

1103 123  
General Physics I

## บทที่ 3

# กฎการเคลื่อนที่ของนิวตันและความโน้มถ่วง



ผศ.ดร.อนุสรณ์ นิยมพันธ์

ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

# มวล แรงและกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน

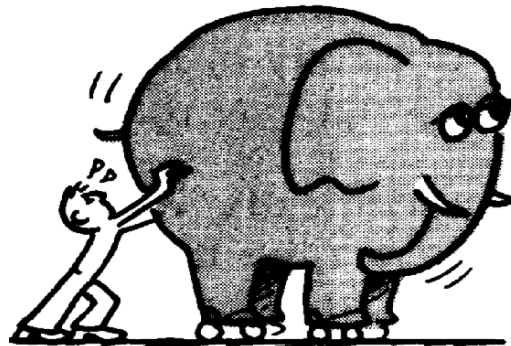
## สาระสำคัญ

- มวลเป็นสมบัติของวัตถุ ที่ต่อต้านการเปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่
- แรงเป็นปริมาณเวกเตอร์ซึ่งสามารถทำให้วัตถุเปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่ได้
- การเคลื่อนที่ของวัตถุต่าง ๆ เป็นไปตามกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน

# มวล

- วัตถุทุกชนิดมีลักษณะประจำตัวอย่างหนึ่ง คือ มีสมบัติต้านต่อการเปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่ เราเรียกสมบัตินี้ว่า *ความเฉื่อย* และปริมาณที่บอกกว่าวัตถุใดมีความเฉื่อยมากหรือน้อย คือ *มวล*

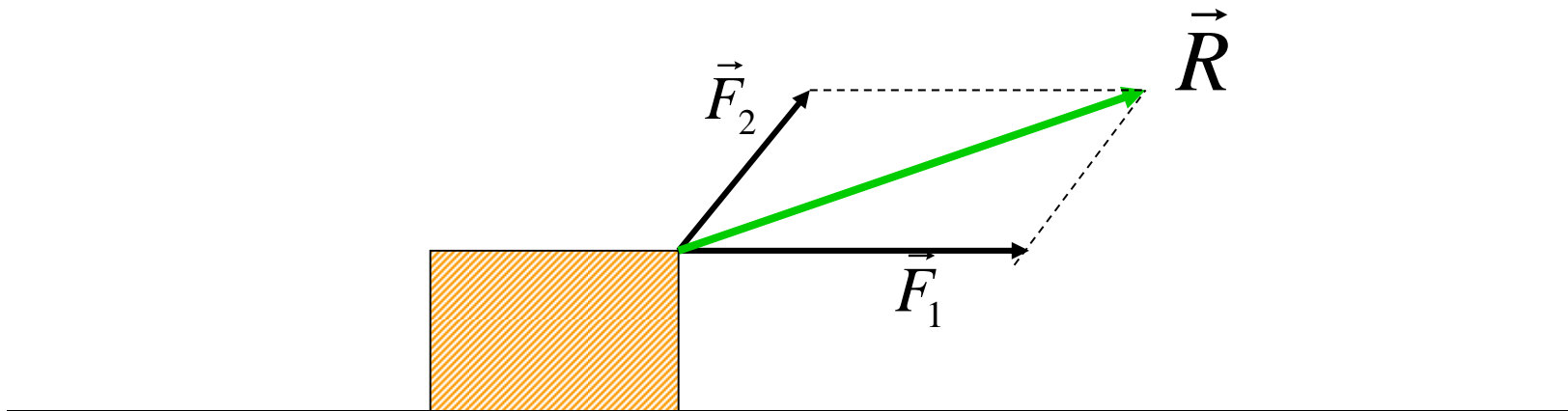
**Newton's  
Second Law  
of Motion**



# แรงลัพธ์ (resultant force)

หมายถึง

ผลรวมของแรงหลายแรงที่กระทำต่อวัตถุเดียวกัน เสมือนกับมีแรงเพียงแรงเดียวกระทำต่อวัตถุนั้น



การหาขนาดของแรงลัพธ์

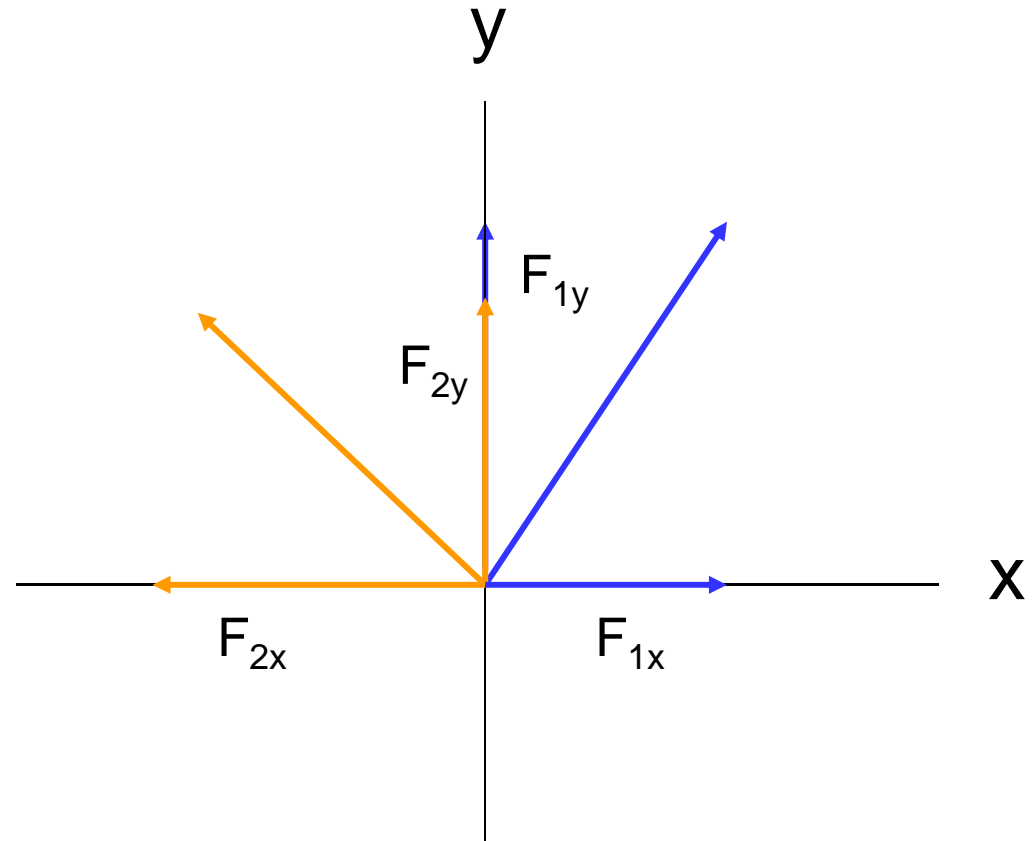
$$\vec{R} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \dots = \sum \vec{F}$$

$$R_x = \sum F_x \quad ; \quad R_y = \sum F_y$$

$$R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2}$$

$$R_x = \sqrt{F_{1x}^2 + F_{2x}^2}$$

$$R_y = \sqrt{F_{1y}^2 + F_{2y}^2}$$



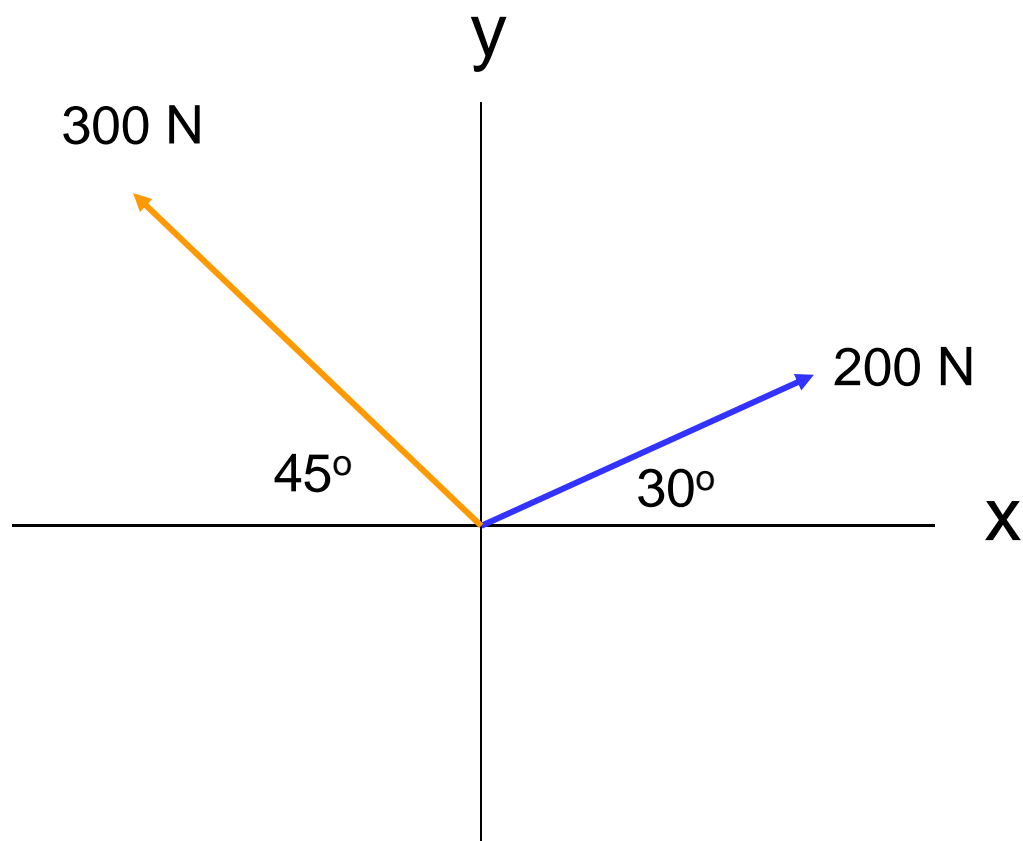
**ตัวอย่าง** คำนวณหาองค์ประกอบตามแนวแกน **X** และแกน **y** ของแรงลัพธ์  
จากนั้นหาขนาดและทิศทางของแรงลัพธ์

$$F_{1x} = (200 \text{ N})\cos 30^\circ = 173 \text{ N}$$

$$F_{1y} = (200 \text{ N})\sin 30^\circ = 100 \text{ N}$$

$$F_{2x} = (300 \text{ N})\cos 45^\circ = -212 \text{ N}$$

$$F_{2y} = (300 \text{ N})\sin 45^\circ = 212 \text{ N}$$



# Contact Force และ Field Force

## Contact force

• เป็นแรงที่จะส่งผลให้วัตถุเกิดการเคลื่อนที่ได้ก็ต่อเมื่อแหล่งกำเนิดของแรงมีการสัมผัสกับวัตถุ เช่น แรงอันเกิดจากการลากหรือผลักกรรต แรงอันเกิดจากการเตะลูกบอล

## Field force

• เป็นแรงที่จะส่งผลให้วัตถุเกิดการเคลื่อนที่ได้โดยที่แหล่งกำเนิดของแรงไม่จำเป็นต้องสัมผัสกับวัตถุ เช่น แรงโน้มถ่วงของโลก แรงดึงดูดหรือผลักรถของประจุไฟฟ้า

# กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน

- Sir Isaac Newton

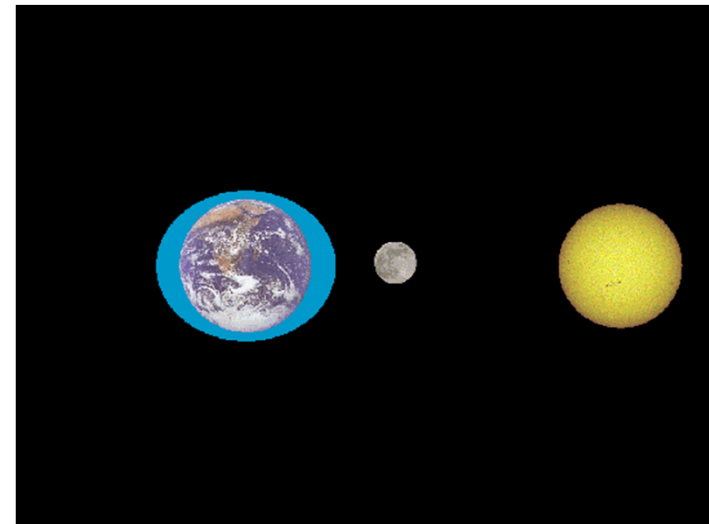
นักวิทยาศาสตร์ชาวอังกฤษ



ค้นพบธรรมชาติของการเคลื่อน

เมื่อ ประมาณ 300 กว่าปีที่แล้ว

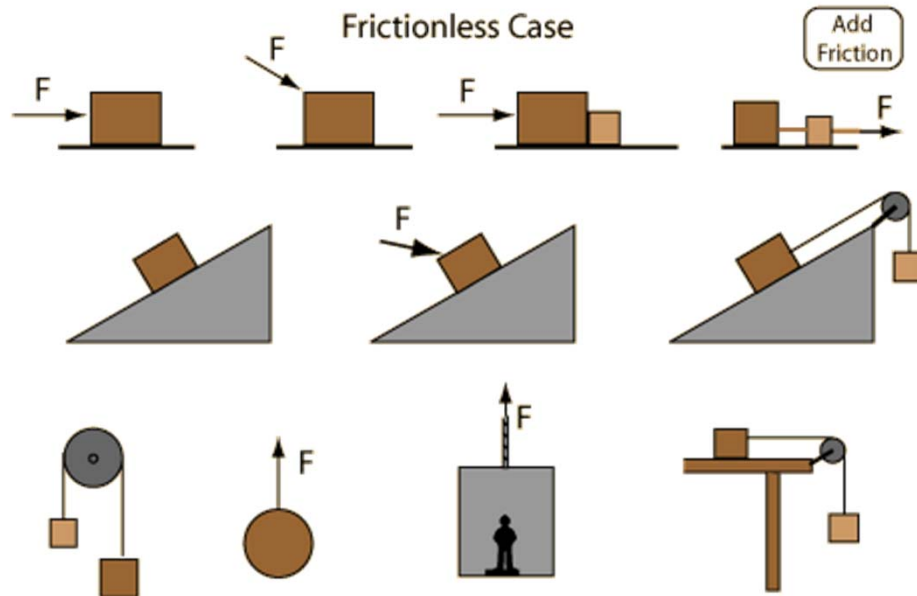
- กฎแรงโน้มถ่วง เมื่อปี 1666
- กฎการเคลื่อนที่ เมื่อปี 1686





# กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1

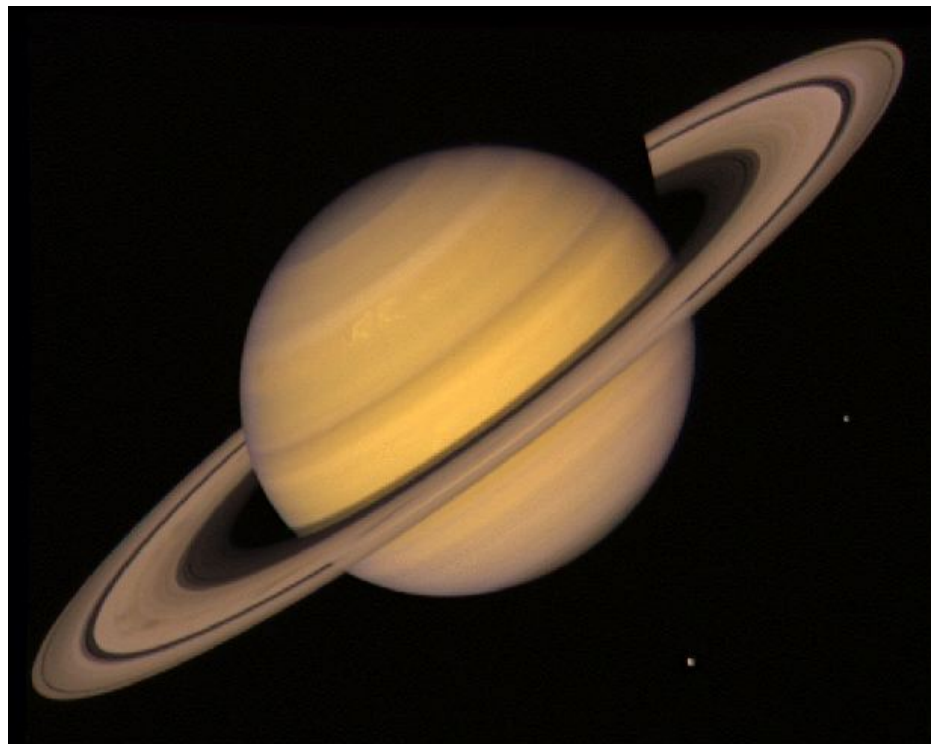
“วัตถุที่หยุดนิ่งจะยังคงหยุดนิ่งต่อไป และวัตถุที่กำลังเคลื่อนที่ก็จะยังคงรักษาสภาพการเคลื่อนที่นั้น ตราบใดที่ไม่มีแรงมากระทำต่อวัตถุ หรือแรงที่มากระทำนั้นหักล้างกันเป็นศูนย์。”



- วัตถุที่หยุดนิ่ง เช่น หนังสือ ที่วางไว้เฉยๆ จะไม่มีการเปลี่ยนแปลงถ้าไม่มีอะไรมากระทำต่อมัน
- รถที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 40 กิโลเมตร/ชั่วโมง จะยังคงเคลื่อนที่ด้วยความเร็วเท่าเดิม จนกว่าเราจะเหยียบเบรก หรือ เหยียบคันเร่ง
- การเหยียบเบรก หรือ เหยียบคันเร่งเป็นการออกแรงกระทำต่อรถ

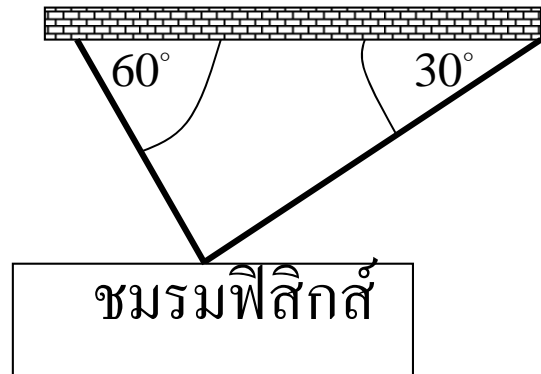
- เชือกที่ถูกดึงสองข้างด้วยแรงเท่ากัน จะหยุดนิ่งอยู่ตำแหน่งเดิม
- มีแรงกระทำต่อเชือก 2 แรง แต่กระทำในทิศตรงข้ามกัน ดึงด้วยขนาดเท่ากัน จึงหักล้างกัน ทำให้เชือกอยู่นิ่งตรงกลาง





- ดาวเสาร์จะเคลื่อนที่รอบดวงอาทิตย์เป็นแนวเดิมตลอด จนกว่าจะมีวัฏ  
มาชน

# ตัวอย่าง โจทย์ กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 (สมดุลของแรง)



นักศึกษาผู้หนึ่งได้รับมอบหมายให้จัดสร้างป้ายชื่อชมรมฟิสิกส์ หลังจากออกแบบและสร้างป้ายแล้วพบว่ามวลรวมของป้ายเท่ากับ  $M$  kg หากต้องการแขวนป้ายนี้โดยใช้เส้นลวดสองเส้นยึดติดกันดังรูป ลวดแต่ละเส้นจะต้องสามารถรับแรงกระทำได้อย่างน้อยที่สุดเท่าใด

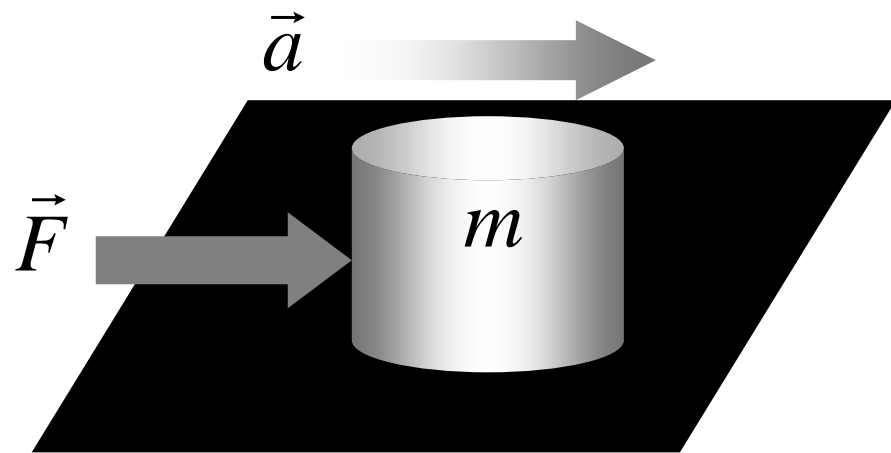
## กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2

- ถ้ามีแรงกระทำต่อวัตถุ หรือแรงที่มากกระทำนั้นไม่หักล้างกัน เป็นศูนย์วัตถุจะเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง

ความเร่ง = แรงลัพธ์/มวลของวัตถุ

ความเร่งมีทิศทางตามทิศของแรงลัพธ์ที่มากกระทำ

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



# หน่วยของแรง

- แรงมีหน่วยเป็น นิวตัน **N**
- แรงขนาด **1** นิวตัน คือ ปริมาณแรงที่ทำให้มวล **1 kg** เคลื่อนที่ด้วยความเร่ง **1 m/s<sup>2</sup>**



## ที่มาของกฎข้อที่ 2

- การทดลอง

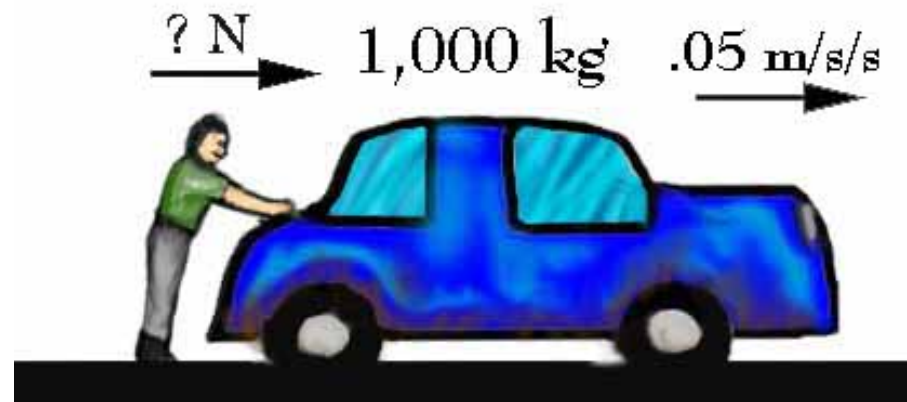
เมื่อมวลคงที่

$$|\vec{F}| \propto |\vec{a}|$$

เมื่อแรงคงที่

$$|\vec{a}| \propto \frac{1}{m}$$





- รถมีมวล **1000** กิโลกรัม เมื่อเขาดันรถ  
รถมีความเร่ง **0.05** เมตร/วินาที<sup>2</sup> เขาออกแรงขนาดกี่นิวตัน

## องค์ประกอบของแรงและความเร่ง

$$\sum F_x = ma_x \quad \sum F_y = ma_y$$

### ตัวอย่าง

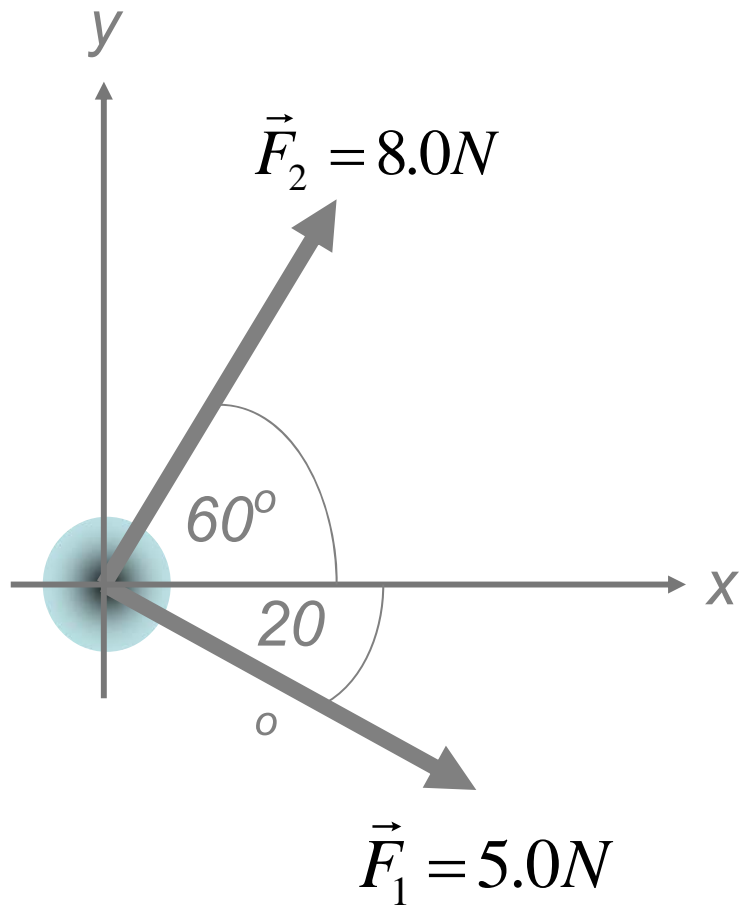
1. คณงานออกแรงในแนวราบขนาดคงที่ **20 N** ลากกล่องที่มีมวล **40 kg** จากหยุดนิ่งจนมีความเร็วเพิ่มขึ้น และเคลื่อนที่ไปบนพื้นที่ไม่มีความเสียดทางจงหาขนาดของความเร่ง
2. ถ้าคณงานออกแรงในแนวทำมุม **30°** เทียบกับแนวราบ ขนาดความเร่งจะเปลี่ยนไปเป็นเท่าใด

## มวลและน้ำหนัก

- มวล คือ inertia
- น้ำหนักของวัตถุ คือ ขนาดของแรงเนื่องจากความโน้มถ่วงกระทำต่อวัตถุมวล  $m$

$$\vec{w} = m\vec{g}$$

## ตัวอย่าง



ลูกบอลมีมวล  $0.3\text{ kg}$  ถูกตีไปบนพื้น  
น้ำแข็งด้วยแรงสองแรงดังรูป จงหา  
ความเร็ว

ของลูกบอลหลังจากที่มันถูกตี

( $\sin 20^\circ = 0.342$ ,  $\cos 20^\circ = 0.939$ )

# แรงที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหา โจทย์ฟิสิกส์ 1

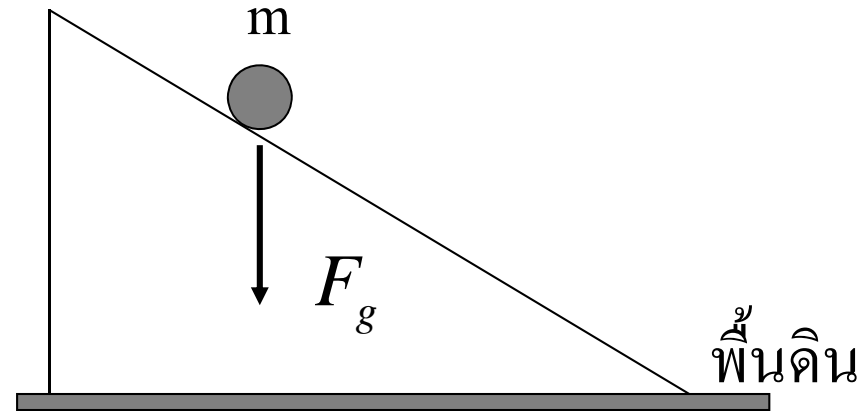
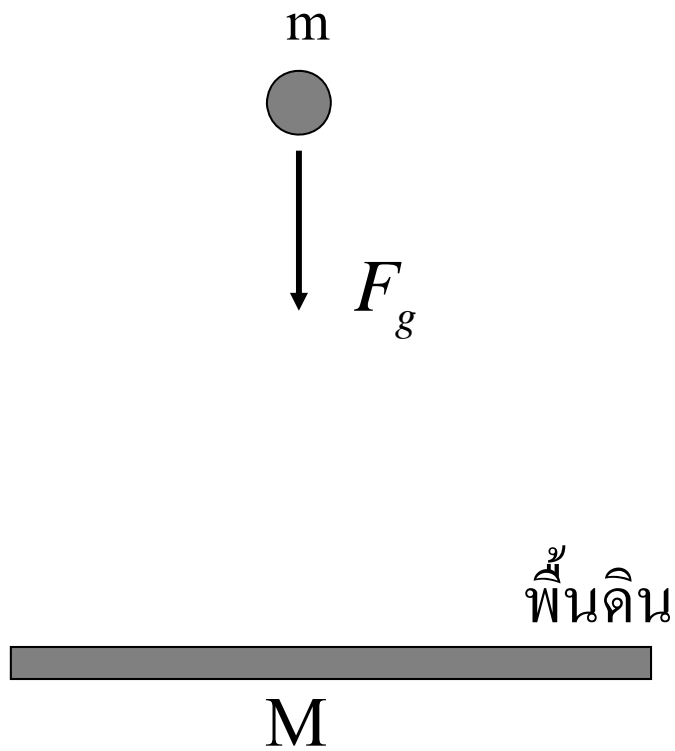
แรงที่สำคัญที่จะพบในการแก้ปัญหา โจทย์ฟิสิกส์ 1 มีอยู่ 4 แรงคือ

1. แรงโน้มถ่วง (Gravitational force)
2. แรงตั้งฉาก (Normal force)
3. แรงตึง (Tension force)
4. แรงเสียดทาน (Friction force)

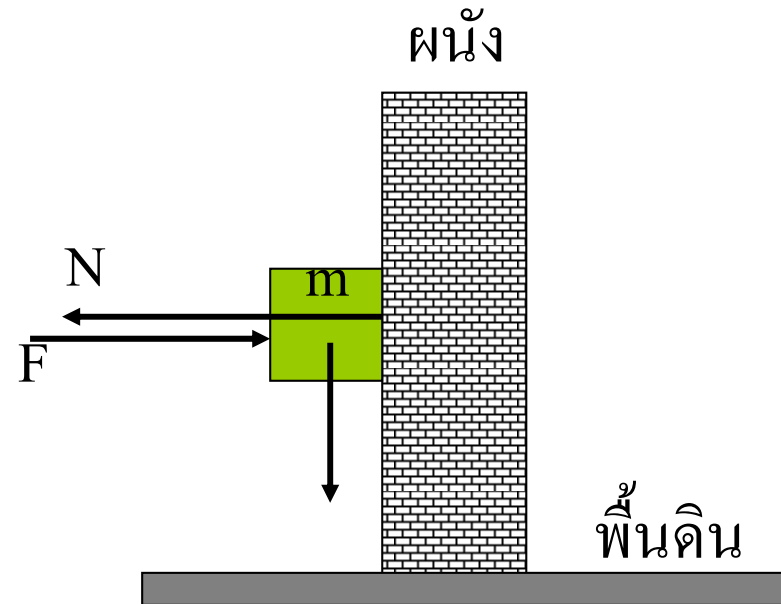
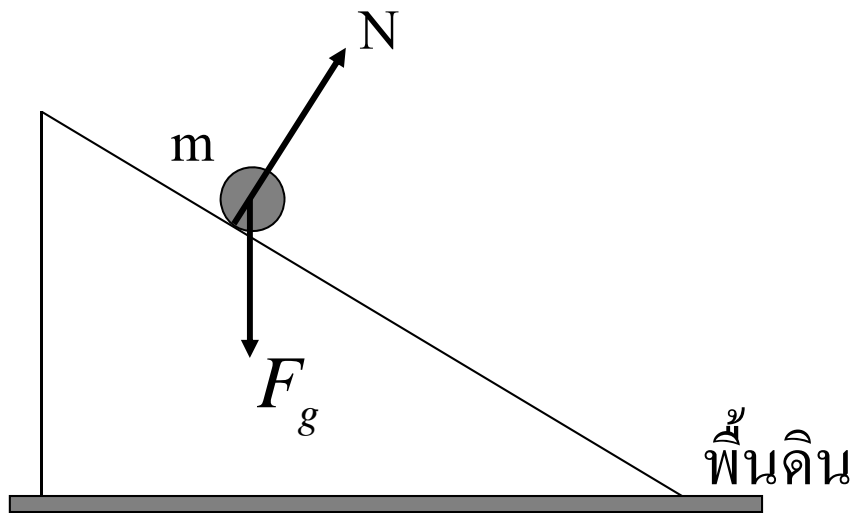
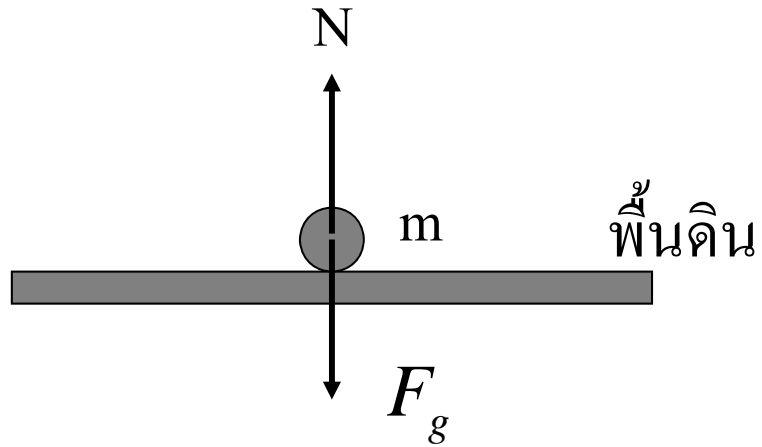
# แรงโน้มถ่วง

$$F_g = \frac{GMm}{R^2} = mg$$

เมื่อ  $g = \frac{GM}{R^2} = 9.8 \text{ m/s}^2$



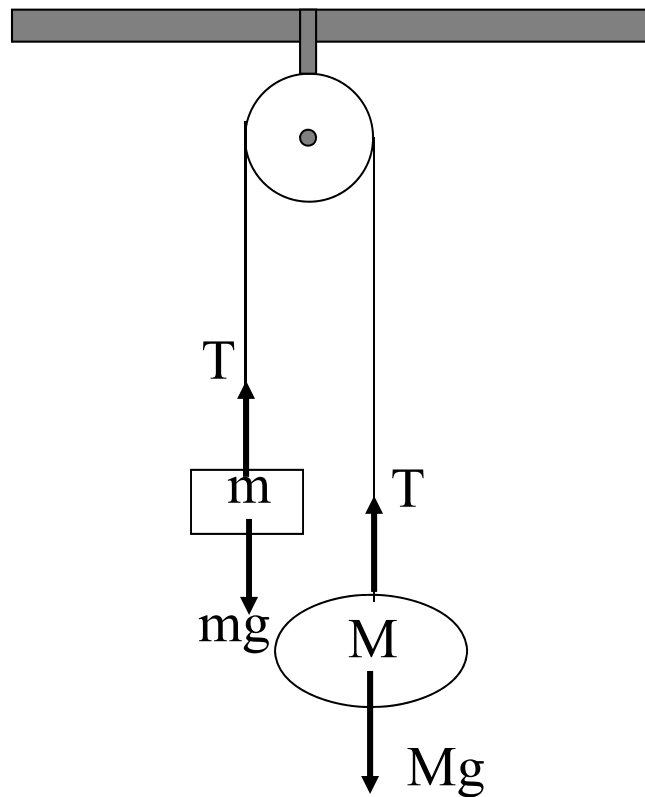
# แรงตั้งฉาก (Normal force)



# แรงตึง (Tension force)

เป็นแรงที่เกิดขึ้นในเส้นเอ็นหรือเส้นเชือก โดยที่

1. ขนาดของแรงจะเท่ากันตลอดทั้งเส้น
2. ทิศทางของแรงจะไปตามเส้นเชือก และมีทิศออกจากวัตถุที่ถูกแรงกระทำเสมอ



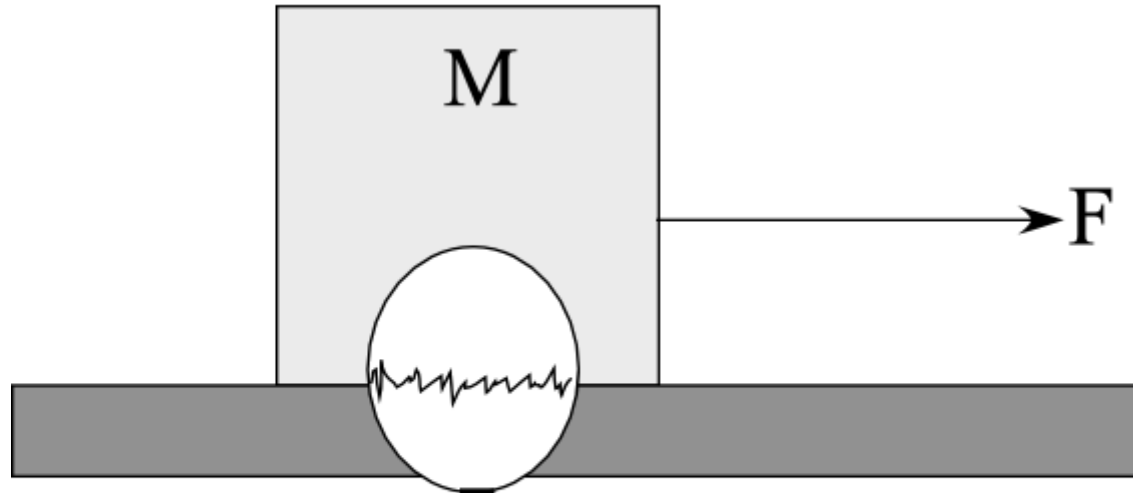


## แรงเสียดทาน

เมื่อใดก็ตามที่วัตถุเคลื่อนที่บนพื้นผิวที่ไม่มีความเรียบหรือผ่านตัวกลางที่มีความหนืดเช่น อากาศหรือน้ำ วัตถุจะถูกต้านทาน ส่งผลให้เกิดความเปลี่ยนแปลงของรูปแบบการเคลื่อนที่อันเนื่องมาจากปฏิกิริยาระหว่างวัตถุกับสิ่งแวดล้อมที่วัตถุกำลังเคลื่อนที่อยู่นั้น

เราเรียกสิ่งต้านทานการเคลื่อนที่ของวัตถุเช่นนี้ว่า แรงเสียดทาน

แรงเสียดทานเกิดขึ้นได้อย่างไร?



ผิวขรุขระ



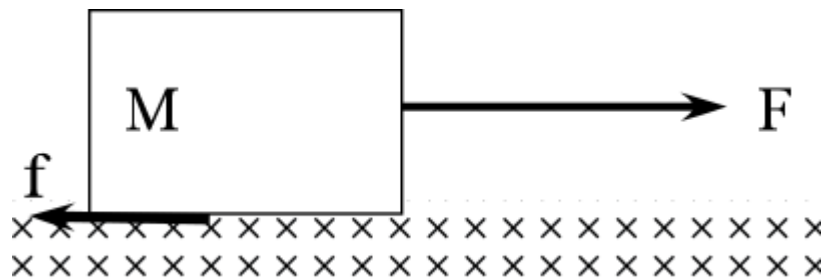
เกิดแรงเสียดทานมาก

ผิวเรียบ



เกิดแรงเสียดทานน้อย

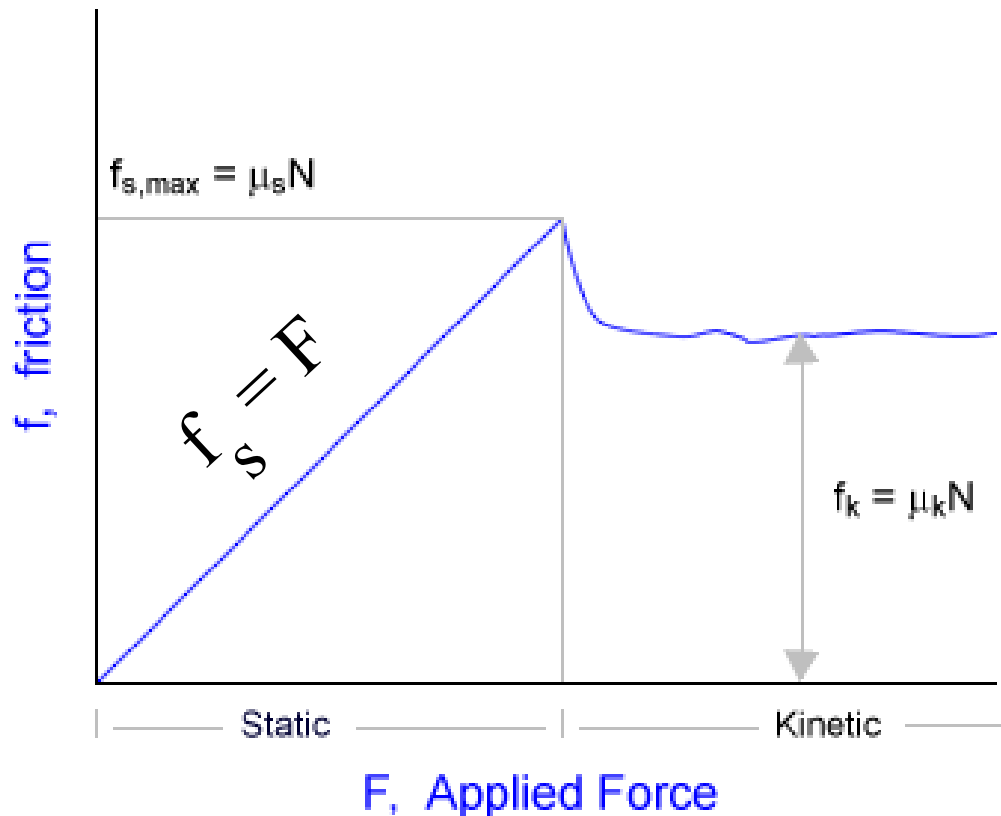
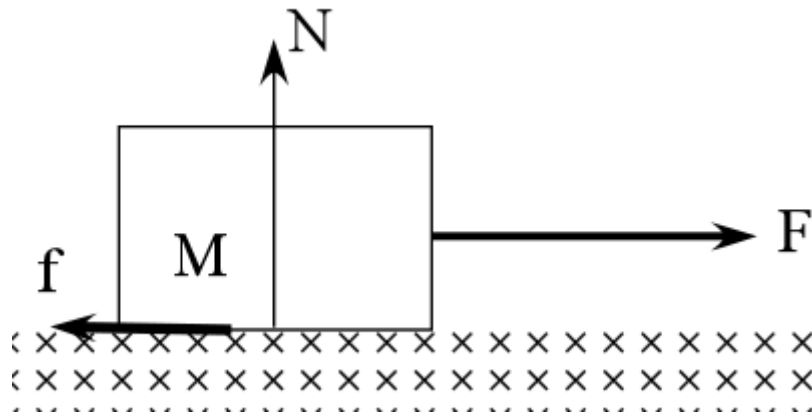
## แรงเสียดทานสถิตย์และแรงเสียดทานจลน์



แรงเสียดทานสถิตย์ ( $f_s$ ) เป็นแรงเสียดทานที่เกิดขึ้นเมื่อมวล  $M$  อยู่นิ่ง มีทิศทางตรงกันข้ามกับแรง  $F$  ที่มากกระทำ

แรงเสียดทานจลน์ ( $f_k$ ) เป็นแรงเสียดทานที่เกิดขึ้นเมื่อมวล  $M$  กำลังเคลื่อนที่มีทิศทางตรงกันข้ามกับแรง  $F$  ที่มากกระทำ

# ขนาดของแรงเสียดทานสถิตย์และแรงเสียดทานจลน์



จากการทดลองพบว่า  $f \propto N$

ดังนั้น

แรงเสียดทานสถิตย์

$$f_s \leq \mu_s N$$

เมื่อ  $\mu_s$  คือสัมประสิทธิ์  
ของแรงเสียดทานสถิตย์

แรงเสียดทานจลน์

$$f_k = \mu_k N$$

เมื่อ  $\mu_k$  คือสัมประสิทธิ์  
ของแรงเสียดทานจลน์

สัมประสิทธิ์ของแรงเสียดทานสถิตย์และสัมประสิทธิ์  
ของแรงเสียดทานจลน์

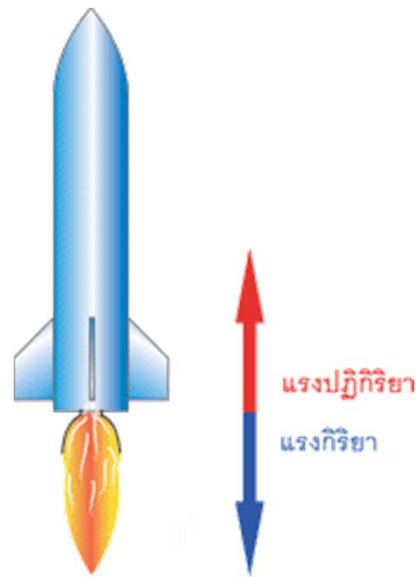
$$\text{โดยทั่วไปแล้ว } \mu_s > \mu_k$$

สำหรับแรงเสียดทานสถิตย์ จะเห็นว่า  $f_s = F < \mu_s N$  ในขณะที่มวล  $M$  อยู่นิ่ง และ  $f_s = F = \mu_s N$  ในขณะที่มวล  $M$  เริ่มเคลื่อนที่

ส่วนแรงเสียดทานจลน์  $f_k = \mu_k N$  ตลอดเวลาที่มวล  $M$  เคลื่อนที่

## กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 3

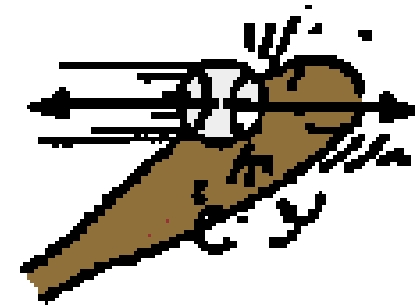
- ☛ ทุกแรงกิริยาที่กระทำจะมีแรงปฏิกิริยาในทิศตรงข้ามเสมอ



- แรงดันของเชื้อเพลิงที่พุ่งออกมาจากจรวด จะดันจรวดไปข้างหน้า



- หน้าเจ็บ มือก็เจ็บด้วย
- เนื่องจากมีแรงปฏิกิริยากระทำต่อกัน

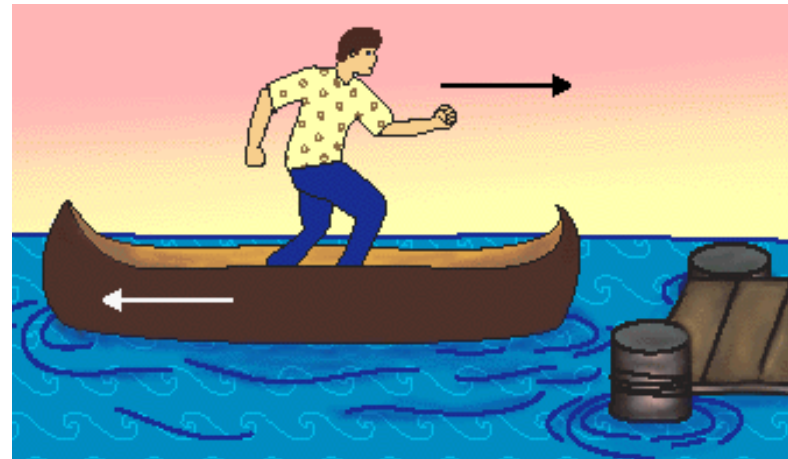


ไม้ออกแรงทำกับลูกบอล  
ลูกบอลมีแรงปฏิกิริยาต่อไม้

## กฎการเคลื่อนที่ข้อที่สาม

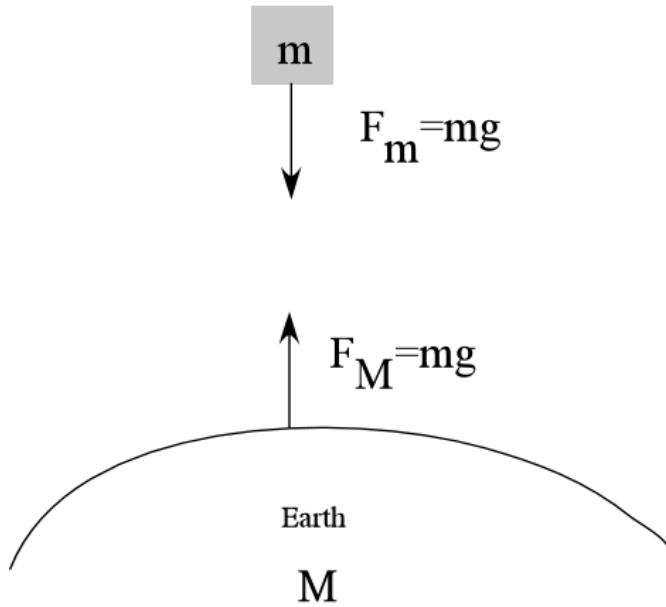
หากวัตถุสองชิ้นใด ๆ มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างกัน (เกิดแรงกระทำต่อกัน) แรงที่กระทำต่อวัตถุชิ้นที่สองอันเนื่องมาจากวัตถุชิ้นที่หนึ่งจะมีขนาดเท่ากับแรงที่กระทำต่อวัตถุชิ้นที่หนึ่งอันเนื่องมาจากวัตถุชิ้นที่สอง แต่ทิศทางจะตรงกันข้าม และเรียกรู้อย่างของแรงทั้งสองว่าแรงกิริยาและแรงปฏิกิริยา

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

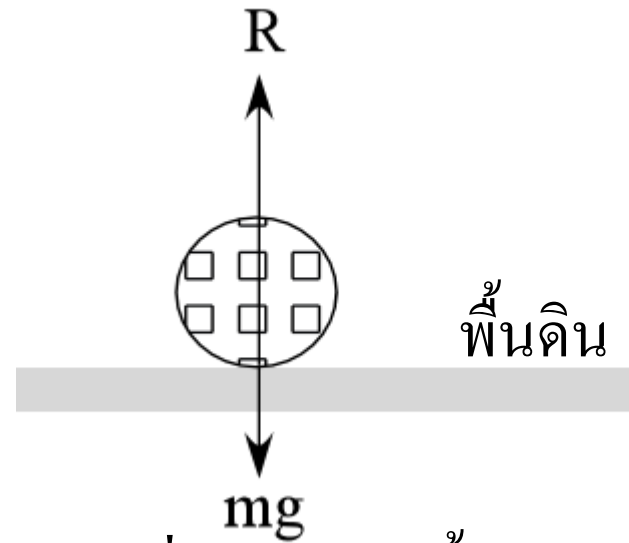




# ตัวอย่างคู่แรงกิริยาและแรงปฏิกิริยา



คู่แรงที่โลกดึงจุดมวล  $m$   
และแรงที่มวล  $m$  ดึงจุดโลก



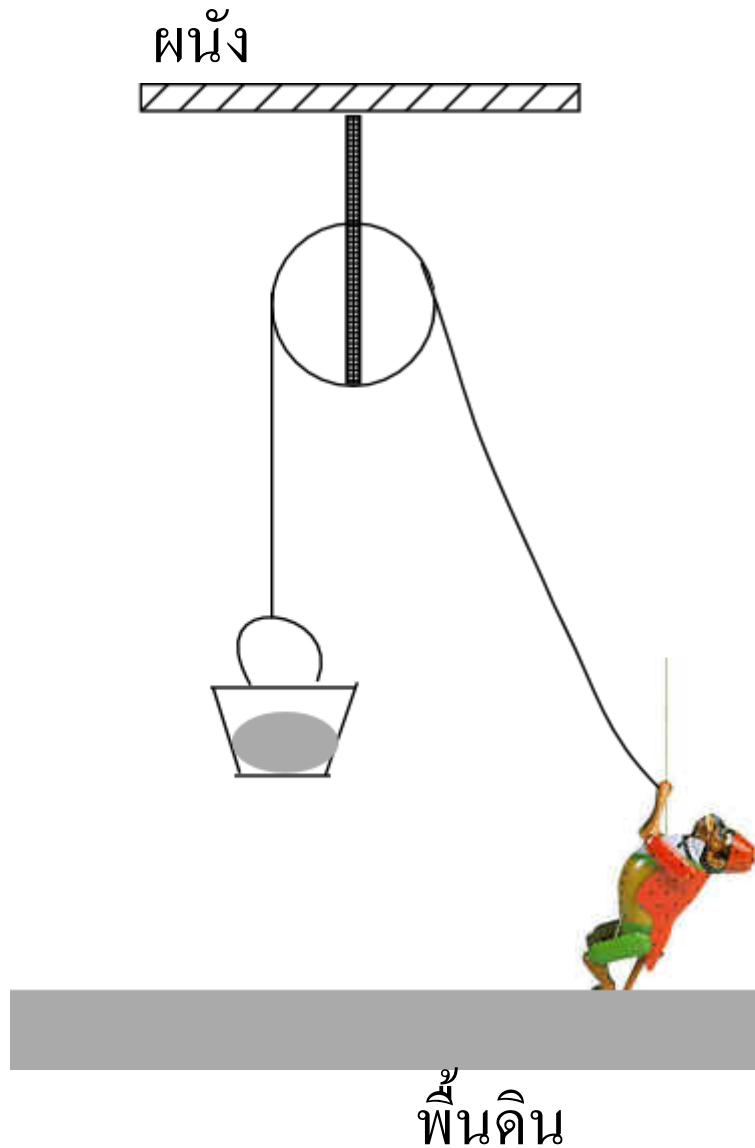
คู่แรงที่ลูกบอลกดพื้นโลก  
และแรงที่พื้นโลกดันลูกบอล

# ตัวอย่างคู่แรงกิริยาและแรงปฏิกิริยา



คู่แรงที่โปรตรอนดึงคู่อิเล็กตรอน  
และแรงที่อิเล็กตรอนดึงคู่อิเล็กตรอน

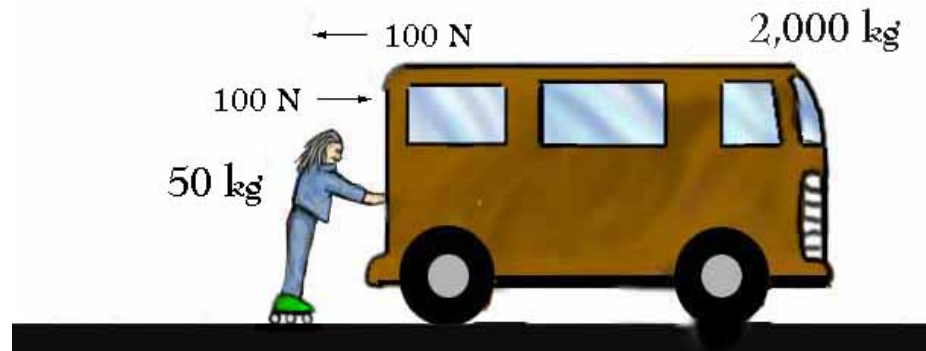
# ตัวอย่างคู่แรงกิริยาและแรงปฏิกิริยา



จงบอกคู่แรงกิริยาและแรงปฏิกิริยาทั้งหมด  
ในระบบ และจงบอกด้วยว่าคู่แรงใดถึงแม้มีขนาด  
เท่ากันและมีทิศทางตรงกันข้ามแต่ไม่ใช่คู่แรง  
กิริยาและแรงปฏิกิริยา

## แบบฝึกหัด

1. อธิบายกฎข้อที่ 1 ของนิวตัน พร้อมทั้งยกตัวอย่าง
2. ถ้าวัตถุไม่มีแรงกระทำ จะมีการเคลื่อนที่หรือไม่ เพราะเหตุใด
3. อธิบายกฎข้อที่ 2 ของนิวตัน พร้อมทั้งยกตัวอย่าง
4. วัตถุจะต้องเคลื่อนที่ไปตามทิศทางของแรงลัพธ์ใช่หรือไม่ เพราะเหตุใด
5. จงหาความเร่งของคนและรถ



6. อธิบายกฎข้อที่ 3 ของนิวตัน พร้อมทั้งยกตัวอย่าง

