يساوي 0.707 m

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

$$\alpha_1 = 5.23 \text{ rad/s}^2$$

$$\alpha_2 = \frac{a_2}{r} = \frac{1.85 \text{ m/s}^2}{0.24 \text{ m}}$$

$$= 7.7 \text{ rad/s}^2$$

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 $1.74 \times 10^6 \text{ m}$ ، فاحسب:

a. زمن دوران القمر بوحدة الثانية.

زمن الدورة T

$$T = (27.3 \text{ day})(24 \text{ h/day})(3600 \text{ s/h})$$

$$= 2.36 \times 10^6 \text{ s}$$

b. السرعة الزاوية لدوران القمر بوحدة rad/s .

$$\omega = \frac{1}{T}$$

$$= \frac{1}{2.36 \times 10^6} \text{ rev/s}$$

$$= 2.66 \times 10^{-6} \text{ rad/s}$$

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

$$v = r\omega$$

$$= (1.74 \times 10^6 \text{ m})(2.66 \times 10^{-6} \text{ rad/s})$$

$$= 4.63 \text{ m/s}$$

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.

تابع الفصل 1

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

$$= 5.0 \times 10^2 \text{ rev/min}$$

b. السرعة الزاوية المتجهة للقرص عند نهاية المسار.

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

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

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

$$= 2.4 \times 10^2 \text{ rev/min}$$

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

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

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

$$= -5.9 \times 10^{-3} \text{ rad/s}^2$$

مسائل تدريبية

1-2 ديناميكا الحركة الدورانية (صفحة 14-18) صفحة 16

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

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

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

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

$$= 1.4 \times 10^2 \text{ N}$$

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 $\theta = 90.0^\circ$.

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

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

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

$$= 0.407 \text{ m}$$

6. الإزاحة الزاوية إذا كان قطر الكرة المستخدمة في فأرة الحاسوب 2.0 cm، وحركت 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 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؟

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

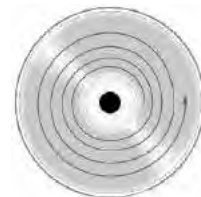
$$\omega_f = 0.0,$$

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 ثابتاً ويساوي 1.4 m/s. احسب ما يلي:



المسار اللولبي على قرص (CD)

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

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

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

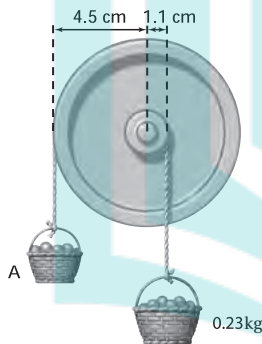
تابع الفصل 1

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؟

$$\begin{aligned}\tau_{\text{السلسلة}} &= F_g r \\ &= (-35.0 \text{ N})(0.0770 \text{ m}) \\ &= -2.70 \text{ N.m}\end{aligned}$$

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

16. علقت سلتا فواكه بحبلين يمران على بكرتين قطرها مختلفان، فافترنا كما في الشكل 6-1. ما مقدار كتلة السلة A؟



الشكل 6-1 ■

$$\begin{aligned}\tau_1 &= \tau_2 \\ F_1 r_1 &= F_2 r_2 \\ m_1 g r_1 &= m_2 g r_2 \\ m_1 &= \frac{m_2 r_2}{r_1} \\ &= \frac{(0.23 \text{ kg})(1.1 \text{ cm})}{4.5 \text{ cm}} \\ &= 0.056 \text{ kg}\end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}m_1 &= \frac{m_2 r_2}{r_1} \\ &= \frac{(0.23 \text{ kg})(1.1 \text{ cm})}{6.0 \text{ cm}} \\ &= 0.042 \text{ kg}\end{aligned}$$

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 الرأس، وتسمح بتوفير العزم المطلوب؟

$$\begin{aligned}\tau &= Fr \sin \theta \\ \theta &= \sin^{-1} \left(\frac{\tau}{Fr} \right) \\ &= \sin^{-1} \left(\frac{32.4 \text{ N.m}}{(232 \text{ N})(0.234 \text{ m})} \right) \\ &= 36.6^\circ\end{aligned}$$

13. إذا كانت كتلتك 65 kg ووقفت على بدالات دراجة هوائية، بحيث يصنع البدال 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 البدالات رأسية؟

الزاوية بين القوة ونصف القطر تساوي $90^\circ - 35^\circ = 55^\circ$.

$$\begin{aligned}\tau &= Fr \sin \theta \\ &= mgr \sin \theta \\ &= (65 \text{ kg})(9.80 \text{ m/s}^2)(0.18 \text{ m})(\sin 55^\circ) \\ &= 94 \text{ N.m}\end{aligned}$$

أما عندما تكون البدالات رأسية فإن $\theta = 0.0^\circ$ ، لذا يكون

$$\begin{aligned}\tau &= Fr \sin \theta \\ &= mgr (\sin 0.0^\circ) \\ &= 0.0 \text{ N.m}\end{aligned}$$

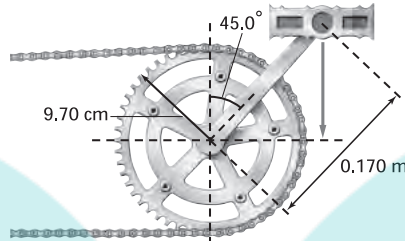
صفحة 18

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 بأن كتلة عليّ 43 kg وكتلة عبد الله 52 kg.

$$\begin{aligned}F_{\text{عبدالله}} r_{\text{عبدالله}} &= F_{\text{علي}} r_{\text{علي}} \\ r_{\text{عبدالله}} &= \frac{F_{\text{علي}} r_{\text{علي}}}{F_{\text{عبدالله}}} \\ &= \frac{m_{\text{علي}} g r_{\text{علي}}}{m_{\text{عبدالله}} g} \\ &= \frac{m_{\text{علي}} r_{\text{علي}}}{m_{\text{عبدالله}}} \\ &= \frac{(43 \text{ kg})(1.8 \text{ m})}{52 \text{ kg}} \\ &= 1.5 \text{ m}\end{aligned}$$

تابع الفصل 1

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 الرأسى كما في الشكل 1-7. 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 1-7 ■

$$\begin{aligned} \tau_{\text{ذراع التدوير}} &= -\tau_{\text{السلسلة}} \\ F_{\text{ذراع التدوير}} r_{\text{ذراع التدوير}} \sin \theta &= -F_{\text{السلسلة}} r_{\text{السلسلة}} \\ F_{\text{السلسلة}} &= \frac{-F_{\text{ذراع التدوير}} r_{\text{ذراع التدوير}} \sin \theta}{r_{\text{السلسلة}}} \\ F_{\text{السلسلة}} &= \frac{-mg r_{\text{ذراع التدوير}} \sin \theta}{r_{\text{السلسلة}}} \\ F_{\text{السلسلة}} &= \frac{-(65.0 \text{ kg})(9.80 \text{ m/s}^2)(0.170 \text{ m})(\sin 45.0^\circ)}{0.097 \text{ m}} \\ F_{\text{السلسلة}} &= 789 \text{ N} \end{aligned}$$

مراجعة القسم

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

صفحة 18

19. العزم يريد عبد الرحمن أن يدخل من باب دوّار ساكن، وضح 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 مقترباً 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.

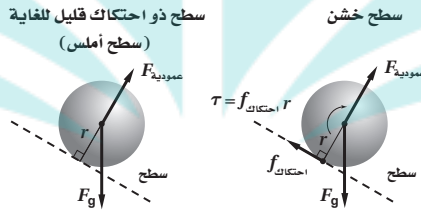
الزاوية بين القوة ونصف القطر تساوي 35°. العزم يساوي: $\tau = Fr \sin \theta$ ، ولما كان $\sin 90^\circ = 1$ ، و $\sin 35^\circ = 0.57$ ، فإنه ينبغي عليه زيادة القوة بنسبة $1.75 = \frac{1}{0.57}$ للحصول على العزم نفسه.

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؟

$$\begin{aligned} \tau_{\text{المحصلة}} &= \tau_1 + \tau_2 \\ &= F_1 r + F_2 r \\ &= (F_1 + F_2) \left(\frac{1}{2} d \right) \\ &= (-43 \text{ N} + 67 \text{ N}) \left(\frac{1}{2} \right) (2.4 \text{ m}) \\ &= 29 \text{ N.m} \end{aligned}$$

22. التفكير الناقد إذا وضعت كرة عند أعلى سطح مائل مهمل الاحتكاك فسوف تنزلق إلى أسفل السطح دون دوران، ولكن إذا كان السطح خشناً فإن الكرة ستتدحرج في أثناء انزلاقها إلى أسفل. وضح سبب ذلك، مستخدماً 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).



مسائل تدريبية

1-3 الاتزان (صفحة 19-24)

صفحة 23

23. يتزن لوح خشبي كتلته 24 kg وطوله 4.5 m على حاملين، أحدهما تحت مركز اللوح 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 اللوح، وهذه القوة مساوية لوزن اللوح الخشبي:

$$\begin{aligned} F_{\text{المركز}} &= F_g = (24 \text{ kg}) (9.80 \text{ m/s}^2) \\ &= 2.4 \times 10^2 \text{ N} \end{aligned}$$

$$F_{\text{الطرف}} = 0 \text{ N}$$

تابع الفصل 1

24. يتحرك غطاس كتلته 85 kg نحو الطرف الحر للوح القفز، فإذا كان طول اللوح 3.5 m وكتلته 14 kg، وثبت بداعمين، أحدهما عند مركز الكتلة، والآخر عند أحد طرفي اللوح، 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 كلياً في الداعم الموجود أسفل مركز الكتلة.

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

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

$$\begin{aligned} F_{\text{الطرف}} &= \frac{-F_{\text{الغطاس}} r_{\text{الغطاس}}}{r_{\text{الطرف}}} \\ &= \frac{-m_{\text{الغطاس}} g r_{\text{الغطاس}}}{r_{\text{الطرف}}} \\ &= \frac{-(85 \text{ kg})(9.80 \text{ m/s}^2)(1.75 \text{ m})}{1.75 \text{ m}} \\ &= -8.3 \times 10^2 \text{ N} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} F_{\text{الطرف}} + F_{\text{المركز}} &= F_{\text{الغطاس}} + F_g \\ F_{\text{المركز}} &= F_{\text{الغطاس}} + F_g - F_{\text{الطرف}} \end{aligned}$$

لذا فإن

$$\begin{aligned} &= 2F_{\text{الغطاس}} + F_g \\ &= 2m_{\text{الغطاس}} g + m_{\text{اللوحة}} g \\ &= g(2m_{\text{الغطاس}} + m_{\text{اللوحة}}) \\ &= (9.80 \text{ m/s}^2)(2(85 \text{ kg}) + 14 \text{ kg}) \\ &= 1.8 \times 10^3 \text{ N} \end{aligned}$$

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 مركزة 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 المعدلة التي أضيف إليها نوابض لتبدو مرتفعة، أقل استقراراً من مركبة مشابهة غير معدلة؟
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. شرط الاتزان أعط مثلاً على جسم في الحالات التالية:

a. متزن دورانياً، ولكنه غير متزن انتقالياً.

كتاب ساقط دون دوران.

b. متزن انتقالياً، ولكنه غير متزن دورانياً.

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

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

اربط خيطاً بإحدى زوايا الكتاب، وعلقه، ثم ارسم خطاً على امتداد الخيط. ثم اربط الخيط بزوايا أخرى من زوايا الكتاب، وعلقه ثانية، وارسم خطاً 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؟

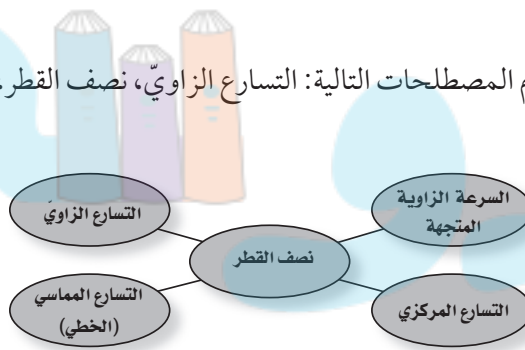
تؤثر الطريق بقوة في الإطارات مما يؤدي إلى توقف السيارة. ولما كان مركز الكتلة فوق الطريق فإنه توجد محصلة عزم تؤثر في السيارة تحاول تدويرها في الاتجاه الذي يجعل مقدمتها تنخفض إلى أسفل.

تقويم الفصل

خريطة المفاهيم

صفحة 32

31. أكمل خريطة المفاهيم أدناه باستخدام المصطلحات التالية: التسارع الزاوي، 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.

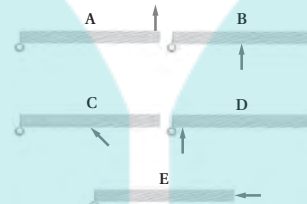
تابع الفصل 1

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

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

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

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



الشكل 1-14

$$A > B > C > D > E = 0$$

38. لمعايرة العجلات توضع عجلة السيارة على محور دوران رأسي، وتضاف إليها أثقال لجعلها في وضع أفقي. لماذا تكافئ عملية وضع الأثقال على العجلة عملية تحريك مركز كتلتها حتى يصبح في منتصفها؟ (1-3)
عندما تتزن العجلة بحيث لا تدور في أي اتجاه، فعندئذ لا يؤثر فيها عزم. وهذا يعني أن مركز الكتلة في نقطة المركز (محور الدوران).

39. يقود سائق سيارة بطريقة خطيرة؛ حيث يقودها على إطارين جانبيين فقط، فأين يكون مركز كتلة السيارة؟ (1-3)

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 تترن عندما تقف على أطراف أصابع قدميك حافيًا، ولا تستطيع الاتزان إذا وقفت مواجهًا للجدار وأصابع قدميك تلامسه؟ (1-3)
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؟ (1-3)
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 32-33

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



الشكل 1-16 ■

تدلي طرفي القضيب يجعل مركز الكتلة يقترب من السلك، مما يقلل من عزم الدوران المؤثر في اللاعب ويزيد من ثباته. ويؤدي تقليل العزم المؤثر 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 الدوار عندما كان أحمد يجلس على لعبة الحصان الدوار، قذف مفتاحاً 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.

يما أن له سرعة متجهة مماثلة 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 جسم ما في حالة اتزان ميكانيكي عند حساب محصلة العزم عليه؟ العزم الناتج عن هذه القوى يساوي صفراً؛ لأن طول ذراع القوة يساوي صفراً.

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 صفراً، مما يقلل عدد العزوم التي يجب أن تحسب.

43. ناقلا حركة، أحدهما صغير والآخر كبير، متصل أحدهما بالآخر ويدوران كما في الشكل 1-15. قارن أولاً بين سرعتيهما الزاويتين المتجهتين، ثم بين السرعتين الخطيتين لسنتين متصلين معاً.



الشكل 1-15 ■

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

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، وعندئذ يتحرك بخط مستقيم خارج أسطوانة الدوران.

45. الإطار المثقوب افترض أن أحد إطارات سيارة والدك قد نُقب، 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 أثر بقوتك بزواوية قائمة بالنسبة إلى مفتاح الشد، أو زد القوة المؤثرة بالوقوف على طرف مفتاح الشد مثلاً.

إتقان حل المسائل

1-1 وصف الحركة الدورانية

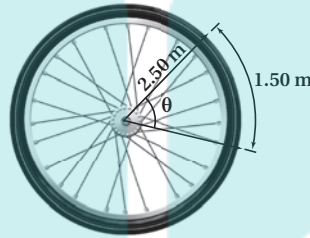
صفحة 33-34

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

$$v = r\omega$$

$$\begin{aligned}\omega &= \frac{v}{r} \\ &= \frac{23 \text{ m/s}}{0.45 \text{ m}} = 51 \text{ rad/s}\end{aligned}$$

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



الشكل 1-17

$$d = r\theta$$

$$\begin{aligned}\theta &= \frac{d}{r} \\ &= \frac{1.50 \text{ m}}{2.50 \text{ m}} \\ &= 0.600 \text{ rad}\end{aligned}$$

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



الشكل 1-18

$$d = r\theta$$

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

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

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

$$\begin{aligned}\omega &= \left(1880 \frac{\text{rev}}{\text{min}} \right) \left(\frac{2\pi \text{ rad}}{\text{rev}} \right) \left(\frac{\text{min}}{60 \text{ s}} \right) \\ &= 197 \text{ rad/s}\end{aligned}$$

تابع الفصل 1

b. ما مقدار الإزاحة الزاوية للمروحة خلال 2.50 s؟

$$\begin{aligned}\theta &= \omega t \\ &= (197 \text{ rad/s})(2.50 \text{ s}) \\ &= 492 \text{ rad}\end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}\alpha &= \frac{\Delta\omega}{\Delta t} \\ &= \frac{\omega_f - \omega_i}{\Delta t} \\ &= \frac{(187 \text{ rev/min} - 475 \text{ rev/min})}{4.00 \text{ s}} \left(\frac{2\pi \text{ rad}}{\text{rev}} \right) \left(\frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} \right) \\ &= -7.54 \text{ rad/s}^2\end{aligned}$$

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؟



■ الشكل 19-1

$$\begin{aligned}v &= r\omega \\ &= (7.00 \text{ cm})(2.50 \text{ rad/s}) \\ &= 17.5 \text{ cm/s}\end{aligned}$$

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 $v = r\omega$

$$\begin{aligned}\frac{a_{\text{الأسرع}}}{a_{\text{الأبطأ}}} &= \frac{(r\omega_{\text{الأسرع}})^2}{(r\omega_{\text{الأبطأ}})^2} \\ &= \frac{(542 \text{ rev/min})^2}{(328 \text{ rev/min})^2} \\ &= 2.73\end{aligned}$$

تابع الفصل 1

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

$$\begin{aligned} \frac{v_{\text{الأسرع}}}{v_{\text{الأبطأ}}} &= \frac{\omega_{\text{الأسرع}} r}{\omega_{\text{الأبطأ}} r} \\ &= \frac{\omega_{\text{الأسرع}}}{\omega_{\text{الأبطأ}}} \\ &= \frac{542 \text{ rev/min}}{328 \text{ rev/min}} \\ &= 1.65 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} a_c &= \omega^2 r \left(\frac{1g}{9.80 \text{ m/s}^2} \right) \\ &= (542 \text{ rev/min} \left(\frac{2\pi \text{ rad}}{\text{rev}} \right) \left(\frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} \right))^2 \left(\frac{0.43 \text{ m}}{2} \right) \left(\frac{1g}{9.80 \text{ m/s}^2} \right) \\ &= 71 g \end{aligned}$$

58. استخدم جهاز الطرد المركزي الفائق السرعة لفصل مكونات الدم، بحيث يولد تسارعاً مركزياً مقداره $0.35 \times 10^6 g$ على بُعد 2.50 cm من المحور. ما مقدار السرعة الزاوية المتجهة اللازمة بوحدة rev/min ؟

$$\begin{aligned} a_c &= \omega^2 r \\ \omega &= \sqrt{\frac{a_c}{r}} \\ &= \sqrt{\frac{(0.35 \times 10^6) (9.80 \text{ m/s}^2)}{0.025 \text{ m}}} \left(\frac{\text{rev}}{2\pi \text{ rad}} \right) \left(\frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} \right) \\ &= 1.1 \times 10^5 \text{ rev/min} \end{aligned}$$

1-2 الديناميكا الدورانية Rotational Dynamics

صفحة 34

59. مفتاح الشد يتطلب شددً برغي عزمًا مقداره $8.0 \text{ N}\cdot\text{m}$ ، فإذا كان لديك مفتاح شد طوله 0.35 m ، فما مقدار أقل قوة يجب التأثير بها في المفتاح؟

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

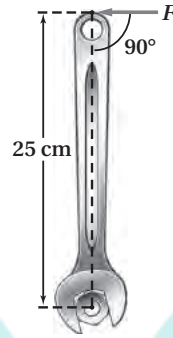
$$F = \frac{\tau}{r \sin \theta}$$

$$\begin{aligned} F &= \frac{8.0 \text{ N}\cdot\text{m}}{(0.35 \text{ m}) (\sin 90.0^\circ)} \\ &= 23 \text{ N} \end{aligned}$$

لأقل قوة ممكنة تكون الزاوية 90.0° ، لذا فإن:

تابع الفصل 1

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



الشكل 1-20

$$\begin{aligned}\tau &= Fr \sin \theta \\ &= (15 \text{ N})(0.25 \text{ m})(\sin 90.0^\circ) \\ &= 3.8 \text{ N}\cdot\text{m}\end{aligned}$$

1-3 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؟ افترض أن مركز كتلة السيارة على بعد يساوي x من مقدمة السيارة، وأن وزن السيارة يساوي F_g .

$$\begin{aligned}\tau_{\text{مؤخرة}} &= \tau_{\text{مقدمة}} \\ F_{\text{مؤخرة}} r_{\text{مؤخرة}} &= F_{\text{مقدمة}} r_{\text{مقدمة}} \\ (0.53 F_g) x &= (0.47 F_g) (2.46 \text{ m} - x) \\ x &= 1.16 \text{ m}\end{aligned}$$

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 اللوح إلى الوضع الأفقي؟ وعند أي جزء من اللوح؟

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

$$F_{\text{أقل}} = mg$$

$$\begin{aligned}&= \left(\frac{1}{2}\right) (12.5 \text{ kg}) (9.80 \text{ m/s}^2) \\ &= 61.2 \text{ N}\end{aligned}$$

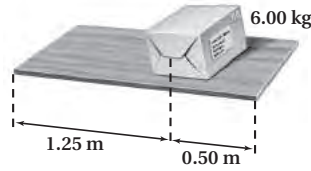
b. ما أكبر قوة يؤثر بها جواد لرفع اللوح إلى الوضع الأفقي؟ وعند أي جزء من اللوح؟

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

$$\begin{aligned}F_{\text{أكبر}} &= mg \\ &= (12.5 \text{ kg}) (9.80 \text{ m/s}^2) \\ &= 122 \text{ N}\end{aligned}$$

تابع الفصل 1

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



الشكل 1-21

في حالة الاتزان، محصلة القوى جميعها تساوي صفراً، ومحصلة العزوم حول أي محور دوران تساوي صفراً أيضاً.

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

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

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

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

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

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

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

$$F_{\text{يمين}} = 63 \text{ N}$$



وبتعويض النتيجة السابقة في معادلة القوة:

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

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

$$= -F_{\text{الصندوق}} - m_{\text{اللوحة}} g - m_{\text{الصندوق}} g$$

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

$$= 37 \text{ N}$$

تابع الفصل 1

مراجعة عامة

صفحة 34-35

وبتعويض النتيجة السابقة في معادلة القوة:

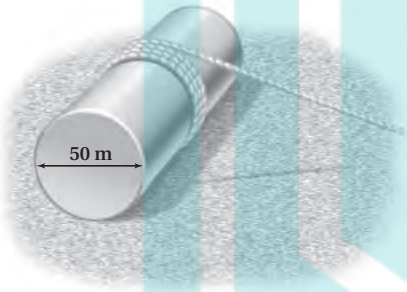
$$F_{\text{أكياس}} + F_{\text{يمين}} + F_{\text{يسار}} = 0$$

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

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

$$= 1.4 \times 10^2 \text{ N}$$

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



الشكل 1-23

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

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

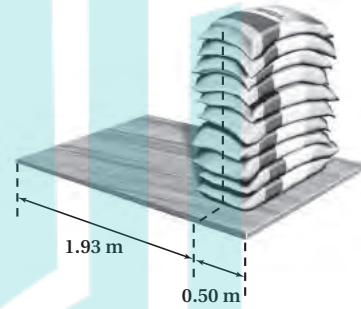
b. وإذا سحب الحبل مسافة 2.5 m خلال زمن 1.25 s، فما سرعة مركز كتلة الأسطوانة؟

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

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

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

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 1-22. ارفع شخصان طرفي القطعة من نهايتها إلى أعلى. ما مقدار القوة التي يؤثر بها كل من الشخصين في القطعة الخشبية مع إهمال وزنها؟



الشكل 1-22

في حالة الاتزان، محصلة القوى جميعها تساوي صفراً، ومحصلة العزوم تساوي صفراً أيضاً.

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

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

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

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

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

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

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

$$= 3.6 \times 10^2 \text{ N}$$

تابع الفصل 1

c. ما السرعة الزاوية المتجهة للأسطوانة؟


$$\begin{aligned}\omega &= \frac{v}{r} \\ &= \frac{2.00 \text{ m/s}}{\left(\frac{1}{2}\right) (50 \text{ m})} \\ &= 8 \times 10^{-2} \text{ rad/s}\end{aligned}$$

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؟

$$\begin{aligned}\alpha &= \frac{\Delta\omega}{\Delta t} = \frac{\omega_f - \omega_i}{\Delta t} \\ &= \frac{(7200 \text{ rev/min} - 0 \text{ rev/min})}{1.5 \text{ s}} \left(\frac{2\pi \text{ rad}}{\text{rev}}\right) \left(\frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}}\right) \\ &= 5.0 \times 10^2 \text{ rad/s}^2\end{aligned}$$

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.

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؟
افتراض 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.



$$\begin{aligned}\tau_{\text{حبل}} &= \tau_{\text{احتكاك}} \\ F_{\text{حبل}} r_{\text{حبل}} &= F_{\text{احتكاك}} r_{\text{احتكاك}} \\ F_{\text{حبل}} &= \frac{F_{\text{احتكاك}} r_{\text{احتكاك}}}{r_{\text{حبل}}} \\ F_{\text{حبل}} &= \frac{\mu Mg r_{\text{احتكاك}}}{r_{\text{حبل}}}\end{aligned}$$

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

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

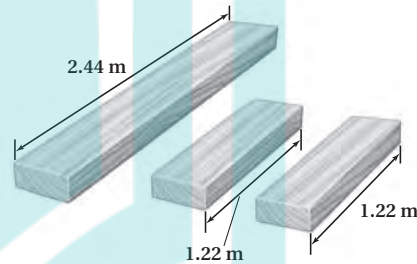
لاحظ أنه عندما تسحب الصندوق من عند مركز كتلته، يصبح المقام صفراً. وهكذا تستطيع السحب بأي مقدار من القوة ولا ينقلب الصندوق.

تابع الفصل 1

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

$$\begin{aligned} v &= r\omega \\ &= (0.012 \text{ m}) \left(\frac{-2\pi \text{ rad}}{\text{min}} \right) \left(\frac{\text{min}}{60 \text{ s}} \right) \\ &= -1.3 \times 10^{-3} \text{ m/s} \end{aligned}$$

70. عارضة خشبية إذا اشترت عارضة خشبية 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 1-24، ثم حمل كل منكما ما اشتراه من الخشب على كتفيه.



الشكل 1-24

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

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

$$\begin{aligned} F_{\text{عدي}} &= F_g - F_{\text{ماجد}} \\ &= 143 \text{ N} - 57 \text{ N} \\ &= 86 \text{ N} \end{aligned}$$

b. أي أجزاء اللوح يجب أن يرفعه عدي؟

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

$$\begin{aligned} \tau_{\text{عدي}} &= \tau_g \\ F_{\text{عدي}} r_{\text{عدي}} &= F_g r_g \\ r_{\text{عدي}} &= \frac{F_g r_g}{F_{\text{عدي}}} \\ &= \frac{(143 \text{ N}) \left(\frac{2.43 \text{ m}}{2} \right)}{86 \text{ N}} \\ r_{\text{عدي}} &= 2.0 \text{ m} \end{aligned}$$

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، وتبعد 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 (سوزان) مساويًا لعزم مركز كتلة العارضة (مركز كتلة العارضة)، وسيكون الوزن كله على الدعامة الأقرب إلى سوزان.

$$\begin{aligned} \tau_{\text{سوزان}} &= \tau_{\text{مركز كتلة العارضة}} \\ F_{\text{سوزان}} r_{\text{سوزان}} &= F_{\text{مركز كتلة العارضة}} r_{\text{مركز كتلة العارضة}} \\ r_{\text{سوزان}} &= \frac{F_{\text{مركز كتلة العارضة}} r_{\text{مركز كتلة العارضة}}}{F_{\text{سوزان}}} \\ &= \frac{(325 \text{ N}) \left(\frac{3.00 \text{ m}}{2} \right)}{575 \text{ N}} \\ &= 0.848 \text{ m} \end{aligned}$$

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

تابع الفصل 1

التفكير الناقد

صفحة 35-36

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

a. ما الشروط التي تجعل التسارع المركزي صفراً؟

$$\omega = 0.0$$

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

$$\alpha = 0.0$$

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

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

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

نعم، مادامت ω ثابتة ولكنها ليست صفراً.

74. التحليل والاستنتاج تتدلى راية كبيرة من سارية أفقية قابلة للدوران حول نقطة تثبيتها في جدار كما في الشكل 1-25، إذا كان طول

السارية 2.10 m، ووزنها 175 N، ووزن الراية 105 N، وعُلقت على بعد 1.80 m من محور الدوران (نقطة التثبيت في الجدار)

فما قوة الشد في الحبل الداعم للسارية؟



الشكل 1-25

يمكننا استخدام العزوم لإيجاد المركبة الرأسية لقوة الشد ($F_{شد}$). فالعزوم التي في اتجاه حركة عقارب الساعة متزنة مع العزوم

التي في عكس اتجاه حركة عقارب الساعة.

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

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

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

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

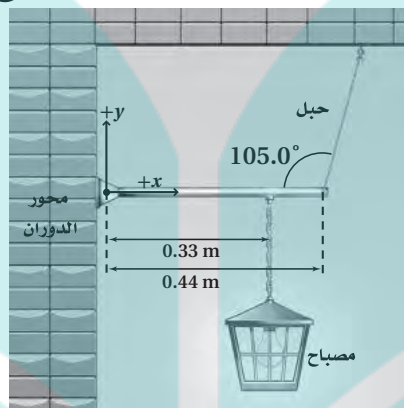
الشد الكلي يساوي:

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

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

$$= 420 \text{ N}$$

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



الشكل 1-26

a. فما العزم المتولد من كل قوة؟

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

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

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

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

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

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



تابع الفصل 1

b. وما قوة الشد في الحبل الداعم لقضيب المصباح؟

يمكننا استخدام العزوم لإيجاد المركبة الرأسية لقوة الشد ($F_{شد}$). العزوم التي في اتجاه حركة عقارب الساعة متزنة مع العزوم التي في عكس اتجاه حركة عقارب الساعة.

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

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

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

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

الشد الكلي يساوي:

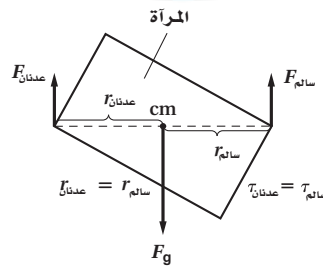
$$F_{شد} = \frac{F_{شد} \sin 105^\circ}{\sin 105^\circ} = \frac{F_{\text{القضيب}} r_{\text{القضيب}} + F_{\text{المصباح}} r_{\text{المصباح}}}{r_{\text{الحبل}} \sin 105^\circ}$$

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

$$F_{شد} = 64 \text{ N}$$

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

a. ارسم مخطط الجسم الحر مبيئاً فيه سالمًا وعدناناً يؤثران بالقوة نفسها في المرآة.



تابع الفصل 1

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 الإطارات 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.

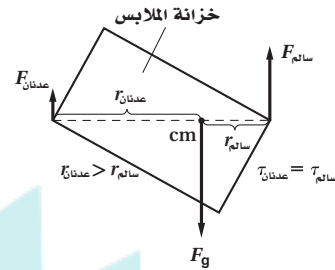
مراجعة تراكمية

صفحة 36

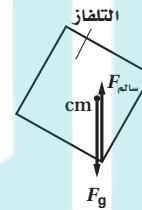
79. تحركت زلاجة كتلتها 60.0 kg بسرعة 18.0 m/s في منعطف نصف قطره 20.0 m. كم يجب أن يكون الاحتكاك بين الزلاجة والجليد حتى تجتاز المنعطف؟

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

b. ارسم مخطط الجسم الحر مبيناً 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.



الكتابة في الفيزياء

صفحة 36

77. يعرف علماء الفلك أنه إذا كان التابع الطبيعي (كالقمر) قريباً جداً من الكوكب فإنه سيتحطم إلى أجزاء بسبب قوى تسمى قوى المدّ والجزر. وبالمثل فإن الفرق بين قوتي الجاذبية الأرضية على طرفي القمر الاصطناعي القريب من الأرض والبعيد عنها أكبر من قوة تماسكه. ابحث في حد روش Roche limit، وحدد 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.