فيزياء الثاني عشر متقدم

القـــوة

www.almanahj.com

2018 | ادرس | اجتهد | تفوق

MR:Mohamed atef

050 3136836

القوة

القوة كمية متجهة تعد مقياسا لكيفية تفاعل جسم مع الأجسام الأخري

هي مؤثر يغير الحالة الحركية للجسم وينتج عنها تسارع يغير قيمة و/أو اتجاه سرعة الجسم.

ويرمز للقوة عادة بـ . **F** وتقدر وحدتها في النظام الدولي **بالنيوتن** N $1\ N = 1\ kg.m/s^2$

أنـواع الـقـوى

قوى تماس

القوة الناتجة عن التماس المباشر بين جسمين
قوة الشد ، قوة الدفع وقوى الإحتكاك
القوة العمودية - قوة الزنبرك(الذبذبة) حركةناتجة عن عمل قوة الزنبرك

قوى مجالية
تأثير عن بعد

القوي بين جسمين لايوجد بينهم تماس
قوى الجاذبية والكهربيةوالمغناطيسية
القوة الكهرومغناطيسية - القوة النووية القوية والضعيفة

www.almanahj.com

(a)

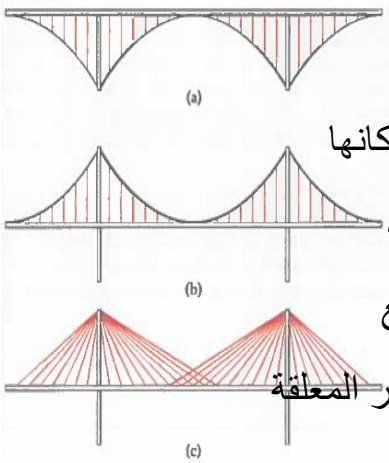
(b)

(c)

الشكل 4.2 بعض الأنواع الشائعة من القوى. (a) عجلة تجليخ تعمل باستخدام قوة الاحتكاك لإزالة السطح الخارجي للجسم.

(b) تُستخدم الزنبركات غالبًا كممتصات للصدمات في السيارات لتقليل القوة المنتقلة إلى العجلات من الأرض.

(c) بعض السدود تُعد من أكبر الهياكل البنائية التي تم بناؤها على الإطلاق. فهي صُممت لمقاومة القوة المبذولة عليها من المياه التي تحتجزها.



(a)

(b)

(c)

هناك طرق مختلفة لأستخدام القوي:-

1-تدعم الجسور القوسية من خلال القوة الضاغطة حيث ان طرفي القوس مثبته في مكانها

2-تدعم الجسور المعلقة بقوة ضاغطه في الدعامات المغمورة في الأرض اسفل المياه

3-الجسور المدعومة بالكبلات حيث ان قوة الشد في الكبلات لتدعيم الطريقويتم توزيع الحمل علي عدد اكبر من الكبلات التي قد لاتكون قوية بالدرجة ذاتها في حالة الجسور المعلقة

1- الوزن w *(weight)*

إذا تركنا جسما يسقط سقوطا حرا فى الفضاء فإنه يكتسب تسارع الجاذبية الأرضية **g** وتكون القوة المؤثرة عليه هي: $F_g = mg.$

$1\ N \equiv 1\ kg\ m/s^2$

متجه قوة الجاذبية $\vec{F}_g = -F_g \hat{y}.$

وجه المقارنة	الكتلة	الوزن
التعريف	مقدار ما يحتويه الجسم من مادة	قوة جذب الأرض للجسم.
وحدة القياس	الكيلو جرام أو الجرام	النيوتن
أداة القياس	الميزان ذو الكفتين	الميزان الزنبركي
اتجاه التأثير	ليس لها اتجاه	تؤثر دائمًا فى اتجاه مركز الأرض (أو الكوكب)
تأثير تغير المكان	ثابتة لا تتغير بتغير المكان	تتغير من مكان لآخر

كتلة الجاذبية	المسئولة عن التفاعل الناتج عن الجاذبية
كتلة القصور	المسئولة عن الممانعة التي يبدها الجسم لتغير حالته وكلمازادت الكتلةزدات مقاومتها لتغيرمن حركته
الكتلتان متماثلتان	

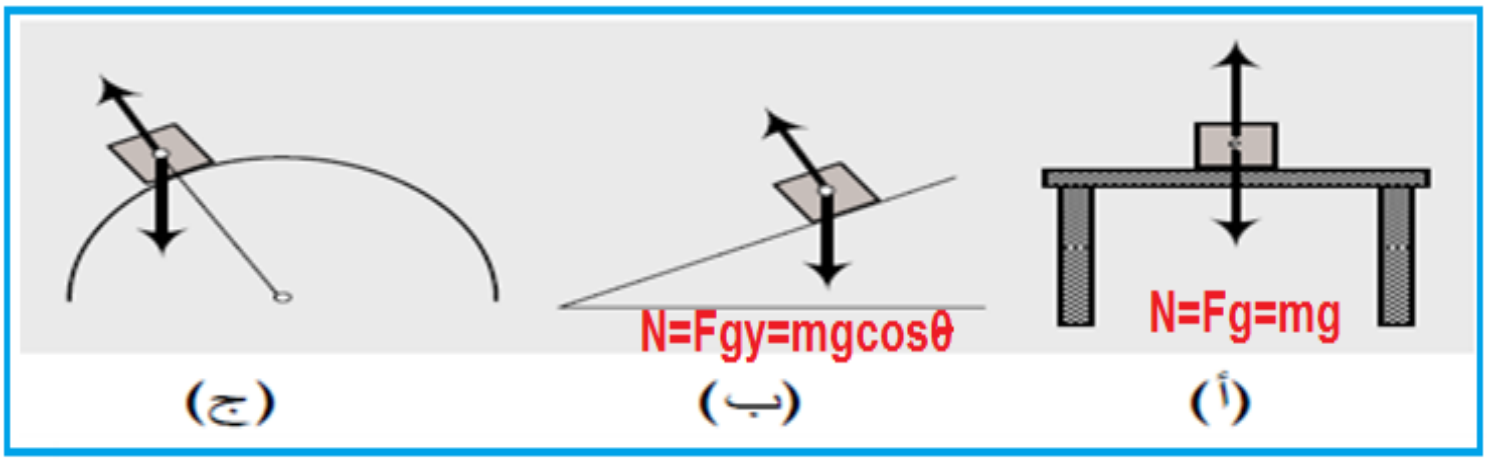
www.almanahj.com

وزون هيغز. جسيم أولي يعتقد أنه مسؤول عن كتلة المادة الكامنة. وقد تم رصد إشارات لجسيم هيجز عملياً في عام 2011 في مايعرف بـ مصادم الهادرونات الكبير، وأعلن مختبر سيرن في 4 يوليو 2012 أنه متأكد بنسبة 99.999% من وجود بوزون هيغز فعلياً

2- رد فعل السطح N *(surface reaction or normal force)* القوّة العموديّة.

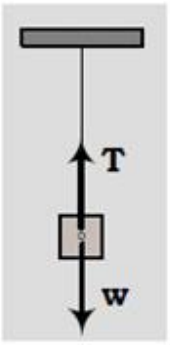
رد فعل السطح يتجه دوما عموديا على السطح وبعيدا عنه

ولكنها ليست معاكسة للوزن (الجاذبية) دائما



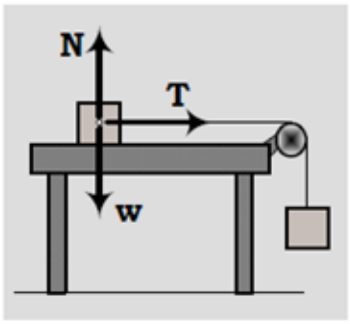
3- الشد T *(Tension)*

إذا علقنا جسما بطرف حبل مثبت طرفه الآخر بسقف المختبر، كما في الشكل-6) (4 لوجدنا أنه يبقى ساكنا ممايعني أن هناك قوة تساوي وتعاكس الوزن نتيجة ارتباط الجسم بالسقف بواسطة الحبل، ونقول إن السقف يؤثر على الحبل بقوة نرمز لها بـ . **T**. ولاشك بأن السقف ماكان ليشد الجسم لولا وجود الحبل الواصل بينهما، ولذلك نستنتج أن كل جسم مربوط بحبل يخضع لقوة شد على امتداد



الشكل(4-6)

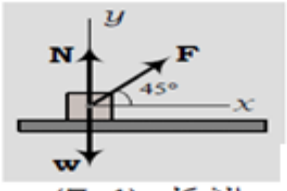
وكما أن رد فعل السطح **N** لايساوي أو يعاكس الوزن دوما، فإن الشد **T** لايساوي أو يعاكس الوزن بالضرورة. وبالفعل فإننا نرى في الشكل (7-4) أن الجسم يخضع لقوتي الوزن **w** ورد فعل السطح **N** المتساويتين والمتعاكستين في هذه الحالة، إلا أن الشد **T** يؤثر عليه بقوة أفقية تزلقه على السطح إن لم تمنعه قوى الاحتكاك من ذلك، كما



الشكل (7-4)

www.almanahj.com

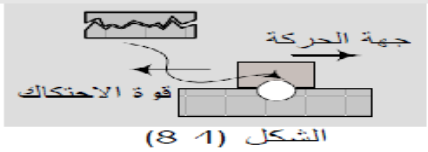
يشد طالب جسما كتلته 10 kg على طاولة أفقية ملساء بقوة تميل بزاوية 45°، كما في الشكل (7-4). ماقيمة F ورد فعل السطح إذا تسارع الجسم بمعدل $2\ m/s^2$؟



الشكل (7-4)

4- قوة الاحتكاك *(Friction)*

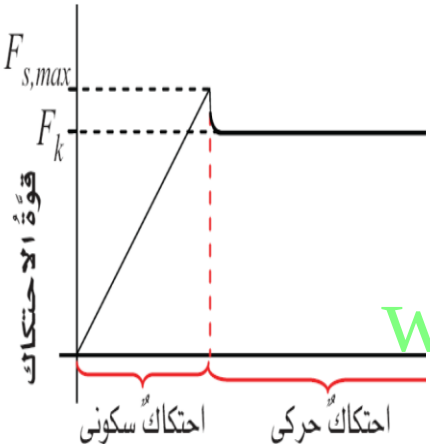
عندما يتحرك جسم أو يحاول الحركة على سطح خشن أو في وسط لزج فإنه يخضع لقوة معاكسة لحركته، تسمى قوة الاحتكاك ناتجة عن التأثير المتبادل بين ذرات الجسم وذرات السطح الملامس له. وتكون **قوة الاحتكاك موازية للسطح بعكس اتجاه الحركة أو الاتجاه الذي يحاول الجسم التحرك نحوه دوما**، كما في الشكل (4-8).



الشكل (8-4)

أنواع قوي الإحتكاك:

1- قوي الأحتكاك السكوني (الجسمين ساكنين) 2- قوي الأحتكاك الحركي (جسم متحرك والأخر ساكن)



عندما يصير الجسم **على وشك الحركة** (دون أن يتحرك)، حيث N رد فعل السطح و μ_s ثابت يسمى **معامل الاحتكاك السكوني** *(coefficient of static friction)*.

ب- **قوة الاحتكاك الحركي** *(kinetic friction)*: إذا تحرك جسم على سطح خشن فإنه يخضع لقوة احتكاك حركي بعكس الاتجاه الذي يتحرك نحوه، وتعطى قيمتها بالعلاقة:

$$F_k = \mu_k N$$

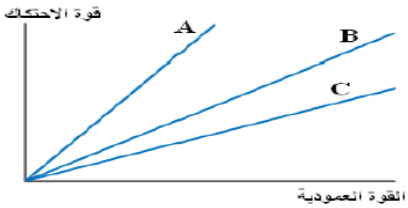
www.almanahj.com

حيث N رد فعل السطح و μ_k **معامل الاحتكاك الحركي** *(coefficient of kinetic friction)*.

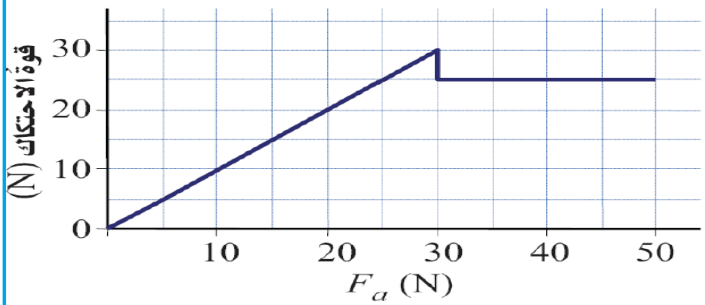
ويعتمد كل من μ_s و μ_k على طبيعة الجسم والسطح، كما ذكرنا سابقا، لكنه لايعتمد على مساحة السطوح المتماسة أو كتلة الجسم المتحرك.

- كلما زاد ميل الخط البياني في منحنى (قوة الاحتكاك- القوة العمودية) كلما زاد مقدار معامل الاحتكاك بين السطحين المتلامسين.

مثال: ينزلق جسم على ثلاثة أسطح مختلفة. أي من هذه الأسطح له معامل احتكاك أكبر مع الجسم؟



4- تؤثر في صندوق كتلته $25kg$ موضوع على أرض أفقية يتزايد مقدارها تدريجياً. يوضح الشكل التالي تغيرات قوة الاحتكاك بين سطح الصندوق والأرض بتغير القوة المطبقة F_a .



(أ) احسبي معامل الاحتكاك السكوني بين الأرض وسطح الصندوق.

$$\mu_s = \frac{F_{s,max}}{F_n} = \frac{F_{s,max}}{mg} = \frac{30}{25\times 9.81} = 0.12$$

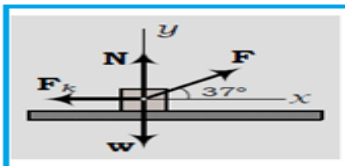
(ب) احسبي معامل الاحتكاك الحركي بين الأرض وسطح الأرض.

$$\mu_k = \frac{F_k}{F_n} = \frac{F_k}{mg} = \frac{25}{25\times 9.81} = 0.10$$

(ج) كم تبلغ عجلة حركة الصندوق إذا أثرت فيه قوة مقدارها $40N$ ؟

$$F = ma \Rightarrow a = \frac{F_x}{m} = \frac{F_a - F_k}{m} = \frac{40-25}{25} = 0.6 m/s^2$$

يسحب جسم كتلته 5 kg على طاولة أفقية خشنة بواسطة قوة $F=40\ N$ تميل بزاوية 37°، كما في الشكل (4-9). ماتسارع الجسم على الطاولة إذا كان معامل الاحتكاك الحركي بينهما 0.4؟



الشكل (4-9)

رسم الجسم الحر

رسم الجسم الحر:-تمثيل فيزيائي يوضح القوة التي توثر فى نظام ما

الإرشادات الواجب مراعاتها عند تصميم رسم جسم حر

1-يتم رسم الجسم الحر

2- استخدم نموذج الجسيم ومثل الجسم بنقطه

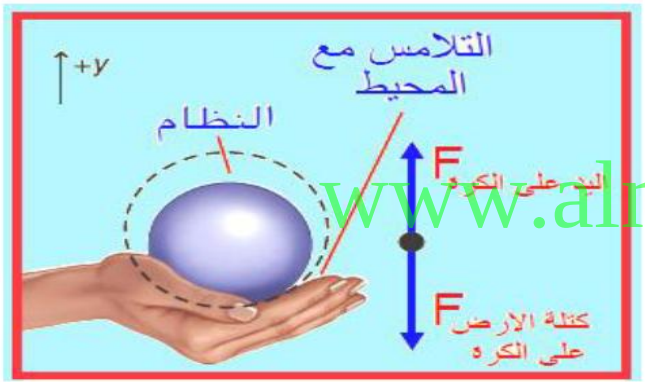
3-مثل كل قوة بسهم يشير الي اتجاه القوة وارسم دائما

متجهات القوة بحيث تشير بعيدا عن الجسم حتي لو كانت قوة دفعا

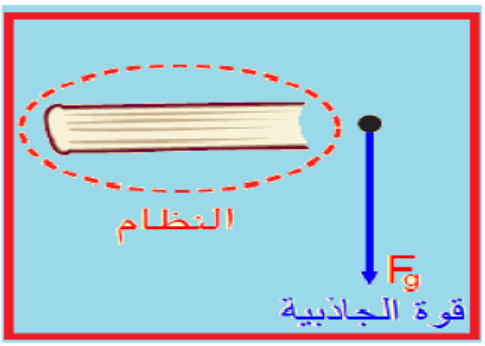
4- ارسم السهم يتناسب طوله مع مقدار القوة

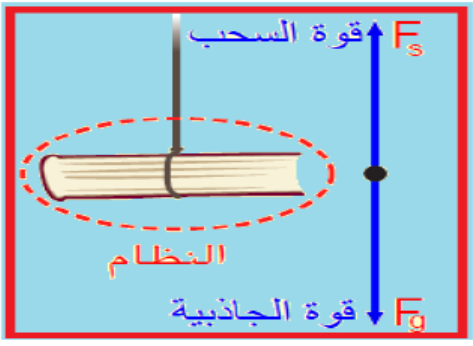
5- ضع اسما لكل قوة

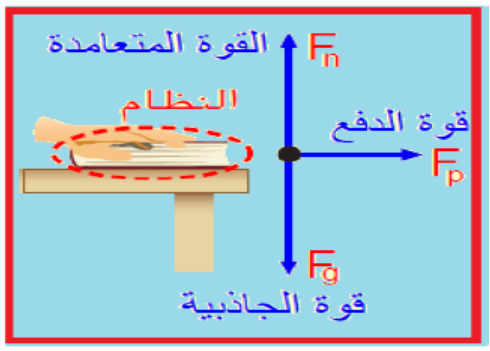
6- أختر اتجاها موجبا ووضح هذا في الرسم



www.almanahj.com







قانون نيوتن الأول *(Newton's First Law)*

يبقى أي جسم على حالته التحركية من سكون أو سرعة ثابتة (قيمة واتجاها) مالم تؤثر عليه محصلة قوى خارجية غير معدومة

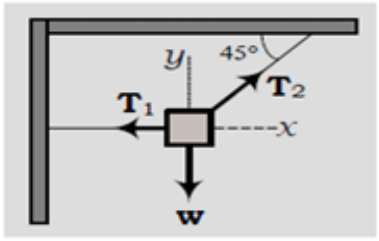
$$\mathbf{F}_T = 0 \quad \Rightarrow \quad \mathbf{v} = \text{constant} \quad \Rightarrow \quad \mathbf{a} = 0$$

حيث $\mathbf{F}_T$ محصلة القوى المؤثرة على الجسم و $\mathbf{v}$ و $\mathbf{a}$ متجهي سرعته وتسارعه، على الترتيب.

متي يكون متزنا:- 1- ساكن 2- متحرك بسرعة ثابته

ويكون عندها محصلة القوة =صفر وكذلك العجلة (التسارع)= صفر

يتزن جسم تحت تأثير القوى الثلاث الموضحة بالشكل (2-4). ماقيمة كل شد إذا كان w=50 N؟



الشكل (2-4)

الحل: بما أن الجسم متزن نكتب محصلة القوى تساوي الصفر:

$$\mathbf{w} + \mathbf{T}_1 + \mathbf{T}_2 = 0$$

وبأخذ مركبات هذه العلاقة على المحورين ox و oy الموضحين في الشكل(2-4) نجد:

$$T_1 \cos 45° = T_2$$

و

$$T_1 \sin 45° = w$$

ومنه:

$$T_1 = 71 \text{ N}$$

و

$$T_2 = 50 \text{ N}$$

قانون نيوتن الثاني (Newton's second Law)

www.almanahj.com

يتناسب تسارع جسم طرديا مع محصلة القوى المؤثرة عليه وعكسيا مع كتلته.

$$\mathbf{a} = \frac{\mathbf{F}_T}{m} \qquad \mathbf{F}_T = m\mathbf{a}$$

يتحرك جسم كتلته 2 kg بدءا من السكون على خط مستقيم بتسارع ثابت فيقطع مسافة 8 m خلال ثانيتين، ثم يسير بسرعة ثابتة لمسافة 20 m أخرى. ما القوة المؤثرة عليه في كل مرحلة من مراحل الحركة؟

الحل: نحسب تسارع الجسم خلال المرحلة الأولى فنكتب:

$$x = \tfrac{1}{2}at^2 + v_0 t + x_0 \quad \Rightarrow \quad 8 = \tfrac{1}{2}a(2)^2$$

ومنه:

$$a = 4 \text{ m/s}^2$$

وبوضع:

$$F = ma$$

نجد:

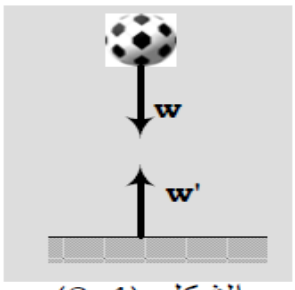
$$F = 8 \text{ N}$$

أما في المرحلة الثانية فإن الجسم يتحرك بسرعة ثابتة لذلك تكون القوة المؤثرة عليه معدومة.

قانون نيوتن الثالث: الفعل ورد الفعل *(Action & Reaction)*

نصيغه بالشكل: **إذا أثر جسم أول بقوة $\mathbf{F}_{12}$ على جسم ثاني فإن الجسم الثاني يؤثر على الأول بقوة $\mathbf{F}_{21}$ بحيث أن $\mathbf{F}_{12}=-\mathbf{F}_{21}$**، حيث يدل الرمز $\mathbf{F}_{nm}$ إلى القوة التي يؤثر بها الجسم n على m.

وكثيرا مايقرأ القانون الثالث بالشكل **لكل فعل رد فعل يساويه بالقيمة ويعاكسه بالاتجاه** لكن يجب الانتباه إلى أن هاتين القوتين لاتؤثران على نفس الجسم بل هما قوتان متبادلتان بين جسمين مختلفين دوما. وكمثل مباشر على ذلك نعتبر كرة تسقط سقوطا حرا في الهواء، كما في الشكل (4-3)، وبالتالي فهي تخضع لقوة جذب الأرض لها (الوزن)، كما أنها تجذب الأرض للأعلى بقوة مساوية ومعاكسة لوزنها (وزن الكرة). ونلاحظ أن هاتين القوتين لاتؤثران على نفس الجسم، فواحدة تؤثر على الكرة والثانية تؤثر على الأرض لكننا نلاحظ حركة الكرة فقط لأن ممانعتها (كتلتها) صغيرة جدا بالمقارنة مع ممانعة الأرض.



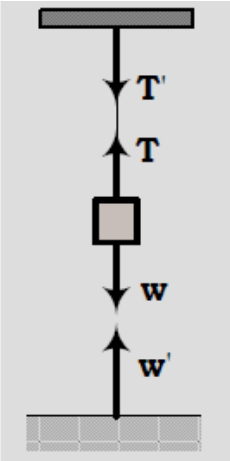
الشكل (4-3)

حدد قوى الفعل ورد الفعل المؤثرة على النظام المؤلف من كيس كتلته m معلق بسقف الغرفة بواسطة حبل، كما هو موضح بالشكل (4-4).

www.almanahj.com

الحل: نلاحظ أن الجسم يخضع لجذب الأرض بقوة $\mathbf{w}$ نحو الأسفل لذا يجذبها نحو الأعلى بقوة $\mathbf{w}'$. كما أن السقف يشد الجسم للأعلى بقوة $\mathbf{T}$ فيشده الأخير بدوره بقوة $\mathbf{T}'$ للأسفل. وبحسب القانون الثالث يكون:

$$\mathbf{T}=-\mathbf{T}' \quad \text{و} \quad \mathbf{w}=-\mathbf{w}'$$



الشكل (4-4)

فالشد والوزن ليستا قوتي فعل ورد فعل، كما يعتقد البعض، بل قوتان مختلفتان تؤثران على الجسم، لكن إذا كان الجسم متزنا عندئذ تكون محصلة القوى المؤثرة عليه مساوية للصفر، أي أن $\mathbf{T}=-\mathbf{w}$. أما إذا كان الوزن أكبر من الشد فإن الحبل سينقطع ويسقط الكيس للأسفل، ولو كان الشد أكبر من الوزن عندئذ يتحرك الجسم للأعلى (كمصعد يرتفع).

الحبال والبكرات

سوف نتناول الحبال والبكرات عديمة الكتلة(مثالية)

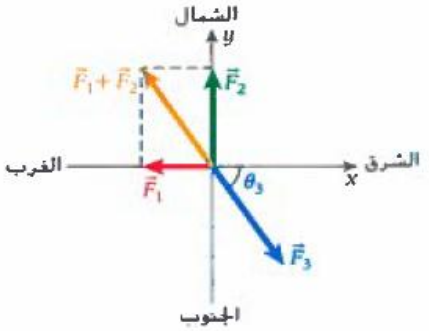
الشكل 4.8 حبل يمر على بكرة متصل بها أجهزة قياس قوة. توضح أن مقدار القوة ثابت في كل أجزاء الحبل.

شد الحبل المعدَّل

في مسابقة شد الحبل، ثمة فريقان يحاول كل فريق سحب الآخر نحو خط. إذا لم يتحرك أي من الفريقين، فهذا يعني أن الفريقين يبذلان قوتين متساويتين وفي اتجاهين متضادين على الحبل. وهذه نتيجة مباشرة لقانون نيوتن الثالث. بمعنى، إذا سحب فريق الحبل بقوة مقدارها F، فسيتدين على الفريق الآخر سحب الحبل بمقدار القوة نفسه ولكن في الاتجاه المعاكس.

المسألة

لنفكر الآن في موقف يتضمن ثلاثة حبال مربوطة معًا عند نقطة واحدة. ويسحب كل فريق أحد الحبال الثلاثة. لنفترض أن الفريق 1 يسحب تجاه الغرب بقوة تساوي 2750 N والفريق 2 يسحب تجاه الشمال بقوة تساوي 3630 N. فهل يمكن لفريق ثالث السحب بطريقة تجعل مسابقة شد الحبل بين الفرق الثلاثة تنتهي في وضع السكون، بمعنى لا يتمكن أي فريق من تحريك الحبل؟ إذا كانت الإجابة بنعم، فما مقدار القوة اللازمة لتحقيق هذا الأمر واتجاهها؟



الشكل 4.9 جمع متجهات القوة في شد الحبل بين ثلاثة فرق.

$$\vec{F}_1 = -(2750\ \text{N})\hat{x}$$

$$\vec{F}_2 = (3630\ \text{N})\hat{y}$$

$$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 = -(2750\ \text{N})\hat{x} + (3630\ \text{N})\hat{y}$$

www.almanahj.com

$$0 = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3$$

$$\Leftrightarrow \vec{F}_3 = -(\vec{F}_1 + \vec{F}_2)$$

$$= (2750\ \text{N})\hat{x} - (3630\ \text{N})\hat{y}.$$

$$F_3 = \sqrt{F_{3,x}^2 + F_{3,y}^2} = \sqrt{(2750\ \text{N})^2 + (-3630\ \text{N})^2} = 4554\ \text{N}$$

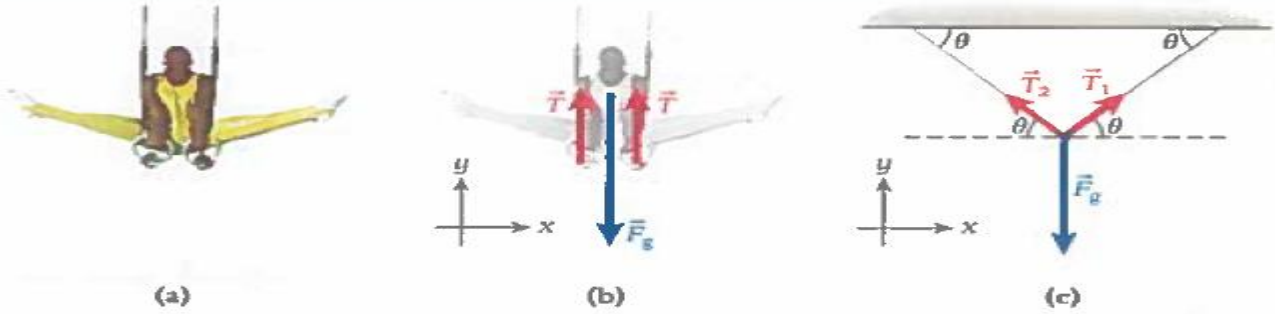
$$\theta_3 = \tan^{-1}\left(\frac{F_{3,y}}{F_{3,x}}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{-3630\ \text{N}}{2750\ \text{N}}\right) = -52.9°.$$

الحلقات الثابتة

لاعب جمباز كتلته 55 kg يتدلى رأسيًا من زوجين من الحلقات المتوازية (الشكل 4.10a).

المسألة 1

إذا كانت الحبال الداعمة للحلقات رأسية ومتصلة بالسقف الذي يعلوها مباشرة. فما مقدار الشد في كل حبل؟



الشكل 4.10 (a) حلقات ثابتة في جمباز الرجال. (b) مخطط الجسم الحر للمسألة 1. (c) مخطط الجسم الحر للمسألة 2.

نحدد الاتجاه x بأنه الأفقي والاتجاه y بأنه الرأسي. يوضح الشكل 4.10b مخطط الجسم الحر.

وحاليًا، لا توجد قوى في الاتجاه x. بينما في اتجاه y. لدينا $\sum F_{y,i} = T_1 + T_2 - mg = 0$. نظرًا لأن كلا الحبلين يدعم لاعب الجمباز بالتساوي. فإن مقدار الشد يجب أن يكون متساويًا في الحبلين، $T_1 = T_2 \equiv T$. وتكون النتيجة

$$T + T - mg = 0$$
$$\Rightarrow T = \frac{1}{2}mg = \frac{1}{2}(55\ \text{kg})(9.81\ \text{m/s}^2) = 270\ \text{N}.$$

www.almanahj.com

المسألة 2

إذا كان الحبلان متصلين بحيث يشكلان زاوية $\theta = 45°$ مع السقف. (الشكل 4.10c). فما الشد في كل حبل؟

الحل 2

في هذا الجزء، تؤثر القوى في الاتجاهين x وy. سنتعامل وفقًا لزاوية عامة ثم نعوض بالزاوية المحددة، $\theta = 45°$. في النهاية.

في الاتجاه x. في حالة الاتزان يكون:

$$\sum_i F_{x,i} = T_1 \cos\theta - T_2 \cos\theta = 0.$$

في الاتجاه y. في حالة الاتزان يكون:

$$\sum_i F_{y,i} = T_1 \sin\theta + T_2 \sin\theta - mg = 0.$$

من معادلة الاتجاه x. نحصل مجددًا على $T_1 = T_2 \equiv T$. ومن معادلة الاتجاه y. نحصل على:

$$2T \sin\theta - mg = 0 \Rightarrow T = \frac{mg}{2\sin\theta}.$$

عند التعويض بالأرقام. نحصل على مقدار الشد في كل حبل:

$$T = \frac{(55\ \text{kg})(9.81\ \text{m/s}^2)}{2\sin 45°} = 382\ \text{N}.$$

المسألة 3

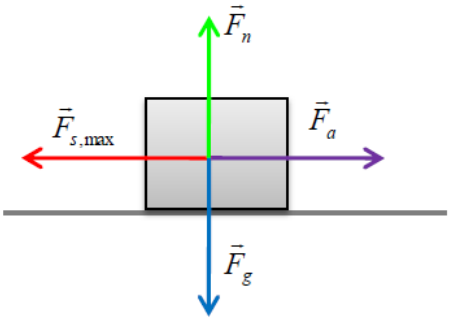
كيف يتغير الشد في الحبلين عندما تصبح الزاوية θ بين السقف والحبلين أصغر فأصغر؟

الحل 3

عندما تصبح الزاوية θ بين السقف والحبلين أصغر، يصبح مقدار الشد بين الحبلين، $T = mg/2\sin\theta$. أكبر. عندما تقترب قيمة θ من الصفر، يُصبح الشد أكبر بصورة غير محدودة. في الواقع، لا يمتلك لاعب الجمباز إلا قوة محدودة بالطبع ولا يمكنه الثبات في وضعه بزوايا صغيرة.

تطبيقات على قوانين نيوتن

تستقر عربة تسوق كتلتها $24kg$ ساكنة على ارض افقية، إذا كان على المتسوق ان يدفع العربة لقوة افقية مقدارها $75N$ لـتصبح على وشك الحركة، جد معامل الاحتكاك السكوني بين سطح الأرض وسطح عجلات العربة.



العربة ساكنة ← متزنة ← محصلة القوى تساوي صفر

$$\Sigma F = 0 \Rightarrow \Sigma F_x = 0, \Sigma F_y = 0$$

$$\Sigma F_x = 0 = F_a - F_{s,max} \Rightarrow F_{s,max} = F_a = 75N$$

$$\Sigma F_y = 0 = F_n - F_g \Rightarrow F_n = F_g = 24 \times 9.81 = 235.4N$$

$$\mu_s = \frac{F_{s,max}}{F_n} = \frac{75N}{235.4N} = 0.32$$

الحركة على مستوى مائل

في جميع مسائل المستوى المائل نطبق الاستراتيجية العامة لحل مسائل القوة والحركة مع الأخذ في الاعتبار ما يلي:

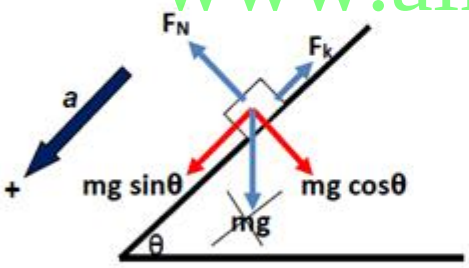
1- النظام الاحداثي المستخدم هو أن المحور الأفقي موازيا للمستوى المائل فيما يكون المحور الرأسي عموديا على المستوى المائل.

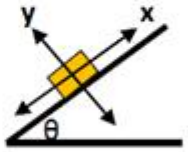
2- في جميع مسائل المستوى المائل نحلل الوزن الى مركبتين :

أ- المركبة الأفقية للوزن (F_{gx}) وتكون موازية للمستوى المائل $F_{gx} = mg\sin\theta$.

ب- المركبة العمودية للوزن(F_{gy}) وتكون عمودية على المستوى المائل $F_{gy} = mg\cos\theta$.

www.almanahj.com





ملاحظات مهمة:

1- تسارع الجسم المنزلق على المستوى المائل لا يعتمد على كتلة الجسم، ولكنه يتوقف على:

أ- زاوية ميل المستوى ب- معامل الاحتكاك بين السطحين المتلامسين

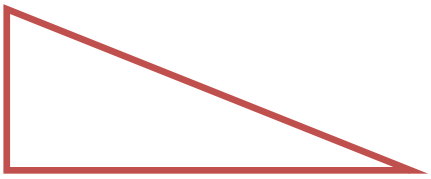
2- بزيادة زاوية ميل المستوى تقل المركبة الرأسية للوزن وبالتالي تقل القوة العمودية وقوة الاحتكاك ، بينما تزيد المركبة الأفقية للوزن. لماذا ؟

تدريبات متنوعة على الحركة على المستوى المائل

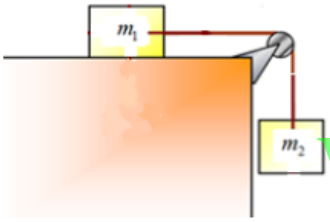
ينزلق شخص كتلته 45Kg الى أسفل سطح مائل على الأفقي بزاوية 30، فاذا كان معامل الاحتكاك الحركي بين الشخص والسطح يساوي 0.25 ، فما مقدار تسارعه؟

تدفع صخرة كبيرة كتلتها 20Kg الى أعلى جبل يميل على الأفقي بزاوية 30 ، فاذا كان معامل الاحتكاك الحركي بين الصخرة والجبل 0.4

أ- ما القوة التي يتطلبها دفع الصخرة لأعلى الجبل بسرعة منتظمة.



كتلتان ($m_1 = 8\ Kg$ ، $m_2 = 12\ Kg$) تتصلان بخيط مهمل الكتلة يمر على بكرة ملساء تتحرك الكتلة m_1 على مستوى أفقى تحت تأثير قوة جذب الأرض للكتلة m2 ومعامل الإحتكاك بين الكتلة m_1 والمستوى الأفقى ($\mu_k = 0.4$) احسب تسارع المجموعة وقوة الشد فى الخيط.

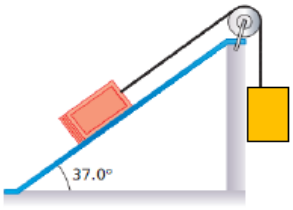


www.almanahj.com

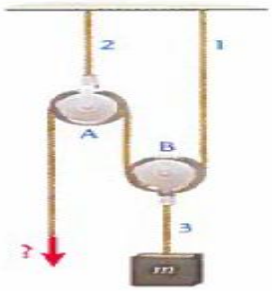
فى الشكل الكتلتين $m_1 = 16kg$ و $m_2=8kg$ مربوطتين بخيط مهمل الكتلة يمر على بكرة ملساءعلى مستوى مائل خشن معامل الإحتكاك بين الكتلة m_2 والسطح 0.23 وزاوية ميل المستوى المائل 37 درجة، وسمح للجسمين بالتسارع من السكون. فاحسب:

1- مقدار تسارع المجموعة.

2- مقدار الشد في الخيط.



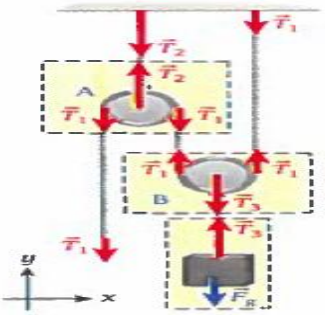
مضاعف القوة



الشكل 4.11 حبل يمر على بكرتين.

من ذلك نجد أن القوة التي نحتاجها لتعليق الكتلة = نصف القوة التي تستخدم لرفعها

بواسطة حبل من دون بكرات وهذا التغير في القوي سبب تسمية البكرة بمضاعف القوة



الشكل 4.12 مخططات الجسم الحر للبكرتين والكتلة التي سترفع.

يمكن تحقيق مضاعفة أكبر للقوة إذا مر الحبل 1 بإجمالي n من المرات عبر البكرتين أنفسهما. في هذه الحالة. تكون القوة اللازمة لتعليق جسم كتلته m هي

$$T = \frac{1}{2n}mg.$$

يوضح الشكل 4.13 حالة البكرة السفلية في الشكل 4.12 حيث $n = 3$. ينتج عن هذا الترتيب $2n = 6$ أسهم قوة بمقدار T تشير إلى أعلى قادرة على موازنة القوة المتجهة إلى أسفل بمقدار $6T$.

www.almanahj.com

يوضح الشكل 4.13 حالة البكرة السفلية في الشكل 4.12 حيث $n = 3$. ينتج عن هذا الترتيب $2n = 6$ أسهم قوة بمقدار T تشير إلى أعلى قادرة على موازنة القوة المتجهة إلى أسفل بمقدار $6T$.
على النحو الذي توضحه المعادلة 4.9.

الشكل 4.13 بكرة بثلاث حلقات.

مقاومة الهواء

تزيد مقاومة الهواء بزيادة السرعة

تحديد الثوابت K_0 و K_1 و K_2 و..

$$F_{frict} = K_0 + K_1 v + K_2 v^2 + \dots$$

$$F_{drag} = Kv^2.$$

السرعة الحدية : سرعة الجسم عندما تتساوي قوة الجاذبية مع مقاومة الهواء

$$F_g = F_{drag} \Rightarrow mg = Kv^2.$$

$$v = \sqrt{\frac{mg}{K}}.$$

السرعةالحدية تعتمد علي كتلة الجسم (الاجسام الأثقل هي الأسرع من الأجسام الخفيفةالتي لها ثابت السحب نفسه K

لحساب السرعة الحدية لابد من معرفة ثابت السحب K

العوامل التي يعتمد عليها ثابت السحب

1- حجم مساحة المقطع المعرض للهواء (طردية) كلما زاد يزداد ثابت السحب A

2- كثافة الهواء ρ وهذا يعني :-

شكل الجسم وزاوية ميله بالنسبة إلى اتجاه الحركة ومقاومة الهواء وقابلية الانضغاط في معامل سحب. c_d

$$K = \frac{1}{2} c_d A \rho.$$

عند تصميم السيارات يراعي ان يكون معامل السحب منخفض

في الأوساط عالية اللزوجة أو سرعات متجهة منخفضة لايمكن تجاهل حد السرعة الخطية لقوة الأحتكاك

وبالتالي يمكن حساب قوة الأحتكاك $F_{frict} = K_1 v$

تسري هذه الصيغة على أغلب العمليات الحيوية، بما فيها حركة الجزيئات الحيوية الكبيرة أو حتى الكائنات الدقيقة مثل البكتيريا في السوائل. ويعد هذا التقدير التقريبي لقوة الاحتكاك مفيدا كذلك عند تحليل غرق جسم ما في مائع، على سبيل المثال، حجر صغير أو صدفة حفرية في الماء.

www.almanahj.com

يسقط لاعب قفز حر كتلته 80.0 kg في الهواء بكثافة $1.15\ kg/m^3$. بفرض أن معامل السحب له يساوي $c_d = 0.570$، عندما يسقط بوضع النسر الممدد لجناحيه، كما هو مبيّن في الشكل 4.20a. يشغل جسمه مساحة $A_1 = 0.940\ m^2$ بالنسبة إلى الرياح، بينما عند قفزه بالرأس أولاً، مع ضم ذراعيه إلى جسمه وضم قدميه إلى بعضهما، كما هو موضح في الشكل 4.20b. تقل مساحته إلى $A_2 = 0.210\ m^2$.

المسألة

ما السرعة الحدية في كل من الحالتين؟

(a)

(b)

الشكل 4.20 (a) لاعب قفز حر في موضع عالي المقاومة. (b) لاعب قفز حر في موضع منخفض المقاومة.

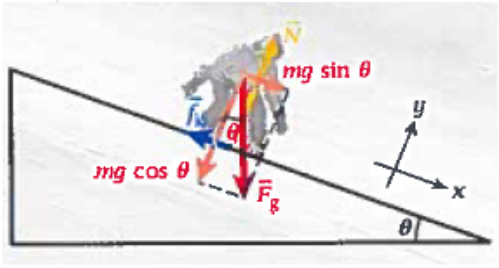
$$v = \sqrt{\frac{mg}{K}} = \sqrt{\frac{mg}{\frac{1}{2} c_d A \rho}}$$

$$v_1 = \sqrt{\frac{(80.0\ kg)(9.81\ m/s^2)}{\frac{1}{2} 0.570 (0.940\ m^2)(1.15\ kg/m^3)}} = 50.5\ m/s$$

$$v_2 = \sqrt{\frac{(80.0\ kg)(9.81\ m/s^2)}{\frac{1}{2} 0.570 (0.210\ m^2)(1.15\ kg/m^3)}} = 107\ m/s$$

المسألة 1

بفرض وجود منحدر ثابت. كم ستبلغ سرعة المتزلج على الجليد على طول اتجاه المنحدر عندما يكون على بُعد 100 m من بداية المنحدر؟ طول اتجاه المنحدر. 8.3 m/s معامل الاحتكاك 0.21.



ومن ثم نحصل على إجمالي مركبة القوة في اتجاه x:

$$mg\sin\theta - \mu_k mg\cos\theta = ma_x \Rightarrow$$

$$a_x = g(\sin\theta - \mu_k\cos\theta).$$

$$a \equiv a_x = (9.81\ \text{m/s}^2)(\sin 22^\circ - 0.21\cos 22^\circ) = 1.76\ \text{m/s}^2$$

$$v^2 = v_0^2 + 2a(x - x_0).$$

باستخدام $x - x_0 = 100$ m و $v_0 = 8.3$ m/s، يمكننا حساب السرعة النهائية:

$$v = \sqrt{v_0^2 + 2a(x - x_0)}$$
$$= \sqrt{(8.3\ \text{m/s})^2 + 2(1.76\ \text{m/s}^2)(100\ \text{m})}$$
$$= 20.5\ \text{m/s}.$$

www.almanahj.com

المسألة 2

ما المدة التي يستغرقها المتزلج ليصل إلى هذه السرعة؟

الحل 2

بما أننا نعرف الآن العجلة والسرعة النهائية، والسرعة الابتدائية معطاة، نستخدم

$$v = v_0 + at \Rightarrow t = \frac{v - v_0}{a} = \frac{(20.5 - 8.3)\ \text{m/s}}{1.76\ \text{m/s}^2} = 6.9\ \text{s}.$$

المسألة 3

بفرض معامل الاحتكاك نفسه. كم تبلغ زاوية المنحدر اللازمة حتى يتزلج المتزلج بسرعة متجهة ثابتة؟

الحل 3

تشير الحركة بسرعة متجهة ثابتة إلى انعدام العجلة. ولقد استنتجنا بالفعل معادلة للعجلة كدالة لزاوية المنحدر. نساوي هذه المعادلة بالصفر ونحل المعادلة الناتجة لإيجاد الزاوية θ:

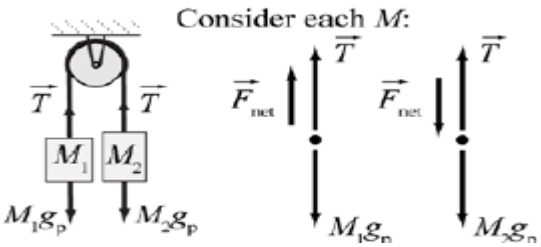
$$a_x = g(\sin\theta - \mu_k\cos\theta) = 0$$
$$\Rightarrow \sin\theta = \mu_k\cos\theta$$
$$\Rightarrow \tan\theta = \mu_k$$
$$\Rightarrow \theta = \tan^{-1}\mu_k.$$

نظرًا لأن $\mu_k = 0.21$ مقدمة في المعطيات، تكون الزاوية $\theta = \tan^{-1} 0.21 = 12^\circ$. في حالة المنحدر الأشد انحدارًا، سيتسارع المتزلج، وفي المنحدر المسطح إلى حد ما، ستنخفض سرعة المتزلج حتى يتوقف في النهاية.

4.43 بعد الوصول إلى كوكب مكتشف حديثًا، أجرى قبطان سفينة الفضاء التجربة التالية لحساب عجلة الجاذبية الخاصة بالكوكب، وضع كتلتين قيمتهما 100.0 g و200.0 g على جهاز آتوود مصنوع من خيط عديم الكتلة وبكرة عديمة الاحتكاك ثم قاس مدة 1.52 s التي استغرقتها كل كتلة لتتحرك 1.00 m من وضع السكون.

a) ما عجلة الجاذبية للكوكب؟

b) ما الشد في الخيط؟



(a) $M_1a = T - M_1g_p$ (1), $-M_2a = T - M_2g_p$ (2)

$M_2g_p - M_2a = M_1g_p + M_1a \Rightarrow a(M_1+M_2) = g_p(M_2-M_1) \Rightarrow g_p = a\left(\frac{M_1+M_2}{M_2-M_1}\right)$

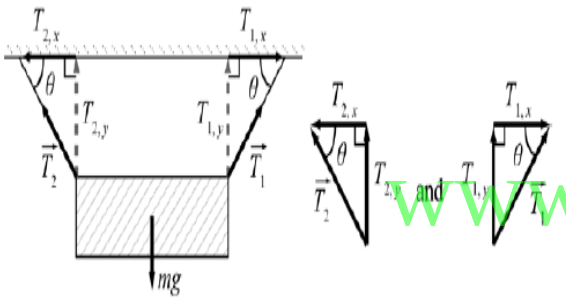
$\Delta y = (at^2)/2$ to get $g_p = \frac{2\Delta y}{t^2}\left(\frac{M_1+M_2}{M_2-M_1}\right)$.

$g_p = \frac{2(1.00\text{ m})}{(1.52\text{ s})^2}\left(\frac{0.1000\text{ kg}+0.2000\text{ kg}}{0.2000\text{ kg}-0.1000\text{ kg}}\right) = 2.59695\text{ m/s}^2$

(b) $T = M_2(g_p - a) = M_2\left(g_p - \frac{2\Delta y}{t^2}\right)$

$T = 0.2000\text{ kg}\left(2.59695\text{ m/s}^2 - \frac{2(1.00\text{ m})}{(1.52\text{ s})^2}\right) = 0.346260\text{ N}$

4.44- توجد لافتة منجر كتلتها 4.25 kg معلقة بسلكين يصنع كل منهما زاوية $\theta = 42.4°$ مع السقف. فما قوة الشد في كل سلك؟



www.almanahj.com

$\sum F_y = 0 = T_{1,y} + T_{2,y} - mg$ $\quad T_{1,y} = T_1\sin\theta$ $\quad T_{2,y} = T_2\sin\theta$.

$T_1\sin\theta + T_2\sin\theta = mg$

$\sum F_x = 0 = T_{1,x} - T_{2,x}$, $\quad T_{1,x} = T_1\cos\theta$ $\quad T_{2,x} = T_2\cos\theta$.

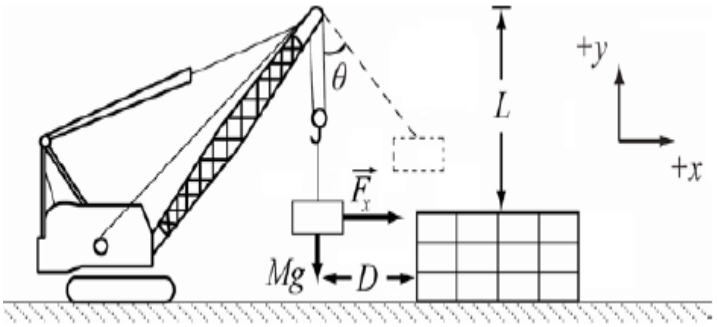
$T_1\cos\theta = T_2\cos\theta$ or $T_1 = T_2$.

$2T\sin\theta = mg \Rightarrow T = mg/(2\sin\theta)$.

$T = \frac{(4.25\text{ kg})(9.81\text{ m/s}^2)}{2\sin(42.4°)} = 30.9153\text{ N}$

4.45- ينزلق صندوق برتقال على سطح مائل بدون احتكاك. إذا تحرر الصندوق من وضع السكون ووصلت سرعته إلى 5.832 m/s بعد الانزلاق لمسافة 2.29m ، فما زاوية ميل السطح بالنسبة إلى المستوى الأفقي؟

4.46• ترتبط حمولة من الطوب كتلتها $M =$ 200.0 kg برافعة بواسطة حبل كتلته يمكن إهمالها وطوله يصل إلى $L = 3.00$ m. وعندما يتدلى الحبل رأسيًا إلى أسفل في بادئ الأمر، ستبعد القوالب مسافة أفقية $D = 1.50$ m عن الجدار الذي سيوضع عليه الطوب. ما مقدار القوة الأفقية التي يجب بذلها على حمولة الطوب (بدون تحريك الرافعة) حتى يستقر الطوب على الجدار مباشرة؟



$\tan\theta = D/L$ (1).

$\tan\theta = F_x/(Mg)$ (2).

$$\frac{D}{L} = \frac{F_x}{Mg} \Rightarrow F_x = \frac{MgD}{L}.$$

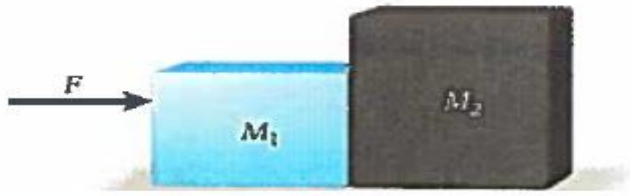
$$F_x = \frac{(200.0\text{ kg})(9.81\text{ m/s}^2)(1.50\text{ m})}{3.00\text{ m}} = 981\text{ N}$$

4.32 يوجد قالبان بتلامسان على سطح طاولة أفقي عديم الاحتكاك. تؤثر قوة خارجية $\vec{F}$ في القالب 1 ويتحرك القالبان بعجلة ثابتة تساوي 2.45 m/s^2. استخدم $M_1 = 3.20$ kg، $M_2 = 5.70$ kg.

a) ما مقدار F. القوة المبذولة؟

b) ما قوة التلامس بين القالبين؟

c) ما محصلة القوة المؤثرة في القالب 1؟



(a) $F = M_1a_1 + M_2a_2$. $a_1 = a_2 = a$. $F = (M_1 + M_2)a$.

(a) $F = (3.20\text{ kg} + 5.70\text{ kg})(2.45\text{ m/s}^2) = 21.805\text{ N}$

(b) $F_b = M_2a$. $F_b = (5.70\text{ kg})(2.45\text{ m/s}^2) = 13.965\text{ N}$

(c) $F_{net,1} = F - M_2a$.

$F_{net,1} = 21.805\text{ N} - (5.70\text{ kg})(2.45\text{ m/s}^2) = 7.84\text{ N}$

www.almanahj.com

4.63• يبدأ متزلج التزحلق بسرعة 2.00 m/s وينحط المزلجة على المنحدر في خط مستقيم بزاوية 15.0° بالنسبة إلى المستوى الأفقي. معامل الاحتكاك الحركي بين الزلاجة والجليد يساوي 0.100. ما سرعته بعد مرور 10.0 s؟

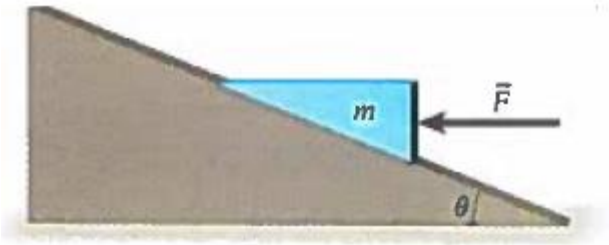
$\sum F_x = ma_x \Rightarrow mg\sin\theta - f_k = ma_x \Rightarrow ma_x = mg\sin\theta - \mu_k N$

$\sum F_y = ma_y \ (a_y = 0) \Rightarrow N - mg\cos\theta = 0 \Rightarrow N = mg\cos\theta$

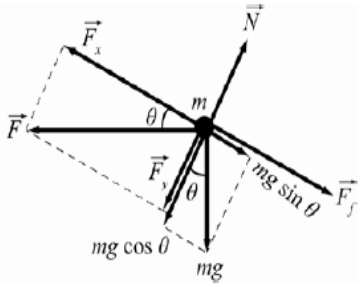
$ma_x = mg\sin\theta - \mu_k mg\cos\theta \Rightarrow a_x = g(\sin\theta - \mu_k\cos\theta)$.

$v = v_0 + a_x\Delta t = v_0 + g(\sin\theta - \mu_k\cos\theta)\Delta t$.

$v = 2.00\text{ m/s} + (9.81\text{ m/s}^2)(\sin 15.0° - 0.100\cos 15.0°)(10.0\text{ s}) = 17.91\text{ m/s}$



4.65 •• يوجد إسفين كتلته $m = 36.1\ \text{kg}$ على مستوى مائل بزاوية $\theta = 21.3°$ بالنسبة إلى المستوى الأفقي. وتدفع قوة قدرها $F = 302.3\ \text{N}$ الإسفين في الاتجاه الأفقي، كما هو موضح في الشكل. معامل الاحتكاك الحركي بين الإسفين والمستوى المائل يساوي 0.159 ما عجلة الإسفين على طول المستوى المائل؟



RESEARCH: Use Newton's second law: $\sum F_x = ma_x$ and $\sum F_y = ma_y$. $F_x = F\cos\theta$, $F_y = F\sin\theta$, and $F_f = \mu_k N$.

$$\sum F_y = ma_y = 0, \text{ since } a_y = 0 \Rightarrow N - F_y - mg\cos\theta = 0 \Rightarrow N = F_y + mg\cos\theta = F\sin\theta + mg\cos\theta$$

$$\sum F_x = ma_x \Rightarrow F_x - F_f - mg\sin\theta = ma \Rightarrow ma = F\cos\theta - \mu_k N - mg\sin\theta$$

SIMPLIFY: $$a = \frac{F\cos\theta - \mu_k\left(F\sin\theta + mg\cos\theta\right) - mg\sin\theta}{m} = \frac{F\cos\theta - \mu_k F\sin\theta - \mu_k mg\cos\theta - mg\sin\theta}{m}$$

$$= \frac{F}{m}\left(\cos\theta - \mu_k\sin\theta\right) - g\left(\mu_k\cos\theta + \sin\theta\right)$$

CALCULATE: $$a = \frac{302.3\ \text{N}}{36.1\ \text{kg}}\left(\cos(21.3°) - 0.159\sin(21.3°)\right) - \left(9.81\ \text{m/s}^2\right)\left(0.159\cos(21.3°) + \sin(21.3°)\right)$$

$$= 2.3015\ \text{m/s}^2$$

www.almanahj.com

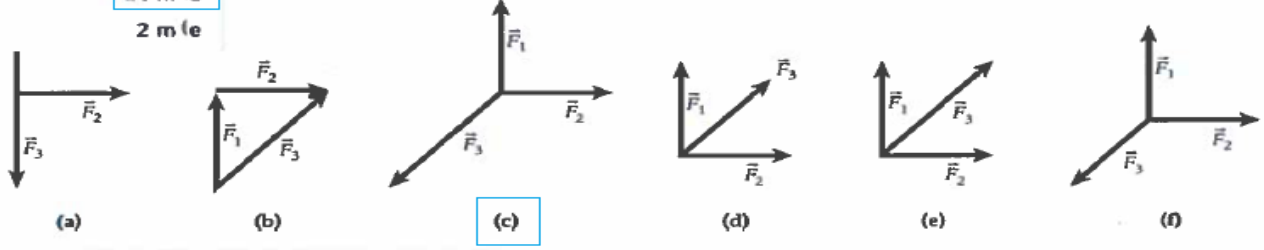
مراجعة المفاهيم 4.1

فكّر في كرتين من الفولاذ، الكرة 1 تزن 1.5 N والكرة 2 تزن 15 N. تم تحرير كلتا الكرتين بشكل متزامن من ارتفاع قدره 2.0 m. ما الكرة التي ستصطدم بالأرض أولًا؟

a) ستصطدم الكرة 1 بالأرض أولًا.
b) ستصطدم الكرة 2 بالأرض أولًا.
c) ستصطدم الكرتان بالأرض في الوقت نفسه.
d) لا يمكن التحديد من المعلومات المتوفرة.

مراجعة المفاهيم 4.2

اختر مجموعة من ثلاثة متجهات متحدة المستوى ينتج مجموعها محصّلة قوة تساوي صفرًا، $\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 = 0$



مراجعة المفاهيم 4.3

باستخدام زوج من البكرات ذي حلقتين، يمكننا رفع وزن قدره 440 N. إذا أضفنا حلقتين إلى البكرة، وباستخدام القوة نفسها، فسيمكننا رفع

a) نصف الوزن.
b) ضعف الوزن.
c) ربع الوزن.
d) أربعة أضعاف الوزن.
e) الوزن نفسه.

مراجعة المفاهيم 4.4

إذا ضاعفت كلتا الكتلتين في آلة آتوود، فستكون العجلة الناتجة بمقدار

a) الضعف.
b) النصف.
c) مي نفسها.
d) الربع.
e) أربعة أضعاف.

مراجعة المفاهيم 4.5

بالنسبة إلى التصادمات في المثال 4.5، إذا أطلقنا على الكتلة المطلقة لعجلة السيارة الرياضية متعددة الأغراض a_{SUV} وعلى عجلة السيارة الصغيرة a_{car}، فسنجد تقريبًا أن

a) $a_{SUV} \approx \frac{1}{9}a_{car}$.
b) $a_{SUV} \approx \frac{1}{3}a_{car}$.
c) $a_{SUV} \approx a_{car}$.
d) $a_{SUV} \approx 3a_{car}$.
e) $a_{SUV} \approx 9a_{car}$.

مراجعة المفاهيم 4.6

مرشح قهوة غير مستخدم يصل إلى سرعته الحدية بسرعة جدًا إذا تركته يسقط. افترض أنك أطلقت مرشح قهوة واحدًا من ارتفاع 1 m. احسب الارتفاع الذي يجب إطلاق رزمة من مرشحات القهوة عنده في اللحظة نفسها حتى تصطدم بالأرض في وقت اصطدام مرشح القهوة المفرد نفسه؟ (يمكنك بأمان إهمال الزمن المطلوب للوصول إلى السرعة الحدية).

a) 0.5 m
b) 0.7 m
c) 1 m
d) 1.4 m
e) 2 m

أسئلة الاختيار من متعدد

4.1 تسير سيارة كتلتها M في خط مستقيم بسرعة ثابتة على طريق مستوٍ بمعامل احتكاك μ بين الإطارات والطريق وبقوة سحب D. سيساوي مقدار محصّلة القوة المبذولة على السيارة

a) μMg
b) $\mu Mg + D$
c) $\sqrt{(\mu Mg)^2 + D^2}$
d) صفر.

4.2 يقف شخص على سطح الأرض، تساوي كتلة الشخص m، وكتلة الأرض M. يختار الشخص إلى أعلى. ليصل إلى أقصى ارتفاع فوق الأرض h. وعندما يصل الشخص إلى هذا الارتفاع h، سيكون مقدار القوة الذي يبذله هذا الشخص على الأرض

a) mg.
b) Mg.
c) M^2g/m.
d) m^2g/M.
e) صفر.

4.3 اكتشف ليوناردو دافنشي أن مقدار قوة الاحتكاك يتناسب ببساطة مع مقدار القوّة العموديّة فقط، وهذا يعني أن قوة الاحتكاك لا تعتمد على عرض منطقة التلامس أو طولها. ومن ثمّ، يرجع السبب الأساسي وراء استخدام إطارات عريضة في سيارة السباق إلى

a) أنها تبدو رائعة.
b) أن لها منطقة تلامس ظاهرية أكبر.
c) أنها تكلف المزيد من المال.
d) أنه يمكن صناعتها من مواد أكثر نعومة.

4.4 التورنيدو عبارة عن لعبة ملاهٍ تتكوّن من أسطوانة رأسية مجوفة تدور بسرعة حول محورها الرأسي. وبينما تدور لعبة تورنيدو، يُدفع الراكبون إلى الجدار الداخلي للأسطوانة بسبب الدوران الحوري. ثم تسقط أرضية الأسطوانة بعيدًا. القوة التي تتجه إلى أعلى، وتمنع الراكبين من السقوط إلى أسفل هي

a) قوة الاحتكاك.
b) قوّة عموديّة.
c) الجاذبية.
d) قوة الشد.

4.5 عندما تتوقف حافلة فجأة، يندفع الركاب إلى الأمام. أي قوانين نيوتن يشرح هذا الموقف؟

a) قانون نيوتن الأول
b) قانون نيوتن الثاني
c) قانون نيوتن الثالث
d) لا يمكن شرحه باستخدام قوانين نيوتن.

4.6 توجد قوتان $\vec{F}_1$ و$\vec{F}_2$ فقط تؤثران في قالب. فأي مما يلي يصلح أن يكون مقدار محصّلة القوة، $\vec{F}$ التي تؤثر في القالب (وضّح كل الاحتمالات)؟

a) $F > F_1 + F_2$
b) $F = F_1 + F_2$
c) $F < F_1 + F_2$
d) لا شيء مما سبق

4.7 ما الملاحظة (الملاحظات) غير الصحيحة عن قوة الاحتكاك في ما يلي؟

a) يتناسب مقدار قوة الاحتكاك الحركي دائمًا مع القوّة العموديّة.
b) يتناسب مقدار قوة الاحتكاك السكوني دائمًا مع القوّة العموديّة.
c) يتناسب مقدار قوة الاحتكاك السكوني دائمًا مع القوة الخارجية المبذولة.
d) اتجاه قوة الاحتكاك الحركي مضاد دائمًا لاتجاه حركة الجسم النسبية بالنسبة إلى السطح الذي يتحرك عليه الجسم.
e) اتجاه قوة الاحتكاك السكوني مضاد دائمًا لاتجاه حركة الجسم الوشيكة بالنسبة إلى السطح الذي يستقر عليه الجسم.
f) كل ما سبق صحيح.

4.8 تؤثر قوة أفقية مساوية لوزن الجسم في جسم ساكن على طاولة. ما عجلة الجسم المتحرك عندما تكون قيمة معامل الاحتكاك الحركي بين الجسم والأرض 1 (إذا افترضنا أن الجسم يتحرك في اتجاه القوة المؤثرة)؟

a) صفر
b) $1\ m/s^2$
c) لا توجد معطيات كافية لإيجاد العجلة.

4.9 يتصل قالبان متساويان في الكتلة بواسطة حبل أفقي عديم الكتلة، ويستقران على طاولة عديمة الاحتكاك. إذا سحبت قوة خارجية أفقية $\vec{F}$ أحد القالبين، فما نسبة القوى المحصلة المؤثرة في القالبين؟

a) 1:1
b) 1:1.41
c) 1:2
d) لا شيء مما سبق

4.10 إذا كانت عربة تقف بدون حركة على أرض مستوية، فلا توجد قوى تؤثر في العربة.

a) صواب
b) خطأ
c) ربما

4.11 جسم كتلته 0.092 kg كان ساكنًا في البداية. ثم اكتسب سرعة قدرها 75.0 m/s في 0.028 s. فما متوسط محصّلة القوة المؤثرة في الجسم أثناء هذه الفترة الزمنية؟

a) 1.2×10^2 N
b) 2.5×10^2 N
c) 2.8×10^2 N
d) 4.9×10^2 N

4.12 تدفع فحصًا كبيرًا على الأرض بسرعة ثابتة. وتبذل قوة أفقية F على الفحص. يوجد احتكاك بين الأرض والفحص. ويكون مقدار قوة الاحتكاك

a) صفر.
b) F.
c) أكبر من F.
d) أقل من F.
e) من المستحيل حسابه دون مزيد من المعطيات.

4.13 أي القوى الأساسية التالية غير ظاهرة لنا في حياتنا اليومية؟

a) قوّة الجاذبيّة
b) قوة كهرومغناطيسية
c) قوة نووية قوية
d) قوة نووية ضعيفة

4.14 اصطدمت سيارة رياضية متعددة الأغراض كتلتها 3250 kg من الأمام بسيارة صغيرة كتلتها 1250 kg. حدد كل العبارات الخاطئة.

a) القوة التي تبذلها السيارة الرياضية متعددة الأغراض على السيارة الصغيرة أكبر من القوة التي تبذلها السيارة الصغيرة على السيارة الرياضية متعددة الأغراض.
b) القوة التي تبذلها السيارة الصغيرة على السيارة الرياضية متعددة الأغراض أكبر من القوة التي تبذلها السيارة الرياضية متعددة الأغراض على السيارة الصغيرة.
c) تتعرض السيارة الصغيرة لعجلة أكبر من السيارة الرياضية متعددة الأغراض.
d) تتعرض السيارة الرياضية متعددة الأغراض لعجلة أكبر من السيارة الثانوية.

4.15 أي العبارات التالية صحيحة؟

a) تتجه قوّة الجاذبيّة المبذولة على جسم ما إلى أعلى دائمًا.
b) تتجه قوّة الجاذبيّة المبذولة على جسم ما إلى أسفل دائمًا.
c) تعتمد قوّة الجاذبيّة المبذولة على الجسم على السرعة الرأسية للجسم.
d) تعتمد قوّة الجاذبيّة المبذولة على الجسم على السرعة الأفقية للجسم.

4.16 القوّة العموديّة هي قوة تلامس تؤثر عند السطح بين جسمين. أي العبارات التالية غير صحيحة بشأن القوّة العموديّة؟

a) تتساوى القوّة العموديّة دائمًا مع قوّة الجاذبيّة.
b) مقدار القوّة العموديّة كبير بما يكفي فقط لمنع الجسمين من اختراق بعضهما بعضًا.
c) لا تساوي القوّة العموديّة بالضرورة قوّة الجاذبيّة.
d) القوّة العموديّة متعامدة على مستوى سطح التلامس بين الجسمين.

www.almanahj.com

4.1. d 4.2. a 4.3. d 4.4. a 4.5. a 4.6. b and c 4.7. b 4.8. a 4.9. a 4.10. b 4.11. b 4.12. b 4.13. c and d 4.14. a, b and d 4.15. b 4.16. a