

บทที่ 4 แรงและกฎของนิวตัน

ตอนที่ 4.1 แรง

ตอนที่ 4.2 กฎของนิวตัน

ตอนที่ 4.3 การประยุกต์กฎของนิวตัน

ตอนที่ 4.1 แรง

- พลศาสตร์
- แนวความคิดเกี่ยวกับแรง
- มวลและความเฉื่อย

พลศาสตร์

- พลศาสตร์ (Dynamics)

เป็นอีกแขนงหนึ่งของวิชากลศาสตร์ซึ่งอธิบายถึงสาเหตุของการเคลื่อนที่ของวัตถุ รายละเอียดของลักษณะการเคลื่อนที่ของวัตถุ และเงื่อนไขของแรงที่กระทำต่อวัตถุ



ตอนที่ 4.2 เรื่องกฎของนิวตัน

แนวความคิดเกี่ยวกับแรง

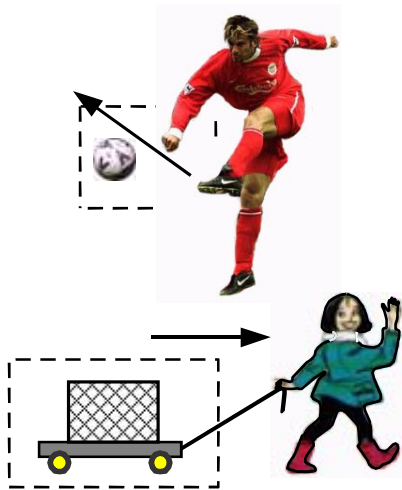
➤ แรงและการเคลื่อนที่

ไม่จำเป็นเสมอไปว่าแรงจะทำให้เกิดการเคลื่อนที่ แต่การเปลี่ยนแปลงความเร็วของวัตถุเกิดจากแรงหรือแรงจะทำให้ความเร็วของวัตถุเปลี่ยนแปลงหรือทำให้วัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง

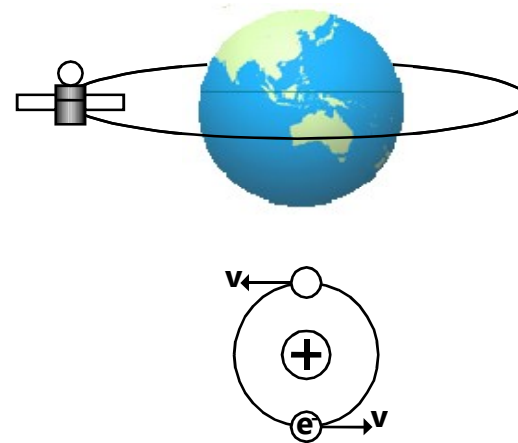
ถ้าแรงลัพธ์ของแรงภายนอกเป็นศูนย์ วัตถุจะ**ไม่มีความเร่งหรือเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัว**

แต่**ถ้าแรงลัพธ์ของแรงภายนอกไม่เป็นศูนย์ วัตถุจะเคลื่อนที่ด้วยความเร่งหรือมีความเร็วที่เปลี่ยนแปลง**

➤ ลักษณะของการกระทำของแรงภายนอก



แรงโดยการสัมผัส



แรงจากสนามของแรง

➤ แรงในธรรมชาติทางฟิสิกส์



Strong



Electromagnetism



Weak



Gravity

	แรงนิวเคลียร์อย่างแรง	แรงแม่เหล็กไฟฟ้า	แรงนิวเคลียร์อย่างอ่อน	แรงโน้มถ่วง
ชนิดของแรง	ยึดนิวคลีออน (โปรตอน และนิวตรอน) ใน นิวเคลียส	แรงระหว่างประจุไฟฟ้า แรงที่ทำให้อะตอมและ โมเลกุลรวมตัวกันอยู่ได้ใน สสาร	ทำให้นิวเคลียสไม่เสถียร จึงเกิดการสลายตัวของ นิวเคลียส	แรงดึงดูดระหว่างมวล ทำให้ดาวเคราะห์ต่างๆ รวมกันอยู่ได้ในระบบ สุริยะของเรา
พิสัยของแรง	แรงพิสัยสั้น ไม่เกินระยะ 10^{-14} เมตร	อนันต์	มีพิสัยสั้น	อนันต์
ขนาดของแรง	1	ประมาณ 10^{-2} เท่าของ แรงนิวเคลียร์ ขึ้นกับขนาดของประจุ และระยะห่างระหว่างประจุ	ประมาณ 10^{-9} เท่าของ แรงนิวเคลียร์	10^{-38} เท่าของแรง นิวเคลียร์ ขึ้นกับขนาดของมวล และ ระยะห่างระหว่างมวล

มวลและความเฉื่อย

มวลเป็นคุณสมบัติของวัตถุที่จะพยายามต้านการเปลี่ยนแปลงสถานะภาพการเคลื่อนที่เดิมของวัตถุ

ถ้าเดิมวัตถุอยู่นิ่ง มวลจะพยายามรักษาสถานะภาพการอยู่นิ่งต่อไป

ถ้าเดิมวัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัวมวลก็จะพยายามรักษาสถานะภาพความเร็วคงตัวเอาไว้

เราเรียกคุณสมบัติดังกล่าวของมวลว่า **ความเฉื่อย (inertia)**

หน่วยของมวลที่นิยมใช้คือ

หน่วยในระบบ SI ซึ่งมีหน่วยเป็น **กิโลกรัม (kilogram , kg)**

ตอนที่ 4.2 กฎของนิวตัน

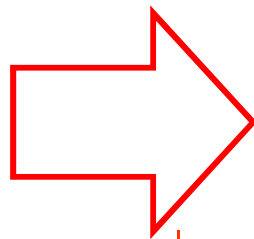
- กฎข้อที่หนึ่งของนิวตัน
- กฎข้อที่สองของนิวตัน
- กฎข้อที่สามของนิวตัน
- กฎความโน้มถ่วงของนิวตัน

กฎข้อที่หนึ่งของนิวตัน

กฎข้อที่หนึ่งของนิวตัน

วัตถุที่เดิมอยู่นิ่งจะยังคงอยู่นิ่งต่อไปหรือถ้าวัตถุกำลังเคลื่อนที่ด้วยความเร็วค่าหนึ่งก็จะยังคงเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงด้วยความเร็วเท่าเดิม นอกเสียจากว่ามีแรงลัพธ์จากแรงภายนอกที่ไม่เป็นศูนย์มากระทำกับวัตถุ


ความเฉื่อยของวัตถุ



กฎของความเฉื่อย (law of inertia)

กฎของนิวตันจะเป็นจริงเมื่อผู้สังเกตอยู่นิ่งหรือเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัว เมื่อเทียบกับกรอบอ้างอิงเฉื่อยเท่านั้น

กรอบอ้างอิงเฉื่อย

หมายถึงกรอบอ้างอิงที่ไม่มีแรงอย่างแท้จริงในปริภูมิ (space)

กฎข้อที่สองของนิวตัน

กฎข้อที่สองของนิวตัน

วัตถุจะเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง เมื่อมีแรงลัพธ์จากภายนอกที่ไม่เป็นศูนย์ มากระทำต่อวัตถุ โดยความเร่งจะแปรผันโดยตรงกับแรงที่มากระทำแต่จะแปรผกผันกับมวลของวัตถุ

$$\Sigma \vec{F} = m \vec{a}$$

$\Sigma \vec{F}$ คือแรงลัพธ์ของแรงภายนอก

m คือมวลของวัตถุ

$\vec{a}$ คือความเร่งของวัตถุ

$$\Sigma F_x = m a_x$$

$$\Sigma F_y = m a_y$$

$$\Sigma F_z = m a_z$$

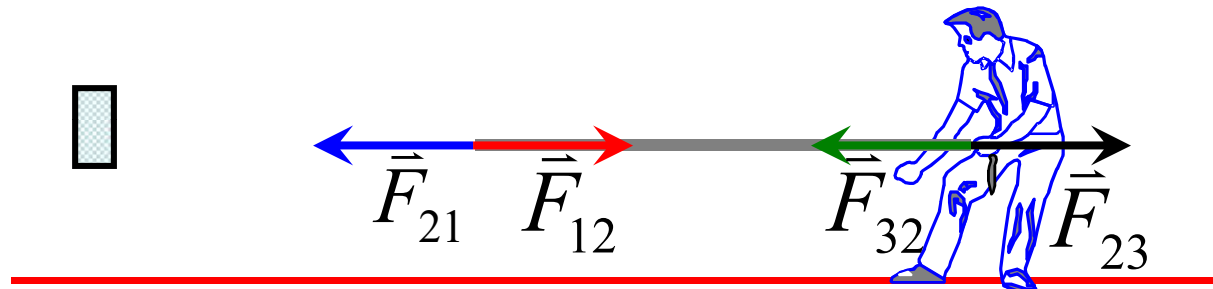
หน่วยของแรงที่นิยมใช้คือ หน่วยในระบบ SI ซึ่งเรียกว่า “นิวตัน” (newton, N)

$$\text{N} = \text{kg} \cdot \text{m} / \text{s}^2$$

กฎข้อที่สามของนิวตัน

กฎข้อที่สามของนิวตัน

ถ้าวัตถุสองก้อนมีอันตรกิริยาต่อกัน แรงที่วัตถุก้อนที่ 1 กระทำต่อวัตถุก้อนที่ 2 จะมีขนาดเท่ากับแรงที่วัตถุก้อนที่ 2 กระทำต่อวัตถุก้อนที่ 1 แต่ทิศทางตรงกันข้าม



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

$\vec{F}_{21}$ คือแรงที่วัตถุก้อนที่ 1 กระทำต่อวัตถุก้อนที่ 2

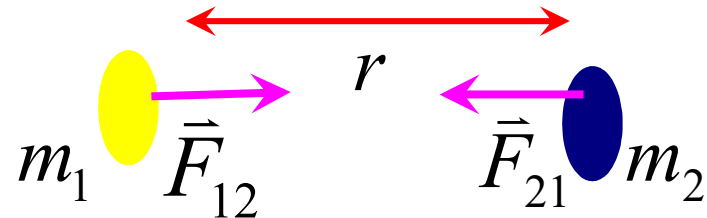
$\vec{F}_{12}$ คือแรงที่วัตถุก้อนที่ 2 กระทำต่อวัตถุก้อนที่ 1

กฎความโน้มถ่วงนิวตัน

กฎความโน้มถ่วงนิวตัน

วัตถุทุกชนิดในจักรวาลจะออกแรงดึงดูดซึ่งกันและกัน โดยขนาดของแรงจะเป็น
ปฏิกิริยาโดยตรงกับผลคูณของมวลของวัตถุและเป็นปฏิกิริยาผกผันกับกำลังสอง
ของระยะห่างระหว่างวัตถุ

$$F = \frac{Gm_1m_2}{r^2}$$



F แรงดึงดูดระหว่างมวล มีลักษณะเป็นแรงคู่กิริยา-ปฏิกิริยา

m_1 มวลของวัตถุก้อนที่ 1

m_2 มวลของวัตถุก้อนที่ 2

r ระยะห่างระหว่างวัตถุทั้งสอง

G คือค่าคงตัวโน้มถ่วงเอกภพ $G = 6.67259 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{kg}^2$

ตัวอย่างที่ 4.1 จงคำนวณหาแรงโน้มถ่วง

(a) ระหว่างลูกโบว์ลิ่งสองลูกมวล 7.3 กิโลกรัม อยู่ห่างกัน 0.65 เมตร

(b) ระหว่างโลกและดวงจันทร์ กำหนดให้โลกและดวงจันทร์มีมวล

$5.98 \times 10^{24} \text{ kg}$ และ $7.36 \times 10^{22} \text{ kg}$ ตามลำดับ และระยะห่างระหว่างโลกและดวงจันทร์เป็น $3.82 \times 10^8 \text{ m}$

วิธีทำ

$$(a) \quad F = \frac{G m_1 m_2}{r^2} = \frac{(6.67 \times 10^{-11} \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{kg}^2)(7.3 \text{ kg})(7.3 \text{ kg})}{(0.65 \text{ m})^2}$$
$$= 8.4 \times 10^{-9} \text{ N}$$

$$(b) \quad F = \frac{G m_1 m_2}{r^2}$$
$$= \frac{(6.67 \times 10^{-11} \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{kg}^2)(5.98 \times 10^{24} \text{ kg})(7.36 \times 10^{22})}{(3.82 \times 10^8 \text{ m})^2}$$
$$= 2.01 \times 10^{20} \text{ N}$$

ตอนที่ 4.3 การประยุกต์กฎของนิวตัน

- ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักและมวล
- ความเสียดทาน
- การประยุกต์กฎของนิวตัน

ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักและมวล

น้ำหนักของวัตถุนั้นคือแรงโน้มถ่วงที่โลกกระทำต่อวัตถุ

$$W = \frac{GmM_E}{R^2}$$

โดย M_E และ R คือมวลและรัศมีของโลกตามลำดับ

$$W = mg$$

$$g = \frac{GM_E}{R^2}$$

g ค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก

มีค่าประมาณ 9.8 เมตร/วินาที²

ตัวอย่างที่ 4.2 เครื่องบินไอพ่นเริ่มออกวิ่งบนทางวิ่งเพื่อบินขึ้น มีความเร่ง $2.3 \text{ เมตร/วินาที}^2$ เครื่องบินมีเครื่องยนต์ 2 เครื่อง แต่ละเครื่องมีแรงดันขึ้น $1.40 \times 10^5 \text{ นิวตัน}$ ถ้าม่าน้ำหนักของเครื่องบินมีค่าเท่าใด

วิธีทำ

$$F = ma$$

แต่ละเครื่องยนต์มีแรงดันขึ้น $1.4 \times 10^5 \text{ N}$

$$F = 2 \times 1.40 \times 10^5 \text{ N}$$

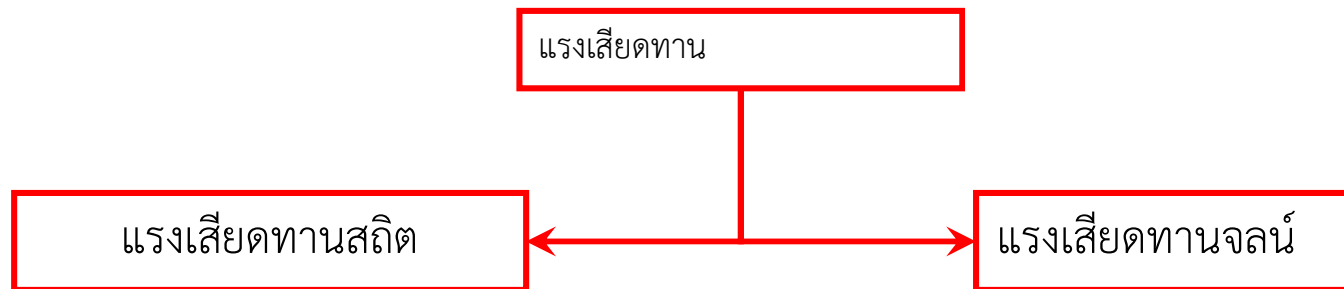
$$2 \times 1.40 \times 10^5 \text{ N} = m(2.3 \text{ m/s}^2)$$

$$m = 1.22 \times 10^5 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \therefore W &= mg = (1.22 \times 10^5 \text{ kg})(9.8 \text{ m/s}^2) \\ &= 1.19 \times 10^6 \text{ N} \end{aligned}$$

ความเสียดทาน

ความเสียดทาน (friction) จะเกิดขึ้นเมื่อวัตถุที่มีผิวสัมผัสกันเคลื่อนที่สัมผัสต่อกัน ทั้งนี้เพราะเหตุว่าผิวของวัตถุทั้งสองนั้นขรุขระหรือไม่เรียบ เมื่อพยายามเคลื่อนวัตถุที่สัมผัสกันจะมีแรงต้านเกิดขึ้น



แรงพยายามที่น้อยที่สุดที่ต้องใช้ในการทำให้วัตถุเคลื่อนตัวจากเดิมที่อยู่นิ่ง

$$f_s \leq \mu_s N$$

μ_s คือค่าสัมประสิทธิ์ของความเสียดทานสถิต

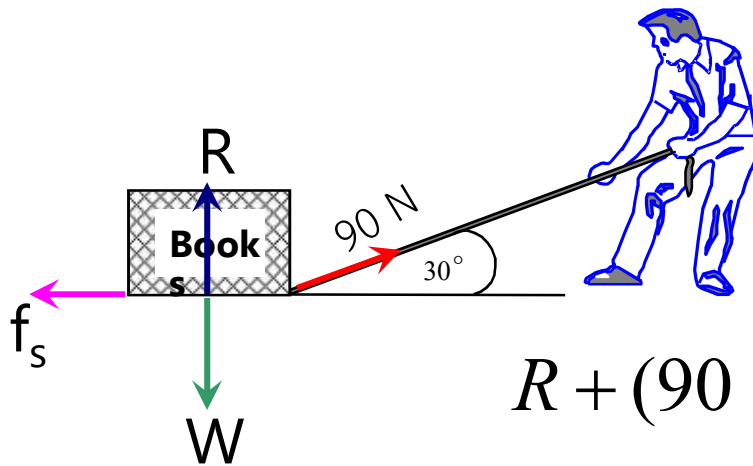
แรงเสียดทานที่เกิดขึ้นระหว่างผิวสัมผัส ในขณะที่วัตถุกำลังเคลื่อนที่

$$f_k = \mu_k N$$

μ_k คือค่าสัมประสิทธิ์ของความเสียดทานจลน์

N คือแรงปฏิกิริยาตั้งฉากระหว่างผิวสัมผัส

ตัวอย่างที่ 4.3 ในการขนย้ายกล่องหนังสือเข้าหอพักของนักศึกษามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีคนหนึ่ง โดยการใช้เชือกลากกล่องหนังสือไปบนพื้นดังรูปถ้านักศึกษาคนนั้นออกแรง 90 นิวตัน ดึงเชือกซึ่งทำมุม 30° กับแนวนอนแล้วกล่องเคลื่อนที่พอดี จงหาสัมประสิทธิ์ของความเสียดทานสถิต ถ้ากล่องมีมวล 20 กิโลกรัม



$$\Sigma F_y = 0$$

$$R + (90 \text{ N}) \sin 30^\circ - W = 0$$

$$R + (90 \text{ N}) \left(\frac{1}{2} \right) - (20 \text{ kg})(9.8 \text{ m/s}^2) = 0$$

$$R = 196 - 45 \text{ N} = 151 \text{ N}$$

$$\Sigma F_x = 0$$

$$f_s = 90 \text{ N} \cos 30^\circ$$

$$\mu_s R = 90 \text{ N} \times \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$\therefore \mu_s = \frac{90 \text{ N} \times \sqrt{3}}{151 \text{ N} \times 2} = 0.52$$

การประยุกต์กฎของนิวตัน

ขั้นตอนของการประยุกต์กฎของนิวตันมีข้อแนะนำดังต่อไปนี้

- แยกวัตถุที่ต้องการวิเคราะห์ออกจากสิ่งแวดล้อม
- พิจารณาว่าสิ่งแวดล้อมคืออะไรบ้างซึ่งออกแรงกระทำต่อวัตถุ
- เลือกกรอบอ้างอิงที่เหมาะสม
- เขียน free-body diagram ของวัตถุที่ต้องการวิเคราะห์
- ใช้กฎของนิวตันกับแรงที่กระทำต่อวัตถุและความเร่งที่เกิดขึ้น

ตัวอย่างที่ 4.4 เด็กหญิงมวล 40 กิโลกรัม และล้อเลื่อนมวล 8.4 กิโลกรัม ยืนอยู่บนผิวน้ำแข็งของทะเลสาบแห่งหนึ่งโดยห่างกัน 15 เมตร ถ้าเด็กหญิงใช้เชือกดึงล้อเลื่อนด้วยแรง 5.2 นิวตัน โดยดึงเข้าหาตัว จงคำนวณ

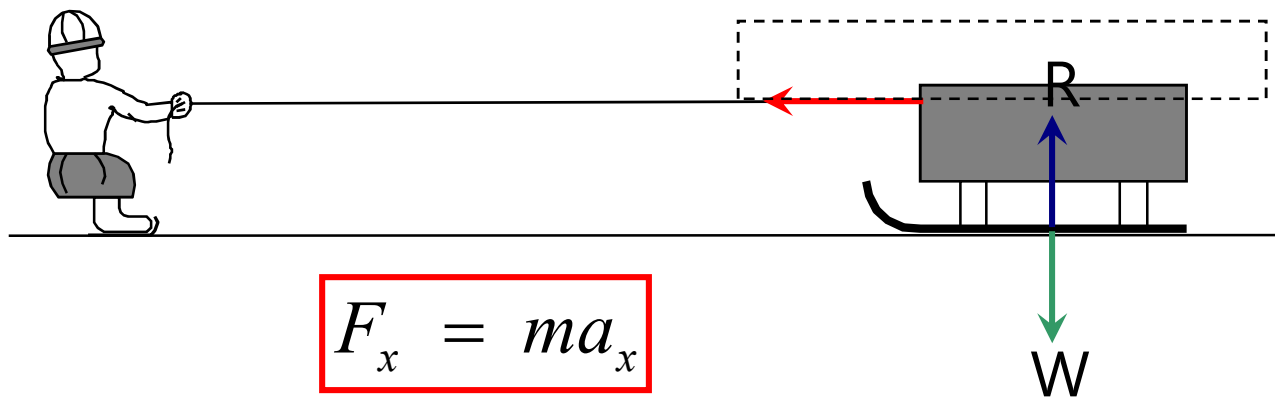
(a) ความเร่งของล้อเลื่อน

(b) ความเร่งของเด็กหญิง

(c) ถ้านับจากตำแหน่งเด็กหญิงยืนอยู่เริ่มต้น เด็กหญิงกับล้อเลื่อนจะชนกันที่ใด ถ้าแรงดึงของเด็กหญิงมีค่าคงที่ และไม่คิดแรงเสียดทาน

วิธีทำ

(a)



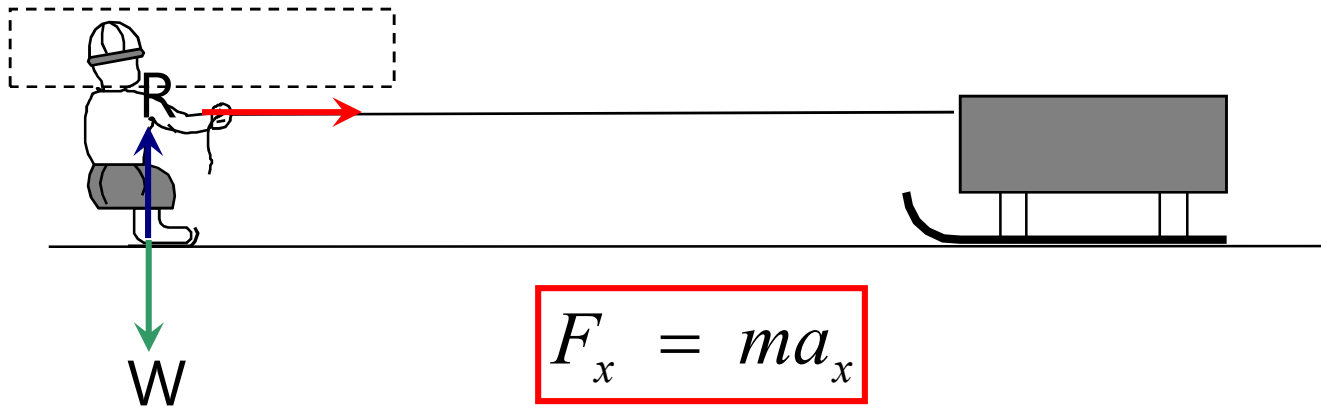
$$F_x = ma_x$$

$$F_x = 5.2 \text{ N}$$

$$m = 8.4 \text{ kg}$$

$$a_x = \frac{5.2 \text{ N}}{8.4 \text{ kg}} = 0.62 \text{ m/s}^2$$

(b)



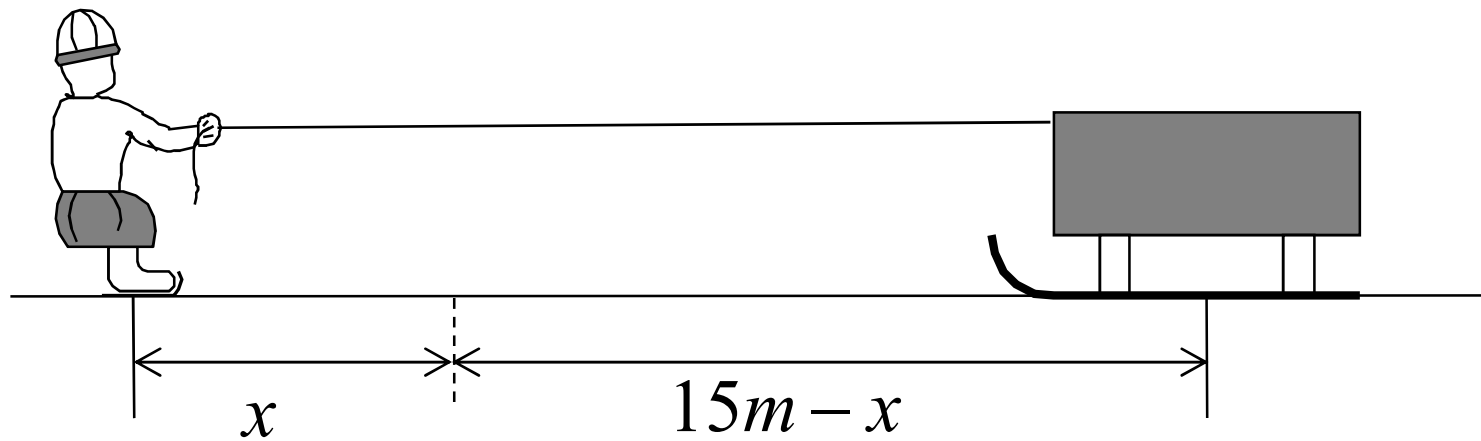
$$F_x = ma_x$$

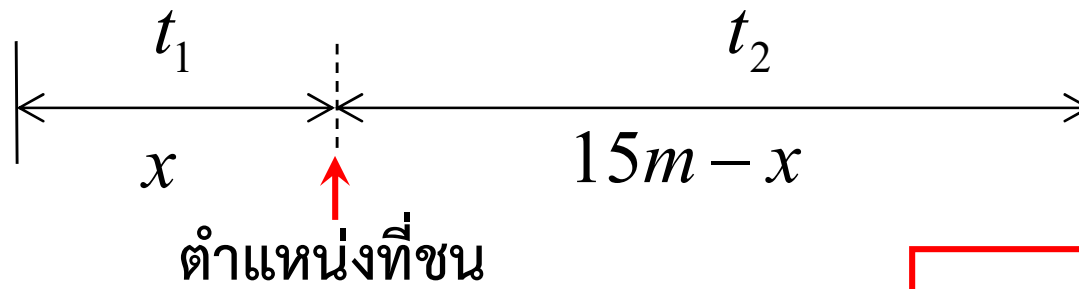
$$F_x = 5.2 \text{ N}$$

$$m = 40 \text{ kg}$$

$$a_x = \frac{5.2 \text{ N}}{40 \text{ kg}} = 0.13 \text{ m/s}^2$$

(c)





$$t_1 = t_2 = t$$

$$s = ut + \frac{1}{2}at^2$$

เด็ก

ล้อเลื่อน

$$x = (0)t + \frac{1}{2}(0.13m/s^2)t^2$$

$$x = +\frac{1}{2}(0.13m/s^2)t^2$$

$$15m - x = (0)t + \frac{1}{2}(0.62m/s^2)t^2$$

$$15m - x = +\frac{1}{2}(0.62m/s^2)t^2$$

$$15m - x = \frac{1}{2}(0.62m/s^2)t^2 \quad (1)$$

$$x = \frac{1}{2}(0.13m/s^2)t^2 \quad (2)$$

$$15m = \frac{1}{2}(0.62m/s^2)t^2 + \frac{1}{2}(0.13m/s^2)t^2$$

$$15m = \frac{1}{2}(0.75m/s^2)t^2$$

$$t^2 = \frac{15m \times 2}{0.75m/s^2}$$

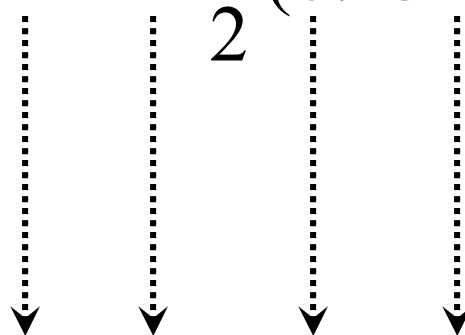
$$t^2 = \frac{30}{0.75}s^2$$

$$t = \pm 6.32s \quad \Rightarrow \quad t = 6.32s$$

$$\begin{aligned} x &= +\frac{1}{2}(0.13m/s^2)t^2 \\ x &= \frac{1}{2}(0.13m/s^2)(6.32s)^2 \\ x &= 2.59m \end{aligned}$$

$$15m - x = \frac{1}{2}(0.62m/s^2)t^2 \quad (1)$$

$$x = \frac{1}{2}(0.13m/s^2)t^2 \quad (2)$$

$$\frac{15m - x}{x} = \frac{\frac{1}{2}(0.62m/s^2)t^2}{\frac{1}{2}(0.13m/s^2)t^2}$$


$$x = 2.59m$$

ตัวอย่างที่ 4.5 คนมวล 110 กิโลกรัม หย่อนตัวเองลงมาถึงพื้นจากความสูง 12 เมตร โดยใช้เชือกคล้องผ่านรอกเกิ้ลี้ยง ปลายข้างหนึ่งผูกติดกับถ่วงทรายมวล 74 กิโลกรัม ถามว่า

- (a) อัตราเร็วของคนเมื่อกระทบพื้นมีค่าเท่าใด
 (b) เขาจะทำอย่างไรเพื่อจะลดอัตราเร็วกระทบพื้น

(a)

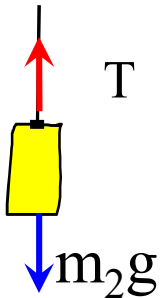


$$v^2 = v_0^2 + 2as$$

$$\Sigma F = ma$$

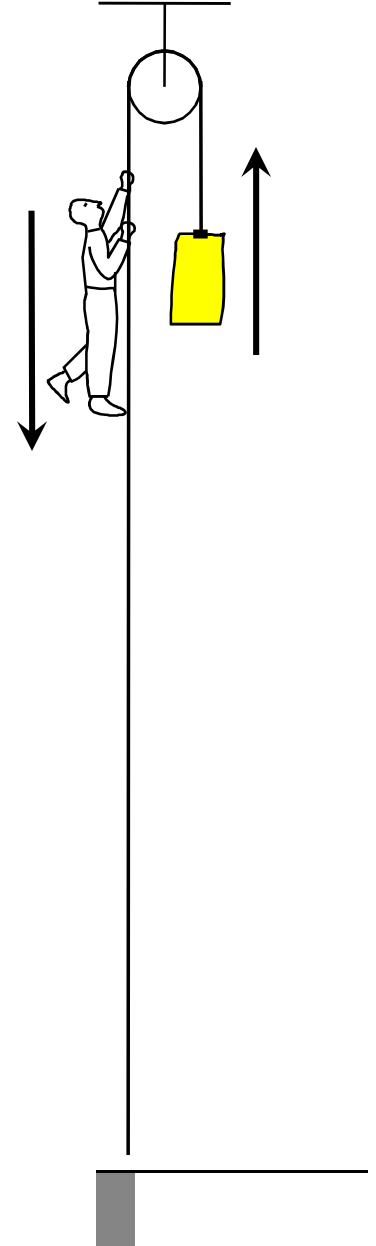
$$m_1g - T = m_1a$$

$$(110 \text{ kg})(9.8 \text{ m/s}^2) - T = (110 \text{ kg})a$$



$$T - m_2g = m_2a$$

$$T - (74 \text{ kg})(9.8 \text{ m/s}^2) = (74 \text{ kg})a$$



$$(110 \text{ kg})(9.8 \text{ m/s}^2) - T = (110 \text{ kg})a \quad (1)$$

$$T - (74 \text{ kg})(9.8 \text{ m/s}^2) = (74 \text{ kg}) a \quad (2)$$

$$(1) + (2) ; \quad (110 \text{ kg} - 74 \text{ kg})(9.8 \text{ m/s}^2) = (184 \text{ kg}) a$$

$$a = \frac{36 \times 9.8}{184} = 1.92 \text{ m/s}^2$$

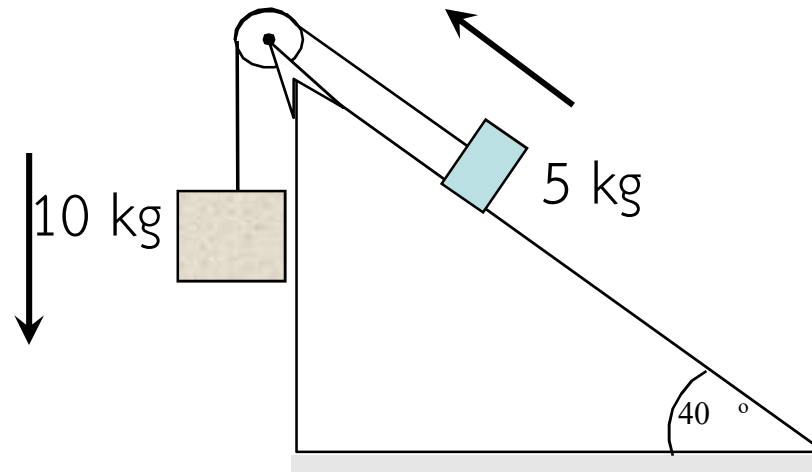
หาความเร็วของชายเมื่อกระทบพื้น

$$\begin{aligned} v^2 &= v_0^2 + 2as \\ &= 0^2 + 2(1.92 \text{ m/s}^2)(12 \text{ m}) \\ &= 46.08 \text{ m}^2/\text{s}^2 \\ v &= 6.79 \text{ m/s} \end{aligned}$$

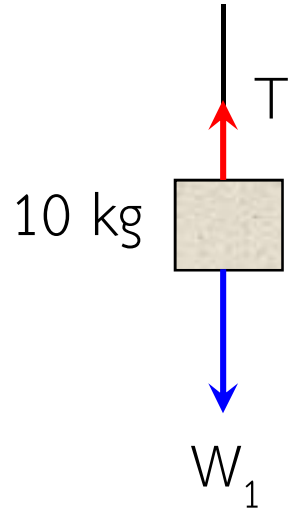
(b) เขาต้องไต่เชือกขึ้นให้ความเร็วสัมผัสลดลงเพื่อลดอัตราเร็วกระทบพื้น

ตัวอย่างที่ 4.6 วัตถุ 2 ก้อนซึ่งมีมวล 10 กิโลกรัม และ 5 กิโลกรัมตามลำดับ ผูกติดกันโดยเชือกเบาซึ่งคล้องผ่านรอกคล้องแล้วเคลื่อนที่ไปบนระนาบเอียงดังแสดงในรูป ถ้าหาวัตถุซึ่งมีมวล 5 กิโลกรัม เคลื่อนที่บนระนาบเอียงซึ่งทำมุม 40°

กับแนวนอน จงหาความเร่งของวัตถุทั้งสองและแรงตึงในเส้นเชือก



$$\Sigma F = ma$$



$$m_1 g - T = m_1 a$$

$$(10 \text{ kg})g - T = (10 \text{ kg})a$$

$$\Sigma F_x = m_2 a_x$$

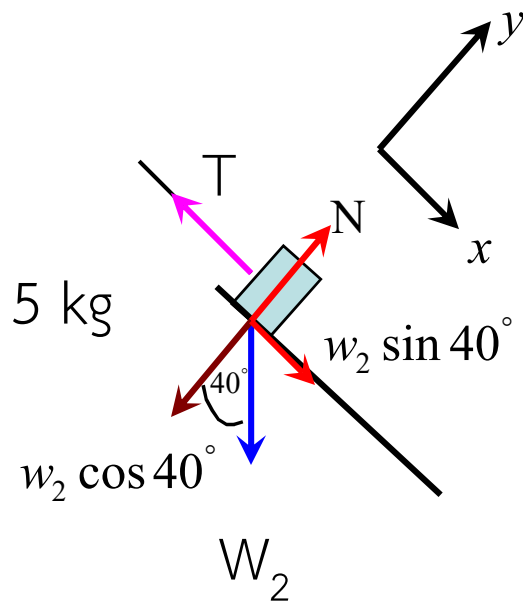
$$T - m_2 g \sin \theta = m_2 a$$

$$T - (5 \text{ kg})g \sin 40^\circ = (5 \text{ kg})a$$

$$\Sigma F_y = m_2 a_y$$

$$N - m_2 g \cos \theta = 0$$

$$N - (5 \text{ kg})g \cos 40^\circ = 0$$



$$(10 \text{ kg})g - T = (10 \text{ kg})a \quad (1)$$

$$T - (5 \text{ kg})g \sin 40^\circ = (5 \text{ kg})a \quad (2)$$

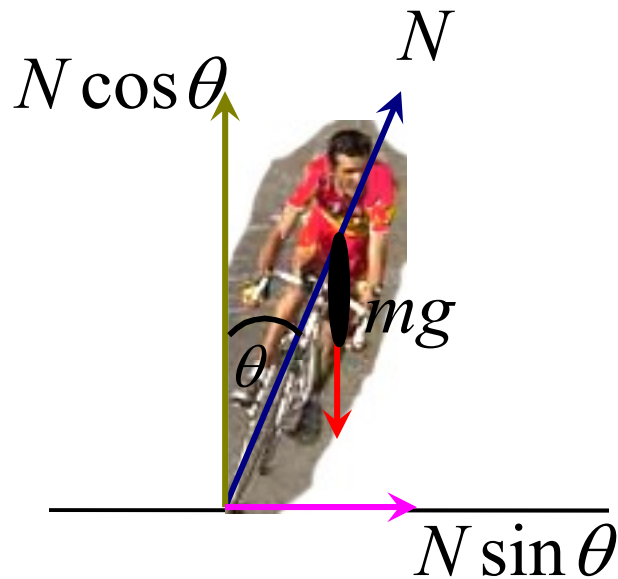
$$(1) + (2) ; (10 \text{ kg})g - (5 \text{ kg})g \sin 40^\circ = (15 \text{ kg}) a$$

$$\begin{aligned} \therefore a &= \frac{(10 \text{ kg})(9.8 \text{ m/s}^2) - (5 \text{ kg})(9.8 \text{ m/s}^2)(0.643)}{15 \text{ kg}} \\ &= 4.43 \text{ m/s}^2 \end{aligned}$$

$$(10 \text{ kg})(9.8 \text{ m/s}^2) - T = (10 \text{ kg})(4.43 \text{ m/s}^2)$$

$$T = 53.7 \text{ N}$$

ตัวอย่างที่ 4.7 คนขี่จักรยานเป็นวงกลมรัศมี 25 เมตร ด้วยอัตราเร็ว 8.7 เมตร/วินาทีดังรูป ถ้ามวลของจักรยานและคนขี่เท่ากับ 85 กิโลกรัม จงคำนวณขนาดและทิศทางของแรงปฏิกิริยาที่ถนนทำกับจักรยาน



$$\Sigma F_y = 0$$

$$N \cos \theta = mg$$

$$\Sigma F_r = ma_r$$

$$N \sin \theta = m \frac{v^2}{r}$$

$$\tan \theta = \frac{v^2}{gr} = \frac{(8.7 \text{ m/s})^2}{(9.8 \text{ m/s}^2)(25 \text{ m})} = 0.31$$

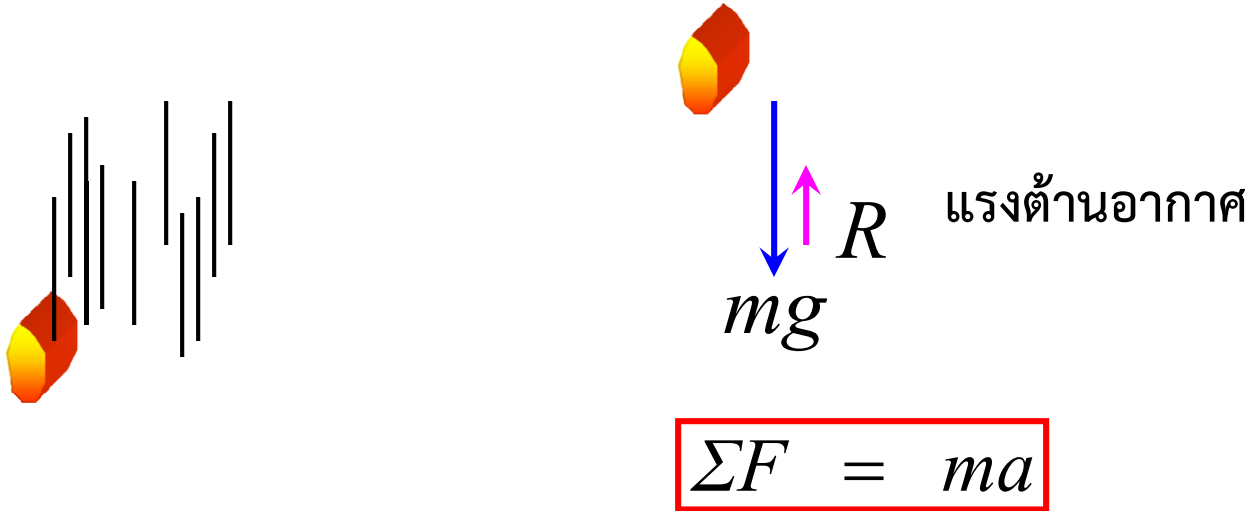
$$\theta = \arctan 0.31$$

$$= 17.2^\circ$$

$$N \cos (17.2^\circ) = (85 \text{ kg})(9.8 \text{ m/s}^2) = 833 \text{ N}$$

$$N = \frac{833 \text{ N}}{\cos 17.2} = \frac{833 \text{ N}}{0.955} = 871.9 \text{ N}$$

ตัวอย่างที่ 4.8 ลูกอุกกาบาตมวล 0.25 กิโลกรัม กำลังตกลงมาตามแนวตั้งสู่ผิวโลก โดยผ่านชั้นบรรยากาศด้วยความเร่ง 9.2 เมตร/วินาที² นอกจากแรงโน้มถ่วงแล้ว ยังมีแรงต้านตามแนวตั้งเนื่องจากชั้นบรรยากาศกระทำต่อลูกอุกกาบาต จงหาขนาดของแรงต้านนี้



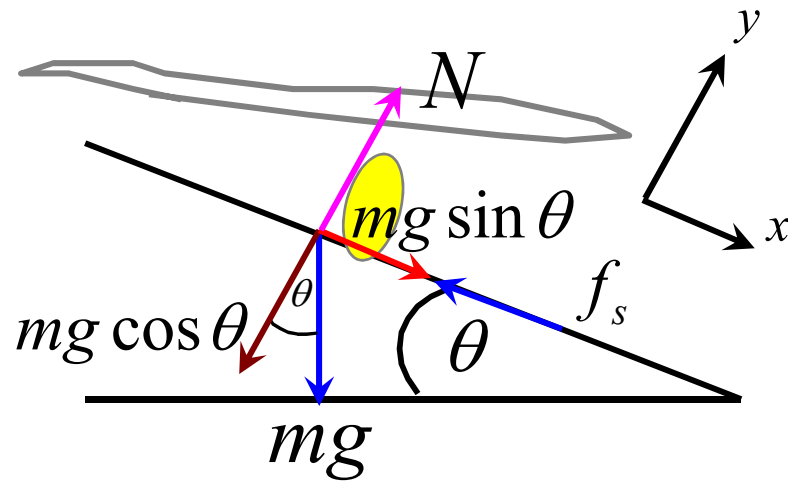
$$mg - R = ma$$

$$(0.25\text{kg})(9.8\text{m/s}^2) - R = (0.25\text{kg})(9.2\text{m/s}^2)$$

$$R = (0.25\text{kg})(9.8 - 9.2)(\text{m/s}^2)$$

$$R = 0.15\text{N}$$

ตัวอย่างที่ 4.9 สัมประสิทธิ์แรงเสียดทานสถิตระหว่างกระทะเทฟลอน (teflon) และไขดาวมีค่าประมาณ 0.04 เมื่อเราเอียงกระทะมุมเอียงน้อยที่สุดมีค่าเท่าไร จึงจะทำให้ไขพอดีเลื่อนออกจากกระทะ



$$\Sigma F = ma$$

$$\Sigma F_y = 0$$

$$N = mg \cos \theta$$

$$\Sigma F_x = 0$$

$$mg \sin \theta = f_s \quad f_s = \mu_s N$$

$$mg \sin \theta = \mu_s mg \cos \theta$$

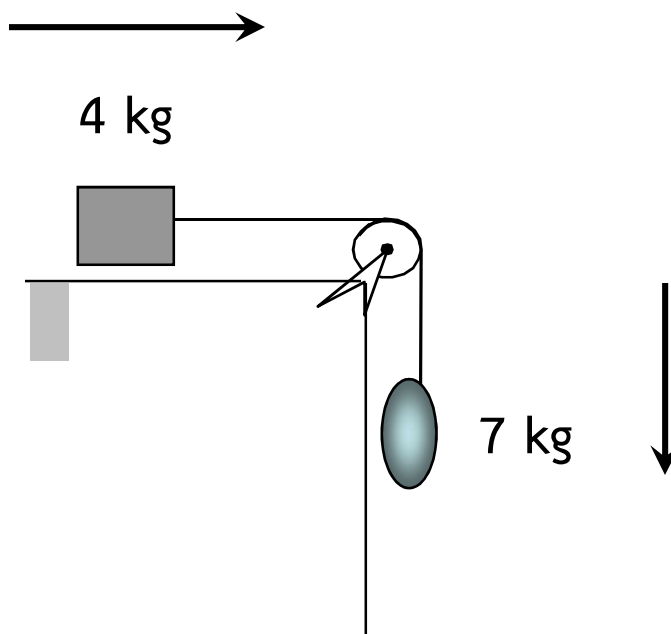
$$\mu_s = \tan \theta$$

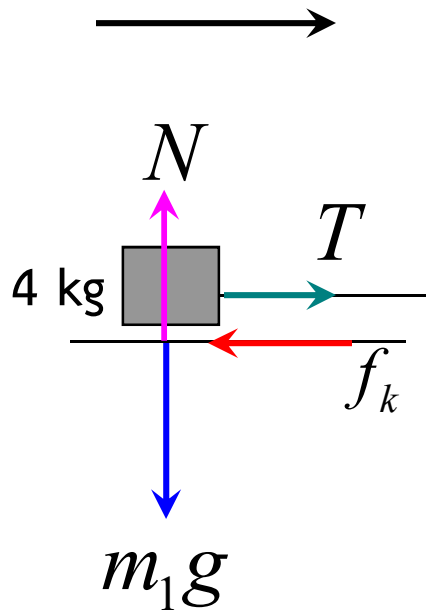
$$= 0.04$$

$$\theta = \tan^{-1} 0.04$$

$$= 2.3^\circ$$

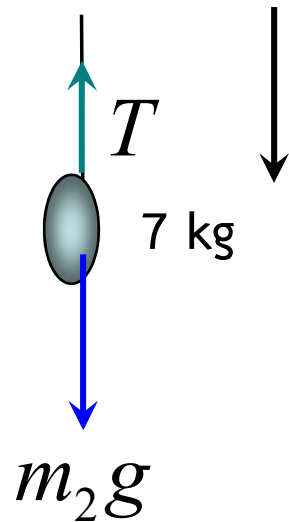
ตัวอย่างที่ 4.10 วัตถุสองก้อนซึ่งมีมวล 4 กิโลกรัมและ 7 กิโลกรัมผูกติดกันโดยเชือกเบา แล้วคล้องผ่านรอกคล้องดังรูป ถ้าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานจลน์ระหว่างวัตถุมวล 4 กิโลกรัม กับพื้นที่มีค่า 0.30 จงหาความเร่งของวัตถุและแรงตึงในเชือก





$$\Sigma F = ma$$

$$\begin{array}{l|l} \Sigma F_x = m_1 a & \Sigma F_y = 0 \\ T - f_k = m_1 a & N = m_1 g \\ T - \mu_k N = m_1 a & \\ T - \mu_k m_1 g = m_1 a & (1) \end{array}$$



$$\begin{array}{l} \Sigma F_y = m_2 a \\ m_2 g - T = m_2 a \quad (2) \end{array}$$

$$(1)+(2) \quad m_2 g - \mu_k m_1 g = (m_1 + m_2) a$$

$$a = \frac{(m_2 - \mu_k m_1) g}{(m_1 + m_2)}$$

$$a = \frac{(m_2 - \mu_k m_1)g}{(m_1 + m_2)}$$

$$a = \frac{(7\text{kg} - (0.30)4\text{kg})9.8\text{m} / \text{s}^2}{(7\text{kg} + 4\text{kg})}$$

$$a = 5.17 \text{ m} / \text{s}^2$$

$$m_2 g - T = m_2 a \quad (2)$$

$$T = m_2 (g - a)$$

$$T = 7\text{kg}(9.8 - 5.17)\text{m} / \text{s}^2$$

$$T = 32.41\text{N}$$