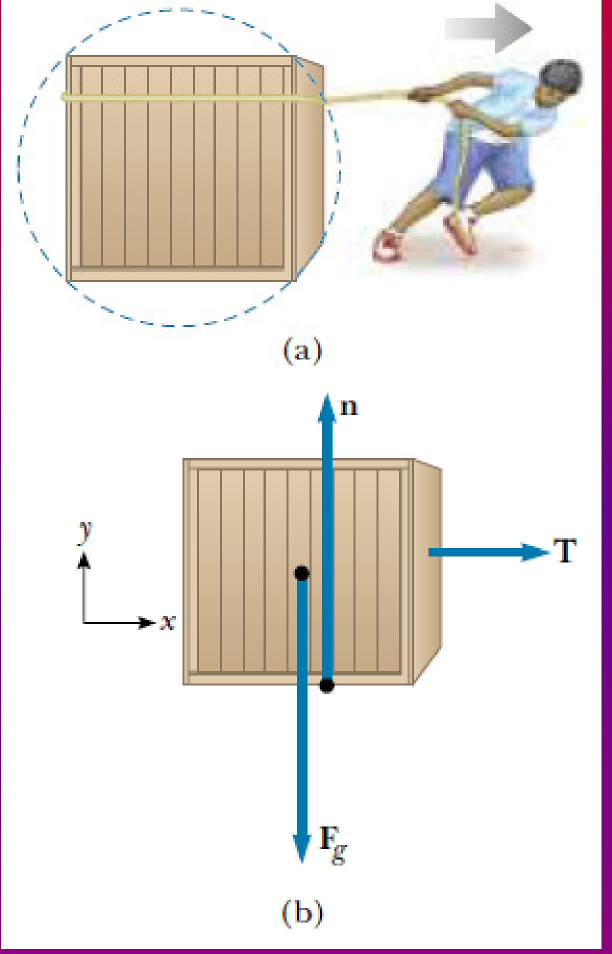

جامعة الملك سعود
كلية العلوم
قسم الفيزياء والفلك
مقرر 210 فيز
د. ناصر بن صالح الزايد
nalzayed@ksu.edu.sa
المحاضرة رقم: 11

SOME APPLICATIONS OF NEWTON'S LAWS تطبيقات على قوانين نيوتن

مفهوم الشد Tension

- عندما نحاول حل مسائل تتعلق بقوانين نيوتن فأننا نركز على القوى الخارجية فقط
- تحليل القوى المؤثرة على جسم عندما يتم شده بحبل والجسم على سطح لا احتكاكي (أملس):



(a)
(b)

- يتم التاثير على الصندوق فقط بقوة الشد T باتجاه اليمين.
- نقوم بتطبيق قانون نيوتن الثاني في اتجاه واحد فقط ولنقل x :

$$\sum F_x = T = ma_x \qquad (1)$$

$$\Rightarrow a_x = \frac{T}{m}$$

- حالة جسم كتلته m مدلى بحبل من السقف :
- هناك قوتان تؤثران: الأولى إلى اعلى ومقدارها T والثانية إلى اسفل ومقدارها mg. لاحظ أن التسارع = صفر (حيث لا توجد حركة)
- نقوم بكتابة قانون نيوتن الثاني كما يلي:
- المجموع الجبري للقوى باتجاه y = الكتلة X التسارع

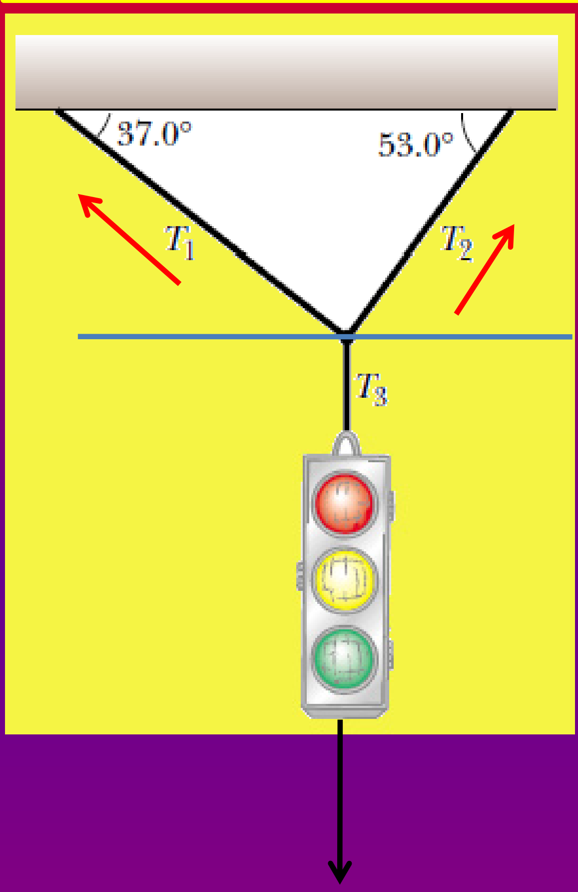
$$\sum F_y = T - mg = ma_y = 0$$

$$\Rightarrow T = mg$$

SOME APPLICATIONS OF NEWTON’S LAWS تطبيقات على قوانين نيوتن

Tension مفهوم الشد

- مثال: 5.4: إذا علمت بأن وزن الأشارة الضوئية هو 125 N فاحسب الشد في الحبال الثلاثة.



$$x: -T_1 \cos 37 + T_2 \cos 53 + T_3 \cos 90 = 0$$

$$\Rightarrow -0.799\,T_1 + 0.602\,T_2 + 0 = 0 \qquad (1)$$

$$y: T_1 \sin 37 + T_2 \sin 53 - T_3 = 0$$

$$\Rightarrow 0.602\,T_1 + 0.799\,T_2 - T_3 = 0 \qquad (2)$$

$$\because T_3 = 125\ N \qquad (3)$$

solving 3 Equations for 3 unknowns :

$$(3)\ \text{in}\ (2) \Rightarrow 0.602\,T_1 + 0.799\,T_2 = 125 \qquad (4)$$

$$(1) \Rightarrow T_2 = \frac{0.799}{0.602} T_1 \qquad (5)$$

$$(5)\ \text{in}\ (4) \Rightarrow 0.602\,T_1 + 0.799 \times \frac{0.799}{0.602} T_1 = 125$$

$$\Rightarrow 0.602\,T_1 + 1.06\,T_1 = 1.66\,T_1 = 125 \Rightarrow T_1 = 75.1\,N$$

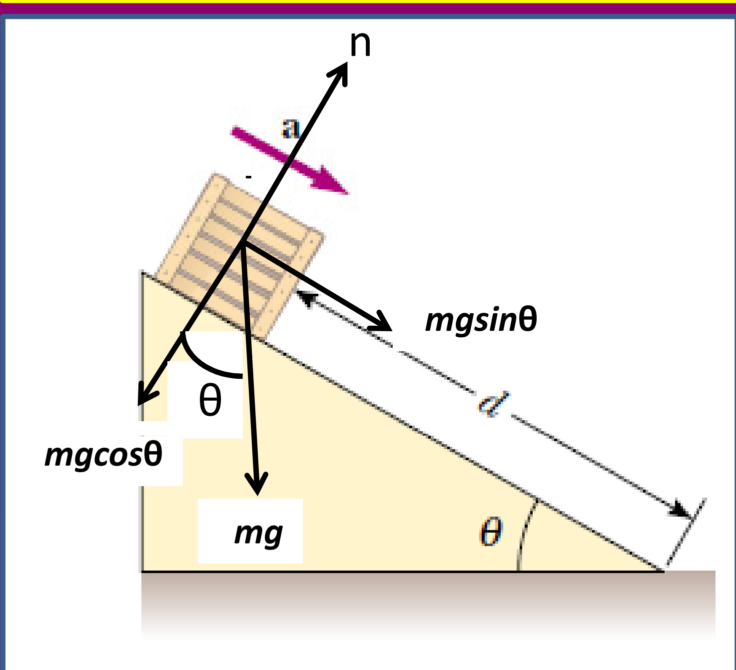
$$(5) \Rightarrow T_2 = \frac{0.799}{0.602}(75.1) = 99.9\,N$$

SOME APPLICATIONS OF NEWTON'S LAWS تطبيقات على قوانين نيوتن

Objects on an Incline frictionless planes أجسام على مستويات مائلة بدون احتكاك

- مثال: 5.6: الصندوق المبين في الشكل كتلته m موجود على سطح مائل لا احتكاكي زاوية ميله مبينة في الشكل.
- (أ) احسب تسارع الصندوق عندما يتحرك. (ب) احسب الزمن اللازم للوصول إلى اسفل المستوى (ج) كم السرعة سوف تكون في اسفل المستوى؟

- الحل: تم تحليل القوى كما هو مبين في الشكل. المركبة *mgsinϑ* هي التي تؤدي إلى الحركة لاسفل، المركبة *mgcos ϑ* لا قيمة لها في غياب الاحتكاك. سوف نطبق قانون نيوتن الثاني على طول المستوى:



$$(a)\ \sum F_x = mg\ \sin\ \theta = ma_x \qquad (1)$$

$$\Rightarrow a_x = g \sin\ \theta$$

- التسارع ثابت، فيمكن تطبيق قوانين الحركة المنتظمة:

$$(b)\ \because x_f - x_i = v_{xi}t + 1/2\, a_x t^2$$

$$\Rightarrow d = 0 + 1/2\, a_x t^2 \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2d}{g\ \sin\ \theta}} \qquad (2)$$

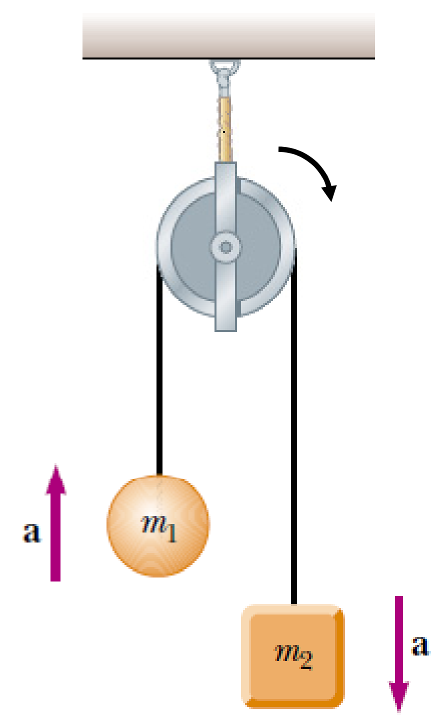
- (ج) يرجى الرجوع للكتاب لاستكمال الحل، حيث يلزم استخدام معادلة حركة منتظمة أخرى لهذا الغرض.

تطبيقات على قوانين نيوتن SOME APPLICATIONS OF NEWTON'S LAWS

آلة أتوود Atwood's Machine

- **مثال: 5.9:** عندما يتم ربط كتلتين مختلفتين m_1 و m_2 بحبل معدوم الوزن بحيث يمر على بكرة ملساء لا احتكاكية ومعدومة الوزن، فأن هذا الوضع يطلق عليه: آلة أتوود. والمطلوب عادة هو: (أ) حساب التسارع. (ب) حساب الشد في الحبل. (ج) أوجد القيم عندما: m_1- 2kg and m_2=4 kg

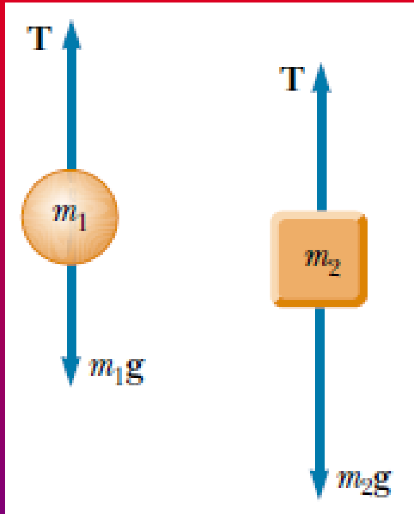
- **الحل**: يتوجب ملاحظة أن التسارع هو نفسه للجسمين من حيث المقدار ولكنه يختلف في الاتجاه فقط. كذلك يجدر ملاحظة أن الشد هو نفسه في الحبل، وهكذا في أي حبل مادام متصلا.



- **استراتيجية الحل:**
- (1) نفترض اتجاه الحركة (عادة يفضل اختيارها لصالح الجسم الأثقل)
- (2) نقوم بكتابة معادلة حركة واحدة لكل جسم (قانون نيوتن الثاني)
- (3) سوف نحصل على عدد من المعادلات يساوي عدد الأجسام
- (4) نقوم بحل المعادلات ونوجد المطلوب
- (5) يتم كتابة معادلة الحركة بناء على اتجاه حركة الجسم:
  - الجسم الساقط تكون mg أكبر من الشد T وبالتالي تصبح محصلة القوة هي: $mg - T$
  - الجسم الصاعد تكون T أكبر من mg وبالتالي تصبح محصلة القوة المؤثرة هي: $T - mg$.
- (6) في حالة كون فرضية الاتجاه صحيحة يصبح a موجبا.

SOME APPLICATIONS OF NEWTON'S LAWS تطبيقات على قوانين نيوتن

Atwood's Machine آلة أوتوود



رسم يوضح القوى المؤثرة على كل جسم بناء على قيمة الكتلة وفرضية الاتجاه.

equations of motion for m_1 and m_2 :

$$\sum F_1 = T - m_1 g = m_1 a \qquad (1)$$

$$\sum F_2 = m_2 g - T = m_2 a \qquad (2)$$

$$(1) + (2) :\Longrightarrow \; m_2 g - m_1 g = (m_1 + m_2) a$$

$$\Rightarrow \; a = \frac{m_2 - m_1}{m_2 + m_1} g \qquad (3)$$

$$(3) \text{ in } (1) :\Longrightarrow \; T - m_1 g = m_1 \left(\frac{m_2 - m_1}{m_2 + m_1} \right) g$$

$$\Rightarrow \; T = \left(\frac{2 m_1 m_2}{m_2 + m} \right) g \qquad (4)$$

$$(c) \; T = \frac{2 \times 2 \times 4}{2 + 4} \times 9.8 = 26.1 \; N \qquad (5)$$

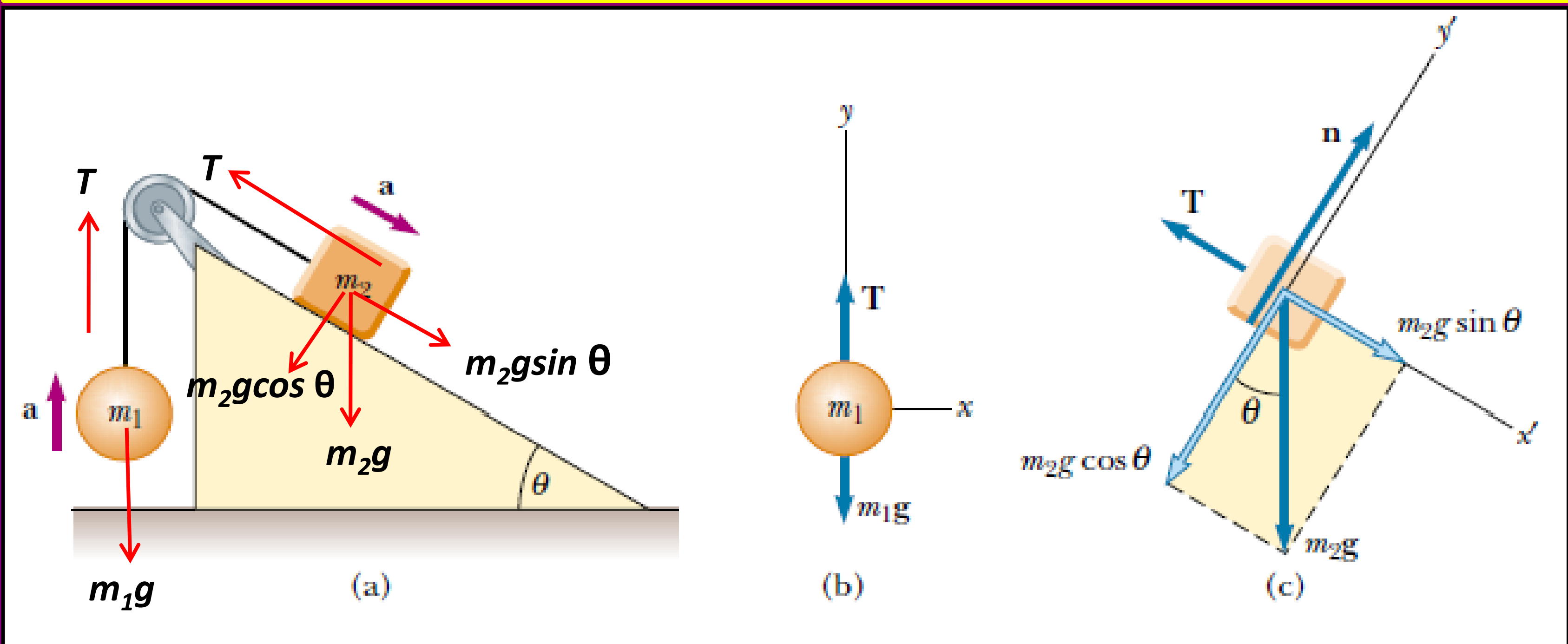
$$a = \frac{4 - 2}{4 + 2} \times 9.8 = 3.27 \; m / s^2 \qquad (6)$$

SOME APPLICATIONS OF NEWTON'S LAWS تطبيقات على قوانين نيوتن

Acceleration of Two Objects Connected by a Cord تسارع جسمين مربوطين بحبل

- **مثال: 5.10:** عندما يتم ربط كتلتين مختلفتين m_1 و m_2 بحبل معدوم الوزن بحيث يمر على بكرة ملساء لا احتكاكية ومعدومة الوزن، ويكون الجسم الثاني مستقرا على سطح مائل بزاوية θ ولا احتكاكي. ثم يترك النظام يتحرك بحرية. فالمطلوب عادة هو: (أ) حساب التسارع. (ب) حساب الشد في الحبل. (ج) أوجد التسارع عندما: $m_1 = 10$ kg and $m_2 = 5$ kg and $\theta = 45^o$

- **الحل:** سوف نقوم باتباع نفس الخطوات في المثال السابق. وقد قمنا بتحليل القوى في الشكل نفسه.
- أذن نتوقع أن يكون لدينا 2 من المعادلات (معادلات الحركة) = عدد الأجسام الداخلة في النظام



SOME APPLICATIONS OF NEWTON'S LAWS تطبيقات على قوانين نيوتن

Atwood's Machine آلة أوتوود

$$m_2 : m_2 g \sin\theta - T = m_2 a \qquad (1)$$

$$m_1 : T - m_1 g = m_1 a \qquad (2)$$

$$(1) + (2) \rightarrow m_2 g \sin\theta - m_1 g = (m_1 + m_2) a \qquad (3)$$

$$(3) \rightarrow a = \left(\frac{m_2 \sin\theta - m_1}{m_1 + m_2}\right) g \qquad (4)$$

$$(4) \text{ in } (2) : \rightarrow T - m_1 g = m_1 \times \frac{m_2 \sin\theta - m_1}{m_1 + m_2} g$$

$$\rightarrow T = m_1 \left[1 + \frac{m_2 \sin\theta - m_1}{m_1 + m_2}\right] g = m_1 \left[\frac{m_1 + m_2 + m_2 \sin\theta - m_1}{m_1 + m_2}\right] g$$

$$\rightarrow T = \left[\frac{1 + \sin\theta}{m_1 + m_2}\right] m_1 m_2 g \qquad (5)$$

$$(c) \; a = \left(\frac{5 \sin 45 - 10}{10 + 5}\right) \times 9.8 = -4.22 \; m/s^2 \qquad (6)$$

- **ملاحظة مهمة:** من النتيجة في (6) يتبين أن التسارع سالب. أن هذا يدل على أن الفرضية التي افترضناها لعملية الدوران كانت غير صحيحة. ولكن هذا لا يؤثر في النتائج حيث أن الاتجاه الصحيح هو إلى اليسار (عكس عقارب الساعة) وقيمة التسارع لا تتغير.

SOME APPLICATIONS OF NEWTON’S LAWS تطبيقات على قوانين نيوتن

FORCES OF FRICTION قوى الاحتكاك

- خلال الفقرات السابقة قلنا أكثر من مرة: سطح لا احتكاكي، فهل هذا الكلام دقيق؟
- في الحقيقة أنه غير دقيق تماما، أو على الأقل يصعب توفير سطوح لا احتكاكية. فإذن يوجد عادة احتكاك بين الأجسام المتحركة والسطوح.
- هناك نوعان من الاحتكاك، يسمى الأول: الاحتكاك السكوني Statick Friction والثاني يسمى: الاحتكاك الحركي Kinetic Friction .
- قوة الاحتكاك قوة مضادة للحركه دائما، وهي غير معروفة القيمة حتى تبدأ الحركة. ولكن يمكن معرفة القيمة القصوى للاحتكاك كما سوف نبين.
- يعرف الاحتكاك السكوني كما يلي: $f_s = \mu_s N$
- أما الاحتكاك الحركي فيعرف كما يلي: $f_k = \mu_k N$
- نضع في بالنا أن قوة الاحتكاك الحركي μ_k دائما أقل من قوة الاحتكاك السكوني. وبالتالي فإن معامل الاحتكاك الحركي أقل من معامل الاحتكاك السكوني μ_s
- الكمية N هي القوة ا لعمودية التي تحصل عادة بسبب جذب الأرض للجسم.
- لاحظ أن القيمة القصوى لمعاملات الاحتكاك هي 1 يرجى الاطلاع على جدول 5.2 لمعرفة بعض القيم.

- **كويز:** هناك صندوق يستقر على ظهر شاحنة. تسارعت الشاحنة إلى اليمين، ولكن الصندوق ظل متحركا معها ولم ينزلق. فأين اتجاه قوة الاحتكاك المؤثرة على الصندوق؟ إلى اليمين؟ أم إلى اليسار؟

- **الحل:** بما أن حركة الصندوق هي نفسها حركة السيارة، إذن بالتأكيد اتجاه قوة الاحتكاك إلى اليمين.

تطبيقات على قوانين نيوتن SOME APPLICATIONS OF NEWTON'S LAWS

تسارع جسمين مربوطين بحبل عند وجود الاحتكاك

- **مثال: 5.10: بالاحتكاك:** عندما يتم ربط كتلتين مختلفتين m_1 و m_2 بحبل معدوم الوزن بحيث يمر على بكرة ملساء لا احتكاكية ومعدومة الوزن، ويكون الجسم الثاني مستقرا على سطح مائل بزاوية θ ومعامل احتكاكه الحركي هو 0.4 ، ثم يترك النظام يتحرك بحرية. فالمطلوب هو: (أ) معادلة حركة الجسم الأول. (ب) معادلة حركة الجسم الثاني. (ج) أوجد التسارع عندما: $m_1 = 10$ kg and $m_2 = 5$ kg and $\theta = 45^o$

- **الحل:** نفس الحل السابق ولكن نقوم بأضافة قوة الاحتكاك (كقوة سالبة) في معادلة حركة الجسم m_2 . كما يرجى ملاحظة استخدام فرضية اتجاه الدوران الصحيحة وليس الاتجاه السابق الخاطئ حيث أن هذا سوف يعطي قوة الاحتكاك الأشارة الخاطئة.

$$m_2 : T - m_2 g \sin\theta - m_2 g \mu_k \cos\theta = m_2 a \qquad (1)$$

$$m_1 : m_1 g - T = m_1 a \qquad (2)$$

$$\text{for } m_1 = 10 \text{ kg and } m_2 = 5 \text{ kg and } \mu_k = 0.4 \text{ and } \theta = 45^o :$$

$$\rightarrow T - 5(9.8)\sin 45 - 5(9.8)(0.4)\cos 45 = 5a$$

$$\rightarrow T - 34.65 - 13.86 = 5a \rightarrow T - 48.51 = 5a \qquad (3)$$

$$10(9.8) - T = 10a \qquad \rightarrow 98 - T = 10a \qquad (4)$$

$$(3) + (4) : 49.49 = 15a \rightarrow a = 3.3\, m/s^2$$

- **ملاحظة:** لاحظ أن الاحتكاك سبب تناقصا في مقدار التسارع كما هو متوقع.

SOME APPLICATIONS OF NEWTON'S LAWS تطبيقات على قوانين نيوتن
FORCES OF FRICTION قوى الاحتكاك

- خلال الفقرات السابقة قلنا أكثر من مرة: سطح لا احتكاكي، فهل هذا الكلام دقيق؟
- في الحقيقة أنه غير دقيق تماما، أو على الأقل يصعب توفير سطوح لا احتكاكية. فإذن يوجد عادة احتكاك بين الأجسام المتحركة والسطوح.
- هناك نوعان من الاحتكاك، يسمى الأول: الاحتكاك السكوني Static Friction والثاني يسمى: الاحتكاك الحركي Kinetic Friction .
- قوة الاحتكاك قوة مضادة للحركة دائما، وهي غير معروفة القيمة حتى تبدأ الحركة. ولكن يمكن معرفة القيمة القصوى للاحتكاك كما سوف نبين.
- يعرف الاحتكاك السكوني كما يلي: $f_s = \mu_s N$
- أما الاحتكاك الحركي فيعرف كما يلي: $f_k = \mu_k N$
- نضع في بالنا أن قوة الاحتكاك الحركي μ_k دائما أقل من قوة الاحتكاك السكوني. وبالتالي فإن معامل الاحتكاك الحركي أقل من معامل الاحتكاك السكوني μ_s
- الكمية N هي القوة ا لعمودية التي تحصل عادة بسبب جذب الأرض للجسم.
- لاحظ أن القيمة القصوى لمعاملات الاحتكاك هي 1 يرجى الاطلاع على جدول 5.2 لمعرفة بعض القيم.

- **كويز:** هناك صندوق على ظهر شاحنة، تحركت الشاحنة بتسارع إلى اليمين ولكن الصندوق لم ينزلق. أين اتجاه قوة الاحتكاك بالنسبة للصندوق؟ إلى اليمين مع الشاحنة؟ أم إلى اليسار ضد الشاحنة؟

- **الإجابة:** حيث أن الصندوق لم ينزلق، إذن اتجاه قوة الاحتكاك إلى اليمين.

SOME APPLICATIONS OF NEWTON'S LAWS تطبيقات على قوانين نيوتن

FORCES OF FRICTION قوى الاحتكاك

- **مثال: 5.13:** هناك قرص يتحرك على مستوى ثلجي، تم إعطاؤه سرعة ابتدائية مقدارها 20 m/s . إذا تحرك القرص مسافة 115 m قبل أن يتوقف تماما، فاحسب معامل الاحتكاك الحركي.

$$\text{given} \; : v_{xi} = 20 \text{ m/s}, \; v_{xf} = 0, \; x_f = 115 \text{ m}, \; x_i = 0 \text{ m}$$

$$\sum F_x = ma_x$$

$$\rightarrow -f_k = ma_x \rightarrow -mg\mu_k = ma_x \qquad (1)$$

$$\because v_{xf}^2 = v_{xi}^2 - 2a_x(x_f - x_i)$$

$$\therefore 0 = 400 + 2(a_x)(115) \rightarrow a_x = -\frac{400}{2 \times 115} = -1.74 \; m/s^2 \qquad (2)$$

$$(2) \text{ in } (1) \text{ for } a_x :$$

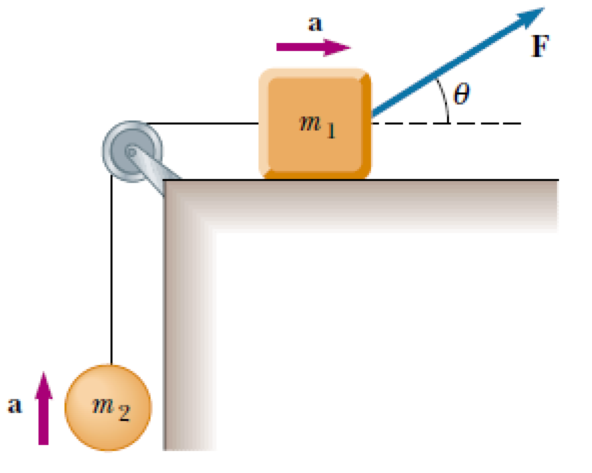
$$\rightarrow \mu_k = -\frac{m}{mg}(-1.74) = 0.177$$

- إذن معامل الاحتكاك دائما أقل أو يساوي الواحد، ودائما موجب الإشارة، وبدون وحدات. لاحظ أن f_k عندما تكتب مجهولة فأننا نعطيها إشارة (-) لأن الأصل أنها ضد الحركة.
- لاحظ أن معادلة (1) تعطي التسارع a_x قيمة قصوى هي g وذلك عندما يكون معامل الاحتكاك يساوي 1. فهل تتذكر عندما ذكرنا سابقا أن تسارع السيارة يفترض أن لا يزيد عن g ؟ وكذلك تباطؤها.

تطبيقات على قوانين نيوتن SOME APPLICATIONS OF NEWTON'S LAWS

FORCES OF FRICTION قوى الاحتكاك

- **مثال: 5.14:** كما هو موضح في الشكل. مطلوب حساب تسارع المجموعة.



(a)

أثر الاحتكاك يظهر على الجسم الثاني من خلال الشد فقط.

equations of motion for m_1 and m_2 :

$$m_1 : \sum f_x = F\cos\theta - T - N\mu_k = m_1 a \quad (1)$$

$$N = m_1 g - F\sin\theta$$

$$(1) \rightarrow F\cos\theta - T - (m_1 g - F\sin\theta)\mu_k = m_1 a \quad (2)$$

$$m_2 : \sum f_y = T - m_2 g = m_2 a \quad (3)$$

$$(2)+(3) :\rightarrow$$

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

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

- **ملاحظات:** تأمل كيف حسبنا القوة العمودية المؤثرة على الجسم الأول. فحيث أن مركبة F إلى أعلى تؤدي إلى نقصان في القوة العمودية فقد قمنا بطرحها. لو كانت F مائلة للأسفل لقمنا بإضافة المركبة بدل طرحها.
- الجسم الأول هو فقط من تأثر مباشرة بقوة الاحتكاك، أم الجسم الثاني فهو لا يتأثر بها ولا تظهر في معادلة الحركة التابعة لهذا الجسم.