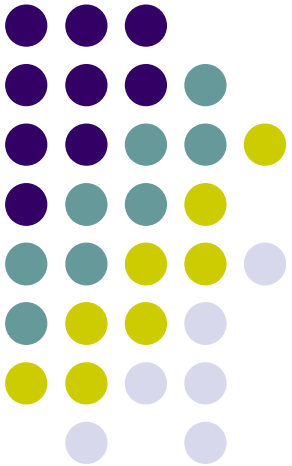
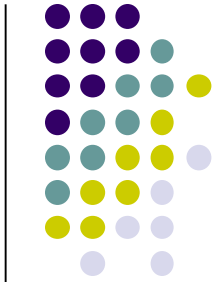
Chapter 3

The Laws of Motion

قوانين الحركة



The Concept of Force مفهوم القوة



- Forces do not always cause motion • القوات لا تسبب دائما الحركة

- The net force acting on an object is defined as the vector sum of all forces acting on the object.

• يتم تعريف القوة الصافية التي تعمل على أحد الأشياء على أنها مجموع المتغيرات لكل القوى التي تعمل على الكائن.

- We sometimes refer to the net force as the total force, the resultant force, or the unbalanced force.)

• نشير في بعض الأحيان إلى القوة الصافية باعتبارها القوة الكلية ، أو القوة الناتجة ، أو القوة غير المتوازنة.

- **If the net force exerted on an object is zero,**

• إذا كانت القوة الصافية التي تمارس على الجسم هي صفر ،

➢ the acceleration of the object is zero and its velocity remains constant. تسارع الجسم هو صفر وتبقى سرعته ثابت.

➢ the object either remains at rest or continues to move with constant velocity. The object is said to be in equilibrium

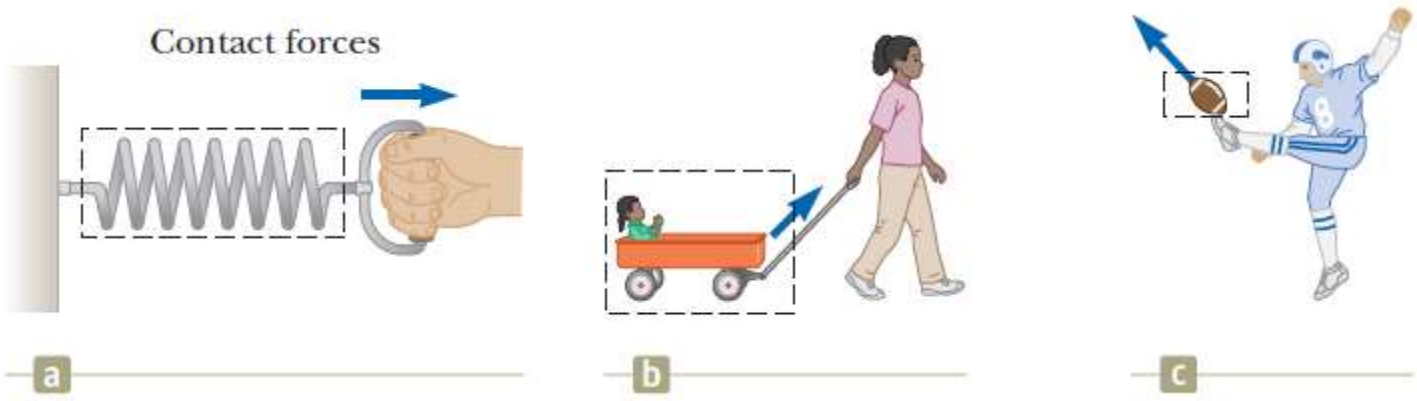
يبقى الكائن إما في حالة راحة أو يستمر في التحرك بسرعة ثابتة. يقال أن الكائن يكون في حالة توازن

The Concept of Force

مفهوم القوة

1. **Contact forces**: they involve physical contact between two objects

1. قوات الاتصال: فهي تنطوي على اتصال جسدي بين جسمين



Pulling spring

سحب الزنبرك

Pulling cart

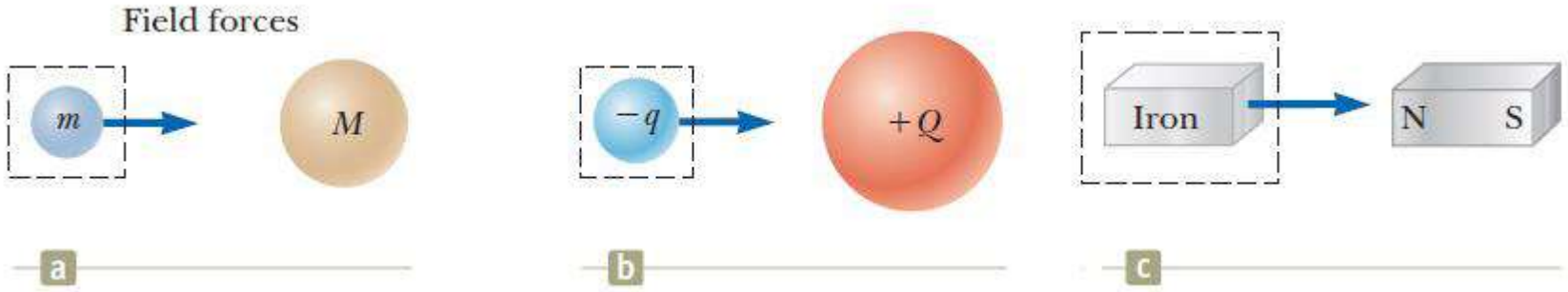
سحب العربة

Kicking ball.

ركل الكرة.

2. **Field forces:** do not involve physical contact between two objects but instead act through empty space.

2. القوات الميدانية: لا تنطوي على الاتصال الجسدي بين جسمين ولكن بدلا من ذلك تعمل من خلال مساحة فارغة.



The gravitational force of attraction between two objects

قوة الجاذبية في الجذب بين جسمين

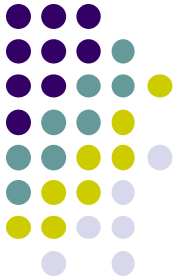
the electric force that one electric charge exerts on another

القوة الكهربائية التي تمارسها شحنة كهربائية على أخرى

The force a bar magnet exerts on a piece of iron

قوة المغناطيس شريط يمارس على قطعة من الحديد

Fundamental Forces القوات الأساسية



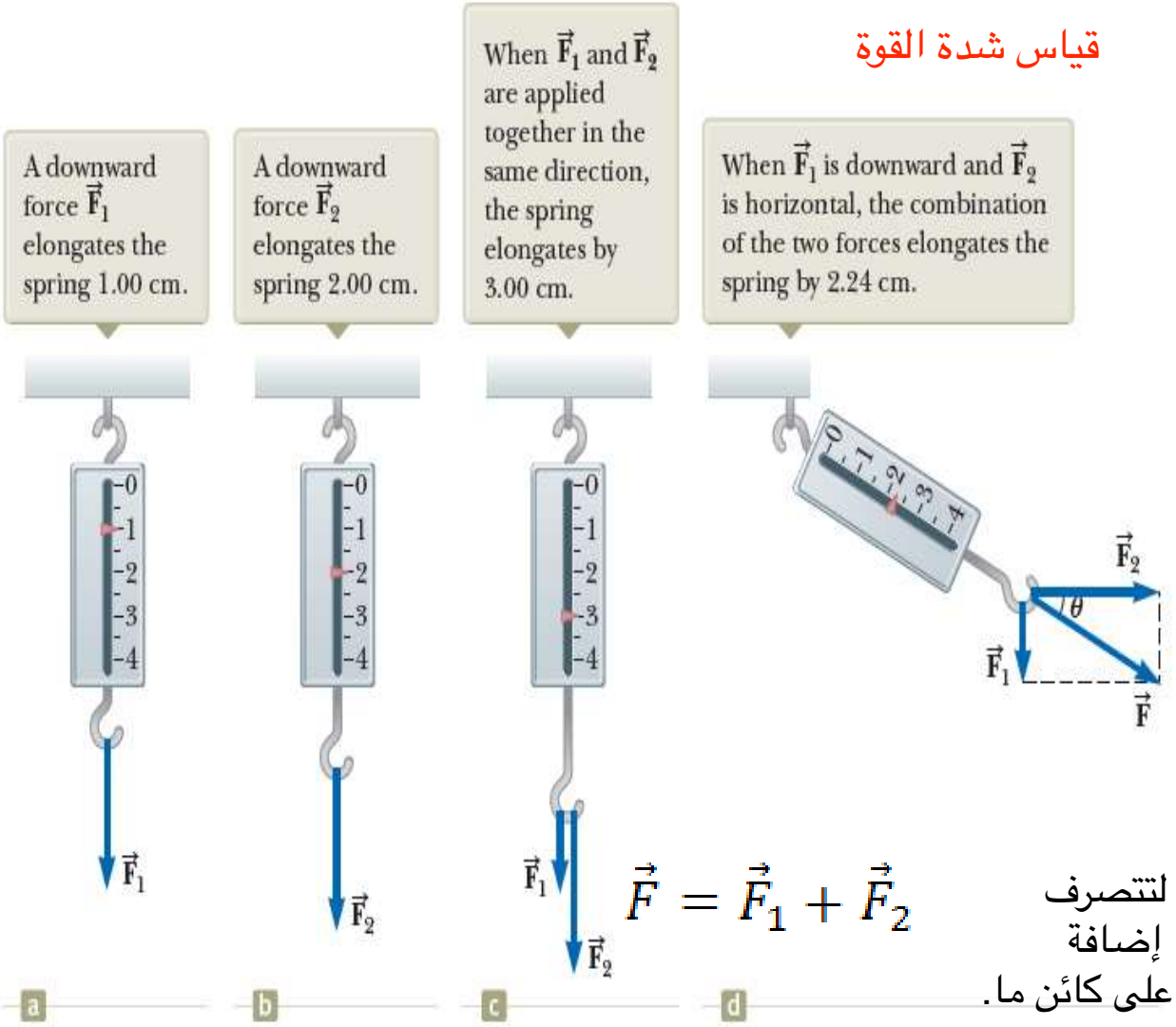
- Gravitational force - قوة الجاذبية
  - Between objects - بين الأشياء
- Electromagnetic forces - القوى الكهرومغناطيسية
  - Between electric charges - بين الشحنات الكهربائية
- Nuclear force - القوة النووية
  - Between subatomic particles - بين الجسيمات دون الذرية
- Weak forces - قوى ضعيفة
  - Arise in certain radioactive decay processes
- Note: These are all field forces

  - ملاحظة: هذه كلها قوى ميدانية

- تنشأ في بعض عمليات الاضمحلال الإشعاعي

Measuring the Strength of a Force

قياس شدة القوة



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

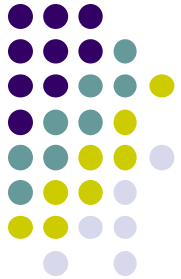
$$|\vec{\mathbf{F}}| = \sqrt{F_1^2 + F_2^2}$$

$$\theta = \tan^{-1} \frac{\vec{\mathbf{F}}_1}{\vec{\mathbf{F}}_2}$$

ولأن القوى قد تم التحقق منها تجريبياً لتتصرف كمتجهات ، يجب عليك استخدام قواعد إضافة المتجهات للحصول على القوة الصافية على كائن ما.

Because forces have been experimentally verified to behave as vectors, you must use the rules of vector addition to obtain the net force on an object.

Newton’s First Law قانون نيوتن الأول



Newton’s First Law : قانون نيوتن الأول :

In the absence of external forces, when viewed from an inertial reference frame, an object at rest remains at rest and an object in motion continues in motion with a constant velocity.

في حالة عدم وجود قوى خارجية ، عندما ينظر إليها من إطار مرجعي بالقصور الذاتي ، يبقى الجسم في حالة راحة ، ويستمر الجسم في الحركة في الحركة بسرعة ثابتة.

In other words, **when no force acts on an object, the acceleration of the object is zero.**

وبعبارة أخرى ، عندما لا تعمل القوة على كائن ، يكون تسارع الجسم صفرًا.

Inertia التعطيل

- **The Inertia** defined as the tendency of an object to resist any attempt to change its velocity.

• عرف الجمود بأنه ميل كائن لمقاومة أي محاولة لتغيير سرعته.

- An inertial frame of reference, is a frame of reference in which bodies, whose net force acting upon them is zero, are not accelerated, that is they are at rest or they move at a constant velocity in a straight line.

• إطار مرجعي بالقصور الذاتي ، هو إطار مرجعي لا تتعجل فيه الهيئات ، التي تعمل قوة صافيتها عليها صفر ، أي أنها في حالة راحة أو تتحرك بسرعة ثابتة في خط مستقيم.

- Newton's first law of motion, sometimes called the law of inertia, defines a special set of reference frames called inertial frames.

يحدد قانون الحركة الأول لنيوتن ، والذي يطلق عليه أحيانًا قانون القصور الذاتي ، مجموعة خاصة من الإطارات المرجعية تسمى إطارات القصور الذاتي.

- We can consider the Earth to be such an inertial frame, although it has a small centripetal acceleration associated with its motion

• يمكننا اعتبار الأرض مثل هذا الإطار بالقصور الذاتي ، على الرغم من أنه يحتوي على تسارع مركزي صغير مرتبط بحركتها

Mass كتلة

- Mass is that property of an object that specifies how much resistance an object exhibits to changes in its velocity, • الكتلة هي تلك الخاصية لكائن يحدد مقدار المقاومة التي يعرضها جسم ما للتغيرات في سرعته ،

- Mass is a scalar quantity • الكتلة هي كمية العددية

- the SI unit of mass is the kilogram. • وحدة SI للكتلة هي الكيلوغرام.

- The greater the mass of an object, the less that object accelerates under the action of a given applied force.

• كلما زادت كتلة الجسم ، كلما تسارع ذلك الجسم تحت تأثير قوة تطبيقية معينة.

- Suppose a force **(F) acting on an object of mass (m_1) produces an acceleration (a_1) and the same force acts in other object of mass (m_2) produces an acceleration (a_2). The ratio of the two masses is defined as the inverse ratio of the magnitudes of the accelerations produced by the force:** • لنفترض أن القوة (F) التي تتصرف على جسم ما (m1) تنتج تسارعًا (a1) وأن نفس القوة تعمل في كائن آخر من الكتلة (m2) تنتج تسارعًا (a2). يتم تعريف نسبة الكتلتين على أنها النسبة العكسية لمقاييس التسارعات الناتجة عن القوة:

$$\frac{m_1}{m_2} \equiv \frac{a_2}{a_1}$$

For the same exerted force on two bodies of masses m_1 and m_2, if the $m_2 = 2\ m_1$, then,

a) $a_2 = 2\ a_1$

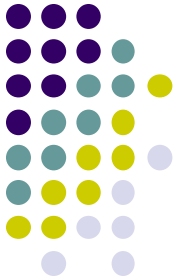
b) $a_2 = 1/2\ a_1$

c) $a_2 = 1/4\ a_1$

d) $a_2 = a_1$

لنفس القوة المبذولة على جسدين من الكتل m1 و m2 ، إذا كانت m2 = 2m1 ،

Mass vs. Weight كتلة مقابل الوزن



Mass and weight are two different quantities

الكتلة والوزن هما كميتان مختلفتان

- Weight is equal to the magnitude of the gravitational force exerted on the object and varies with location.

الوزن يساوي حجم قوة الجاذبية التي تمارس على الجسم ويتغير مع الموقع.

- The mass of an object is the same everywhere.

كتلة الجسم هي نفسها في كل مكان.

Newton's Second Law

قانون نيوتن الثاني

Newton's Second Law: the acceleration of an object is directly proportional to the net force acting on it and inversely proportional to its mass.

قانون نيوتن الثاني: تسارع الجسم يتناسب طرديا مع القوة الصافية التي تعمل عليه ويتناسب عكسيا مع كتلته.

$$\vec{a} \propto \frac{\sum \vec{F}}{m} \longrightarrow \sum \vec{F} = m\vec{a}$$

هذا هو مجموع المتجهات لجميع القوى التي تتصرف على الجسم

This is the vector sum of all the forces acting on the object

$$\sum F_x = ma_x \qquad \sum F_y = ma_y \qquad \sum F_z = ma_z$$

Units of Force وحدات القوة

The SI unit of force is the **newton (N)** which is defined as the force that, when acting on an object of mass 1 kg, produces an acceleration of 1 m/s^2.

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

وحدة SI للقوة هي نيوتن (N) والتي يتم تعريفها على أنها القوة التي ، عند التصرف على كائن من الكتلة 1 كجم ، ينتج تسارع 1 م / ث 2.

The US Customary unit of force is a **pound (lb)**

وحدة القوة الأمريكية المعتادة هي رطل (رطل)

$1\ lb = 1\ slug \cdot ft / s^2$

1 N ~ ¼ lb=0.225 lb

A car is traveling with a constant speed of 20 Km/h, then the resultant force acting on it will be:

تسير السيارة بسرعة ثابتة تبلغ 20 كم / ساعة ، ثم تكون القوة الناتجة عنها هي:

a) 200 N

b) 2 N

c) 0 N

d) 20 N

Acceleration that is produced by a 15N force in a mass of 8 kg will be equal to

تسارع التي تنتجها قوة 15N في كتلة من 8 كجم ستكون مساوية

$$\bar{a} = \frac{F}{m} = \frac{15}{8} = 1.875\, m/s^2$$

Example 5.1: The net force acting on the puck in

مثال 5.1: القوة الصافية التي تعمل على عفريت في

the *x direction* الاتجاه س

$$\sum F_x = F_{1x} + F_{2x} = F_1 \cos(-20) + F_2 \cos(60)$$

$$= (5)(0.94) + (8)(0.5) = 8.7\ N$$

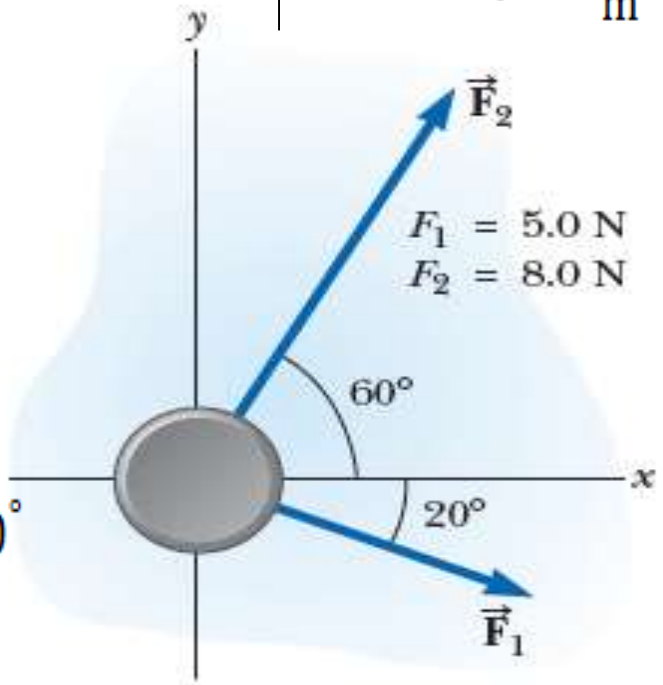
$$a_x = \frac{\sum F_x}{m} = \frac{8.7}{0.3} = 29\ m/s^2$$

the *y direction* الاتجاه ص

$$\sum F_y = F_{1y} + F_{2y} = F_1 \sin(-20) + F_2 \sin(60)$$

$$= (5)(0.342) + (8)(0.866) = 5.2\ N$$

$$a_y = \frac{\sum F_y}{m} = \frac{5.2}{0.3} = 17\ m/s^2$$



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

$$= \tan^{-1}\frac{a_y}{a_x} = \tan^{-1}\frac{17}{29} = 30^\circ$$

The Gravitational Force and Weight

قوة الجاذبية والوزن

- All objects are attracted to the Earth. The attractive force exerted by the Earth on an object is called the gravitational force F_g .

• تنجذب جميع الكائنات إلى الأرض. القوة الجذابة التي تمارسها الأرض على جسم ما تسمى قوة الجاذبية Fg.

- This force is directed toward the center of the Earth,

• هذه القوة موجهة نحو مركز الأرض ،

- its magnitude is called the weight of the object.

• حجمه يسمى وزن الكائن.

Applying Newton's second law $\sum \vec{F} = m\vec{a}$ to a freely falling object of mass m, with $\vec{a} = \vec{g}$ and $\sum \vec{F} = \vec{F}_g$, gives

بتطبيق قانون نيوتن الثاني على كائن يسقط بشكل حر من كتلة m ،

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

the weight of an object, being defined as the magnitude of F_g , *is equal to mg.*

وزن كائن ، يتم تعريفه على أنه حجم Fg ، يساوي ملغ.

Example :A woman weighs 120 lb. Determine
(a) her weight in Newton (N) unit
(b) her mass in kilograms unit. (1 lb= 4.448 N)

a) $F_g = 120 \times 4.448 = 533.76N$

b) $F_g = mg$

$533.76 = m \times 9.8$

m = 54.5 kg

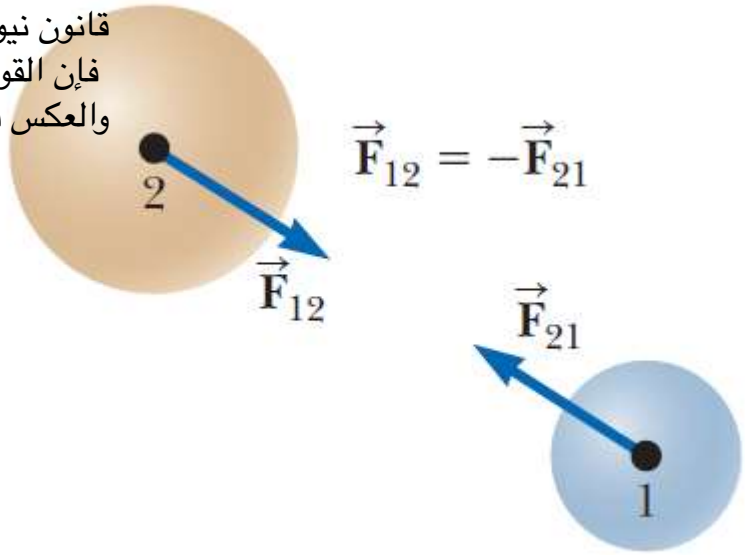
مثال: امرأة تزن 120 رطلًا
(أ) وزنها في وحدة نيوتن (N)
(ب) كتلتها في وحدة الكيلوغرامات. (1 N 4.448 = lb)

Newton's Third Law

قانون نيوتن الثالث

Newton's Third Law: If two objects interact, the force $\mathbf{F_{12}}$ **exerted by object 1 on object 2 is equal in magnitude and opposite in direction to the force $\mathbf{F_{21}}$ exerted by object 2 on object 1:** قانون نيوتن الثالث: إذا تفاعل جسمان ، فإن القوة F12 التي تمارسها الكائن 1 في الكائن 2 تساوي من حيث الحجم والعكس في اتجاه القوة F21 التي تم إجراؤها بواسطة الكائن 2 على الكائن 1:

$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$$



قوة العمل.

the action force

قوة رد الفعل.

the reaction force.

- The action force is equal in magnitude to the reaction force and opposite in direction. • قوة العمل متساوية فى قوة قوة التفاعل وعكسها فى الاتجاه.

❑Forces always occur in pairs (a single isolated force cannot exist) القوات تحدث دائما في أزواج (لا يمكن وجود قوة معزولة واحدة)

The normal force القوة الطبيعية

↓

The table exerts on the monitor an upward force

الطاولة يمارس على الشاشة قوة تصاعدية

(b)

$$\sum \vec{F} = 0$$

$$\sum F_y = 0$$

$$n - F_g = 0$$

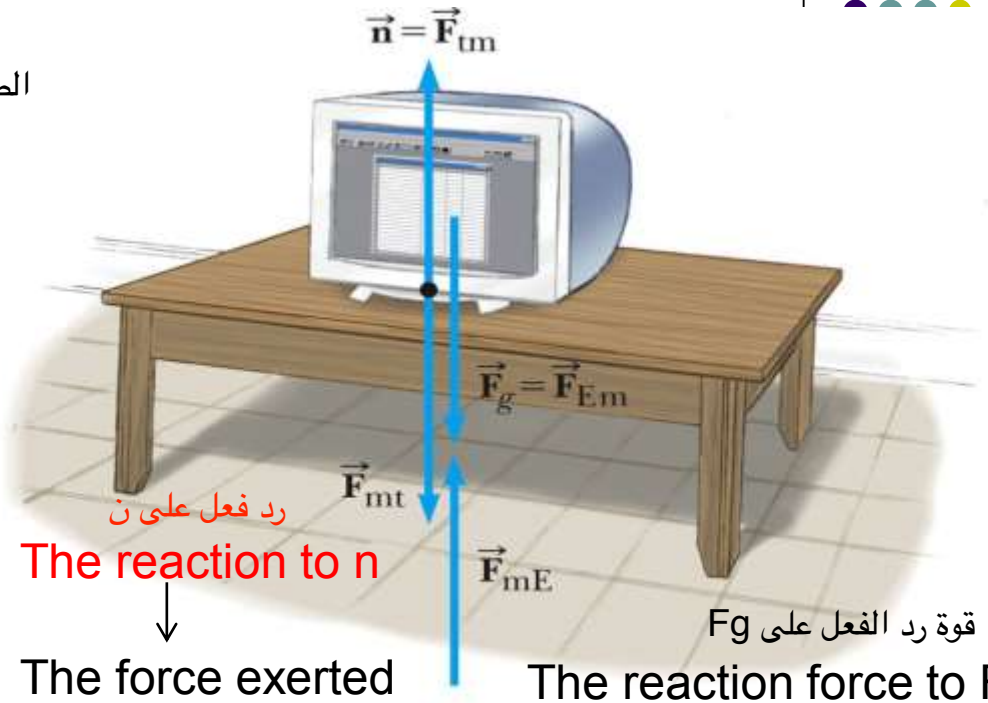
$$n = F_g$$

↓

mg

قوة الجاذبية

The gravitational force



(a)

رد فعل على ن

The reaction to n

↓

The force exerted by the monitor downward on the table, القوة التي تمارسها الشاشة لأسفل على الطاولة ،

$F_{mt} = -F_{tm} = -n.$

قوة رد الفعل على Fg

The reaction force to F_g

↓

the force exerted by the monitor on the Earth

$F_{mE} = -F_g = -F_{Em}$

القوة التي تمارسها الشاشة على الأرض

The force exerted by the Earth on the monitor

القوة التي تمارسها الأرض على الشاشة

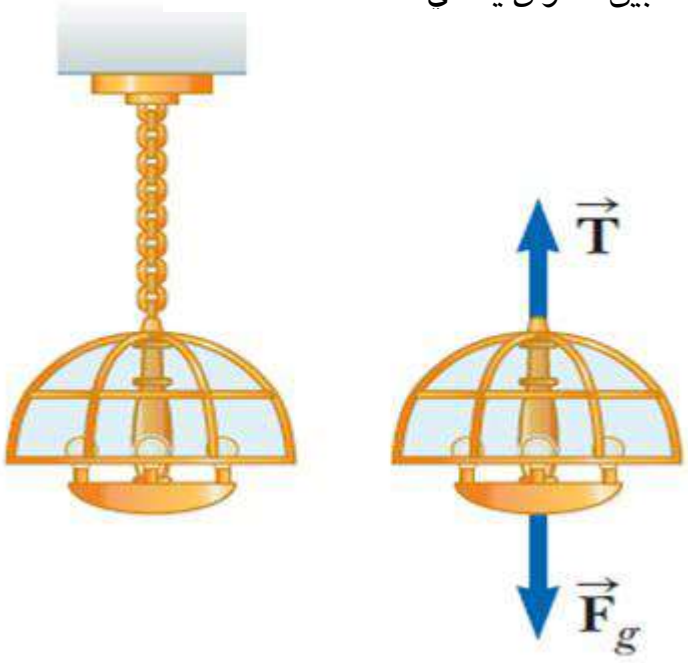
Equilibrium, Example 1a

التوازن ، مثال 1 أ

- The forces acting on the lamp are
- the downward gravitational force F_g
- the upward force T exerted by the chain.
- Applying equilibrium gives

$$\sum F_y = T - F_G = 0 \quad \text{or} \quad T = F_G$$

- القوى العاملة على المصباح هي
- قوة الجاذبية الهابطة Fg
- القوة الصاعدة T التي تمارسها السلسلة.
- تطبيق الاتزان يعطى



We can now apply Newton's second law يمكننا الآن تطبيق قانون نيوتن الثاني

In the *x direction* $\sum F_x = ma_x$

في الاتجاه س

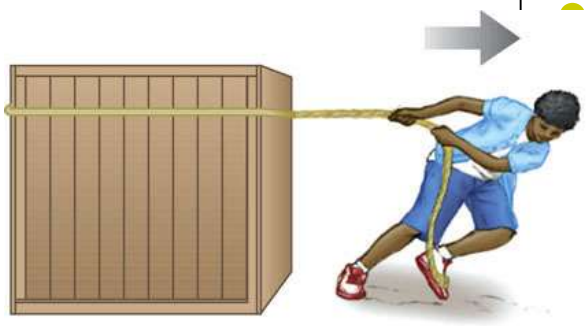
$$\sum F_x = \mathrm{T} = \mathrm{ma_x} \qquad \mathrm{a_x} = \frac{T}{m}$$

In the y direction. $\sum F_y = \mathrm{ma_y}$

في الاتجاه ص.

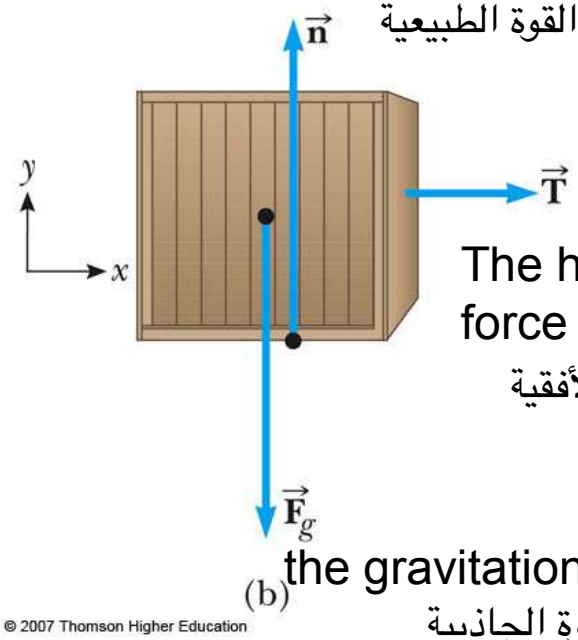
- No acceleration occurs $a_y=0$
- لا يحدث تسارع ay=0

$$\sum F_y = n - F_g = 0 \quad \text{or} \quad n = F_g$$



(a) the normal force

القوة الطبيعية



The horizontal force

القوة الأفقية

(b) the gravitational force

قوة الجاذبية

© 2007 Thomson Higher Education

If T is a constant force, the acceleration a_x= T/m also is constant

إذا كانت T قوة ثابتة ، فإن التسارع

أيضا ثابت ax = T / m

ملاحظة حول القوة العادية

Note About the Normal Force

- The normal force is **not** always equal to the gravitational force of the object - القوة الطبيعية ليست دائما مساوية لقوة الجاذبية للمادة
- For example, in this case - على سبيل المثال ، في هذه الحالة

$$\sum F_y = n - F_g - F = 0$$

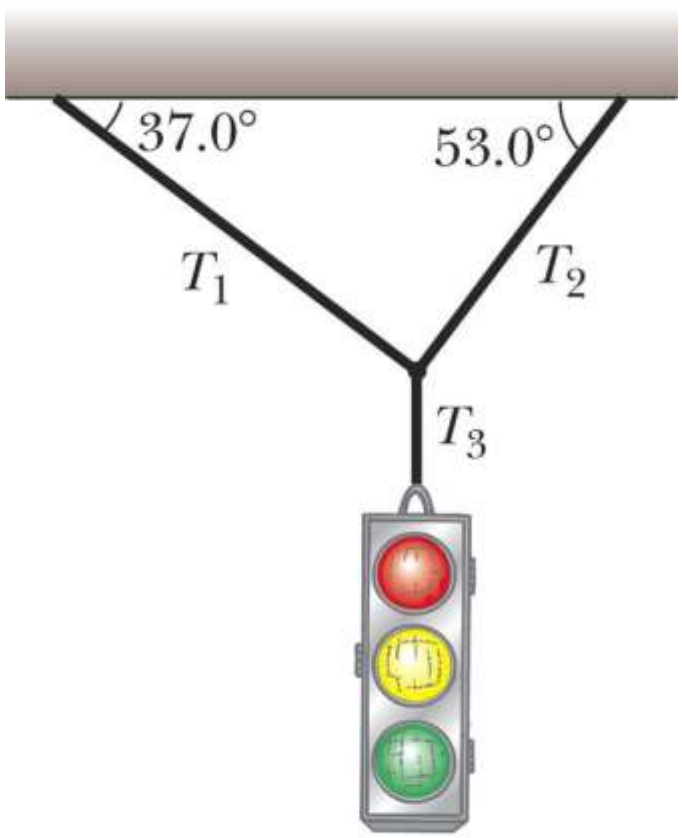
$$n = F_g + F$$

n is greater than $\mathbf{F_g}$ n أكبر من Fg

- **n** may also be less than $\mathbf{F_g}$ يمكن أن يكون n أقل أيضًا من Fg

A traffic light weighing 122 N hangs from a cable tied to two other cables fastened to a support. The upper cables make angles of 37.0° and 53.0° with the horizontal.

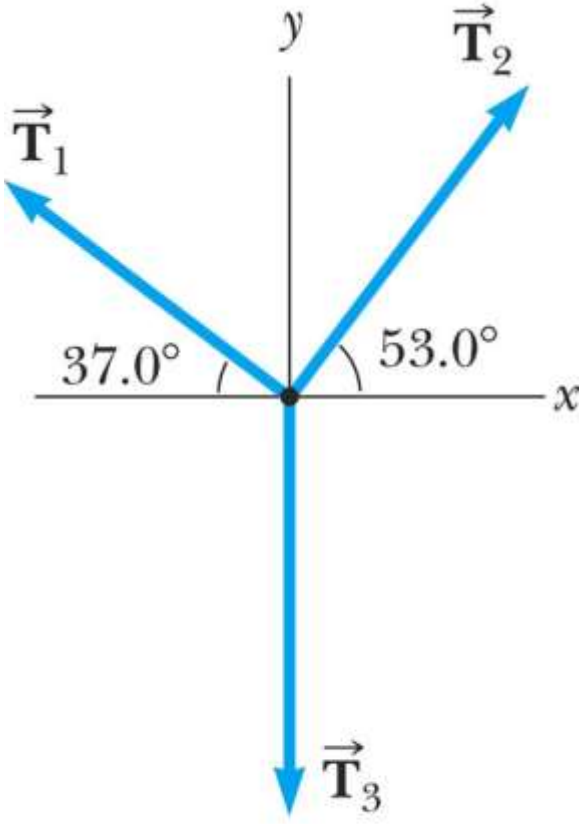
يضيء مصباح مرور يزن 122 نيوتن من كبل مرتبط بكبلين آخرين مثبتين على الدعم. تصنع الكبلات العليا زوايا 37.0 درجة و 53.0 درجة مع الأفقي.



(a)

© 2007 Thomson Higher Education

(d)

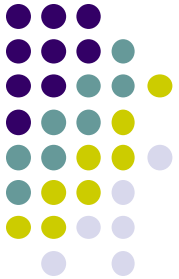


(c)

© 2007 Thomson Higher Education

Problem-Solving Hints Newton's Laws

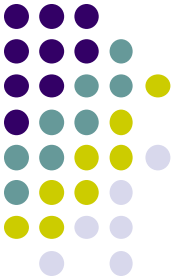
حل المشكلات تلميحات قوانين نيوتن



- *Conceptualize* مفهوم
  - Draw a diagram ارسم مخططاً
  - Choose a convenient coordinate system for each object اختر نظام إحداثيات مناسب لكل كائن
- *Categorize* تصنيف
  - Is the model a particle in equilibrium? هل النموذج جسيم في حالة توازن؟
    - If so, إذا كان الأمر كذلك ، $\sum \mathrm{F} = 0$
  - Is the model a particle under a net force? هل النموذج جسيم تحت قوة صافية؟
    - If so, إذا كان الأمر كذلك ، $\sum \mathrm{F} = \mathrm{ma}$

Problem-Solving Hints Newton's Laws, cont

حل المشكلات تلميحات
قوانين نيوتن ، تابع



- Analyze تحليل
  - Draw free-body diagrams for each object رسم الرسوم البيانية للجسم لكل كائن
  - Include only forces acting on the object تشمل فقط القوى التي تعمل على الكائن
  - Find components along the coordinate axes ابحث عن المكونات على طول محاور الإحداثيات
  - Be sure units are consistent تأكد من أن الوحدات متناسقة
  - Apply the appropriate equation(s) in component form تطبيق المعادلة (المعادلات) المناسبة في شكل مكون
  - Solve for the unknown(s) حل من أجل المجهول (المجهول)
- Finalize وضع اللمسات الأخيرة
  - Check your results for consistency with your free-body diagram تحقق من نتائجك للتأكد من اتساقها مع مخطط جسمك الحر
  - Check extreme values تحقق من القيم المتطرفة

Forces of Friction قوى الاحتكاك

When an object is in motion either on a surface or in a viscous medium such as air or water, there is resistance to the motion because the object interacts with its surroundings. We call such resistance a force of friction(f).

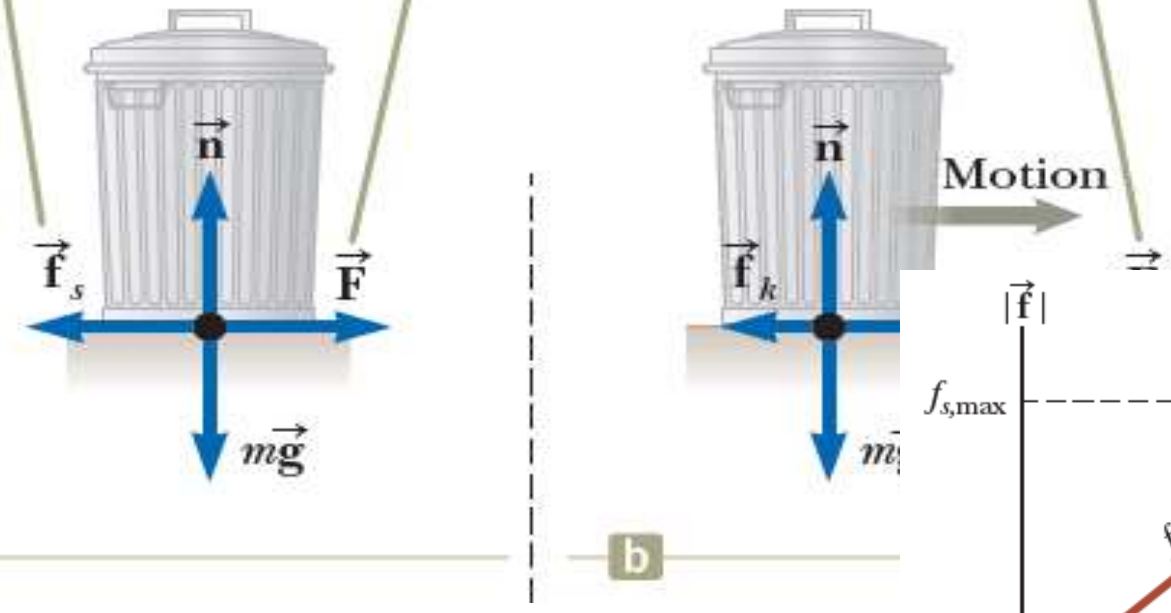
عندما يكون الجسم في حركة سواء على سطح أو في وسط لزج مثل الهواء أو الماء ، هناك مقاومة للحركة لأن الجسم يتفاعل مع محيطه. نحن نطلق على هذه المقاومة قوة من الاحتكاك (f).

For small applied forces, the magnitude of the force of static friction equals the magnitude of the applied force.

When the magnitude of the applied force exceeds the magnitude of the maximum force of static friction, the trash can breaks free and accelerates to the right.

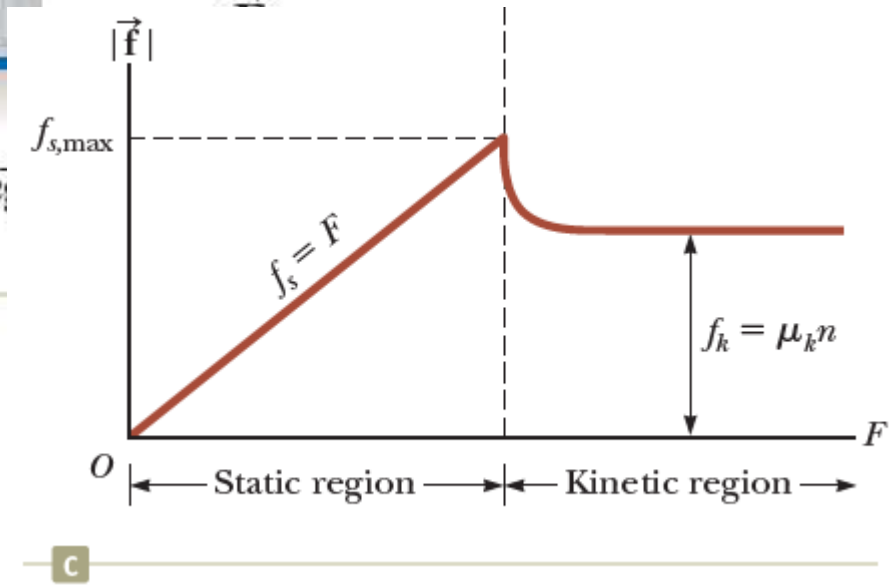
عندما يتجاوز حجم القوة المطبقة حجم القوة القصوى للاحتكاك الساكن ، يمكن أن يتكسر الطليق ويتسارع إلى اليمين.

بالنسبة للقوى التطبيقية الصغيرة ، فإن حجم قوة الاحتكاك الساكن يساوي حجم القوة المطبقة.



قوة الاحتكاك الحركي fk

f_k the force of kinetic friction



f_s the force of static friction

قوة الاحتكاك الساكن fs

$f_s = F$

both $f_{s,max}$ *and* f_k *are proportional* to the magnitude of the normal force. كل من fs و max و fk يتناسبان مع حجم القوة العادية.

The magnitude of the force of static friction between any two surfaces in contact can have the values يمكن أن يكون لقوة قوة الاحتكاك الساكن بين أي سطحين في الاتصال القيم

$$f_s \leq \mu_s n$$

when $f_s = f_{s,max} = \mu_s n$. This situation is called impending motion عندما fs = fs، max = μs n. هذا الوضع يسمى الحركة الوشيكة

The magnitude of the force of kinetic friction acting between two surfaces is حجم قوة الاحتكاك الحركي يعمل بين سطحين هو

$$f_k = \mu_k n$$

μ is the **coefficient of friction** μ هو معامل الاحتكاك

Forces of Friction, final

قوى الاحتكاك ، نهائية

- The coefficient of friction depends on the surfaces in contact
  - يعتمد معامل الاحتكاك على الأسطح الملامسة
- The force of static friction is generally greater than the force of kinetic friction
  - قوة الاحتكاك الساكن أكبر بشكل عام من قوة الاحتكاك الحركى
- Typical values range from around 0.03 to 1.0
- The direction of the frictional force is opposite the direction of motion and parallel to the surfaces in contact
  - اتجاه قوة الاحتكاك هو عكس اتجاه الحركة وبالتوازي مع الأسطح الملامسة
- The coefficients of friction are nearly independent of the area of contact
  - تكون معاملات الاحتكاك مستقلة تقريبا عن منطقة الاتصال

- تتراوح القيم النموذجية من حوالى 0.03 إلى 1.0

Example:

A cyclist of mass 30 kg exerts a force of 250 N to move his cycle with acceleration of 4 ms^{-2}, the force of friction between road and tires will be

مثال:
يمارس الدراج المكون من 30 كجم قوة بقوة 250 نيوتن لتحريك دورته مع تسارع قدره 4 مللي ثانية × 2 ، وستكون قوة الاحتكاك بين الطريق والإطارات

$$\sum F_x = F - f_k = ma_x$$

$$f_k = F - ma_x$$

$$= 250 - 30 \times 4 = 130N$$

Example: From Figure, find μ_s

$$\sum F_x = F\cos 30 - f_s = 0$$

$$= F\cos 30 - \mu_s n = 0$$

$$\mu_s n = F\cos 30$$

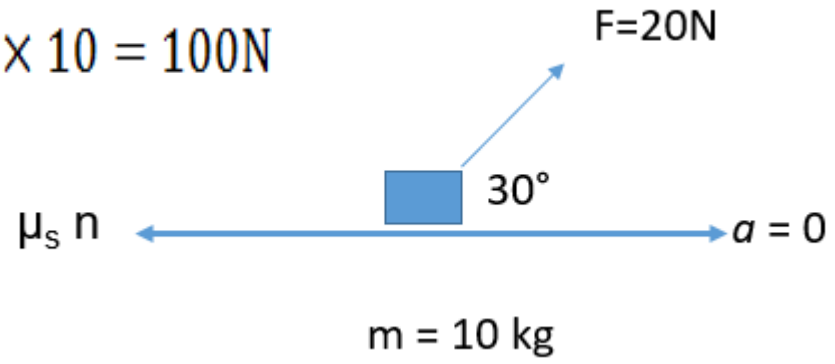
$$\mu_s(100) = 20\cos(30)$$

$$\mu_s = 1.78 \times 10^{-2}$$

$$\sum F_y = n - F_g = 0$$

$$n = mg$$

$$n = 10 \times 10 = 100N$$



Example : From Figure, find μ_k

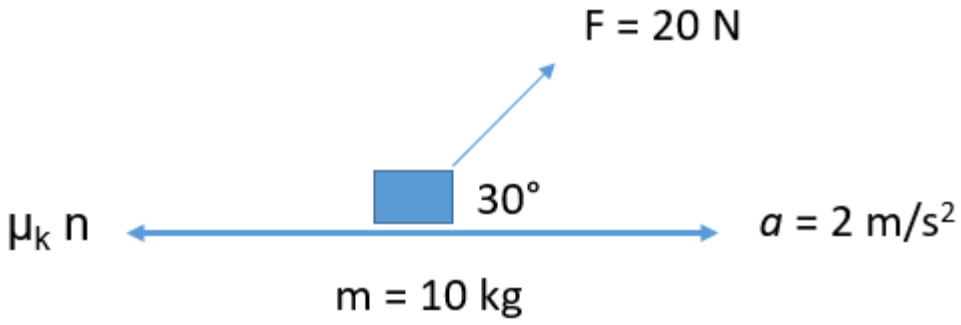
$$\sum F_y = n - F_g = 0$$

$$\sum F_x = F\cos 30 - f_k = ma_x$$

$$F\cos 30 - \mu_k n = ma$$

$$= 20\cos 30 - \mu_k(100) = (10)(2)$$

$$\mu_k = 2.67 \times 10^{-2}$$



Friction, Example 2

الاحتكاك ، مثال 2

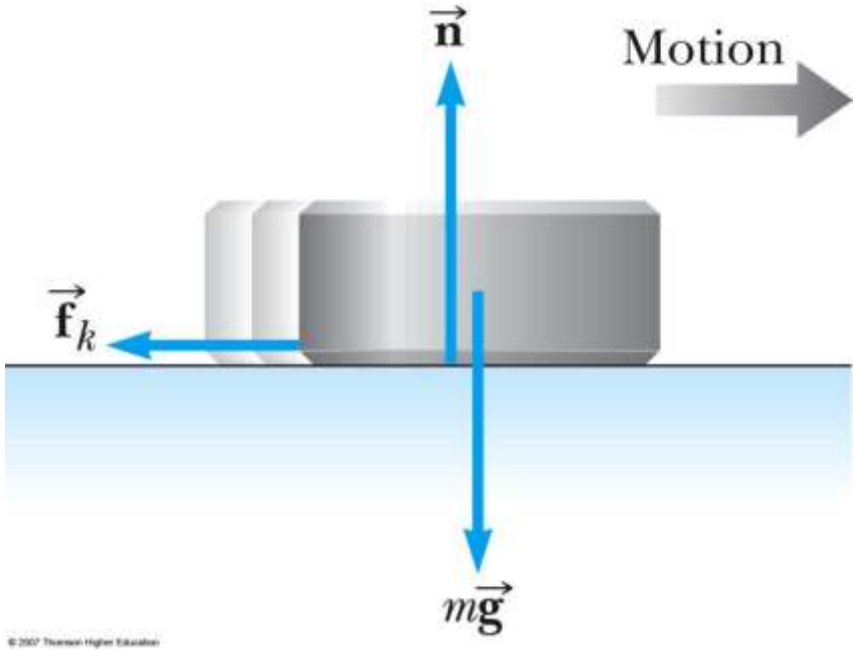
A hockey puck on a frozen pond is given an initial speed of 20.0 m/s. If the puck always remains on the ice and slides 115 m before coming to rest, determine the coefficient of kinetic friction between the puck and ice.

تعطى كرة الهوكي على بركة مجمدة بسرعة أولية تبلغ 20.0 م / ث. إذا بقيت العصا دائما على الجليد وانزلقت 115 مترا قبل أن تأتي للراحة ، حدد معامل الاحتكاك الحركي بين البطة والجليد.

$$\sum F_x = -f_k = a_x$$

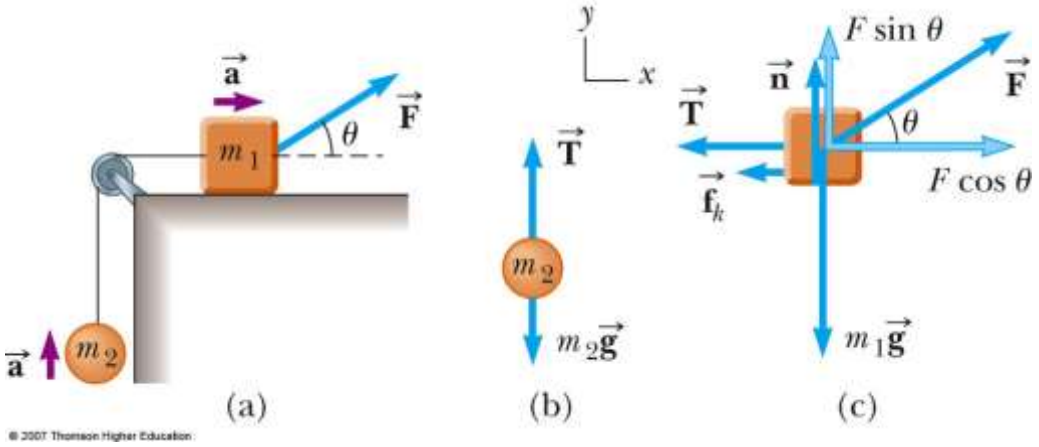
$$\sum F_y = n - mg = 0$$

$$f_k = \mu_k n \qquad n = mg$$



Friction, Example 3

الاحتكاك ، مثال 3



- Friction acts only on the object in contact with another surface
- Draw the free-body diagrams
- Apply Newton's Laws as in any other multiple object system problem

- يعمل الاحتكاك فقط على الجسم الملامس لسطح آخر
- ارسم الرسوم البيانية للجسم الحر
- تطبيق قوانين نيوتن كما هو الحال فى أي مشكلة أخرى متعددة فى نظام الجسم