من إصدارات
المركز العلمي للترجمة

الوحدة الأولى

الميكانيكا Mechanics

الجزء الخامس

قوانين نيوتن للحركة

The Newton's Laws of Motion

ترجمة

الدكتور حازم فلاح سكيك

www.trgma.com

إهداء الى ابنائي

وطلابي

ومحبي الفيزياء

دكتور حازم فلاح سكيك

www.hazemsakeek.net

السلام عليكم ورحمة الله وبركاته، بالرغم من ان عملية الترجمة عملية مرهقة ومستنزفة للوقت والجهد الا ان سعادتي لا توصف عندما انتهي من الترجمة وابدأ في التجهيز لنشره لطلابي الأعزاء،،،

يسعدني ان اقدم ترجمة هذا الجزء من كتاب الفيزياء لمؤلفه سيروي وهو الكتاب المقرر في معظم الجامعات لتدريس مقررات فيزياء المستوى الأول لجميع طلاب الكليات العلمية. يتناول هذا الجزء من الكتاب قوانين نيوتن للحركة بالشرح والتفسير والتحليل مع الكثير من الأمثلة والتمارين المحلولة المدعمة بشرح مفصل لكل خطوة، بطريقة شيقة كأنك تحضر محاضرة فعلية حيث أدرج تحليل لكل مسألة قبل الشروع في حلها وتوضيح القانون المستخدم لحلها والمعطيات والمجاهيل اللازمة لإيجاد المطلوب ليتمكن الطالب من التفكير بنفس الطريقة في حل المسائل، هذا بالإضافة الى تحليل القيم الناتجة وافتراض ماذا يحدث لو تغير أحد متغيرات المسألة وذلك حتى يتعود الطالب على التمعن في القيم التي يحصل عليها وان تكون قريبة من توقعاته.

تأتي هذه الترجمة مدعمة لمحاضرات الفيزياء العامة (1) الميكانيكا والتي قمت بشرحها ونشرها على قناة اليوتويب وقد اعتمدت على هذه الترجمة في اعداد تلك المحاضرات. يمكنك قراءة هذا الكتاب ومتابعة المحاضرات المسجلة على الرابط ادناه وذلك لتكون لك عونا في فهم هذا الجزء الهام من المقرر وبإذن الله سوف تجد نفسك قادرا على حل المسائل المدرجة في نهاية هذا الجزء. لقد راعيت اثناء صياغة الجمل ان تكون متسلسلة ومفهومة ومترابطة وواضحة وقريبة من حياتنا العملية غير متقيدا بالترجمة الحرفية.

يسعدني سماع تعليقاتكم وآرائكم حول الترجمة وان كان هناك أي أخطاء او اي فقرات او جمل بحاجة لإعادة صياغة الإشارة لها في رسالتكم مع خالص حبي وتقديري. يسعدني استقبال رسائلكم على بريدي skhazem@gmail.com

د. حازم فلاح سكيك

غزة 25 – 8 – 2013

محاضرات الفيزياء العامة على اليوتيوب

https://www.youtube.com/playlist?list=PLoiEx8wAxvXKeyghQIYJb2mUWNaMK2mx3

د. حازم فلاح سكيك

استاذ الفيزياء المشارك بجامعة الازهر-غزة

رئيس قسم الفيزياء بجامعة الازهر - غزة في الفترة 1993-1998

مؤسس وعميد كلية الدراسات المتوسطة بجامعة الازهر - غزة من الفترة 1996-2005

عميد القبول والتسجيل بجامعة الازهر-غزة في الفترتين 1998-2000 و2007-2008

مدير الحاسب الالي بجامعة الازهر - غزة في الفترة من 1994-2000

رئيس وحدة تكنولوجيا المعلومات بجامعة الازهر - غزة في الفترة من 2000-2005

مؤسس موقع الفيزياء التعليمي

واكاديمية الفيزياء للتعليم الالكتروني

ومركز الترجمة العلمي

وقناة الفيزياء التعليمي على اليوتيوب

ورئيس تحرير مجلة الفيزياء العصرية

www.hazemsakeek.net/

توثيـق

م	البند	البيان
1	المصدر	Physics for Scientists and Engineers By Raymond A. Serway & John W. Jewett 8th Edition
2	الموضوع	الوحدة الأولى: الميكانيكا الجزء الخامس: قوانين الحركة
3	المترجم	د./ حازم فلاح سكيك
4	المراجعة العلمية	
5	المراجعة اللغوية	
6	التصنيف	فيزياء
7	الفئة	كتاب
11	التاريخ	25-8-2013

الدكتور حازم فلاح سكيك
www.trgma.com

في الجزئيين 2 و4، قمنا بوصف حركة جسم بدلالة الموضع *position* والسرعة *velocity* والعجلة *acceleration* بدون ان نتطرق إلى مسببات الحركة والآن سوف ندرس هذه المؤثرات: لماذا تتغير حركة جسم؟ ما هو السبب في بقاء جسم ساكنا وآخر يتحرك بعجلة؟ لماذا نستطيع ان نحرك جسم صغير بصفة عامة بشكل اسهل من تحريك جسم كبير؟ العاملان الاساسيان اللذان يجب ان نعتبرهما هما القوة *force* المؤثرة على الجسم وكتلة *mass* الجسم.

في هذا الجزء سوف نبدأ في دراسة الديناميكا *dynamics* من خلال مناقشة قوانين الحركة الثلاث الأساسية، والتي تتعامل مع القوى والكتل والتي وضعت منذ أكثر من ثلاثة قرون بواسطة العالم اسحق نيوتن Isaac Newton.

في هذه الصوة شخص يجدف على ممر مائي هادئ. يبذل الماء قوى على المجاديف لتعجيل القارب.

الدكتور حازم فلاح سكيك
www.trgma.com

الوحدة الأولى: الميكانيكا

الجزء الخامس: قوانين نيوتن للحركة

The Newton's Laws of Motion

The Concept of Force	مفهوم القوة
Newton's First Law and Inertial Frames	قانون نيوتن الأول والمحاور القصورية (الثابتة)
Mass	الكتلة
Newton's Second Law	قانون نيوتن الثاني
The Gravitational Force and Weight	قوة الجاذبية والوزن
Newton's Third Law	قانون نيوتن الثالث
Analysis Models Using Newton's Second Law	نماذج تحليلية باستخدام قانون نيوتن الثاني
Forces of Friction	قوى الاحتكاك

الدكتور حازم فلاح سكيك
www.trgma.com

1.5 مفهوم القوة The Concept of Force

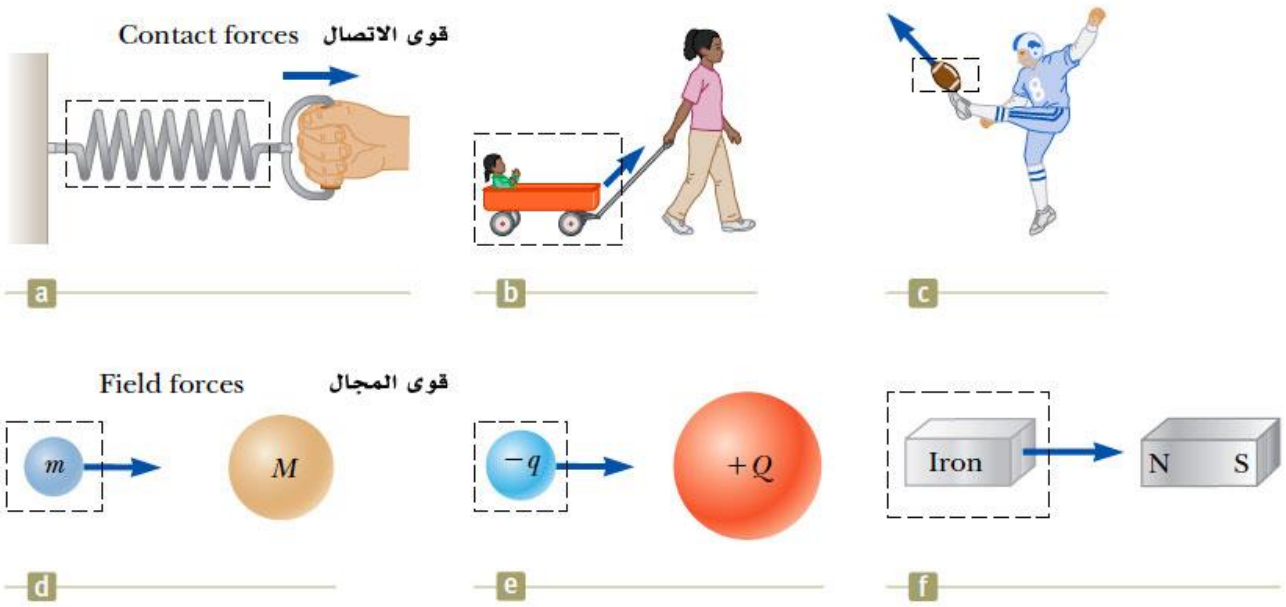
كل شخص بلا شك لديه تصور ما عن مفهوم القوة من خلال الممارسات اليومية. عندما تقوم بدفع طبق طعام فارغ بعيدا عنك، فانك تبذل عليه قوة. بالمثل، تبذل قوة على كرة قدم عندما تركلها بقدمك. في هذه الامثلة كلمة قوة *force* تشير إلى تفاعل مع الجسم من خلال النشاط العضلي ويحدث بناء عليه تغير في سرعة الجسم. كما أن القوة لا تسبب حركة في جميع الاحيان. على سبيل المثال، عندما تجلس على كرسي فان قوى الجاذبية تؤثر على جسمك ومع ذلك فانك تبقى ساكنا. ومثال اخر عندما تقوم بدفع (بمعنى آخر تبذل قوة) حجر كبير ولا تستطيع ان تحركه.

ما هي القوة التي تتسبب في أن يتحرك القمر في مداره حول الأرض؟ نيوتن أجاب على هذا السؤال والاسئلة المرتبطة به حيث ذكر ان القوة هي المسؤولة عن أي تغير في سرعة الجسم. سرعة القمر تتغير في الاتجاه عندما تتحرك في مسار قريب من المسار الدائري حول الأرض. هذا التغير في السرعة يحدث بسبب قوى الجاذبية المبذولة بواسطة الأرض على القمر.

عندما يسحب زنبرك، كما في الشكل a1.5، يتمدد الزنبرك. وعندما تسحب عربة مستقرة كما في الشكل b1.5 فان العربة تتحرك. عندما تركل كرة كما في الشكل c1.5 فإنها تتشوه وتتحرك. كل هذه الحالات عبارة عن أمثلة عن فئة محددة من القوى تعرف باسم قوى الاتصال *contact forces*. وهي تلك القوى التي يكون فيها اتصال فيزيائي بين جسمين. أمثلة

الدكتور حازم فلاح سكيك
www.trgma.com

أخرى عن قوى الاتصال هي القوى التي تبذل بواسطة جزيئات الغاز على جدار الوعاء الذي تحتويه والقوة التي تبذلها قدمك على الارض.



الشكل 1.5 بعض الامثلة على القوى. في كل حالة تبذل قوة على الجسم داخل الصندوق المنقط الموضح على كل حالة. لاحظ انه في بعض الحالات تكون القوة مبذولة على الجسم بواسطة مؤثر يقع خارج الصندوق.

فئة اخرى من القوى تعرف باسم قوة المجال *field force*، وفي هذه الحالة لا يكون هناك اتصال فيزيائي بين الجسمين. تعمل هذه القوى في الفراغ. وتعتبر قوة الجاذبية مثالا على ذلك حيث انها قوة تجاذب بين جسمين لهما كتلة، كما هو

الدكتور حازم فلاح سكيك
www.trgma.com

موضح في الشكل d1.5، تحافظ قوة الجاذبية على ربط الأجسام مع الأرض وعلى بقاء الكواكب في مداراتها حول الشمس. ومن الأمثلة الشائعة على قوة المجال هي القوة الكهربية التي تبذلها شحنة كهربية على اخرى (الشكل e1.5)، مثل شحنات الإلكترون والبروتون التي تكون ذرة الهيدروجين. مثال ثالث على قوة المجال هو القوة التي يبذلها قضيب مغناطيسي على قطعة من الحديد (الشكل f1.5).

التمييز بين قوى الاتصال وقوى المجال ليس محددا كما قد يبدو لك من خلال الامثلة سابقة الذكر. عندما نتفحص طبيعة القوى على المستوى الذري فإننا نجد أن كل القوى التي صنفناها كقوى اتصال هي قوى نتجت عن قوى كهربية (المجال) كالموضحة في الشكل e1.5. ومع ذلك، عندما نقوم بتطوير نموذج لظاهرة ميكروسكوبية فانه من المناسب ان نستخدم كلا التصنيفين للقوة. القوى الاساسية المعروفة في الطبيعة هي قوى مجال: (1) قوة الجاذبية *gravitational force* بين الاجسام، و(2) القوى الكهربية *electromagnetic forces* بين الشحنات الكهربية، و(3) القوى القوية *strong forces* بين الجسيمات الاولية، و(4) القوى الضعيفة *weak forces* التي تنشأ في بعض علميات الاضمحلال الاشعاعي. في الفيزياء الكلاسيكية *classical physics* نهتم فقط بقوى الجاذبية والقوى الكهرومغناطيسية. سوف نناقش القوى الضعيفة والقوية في الجزء 46.

اسحاق نيوتن Isaac Newton
فيزيائي رياضي بريطاني (1627-1727)
اسحاق نيوتن كان واحد من اذكى العلماء عبر التاريخ. قبل ان يتجاوز عمره الثلاثون عاما وضع قوانين الحركة، واكتشف قانون الجذب العام واخترع طرق رياضية للحساب. ونتيجة لنظريته، تمكن نيوتن من شرح حركة الكواكب وانحسار وتدفق المد والجزر، والكثير من المزايا الخاصة لحركة القمر والأرض. كما انه فسر العديد من الظواهر المتعلقة بطبيعة الضوء. مساهماته في النظريات الفيزيائية منذ قرنين من الزمن لا زالت مهمة حتى يومنا هذا.

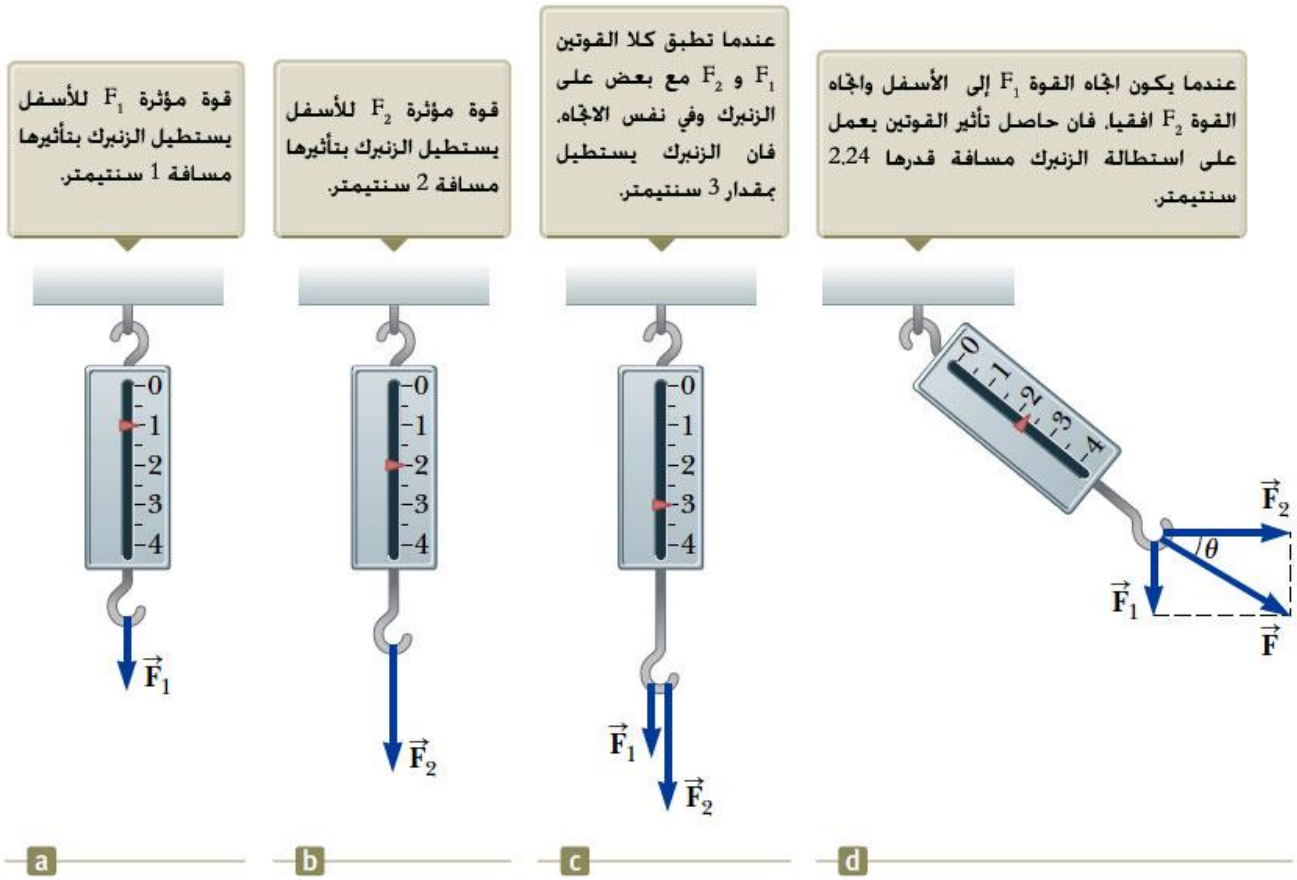
الدكتور حازم فلاح سكيك
www.trgma.com

طبيعة متجه القوة The Vector Nature of Force

من الممكن ان نستخدم التشوه الحادث في الزنبرك لقياس القوة. افترض قوة رأسية مطبقة على ميزان زنبركي طرفه العلوي مثبت كما هو موضح في الشكل a2.5. عندما تطبق قوة على الزنبرك يتمدد، ويقيس المؤشر على الميزان مقدار الاستطالة الحادثة للزنبرك. يمكننا ان نقوم بمعايرة الزنبرك بتعريف مرجع القوة $\vec{F}_1$ على انها القوة التي تنتج قراءة مؤشر مقدارها 1.00 cm. اذا قمنا الان بتطبيق قوة مختلفة للأسفل $\vec{F}_2$ مقدارها يساوي ضعف القوة المرجعية $\vec{F}_1$ كما هو موضح في الشكل b2.5، يتحرك المؤشر بمقدار 2.00 cm. الشكل c2.5 يوضح تأثير القوتين معا وهو يساوي مجموع تأثير كل قوة بمفردها.

افترض الآن قوتين تطبقان في نفس اللحظة بحيث يكون اتجاه القوة $\vec{F}_1$ للأسفل والقوة $\vec{F}_2$ اتجاهها افقي كما هو موضح في الشكل d2.5. في هذه الحالة يعطي مؤشر الميزان الزنبركي قراءة مقدارها 2.24 cm. القوة $\vec{F}$ التي تنتج نفس القراءة هي مجموع المتجهين $\vec{F}_1$ و $\vec{F}_2$ كما هو موضح في الشكل d2.5. وذلك حسب المعادلة $|\vec{F}| = \sqrt{F_1^2 + F_2^2}$ = 2.24 units، وهذا ما يثبت ان القوة تتصرف ككمية متجهة، وعليك ان تستخدم قواعد جمع المتجهات للحصول على القوة المحصلة المؤثرة على الجسم.

الدكتور حازم فلاح سكيك
www.trgma.com



الشكل 2.5 دراسة الطبيعة الاتجاهية للقوة بواسطة ميزان زنبركي.

الدكتور حازم فلاح سكيك
www.trgma.com

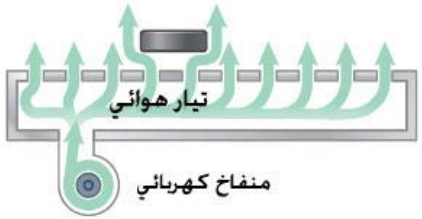
2.5 قانون نيوتن الأول والمحاور القصورية Newton's First Law and Inertial Frames

سوف نبدأ دراستنا عن القوى بتخيل بعض الحالات الفيزيائية التي تتضمن قرص لعبة الهوكي على سطح طاولة هوكي هوائية مستوية تماما (الشكل 3.5). من المتوقع ان يبقى القرص ساكنا عندما نضعه برفق على الطاولة. الان تخيل طاولة الهوكي الهوائية موضوعة في قطار يتحرك بسرعة منتظمة على مسار أملس. اذا وضع القرص على الطاولة، فان القرص مرة اخرى سيبقى في مكانه الذي وضع فيه على الطاولة. اذا تحرك القطار بعجلة، هنا يبدأ القرص بالحركة على الطاولة في اتجاه معاكس لاتجاه تسارع القطار، تماما مثلما تسقط مجموعة من الاوراق موضوعة على طبلون السيارة على الارض عندما تتوقف السيارة.

كما شاهدنا في الجزء 6.4، ان الجسم المتحرك يمكن ان يرصد من أي محور اسناد. قانون نيوتن الأول للحركة، والذي يعرف في بعض الأحيان بقانون القصور *law of inertia*، يعرف مجموعة خاصة من محاور الاسناد تعرف باسم المحاور القصورية *inertial frames*. وهذا القانون ينص على ما يلي:

اذا كان الجسم لا يتفاعل مع جسم اخر، فانه من الممكن ان نعرف محور اسناد بحيث تكون عجلة الجسم فيه تساوي صفر.

قانون نيوتن الأول



الشكل 3.5 على طاولة هوكي هوائية، ينفخ الهواء من خلال الفتحات على سطح الطاولة بحيث تسمح للقرص ان يتحرك بدون احتكاك. اذا كانت الطاولة لا تتسارع، فان القرص الموضوع على الطاولة سيبقى ساكنا.

الدكتور حازم فلاح سكيك
www.trgma.com

محور الأسناد القصوري

محور الاسناد هذا يسمى محور الاسناد القصوري *inertial frame of reference*. عندما يكون القرص على طاولة هوكي هوائية على الأرض، سوف تلاحظ القرص من خلال محور الاسناد القصوري، لا يوجد هنا أي قوى افقية متبادلة بين القرص وأجسام أخرى، وستلاحظ ايضا ان عجلة القرص تساوي صفر في هذا الاتجاه. عندما تكون في القطار المتحرك بسرعة ثابتة، فانك ايضا ستلاحظ القرص من محور اسناد قصوري. أي محور اسناد يتحرك بسرعة ثابتة بالنسبة لمحور قصوري يكون هو نفسه محور قصوري. عندما تتحرك انت مع القطار بتسارع، فانك سوف تلاحظ القرص من محور اسناد غير قصوري *noninertial reference frame* لان القطار يتحرك بعجلة بالنسبة لمحور الاسناد القصوري لسطح الأرض. بينما يبدو القرص انه يتسارع بناء على ملاحظتك، يمكن ان نعرف محور اسناد بحيث يكون فيه القرص له عجلة تساوي صفر. على سبيل المثال، مراقب يقف خارج القطار على الارض يرى القرص ينزلق بالنسبة للطاولة ولكن يتحرك عادة بنفس السرعة بالنسبة للأرض كما كان القطار قبل ان يبدأ بالتسارع (لأنه لا توجد أي قوة احتكاك لتربط القرص بالقطار مع بعضهما البعض). لهذا، فان قانون نيوتن الأول لا يزال متحقق حتى بالرغم من ان ملاحظاتك كراكب في القطار تظهر عجلة بالنسبة لك.

محور اسناد يتحرك بسرعة ثابتة بالنسبة لنجم بعيد هو افضل تقريب للمحور القصوري، ومن اجل هدفنا يمكن ان نعتبر الأرض هي محور الاسناد هذا. في الحقيقة الأرض ليست محور اسناد بسبب حركتها المدارية حول الشمس وحركتها

الدكتور حازم فلاح سكيك
www.trgma.com

الدورانية حول محورها، وكلاهما يمتلك عجلة مركزية. هذه العجلة صغيرة بالمقارنة مع عجلة الجاذبية الارضية g، وبالتالي فهي دائما مهملة. لهذا السبب نعتبر الارض محور قصوري، مع أي محور اخر متصل به.

لنفترض اننا نراقب جسم من محور اسناد قصوري. (سوف نعود للملاحظات التي قمنا بها في محور الاسناد الغير قصوري في الجزء 3.6). قبل حوالي العام 1600، اعتقد العلماء ان الحالة الطبيعية للمادة هي حالة السكون. الملاحظات وضحت ان الأجسام المتحركة في النهاية تتوقف عن الحركة. كان العالم جاليليو اول من اتخذ مسار مختلف لحالة الحركة والحالة الطبيعية للمادة. هو من ابتكر من خلال التجارب واستنتج انه ليس الطبيعي ان يتوقف الجسم عندما يوضع في حالة حركة: بل ان الطبيعي هو مقاومة التغير في حركته. بمعنى اخر، "أي سرعة يمتلكها جسم بمجرد ان يتحرك سوف يحافظ عليها بقوة طالما ان الاسباب الخارجية لإعاقة الحركة زالت". على سبيل المثال مركبة الفضاء المنطلقة عبر الفضاء تستمر في الحركة إلى الابد بدون ان تشغل محركاتها. انها لن تبحث عن الحالة الطبيعية وهي السكون.

بهذه المناقشة عن الرصد في محور الاسناد القصوري، يمكن ان نقدم تعبير عملي اكثر لقانون نيوتن الاول للحركة:

في غياب قوى خارجية ومن محور اسناد قصوري، فان الجسم الساكن يبقى ساكنا والجسم المتحرك يستمر في الحركة بسرعة ثابتة (هنا بسرعة ثابتة وفي خط مستقيم).

صيغة اخرى لقانون نيوتن الأول

تجنب خطأ شائع 1.5

قانون نيوتن الأول

لا يقول قانون نيوتن الأول ماذا يحدث للجسم تحت تأثير قوى محصلتها صفر، أي ان عدة قوى تلغي بعضها البعض، هذا القانون يصف ماذا يحدث في حالة غياب القوى الخارجية. هذا موضوع فيصلي ولكن الفرق مهم حيث يتيح لنا ان نعرف القوة كمسبب للتغير في الحركة. اما وصف الجسم تحت تأثير قوى متعدد متوازنة موضح في قانون نيوتن الثاني.

الدكتور حازم فلاح سكيك
www.trgma.com

بمعنى آخر، **عندما لا توجد قوة تؤثر على جسم، فان عجلة تسارع الجسم تكون صفر**. من القانون الأول لنيوتن نستنتج أن أي جسم معزول (الجسم الذي لا يتبادل القوة مع المحيط الخارجي) اما ان يكون في حالة سكون او انه يتحرك بسرعة ثابتة. ان ميل الجسم لمقاومة أي محاولة لتغير سرعته تعرف بالقصور inertia. من نص القانون الأول لنيوتن المعطى اعلاه نستنتج ان الجسم الذي يتحرك بعجلة فانه يكون تحت تأثير قوة. وبالتالي من القانون الأول يمكن ان نعرف **القوة** على انها **المسبب في تغير حركة جسم**.

سؤال للتفكير 1.5

أي من العبارات التالية صحيحة؟ (a) من الممكن لجسم ان يمتلك حركة في غياب القوى المؤثرة على الجسم. (b) من الممكن ان يكون هناك قوى على الجسم مع عدم تحرك الجسم. (c) كلا من العبارة (a) والعبارة (b) غير صحيحة. (d) كلا العبارتين صحيحتين.

الدكتور حازم فلاح سكيك
www.trgma.com

3.5 الكتلة Mass

تخيل انك تلعب لعبة التقاط كرة سلة أو كرة بولينج. أي من الكرتين تكون الاكثر احتمالا ان تستمر في الحركة عندما تحاول امساكها؟ أي من الكرتين تحتاج جهد اكبر لقذفها؟ كرة البولينج تحتاج جهد أكبر. في لغة الفيزياء نقول ان كرة البولينج تقاوم التغير في سرعتها أكثر من كرة السلة. كيف يمكن ان نحدد هذا المفهوم بشكل موسع؟

الكتلة mass هي خاصية للجسم تحدد مقدار مقاومة الجسم للتغير في سرعته، وتعلمنا من الجزء 1.1، ان وحدة الكتلة في النظام العالمي للقياسات (SI) هي الكيلوجرام kilogram. تبين التجارب العملية انه كلما كانت كتلة الجسم أكبر، كلما قلت العجلة التي يتحرك بها الجسم تحت تأثير قوة معينة.

لوصف الكتلة بشكل كمي سنقوم بعمل تجارب لمقارنة العجلة الناتجة عن قوة معينة لأجسام مختلفة. افترض قوة تؤثر على جسم كتلته m_1 تحدث تغير في حركة الجسم نقدرها من خلال تسارع الجسم $\vec{a}_1$، ونفس القوة تؤثر على جسم اخر كتلته m_2 تحدث تسارع $\vec{a}_2$. النسبة بين الكتلتين تعرف على انها النسبة العكسية لمقدار العجلتين الناتجتين عن القوة.

$$\frac{m_1}{m_2} \equiv \frac{a_1}{a_2} \qquad (5.1)$$

على سبيل المثال، اذا أثرت قوة على جسم كتلته 3-kg تسبب حركة الجسم بعجلة مقدارها $4\ m/s^2$، فان نفس القوة اذا أثرت على جسم كتلته 6-kg تسبب له حركة بعجلة مقدارها $2\ m/s^2$. طبقا للكم الهائل من الملاحظات المشابهة، نستنتج

الدكتور حازم فلاح سكيك
www.trgma.com

ان مقدار العجلة التي يتحرك بها جسم تتناسب عكسيا مع كتلته عندما يؤثر عليه بقوة معينة. إذا كان هناك جسم كتلته معروفة، فان كتلة جسم آخر يمكن ان تحدد من قياسات العجلة.

الكتلة خاصية اصلية للجسم ومستقلة عن العوامل الخارجية المحيطة بالجسم وكذلك مستقلة عن الطريقة التي نستخدمها لقياسها. كذلك الكتلة كمية قياسية وبالتالي فهي تخضع لقوانين الحساب العادية. على سبيل المثال، اذا دمجت كتلة مقدارها 3-kg مع كتلة مقدارها 5-kg، فان الكتلة الكلية هي 8-kg. هذه النتيجة يمكن التحقق منها بالتجربة العملية من خلال مقارنة العجلة الناتجة عن قوة معلومة تؤثر على عدة اجسام منفصلة مع العجلة التي تؤثر بها نفس القوة على الاجسام متحدة مع بعض.

الكتلة والوزن كميتين فيزيائيتين مختلفتين

لا يجب ان نخلط بين الكتلة و الوزن. فالكتلة والوزن كميتان فيزيائيتان مختلفتان. وزن أي جسم يساوي مقدار تأثير قوة الجاذبية عليه وهي تختلف حسب موضعه (انظر الجزء 5.5). على سبيل المثال، شخص يزن 180-kg على الارض سوف يكون وزنه على القمر 30-kg. ومن جهة أخرى، كتلة الجسم لا تتغير في أي مكان: فجسم كتلته على الأرض 2-kg ستكون كتلته على القمر ايضا 2-kg.

الدكتور حازم فلاح سكيك
www.trgma.com

4.5 قانون نيوتن الثاني Newton's Second Law

يشرح قانون نيوتن الأول ما يحدث لجسم عندما تكون محصلة القوة المؤثرة عليه تساوي صفر: اما ان يبقى ثابتا او متحرك في خط مستقيم بسرعة ثابتة. قانون نيوتن الثاني يجيب على السؤال ماذا يحدث للجسم عندما تؤثر عليه قوة او عدة قوى.

تخيل انك تقوم بتجربة تقوم فيها بدفع جسم كتلته m على سطح مستوي افقي عديم الاحتكاك. عندما تؤثر قوة افقية $\vec{F}$ على الجسم، فانه يتحرك بعجلة $\vec{a}$. اذا قمت بتطبيق قوة اكبر بمرتين من القوة الأولى على نفس الجسم، فان نتائج التجربة تبين ان الجسم يتحرك بعجلة تساوي ضعف العجلة في الحالة الأولى، إذا قمت بزيادة القوة لتصبح $3\vec{F}$، فان العجلة تصبح ثلاثة أضعاف العجلة في الحالة الأولى، وهكذا. من هذه الملاحظات، نستنتج ان عجلة الجسم تتناسب طرديا مع القوة المؤثرة عليها: $\vec{a}\ \alpha\ \vec{F}$. هذه الفكرة طرحت مسبقا في الجزء 4.2 عندما ناقشنا اتجاه عجلة جسم. كما اننا نعرف من الأجزاء السابقة ان العجلة تتناسب عكسيا مع الكتلة: $|\vec{a}|\ \alpha\ 1/m$.

هذه الملاحظات الناتجة عن التجارب العملية تتلخص في **قانون نيوتن الثاني:**

من وجهة محور الاسناد القصوري، عجلة جسم تتناسب طرديا مع القوة المحصلة التي تؤثر عليه وتتناسب عكسيا مع كتلته

$$\vec{a}\ \alpha\ \frac{\sum \vec{F}}{m}$$

تجنب خطأ شائع 2.5

القوة هي المسبب للتغير في الحركة

يمكن ان يتحرك الجسم في غياب القوى كما يصف ذلك قانون نيوتن الأول. ولهذا لا تفسر القوة على انها مسبب الحركة.

القوة هي مسبب التغير في الحركة وتقاس بواسطة العجلة.

الدكتور حازم فلاح سكيك
www.trgma.com

اذا اخترنا ثابت التناسب ليكون 1، فانه يمكننا ان نربط الكتلة والعجلة والقوة من خلال العلاقة الرياضية لقانون نيوتن الثاني:

قانون نيوتن الثاني

$$\sum \vec{F} = m\vec{a} \qquad (5.2)$$

في هيأتي قانون نيوتن الثاني كلاهما، الصياغة النصية او الصورة الرياضية، اشرنا إلى ان العجلة ناتجة عن القوة المحصلة $\sum \vec{F}$ المؤثرة على الجسم. القوة المحصلة على جسم هي المجموع الاتجاهي لكل القوى المؤثرة على الجسم. (في بعض الاحيان فإننا نشير إلى القوة المحصلة بمجموع القوى، او القوة الكلية او القوى الغير متوازنة). في حل المسائل المعتمدة على قانون نيوتن الثاني، فانه من الضروري ان نحدد القوة المحصلة الصحيحة المؤثرة على الجسم. الكثير من القوى قد تؤثر على الجسم ولكن هناك قوة واحدة هي المسؤولة عن العجلة.

المعادلة 2.5 هي الصيغة الاتجاهية لقانون نيوتن الثاني وبالتالي فهي تكافئ معادلات المركبات الثلاثة

مركبات قانون نيوتن الثاني

$$\sum F_x = ma_x \quad \sum F_y = ma_y \quad \sum F_z = ma_z \qquad (5.3)$$

الدكتور حازم فلاح سكيك
www.trgma.com

سؤال للتفكير 2.5

جسم يتحرك بدون عجلة. أي من العبارات التالية لا يمكن ان تكون صحيحة للجسم؟ (a) قوة واحدة تؤثر على الجسم. (b) لا توجد قوة تؤثر على الجسم. (c) قوى تؤثر على الجسم ولكن هذه القوى تلغي بعضها البعض.

سؤال للتفكير 3.5

تخيل انك تدفع جسم، هذا الجسم كان في حالة سكون، على سطح ارض عديمة الاحتكاك بقوة ثابتة لفترة زمنية Δt وكانت النتيجة ان السرعة النهائية للجسم هي v. قمت بإعادة التجربة، ولكن بقوة تعادل ضعف القوة الأولى. ما هي الفترة الزمنية اللازمة للوصول إلى نفس السرعة؟ (a) $4\Delta t$ (b) $2\Delta t$ (c) Δt (d) $\Delta t/2$ (f) $\Delta t/4$

وحدة القوة في النظام العالمي للوحدات SI هي نيوتن newton ويرمز لها بـ N. عندما تؤثر قوة مقدراها 1 N على جسم كتلته 1 kg، ينتج عنها عجلة مقدارها $1\ m/s^2$. من هذا التعريف ومن قانون نيوتن الثاني، نلاحظ اننا يمكن أن نعبر عن وحدة النيوتن بدلالة الوحدات الأساسية وهي الكتلة والطول والزمن:

تعريف وحدة نيوتن

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

تجنب خطأ شائع 3.5

$m\vec{a}$ ليست قوة

المعادلة 2.5 لا تقول ان حاصل الضرب $m\vec{a}$ هي قوة. كل القوة المؤثرة على الجسم تجمع جمعا اتجاهيا لتحصل منها على القوة المحصلة على الطرف الايسر من المعادلة. هذه القوة المحصلة هي التي تساوي حاصل ضرب الكتلة في العجلة التي تتحرك بها والتي نتجت عن القوة المحصلة.

لا تشمل قوة $m\vec{a}$ في تحليلك للقوى المؤثرة على الجسم.

الدكتور حازم فلاح سكيك
www.trgma.com

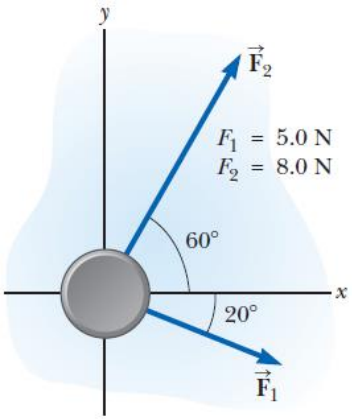
وفي النظام الأمريكي U.S. system فان وحدة القوة هي الباوند pound ويرمز لها بـ lb. اذا اثرت قوة مقدارها 1 lb على كتلة مقدارها 1-slug تنتج عجلة مقدارها ft/s^2

$$1\ lb \equiv 1\ slug\ .\ ft/s^2$$

وتقريب مقبول هو ان $1\ N \approx ¼\ lb$.

مثال 1.5 العجلة التي يتحرك بها قرص هوكي

قرص هوكي كتلته 0.30 kg ينزلق على سطح ثلجي افقي عديم الاحتكاك. ضربت عصاتان هوكي القرص في نفس اللحظة، اثرت على القرص بقوتين كما في الشكل 4.5. قيمة القوة $\vec{F}_1$ هي 5.0 N، والقوة $\vec{F}_2$ قيمتها 8.0 N. احسب كلا من مقدار واتجاه العجلة التي يتحرك بها قرص الهوكي.



الشكل 4.5 قرص هوكي يتحرك على سطح افقي عديم الاحتكاك تحت تأثير قوتين.

الحل:

تصور للمسألة: بدراسة الشكل 4.5. باستخدام خبرتك في جمع المتجهات من الجزء 3، توقع الاتجاه التقريبي لاتجاه حركة القرص. اتجاه عجلة الحركة هي نفسها اتجاه حركة القرص.

التصنيف: لأننا نريد ان نقوم بحساب القوة المحصلة وايجاد العجلة، فان هذه المسألة تصنف كتطبيق على قانون نيوتن الثاني.

الدكتور حازم فلاح سكيك
www.trgma.com

نقوم بإيجاد مركبة القوة المحصلة المؤثرة على القرص في الاتجاه x

$$\sum F_x = F_{1x} + F_{2x} = F_1\cos(-20^o) + F_2\cos 60^o$$
$$= (5.0\ \text{N})(0.940) + (8.0\ \text{N})(0.500) = 8.7\ \text{N}$$

نقوم بإيجاد مركبة القوة المحصلة المؤثرة على القرص في الاتجاه y

$$\sum F_y = F_{1y} + F_{2y} = F_1 \sin(-20^o) + F_2 \sin 60^o$$
$$= (5.0\ \text{N})(-0.342) + (8.0\ \text{N})(0.866) = 5.2\ \text{N}$$

باستخدام مركبات قانون نيوتن الثاني (المعادلة 3.5) لإيجاد مركبات x و y لعجلة القرص

$$a_x = \frac{\sum F_x}{m} = \frac{8.7N}{0.30kg} = 29m/s^2$$

$$a_y = \frac{\sum F_y}{m} = \frac{5.2N}{0.30kg} = 17m/s^2$$

بإيجاد مقدار العجلة

$$a = \sqrt{(29m/s^2)^2 + (17m/s^2)^2} = 34m/s^2$$

بإيجاد اتجاه العجلة بالنسبة لمحور x الموجب

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{a_y}{a_x}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{17}{29}\right) = 31^o$$

الاستنتاج المتجهات في الشكل 4.5 يمكن ان تجمع بشكل جرافيكي للتأكد من صحة الإجابة. لان اتجاه العجلة في اتجاه القوة المحصلة، لذا فان الرسم الجرافيكي يجعلك متأكدا من صحة الحل (جرب ذلك).

ماذا لو؟ افترض ان هناك ثلاثة عصي هوكي ضربت القرص في نفس اللحظة، اثنين من القوى كانتا مثل التي في الشكل 4.5. ولكن محصلة الثلاثة قوى في النهاية اكسبت قرص الهوكي عجلة تساوي صفر. ما هي مركبات القوة الثالثة التي تحقق ذلك؟

الاجابة: اذا لم تكن هناك عجلة، فان القوة المحصلة التي تؤثر على قرص الهوكي يجب ان تساوي صفر. لهذا فان القوى الثلاثة يجب ان تلغي بعضها البعض. لقد وجدنا مركبات القوتين لذا فان مركبات القوة الثالثة يجب ان تساوي في المقدار وتعاكس في الاتجاه مركبات القوتين بحيث عندما يتم جمعهم جمعا جبريا تكون المحصلة صفر. وبالتالي فان F_{3x} = -8.7 N و F_{3y} = -5.2 N.

2.5 قوة الجاذبية والوزن The Gravitational Force and Weight

كل الأجسام تنجذب نحو الأرض. قوة الجذب المبذولة بواسطة الأرض على الجسم تسمى قوة الجاذبية gravitational force ويرمز لها بالرمز $\vec{F}_g$. هذه القوة متجهة مباشرة نحو مركز الأرض، ومقدارها يسمى وزن الجسم.

لقد شاهدنا في الجزء 6.2 أن السقوط الحر للجسم يكون تحت تأثير عجلة $\vec{g}$ في اتجاه مركز الأرض. بتطبيق قانون نيوتن الثاني $\sum \vec{F} = m\vec{a}$ لجسم كتلته m يسقط سقوطا حرا وبعجلة مقدارها $\vec{a} = \vec{g}$ و $\sum \vec{F} = \vec{F}_g$ نحصل على

$$\vec{F}_g = m\vec{g}$$

ولهذا فان وزن جسم ما يعرف على انه مقدار $\vec{F}_g$ ويساوي mg:

تجنب خطأ شائع 4.5

وزن جسم

لا شك فيه اننا معتادون على العبارات المستخدمة في الحياة اليومية، مثل وزن الجسم. الوزن لا يعتبر خاصية اصلية للجسم بل هي مقياس لقوة الجاذبية المتبادلة بين الجسم والأرض او أي من الكواكب الأخرى. لهذا الوزن عبارة عن خاصية لنظام مكون من الجسم والأرض.

الدكتور حازم فلاح سكيك
www.trgma.com

$$F_g = mg \qquad (5.6)$$

لأنه يعتمد على عجلة الجاذبية الأرضيةg، فان الوزن يتغير حسب الموضع الجغرافي. ولان g تتناقص مع زيادة الارتفاع من مركز الارض، فان الاجسام سيكون لها وزن اقل عند الارتفاعات الأعلى من مستوى سطح البحر. على سبيل المثال، طوب بناء كتلته 1000-kg استخدم في بناء مبنى حكومي في مدينة نيويورك، يزن 9800 N على مستوى الشارع، ولكن وزنه عندما يرفع الى اعلى المبنى ينقص بمقدار 1 N. مثالا اخر طالب كتلته 70.0 kg، يزن 686N في موقع عجلة الجاذبية الارضية له $g = 9.8\ m/s^2$ (حوالي 150 lb). على قمة جبل حيث عجلة الجاذبية الأرضية $g = 9.77\ N/m^2$، كان وزن الطالب 684 N. وعليه اذا اردت ان تفقد وزن بدون حمية غذائية عليك ان تتسلق جبل او ان تزن نفسك في طائرة على ارتفاع 30,000 ft خلال تحليقها في الجو!

معادلة 6.5 تحدد قيمة قوة الجاذبية المؤثرة على جسم، ولكن لاحظ ان هذه المعادلة لا تتطلب من الجسم ان يكون متحركاً. حتى الجسم الساكن او حتى الجسم الواقع تحت تأثير عدة قوى، فان معادلة 6.5 يمكن ان تستخدم لحساب مقدار قوة الجاذبية له. النتيجة حساسة لمفهوم الكتلة في المعادلة. الكتلة m في المعادلة 6.5 تحدد مقدار قوة الجاذبية بين الجسم والأرض. هذا الدور مختلف تماما عن دور الكتلة m الذي سبق وصفه، والذي كان مقياس لمقاومة الجسم للتغير في الحركة كرد فعل ناتج عن قوة خارجية. في ذلك الدور، سميت الكتلة ايضا الكتلة القصورية inertial mass. نسمي m

تجنب خطأ شائع 5.5

الكيلوجرام ليست وحدة الوزن

ربما قد تكون قد لاحظت في بعض التحويلات ان 1 kg = 2.2 lb. بالرغم من انه من الشائع ان نعبر عن وزن جسم بالكيلوجرام، الا ان الكيلوجرام ليست وحدة الوزن بل هي وحدة الكتلة. وعلاقة التحويل ليست صحيحة الا على سطح الكرة الأرضية فقط.

الدكتور حازم فلاح سكيك
www.trgma.com

في المعادلة 6.5 بكتلة الجاذبية gravitational mass. وبالرغم من ان هذه الكمية لها سلوك مختلف عن الكتلة القصورية، إلا ان أحد الاستنتاجات العملية في الديناميكا النيوتينية وضحت ان كلا من الكتلة القصورية والكتلة الجاذبية لهما نفس القيمة.

بالرغم من ان المناقشة ركزت على قوة الجاذبية على الجسم على الأرض، إلا انه بصفة عامة هذا المبدأ متحقق على أي كوكب. سوف تختلف قيمة g من كوكب لأخر، ولكن مقدار قوة الجاذبية سوف تكون دائما معطاه بالقيمة mg.

وحدة دعم الحياة المربوط في ظهر رائد الفضاء Harrison Schmitt تزن على سطح الارض 300 lb وكتلته 136 kg. خلال عملية تدريبه استخدم نموذج محاكاة يزن 50-lb وكتلته 23 kg. وبالرغم من ان هذه التقنية فعالة في محاكاة نقصان الوزن على القمر، الا انها لم تحاكي التغير في الكتلة بشكل صحيح. فقد كان من الصعب تعجيل وحدة دعم الحياة كتلتها 136-kg على القمر (عندما يقفز مثلا او ينحني فجأة) من تعجيل كتلة مقدارها 23- kg على الارض.

سؤال للتفكير 4.5

افترض انك تتحدث بهاتف فضائي مع صديق لك يعيش على القمر. واخبرك انه ربح ميدالية نيوتن الذهبية في مسابقة اجريت على القمر وانت بالمقابل اخبرته انك ايضا حصلت على ميدالية نيوتن الذهبية في مسابقة مشابهة اجريت على الأرض. من هو الأغنى؟ (a) انت. (b) صديقك. (c) كلاكما اغنياء بنفس القدر.

الدكتور حازم فلاح سكيك
www.trgma.com

مثال 2.5 كم تزن في المصعد؟

بدون شك انك ركبت ذات يوم مصعد يتسارع إلى الاعلى عندما يتحرك ناحية الطوابق العليا في عمارة. في هذه الحالة، ستشعر انك اثقل وزنا. واذا كنت تقف على ميزان اثناء حركة المصعد للأعلى سوف يقيس الميزان قوة مقدارها اكبر من وزنك. فهل انت اثقل وزنا؟

الحل:

لا وزنك لم يتغير. انما ما تعرضت له هو نتيجة لكونك في محور اسناد غير قصوري. لكي يتسارع المصعد للأعلى فانه سوف يبذل على قدميك قوة للأعلى اكبر في المقدار من وزنك. وهذه القوة الاضافية هي التي تشعر بها، وتفسرها على انها زيادة في وزنك. ويقيس الميزان القوة للأعلى وليس وزنك، وبالتالي ستكون القراءة اكبر من وزنك.

6.5 قانون نيوتن الثالث Newton Third Law

اذا ضغط على حافة كتاب بأصبعك، فان الكتاب يضغط على اصبعك وقد يسبب علامة مؤقتة على الجلد. اذا ضغطت بقوة اكثر، فان الكتاب يفعل بالمثل وسوف تجد ان العلامة على جلد اصبعك قد اصبحت اكبر واكثر وضوحا. هذا المثال يوضح ان القوى تبادلية بين جسمين: عندما يدفع اصبعك الكتاب، فان الكتاب يدفع اصبعك. هذا مبدأ مهم يعرف باسم قانون نيوتن الثالث:

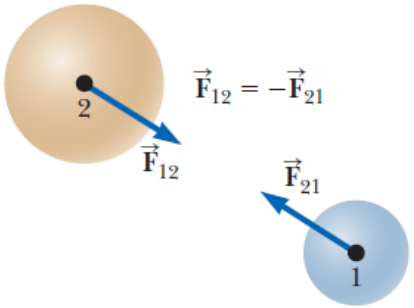
الدكتور حازم فلاح سكيك
www.trgma.com

قانون نيوتن الثالث

اذا كان هناك جسمين بينهما قوة تبادلية فان القوة $\vec{F}_{12}$ المبذولة بواسطة الجسم 1 على الجسم 2 تساوي في المقدار وتعاكس في الاتجاه القوة $\vec{F}_{21}$ المبذولة بواسطة الجسم 2 على الجسم 1:

$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21} \qquad (5.7)$$

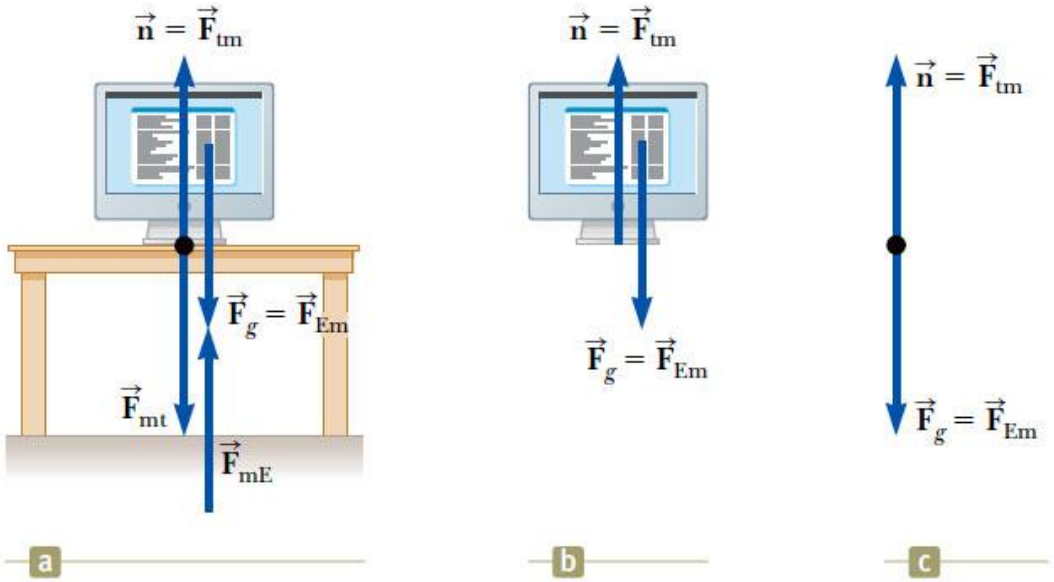
عندما يكون مهما ان نميز القوى المتبادلة بين جسمين، سوف نستخدم رمز منخفض، حيث $\vec{F}_{ab}$ تعني القوة المبذولة بواسطة الجسم a على الجسم b. القانون الثالث موضح في الشكل 5.5. القوة التي يبذلها الجسم 1 على الجسم 2 تسمى عادة بقوة الفعل *action force* والقوة التي يبذلها الجسم 2 على الجسم 1 تسمى بقوة رد الفعل *reaction force*. مع ان هذين المصطلحين لا يعدا من المصطلحات العلمية، فأي من القوتين يمكن ان تكون قوة فعل او قوة رد فعل. ولكننا سوف نستخدم هذين المصطلحين للتمييز بين القوتين. في كل الحالات، قوى الفعل ورد الفعل التي تؤثر على اجسام مختلفة يجب ان تكون من نفس النوع (قوى جاذبية أو قوى كهربية أو غيره). على سبيل المثال، القوة المؤثرة على جسم يسقط سقوطا حرا هي قوة الجاذبية المبذولة بواسطة الأرض على الجسم $\vec{F}_g = \vec{F}_{Ep}$ (حيث E = الأرض، p = الجسم)، ومقدار هذه القوة يساوي mg. قوة رد الفعل المضادة لهذه القوة هي قوة الجاذبية المبذولة بوساطة الجسم على الأرض $\vec{F}_{pE} = -\vec{F}_{Ep}$. قوة رد الفعل $\vec{F}_{pE}$ يجب ان تعجل الأرض في اتجاه الجسم تماما مثلما تقوم قوة الفعل $\vec{F}_{Ep}$ بتعجيل الجسم في اتجاه الأرض. ولان الأرض لها كتلة كبيرة جدا، فان عجلتها تحت تأثير قوة رد الفعل صغيرة جدا ومهملة.



الشكل 5.5 قانون نيوتن الثالث. القوة $\vec{F}_{12}$ المبذولة بواسطة الجسم 1 على الجسم 2 تساوي في المقدار وتعاكسها في الاتجاه القوة $\vec{F}_{21}$ المبذولة بواسطة الجسم 1 على الجسم 1

الدكتور حازم فلاح سكيك
www.trgma.com

افترض شاشة كمبيوتر في حالة سكون على طاولة كما في الشكل a6.5. قوة رد الفعل لقوة الجاذبية $\vec{F}_g = \vec{F}_{\mathrm{Em}}$ على الشاشة هي القوة $\vec{F}_{\mathrm{mE}} = -\vec{F}_{\mathrm{Em}}$ المبذولة بواسطة الشاشة على الأرض. الشاشة لا تتسارع لأنها ممسوكة بواسطة الطاولة. تبذل الطاولة على الشاشة قوة إلى الأعلى $\vec{n} = -\vec{F}_{\mathrm{tm}}$، وتسمى بالقوة العمودية *normal force*. هذه القوة تمنع الشاشة من السقوط من خلال الطاولة، ويمكن ان تمتلك أي قيمة تحتاج لها، حتى نقطة كسر الطاولة. لان الشاشة لها عجلة تساوي صفر، فان تطبيق قانون نيوتن الثاني على الشاشة يعطي $\sum \vec{F} = \vec{n} + m\vec{g} = 0$،



الشكل 6.5 (a) عندما تكون شاشة الكمبيوتر في حالة سكون على الطاولة، فان القوى المؤثرة عليها هي القوة العمودية $\vec{n}$ وقوة الجاذبية $\vec{F}_g$. قوة رد الفعل للقوة $\vec{n}$ هي القوة $\vec{F}_{\mathrm{mt}}$ المبذولة بواسطة الشاشة على الطاولة. وقوة رد الفعل على للقوة $\vec{F}_g$ هي القوة $\vec{F}_{\mathrm{mE}}$ المبذولة بواسطة الشاشة على الأرض. (b) مخطط يوضح القوى المؤثرة على الشاشة. (c) مخطط الجسم الحر يوضح الشاشة في النقطة السوداء مع القوى المؤثرة عليها.

تجنب خطأ شائع 6.5

n* ليست دائما تساوي *mg

في الحالة الموضحة في الشكل 6.5 والكثير من الحالات الأخرى، نجد ان $n=mg$ (مقدار القوة العمودية يساوي مقدار قوة الجاذبية. هذه النتيجة ليست صحيحة في جميع الحالات. اذا كان جسم على سطح مائل، واذا كانت القوى المطبقة لها مركبة عمودية، او ان لها تسارع عمودي فان $n \neq mg$ ودائما طبق قانون نيوتن الثاني لإيجاد العلاقة بين n و mg.

www.trgma.com

وبذلك $n\hat{\jmath} - mg\hat{\jmath} = 0$، أو $n = mg$. القوة العمودية توازن قوة الجاذبية على الشاشة، بحيث ان محصلة القوى على الشاشة تساوي صفر. قوة رد الفعل لـ $\vec{n}$ هي القوة المبذولة بواسطة الشاشة على الطاولة في اتجاه الأسفل، $\vec{F}_{\mathrm{mt}} = -\vec{F}_{\mathrm{tm}} = -\vec{n}$.

الشكل 6.5 يشرح خطوة مهمة للغاية في طريقة حل المسائل التي تتضمن القوى. الشكل a6.5 يوضح القوى المتوفرة في هذه الحالة: تلك التي تؤثر على الشاشة، والتي تؤثر على الطاولة، وتلك التي تؤثر على الأرض. الشكل b6.5 بالمقابل يوضح فقط القوى التي تؤثر فقط على جسم واحد، الشاشة، ويسمى هذا الشكل بمخطط القوى *force diagram* او المخطط الذي يوضح كل القوى المؤثرة على الجسم. التمثيل التصويري للحالة مهم وموضح في الشكل c6.5 ويعرف باسم مخطط الجسم الحر *free-body diagram*. في مخطط الجسم الحر، نستخدم نموذج الجسيم لتمثيل الجسم على انه نقطة ونوضح القوى التي تؤثر على الجسم كما لو انها مطبقة على النقطة. عندما نحلل الجسم المتعرض لعدة قوى، فان ما يهم هو القوة المحصلة المؤثرة على الجسم، والذي تم نمذجته في جسيم. ولهذا فان مخطط الجسم الحر يساعدنا في عزل القوى التي تؤثر فقط على الجسم ونبعد كل القوى الأخرى من التحليل.

تجنب خطأ شائع 7.5

قانون نيوتن الثالث

تذكر ان قانون نيوتن الثالث لقوى الفعل ورد الفعل تؤثر على اجسام مختلفة. على سبيل المثال، الشكل 6.5 $\vec{n} = \vec{F}_{\mathrm{tm}} = m\vec{g} =$. $-\vec{F}_{Em}$. القوى $\vec{n}$ و $m\vec{g}$ متساويتين في المقدار ومتعاكستين في الاتجاه، ولكن لا يمثلان زوج من قوى الفعل ورد الفعل لان كلا القوتين تؤثران على نفس الجسم، الشاشة.

الدكتور حازم فلاح سكيك
www.trgma.com

سؤال للتفكير 5.5

(i) اذا اصطدمت ذبابة بالزجاج الامامي لباص متحرك، من الذي يتعرض لقوة اصطدام كبيرة؟ (a) الذبابة. (b) الباص. (c) نفس مقدار القوة سوف يتعرض لها كلاهما. (ii) من الذي يتعرض لعجلة اكبر؟ (a) الذبابة (b) الباص (c) كلاهما سوف يكون له نفس العجلة.

تجنب خطأ شائع 8.5

مخططات الجسم الحر

الخطوة الأكثر اهمية في حل مسائل باستخدام قوانين نيوتن هو رسم مخطط مناسب، وهو مخطط الجسم الحر. تأكد بان ترسم فقط القوى المؤثرة على الجسم الذي عزلته. تأكد من ان ترسم كل القوى المؤثرة على الجسم بما فيها أي قوة مجال، مثل قوة الجاذبية

مثال 3.5 انت تدفعني وأنا ادفعك

رجل كبير وصبي صغير يقفان مقابل بعضهما البعض على سطح عديم الاحتكاك (سطح من الجليد مثلا). قاما بوضع ايديهما مقابل بعضهما البعض ودفع كل منهما الآخر حتى ابتعدا عن بعضهما (A) من الذي يتحرك بعيدا بسرعة اكبر؟ (B) من الذي يتحرك مسافة ابعد خلال فترة تلامس يدي الرجل والصبي؟

الحل:

(A) هذه الحالة مشابهة لنفس الحالة في سؤال التفكير 5.5. طبقا لقانون نيوتن الثالث، القوة المبذولة بواسطة الرجل على الصبي والقوة المبذولة بواسطة الصبي على الرجل هي قوة فعل ورد فعل وهنا يجب ان تكونا متساويتين في المقدار (اذا وضع ميزان بين يديهما فان الميزان سوف يقرأ نفس القراءة

الدكتور حازم فلاح سكيك
www.trgma.com

بغض النظر اذا كان وجه الميزان في اتجاه الرجل او في اتجاه الصبي). وحيث ان الصبي يمتلك كتلة اصغر فانه يتعرض لعجلة اكبر. كلا من الرجل والصبي سوف يتسارع خلال فترة متساوية من الزمن ولكن التسارع الاكبر للصبي خلال فترة الزمن ينتج عنه ان الصبي يتحرك بعيدا عن الرجل وبسرعة اكبر.

(B) لان الصبي يمتلك عجلة اكبر ولهذا فان متوسط سرعته ستكون اكبر، فانه يتحرك مسافة ابعد من الرجل خلال فترة تلامس يدي الرجل والصبي.

7.5 نماذج تحليلية مختلفة باستخدام قانون نيوتن الثاني

Analysis Models Using Newton's Second Law

في هذا الجزء، سوف نناقش نموذجين تحليليين لحل مسائل لأجسام في حالة اتزان $(\vec{a} = 0)$ او تتحرك بعجلة في خط مستقيم تحت تأثير قوة خارجية ثابتة. تذكر أنه عندما يتحقق قوانين نيوتن، فنحن نهتم بالقوى الخارجية المؤثرة على الجسم. اذا افترضت الاجسام على انها جسيمات، فلن نكون بحاجة إلى التفكير في موضوع الحركة الدورانية للجسم. في الوقت الراهن، سوف نهمل ايضا تأثير الاحتكاك في المسائل المتضمنة حركة، والذي يشار اليه في المسائل بان الحركة على سطح عديم الاحتكاك. (سوف ندرس قوة الاحتكاك في الجزء 8.5).

عادة نقوم بإهمال كتلة الحبل والخيط والكوابل المستخدمة في المسائل. بهذا التقريب، فان مقدار القوة المبذولة من أي جزء من الحبل على الجزء المجاور ستكون هي نفسها لجميع الأجزاء على امتداد الحبل. في نص المسألة، يتم استخدام كلمة

الدكتور حازم فلاح سكيك
www.trgma.com

خفيف الوزن او مهمل الكتلة للإشارة إلى ان كتلة الحبل مهملة عندما تقوم بحل المسألة. عندما يشد حبل جسم بواسطة السحب، فان الحبل يبذل قوة على الجسم في اتجاه بعيدا عن الجسم، موازي للحبل. مقدار القوة هنا يرمز له بالرمز T ويسمى الشد *tension* في الحبل. لان الشد هو مقدار قيمة متجه القوة والشد هي كمية قياسية.

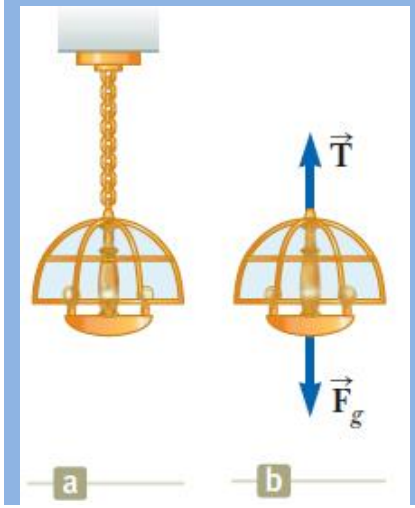
نموذج تحليل: جسم في حالة اتزان Analysis Model: The Particle in Equilibrium

اذا كانت عجلة الجسم تساوي صفر، فان الجسم يعامل معاملة نموذج جسيم نقطي في حالة اتزان. في هذا النموذج تكون القوة المحصلة على الجسم تساوي صفر:

$$\sum \vec{F} = 0 \qquad (5.8)$$

افترض نجفة معلقة بسلسلة خفيفة الوزن مثبته في السقف كما في الشكل a7.5. مخطط القوة للنجفة الموضح في الشكل b5.7 يوضح أن القوى المؤثرة على النجفة هي قوة الجاذبية $\vec{F}_g$ ومتجهة للأسفل وقوة الشد بواسطة السلسلة $\vec{T}$ واتجاهها للأعلى. ولأنه لا يوجد هناك أي قوة في اتجاه المحور x، فان $\sum F_x=0$ لا تعطي أي معلومات ذات اهمية. ومن الشرط $\sum F_y=0$ نحصل على

$$\sum F_y = T - F_g = 0 \quad \Rightarrow T = F_g$$



الشكل 7.5 (a) نجفة معلقة في سقف بواسطة سلسلة مهملة الكتلة. (b) القوة المؤثرة على النجفة هي قوة الجاذبية $\vec{F}_g$ وقوة الشد $\vec{T}$.

الدكتور حازم فلاح سكيك
www.trgma.com

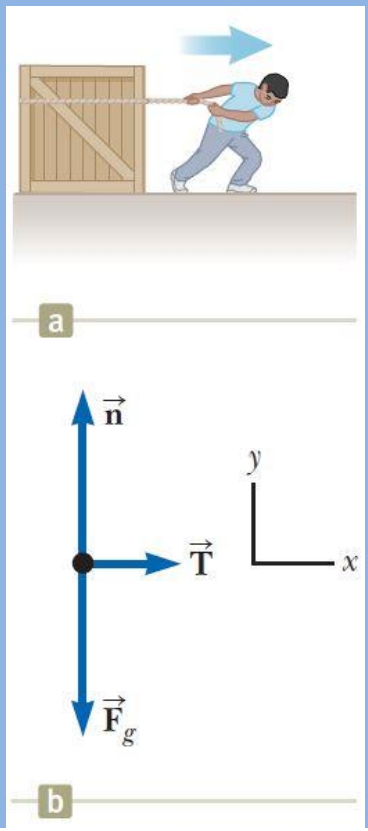
مرة اخرى نلاحظ ان كلا من $\vec{T}$ و $\vec{F}_g$ لا تمثلان قوة فعل وقوة رد فعل لانهما يؤثران على نفس الجسم، وهي النجفة. قوة رد الفعل ل $\vec{T}$ هي القوة المؤثرة من النجفة على السلسلة ويكون اتجاهها للاسفل.

نموذج تحليل: الجسم تحت تأثير قوة محصلة Analysis Model: The Particle Under a Net Force

اذا كان الجسم يتسارع بعجلة، فان حركته يمكن ان تحلل بواسطة نموذج جسيم تحت تأثير قوة محصلة. المعادلة المناسبة لهذا النموذج هي قانون نيوتن الثاني، المعادلة 2.5:

$$\sum \vec{F} = m\vec{a} \qquad (5.2)$$

افترض صندوق يسحب في اتجاه اليمين على سطح افقي عديم الاحتكاك كما في الشكل a8.5. بالطبع الارض تحت قدمي الصبي لها احتكاك، والا فانه سوف ينزلق كلما حاول سحب الصندوق! افترض انك ترغب في ايجاد العجلة التي يتحرك بها الصندوق والقوة التي يبذلها السطح على الصندوق. القوى المؤثرة على الصندوق موضحة في مخطط الجسم الحر في الشكل b8.5. لاحظ ان القوة الافقية $\vec{T}$ المطبقة على الصندوق تؤثر من خلال الحبل. مقدار القوة $\vec{T}$ يساوي مقدار الشد في الحبل. بالإضافة الى القوة $\vec{T}$، فان مخطط الجسم الحر للعربة يشمل قوة الجاذبية $\vec{F}_g$ والقوة العمودية $\vec{n}$ المبذولة من الارض على الصندوق.



الشكل 8.5 (a) صندوق يسحب في اتجاه اليمين على سطح عديم الاحتكاك. (b) مخطط الجسم الحر يمثل القوى المؤثرة على الصندوق.

الدكتور حازم فلاح سكيك
www.trgma.com

يمكننا ان نطبق قانون نيوتن الثاني على مركبة القوة في اتجاه المحور x واتجاه المحور y، القوة الوحيدة في اتجاه المحور x هي $\vec{T}$. بتطبيق $\sum F_x = ma_x$ على الحركة الأفقية يعطي

$$\sum F_x = T = ma_x \Rightarrow \quad a_x = \frac{T}{m}$$

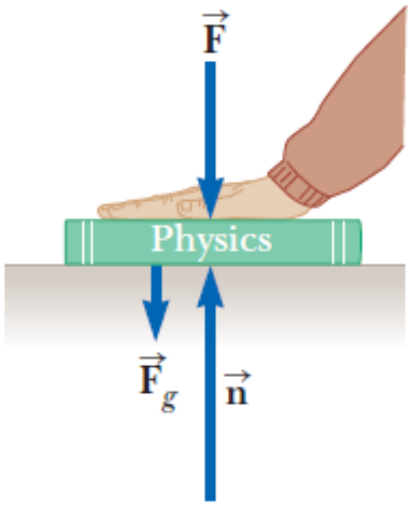
لا توجد عجلة في اتجاه المحور y لان الصندوق يتحرك على مستوى افقي. ولهذا نستخدم نموذج الجسيم في حالة توازن لمركبة القوى في اتجاه محور y. بتطبيق مركبة y للمعادلة 8.5 نحصل على

$$\sum F_y = n + (-F_g) = 0 \Rightarrow \quad n = F_g$$

وهذه هي القوة العمودية والتي لها نفس مقدار قوة الجاذبية ولكنها تؤثر في الاتجاه المعاكس.

اذا كانت $\vec{T}$ قوة ثابتة، والعجلة $a_x = T/m$ ايضا ثابتة. فعليه فان الصندوق يمكن ان ينمذج كجسيم يتحرك تحت عجلة ثابتة في اتجاه محور x، ومعادلات كينماتيكا الحركة في الجزء 2 يمكن ان تستخدم للحصول على موضع الصندوق x وسرعته v_x كدالة في الزمن.

في الحالة السابقة الذكر، مقدار القوة العمودية $\vec{n}$ يساوي $\vec{F}_g$، ولكن هذه ليست الحالة العامة، كما تم توضيح هذه النقطة في فقرة تجنب خطأ شائع 6.5. على سبيل المثال، افترض كتاب موضوع على طاولة وقمت بدفع الكتاب بيدك للأسفل بقوة $\vec{F}$ كما هو موضح في الشكل 9.5. ولان الكتاب في حالة سكون وبالتالي لا توجد عجلة، $\sum F_y = 0$، وهذا يعطي



الشكل 9.5 عندما القوة $\vec{F}$ تدفع عموديا للاسفل على جسم اخر، فان القوة العمودية $\vec{n}$ المؤثرة على الجسم اكبر من قوة الجاذبية:

$$n = F_g + F$$

الدكتور حازم فلاح سكيك
www.trgma.com

$n - F_g - F = 0$ أو $n = F_g + F = m_g + F$. في هذه الحالة، القوة العمودية اكبر من قوة الجاذبية. وهناك مثال اخر تكون فيه القوة العمودية لا تساوي قوة الجاذبية.

خطوات تطبيق قوانين نيوتن

الطريقة التالية تصف الخطوات المفضل اتباعها للتعامل مع المسائل المتعلقة بقوانين نيوتن:

(1) تصور المسألة: قم بعمل رسم مبسط للنظام. هذا الرسم يساعدك على تصور المسألة. ومن ثم حدد محورين مناسبين لكل جسم في النظام.

(2) تصنيف المسألة: اذا كانت مركبة العجلة لجسم تساوي صفر، فان الجسم يمثل بنقطة في حالة اتزان في هذا الاتجاه وتكون $\sum F = 0$. واذا لم تكن العجلة تساوي صفر، فان الجسم يمثل بجسيم تحت تأثير محصلة قوى في هذا الاتجاه ويكون $\sum F = ma$.

(3) التحليل: قم بعزل الجسم الذي تحلل حركته. قم برسم مخطط جسم حر لهذا الجسم. ولأنظمة تحتوي على اكثر من جسم، قم برسم مخطط جسم حر منفصل لكل جسم. لا تضمن في مخطط الجسم الحر القوى المبذولة بواسطة الجسم على ما يحيط به.

الدكتور حازم فلاح سكيك
www.trgma.com

قم بإيجاد مركبات القوة على محاور الاحداثيات. وطبق النموذج المناسب حسب الخطوة رقم (2) لكل اتجاه. تحقق من الابعاد المستخدمة لتكون متأكد ان كل المتغيرات لها وحدة القوة.

قم بحل معادلات مركبات القوة لإيجاد المجاهيل. تذكر بانه يجب ان تكون عدد المعادلات مساو لعدد المجاهيل التي تحاول ايجاد قيمها.

(4) وضع اللمسات الأخيرة للحل: تأكد من تطابق النتائج مع مخطط الجسم الحر. كذلك تحقق من توقعاتك للحل ومنطقية القيم الناتجة. بقيامك بهذا سوف تتمكن من اكتشاف اية اخطاء في النتائج.

مثال 4.5 اشارة مرور في حالة سكون

اشارة مرور تزن 122 N معلقة بكابل مربوط بكابلين اخرين مثبتين في دعامة كما في الشكل a10.5 الكابلين العلويين يصنعان زوايا 37.0^o و53.0^o مع المستوى الأفقي. هذين الكابلين ليسا بقوة الكابل الرأسي ويمكن ان ينقطعان إذا زاد الشد عن 100 N. هل تبقى إشارة المرور معلقة في هذه الحالة ام ان الكابل سوف ينقطع؟

الحل:

تصور المسألة تفحص الرسم في الشكل a10.5. دعنا نفترض أن الكابلين لا ينقطعان وان لا شيء يتحرك.

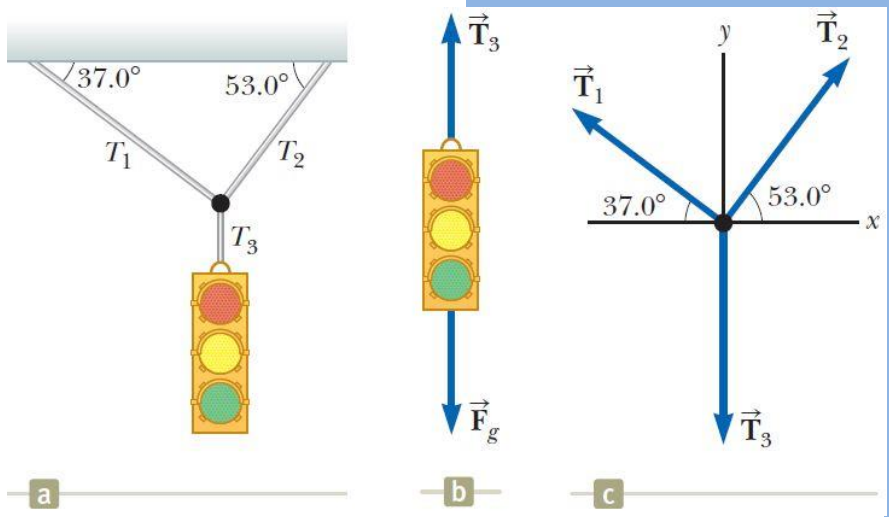
الدكتور حازم فلاح سكيك
www.trgma.com

تصنيف المسألة اذالم يكن هناك شيء يتحرك، فانه لا يوجد أي جسم له عجلة. سوف نقوم بتمثيل الاشارة الضوئية بجسيم متزن والقوى المؤثرة عليه تساوي صفر. وبالمثل القوة المحصلة على العقدة (الشكل c10.5) يساوي صفر.

التحليل سوف نقوم بعمل مخطط للقوى المؤثرة على إشارة المرور، الموضحة في الشكل b10.5، ونرسم مخطط الجسم الحر للعقدة التي تمسك الكوابل الثلاثة مع بعضها، كما هو موضح في الشكل c10.5. ان اختيار هذه العقدة كجسم مناسب لان كل القوى الهامة تؤثر على خطوط تمر في هذه العقدة.

بتطبيق المعادلة 8.5 لإشارة المرور في اتجاه المحور y:

$$T_3 = F_g = 122\ \text{N}$$



الشكل 10.5 (المثال 4.5) (a) إشارة مرور معلقة بكوابل. (b) القوى المؤثرة على إشارة المرور. (c) مخطط الجسم الحر للعقدة حيث يتصل عندها الكوابل الثلاثة.

باختيار محاور احداثية كما في الشكل c10.5 وتحليل القوى المؤثرة على العقدة لمركباتها الاساسية:

القوة	المركبة x	المركبة y
$\vec{T}_1$	$-T_1 \cos 37.0^o$	$T_1 \sin 37.0^o$
$\vec{T}_2$	$T_2 \cos 53.0^o$	$T_2 \sin 53.0^o$
$\vec{T}_3$	0	-122 N

الدكتور حازم فلاح سكيك
www.trgma.com

بتطبيق نموذج جسيم في حالة اتزان على العقدة نحصل على

$$(1) \quad \sum F_x = -T_1 \cos 37.0 + T_2 \cos 53.0^o = 0$$
$$(2) \sum F_y = T_1 \sin 37.0 + T_2 \sin 53.0^o + (-122\ \text{N}) = 0$$

المعادلة (1) تبين ان المركبات الأفقية لـ $\vec{T}_1$ و $\vec{T}_2$ يجب ان تكون متساوية في المقدار، والمعادلة (2) تبين ان مجموع المركبات الرأسية لـ $\vec{T}_1$ و $\vec{T}_2$ يجب ان توازن القوة $\vec{T}_3$، والتي تساوي في المقدار وزن إشارة المرور.

بحل المعادلة (1) لـ T_2 بدلالة T_1

$$(3) \quad T_2 = T_1\left(\frac{\cos 37.0^o}{\cos 35.0^o}\right) = 1.33\ T_1$$

بالتعويض عن هذه القيمة لـ T_2 في المعادلة (2)

$$T_1 \sin 37.0^o + (1.33\ T_1)(\sin 53.0^o) - 122\ \text{N} = 0$$
$$T_1 = 73.4\ \text{N}$$
$$T_2 = 1.33\ T_1 = 97.4\ \text{N}$$

كلا القيمتين اقل من 100 N وبالتالي فان الكوابل لن تنقطع.

اللمسات الأخيرة دعنا نختتم هذا المسألة بتخيل حدوث تغير في النظام كما في السؤال التالي ماذا لو؟

ماذا لو؟ لو افترضنا ان الزاويتين في الشكل $a10.5$ متساويتين. ماذا ستكون العلاقة بين T_1 و T_2؟

الإجابة سوف نقوم بالاعتماد على التماثل في هذه المسألة انفرض أن T_1 و T_2 سوف يكونا مساويين لبعضهما البعض. ورياضيا، اذا كانت الزواية هي θ، فان المعادلة (3) تصبح

$$T_2 = T_1\left(\frac{\cos\theta}{\cos\theta}\right) = T_1$$

وهذه ايضا تخبرنا ان الشدين متساويين. بدون معرفة قيمة الزاوية θ لا يمكن ان نعرف قيمة الشد T_1 والشد T_2. ولكن الشدين متساويين بغض النظر عن قيمة الزاوية θ.

مثال 5.5 القوى بين عربات قطار

عربات قطار متصلة بواسطة روابط حديدة وهذه الروابط تكون تحت تأثير قوة شد عندما تقوم عربة المحرك الأمامية بسحب القطار. تخيل انك في القطار وبدأ يتحرك بتسارع بعجلة ثابتة. بينما كنت تتحرك داخل القطار من العربة الامامية وحتى اخر عربة ، قمت بقياس الشد في كل رابط، هل يزداد الشد ام يقل او يبقى نفسه. عندما يضغط على الفرامل تصيح الروابط تحت تأثير قوة انضغاط. كيف تتغير قوة الانضغاط من العربة الامامية وحتى اخر عربة؟ (افترض ان الفرامل تكبح عجلات العربة الأمامية فقط).

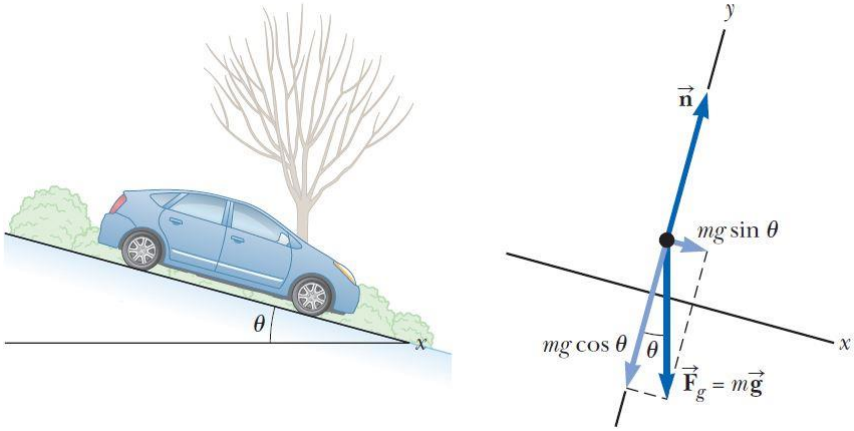
الحل:

بينما يكون القطار في حالة تسارع بعجلة ثابتة، يتناقص الشد من اول القطار وحتى اخر القطار. فالروابط بين العربة الأمامية والتي تليها يجب ان تبذل قوة كافية لتعجيل العربات الباقية من السكون. وعندما نتحرك للخلف على امتداد القطار، كل رابط يعجل كتل اقل خلفه. والرابط الأخير عليه ان يعجل العربة الأخيرة فقط وبالتالي فان الشد عليه يكون اقل. أما عند استعمال الفرامل، مرة أخرى القوة تتناقص من الامام إلى الخلف. الرابط الذي يربط العربة الأمامية بالعربة التي خلفها مباشرة يجب ان يؤثر بقوة كبيرة لإيقاف باقي العربات، ولكن الرابط الأخير يجب ان يؤثر بقوة كافية لإيقاف اخر عربة فقط.

الدكتور حازم فلاح سكيك
www.trgma.com

مثال 6.5 سيارة على منحدر مائل

سيارة كتلتها m تسير على شارع ثلجي مائل بزاوية θ كما في الشكل a11.5؟ (A) اوجد العجلة التي تتحرك بها السيارة بافتراض ان الشارع عديم الاحتكاك. (B) افترض ان السيارة انطلقت من السكون عند قمة المنحدر وأن المسافة من مقدمة السيارة وحتى سطح المنحدر هي d. ما هي المدة المستغرقة لتصل مقدمة السيارة نهاية المنحدر، وما هي سرعة السيارة عندما تصل نهاية المنحدر؟



الشكل 11.5 (المثال 6.5) (a) سيارة على منحدر مائل عديم الاحتكاك. (b) مخطط الجسم الحر للسيارة. النقطة السوداء تمثل مركز ثقل السيارة. وسوف نتعلم المزيد عن مركز الثقل في الجزء 9.

الحل:

تصور المسألة استخدم الشكل a11.5 لتخيل المسألة. نعلم من الخبرة اليومية، ان السيارة على منحدر ثلجي تتسارع للأسفل على المنحدر. (تماما مثلما يحدث لسيارة على تلة بدون فرامل).

تصنيف المسألة نصف السيارة على انها جسيم يقع تحت تأثير محصلة قوى لأنه يتحرك بعجلة. علاوة على ذلك فان هذا المثال ينتمي لفئة المسائل الشائعة التي يتحرك فيها الجسم تحت تأثير عجلة الجاذبية الأرضية عندما يكون على منحدر مائل.

التحليل الشكل b11.5 يوضح مخطط الجسم الحر للسيارة. القوى الوحيدة التي تؤثر على السيارة هي القوة العمودية $\vec{n}$ المبذولة بواسطة المنحدر المائل، والذي يؤثر عموديا على السطح، وقوة الجاذبية $\vec{F}_g = m\vec{g}$، والذي وثر عموديا للأسفل. في المسائل التي تتضمن مستويات مائلة، فانه من المناسب ان

الدكتور حازم فلاح سكيك
www.trgma.com

نختار محاور احداثيات بحيث يكون x على امتداد السطح المائل و y عموديا على السطح كما في الشكل b11.5. بهذه المحاور نمثل قوة الجاذبية بمركبة مقدارها $mg \sin \theta$ على امتداد محور x الموجب ومركبة اخرى مقدارها $mg \cos \theta$ على امتداد محور y السالب. وقد تم اختيار هذه المحاور نتيجة لاعتبار السيارة جسيم يقع تحت تأثير القوة المحصلة في اتجاه x وفي حالة اتزان في اتجاه محور y.

بتطبيق هذا النموذج على السيارة:

$$(1) \quad \sum F_x = mg \sin \theta = ma_x$$
$$(2) \quad \sum F_y = n - mg \cos \theta = 0$$

بحل المعادلة (1) لإيجاد a_x:

$$(3) \quad a_x = g \sin \theta$$

اللمسات الاخيرة لاحظ ان مركبة العجلة a_x لا تعتمد على كتلة السيارة! حيث انها تعتمد فقط على زاوية المنحدر بالنسبة للأرض وعلى g.

من المعادلة (2)، نستنتج ان مركبة $\vec{F}_g$ العمودية على المنحدر المائل تتوازن مع القوة العمودية، أي ان $n = mg \cos \theta$. هذه الحالة هي حالة اخرى تكون فيها القوة العمودية لا تساوي مقدار وزن الجسم.

من الممكن، بالرغم من انه غير مناسب، ان نقوم بحل المسألة باستخدام المحاور التقليدية أي المحاور الافقية والرأسية. قد ترغب في تجربة ذلك لمجرد التمرين.

(B) **تصور المسألة** تخيل ان السيارة تنزلق للأسفل وانك تستخدم ساعة ايقاف لقياس الزمن اللازم لتصل السيارة إلى اسفل المنحدر.

تصنيف المسألة هذا الجزء من المسألة يعود إلى علم الكينماتيكا وليس علم الديناميكا، والمعادلة (3) توضح ان العجلة a_x ثابتة. ولهذا يجب ان تصنف السيارة في هذا الجزء كجسيم يتحرك بعجلة ثابتة.

الدكتور حازم فلاح سكيك
www.trgma.com

التحليل بتحديد الموضع الابتدائي لمقدمة السيارة على انه $x_i = 0$ والموضع النهائي على انه $x_f = d$، وان $v_{xi} = 0$، بتطبيق المعادلة 16.2،

$$x_f = x_i + vx_i\, t + \tfrac{1}{2}\, a_x\, t^2$$:

$$d = \tfrac{1}{2}\, a_x t^2$$

بالحل بالنسبة لـ t:

$$(4)\quad t = \sqrt{\frac{2d}{a_x}} = \sqrt{\frac{2d}{g \sin\theta}}$$

استخدم المعادلة 17.2، مع التعويض عن $v_{xi} = 0$، لإيجاد السرعة النهائية للسيارة.

$$v_{xf}^2 = 2\, s a_x d$$

$$(5)\quad v_{xf} = \sqrt{2a_x d} = \sqrt{2gd \sin\theta}$$

اللمسات الأخيرة نرى من المعادلات (4) و(5) ان الزمن t اللازم لتصل السيارة لأسفل المنحدر وسرعتها النهائية v_{xf} لا تعتمد على كتلة السيارة. لاحظ اننا هنا استخدمنا معادلات من الفصل 2 مع معادلات هذا الفصل في حل هذا المثال. وكلما تعلمنا استرتيجيات اكثر في الأجزاء القادمة فانه سيتكرر كثيرا دمج نماذج تحليلية ومعلومات من اجزاء مختلفة من الكتاب. في مثل هذه الحالات، نعتمد على الاستراتيجية العامة لحل المسائل لتساعدنا في ايجاد النموذج المطلوب.

ماذا لو؟ ماذا لو كانت الزاوية في المثال السابق $\theta = 90^o$؟

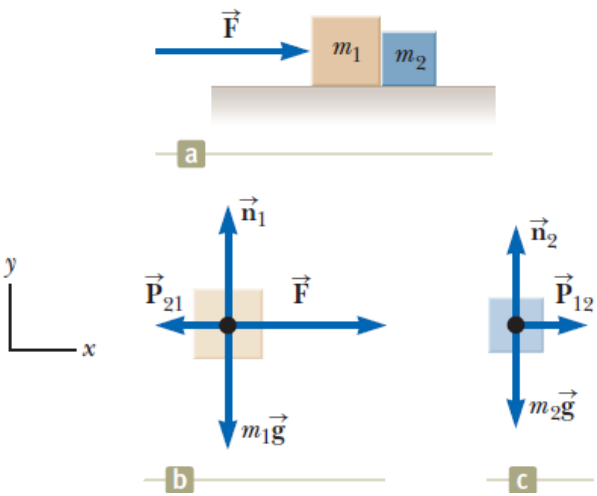
الاجابة تخيل ان الزاوية θ اصبحت 90^o في الشكل 11.5. سيصبح المنحدر المائل رأسيا، وتصبح السيارة في حالة سقوط حر! وتصبح المعادلة (3)

$$a_x = g \sin\theta = g \sin 90^o = g$$

والتي هي بالفعل سقوط حر. (وهنا وجدنا ان $a_x=g$ وليس $a_x=-g$ لأننا اخترنا محور x الموجب للأسفل في الشكل 11.5). لاحظ ايضا ان الشرط $n=mg\cos\theta$ يعطينا $n = mg\cos 90^o = 0$. وهذا متفق مع كون السيارة تسقط للأسفل بجوار المنحدر الرأسي، وفي هذه الحالة لا توجد قوة اتصال بين السيارة والمنحدر.

مثال 7.5 بلوك يدفع بلوك

بلوكين كتلتهما m_1 وm_2، حيث $m_1>m_2$، وضعتا بتلامس مع بعضهما البعض على سطح أفقي عديم الاحتكاك كما في الشكل a12.5. أثرت قوة افقية $\vec{F}$ على الكتلة m_1 كما في الشكل. (A) اوجد مقدار العجلة التي يتحرك بها النظام. (B) حدد مقدار قوة التلامس بين البلوكين.



الشكل 12.5 (المثال 7.5) (a) طبقت قوة على البلوك كتلته m_1، والذي يدفع بلوك اخر كتلته m_2. (b) القوى المؤثرة على الكتلة m_1. (c) القوى المؤثرة على الكتلة m_2.

الحل:

(A) تصور المسألة حلل المسألة باستخدام الشكل a12.5 ولاحظ ان كلا الكتلتين سوف تتحرك بنفس العجلة لانهما متصلتين مع بعضهما البعض ويستمر التواصل بينهما خلال الحركة.

تصنيف المسألة نصنف هذه المسألة بنموذج جسيم يقع تحت تأثير محصلة قوى لان هناك قوة مطبقة وعجلة يتطلب حسابها.

التحليل في البداية سوف نتعامل مع الكتلتين على انهما جسيم يقع تحت تأثير قوة محصلة. بتطبيق قانون نيوتن الثاني في اتجاه x لإيجاد العجلة:

الدكتور حازم فلاح سكيك
www.trgma.com

$$\sum F_x = F = (m_1 + m_2)\, a_x$$

$$(1) \quad a_x = \frac{F}{m_1+m_2}$$

اللمسة الأخيرة العجلة المعطاة بالمعادلة (1) هي نفسها العجلة لجسم واحد كتلته تساوي $m_1 + m_2$ ويتعرض لنفس القوة.

(B) تصور المسألة قوة التلامس هي داخلية للنظام المكون من البلوكين. ولهذا لا نستطيع ايجاد هذه القوة بنموذج يتعامل مع كامل النظام (البلوكين) كجسيم مفرد.

تصنيف المسألة افترض كل بلوك من البلوكين جسيم يقع تحت تأثير محصلة قوى.

التحليل سوف نقوم بعمل مخطط للقوى المؤثرة على الجسم لكل بلوك كما في الشكل b12.5 والشكل c12.5، حيث ان قوة التلامس رمز لها بالرمز $\vec{P}$.

من الشكل c12.5 نرى ان القوة الافقية الوحيدة التي تؤثر على الكتلة m_2 هي قوة التلامس $\vec{P}_{12}$ (القوة المبذولة بواسطة m_1 على m_2)، واتجاهها لليمين.

بتطبيق قانون نيوتن الثاني على الكتلة m_2:

$$(2) \quad \sum F_x = P_{12} = m_2 a_x$$

بالتعويض عن قيمة العجلة a_x من المعادلة (1) في المعادلة (2):

$$(3) \quad P_{12} = m_2 a_x = \left(\frac{m_2}{m_1+m_2}\right) F$$

اللمسة الأخيرة توضح النتيجة ان قوة التلامس P_{12} اقل من القوة المطبقة F. القوة المطلوبة لتعجيل البلوك 1 بمفرده يجب ان تكون اقل من القوة المطلوبة لإنتاج نفس العجلة لنظام الكتلتين.

الدكتور حازم فلاح سكيك
www.trgma.com

ولمزيد من التوضيح دعنا نتفحص P_{12} باعتبار القوى المؤثرة على الكتلة m_1، الموضح في الشكل b12.5. القوى الافقية المؤثرة على الكتلة m_1 هي القوة المطبقة $\vec{F}$ إلى اليمين وقوة التلامس $\vec{P}_{12}$ إلى اليسار (القوة المبذولة بواسطة الكتلة m_2 على m_1). من قانون نيوتن الثالث $\vec{P}_{21}$ هي قوة رد الفعل لقوة التلامس $\vec{P}_{12}$، وبذلك فان $P_{21} = P_{12}$.

بتطبيق قانون نيوتن الثاني على m_1:

$$\sum F_x = F - P_{21} = F - P_{12} = m_1 a_x \quad (4)$$

بالحل لـ P_{12} والتعويض عن a_x من المعادلة (1):

$$P_{12}\,\mathrm{F} - m_1 a_x = F - m_1\left(\frac{F}{m_1+m_2}\right) = \left(\frac{m_2}{m_1+m_2}\right)F$$

وهذه النتيجة تتفق مع المعادلة (3).

ماذا لو؟ تخيل ان القوة $\vec{F}$ في الشكل 12.5 مطبقة في اتجاه اليسار على البلوك الايمن الذي كتلته m_2. هل مقدار القوة $\vec{P}_{12}$ هي نفسها كما كانت مطبقة على اليمين على الكتلة m_1؟

الاجابة عندما تطبق القوة من اليسار على الكتلة m_2، فان قوة التلامس يجب ان تعجل الكتلة m_1. في الحالة الأصلية قوة التلامس تعجل الكتلة m_2. لان $m_1 > m_2$ فان قوة اكبر مطلوبة، وبالتالي فان مقدار $\vec{P}_{12}$ هنا اكبر من الحالة الأصلية.

الدكتور حازم فلاح سكيك
www.trgma.com

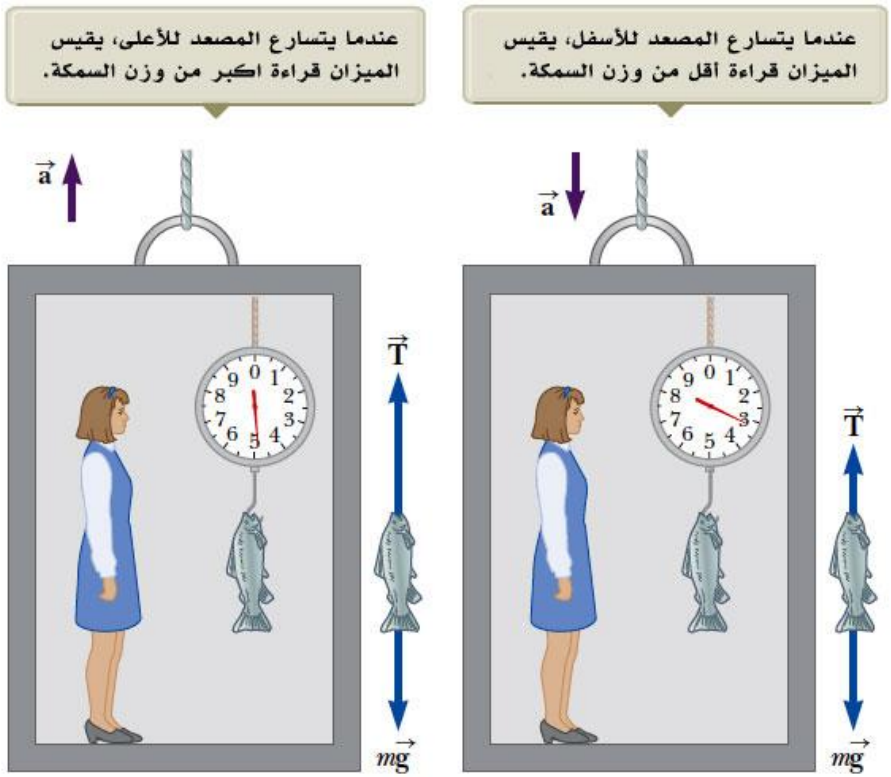
مثال 8.5 وزن سمكة في مصعد

يقوم شخص بوزن سمكة باستخدام ميزان زنبركي معلق في سقف مصعد كما هو موضح في الشكل 13.5. (A) اثبت انه اذا تحرك المصعد بعجلة للأعلى أو للأسفل، فان قراءة الميزان سوف تعطي قيم مختلفة لوزن السمكة. (B) احسب قيمة قراءة الميزان لسمكة وزنها 40.0 N اذا كان المصعد يتحرك بعجلة $a_y = \pm 2.00\ m/s^2$.

الحل:

تصور المسألة قراءة الميزان تعتمد على تمدد الزنبرك في الميزان، أي انها تعتمد على القوة المؤثرة على نهاية الزنبرك في الشكل 2.5. تخيل ان السمكة معلقة على خيط متصل بنهاية ميزان زنبركي.

في هذه الحالة مقدار القوة المبذولة على الزنبرك تساوي الشد T في الخيط. ولهذا فإننا نبحث عن قيمة T. القوة $\vec{T}$ تسحب للأسفل على الخيط وللأعلى على السمكة.



الشكل 13.5 (المثال 8.5) سمكة توزن بواسطة ميزان زنبركي في مصعد يتحرك بعجلة.

الدكتور حازم فلاح سكيك
www.trgma.com

تصنيف المسألة نصنف هذه المسألة بتعريف السمكة على انها جسيم يقع تحت قوة محصلة.

التحليل تفحص مخطط القوى المؤثرة على السمكة في الشكل 13.5 ولاحظ القوي الخارجية المؤثرة على السمكة تكون للأسفل هي قوة الجاذبية $\vec{F}_g = m\vec{g}$ والقوة $\vec{T}$ المبذولة بواسطة الخيط. اذا كان المصعد في حالة سكون او يتحرك بسرعة ثابتة، فان السمكة هي جسيم في حالة اتزان، وبالتالي $\sum F_y = T - F_g = 0$ او $T = F_g = mg$. (تذكر ان المقدار mg هو وزن السمكة).

افترض الان ان المصعد يتحرك بعجلة $\vec{a}$ بالنسبة للمراقب الذي يقف خارج المصعد في محور قصوري. السمكة في هذه الحالة جسيم يقع تحت تأثير قوة محصلة.

بتطبيق قانون نيوتن الثاني على السمكة:

$$\sum F_y = T - mg = ma_y$$

بالحل لـ T:

$$(1) \quad T = ma_y + mg = mg\left(\frac{a_y}{g} + 1\right) = F_g\left(\frac{a_y}{g} + 1\right)$$

حيث اننا اخترنا ان المصعد يتسارع للأعلى في اتجاه yالموجب. نستنتج من المعادلة (1) ان الميزان يقرأ T اكبر من وزن السمكة mg اذا كانت $\vec{a}$ للأعلى، بذلك فان a_y موجبة (الشكل a13.5)، والقراءة بالتالي ستكون أٌل من mg إذا كانت $\vec{a}$ للأسفل، أي ان a_y سالبة (الشكل b13.5).

(B) من المعادلة (1) تقدر قراءة الميزان اذا كانت $\vec{a}$ للأعلى:

$$T = (40.0\ N)\left(\frac{2.00\ m/s^2}{9.80\ m/s^2} + 1\right) = 48.2\ \text{N}$$

من المعادلة (1) تقدر قراءة الميزان اذا كانت $\vec{a}$ للأعلى:

الدكتور حازم فلاح سكيك
www.trgma.com

$$T = (40.0\ N)\left(\frac{-2.00\ m/s^2}{9.80\ m/s^2} + 1\right) = 31.8\ \text{N}$$

اللمسة الأخيرة خذ هذه النصيحة اذا اشتريت سمك في مصعد تأكد ان تزن السمك والمصعد اما في حالة سكون او انه يتسارع للأسفل! علاوة على ذلك لاحظ انه من المعلومات المعطاة هنا، يمكن ان نحدد اتجاه حركة المصعد.

ماذا لو؟ افترض ان كوابل المصعد انقطعت والمصعد ومن فيه اصبحوا في حالة سقوط حر. ماذا يحدث لقراءة الميزان؟

الإجابة اذا سقط المصعد سقوطا حرا، فان عجلته $a_y = -g$. نلاحظ من المعادلة (1) ان قراءة الميزان T تكون صفر في هذه الحالة، أي ان السمكة تبدو ان لا وزن لها.

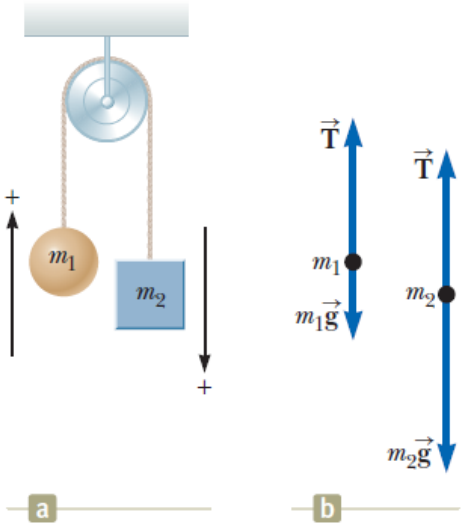
مثال 9.5 الة البكرة

عندما تعليق جسمين عموديا على بكرة عديمة الاحتكاك ووزنها مهمل والجسمين لهما كتلتين مختلفتين كما في الشكل a14.5، هذا الشكل يمثل آلة أتوود *Atwood machine*. االتي تستخدم في بعض الأحيان في المختبر لتعيين قيمة g. حدد قيمة العجلة للجسمين والشد في السلك الخفيف الوزن.

الحل:

تصور المسألة تخيل الحالة كما في الشكل a14.5 عندما يتحرك جسم للأعلى فان الجسم الأخر يتحرك للأسفل. لان الجسمين متصلين بسلك لا يتمدد، فان عجلة حركة الجسمين متساوية.

الدكتور حازم فلاح سكيك
www.trgma.com



الشكل 14.5 (المثال 9.5) آلة اتوود (a) جسمين متصلين بحبل خفيف الوزن يمر عبر بكرة عديمة الاحتكاك. (b) مخطط الجسم الحر للجسمين.

تصنيف المسألة الجسمين في آلة اتوود يتأثران بقوة الجاذبية وكذلك قوة الشد بواسطة السلك الذي يصلهما معا. لهذا نصنف المسألة على انها جسمين تحت قوة محصلة.

التحليل مخططات الجسم الحر للجسمين موضحة في الشكل b14.5. القوة المؤثرة على كل جسم: قوة للأعلى $\vec{T}$ مبذولة بواسطة السلك وقوة للأسفل هي قوة الجاذبية. في مسائل من هذا النوع نعتبر البكرة عديمة الكتلة وعديمة الاحتكاك، لذا فالشد في السلك على جانبي البكرة هو نفسه. اذا كان للبكرة كتلة او تتعرض لاحتكاك، فان الشد على الجانبين يكون مختلف ونحتاج في هذه الحالة إلى طريقة أخرى سوف ندرسها في فصل 10.

يجب ان نكون منتبهين هنا إلى الاشارات في هذه المسألة. في الشكل a14.5، نلاحظ ان الجسم 1 يتسارع للأعلى، والجسم 2 يتسارع للأسفل. ولهذا فاننا من اجل توافق الاشارات سنعرف الاتجاه للأعلى موجب للجسم 1، ونعرف الاتجاه للأسفل موجب ايضا للجسم 2. باصطلاح الاشارة هذا فان كلا الجسمين يتعجل في نفس الاتجاه كما هو معرف باختيار الاشارة. علاوة على ذلك طبقا لاصطلاح الاشارة فان مركبة y للقوة المحصلة المبذولة على الجسم 1 تكون $T - m_1g$، ومركبة y للقوة المحصلة المبذولة على الجسم 2 تكون $m_2g - T$.

بتطبيق قانون نيوتن الثاني على الجسم 1:

$$(1) \quad \Sigma F_y = T - m_1g = m_1a_y$$

بتطبيق قانون نيوتن الثاني على الجسم 2:

الدكتور حازم فلاح سكيك
www.trgma.com

$$(1) \quad \sum F_y = m_2 g - T = m_2 a_y$$

بجمع المعادلة (2) والمعادلة (1) نلاحظ ان T تلغى:

$$-m_1 g + m_2 g = m_1 a_y + m_2 a_y$$

نحل لإيجاد العجلة:

$$(3) \quad a_y = \left(\frac{m_2 - m_1}{m_1 + m_2}\right) g$$

بالتعويض في المعادلة (1) من المعادلة (3) لإيجاد T:

$$(4) \quad T = m_1(g + a_y) = \left(\frac{2m_1 m_2}{m_1 + m_2}\right) g$$

اللمسة الأخيرة العجلة المعطاة بالمعادلة (3) يمكن ان تفسر على انها النسبة بين مقدار القوة الغير متوازنة المؤثرة على النظام $(m_2 - m_1)g$ إلى كتلة النظام $(m_2 + m_1)$، كما هو متوقع من قانون نيوتن الثاني. لاحظ ان اشارة العجلة تعتمد على نسب الكتل للجسمين.

ماذا لو؟ صف حركة النظام اذا كان الجسمين لهما نفس الكتلة أي ان $m_1 = m_2$.

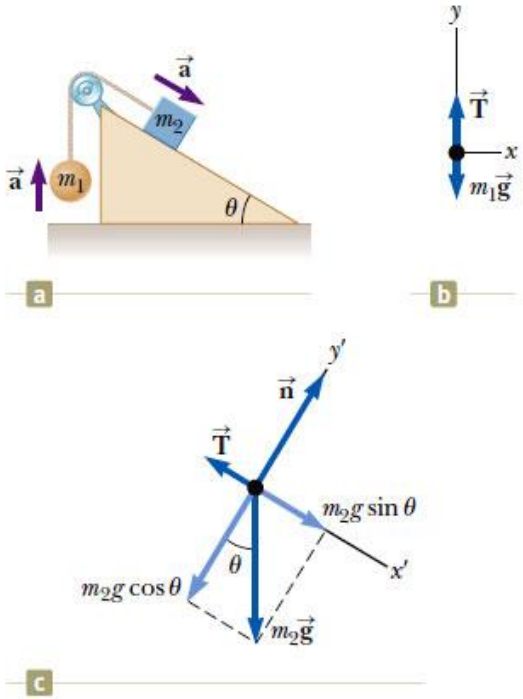
الإجابة اذا كانت كتلة الجسمين متساوية على الجانبين، فان النظام يتزن وبالتالي لا يكون هناك أي عجلة. بطريقة رياضية نرى انه عندما $m_1 = m_2$ فان العجلة (3) تعطي لنا $a_y = 0$.

ماذا لو؟ اذا كانت احدى الكتلتين اكبر كثيرا من الأخرى أي ان $m_1 >> m_2$؟

الإجابة عندما تكون احدى الكتلتين اكبر كثيرا من الكتلة الأخرى، نهمل تأثير الكتلة الصغيرة. ولهذا ببساطة فان الكتلة الكبيرة سوف تسقط كما لو كانت الكتلة الصغيرة غير موجودة. ومن المعادلة (3) نرى انه عندما تكون $m_1 >> m_2$ فإننا نحصل على $a_y = -g$.

مثال 10.5 تعجيل جسمين متصلين بحبل

كرة كتلتها m_1 وبلوك كتلته m_2 متصلتين بحبل خفيف الوزن يمر عبر بكرة عديمة الاحتكاك وكتلتها مهملة كما في الشكل a15.5. البلوك موضوع على سطح عديم الاحتكاك مائل بزاوية θ. أوجد مقدار العجلة التي يتحرك بها الجسمين والشد في الحبل.



الشكل 15.5 (المثال 10.5) (a) جسمين متصلين بحبل خفيف الوزن يمر عبر بكرة عديمة الاحتكاك. (b) مخطط الجسم الحر للكرة. (c) مخطط الجسم الحر للبلوك. (المنحدر المائل عديم الاحتكاك).

الحل:

تصور المسألة تخيل الجسمين في الشكل 15.5 في حالة حركة. اذا تحركت m_2 لأسفل السطح المائل فان m_1 تتحرك للأعلى. لان الجسمين متصلين بحبل (والذي يفترض انه لا يتمدد)، فان عجلتيهما لها نفس المقدار.

تصنيف المسألة يمكننا ان نعرف القوى المؤثرة على كل جسم ونحن نبحث عن العجلة، لذا نصنف الجسمين على انهما جسيمين تحت قوة محصلة.

التحليل اعتبر مخطط الجسم الحر الموضح في الشكل b15.5 والشكل c15.5.

بتطبيق قانون نيوتن الثاني على مركبات القوة المؤثرة على الكرة باختيار الاتجاه للأعلى هو الموجب:

$$(1) \quad \sum F_x = 0$$

$$(2) \quad \sum F_y = T - m_1 g = m_1 a_y = m_1 a$$

لكي تعجل الكرة للأعلى، من الضروري ان تكون $T > m_1 g$. في المعادلة (2)، نستبدل a_y بـ a لان العجلة لها مركبة واحدة فقط في اتجاه y.

الدكتور حازم فلاح سكيك
www.trgma.com

في حالة البلوك من المناسب ان نختار محور x' الموجب على امتداد السطح المائل كما في الشكل c15.5. ولكي يكون ذلك الاختيار متوافق مع اختيارنا في حالة الكرة سوف نختار الاتجاه الموجب متجها للأسفل مع السطح المائل.

بتطبيق قانون نيوتن الثاني على مركبات القوة المؤثرة على البلوك:

$$(3) \quad \sum F_{x'} = m_2 g \sin\theta - T = m_2 a_{x'} = m_2 a$$

$$(4) \quad \sum F_{y'} = n - m_2 g \cos\theta = 0$$

في المعادلة (3)، نستبدل $a_{x'}$ بـ a لان الجسمين لهما عجلة تساوي a.

بحل المعادلة (2) لإيجاد T:

$$(5) \quad T = m_1(g + a)$$

بالتعويض عن T في المعادلة (3):

$$m_2 g \sin\theta - m_1(g + a) = m_2 a$$

بحل المعادلة للحصول على a:

$$(6) \quad a = \left(\frac{m_2 \sin\theta - m_1}{m_1 + m_2}\right) g$$

بالتعويض عن a في المعادلة (5) لإيجاد T:

$$(7) \quad T = \left(\frac{m_1 m_2 (\sin\theta + 1)}{m_1 + m_2}\right) g$$

الدكتور حازم فلاح سكيك
www.trgma.com

اللمسة الأخيرة البلوك يتحرك بعجلة للأسفل على السطح المائل فقط اذا كانت $m_2 g \sin\theta > m_1$. اذا كانت $m_1 < m_2 g \sin\theta$ فان الحركة ستكون بعجلة للأعلى بالنسبة للبلوك وللأسفل بالنسبة للكرة. كذلك لاحظ ان نتيجة العجلة، المعادلة (6)، يمكن ان تفسر على انها مقدار القوة الخارجية المحصلة المؤثرة على نظام البلوك والكرة مقسومة على كتلة النظام، هذه النتيجة متفقة مع قانون نيوتن الثاني.

ماذا لو؟ ماذا يحدث اذا كانت $\theta = 90^o$؟

الإجابة: إذا كانت $\theta = 90^o$ فان السطح المائل سيصبح عموديا ولا يوجد هناك تفاعل بين السطح والكتلة m_2. ولهذا فان هذه المسألة ستصبح آلة اتوود كما في المثال 9.5. جعل $\theta \to 90^o$ في المعادلتين (6) و(7) سيجعل المعادلتين تختزلان للمعادلتين (3) و(4) في المثال 9.5!

ماذا لو؟ ماذا لو كانت $m_1 = 0$؟

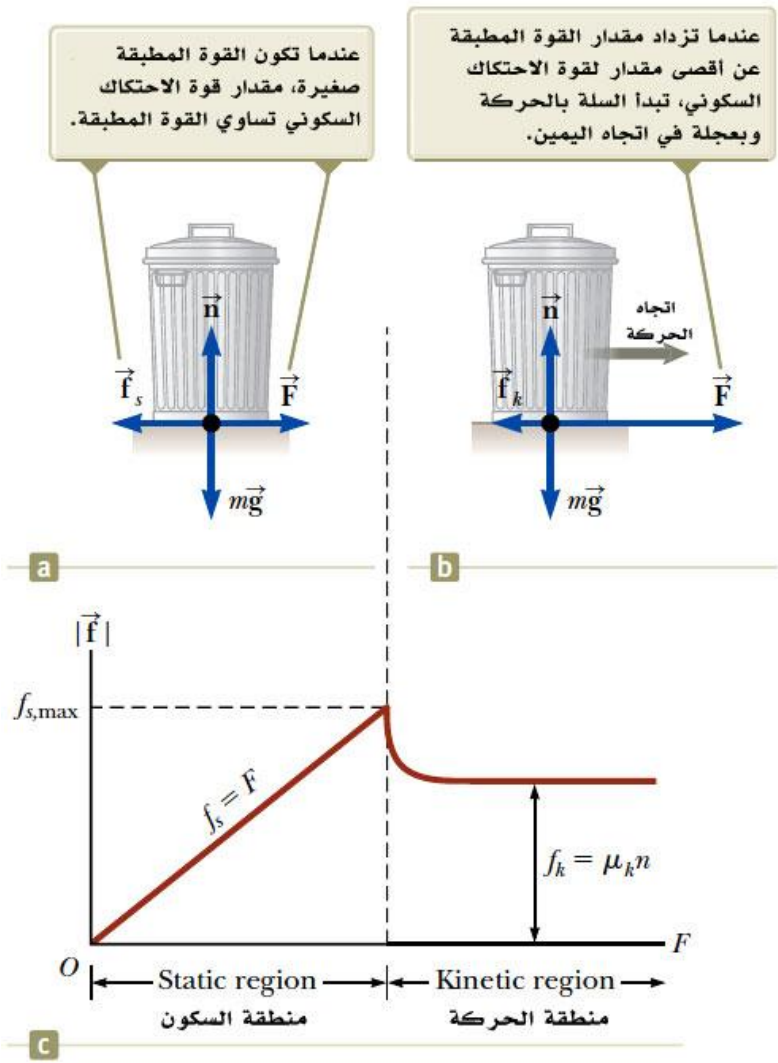
الإجابة: اذا كانت $m_1 = 0$ فان الكتلة m_2 ببساطة سوف تنزلق لاسفل على السطح المائل بدون ان تتفاعل مع الكتلة m_1 من خلال الحبل. ولهذا فان هذه المسألة سوف تصبح مثل مسألة السيارة المنزلقة في المثال 6.5. وبجعل $m_1 \to 0$ في المعدلة (6) فان النتيجة سوف تصبح نفس المعادلة (3) في المثال 6.5!

الدكتور حازم فلاح سكيك
www.trgma.com

8.5 قوى الاحتكاك Forces of Frictions

عندما يكون جسم متحركا اما على سطح او في وسط لزج مثل الهواء او الماء، ستكون هناك مقاومة للحركة لان الجسم يتفاعل مع المحيط له. نسمي هذه المقاومة بقوة الاحتكاك force of friction. قوى الاحتكاك مهمة جدا لحياتنا اليومية. فهذه القوى تسمح لنا بالمشي او الجري وهي ضرورية لحركة عجلات السيارة.

تخيل انك تعمل في حديقة منزلك وقد جمعت كل الفضلات ووضعتها في سلة المهملات. وحاولت ان تسحب سلة المهملات على سطح فناء الحديقة الاسمنتي كما في الشكل a16.5. هذا السطح حقيقي وليس مثالي، أي انه ليس سطح عديم الاحتكاك. اذا طبقت قوة خارجية افقية $\vec{F}$ على سلة المهملات. فان القوة المؤثرة على سلة المهملات التي تواجه القوة $\vec{F}$ وتمنعها من الحركة إلى اليسار تعرف باسم قوة الاحتكاك السكوني force of static friction ويرمز لها بـ $\vec{f}_s$.طالما ان السلة لا تتحرك، فان $f_s = F$. ولهذا اذا زادت $\vec{F}$ فان $\vec{f}_s$ تزداد ايضا. وبالمثل اذا قلت $\vec{F}$ فان $\vec{f}_s$ تقل ايضا.



الشكل 16.5 (a) و(b) عندما تسحب السلة، يكون اتجاه قوة الاحتكاك $\vec{f}$ بين السلة والسطح الخشن في عكس اتجاه القوة المطبقة $\vec{F}$. (c) منحنى يوضح تغير قوة الاحتكاك مع القوة المطبقة لاحظ ان $f_{s,max} > f_k$.

الدكتور حازم فلاح سكيك
www.trgma.com

تبين التجارب ان قوة الاحتكاك تنشي من طبيعة السطحين بسبب خشونتها فان الاتصال بين السطحين يكون فقط في مواقع قليلة حيث تكون قمم المادة متلامسة. عند هذه المواقع، تزداد قوة الاحتكاك لان قمة واحدة تمنع حركة قمة السطح المقابل وكذلك بسبب الرابطة الكيميائية للقمم المتقابلة عندما يصبحوا على اتصال. بالرغم من ان تفاصيل الاحتكاك معقدة عند دراستها على المستوى الذري، فهذه القوة ايضا تشمل التأثير الكهربي المتبادل بين الذرات والجزيئات.

اذا قمنا بزيادة مقدار القوة $\vec{F}$ كما في الشكل b16.5، فان السلة في النهاية سوف تتحرك. عندما تكون السلة على حافة الحركة، تكون f_s في اقصى قيمة لها $f_{s,max}$ كما هو موضح في الشكل c16.5. عندما تصبح F اكبر من $f_{s,max}$، فان السلة يمكن ان تتحرك وتمتلك عجلة إلى اليمين. ونسمي قوة الاحتكاك للجسم في حالة حركة بقوة الاحتكاك الحركي force of kinetic friction ويرمز لها بـ $\vec{f}_k$. عندما تكون السلة في حالة حركة، فان قوة الاحتكاك الحركي للسلة اقل من $f_{s,max}$ (الشكل c16.5). القوة المحصلة $F - f_k$ في اتجاه محور x تسبب عجلة إلى اليمين، طبقا لقانون نيوتن الثاني. اذا كانت $F = f_k$، فان العجلة تساوي صفر والسلة تتحرك في اتجاه اليمين بسرعة ثابتة. اذا ازيلت القوة المطبقة $\vec{F}$ على السلة المتحركة فان قوة الاحتكاك $\vec{f}_k$ المؤثرة في اتجاه اليسار سوف تؤثر على السلة بعجلة في اتجاه محور x السالب وفي النهاية تتوقف السلة عن الحركة، وهذا ايضا متفق مع قانون نيوتن الثاني.

الدكتور حازم فلاح سكيك
www.trgma.com

عمليا، وجدنا بتقريب جيد ان كلا من $f_{s,max}$ وf_k تتناسبا طرديا مع مقدار القوة العمودية المبذولة على الجسم بواسطة السطح. الوصف التالي لقوة الاحتكاك معتمد على الملاحظات العملية ويمكن ان يستخدم كنموذج يستخدم في حل مسائل على قوة الاحتكاك:

- مقدار قوة الاحتكاك السكوني بين أي سطحين في حالة اتصال لها القيمة

$$f_s \leq \mu_s n \qquad (5.9)$$

حيث ان الثابت μ_s ليس له وحدات ويعرف باسم معامل الاحتكاك السكوني *coefficient of static friction* وn هي مقدار القوة العمودية المبذولة بواسطة السطع على السطح الأخر. التساوي في المعادلة 9.5 يتحقق عندما يكون السطحين على حافة الانزلاق، عندما $f_s = f_{s,max} = \mu_s n$. هذه الحالة تعرف باسم على وشك الحركة. ويتحقق عدم التساوي عندما يكون السطحين ليسا على حافة الانزلاق.

- مقدار قوة الاحتكاك الحركي المؤثرة بين سطحين هي

$$F_k = \mu_k n \qquad (5.10)$$

حيث μ_k هي معامل الاحتكاك الحركي *coefficient of kinetic friction*. بالرغم من ان معامل الاحتكاك الحركي يمكن ان يختلف مع السرعة، الا اننا سوف نهمل مثل هذه التغيرات في هذا الكتاب.

- قيم μ_k وμ_s تعتمد على طبيعة الاسطح، ولكن قيمة μ_k بصفة عامة اقل من μ_s. والقيم التقليدية تقع في المدى من 0.03 إلى 1.0. الجدول 1.5 يعرض بعض القيم.

تجنب خطأ شائع 9.5

اشارة التساوي تستخدم لحالات محدودة

المعادلة 9.5، اشارة التساوي تستخدم فقط في حالة ان السطح على وشك الحركة. فلا تقع في الخطأ الشائع بان تستخدم $f_s = \mu_s n$ في أى حالة سكون.

تجنب خطأ شائع 10.5

معادلات الاحتكاك

المعادلتين 9.5 و10.5 ليست معادلات متجهة. هي علاقات بين مقادير متجهات تمثل الاحتكاك والقوة العمودية. لان الاحتكاك والقوة العمودية عموديتين على بعضهما البعض، وبالتالي المتجهات لا يمكن ان ترتبط بثوابت مضاعفة.

الدكتور حازم فلاح سكيك
www.trgma.com

- اتجاه قوة الاحتكاك على جسم موازية للسطح المتصل مع الجسم ويعاكس اتجاه الحركة الحقيقية (الاحتكاك الحركي) او على وشك الحركة (الاحتكاك السكوني) للجسم بالنسبة للسطح.

- معاملي الاحتكاك تقريبا لا يعتمدان علىمساحة تلامس السطحين. وقد نتوقع أنه اذا وضع جسم على السطح ذو المساحة الاكبر قد تزيد قوة الاحتكاك. بالرغم من ان ذلك يعمل على زيادة نقاط الاتصال بين السطحين، الا ان وزن الجسم سيكون موزع على مساحة أكبر والنقاط المفردة لن تكون منضغطة على بعض بشكل كبير. لان هذه التأثيرات تعادل بعضها البعض، وفي النهاية تكون قوة الاحتكاك غير معتمدة على المساحة.

الجدول 1.5 معاملات الاحتكاك

	μ_s	μ_k
Rubber on concrete	1.0	0.8
Steel on steel	0.74	0.57
Aluminum on steel	0.61	0.47
Glass on glass	0.94	0.4
Copper on steel	0.53	0.36
Wood on wood	0.25–0.5	0.2
Waxed wood on wet snow	0.14	0.1
Waxed wood on dry snow	—	0.04
Metal on metal (lubricated)	0.15	0.06
Teflon on Teflon	0.04	0.04
Ice on ice	0.1	0.03
Synovial joints in humans	0.01	0.003

ملاحظة: كل القيم المدرجة مقربة. في بعض الحالات، يمكن ان يزيد معامل الاحتكاك عن 1

تجنب خطأ شائع 11.5

اتجاه قوة الاحتكاك

في بعض الاحيان، تذكر جمل غير صحيحة عن قوة الاحتكاك بين الجسم والسطح المصنوع منه-"قوة الاحتكاك على الجسم تعاكس حركته او بداية الحركة"- بدلا من التعبير الصحيح، "قوة الاحتكاك على جسم تعاكس حركته او بداية حركته بالنسبة للسطح".

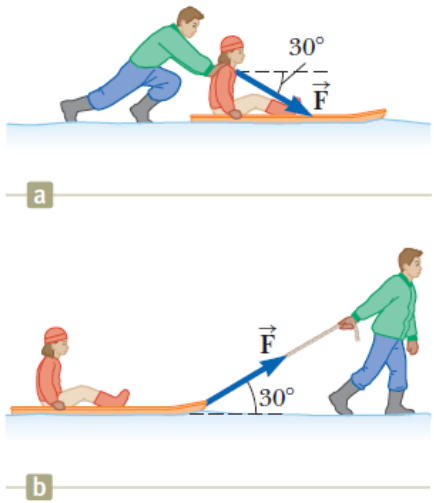
الدكتور حازم فلاح سكيك
www.trgma.com

سؤال للتفكير 6.5

قمت بضغط كتاب الفيزياء المستوي بيدك على جدار عمودي. ما هو اتجاه قوة الاحتكاك المبذولة بواسطة الجدار على الكتاب؟ (a) للأسفل (b) للأعلى (c) في اتجاه الخروج من الجدار (d) في اتجاه الدخول على الجدار.

سؤال للتفكير 7.5

انت تقوم باللعب مع اختك في الثلج. جلست اختك على زلاجة وطلبت منك ان تدفعها على سطح مستوي افقي. لديك خيار (a) ان تدفعها من الخلف بتطبيق قوة للأسفل على كتفيها بزاوية 30^o اسفل الخط الافقي (الشكل a17.5) او (b) تربط الطرف الامامي للزلاجة بحبل وتسحب بقوة عند زاوية 30^o فوق الخط الافقي (الشكل b17.5) أي من هما اسهل لك ولماذا؟.



الشكل 17.5 (سؤال التفكير 7.5) تقوم بدفع اختك على الثلج اما (a) تطبيق قوة على كتفيها أو (b) سحبها بحبل.

الدكتور حازم فلاح سكيك
www.trgma.com

مثال 11.5 تجربة عملية لتعيين μ_s و μ_k

فيما يلي طريقة بسيطة لقياس معاملات الاحتكاك. افترض بلوك موضوع على سطح خشن مائل بالنسبة للأفقي كما في الشكل 18.5. تم زيادة زاوية ميل السطح حتى بدأ البلوك بالحركة. اثبت انه يمكن تعيين μ_s عن طريق قياس الزاوية الحرجة θ_c التي عندها بدأت الحركة.

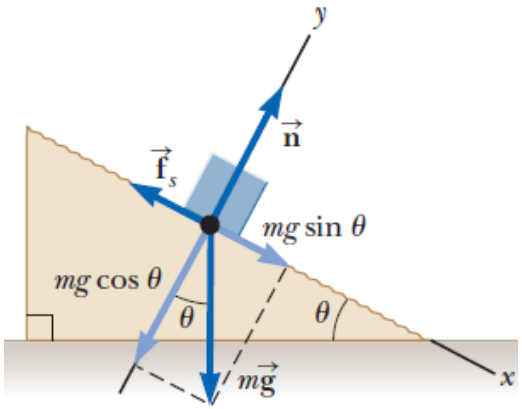
الحل:

تصور المسألة اعتبر الشكل 18.5 وتخيل ان البلوك يميل إلى ان يتحرك للأسفل نتيجة لقوة الجاذبية. ولمحاكاة هذه الحالة، ضع قطعة نقود على غلاف كتاب وقم بإمالة الكتاب تدريجيا حتى تبدأ قطعة النقود بالحركة. لاحظ كيف ان هذا المثال يختلف عن المثال 6.5. عندما لا يكون هناك احتكاك على السطح، أي زاوية يوجد عندها المنحدر المائل سوف تسبب حركة للجسم الساكن. عندما يكون هناك احتكاك لا توجد حركة للجسم عند زوايا اقل من الزاوية الحرجة.

تصنيف المسألة يتعرض البلوك لعدة قوى مختلفة. لأننا نقوم برفع المستوى لزاوية عندها يكون البلوك جاهزا للحركة ولكن لم يتحرك بعد، نصنف البلوك كجسيم في حالة اتزان.

التحليل الشكل 18.5 يوضح القوى على البلوك: قوة الجاذبية $m\vec{g}$، القوة العمودية $\vec{n}$ وقوة الاحتكاك السكوني $\vec{f}_s$، سوف نختار المحور x موازيا للمستوى المائل والمحور y عموديا عليه.

بتطبيق المعادلة 8.5 على البلوك على الاتجاهين x و y:



الشكل 18.5 (المثال 11.5) القوى الخارجية المبذولة على البلوك الموضوع على سطح خشن مائل هي قوة الجاذبية $m\vec{g}$، والقوة العمودية $\vec{n}$ وقوة الاحتكاك $\vec{f}_s$، وهنا تم تحليل قوة الجاذبية الى مركبة $mg\sin\theta$ على امتداد السطح المائل ومركبة $mg\cos\theta$ عمودية على السطح المائل.

الدكتور حازم فلاح سكيك
www.trgma.com

$$(1) \quad \sum F_x = mg \sin\theta - fs = 0$$
$$(2) \quad \sum F_y = n - mg \cos\theta = 0$$

بالتعويض عن $mg=n/\cos\theta$ من المعادلة (2) في المعادلة (1):

$$(3) \quad f_s = mg \sin\theta\left(\frac{n}{\cos\theta}\right) \sin\theta = n \tan\theta$$

عندما تزداد زاوية الانحدار حتى يوشك البلوك على الحركة، فان قوة الاحتكاك السكوني تصل إلى اعلى قيمة لها $\mu_s n$. الزاوية θ في هذه الحالة هي الزاوية الحرجة θ_c. بالتعويض عن ذلك في المعادلة (3):

$$\mu_s n = n \tan\theta_c$$
$$\mu_s = \tan\theta_c$$

على سبيل المثال، اذا بدأ البلوك بالحركة عند $\theta_c=20.0^o$، نجد ان $\mu_s = \tan 20.0^o = 0.364$.

اللمسة الأخيرة بمجرد ان يبدأ البلوك بالحركة عند $\theta \geq \theta_c$، فانه يتسارع للأسفل وتكون قوة الاحتكاك هي $f_k = \mu_k n$. اذا قلت الزاوية θ عن الزاوية الحرجة θ_c، فانه من الممكن ان تجد زاوية حرجة θ'_c بحيث يتحرك البلوك للأسفل بسرعة ثابتة كجسيم في حالة اتزان مرة اخرى ($a_x = 0$). في هذه الحالة، استخدم المعادلتين (1) و(2) مع استبدال f_s بـ f_k لإيجاد μ_k:

$$\mu_k = \tan\theta'_c \quad \text{حيث} \quad \theta'_c < \theta_c$$

مثال 12.5 قرص الهوكي المنزلق

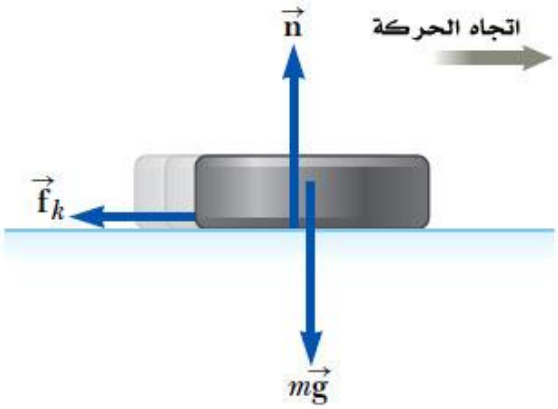
قرص هوكي على سطح جليدي اعطي سرعة ابتدائية مقدارها 20.0m/s. اذا بقى القرص دائما على الجليد وانزلق مسافة 115 m قبل ان يصل إلى حالة السكون، عين معامل الاحتكاك الحركي بين قرص الهوكي والجليد.

الحل:

تصور المسألة تخيل ان قرص الهوكي في الشكل 19.5 ينزلق إلى اليمين وفي النهاية يتوقف عن الحركة نتيجة لقوة الاحتكاك الحركي.

تصنيف المسألة القوى المؤثرة على القرص معرفة في الشكل 19.5، ولكن نص المثال يعطي معلومات عن كينماتيكا الحركة. لهذا، فإننا نصنف المسألة بطريقتين. الاولى، تشمل جسيم يقع تحت تأثير قوة محصلة: الاحتكاك الحركي يسبب تسارع للقرص. علاوة على ان نموذج قوة الاحتكاك الحركي لا تعتمد على السرعة، فان عجلة القرص تكون ثابتة. ولهذا يمكن ان نصنف المسألة على انها جسيم يتحرك بعجلة ثابتة.

التحليل اولا، لنحسب العجلة بطريقة جبرية بدلالة معامل الاحتكاك الحركي، باستخدام قانون نيوتن الثاني. بمجرد ان نعرف عجلة القرص والمسافة التي تحركها، معادلات الكينماتيكا يمكن ان تستخدم لإيجاد القيمة العددية لمعامل الاحتكاك الحركي. المخطط في الشكل 19.5 يوضح القوى المؤثرة على القرص.



الشكل 19.5 (المثال 12.5) بعد ان زود القرص بسرعة ابتدائية إلى اليمين، فان القوى الخارجية المؤثرة عليه هي قوة الجاذبية $m\vec{g}$، والقوة العمودية $\vec{n}$ وقوة الاحتكاك $\vec{f}_k$.

الدكتور حازم فلاح سكيك
www.trgma.com

بتطبيق نموذج جسيم تحت تأثير قوة محصلة على محور x ومحور y على القرص:

$$(1) \quad \sum F_x = -f_k = ma_x$$
$$(2) \quad \sum F_y = n - mg = 0$$

بالتعويض عن $n = mg$ من المعادلة (2) و $f_k = \mu_k n$ في المعادلة (1):

$$-\mu_k n = -\mu_k mg = ma_x$$
$$a_x = -\mu_k g$$

الاشارة السالبة تعني ان العجلة في اتجاه اليسار في الشكل 19.5. لان سرعة القرص في اتجاه اليمين، والقرص يتباطأ. العجلة لا تعتمد على كتلة القرص وثابتة لأننا افترضنا ان μ_k تبقى ثابتة.

بتطبيق نموذج جسيم يتحرك بعجلة ثابتة على القرص، باستخدام المعادلة 17.2 $v_{xf}^2 = v_{xi}^2 + 2a_x(x_f - x_i)$، مع التعويض عن $x_i = 0$ و $v_f = 0$.

$$0 = v_{xi}^2 + 2a_x x_f = v_{xi}^2 - 2\mu_k g x_f$$

بالحل لمعامل الاحتكاك الحركي:

$$\mu_k = \frac{v_{xi}^2}{2gx_f}$$

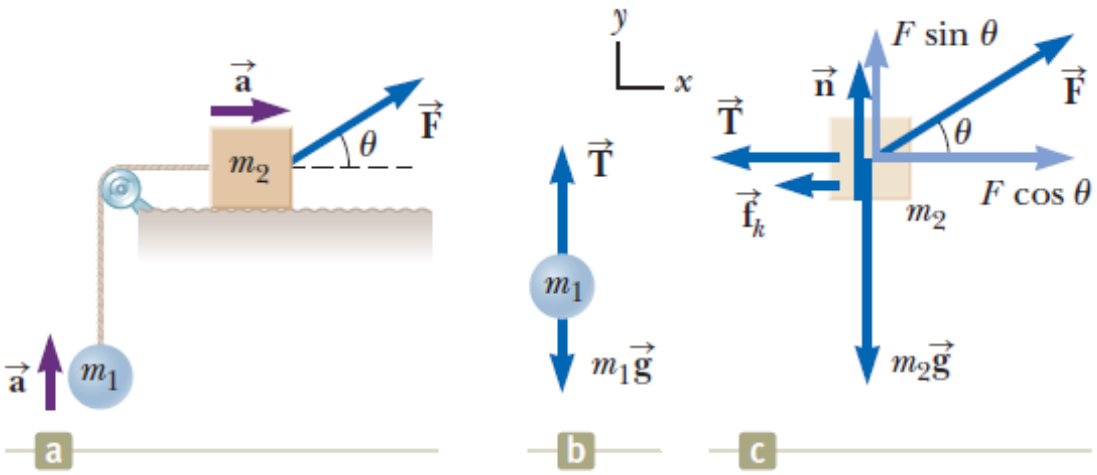
بالتعويض بالقيم العددية:

$$\mu_k = \frac{(20.0\ m/s)^2}{2(9.8\ m/s^2)(115\ m)} = 0.117$$

اللمسة الاخيرة لاحظ ان μ_k ليس لها ابعاد، كما سبق وان ذكر، وكذلك القيمة الصغيرة متفق مع كون الحركة على سطح جليدي.

مثال 13.5 تعجيل جسمين متصلين في وجود احتكاك

بلوك كتلته m_2 على سطح افقي خشن متصل مع كرة كتلتها m_1 بواسطة حبل خفيف الوزن يتحرك على بكرة عديمة الاحتكاك وخفيفة الوزن كما في الشكل a20.5. طبقت قوة مقدارها F عند زاوية θ مع الافقي على البلوك كما في الشكل الموضح، ينزلق البلوك إلى اليمين. معامل الاحتكاك الحركي بين البلوك والسطح هو μ_k. حدد مقدار العجلة التي يتحرك بها الجسمين.



الشكل 20.5 (المثال 13.5) القوة الخارجية $\vec{F}$ المطبقة كما في الشكل تسبب حركة البلوك بعجلة إلى اليمين. (b، c) مخطط يوضح القوى المؤثرة على الجسمين، بافتراض ان البلوك يتحرك بعجلة إلى اليمين والكرة تتحرك بعجلة للأعلى.

الدكتور حازم فلاح سكيك
www.trgma.com

الحل:

تصور المسألة تخيل ماذا يحدث عندما تطبق قوة خارجية $\vec{F}$على البلوك. بافتراض ان $\vec{F}$ ليست كبيرة بما فيه الكفاية لرفع البلوك، فان البلوك سينزلق لليمين والكرة ترتفع للأعلى.

تصنيف المسألة يمكن ان نحدد القوى ومنها نريد ان نعرف العجلة، لذا نصنف هذه المسألة على انها جسمين يقعا تحت تأثير قوة محصلة. هما البلوك والكرة.

التحليل في البداية نرسم مخطط القوى للجسمين كما في الشكل b20.5 والشكل c20.5. لاحظ ان الحبل يبذل قوة مقدارها T على كلا الجسمين. القوة المطبقة $\vec{F}$ لها مركبتين هما $F\cos\theta$ و $F\sin\theta$ على التوالي. لان الجسمين متصلين، يمكن ان نساوي مقدار مركبات x لعجلة البلوك مع مركبة y لعجلة الكرة ونسمي كلاهما a. لنفترض ان حركة البلوك في اتجاه اليمين.

بتطبيق نموذج الجسيم تحت قوة محصلة للبلوك في الاتجاه الافقي:

$$(1) \quad \sum F_x = F\cos\theta - f_k - T = m_2 a_x = m_2 a$$

لان البلوك يتحرك على المسار الافقي فقط، بتطبيق نموذج جسيم في حالة اتزان على البلوك في الاتجاه الرأسي:

$$(2) \quad \sum F_y = n + F\sin\theta - m_2 g = 0$$

بتطبيق نموذج جسيم تحت قوة محصلة على الكرة في الاتجاه الرأسي:

$$(3) \quad \sum F_y = T - m_1 g = m_1 a_y = m_1 a$$

بحل المعادلة (2) لـ n:

$$n = m_2 g - F\sin\theta$$

الدكتور حازم فلاح سكيك
www.trgma.com

بالتعويض عن n في $f_k = \mu_k n$ من المعادلة 10.5:

$$(4) \quad f_k = \mu_k(m_2 g - F\sin\theta)$$

بالتعويض من المعادلة (4) وقيمة T من المعادلة (3) في المعادلة (1):

$$F\cos\theta - \mu_k(m_2 g - F\sin\theta) - m_1(a+g) = m_2 a$$

بالحل لإيجاد a:

$$(5) \quad a = \frac{F(\cos\theta + \mu_k \sin\theta) - (m_1 + \mu_k m_2)g}{m_1 + m_2}$$

اللمسة الأخيرة عجلة البلوك يمكن ان تكون لليمين او لليسار بالاعتماد على اشارة المقام في المعادلة (5). اذا كانت الحركة لليسار، يجب ان نعكس اشارة f_k في المعادلة (1) لان قوة الاحتكاك الحركي يجب ان تكون عكس اتجاه حركة البلوك بالنسبة للسطح. في هذه الحالة، قيمة العجلة a هي نفسها في المعادلة (5)، مع تغير اشارتي البسط الموجبة الى اشارات سالبة.

إلى ماذا سوف تختزل المعادلة (5) اذا انعدمت القوة الخارجية $\vec{F}$ واصبح السطح عديم الاحتكاك. لنفترض ان المعادلة الجديدة هي المعادلة (6). هل التعبير الجبري يتماشى مع انطباعاتك حول الوضع الفيزيائي لهذه الحالة؟ الان عد إلى المثال السابق 10.5 وضع الزاوية θ تساوي صفر في المعادلة (6) لهذا المثال. كيف ترى المعادلة الناتجة مقارنة مع المعادلة (6) هنا في المثال 13.5؟ هل يجب ان تقارن التعبيرات الجبرية بهذه الطريقة بالاعتماد على الحالة الفيزيائية؟

الدكتور حازم فلاح سكيك
www.trgma.com

الخلاصةSummary

تعاريف Definitions

محور الاسناد القصوري هو محور اسناد يكون فيه الجسم لا يتفاعل مع اجسام اخرى لها عجلة تساوي صفر. أي محور اسناد يتحرك بسرعة ثابتة بالنسبة لمحور اسناد قصوري يعتبر محور قصوري ايضا.

نعرف **القوة** على انها المسبب للتغير في حركة الجسم.

مبادئ واساسياتConcepts and Principles

قانون نيوتن الأول ينص على انه من الممكن ان نجد محور اسناد قصوري بحيث ان جسم لا يتفاعل مع اجسما اخرى لها عجلة تساوي صفر، او في حالة غياب القوة الخارجية عندما ننظر لجسم من محور اسناد قصوري فان الجسم الساكن يبقى ساكنا والجسم المتحرك بسرعة ثابتة في خط مستقيم يبقى متحركا.

قانون نيوتن الثاني ينص على ان العجلة التي يمتلكها جسم تتناسب طرديا مع القوة المحصلة المؤثرة عليه وتتناسب عكسيا مع كتلته.

الدكتور حازم فلاح سكيك
www.trgma.com

قانون نيوتن الثالث ينص على ان جسمين بينهما تفاعل فان القوة التي يبذلها الجسم 1 على الجسم 2 تساوي في المقدار وتعاكسها في الاتجاه القوة التي يبذلها الجسم 2 على الجسم 1.

قوة الجاذبية التي يتأثر بها جسم تساوي حاصل ضرب كتلة الجسم في عجلة الجاذبية $\vec{F}_g = m\vec{g}$.

وزن الجسم هو مقدار قوة الجاذبية المؤثرة على الجسم.

اكبر **قوة احتكاك سكوني** $\vec{f}_{s,max}$ بين جسم وسطح تتناسب طرديا مع القوة العمودية المؤثرة على الجسم. بصفة عامة $f_s \leq \mu_s n$، حيث ان μ_s هي معامل الاحتكاك السكوني و n مقدار القوة العمودية.

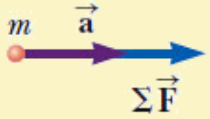
عندما ينزلق جسم على سطح، فان مقدار قوة الاحتكاك الحركي $\vec{f}_k$ تساوي $f_k = \mu_k n$، حيث μ_k هي معامل الاحتكاك الحركي.

الدكتور حازم فلاح سكيك
www.trgma.com

نماذج تحليل لحل المسائلAnalysis Models for Problem Solving

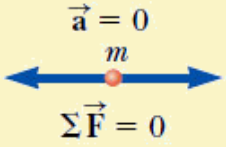
جسيم تحت تأثير محصلة قوى اذا كان جسيم كتلته m يتعرض لقوة لا تساوي صفر، فان عجلته مرتبطة بالقوة المحصلة بواسطة قانون نيوتن الثاني:

$$\sum \vec{F} = m\vec{a} \qquad (5.2)$$



جسيم في حالة اتزان اذا حافظ جسيم على سرعة ثابتة (بحيث ان عجلته تساوي صفر $\vec{a} = 0$)، وهذا يشمل ايضا ان تكون سرعته تساوي صفر، فان القوى المؤثرة على الجسيم تتوازن ويصبح قانون نيوتن الثاني

$$\sum \vec{F} = 0 \qquad (5.8)$$



الدكتور حازم فلاح سكيك
www.trgma.com

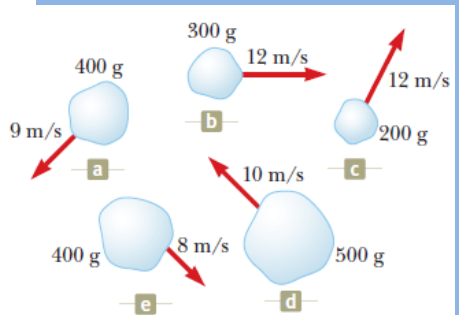
اسئلة موضوعية Objective Questions

(1) اجريت تجربة على قرص هوكي على طاولة هوكي هوائية، حيث يكون الاحتكاك مهملا. طبقت قوة افقية ثابتة على القرص وتم قياس عجلة القرص. الان اذا افترضنا ان القرص ارسل إلى الفضاء الخارجي، حيث كلا من الاحتكاك والجاذبية مهملتين. طبقت نفس القوة على قرص الهوكي، وقيست عجلة القرص. ما هي عجلة القرص في الفضاء الخارجي؟ (a) انها اكبر من العجلة على الارض. (b) انها نفس العجلة على الأرض. (c) انها اقل من العجلة على الأرض. (d) انها كبيرة جدا لان العجلة تتناسب عكسيا مع الوزن، ووزن القرص في الفضاء صغير جدا ولكنه ليس صفر.

(2) في الشكل OQ5.2، عربة محرك قطار اخترقت جدار محطة القطارات بعد ان حطمته. خلال التصادم، ماذا تقول عن القوة المبذولة بواسطة عربة محرك القطار على الجدار. (a) القوة المبذولة بواسطة عربة القطار على الجدار اكبر من القوة المبذولة بواسطة الجدار على العربة. (b) القوة المبذولة بواسطة عربة القطار على الجدار تساوي في المقدار القوة المبذولة بواسطة الجدار على العربة. (c) القوة المبذولة بواسطة عربة القطار على الجدار اقل من القوة المبذولة بواسطة الجدار على العربة. (d) لا يمكن ان نقول ان الجدار بذل قوة لأنه في النهاية تحطم.

(3) طلاب الصف الثالث على جانب من ساحة المدرسة وطلاب الصف الرابع على الجانب المقابل. قاموا بإلقاء كرات ثلج على بعضهما البعض. بينهم كرات ثلج بمختلف الكتل تتحرك بسرعات مختلفة كما في الشكل OQ5.3. رتب كرات

الشكل OQ5.2



الشكل OQ5.3

الدكتور حازم فلاح سكيك
www.trgma.com

الثلج من (a) حتى (e) حسب مقدارالقوة الكلية المبذولة على كل واحدة. اهمل مقاومة الهواء. اذا كانت كرتين لهما نفس الرتبة حدد هذا بوضوح.

(4) مدير قسم المخزن يدفع بقوة افقية مقدارها 200 N صندوق به قمصان. ينزلق الصندوق عبر الممر الافقي بعجلة امامية. لا يوجد شيء اخر يلمس الصندوق. ما هو الذي يجب ان يكون صحيحا عن مقدار قوة الاحتكاك الحركي المؤثر على الصندوق (اختر واحدة)؟ (a) اكبر من 200 N. (b) اقل من 200 N. (c) مساوية لـ 200 N. (d) ليس أي من هذه الاجابات بالضرورة ان يكون صحيحا.

(5) ساق شاحنة فارغة مسرعة يضغط على الفرامل ليتوقف انزلقت الشاحنة مسافة d قبل ان تتوقف. في المحاولة الثانية، كانت الشاحنة محملة بما يعادل مرتين من كتلتها. ما هي المسافة التي سوف تنزلق عليها الشاحنة قبل ان تتوقف؟ (a) $4d$ (b) $2d$ (c) $\sqrt{2}d$ (d) $d/2$.

(6) يضغط سائق شاحنة على الفرامل وينزلق مسافة d حتى يتوقف. في محاولة أخرى كانت سرعة الشاحنة الابتدائية نصف سرعته في الحالة الأولى. ما هي المسافة التي سوف تنزلق عليها الشاحنة قبل ان تتوقف؟ (a) $2d$ (b) d (c) $d/2$ (d) $d/4$.

(7) جسم كتلته m يتحرك بعجلة $\vec{a}$ في اتجاه الاسفل على منحدر خشن. أي من القوى التالية سوف يظهر في مخطط الجسم الحر للجسم؟ اختر كل الاجابات الصحيحة. (a) قوة الجاذبية المبذولة بواسطة الارض (b) $m\vec{a}$ في اتجاه الحركة

الدكتور حازم فلاح سكيك
www.trgma.com

(c) القوة العمودية المبذولة بواسطة المنحدر (d) قوة الاحتكاك المبذولة بواسطة المنحدر (e) القوة المبذولة بواسطة الجسم على المنحدر.

(8) عربة كبيرة كتلتها m وضعت على سطح مستوي لشاحنة ولكنها غير مثبته بإحكام. عندما تتسارع الشاحنة للأمام بعجلة a، تبقى العربة ساكنة بالنسبة للشاحنة. ما هي القوة التي تسبب تسارع للعربة؟ (a) القوة العمودية (b) قوة الجاذبية (c) قوة الاحتكاك القوة ma المبذولة بواسطة العربة (d) لا تحتاج قوة.

(9) عربة تبقى مستقرة بعد ان وضعت على منحدر مائل بزاوية بالنسبة للأفقي. أي من هذه العبارات صحيحة حول مقدار قوة الاحتكاك المؤثرة على العربة؟ اختر كل الاجابات الصحيحة. (a) انها اكبر من وزن العربة. (b) انها تساوي $\mu_s n$. (c) انها اكبر من مركبة قوة الجاذبية التي تؤثر لأسفل المنحدر. (d) انها تساوي مركبة قوة الجاذبية المؤثرة لأسفل المنحدر. (e) انها اقل من مركبة قوة الجاذبية التي تؤثر لأسفل المنحدر.

(10) جسم كتلته m ينزلق بسرعة v_i في لحظة ما على سطح طاولة مستوي، معامل احتكاكه الحركي μ. ثم تتحرك مسافة d وتقف. أي من المعادلات التالية للسرعة v_i مقبولا؟ (a) $v_i = \sqrt{-2\mu mgd}$ (b) $v_i = \sqrt{2\mu mgd}$ (c) $v_i = \sqrt{-2\mu gd}$ (d) $v_i = \sqrt{2\mu gd}$ (e) $v_i = \sqrt{2\mu d}$

(11) جسم في حالة اتزان، أي من العبارات التالية غير صحيحة؟ (a) سرعة الجسم تبقى ثابتة. (b) عجلة الجسم صفر. (c) محصلة القوة المؤثرة على الجسم تساوي صفر. (d) الجسم يجب ان يكون في حالة سكون. (e) هناك قوتين على الأقل تؤثران على الجسم.

الدكتور حازم فلاح سكيك
www.trgma.com

(12) شاحنة محملة برمل تسير بعجلة على الطريق السريع. قوة المحرك للشاحنة تبقى ثابتة. ماذا يحدث لعجلة الشاحنة عندما يتسرب الرمل بمعدل ثابت من خلال فتحة في اسفل الشاحنة.؟ (a) انها تتناقص بمعدل ثابت. (b) انها تتزايد بمعدل ثابت. (c) انها تتزايد ثم تتناقص. (d) انها تتناقص ثم تتزايد. (e) تبقى ثابتة.

(13) جسمان متصلان بحبل يمر عبر بكرة عديمة الاحتكاك كما في الشكل a14.5، حيث $m_1<m_2$ و a_1 و a_2 قيمة العجلة للجسمين. أي من العبارات الرياضية التالية صحيحة بالنسبة لمقدار العجلة a_2 والكتلة m_2؟ (a) $a_2<g$ (b) $a_2>g$ (c) $a_2 = g$ (d) $a_2<a_1$ (e) $a_2>a_1$

أسئلة نظرية Conceptual Questions

(1) تمسك فتاة كرة في يدها. (a) حدد جميع القوى الخارجية التي تؤثر على الكرة وعلى رد الفعل لقانون نيوتن الثالث لكل واحد. (b) اذا اسقطت الكرة، ما هي القوة المبذولة عليها عندما تسقط؟ حدد رد فعل القة في هذه الحالة (اهمل مقاومة الهواء).

(2) اذا تحركت سيارة غربا بسرعة ثابتة مقدارها 20 m/s، ما هي القوة المحصلة المؤثرة عليها؟

(3) في أحد مشاهد الصور المتحركة حدث في ذات ليلة (صورة كلومبيا، 1934). كان كلارك جابريل واقفا داخل باص امام كلوديت كولبير، الجالسة. فجأة بدأ الباص بالحركة للأمام وسقط كلارك. ما سبب حدوث ذلك؟

الدكتور حازم فلاح سكيك
www.trgma.com

(4) يديك مبتلة وعلبة الورق فارغة. ماذا تفعل للحصول على قطرات ماء من يديك. كيف تكون حركة القطرات ممثلة لقانون من قوانين نيوتن؟ أي قانون منهم؟

(5) مسافرة تجلس في مؤخرة باص وقد اصيبت بأذى عندما ضغط السائق على الفرامل فجأة، نتج عن ذلك اندفاع حقيبة في اتجاهها قادمة من مقدمة الباص. اذا كنت القاضي هذه الحالة، ما هو الإجراء الذي سوف تتخذه؟ لماذا؟

(6) بالون مطاطي كروي الشكل منفوخ بالهواء ممسك به ساكنا بحيث تكون فتحته الموجهة غربا مقفلة عن طريق ضمها. (a) اوصف القوى المبذولة بواسطة الهواء في داخل البالون وخارجه على سطحه المطاطي. (b) بعد ان ترك البالون فانه اندفع ناحية الشرق، مكتسبا سرعة. اشرح هذه الحركة بدلالة القوى التي تؤثر على المطاط. (c) احسب حركة الصاروخ عند انطلاقه من الارض.

(7) اذا امسكت ساق حديدة افقية فوق سطح الارض ببضعة سنتيمترات وحركتها خلال العشب، كل ورقة عشب انحت بعيدا عن طريق الساق الحديدة. اذا زدت سرعة الساق، كل ورقة عشب سوف تنحني بسرعة اكبر. كيف يمكن لالة جزارة العشب ان تقطع الاعشاب. كيف يمكن ان تبذل قوة كافية على الورقة لتقتلعها؟

(8) ركل طفل كرة بقدمه إلى الأعلى. قال الكرة تحركت بعيدا عن يديه لان الكرة شعرت بقوة الركل للأعلى كذلك الجاذبية الأرضية. (a) هل يمكن لقوة الركل ان تزيد عن قوة الجاذبية؟ كيف تتحرك الكرة اذا كان تفعل؟ (b) هل تستطيع قوة الركل ان تساوي مقدار قوة الجاذبية؟ اشرح. (c) ما هي القوة التي بدقة تعود إلى قوة الركل؟ اشرح. (d) لماذا تتحرك الكرة بعيدا عن يدي الطفل؟

الدكتور حازم فلاح سكيك
www.trgma.com

(9) كرة مطاطية اسقطت على الارض. ما هي القوة التي تجعل الكرة ترتد؟

(10) رئيس بلدية مدينة قام بمعاقبة بعض موظفيه لانهم لم يتخلصوا من تدلي الكوابل المستخدمة لتثبيت اشارات المرور. ما هو التبرير الذي قاله الموظفين؟ كيف تعتقد ان هذه الحالة سوف تحل؟

(11) الموازنة بعناية، ثلاثة اولاد يبعدون مسافة انش من فرع شجرة افقية فوق بركة، كل واحد يخطط لان يخوص لوحده. الولد الثالث لاحظ ان الفرع بالكاد قادرا على دعمهم. قرر هو ان يقفز للأعلى وينزل فوق الفرع ليكسره. عندما بدأ بتنفيذ خطته، عند أي لحظة ينكسر الفرع؟ اشرح. اقتراح: تخيل انك الولد الثالث وتخيل الحركة بشكل بطيء او حاول ان تقوم بتجربة نفس الحركة على ميزان.

(12) عندما تدفع صندوق بقوة مقدارها 200-N بدلا من 50-N، سوف تشعر انك تبذلك مجهودا كبيرا. عندما تبذل طاولة 200-N قوة عمودية بدلا من قوة اصغر من ذلك، هل تعتقد ان الطاولة تفعل شيء مختلف؟

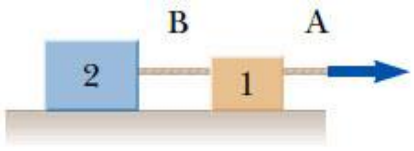
(13) رافع اثقال يقف على ميزان. يقوم برفع الاوزان للأعلى وللأسفل. ماذا يحدث لقراءة الميزان عندما يمارس تدريبه. ماذا لو؟ ماذا لو كان قوي بما فيه الكفاية ليقذف بالأثقال عاليا للأعلى؟ كيف سوف تتغير قراءة الميزان.

(14) اعطي اسباب لإجاباتك على الاسئلة التالية: (a) هل يمكن ان تكون القوة العمودية افقية؟ (b) هل يمكن ان تكون القوة العمودية رأسية للأسفل؟ (c) افترض كرة تنس متصلة فقط بسطح الأرض. هل يمكن ان تكون القوة العمودية مختلفة في المقدار عن قوة الجاذبية المبذولة على كرة التنس؟ (d) هل يمكن ان تكون القوة المبذولة بواسطة سطح الأرض على الكرة متخلفة في المقدار من القوة التي تبذلها الكرة على سطح الأرض؟

الدكتور حازم فلاح سكيك
www.trgma.com

(15) تتحرك سيارة للأمام ببطء ومن ثم تتسارع. يدعى طالب ان السيارة تبذل قوة على نفسها او ان محرك السيارة يبذل قوة على السيارة. (a) ناقش هذا بان هذه الفكرة ليست دقيقة وان الاحتكاك المبذول بواسطة الشارع هو قوة دفعية على السيارة. (b) هل هي قوة احتكاك سكوني او حركي؟ اقتراح: اعتبر الطريق مغطى بحصى خفيف. اعتبر ان الطباعة الحادة على العجل قد ازيلت على اسفلت الشارع، من خلال تغطية عجل السيارة بالغبار.

(16) في الشكل CQ5.16، الحبل المشدود الخفيف الوزن الغير قابل للتمدد B يوصل البلوك 1 مع بلوك كتلته اكبر 2. الحبل A يبذل قوة على البلوك 1 ليسرعه للأمام. (a) كيف يكون مقدار القوة المبذول بواسطة الحبل A على البلوك 1 بالمقارنة مع مقدار القوة المبذولة بواسطة الحبل B على البلوك 2؟ هل هي اكبر أو اصغر أو متساوية؟ (b) كيف تكون عجلة البلوك 1 بالمقارنة مع عجلة البلوك 2 (اذا وجد فرق)؟ (c) هل الحبل B يبذل قوة على البلوك 1؟ اذا كان ذلك هل هي للأمام أو للخلف؟ هل هي أكبر أو أصغر أو متساوية في المقدار للقوة المبذولة بواسطة الحبل B على البلوك 2؟



الشكل CQ5.16

(17) عرف ازواج قوة الفعل ورد الفعل في الحالات التالية: (a) رجل يتقدم خطوة (b) كرة ثلج تضرب ظهر فتاة (c) لاعب كرة سلة يمسك الكرة (d) عاصفة رياح تضرب نافذة.

(18) يشارك عشرون شخص في لعبة شد الحبل. كل 10 اشخاص يشكلون فريق وكانوا متكافئين بحيث ان لا احد من الفريقين فاز في اللعبة. بعد اللعبة لاحظوا سيارة غرزت في الوحل. قاموا بربط الحبل في صدام السيارة، وكل الاشخاص سحبوا الحبل. السيارة الثقيلة بدأت الحركة لبضع سنتيمترات قليلة وانقطع الحبل. لماذا انقطع الحبل في هذه الحالة بينما لم ينقطع عندما سحب العشرون شخص نفسهم الحبل في لعبة شد الحبل؟

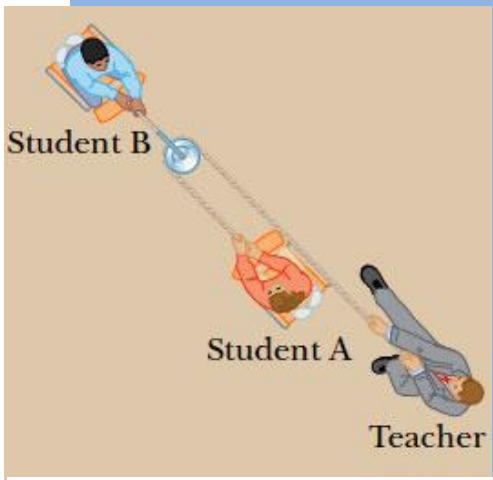
الدكتور حازم فلاح سكيك
www.trgma.com

(19) يمسك رياضي حبل خفيف يمر عبر بكرة ذات احتكاك قليل متصلة بسقف النادي. كيس من الرمل يساوي وزن الرياضي مربوط في الطرف الاخر من الحبل. كلا من الرياضي وكيس الرمل في حالة سكون. تسلق الرياضي الحبل وفي بعض الاحيان يسرع ومن ثم يبطء اثناء التسلق. ماذا يحدث لكيس الرمل؟ اشرح.

(20) هل يمكن لجسم ان يبذل قوة على نفسه؟ ناقش اجابتك.

(21) اوصف مثالين بحيث ان قوة الاحتكاك المبذولة على جسم تكون في اتجاه حركة الجسم.

(22) كما هو موضح في الشكل CQ5.22، طالبة A، بنت كتلتها 55-kg، تجلس على كرسي متزلج، في سكون على ارض الفصل. طالب B، صبي كتلته 80-kg، يجلس على كرسي مشابه. كلاهما يرفعان قدميهما عن الأرض. الطالبة A تمسك حبل بيدها يمر عبر بكرة خفيفة ويلف عن كتفها لمسكه مدرس يقف خلفها. محور البكرة العديم الاحتكاك متصل بحبل اخر يمسكه الطالب B كل الحبال توازي كرسي الزلاجة. (a) اذا سحبت الطالبة A الحبل، هل ينزلق كرسيها او كرسي الطالب B على الأرض؟ اشرح لماذا. (b) اذا سحب المدرس الحبل أي من الكرسيين سينزلق؟ ولماذا هذا بالذات؟ (c) اذا سحب الطالب B الحب أي كرسي سينزلق؟ لماذا؟ (d) قام المدرس بربط الحبل في كرسي الطالبة A. الطالبة A سحبت الحبل الممسكة به. أي من الكرسيين سينزلق ولماذا؟



الشكل CQ5.22

(23) افترض انك تقود سيارة كلاسيكية. لماذا يجب ان تتجنب الضغط المفاجئ على الفرامل عندما تريد ان تتوقف في اقصر مسافة ممكنة؟ (الكثير من السيارات الحديثة تمتلك خاصية فك الفرامل لتجنب هذه المشكلة).

الدكتور حازم فلاح سكيك
www.trgma.com

مسائل Problems

1. تشير لمسائل تطبيق مباشر 2. تشير لمسائل متوسطة الصعوبة 3. تشير الى مسائل تحدي

.1 مسائل لها حل مفصل في دليل الطالب الارشادي **.1** تشير إلى مسائل لها حل مفصل فيديو على موقع داعم للكتاب. Q|C تشير إلى مسائل تحتاج الى حل وتفسير S تشير إلى مسائل رمزية تتطلب تفسير M تشير الى مسائل لها توضيح على الموقع الداعم للكتاب GP تشير إلى مسائل ارشادية **Shaded** تشير إلى مسائل مزدوجة تطور مفاهيم برموز وقيم عددية.

الجزء 1.5 وحتى 6.5

.1 جسم كتلته 3.00-kg يتعرض لعجلة تعطى بـ $\vec{a} = (2.00i + 5.00j)\ m/s^2$. اوجد (a) القوة المحصلة المؤثرة على الجسم و(b) مقدار القوة المحصلة.

.2 متوسط سرعة جزيء نتروجين في الهواء هي 6.70×10^{2} m/s، وكتلته 4.68×10^{-26} kg. (a) اذا كانت تأخذ زمن قدره 3.00×10^{-13} s لكي يصطدم جزيء النيتروجين في الجدار ويرتد بنفس السرعة ولكن يتحرك في الاتجاه المعاكس، ما هو متوسط عجلة الجزيء خلال تلك الفترة الزمنية. (b) ما هو متوسط القوة التي يؤثر بها الجزيء على الجدار.

الدكتور حازم فلاح سكيك
www.trgma.com

3. محرك لعبة صاروخ مثبت بإحكام في قرص هوكي كبير يمكن ان ينزلق باحتكاك مهمل على سطح افقي، بأخذ المستوى xy. القرص كتلته 4.00-kg له سرعة $3.00\mathbf{i}$ m/s في لحظة ما. بعد مرور 8 s، اصبحت سرعته $(8\mathbf{i}+10\mathbf{j})$ m/s. افترض ان محرك الصاروخ يبدل قوة افقية ثابتة، اوجد (a) مركبات القوة و(b) مقدارها.

4. مقوم اسنان يستخدم سلك نحاسي لترتيب اسنان شخص كما في الشكل P5.4. يعدل الشد في السلك بحيث يكون له قيمة تساوي 18.0 N. اوجد مقدار القوة المحصلة المبذولة بواسطة السلك على الاسنان.

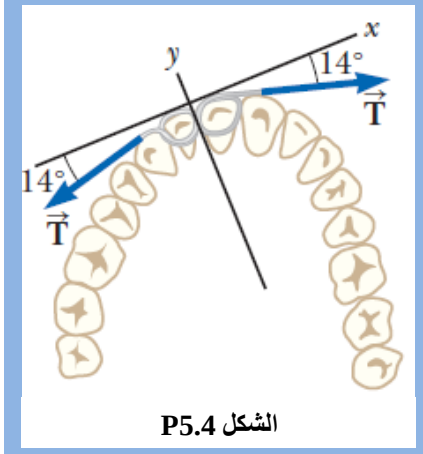
5. مراجعة. قوة الجاذبية المؤثرة على كرة سلة هي 2.21 N للأسفل. قذفت الكرة افقيا بسرعة 18.0 m/s بعجلة ثابتة على امتداد خط افقي لمدة من الزمن 170 ms. الكرة بدأت من السكون. (a) ما هي المسافة التي قطعتها الكرة قبل ان تتحرر؟ (b) ما هو مقدار واتجاه القوة التي بذلت على الكرة؟

6. مراجعة. قوة الجاذبية المبذولة على كرة سلة هي $-F_g\mathbf{j}$. قذفت الكرة بسرعة v_i بعجلة ثابتة في اتجاه افقي لفترة زمنية مقدارها $\Delta t = t - 0 = t$. (a) بدأت من السكون، ما هي المسافة التي قطعتها الكرة قبل ان تتحرر؟ (b) ما مقدار القوة المبذولة على الكرة؟

7. مراجعة. الكترون كتلته 9.11×10^{-31} kg له سرعة ابتدائية مقدارها 3.00×10^{15} m/s. يتحرك في خط مستقيم، وتزداد سرعته إلى 7.00×10^{5} m/s في مسافة قدرها 5.00 cm. افترض ان العجلة ثابتة، (a) حدد مقدار القوة المبذولة على الالكترون و(b) قارن بين هذه القوة ووزن الالكترون، الذي اهملنه.

8. بجانب قوة الجاذبية، جسم كتلته 2.80-kg يتعرض لقوة اخرى. بدأ الجسم حركته من السكون وفي فترة زمنية مقدارها 1.20 s حدث له ازاحة $(4.20\mathbf{i} - 3.30\mathbf{j})$ m، حيث ان الاتجاه j للأعلى حدد القوة الأخرى.

9. قوة خارجية او اكثر، كبيرة بما فيه الكفاية ليكون قياسها سهلا اثرت على كل جسم في الصندوق المنقط الموضح في الشكل 1.5. حدد رد فعل القوة لكل من هذه القوى.



الشكل P5.4

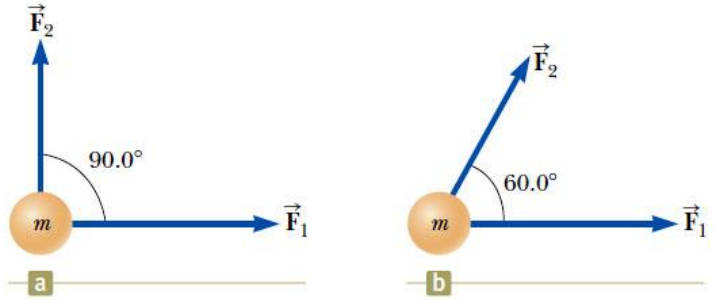
الدكتور حازم فلاح سكيك
www.trgma.com

10. حجر كتلته M وضع على وسادة مطاطية كتلتها m. كلاهما انزلقا إلى اليمين بسرعة ثابتة على سطح مغطى بالثلج. (a) ارسم مخطط الجسم الحر للحجر محددا كل القوى المؤثرة عليه. (b) ارسم مخطط الجسم الحر للوسادة محددا كل القوى المؤثرة عليها. (c) حدد ازواج قوة الفعل ورد الفعل في نظام الحجر والوسادة.

11. S جسم كتلته m اسقط عند زمن $t = 0$ من سطح بناية ارتفاعها h. تعرض الجسم لرياح موازية لواجهة البناية وهو يسقط بذلت هذه الرياح قوة افقية F على الجسم. (a) عند أي زمن يصل الجسم الارض؟ عبر عن الزمن t بدلالة g وh. (b) اوجد معادلة بدلالة m وF للعجلة a_x للجسم في الاتجاه الافقي (اخذا محور x الموجب). (c) ما هي الازاحة الافقية التي يتعرض لها الجسم قبل ان يصل إلى الأرض؟ اجب بدلالة m، و، وF، وh. (d) اوجد مقدار عجلة الجسم اثناء سقوطه، باستخدام المتغيرات F، وm، وg.

12. طبقت قوة $\vec{F}$ على جسم كتلته m_1 نتج عنها عجلة $3.00\ \text{m/s}^2$. نفس القوة طبقت على جسم اخر كتلته m_2 اكسبته عجلة $1.00\ \text{m/s}^2$. (a) ما هي قيمة النسبة بين m_1/m_2؟ (b) اذا كانت m_1 وm_2 متحدتين في جسم واحد، اوجد عجلته تحت تأثير القوة $\vec{F}$.

13. قوتين $\vec{F}_1$ و$\vec{F}_2$ تؤثران على جسم كتلته 5.00-kg. حيث $F_1 = 20.0$ N و$F_2 = 15.0$ N، اوجد عجلة الجسم في الحالتين الموضحتين في الشكل P5.13 الشكل a والشكل b.



الشكل P5.13

الدكتور حازم فلاح سكيك
www.trgma.com

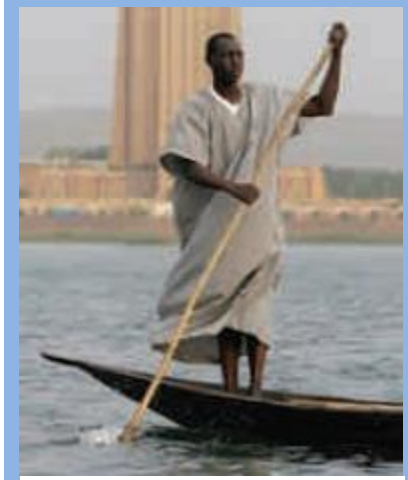
14. انت تقف على كرسي ومن ثم قفزت عنه. (a) خلال فترة زمن القفز للأرض الارض تحركت نحوك بعجلة ما مقدارها. في حلك، اشرح منطق التفكير. اعتبر الارض انها جسم صلب. (b) الارض تتحرك باتجاهك خلال مسافة ما مقدارها؟

15. بلوك كتلته 15.0-lb في حالة سكون على الأرض. (a) ما هي القوة التي تبذلها الارض على البلوك؟ (b) ربط حبل في البلوك وسحب الحبل عموديا بواسطة بكرة. الطرف الأخر من الحبل متصل بجسم حر معلق كتلته 10.0-lb. ما هي القوة المبذولة بوساطة البلوك 15.0-lb على الارض في هذه الحالة؟ (c) اذا جسم كتلته 10.0-lb استخدم في الجزء (b) واستبدل بـجسم اخر كتلته 20.0-lb، ما هي القوة المبذولة بوساطة الارض على البلوك 15.0-lb؟

16. مراجعة. ثلاثة قوى تؤثر على جسم هي $\vec{F}_1 = (-2.00i + 2.00j)N$ ،$\vec{F}_2 = (5.00i - 3.00j)N$ ،$\vec{F}_3 = (-45.0i)N$. اكتسب الجسم نتيجة لهذه القوة عجلة مقدارها $3.75\ m/s^2$. (a) ما هو اتجاه العجلة؟ (b) ما هي كتلة الجسم؟ (c) اذا كان وضح الجسم الابتدائي في حالة سكون، ما هي سرعته بعد مرور 10.0 s؟ (d) ما هي مركبات السرعة للجسم بعد 10.0 s؟

الجزء 7.5 بعض التطبيقات على قوانين نيوتن Some Applications of Newton's Laws

17. مراجعة. الشكل P5.17 يوضح عامل تجديف قارب في بركة راكدة. يقوم بالدفع بشكل موازي لطول القارب، يبذل قوة مقدارها 240 N على قاع البركة. افترض ان المجداف يقع في المستوى العمودي على مستوى عارضة القارب. في لحظة ما صنع المجداف زاوية مقدارها 35.0^o مع الرأسي وبذلت المياه قوة مقدارها 47.5 N على القارب، بعكس سرعته الامامية التي بلغ مقدارها 0.857 m/s. كتلة القارب والحمولة فيه والعامل هي 370 kg. (a) الماء تبذل قوة طفو رأسية



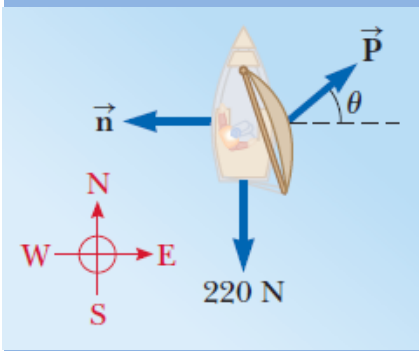
الشكل P5.17

الدكتور حازم فلاح سكيك
www.trgma.com

للأعلى على القارب اوجد مقدار هذه القوة (b) خلال فترة الزمن اعتبر القوة ثابتة واوجد سرعة القارب بعد مرور 0.450 s من اللحظة تلك.

18. مسمار لولبي (برغي) من الحديد كتلته 65.0 g معلق بخيط طوله 35.7 cm. طرف الخيط العلوي مثبت. بدون لمسه، جذب مغناطيس المسمار اللولبي وبقي ثابتا، وازيح المسامر افقيا بمسافة مقدارها 28.0 cm إلى اليمين بالنسبة للخط الرأسي للخيط. المغناطيس موضوع على يمين المسمار وفي نفس المستوى الافقي للمسمار في وضعه النهائي. (a) ارسم مخطط الجسم الحر للمسمار اللولبي. (b) اوجد الشد في الخيط. (c) اوجد القوة المغناطيسية على المسمار.

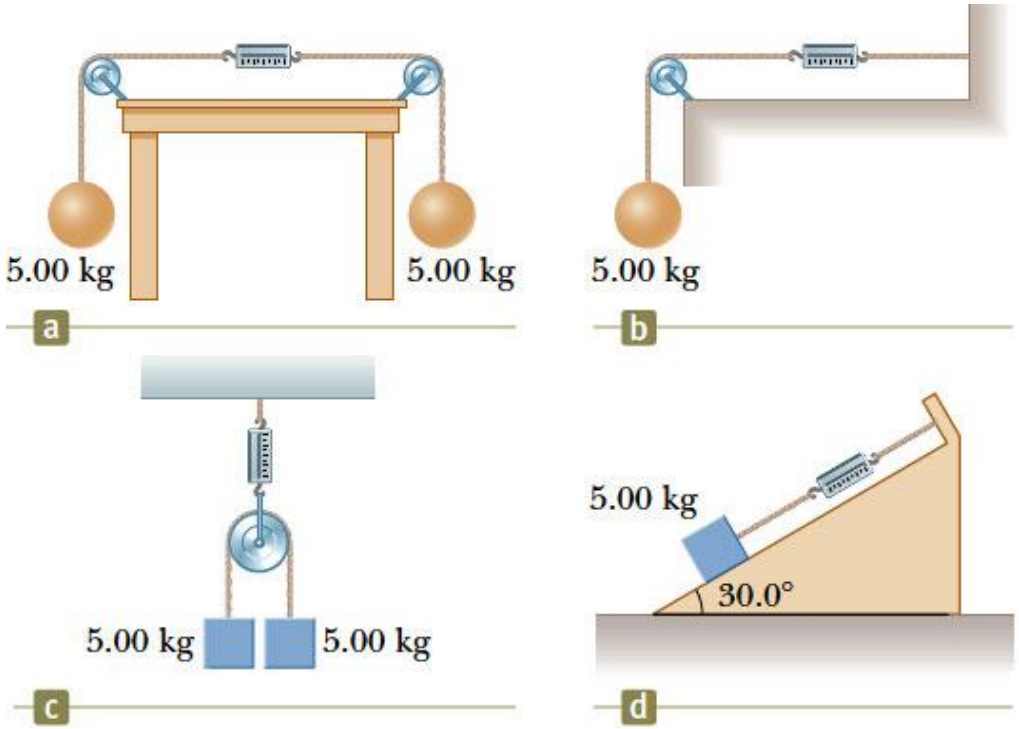
19. Q|C الشكل P5.19 يوضح القوى الافقية المؤثرة على قارب يتحرك شمالا بسرعة ثابتة، بالنسبة لراصد فوق شراع القارب. عند سرعة معينة تبذل المياه قوة سحب مقدارها 220-N على هيكل القارب بزاوية $\theta = 40.0^{o}$. لأي من الحالتين (a) و (b) الموصوفتين ادناه، اكتب معادلات المركبات التي تمثل قانون نيوتن الثاني. ومن ثم حل المعادلات لإيجاد P (القوة المبذولة بواسطة الرياح على القارب). (a) اختر محور x شرقا ومحور y شمالا. (b) اختر الان محور x عند زاوية $\theta = 40.0^{o}$ شمال شرق ومحور y عند $\theta = 40.0^{o}$ غرب شمال. (c) قارن حلولك للجزء (a) والجزء (b). هل تتفق النتائج؟ هل أي من الطريقتين اسهل بكثير؟



الشكل P5.19

20. الانظمة الموضحة في الشكل P5.20 في حالة اتزان. اذا تمت معايرة الميزان الزنبركي بالنيوتن، ما هي القراءة التي سوف يقيسها؟ اهمل كتلة البكرات وكتلة الحبل وافترض ان البكرات والمنحدر عديمة الاحتكاك.

الدكتور حازم فلاح سكيك
www.trgma.com



الشكل P5.20

21. ينزلق بلوك للأسفل على سطح عديم الاحتكاك مائل بالنسبة بزاوية $\theta = 15.0^{o}$. بدأ البلوك حركته من اعلى السطح من السكون وطول السطح المائل 2.00 m. (a) ارسم مخطط الجسم الحر للبلوك. اوجد (b) عجلة البلوك و(c) سرعته عندما يصل إلى اسفل السطح المائل.

الدكتور حازم فلاح سكيك
www.trgma.com

22. جسم كتلته 3.00-kg يتحرك في مستوى تعطي احداثياته x وy بـ $x = 5t^2 - 1$ و $y = 3t^3 + 2$، حيث x وy بالمتر وt بالثواني. اوجد مقدار القوة المحصلة المؤثرة على الجسم عند $t = 2.00$ s.

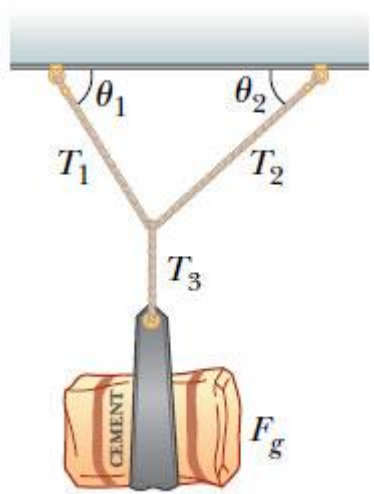
23. المسافة بين عمودين هاتف هي 50.0 m. حط طائر كتلته 1.00-kg على خط الهاتف في الوسط بين العمودين، تدلى السلك بمقدار 0.200 m. (a) ارسم مخطط جسم حر للطائر. (b) ما مقدار الشد الذي يحدثه الطائر على السلك؟ اهمل وزن السلك.

24. كيس اسمنت يزن 325 N معلق بثلاثة أسلاك في حالة اتزان كما في الشكل P5.24. اثنين من الأسلاك يصنعا زاوية $\theta_1 = 60.0^o$ و$\theta_2 = 40.0^o$ مع الافقي. افترض ان النظام في حالة اتزان، اوجد الشد T_1 وT_2 وT_3 في الأسلاك.

S .25 كيس اسمنت وزنه F_g معلق في حالة اتزان بثلاثة أسلاك كما في الشكل P5.24. اثنين من الأسلاك يصنعان زاوية θ_1 و θ_2 مع الأفقي. افترض ان النظام في حالة اتزان اثبت ان الشد في السلك على الجانب الأيسر هو

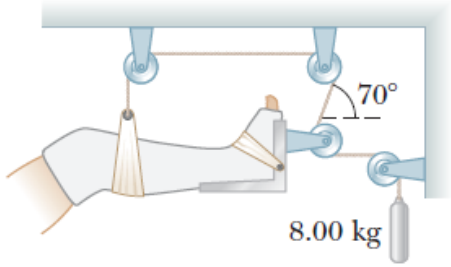
$$T_1 = \frac{F_g \cos\theta_2}{\sin(\theta_1+\theta_2)}$$

26. إعدادات مشابهة لتلك الموضحة في الشكل P5.26 تستخدم عادة في المستشفيات لدعم وتطبيق قوة سحب افقية على ساق مصابة. (a) حدد مقدار قوة الشد في الحبل الذي يثبت الساق. (b) ما مقدار قوة السحب التي تؤثر على الساق في اتجاه اليمين؟



الشكل P5.24

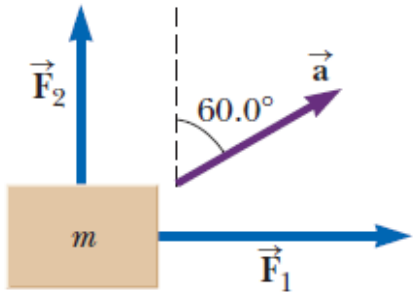
المسألتين 24 و25



الشكل P5.26

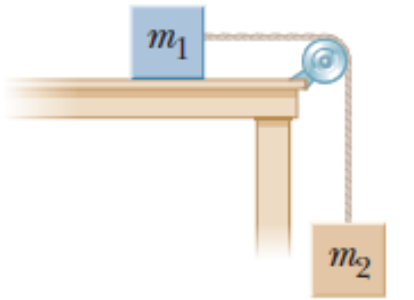
الدكتور حازم فلاح سكيك
www.trgma.com

27. وجد أن جسم كتلته m=1.00 kg له تسارع $\vec{a}$ مقداره 10 m/s^2 في الاتجاه 60^o شرق الشمال. شكل P5.27 يوضح منظر الجسم من اعلى. القوة $\vec{F}_2$ المؤثرة على الجسم مقدارها 5.00 N وتؤثر في اتجاه الشمال. حدد مقدار واتجاه القوة الأفقية الأخرى $\vec{F}_1$ التي تؤثر على الجسم.



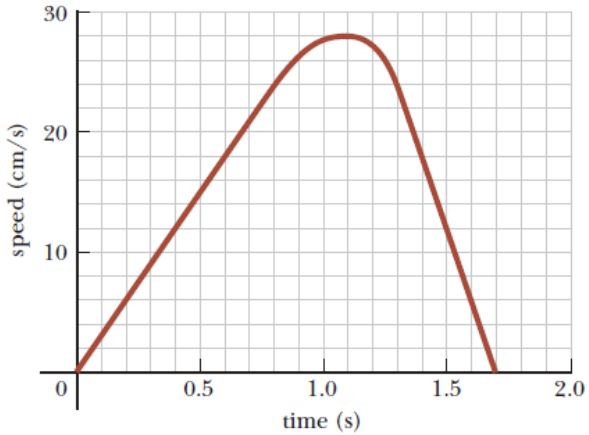
الشكل P5.27

28. جسم كتلته m_1 = 5.00 kg موضوع على طاولة افقية عديمة الاحتكاك، الجسم مربوط بخيط يمر على بكرة ثم يثبت بجسم معلق كتلته m_2 = 9.00 kg كما في شكل P5.28. (a) ارسم مخطط الجسم الحر لكلا الجسمين. اوجد (b) مقدار تسارع الأجسام و(c) الشد في الحبل.



الشكل P5.28

29. شكل P5.29 يوضح سرعة جسم شخص أثناء ممارسته رياضة العقلة افترض ان الحركة عمودية وان كتلة جسم هذا الشخص تساوي 64 kg. حدد القوة المؤثرة على جسمه الناتج عن ساق العقلة.عند (a) t = 0، (b) t = 0.5 s، (c) t = 1.1 s و (d) t = 1.6 s.



الشكل P5.29

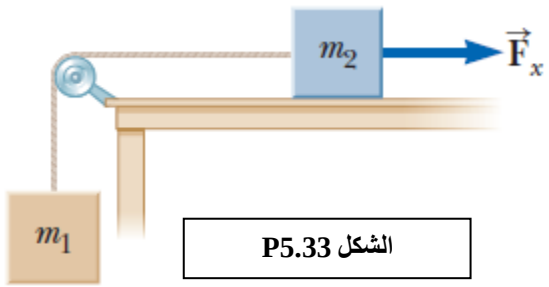
الدكتور حازم فلاح سكيك
www.trgma.com

30. جسمين مربوطين بحبل خفيف يمر على بكرة عديمة الاحتكاك كما في شكل P5.30. افترض ان السطح المائل عديم الاحتكاك واعتبر قيمة $m_1 = 2.00\ \text{kg}$ ، و$m_2 = 6.00\ \text{kg}$ والزاوية $\theta = 55.0^{\circ}$ (a) ارسم مخطط الجسم الحر لكلا الجسمين. أوجد (b) قيمة عجلة الجسمين، (c) الشد في الحبل، (d) سرعة كل جسم بعد مرور 2.00 s من انطلاقه من السكون.

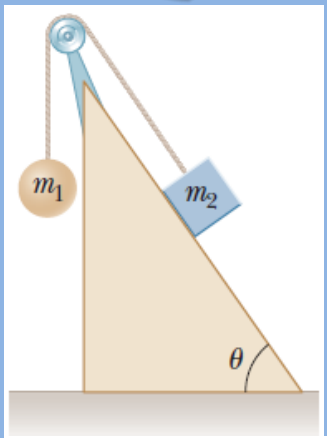
31. كتلتين مقدار كل منهما $m = 3.50\ \text{kg}$، معلقتين من سقف مصعد كما في شكل P5.31. (a) اذا كان المصعد يتحرك لأعلى بعجلة مقداره $1.60\ \text{m/s}^2$، أوجد مقدار الشد T_1 و T_2 في الحبل العلوي والسفلي. (b) اذا كانت القيمة العظمى للشد التي يمكن ان يتحملها الحبل تساوي 85.0 N، ما هي القيمة العظمى للتسارع الذي يمكن أن يتحرك به المصعد قبل انقطاع الحبل؟

32. S كتلتين مقدار كل منهما m، معلقتين من سقف مصعد كما في شكل P5.31. (a) اذا كان المصعد يتحرك لأعلى بعجلة a، وكانت كتلة الحبال مهملة، اوجد مقدار الشد T_1 و T_2 في الحبل العلوي والسفلي بدلالة m وa وg. (b) قارن قيمتي الشد وحدد أي الحبلين سيقطع أولا اذا كانت قيمة a كبيرة بما يكفي. (c) ما قيمة الشد في الحبلين عند انقطاع الكابل الذي يحمل المصعد؟

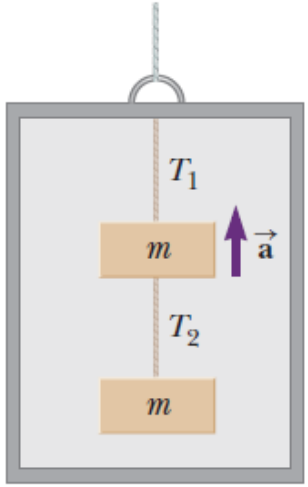
33. M في النظام المبين في شكل P5.33، قوة الأفقي F_x تؤثر على جسم كتلته $m_2 = 8.00\ \text{kg}$. السطح الأفقي عديم الاحتكاك. تعامل مع عجلة الجسم المنزلق بدلالة القوة F_x (a) عند اي قيمة للقوة F_x تكون عجلة الجسم الذي كتلته $m_1 = 2.00\ \text{kg}$ الى الأعلى؟ (b) عند أي قيمة للقوة F_x يكون الشد في الحبل = 0؟ (c) ارسم عجلة الجسم m_2 في مقابل القوة F_x ، مضمنا قيم F_x ما بين +100 N إلى -100 N.



الشكل P5.33



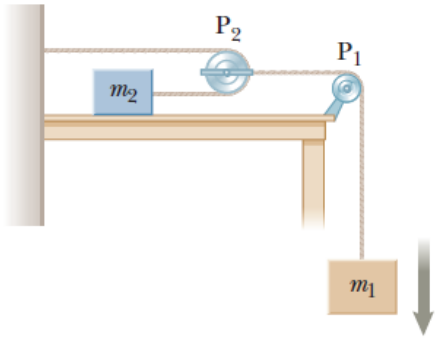
الشكل P5.30



الشكل P5.31

الدكتور حازم فلاح سكيك
www.trgma.com

34. S جسم كتلته m_1 معلق بحبل يمر على بكرة ثابتة وخفيفة جدا P_1 كما هو مبين في شكل P5.34. الحبل يتصل مع بكرة أخرى خفيفة جدا P_2. حبل اخر يمر حول البكرة الثانية بحيث يثبت احد طرفيه بالحائط والطرف الخر مربوط بكتلة m_2 موضوعة على سطح طاولة افقية ملساء. (a) اذا كان a_1 و a_2هي عجلة الكتلتين m_1 و m_2 على التوالي، ما هي العلاقة بين هاتين العجلتين؟ (b) جد تعبيرات مناسبة للشدود في الحبال و(c) العجلتين كان a_1 و a_2 بدلالة الكتلتين m_1 و m_2.



الشكل P5.34

35. M في مثال 5.8، تحققنا من الوزن الظاهري لسمكة في مصعد. الان، هناك رجل كتلته 72.00 kg يقف على ميزان زنبركي في مصعد. يبدأ المصعد الهبوط بدءا من السكون ليكتسب سرعته القصوى المساوية لـ 1.20 m/s. خلال 0.800 s. يستمر المصعد بهذه السرعة الثابتة لمدة 5.00 s أخرى. يبدأ المصعد بعد ذلك بالتحرك بعجلة في الاتجاه السالب لمحور y لمدة 1.50 s حتى يتوقف. ما هي قراءات الميزان الزنبركي (a) قبل ان يبدأ المصعد الحركة (b) خلال الـ 0.800 s الأولى، (c) أثناء حركة المصعد بسرعة ثابتة، (d) في فترة تباطؤ المصعد؟

36. في جهاز اتوود الذي نوقش في مثال 9.5 وموضح في الشكل a14.5، m_1 = 2.00 kg و m_2 = 7.00 kg. بالمقارنة، كتلة البكرات والحبل مهملة. البكرة تدور من دون احتكاك، والحبل لا يتمدد. انطلق الجسم الأخف عن طريق دفعه بحدة ليبدأ الحركة لأسفل بسرعة ابتدائية v_i = 2.40 m/s. (a) إلى أي مدى سوف تنزل m_1 دون المستوى الابتدائي؟ (b) جد سرعة m_1 بعد مرور 1.80 s.

الجزء 8.5 قوى الاحتكاك

37. مراجعة. رصاصة بندقية كتلتها 12.00 kg تتحرك لليمين بسرعة 260 m/s تصطدم بكيس كبير من الرمل وتخترقه لعمق 23.0 cm. حدد مقدار واتجاه قوة الاحتكاك (على فرض انها ثابتة) التي تؤثر على الرصاصة.

الدكتور حازم فلاح سكيك
www.trgma.com

38. مراجعة. تسافر سيارة بسرعة 50.0 mi/h على طريق سريع أفقي. (a) اذا كان معامل الاحتكاك السكوني بين الطريق والاطارات في يوم ماطر = 0.1، ما هي أقل مسافة يمكن ايقاف السيارة خلالها؟ (b) ما هي المسافة اللازمة لتوقف السيارة عندما يكون الطريق جافا بمعامل احتكاك سكوني μ_s.

39. وضعت كتلة مقدارها 25.0 kg في حالة سكون على سطح افقي. لكي تبدأ الكتلة الحركة تحتاج لقوة أفقية مقدارها 75.0 N، بعد ذلك يجب التأثير عليها بقوة افقية مقدارها 60.0 N للمحافظة على حركتها بسرعة ثابتة. جد (a) معامل الاحتكاك السكوني و(b) معامل الاحتكاك الحركي بين الكتلة والسطح.

40. لماذا يعد الوضع التالي مستحيلا؟ وضعت كتابك الفيزيائي الذي كتلته 3.80-kg بجانبك على مقعد سيارتك الافقي. معامل الاحتكاك السكوني بين الكتاب والمقعد = 0.65، ومعامل الاحتكاك الحركي = 0.55. انت تقود السيارة للأمام بسرعة 72.0 km/h وضغطت الفرامل لتتوقف بعجلة ثابتة خلال مسافة 30.0 m. كتابك الفيزياء بقي على المقعد بدلا من أن ينزلق على الأرض.

41. لتلبية متطلبات الولايات المتحدة للخدمات البريدية، لابد ان يكون معامل الاحتكاك السكوني لأحذية الموظفين على سطح أرضية محددة مساوي لـ 0.5 أو أكثر. معامل الاحتكاك السكوني للحذاء الرياضي النموذجي = 0.8. في حالة الطوارئ، ما هي أقل فترة زمنية لازمة ليقطع شخص ما مسافة 3.00 m بدءا من السكون متحركا على ارضية محددة اذا كان يلبس (a) حذاء يحقق الشروط الدنيا للخدمة البريدية (b) حذاء رياضي نموذجي؟

42. Q|C قبل عام 1960، اعتقد الناس ان اقصى قيمة يمكن ان يبلغها معامل الاحتكاك السكوني لعجلات السيارة على الطريق هو μ_s= 1. حوالي العام 1962 طورت ثلاث شركات كل على حدة اطارات سباق لها معامل احتكاك = 1.6. هذه المسألة توضح ان العجلات تطورت اكثر منذ ذلك الوقت. اقصر فترة زمنية يمكن ان تقطع فيها سيارة لها محرك ذو مكبس مسافة ربع ميل حين تبدأ الحركة من السكون هي 4.43 s. (a) افترض ان العجلات الخلفية رفعت العجلات الأمامية عن الرصيف كما هو موضح في الشكل P5.42. ما مقدار اقل قيمة ل μ_s تلزم لتحقيق هذا الزمن القياسي؟ (b)

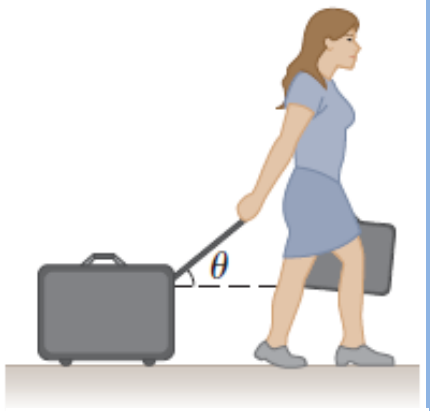
الشكل P5.42

الدكتور حازم فلاح سكيك
www.trgma.com

افترض ان السائق كان قادرا على زيادة قدرة محرك سيارته، محافظا على المتغيرات الاخرى كما هي. كيف سيؤثر هذا التغيير على الوقت اللازم؟

43. مراجعة. كتلة مقدارها 3 كغم تبدأ الحركة من السكون عند قمة مستوى منحدر يميل بزاوية 30^0 لتنزلق مسافة 2.00 m اسفل المنحدر في زمن قدره 1.50 s. (a) جد مقدار تسارع الكتلة. (b) معامل الاحتكاك الحركي بين الكتلة والمستوى المائل (c) قوة الاحتكاك المؤثرة على الكتلة (d) سرعة الكتلة بعد أن تنزلق مسافة 2.00 m.

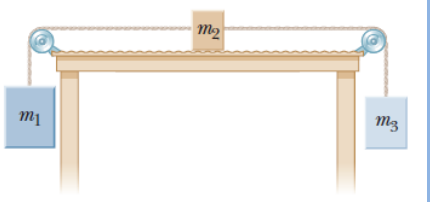
44. سيدة في مطار تجر حقيبة ملابسها التي كتلتها تساوي 20.0-kg بسرعة ثابتة عن طريق سحب حزام الحقيبة بزاوية θ اعلى الأفقي (شكل P5.44). تسحب السيدة الحزام بقوة مقدارها 35.0 N ومقدار قوة الاحتكاك على الحقيبة 20.0 N. (a) ارسم مخططا الجسم الحر للحقيبة. (b) ما مقدار الزاوية التي يصنعها حزام الحقيبة مع الأفقي؟ (c) ما مقدار القوة العمودية التي تؤثر بها الأرضية على الحقيبة؟



الشكل P5.44

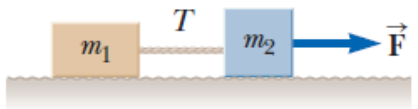
45. جسم معلق كتلته 9.00 kg ربط بحبل خفيف غير قابل للشد يمر على بكرة الى كتلة مقدارها 5.00 kg تنزلق على منضدة مستوية (شكل P5.28). على اعتبار ان معامل الاحتكاك الحركي = 0.2، احسب مقدار الشد في الحبل.

46. QC ربطت ثلاث أجسام ببعضها على طاولة كما في شكل P5.46. معامل الاحتكاك الحركي بين الكتلة m_2 والمنضدة = 0.35. الأجسام لها الكتل m_1 = 4.00 kg، m_2 = 1.00 kg و m_3 = 2.00 kg كما ان البكرات عديمة الاحتكاك. (a) ارسم الجسم الحر لكل جسم. (b) جد قيمة عجلة كل جسم مع بيان اتجاهه. (c) حدد مقدار الشد في الحبلين. ماذا لو؟ (d) لو كان سطح المنضدة املسا هل سيزداد مقدار الشد او ينقص او يبقى كما هو؟ وضح.



الشكل P5.46

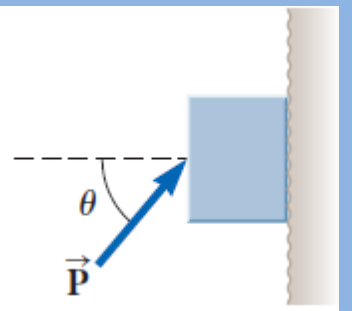
47. كتلتين متصلتين ببعضهما بحبل عديم الكتلة تسحبهما قوة أفقية (شكل P5.47). افترض أن القوة F = 68.0 N، m_1 = 12.0 kg، و m_2 = 18.0 kg وأن معامل الاحتكاك الحركي بين كل كتلة والسطح مقداره 0.1 (a) ارسم مخطط الجسم الحر لكل كتلة (b) حدد مقدار تسارع المجموعة (c) مقدار الشد في الحبل.



الشكل P5.47

الدكتور حازم فلاح سكيك
www.trgma.com

48. Q|C كتلة مقدارها 3.00 kg تدفع باتجاه حائط بقوة $\vec{P}$ تصنع زاوية θ مع الأفقي مقدارها 50^0 كما هو موضح في شكل P5.48. قوة الاحتكاك السكوني بين الكتلة والحائط = 0.25. (a) جد مقدار القيم الممكنة للقوة $\vec{P}$ التي تسمح ببقاء الكتلة ساكنة. (b) صف ما الذي يحدث اذا كانت قيمة $|\vec{P}|$ أكبر من ذلك أو أصغر. (c) أعد حل الفرعين (a) و (b) على اعتبار أن الزاوية $\theta = 13.0^o$.



الشكل P5.48

49. مراجعة. يميل احد جانبي سقف منزل بزاوية مقدارها 37^0. اثناء جولة مسؤول صيانة الأسقف، ركل حجر كان قد قذف على السقف من قبل احد أطفال الحي. الحجر تحرك صاعدا اعلى السطح في خط مستقيم بسرعة ابتدائية مقدارها 15.0 m/s. معامل الاحتكاك الحركي بين الحجر والسقف = 0.4. صعد الحجر مسافة 10.0 m على السقف حتى وصل قمته ثم قطع حافته ليبدا في السقوط الحر متخذا مسار على شكل قطع مكافئ أعلى الجهة البعيدة من السقف حيث كانت مقاومة الهواء مهملة. جد مقدار اقصى ارتفاع يصل اليه الحجر أعلى النقطة التي ركل منها.

50. مراجعة. يمكن لسمك السلمون من نوع شينوك السباحة تحت الماء بسرعة 3.58 m/s، ويمكنه أيضا القفز رأسيا إلى أعلى، تاركا الماء بسرعة 6.26 m/s. احدى الأسماك طولها 1.50 m وكتلتها 61.0 kg. اعتبر أن السمكة في الماء تحت سطح البحيرة. قوة جذب الأرض المؤثرة عليها تتعادل بقوة دفع الماء لها وهذا ما ستدرسه في الجزء 14. السمكة تتأثر بقوة عمودية لأعلى P ناتجة من دفع الماء لزعنفة ذيلها وبقوة احتكاك مع المائع تؤثر لأسفل والتي نعتبرها مثاليا، مؤثرة على طرف السمكة الأمامي. اعتبر ان قوة الاحتكاك بالسائل تختفي بمجرد أن تقطع السمكة سطح الماء برأسها وافترض أيضا ان القوة المؤثرة على الذيل ثابتة المقدار. اعتبر أن قوة الجاذبية الأرضية تتحول فجأة كاملة بمجرد ان يصبح نصف طول السمكة خارج الماء. جد قيمة P.

51. مراجعة. ساحر يسحب مفرش مائدة من تحت فنجان كتلته 200 g يقع على بعد 30.0 cm من حافة المفرش. يؤثر المفرش على الفنجان بقوة احتكاك مقدارها 0.100 N، يسحب المفرش بعجلة ثابتة مقداره $3.00\ m/s^2$. كم المسافة التي يتحركها الفنجان بعيدا عن سطح الطاولة قبل ان ينسحب المفرش كليا عن الطاولة؟ لاحظ ان المفرش يجب ان يتحرك مسافة أكبر من 30.0 cm بعيدا عن سطح الطاولة خلال هذه العملية.

الدكتور حازم فلاح سكيك
www.trgma.com

مسائل اضافية

52. طائرة شراعية سوداء من الألمنيوم على طبقة من الهواء فوق مسار هوائي مستوي مصنوع من الألومنيوم. الألومنيوم في الأساس لا يتأثر بأي قوة في المجال المغناطيسي، كما أن مقاومة الهواء مهملة. وصل مغناطيس قوي إلى الجزء العلوي من الطائرة الشراعية، ليصبح الوزن الكلي لهما 240 g. قطعة من الحديد مثبتة الى احد نهايتي المسار تجذب المغناطيس بقوة مقدارها 0.823 N عندما تكون المسافة الفاصلة بين الحديد والمغناطيس مساوية لـ 2.50cm. أوجد (a) تسارع الطائرة الشراعية في هذه اللحظة. (b) ثبتت قطعة حديد الى طائرة شراعية اخرى خضراء اللون ليصبح لتصبح كتلتيهما معا 120 g. جد مقدار عجلة كل طائرة اذا انطلقتا معا في نفس اللحظة عندما كانت المسافة الفاصلة بينهما 2.50 cm.

53. S **مراجعة.** ضرب قرص الهوكي بواسطة عصا الهوكي فاكتسبت سرعة ابتدائية v_i في الاتجاه الموجب لمحور x. معامل الاحتكاك الحركي بين الجليد وكرة الهوكي هو μ_k. (a) أوجد عجلة قرص الهوكي عند انزلاقه على الجليد. (b) استخدام نتيجة الفرع (a) للحصول على المسافة d التي ينزلقها القرص. ينبغي أن تكون الإجابة بدلالة المتغيرات v_i وμ_k و g فقط .

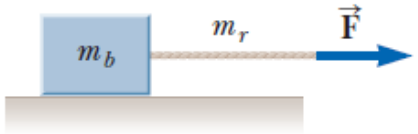
54. لماذا يعد الوضع التالي مستحيلا؟ يستند كتاب على مستوى مائل على سطح الأرض. الزاوية التي يصنعها المستوى مع الأفقي هي 60.0^o. معامل الاحتكاك الحركي بين الكتاب والمستوى هو 0.3. عند اللحظة t = 0 يبدأ الكتاب الحركة من السكون وينزلق مسافة مقدارها 1.00 m على طول المستوى في فترة زمنية مقدارها 0.483 s.

55. GP S كتلتين m_1 و m_2 موضوعتان على طاولة متصلتين معا على نحو ما نوقش في مثال 7.5 كما يظهر في الشكل a12.5. معامل الاحتكاك الحركي بين الكتلة m_1 والطاولة هو μ_1، ومعامل الاحتكاك الحركي بين الكتلة m_2 والطاولة هو μ_2. اثرت قوة افقية مقدارها F على الكتلة m_1 ونود أن نعرف قوة الاحتكاك بين الكتلتين. (a) ارسم مخطط يوضح القوى المؤثرة على كل كتلة (b) ما هي محصلة القوى المؤثرة على المجموعة المكونة من الكتلتين؟ (c) ما هي القوة المحصلة المؤثرة على m_1؟ (d) ما هي محصلة القوة المؤثرة على m_2؟ (e) اكتب قانون نيوتن الثاني في اتجاه محور x عن كل

الدكتور حازم فلاح سكيك
www.trgma.com

كتلة. (f) حل المعادلاتين ذات المجهولين من أجل ايجاد قيمة العجلة a بدلالة الكتل، القوة المؤثرة، معاملات الاحتكاك وعجلة الجاذبية الأرضية g، (g) جد قوة الاحتكاك P بين الكتلتين بدلالة نفس الكميات السابقة.

56. Q|C S حبل كتلته m_r مربوط به كتلة مقدارها m_b كما في الشكل P5.56. ترتكز الكتلة على سطح افقي عديم الاحتكاك. والحبل غير مشدود. سحب الحبل لليمين من نهايته الحرة بقوة أفقية مقدارها F (a) ارسم مخطط القوى المؤثرة في الحبل والكتلة، علما بان الشد في الحبل غير منتظم. (b) أوجد عجلة المجموعة بدلالة m_r و m_b و F. (c) اوجد مقدار القوة التي يؤثر بها الحبل على الكتلة.(d) ماذا يحدث للقوة المؤثرة على الكتلة اذا تضاءلت كتلة الحبل مقتربة من الصفر؟ كيف يمكنك التعليق على الشد في حبل عديم الوزن يربط بين زوج من الاجسام المتحركة.



الشكل P5.56

57. طفل مخترع يدعى جون يريد الوصول الى تفاحة على الشجرة من دون تسلقها. يجلس على كرسي مربوط إلى حبل يمر عبر بكرة عديمة الاحتكاك (الشكلP5.57)، سحب جون النهاية الحرة من الحبل بقوة مقدارها 250 N مقاسة بالميزان الزنبركي. الوزن الحقيقي لجون هو 320 N، ووزن الكرسي هو 160 N. اقدام جون غير ملامسة للأرض. (a) ارسم زوج من المخططات يوضح القوى المؤثرة على جون والكرسي معتبرا اياهم نظامين منفصلين، ومخطط أخر على اساس أنهم مجموعة واحدة متصلة. (b) بين ان اتجاه عجلة هذا النظام يكون للأعلى وأوجد مقداره. (c) أوجد مقادر القوة التي يؤثر بها جون على الكرسي.

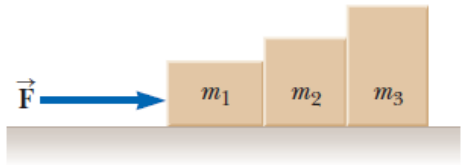
الشكل P5.57

المسألة 57 والمسألة 58

58. Q|C في الحالة الموصوفة في المسألة 57 والشكل P5.57 ، اهملت كتل الحبل، الميزان الزنبركي والبكرة. ايضا قدم جون لم تكن ملامسة للأرض. (a) افترض أن جون كان في حالة سكون لحظي عندما توقف عن سحب الحبل لأسفل ومرر نهايته لطفل آخر، وزنه 440 N، يقف بجواره على الأرض. الحبل لا ينقطع. اوصف حركة هذه المجموعة. (b) بدلا من ذلك ، افترض أن جون كان في حالة سكون لحظي عندما ربط نهاية الحبل لخطاف قوي يتدلى من جذع الشجرة. وضح لماذا يمكن ان يتسبب هذا الفعل في قطع الحبل.

الدكتور حازم فلاح سكيك
www.trgma.com

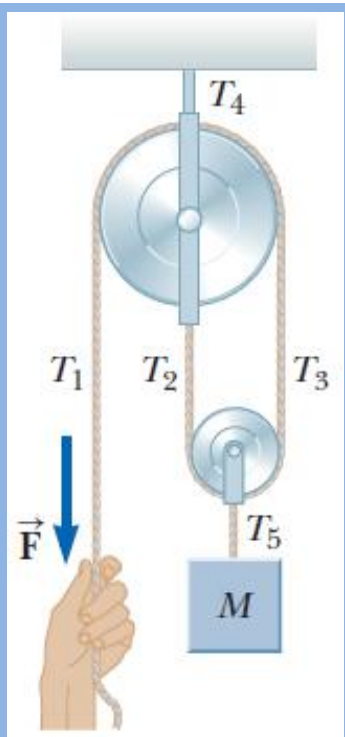
59. Q|C في مثال 5.7، قمنا بدفع كتلتين على طاولة. لنفترض أن هناك ثلاث كتل متصلة مع بعضها البعض على سطح أفقي عديم الاحتكاك، كما هو مبين في الشكل P5.59. أثرت قوة أفقية $\vec{F}$ على الكتلة m_1. فاذا كانت $m_1 = 2.00\ \text{kg}$، m_2 = 3.00 kg و $m_3 = 4.00\ \text{kg}$ بينما القوة $F = 18.0\ \text{N}$ (a) ارسم مخطط الجسم الحر لكل كتلة. (b) حدد مقدار عجلة الكتل. (c) أوجد محصلة القوى المؤثرة على كل كتلة. (d) جد مقدار قوة الاحتكاك بين الكتل. (e) أنت تعمل في مشروع بناء. زميلك في العمل يثبت بالمسامير لوح من الجص في أحد جهتي جدار فاصل خفيف، وانت في الجهة المقابلة، توفر الدعم بالاتكاء على الجدار وضغطه بظهرك. كل ضربة مطرقة تسبب لدغة في ظهرك. ساعدك مشرفك في العمل بوضع كتلة ثقيلة من الخشب بين الجدار وظهرك. بالاعتماد على تحليل الوضع في اجزاء المسألة من a الى d كنموذج وضح كيف يجعل هذا التغيير عملك أكثر راحة.



الشكل P5.59

60. Q|C رافعة تحمل سيارة فيراري وزنها 1207-kg، بكابل منفرد خفيف غير قابل للشد. تحت سيارة الفراري توجد سيارة بي ام دبليو وزنها 1461-kg مربوطة بها. تتحرك سيارة الفيراري بسرعة مقدارها 3.50 m/s وعجلة مقدارها $1.25\ \text{m/s}^2$. (a) ما مقدار سرعة وعجلة سيارة بي ام دبليو مقارنة مع سرعة وعجلة سيارة الفيراري؟ (b) جد مقدار الشد في الكابل بين سيارة الفيراري والبي ام دبليو. (c) جد مقدار الشد في الكابل فوق سيارة الفراري.

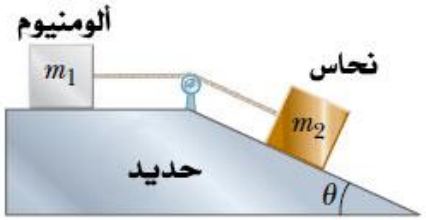
61. S جسم كتلته M مثبت في موضعه بقوة مقدارها $\vec{F}$ ومجموعة من البكرات كما هو مبين في الشكل P5.61. فاذا كانت البكرات عديمة الكتلة والاحتكاك. (a) ارسم مخططا يبين القوى المؤثرة على كل بكرة. (b) اوجد مقدار الشد في كل جزء من الحبل T_1، T_2، T_3، T_4، وT_5. (c) أوجد مقدار القوة F.



الشكل P5.61

الدكتور حازم فلاح سكيك
www.trgma.com

62. كتلة من الألومنيوم $m_1 = 2.00\ \text{kg}$ وأخرى من النحاس $m_2 = 6.00\ \text{kg}$ متصلة ببعضها بحبل خفيف يمر على بكرة عديمة الاحتكاك. الكتلتان موضوعتان على سطح صلب كما هو موضح في الشكل P5.62، حيث $\theta = 30.0^{\circ}$. (a) عندما تنطلق الكتلتان من السكون، هل ستبدآن في الحركة؟ إذا كانت الاجابة نعم أوجد مقدار (b) عجلتهما و(c) الشد في الحبل. إذا كانت الاجابة لا، أوجد (d) مجموع قوى الاحتكاك التي تؤثر على الكتل.

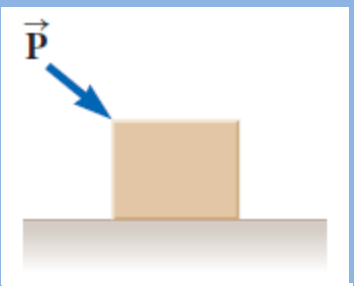


الشكل P5.62

63. S صندوق وزنه F_g يؤثر بقوة مقدارها P على ارضية افقية كما هو موضح في الشكل P5.63. معامل الاحتكاك السكوني هو μ_s. القوة P في اتجاه يصنع زاوية θ اسفل الأفقي. (a) أثبت أن أقل قيمة للقوة P تكفي لتحريك الصندوق تعطى بالعلاقة

$$P = \frac{\mu_s F_g \sec\theta}{1 - \mu_s \tan\theta}$$

(b) ابحث عن الشرط على θ بدلالة μ_s الذي يجعل من المستحيل تحريك الصندوق مهما كانت قيمة القوة P.

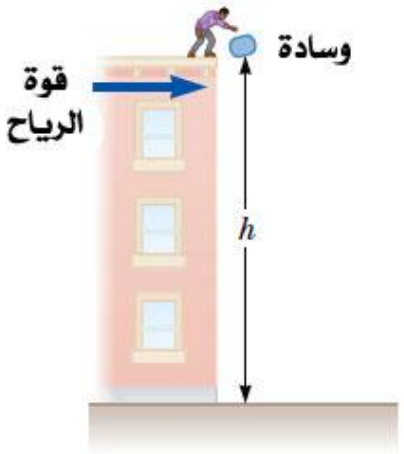


الشكل P5.63

64. Q|C سئل طالب أن يقيس تسارع طائرة شراعية على مستوى مائل عديم الاحتكاك باستخدام مسار هوائي، ساعة ايقاف ومتر قياس. وجد ان الطرف العلوي للمسار اعلى من الطرف السفلي بمقدار $1.774\ \text{cm}$ بينما كان طوله $d = 127.1\ \text{cm}$. أطلقت العربة من السكون عند اعلى نقطة في المنحدر، باعتبار انه عند موضع الانطلاق $x = 0$ وموضعه على طول المسار يقاس بدلالة الزمن. عندما تكون قيمة $x = 10$، 20، 35، 50، 75 و 100 سم أوجد أن الازمنة التي سجلت فيها هذه المسافات (القيمة المتوسطة لخمس أشواط) كانت 1.02 ثانية، 1.53 ثانية، 2.01 ثانية، 2.64 ثانية، 3.30 ثانية و 3.75 ثانية على التوالي. (a) مثل بيانيا العلاقة بين المسافة x والزمن t لتعبر عن البيانات، مع أفضل اختيار للخط المستقيم. (b) حدد عجلة العربة من ميل الخط المستقيم في هذا الرسم البياني. (c) وضح مدى توافق اجابتك على الجزء (b) مع القيم النظرية التي حصلت عليها باستخدام العلاقة $a = g \sin\theta$ التي تم اشتقاقها في المثال 6.5.

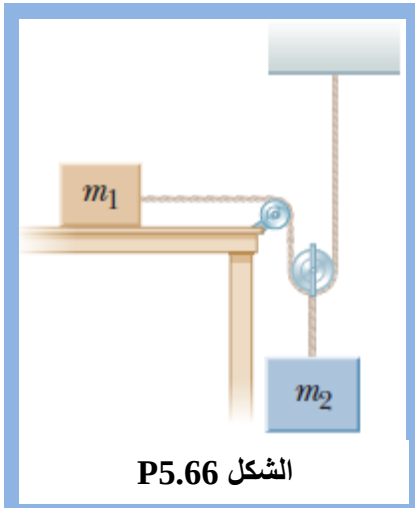
الدكتور حازم فلاح سكيك
www.trgma.com

65. **Q|C** انطلقت وسادة كتلتها m من السكون عند زاوية سطح أحد المباني على ارتفاع h. الرياح التي تهب موازية لجانب المبنى تؤثر بقوة أفقية ثابتة مقدارها F على الوسادة أثناء سقوطها كما هو موضح في الشكل P5.65.الهواء لا يؤثر باي قوة رأسية. (a) أثبت ان مسار الوسادة يكون خط مستقيم. (b) هل تسقط الوسادة بسرعة ثابتة؟ وضح اجابتك. (c) إذا كانت $m = 1.20\ \text{kg}$، و$h = 8.00\ \text{m}$، و$F = 2.40\ \text{N}$. ما بعد النقطة التي سوف تصطدم الوسادة عندها بالأرض عن المبنى؟ ماذا لو؟ (d) إذا تم قذف الوسادة لأسفل من اعلى المبنى بسرعة غير مساوية للصفر، كيف سيكون شكل مسارها؟ اشرح.



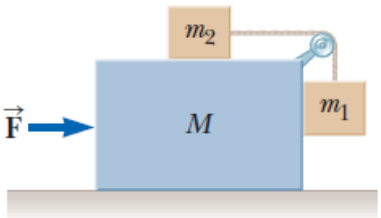
الشكل P5.65

66. **Q|C** في الشكل P5.66، البكرات والحبل خفيفة، جميع الأسطح عديمة الاحتكاك، والحبل غير قابل للشد. (a) ما العلاقة بين قيمة عجلة الكتلة m_1 بقيمة عجلة الكتلة m_2.؟ وضح اجابتك.(b) اذا كانت الكتلة 2 مقدارها 1.30 kg. أوجد قيمة تسارعها بالاعتماد على m_1. (c) ما إذا؟ ماذا ستكون نتيجة الجزء (b) اذا كانت m_1 اقل بكثير من 1.30 kg؟ (d) كيف ستكون نتيجة الفرع (b) اذا كانت m_1 تقترب من المالانهاية؟ (e) وفي هذه الحالة الأخيرة، ما مقدار الشد في الحبل؟ (f) هل كنت تستطيع الاجابة على الأفرع (c) و (d) و (e) من دون حل الفرع (b) أولا؟ وضح اجابتك.



الشكل P5.66

67. **S** ما مقدار القوة الأفقية التي يجب تطبيقها على الكتلة الكبيرة M بالشكل P5.67 بحيث تبقى الكتل الصغيرة ثابتة نسبيا بالنسبة للكتلة الكبيرة M؟ افترض أن جميع الأسطح والبكرة عديمة الاحتكاك. لاحظ أن القوة المبذولة من الحبل تسبب تسارع الكتلة m_2.

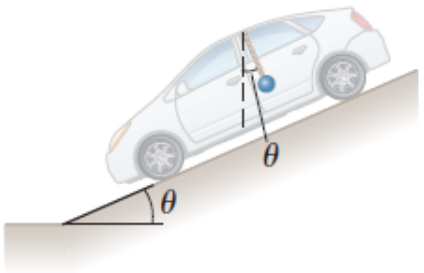


الشكل P5.67

الدكتور حازم فلاح سكيك
www.trgma.com

68. Q|C ينزلق جسم كتلته 8.40-kg. الى أسفل مستوى مائل ثابت وعديم الاحتكاك. استخدم الكمبيوتر لتحديد وجدولة (a) القوة العمودية المؤثرة على الجسم (b) عجلة الجسم عند سلسة من زوايا الميل للمستوى (مقاسة مع الافقي) تتراوح بين 0^0 الى 90^0 بزيادة 5^0 في كل مرة.(c) أرسم مخططا بيانيا للقوة العمودية والعجلة بدلالة زاوية ميل المستوى. (d) في القيم الطرفية لزاوية ميل المستوى، 0^0 و90^0، هل تتوافق نتائجك مع السلوك المعروف؟

69. M سيارة تتحرك بتسارع هابطة تل (شكل P5.69)، تبدا من السكون لتكتسب سرعة مقدارها 30.0 m/s خلال 6.00 s. بداخل السيارة توجد لعبة تتدلى من السقف بخيط. الكرة في الشكل تمثل اللعبة وكتلتها 0.100 kg. العجلة تجعل الخيط يبقى عموديا على سقف السيارة. أجد (a) الزاوية θ (b) الشد في الخيط.

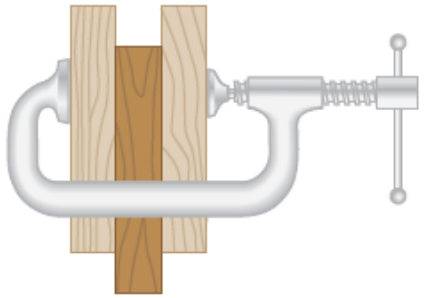


الشكل P5.69

مسائل تحدي

70. قوة متغيرة مع الزمن، $\vec{F} = (8.00\hat{i} - 4.00t\hat{j})$ حيث $\vec{F}$ مقاسة بالنيوتن و t بالثواني تؤثر على جسم كتلته 2.00-kg كان مبدئيا في حالة سكون. (a) في أي وقت سيكون الجسم متحركا بسرعة 15.0 m/s؟ (b) كم يكون بعد الجسم عن نقطة البداية عندما تكون سرعته 15.0 m/s؟ (c) ما مقدار ازاحة الجسم الكلية عند هذه اللحظة؟

71. اللوح المحشو بين لوحين اخرين في الشكل P5.71 يزن 95.5 N. إذا كان معامل الاحتكاك السكوني بين الألواح = 0.663، كم يجب أن يكون مقدار قوة الضغط (افترض انها افقية) التي يجب تطبيقها على جانبي اللوح المركزي في الوسط لمنعه من الانزلاق؟

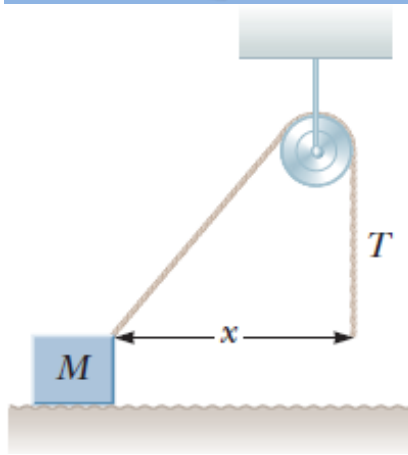


الشكل P5.71

72. لماذا يعتبر الوضع التالي مستحيلا؟ حماصة وزنها 1.30 kg غير متصلة بالكهرباء. معامل الاحتكاك السكوني بين الحماصة والسطح العلوي الأفقي للمطبخ هو 0.350. لجعل الحماصة تبدأ الحركة قم بسحب حبل التوصيل الكهربي بدون اهتمام. لسوء الحظ يصبح الحبل رخوا بسبب سحبك له بنفس الطريقة في المرات السابقة وسوف ينقطع اذا زاد مقدار الشد عن 4.00 N. بسحب الحبل بزاوية معينة ستنجح اخيرا في تحريك الحماصة دون قطع الحبل.

الدكتور حازم فلاح سكيك
www.trgma.com

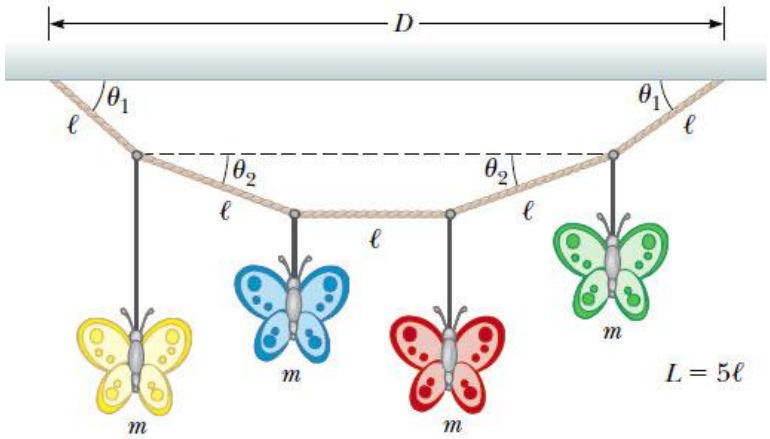
73. Q|C كتلة مقدارها 2.20 kg تتحرك بعجلة على سطح خشن بسحبها بواسطة خيط خفيف يمر على بكرة صغيرة كما في الشكل P5.73 الشد T في الحبل ثابت وقيمته 10.0 N، البكرة على ارتفاع 0.100 m من سطح الكتلة. معامل الاحتكاك الحركي = 0.4. (a) أوجد مقدار عجلة الكتلة عندما x = 0.400 m. (b) صف السلوك العام للعجلة عندما تنزلق الكتلة من مكان تكون فيه x ذات قيمة كبيرة الى حيث x = 0. (c) جد اقصى قيمة للتسارع والموضع x الذي تتحقق عنده هذه القيمة. (d) اوجد الموضع x الذي تنعدم عنده العجلة.



الشكل P5.73

74. S علاقة مكونة من اربع فراشات متساوية في الكتل معلقة بخيط طوله L. المسافات بين نقاط التعليق متساوية مقدارها l كما هو موضح في الشكل P5.74. الحبل يصنع زاوية θ_1 مع السقف عند نهايتيه. الجزء المركزي من الحبل افقي. (a) أوجد مقدار الشد في كل جزء من الحبل بدلالة θ_1، m_1 و g. (b) بدلالة θ_1، اوجد قيمة الزاوية θ_2 بين الأفقي والجزء من الحبل الذي يثبت الفراشات الداخلية والجزء الذي يثبت الفراشات الخارجية. (c)اثبت ان المسافة D بين نهايتي الحبل تعطى بالعلاقة

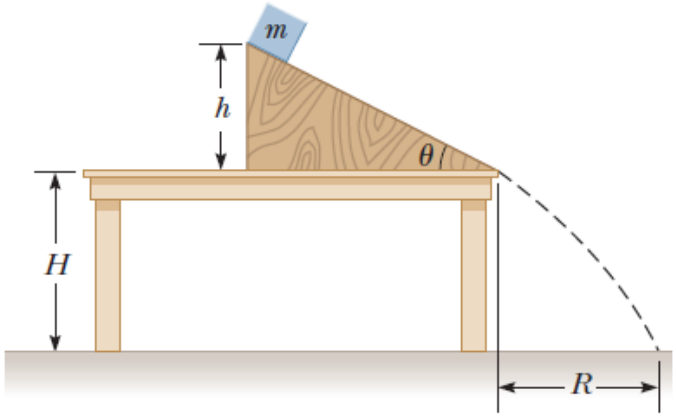
$$D = \frac{L}{5}\{2\cos\theta_1 + 2\cos[\tan^{-1}(\frac{1}{2}\tan\theta_1)] + 1\}$$



الشكل P5.74

الدكتور حازم فلاح سكيك
www.trgma.com

75. مراجعة. كتلة m مقدارها 2.00 kg انطلقت من السكون من نقطة على ارتفاع $h = 0.500$ m من سطح طاولة أعلى مستوى يميل بزاوية $\theta = 30.0^{o}$ على سطح الطاولة الأفقي كما هو موضح في شكل P5.75. السطح المائل عديم الاحتكاك مثبت على الطاولة التي ارتفاعها $H = 2.00$ m. (a) اوجد عجلة الكتلة اثناء انزلاقها على السطح المائل. (b) ما مقدار سرعة الكتلة عند نهاية السطح المائل؟ (c) ما بعد النقطة التي تصطدم بها الكتلة بالأرض عن الطاولة؟ (d) ما الفترة الزمنية التي تنقضي ما بين انطلاق الكتلة واصطدامها بالأرض؟ هل تؤثر قيمة الكتلة على اي من الحسابات السابقة؟



الشكل P5.75

المسألة 75 والمسألة 76

76. في الشكل سطح مائل كتلته M مثبت الى سطح طاولة افقي ساكن. وضعت كتلة مقدارها m قرب الطرف السفلي للسطح المائل واطلقت بإعطائها دفعة قوية جعلتها تبدا في التحرك صاعدة اعلى السطح. توقفت الكتلة قرب نهاية السطح المائل كما هو موضح في الشكل ثم بدأت بالانزلاق لأسفل مرة أخرى، دائما بدون اي احتكاك. أوجد بدلالة m، وM، وg وθ مقدار القوة التي يؤثر بها سطح الطاولة على السطح المائل اثناء هذه الحركة.

الدكتور حازم فلاح سكيك
www.trgma.com

إجابة أسئلة التفكير هي على النحو التالي

1. (d)

2. (a)

3. (d)

4. (b)

5. (i) (c) **(ii)** (a)

6. (b)

7. (b) Pulling up on the rope decreases the normal force, which, in turn, decreases the force of kinetic friction.

الدكتور حازم فلاح سكيك
www.trgma.com

اجابة المسائل الفردية هي على النحو التالي

1. (a) (6.00 **i** + 15.0 **j**) N (b) 16.2 N

3. (a) (2.50 **i** + 5.00 **j**) N (b) 5.59 N

5. (a) 1.53 m (b) 24.0 N forward and upward at 5.29° with the horizontal

7. (a) 3.64×10^{18} N (b) 8.93×10^{-30} N is 408 billion times smaller

9. (a) force exerted by spring on hand, to the left; force exerted by spring on wall, to the right (b) force exerted by wagon on handle, downward to the left; force exerted by wagon on planet, upward; force exerted by wagon on ground, downward (c) force exerted by football on player, downward to the right; force exerted by football on planet, upward (d) force exerted by small-mass object on large mass object, to the left (e) force exerted by negative charge on positive charge, to the left (f) force exerted by iron on magnet, to the left.

11. (a) $t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$ (b) $a_x = \frac{F}{m}$ (c) $x = \frac{Fh}{mg}$ (d) $a = \sqrt{(F/m)^2 + g^2}$

13. (a) 5.00 m/s^2 at 36.9° (b) 6.08 m/s^2 at 25.3°

15. (a) 15.0 lb up (b) 5.00 lb up (c) 0

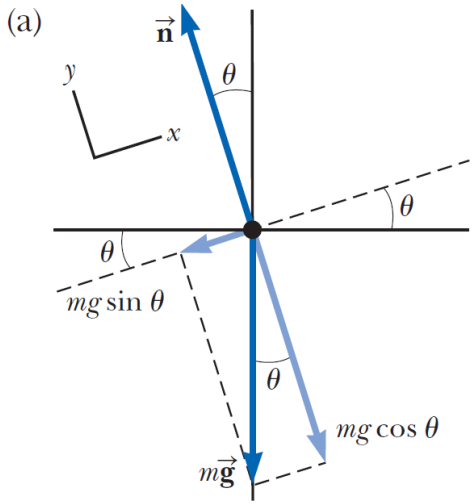
17. (a) 3.43 kN (b) 0.967 m/s horizontally forward

19. (a) $P \cos 40° - n = 0$ and $P \sin 40° - 220$ N $= 0$; $P = 342$ N and $n = 262$ N (b) $P - n \cos 40° - (220 \text{ N}) \sin 40° = 0$ and $n \sin 40 - (220 \text{ N}) \cos 40° = 0$; $n = 262$ N and $P = 342$ N

(c) The results agree. The methods are of the same level of difficulty. Each involves one equation in one unknown and one equation in two unknowns. If we are interested in finding n without finding P, method (b) is simpler.

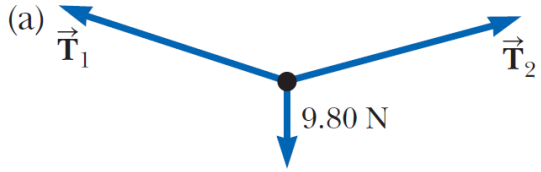
الدكتور حازم فلاح سكيك
www.trgma.com

21.



(b) 2.54 m/s^2 (c) 3.19 m/s

23.



(b) 613 N

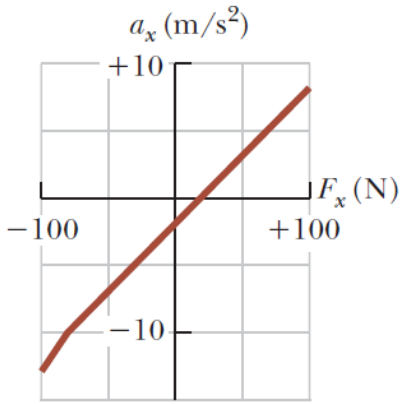
27. 8.66 N east

29. (a) 646 N up (b) 646 N up (c) 627 N up (d) 589 N up

31. (a) T_1 = 79.8 N, T_2 = 39.9 N (b) 2.34 m/s^2

33. (a) F_x > 19.6 N (b) $F_x \leq$ -78.4 N

(c)



35. (a) 706 N (b) 814 N (c) 706 N (d) 648 N

37. 1.76 kN to the left

39. (a) 0.306 (b) 0.245

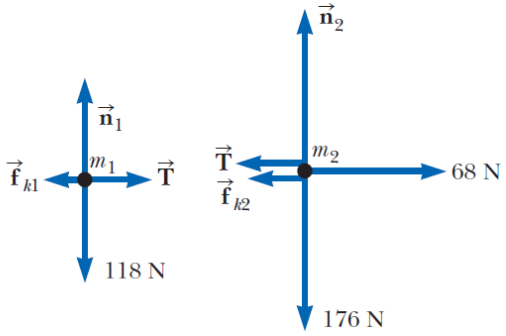
41. (a) 1.11 s (b) 0.875 s

43. (a) 1.78 m/s^2 (b) 0.368 (c) 9.37 N (d) 2.67 m/s

الدكتور حازم فلاح سكيك
www.trgma.com

45. 37.8 N

47 (a)



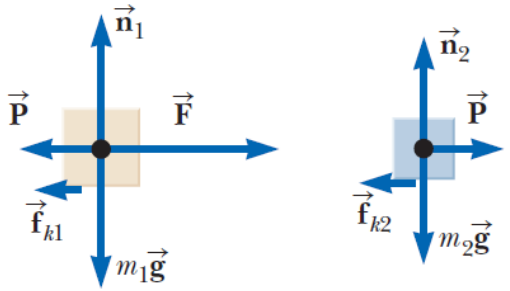
(b) 1.29 m/s^2 to the right (c) 27.2 N

49. 6.84 m

51. 0.060 0 m

53 (a) $a = -\mu_k g$ (b) $d = \dfrac{v_i^2}{2\mu_k g}$

55 (a)



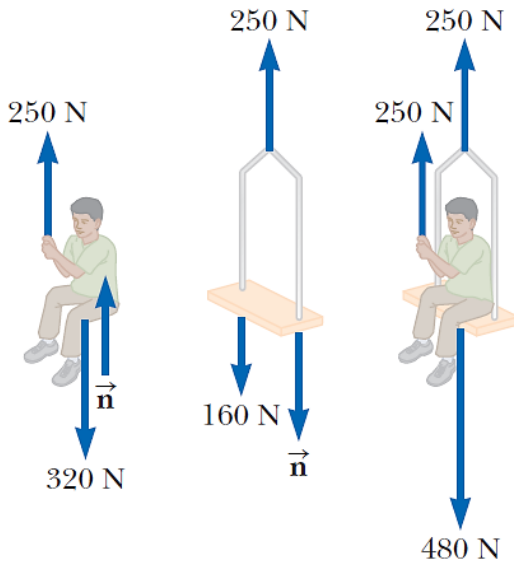
(b) F (c) $F - P$ (d) P (e) m_1: $F - P = m_1 a$; m_2: $P = m_2 a$

(f) $a = \dfrac{F - \mu_1 m_1 g - \mu_2 m_2 g}{m_1 + m_2}$,

(g) $P = \dfrac{m_2}{m_1 + m_2}[F + m_1(\mu_2 - \mu_1)g]$

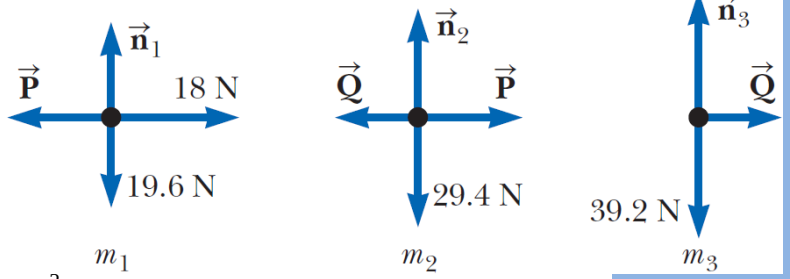
الدكتور حازم فلاح سكيك
www.trgma.com

57 (a)



(b) 0.408 m/s^2 (c) 83.3 N

59 (a)

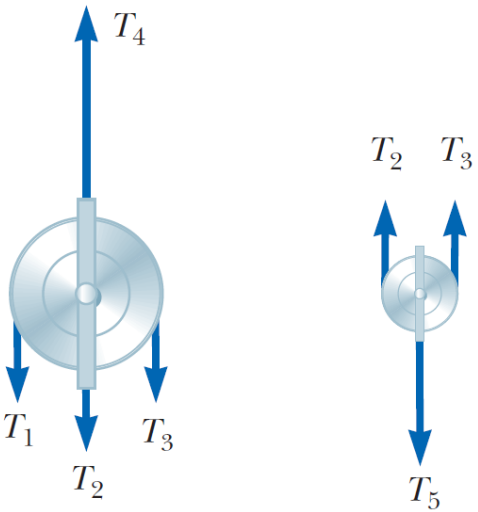


(b) 2.00 m/s^2 to the right (c) 4.00 N on m_1, 6.00 N right on m_2, 8.00 N right on m_3 (d) 14.0 N between m_1 and m_2, 8.00 N between m_2 and m_3 (e) The m_2 block models the heavy block of wood. The contact force on your back is modeled by the force between the m_2 and the m_3 blocks, which is much less than the force F. The difference between F and this contact force is the net force causing the acceleration of the 5-kg pair of objects. The acceleration is real and nonzero, but it lasts for so short a time that it is never associated with a large velocity. The frame of the building and your legs exert forces, small in magnitude relative to the hammer blow, to bring the partition, block, and

الدكتور حازم فلاح سكيك
www.trgma.com

you to rest again over a time large relative to the hammer blow.

61 (a) *Upper pulley:* *Lower pulley:*



(b) $Mg/2$, $Mg/2$, $Mg/2$, $3Mg/2$, Mg (c) $Mg/2$

63. (b) If θ is greater than $\tan^{-1}(1/\mu_s)$, motion is impossible.

65. (a) The net force on the cushion is in a fixed direction, downward and forward making angle $\tan^{-1}(F/mg)$ with the vertical. Starting from rest, it will move along this line with (b) increasing speed. Its velocity changes in magnitude. (c) 1.63 m (d) It will move along a parabola. The axis of the parabola is parallel to the line described in part (a). If the cushion is thrown in a direction above this line, its path will be concave downward, making its velocity become more and more nearly parallel to the line over time. If the cushion is thrown down more steeply, its path will be concave upward, again making its velocity turn toward the fixed direction of its acceleration.

67. $(M + m_1 + m_2)(m_1 g/m_2)$

69. (a) 30.7° (b) 0.843 N

71. 72.0 N

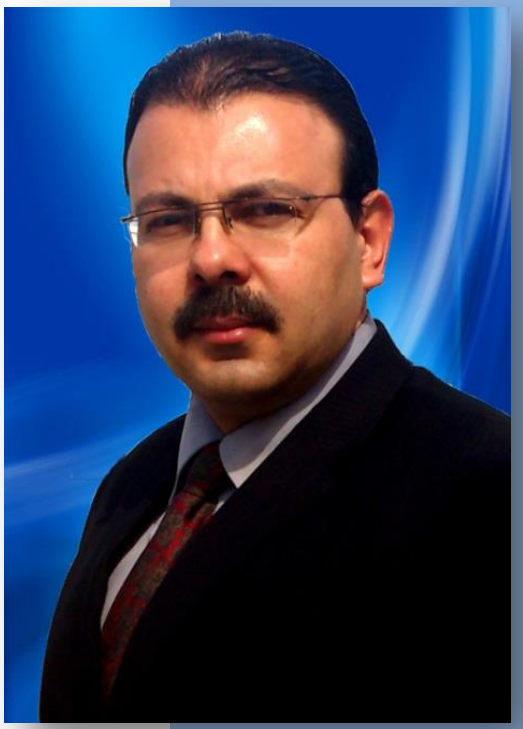
73. (a) 0.931 m/s^2 (b) From a value of 0.625 m/s^2 for large x, the acceleration gradually increases, passes through a maximum, and then drops more rapidly, becoming negative and reaching -2.10 m/s^2 at x = 0. (c) 0.976 m/s^2 at x = 25.0 cm (d) 6.10 cm

75. (a) 4.90 m/s^2 (b) 3.13 m/s at 30.0° below the horizontal (c) 1.35 m (d) 1.14 s (e) The mass of the block makes no difference.

الدكتور حازم فلاح سكيك
www.trgma.com

د. حازم فلاح سكيك

استاذ الفيزياء المشارك بجامعة الازهر - غزة



- رئيس قسم الفيزياء بجامعة الازهر - غزة في الفترة 1993-1998
- مؤسس وعميد كلية الدراسات المتوسطة بجامعة الازهر - غزة من الفترة 1996-2005
- عميد القبول والتسجيل بجامعة الازهر - غزة في الفترتين 1998-2000 و2007-2008
- مدير الحاسب الالي بجامعة الازهر - غزة في الفترة من 1994-2000
- رئيس وحدة تكنولوجيا المعلومات بجامعة الازهر - غزة في الفترة من 2000-2005
- مؤسس موقع الفيزياء التعليمي
- مؤسس اكاديمية الفيزياء للتعليم الالكتروني
- مؤسس مركز الترجمة العلمي
- مؤسس قناة الفيزياء التعليمي على اليوتيوب
- مؤسس ورئيس تحرير مجلة الفيزياء العصرية

لمزيد من المعلومات يرجى زيارة

المؤسسة الإعلامية لشبكة الفيزياء التعليمية

www.hazemsakeek.net