



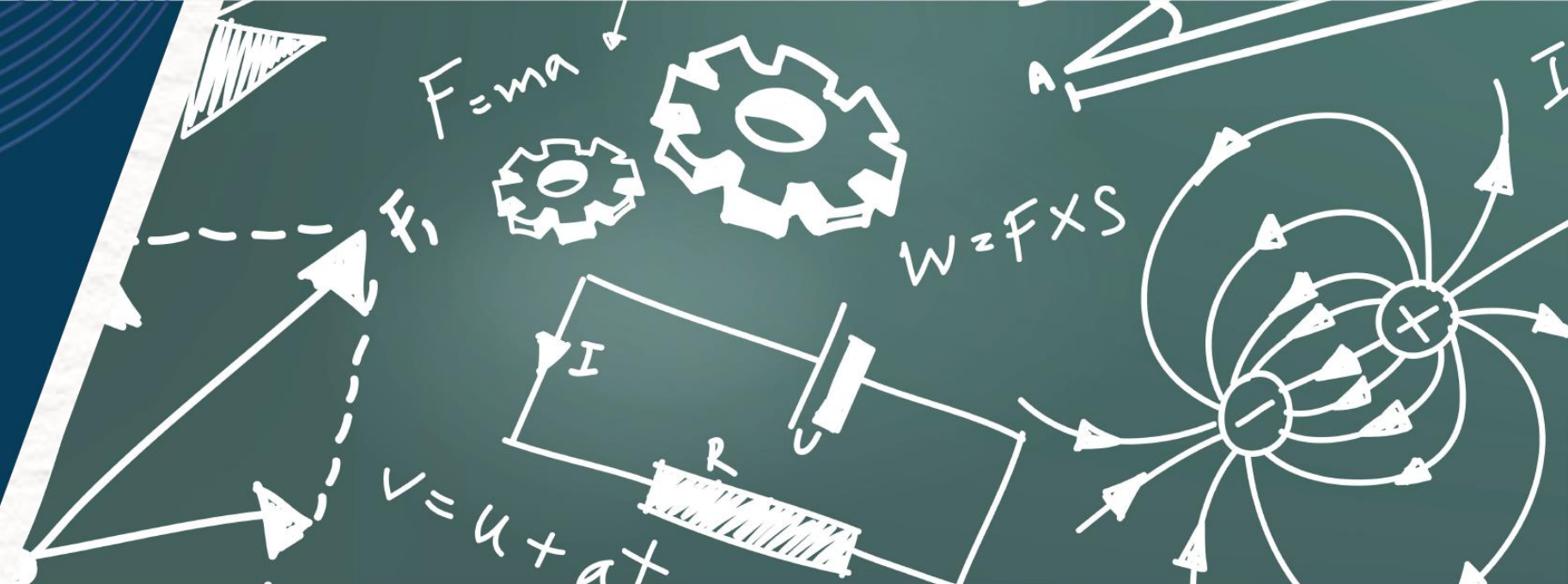
บทเรียนที่ 2

แรง การรวมแรง

และการแยกแรง



สาระการเรียนรู้



1 แรง

2 ชนิดของแรง

3 แรงชนิดต่าง ๆ

4 การแยกแรง

5 การรวมแรง

1. แรง

ในชีวิตประจำวันเราใช้แรงกระทำสิ่งต่าง ๆ เช่น ยกเก้าอี้ ดันโต๊ะ ปิด ประตู เข็นรถ แรงเป็นเพียงสิ่งที่เราสมมติ ไม่มีตัวตน เรามองไม่เห็นแรง ผลจากแรงที่ไปกระทำจะทำให้วัตถุมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น เช่น เปลี่ยนรูปร่างของวัตถุ เปลี่ยนแปลงสภาพของการเคลื่อนที่วัตถุ เปลี่ยนทิศทาง หรืออาจจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงใด ๆ เกิดขึ้น เช่น ออกแรงดันฝาผนัง

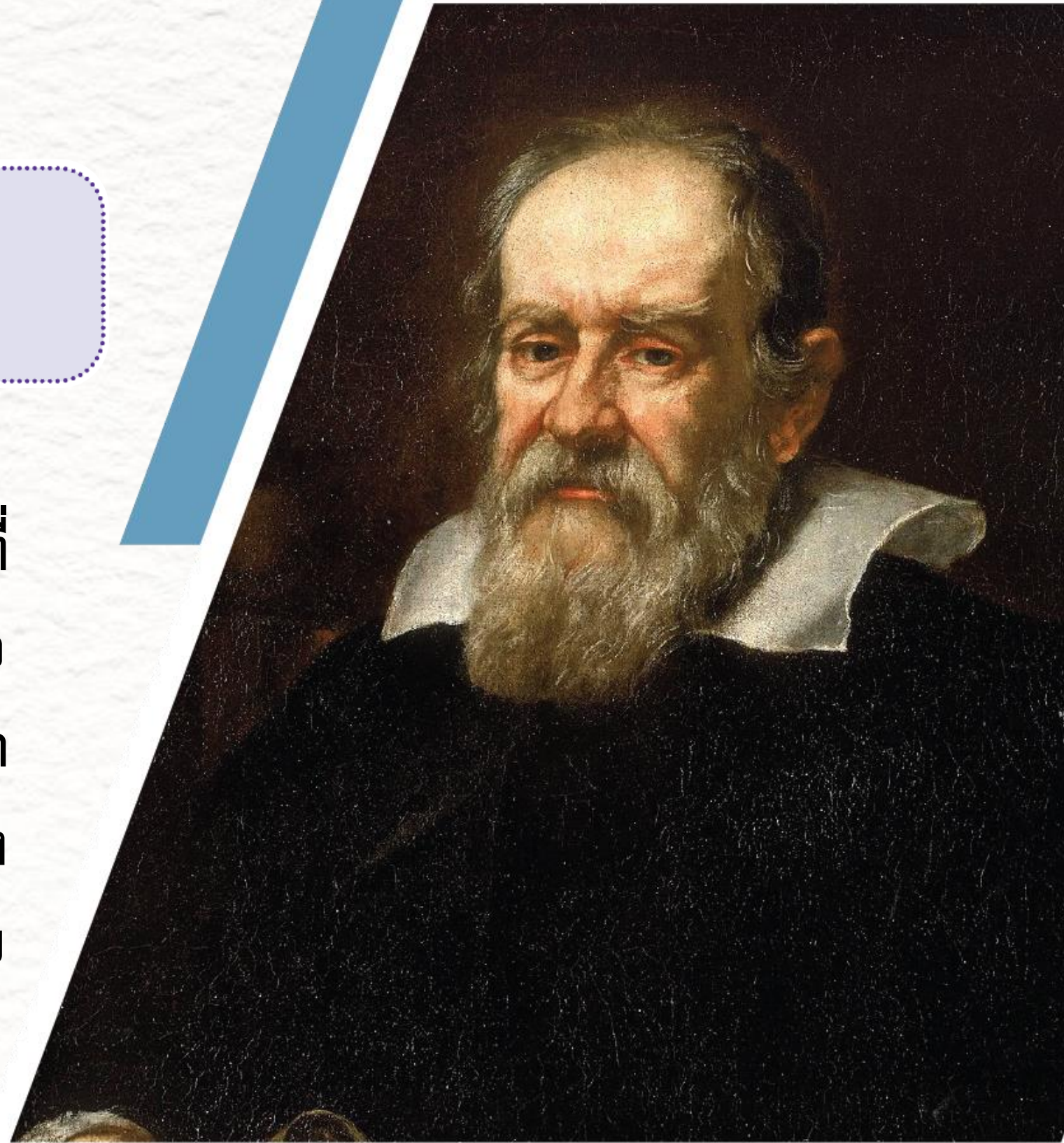
ในการเคลื่อนที่ของวัตถุจะเป็นผลมาจากการกระทำของสิ่งที่เราเรียกว่าแรง เช่น ทำให้วัตถุเกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพ จากหยุดนิ่งมีความพยายามที่จะเคลื่อนที่ หรือเคลื่อนที่อยู่จะทำให้เคลื่อนที่เร็วขึ้นหรือช้าลง แรงที่เราคุ้นเคยส่วนใหญ่จะเป็นแรงที่เกิดขึ้นจากการกระทำของเรา เช่น ออกแรงผลัก (ดัน) วัตถุ หรือออกแรงลากวัตถุ



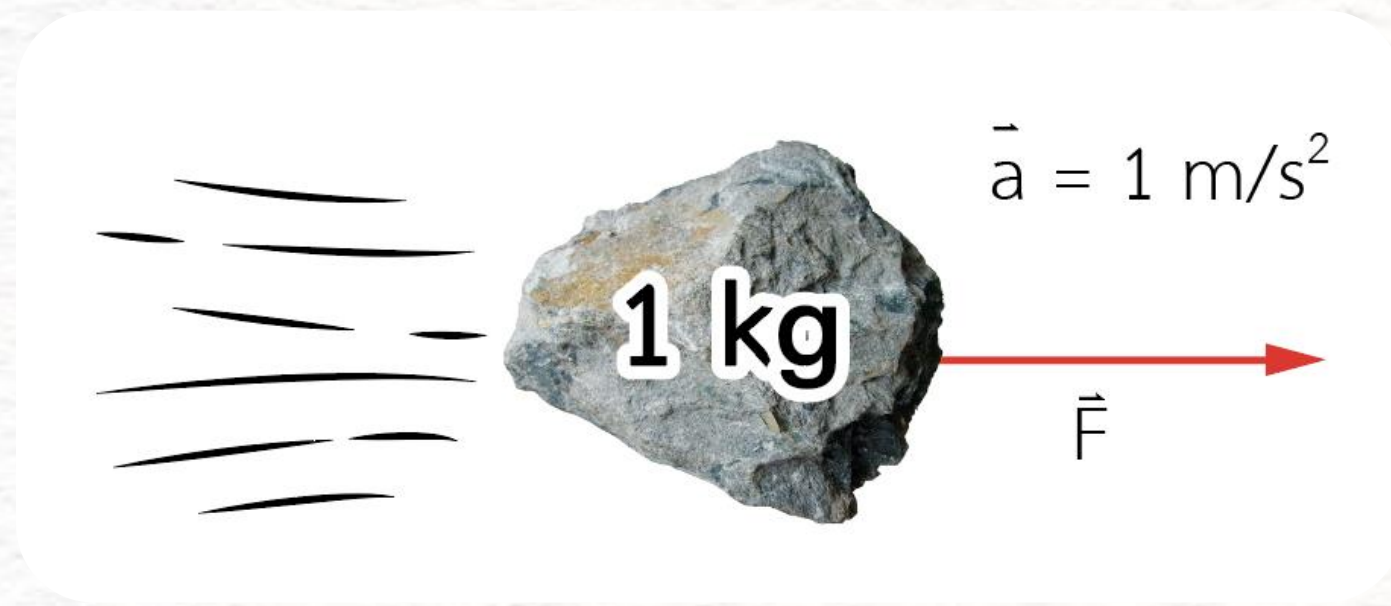
1.1 นิยามของแรง (Force)

แรง หมายถึง สิ่งที่ทำให้วัตถุแล้วทำให้วัตถุเปลี่ยนแปลงสภาพของการเคลื่อนที่
หรือเปลี่ยนแปลงรูปร่าง

กาลิเลโอ (Galileo Galilei : ค.ศ. 1564-1642) เป็นคนแรกที่อธิบายเรื่องของแรงโน้มถ่วงของโลก และการเคลื่อนที่ ต่อมาเซอร์ไอแซก นิวตัน (Sir Isaac Newton : ค.ศ. 1642-1727) เป็นผู้ศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับเรื่องของแรง เป็นผู้ค้นพบแรงดึงดูดระหว่างมวลและตั้งกฎการเคลื่อนที่ของแรง ดังนั้น เพื่อเป็นเกียรติแก่นิวตัน จึงใช้หน่วยของแรงเป็น นิวตัน (N)



โดยขนาดของแรง 1 นิวตัน จะเป็นแรงที่ทำให้มวล 1 กิโลกรัม เคลื่อนที่
ไปด้วยความเร่ง 1 เมตรต่อวินาที²



แสดงขนาดของแรง 1 นิวตัน

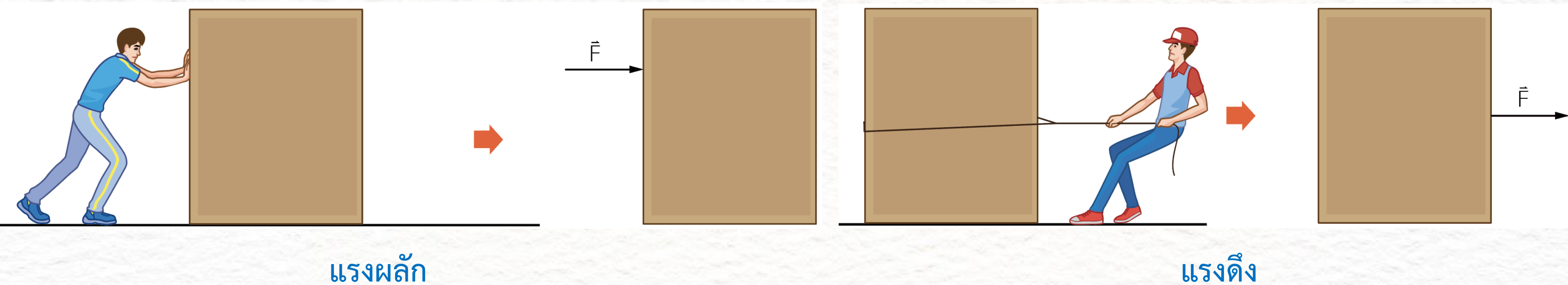
การวัดขนาดของแรงสามารถวัดได้โดยใช้ตาชั่งสปริง ซึ่งมีขนาดแตกต่างกันออกไปตามลักษณะของการใช้งาน เช่น วัด
ค่าได้ตั้งแต่ 0-10 นิวตัน หรือ 0-100 นิวตัน จะแตกต่างกันตาม
การใช้งาน ตาชั่งสปริงอาจจะมีรูปร่างแตกต่างกันไป



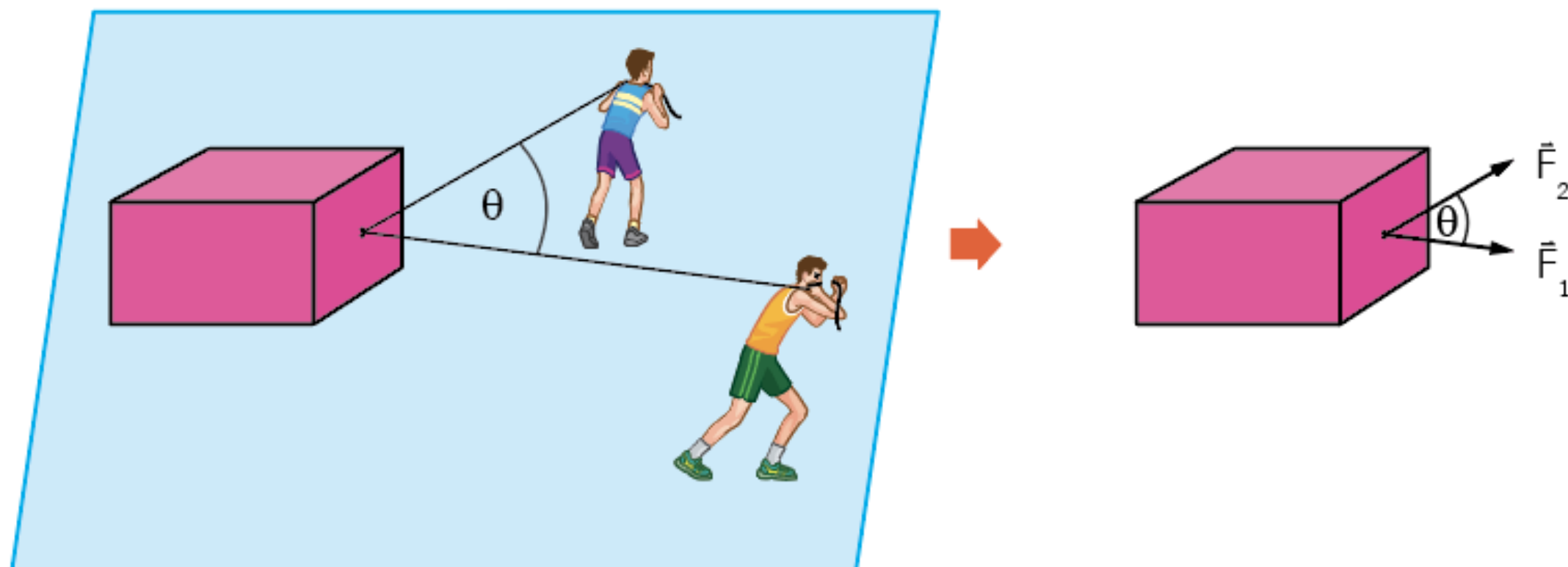
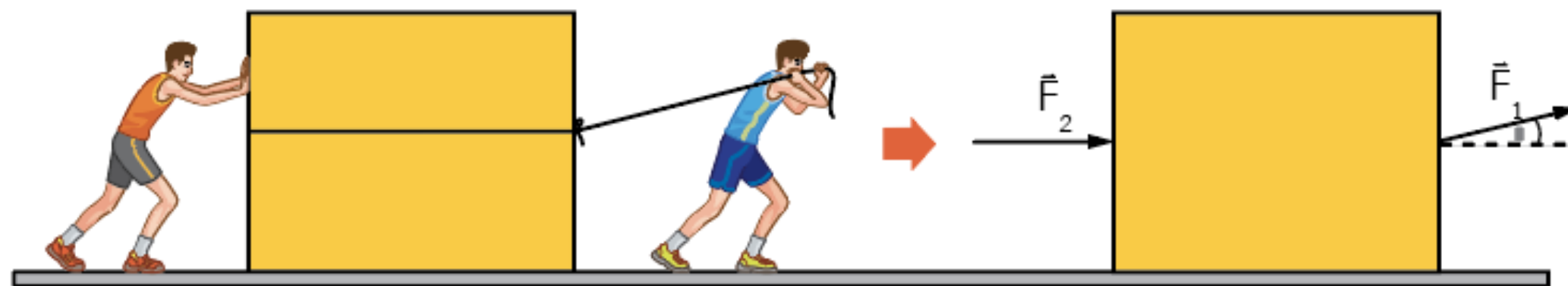
ตาชั่งสปริงวัดขนาดของแรง

1.2 การเขียนแรง

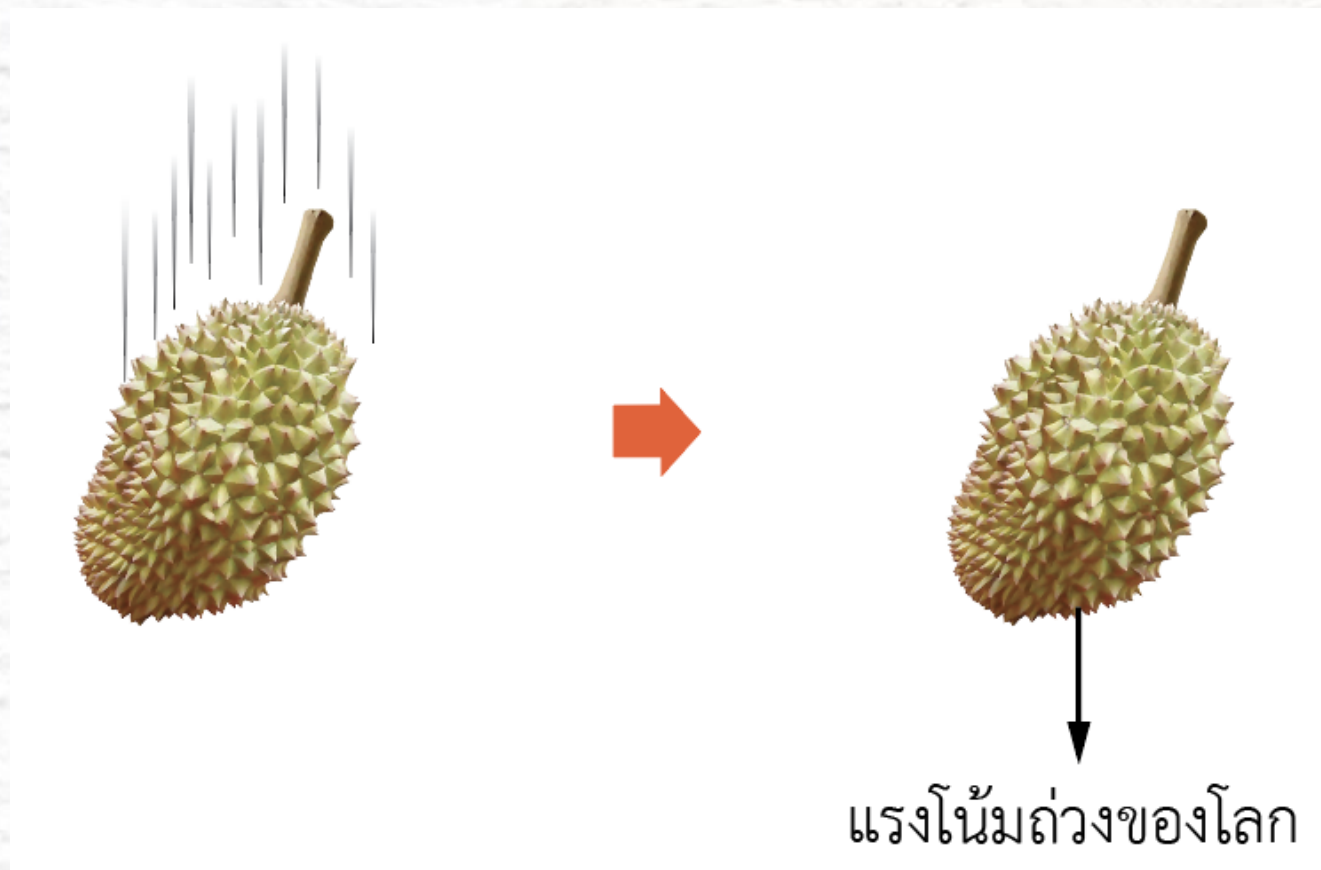
แรงเป็นสิ่งที่สมมติที่ใช้แทนการกระทำ เช่น ดึง หรือผลัก ซึ่งจะมีทิศทางแตกต่างกันออกไป การดึงจะมีทิศทางของแรงเข้าหาผู้กระทำ ส่วนการผลักจะมีทิศทางออกไปจากผู้กระทำ ดังนั้น การเขียนแรงจะต้องมีทิศทางเป็นองค์ประกอบ ซึ่งเราเรียกปริมาณที่มีทิศทาง และขนาดว่าปริมาณเวกเตอร์ (Vector) ในการเขียนแรงที่มากกระทำต่อวัตถุจึงใช้ลูกศรแทนแรง



ในกรณีที่มีแรงหลายแรงกระทำต่อวัตถุอันเดียวกันเราจะเขียนแรงตามทิศทางของแต่ละแรง



แรงบางชนิดเราไม่เห็นการกระทำของแรง
ชัดเจน เช่น วัตถุตกจากที่สูงเนื่องจากแรงโน้ม
ถ่วงของโลก



แสดงการเขียนแรงแทนการกระทำ

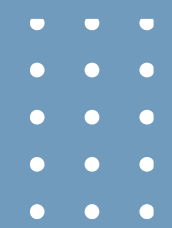
กฎข้อที่ 3 ของนิวตัน

“ทุกแรงกิริยาย่อมมีแรงปฏิกิริยาเกิดขึ้นในทิศตรงกันข้ามขนาดเท่ากัน”

จากกฎข้อที่ 3 ของนิวตัน เราสามารถอธิบายลักษณะของแรงกิริยา
(Action) และแรงปฏิกิริยา (Reaction) ได้ดังรูป



แรงกิริยาและปฏิกิริยา



2. ชนิดของแรง

ทุกสิ่งทุกอย่างที่เรา รู้จักนี้คงอยู่ไม่ได้ถ้าไม่มีปฏิกิริยาระหว่างกัน (Interaction) ของอนุภาคมูลฐาน คำว่าปฏิกิริยาระหว่างกันและกัน สามารถแบ่งออกเป็น 4 ชนิด ได้แก่

1. แรงดูด (Attractive Force)
2. แรงผลัก (Repulsive Force)
3. การสลาย (Decay)
4. การรวมตัว/ทำลาย (Annihilation)

แรงต่าง ๆ ในโลกนี้ทุกแรงล้วนจัดลงอยู่ใน Interaction ทั้ง 4 นี้ ไม่ว่าจะเป็นแรงเสียดทาน แรงดึงดูดของแม่เหล็ก สนามโน้มถ่วง การสลายตัวของนิวเคลียร์ เราเรียกอนุภาคที่เป็นตัวพา Interactions ว่า อนุภาคนำพาแรง (Force Carrier Particles)

ในปัจจุบันนักฟิสิกส์ได้ตั้งทฤษฎีที่เรียกว่า The Standard Model ขึ้นเพื่ออธิบายลักษณะของอนุภาคและปฏิสัมพันธ์ของอนุภาคเหล่านั้นในรูปแบบ ดังนี้



2.1 อนุภาคมูลฐาน (Fundamental Particles)

โดยแบ่งอนุภาคมูลฐานได้ 2 ชนิด คือ

2.1.1 อนุภาคสสาร (Matter Particles) ได้แก่

1. **ควาร์ก (Quarks)** เป็นอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าและสมบัติของการปั่นหมุน (Spin) แตกต่างกันเป็น 6 ลักษณะ คือ up, down, strange, charm, top และ bottom
2. **เลปตอน (Leptons)** อนุภาคชนิดนี้จะมีขนาดเล็กกว่าอนุภาคที่ได้จากการรวมตัวของควาร์ก แบ่งได้เป็น 6 ชนิด คือ อิเล็กตรอน (Electron) มิวออน (Muon) เทา (Tau) อิเล็กตรอนนิวตริโน (Electron Neutrino) มิวออนนิวตริโน (Muon Neutrino) และเทานิวตริโน (Tau Neutrino)

2.1.2 อนุภาคนำพาแรง (Force Carrier Particles). มี 4 ชนิด ได้แก่

- | | |
|------------------------|-------------------|
| 1. กราวิตอน (Graviton) | 3. โบซอน (Boson) |
| 2. โฟตอน (Photon) | 4. กลูออน (Gluon) |

2.2 แรงมูลฐาน (Fundamental Forces)

จากอนุภาคนำพาแรง 4 ชนิด จึงสามารถจำแนกแรงมูลฐานตามธรรมชาติได้ 4 ชนิด ได้แก่

- 2.2.1 แรงโน้มถ่วง (Gravitation Force)
- 2.2.2 แรงแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Force)
- 2.2.3 แรงนิวเคลียร์ชนิดอ่อน (Weak Nuclear Force)
- 2.2.4 แรงนิวเคลียร์แบบเข้ม (Strong Nuclear Force)



3. แรงชนิดต่าง ๆ

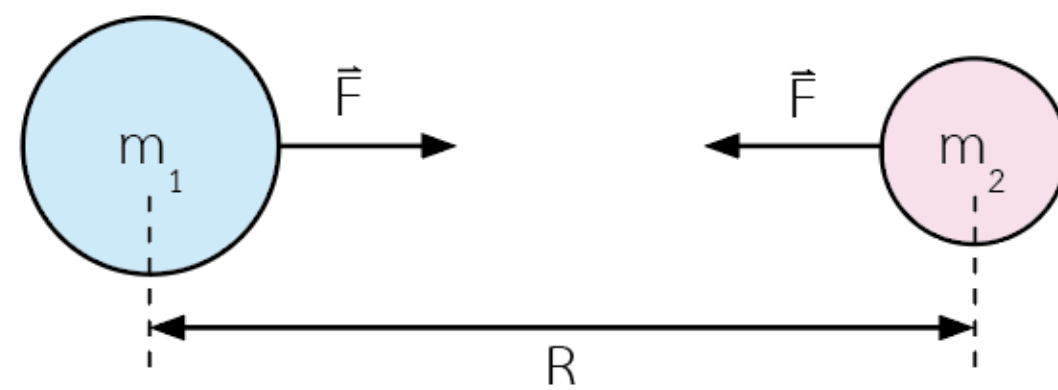
3.1 แรงดึงดูดระหว่างมวล

แรงดึงดูดระหว่างมวลเป็นแรงที่เกิดขึ้นจากวัตถุ 2 วัตถุเกิดแรงกระทำซึ่งกันและกัน นิวตันสามารถทดลองได้เห็นว่าวัตถุ 2 วัตถุดึงดูดกัน จนนำไปสู่การอธิบายแรงโน้มถ่วงของโลก แรงดึงดูดของระบบสุริยะ ผลจากการทดลองนิวตันพบว่า ขนาดของแรงดึงดูดระหว่างมวลจะแปรผันโดยตรงกับขนาดของมวลทั้งสอง และแปรผกผันกับกำลังสองของระยะห่างของมวลทั้งสอง

$$\begin{array}{lll} F & \propto & m_1 \\ F & \propto & m_2 \\ F & \propto & \frac{1}{R^2} \end{array}$$

นำมาเขียนรวมกับ

$$\bar{F} \propto \frac{m_1 m_2}{R^2}$$



ค่าคงตัวของการแปรผัน = G

$$\vec{F} = \frac{Gm_1m_2}{R^2}$$

เมื่อ F คือ แรงดึงดูดระหว่างมวลทั้งสอง มีหน่วยเป็น นิวตัน (N)

m_1 คือ ค่าของมวลที่ 1 มีหน่วยเป็นกิโลกรัม (kg)

m_2 คือ ค่าของมวลที่ 2 มีหน่วยเป็นกิโลกรัม (kg)

R คือ ระยะห่างระหว่างมวลทั้งสอง มีหน่วยเป็นเมตร (m)

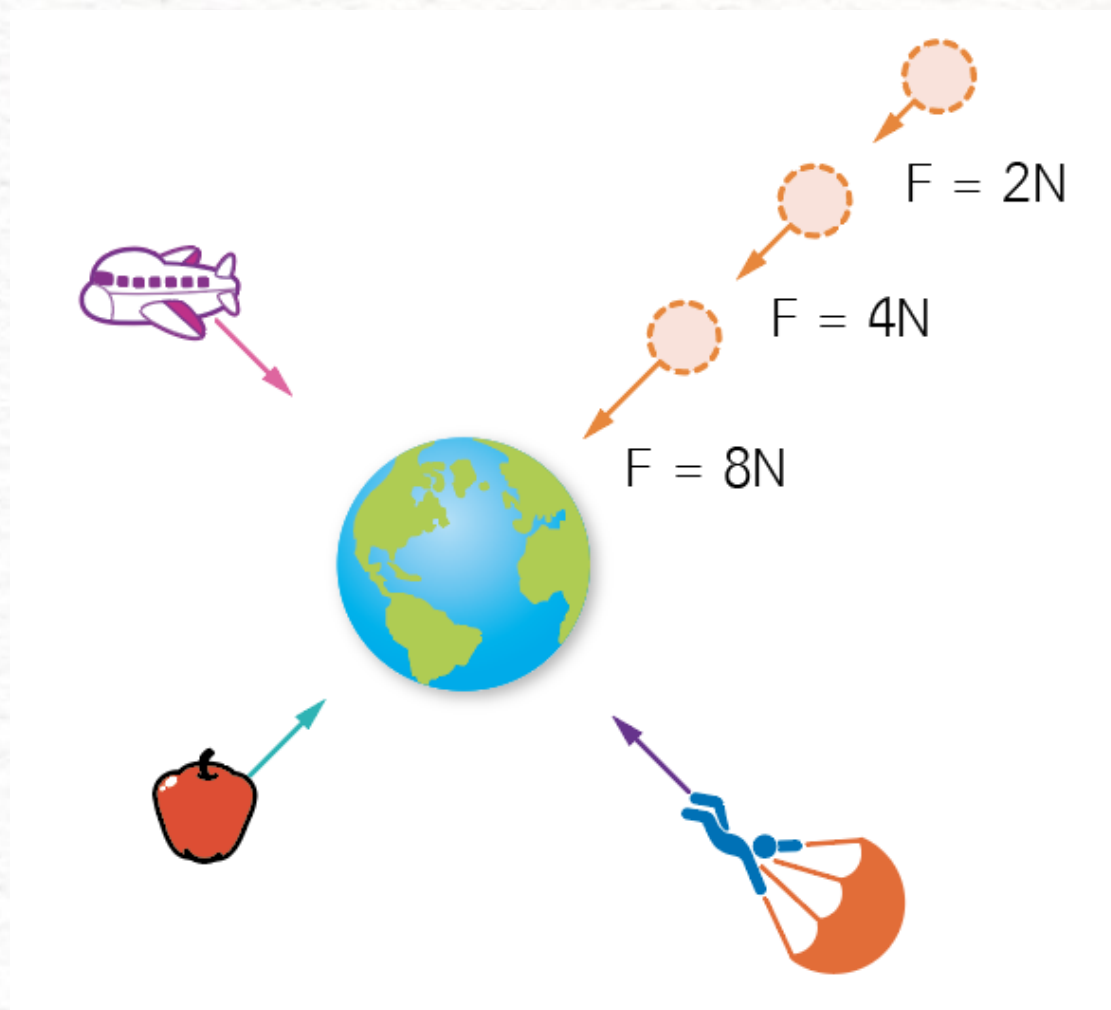
G คือ ค่าคงตัวสนามความโน้มถ่วงสากล มีค่า $6.67 \times 10^{-11} \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{kg}^2$

เนื่องจากค่า G มีค่าน้อยมาก ดังนั้น แรงดึงดูดระหว่างมวลจะมีค่ามากเมื่อมวลมีขนาดใหญ่ เช่น โลก ดวงจันทร์ ดวงอาทิตย์ ฯลฯ ซึ่งมวลต่าง ๆ เหล่านี้มีขนาดใหญ่จึงมีแรงดึงดูดมาก



3.2 แรงโน้มถ่วงของโลก (Gravity Force)

โลกเป็นวัตถุขนาดใหญ่ เมื่อมีวัตถุใด ๆ อยู่ใกล้โลกจะเกิดแรงกระทำซึ่งกันและกันขึ้น อันเป็นผลจากแรงดึงดูดระหว่างมวล แต่วัตถุต่าง ๆ มีขนาดเล็กจึงถูกโลกดึงดูดเข้าหา แรงที่โลกดึงดูดวัตถุต่าง ๆ เข้าหาจุดศูนย์กลางของโลก



จากสูตรแรงดึงดูดระหว่างมวล $F =$

$$\frac{Gm_1 m_2}{R^2}$$

ให้ R_E แทน รัศมีโลก

m_E แทน มวลของโลก

ค่าของแรงโน้มถ่วงใกล้ ๆ ผิวโลก

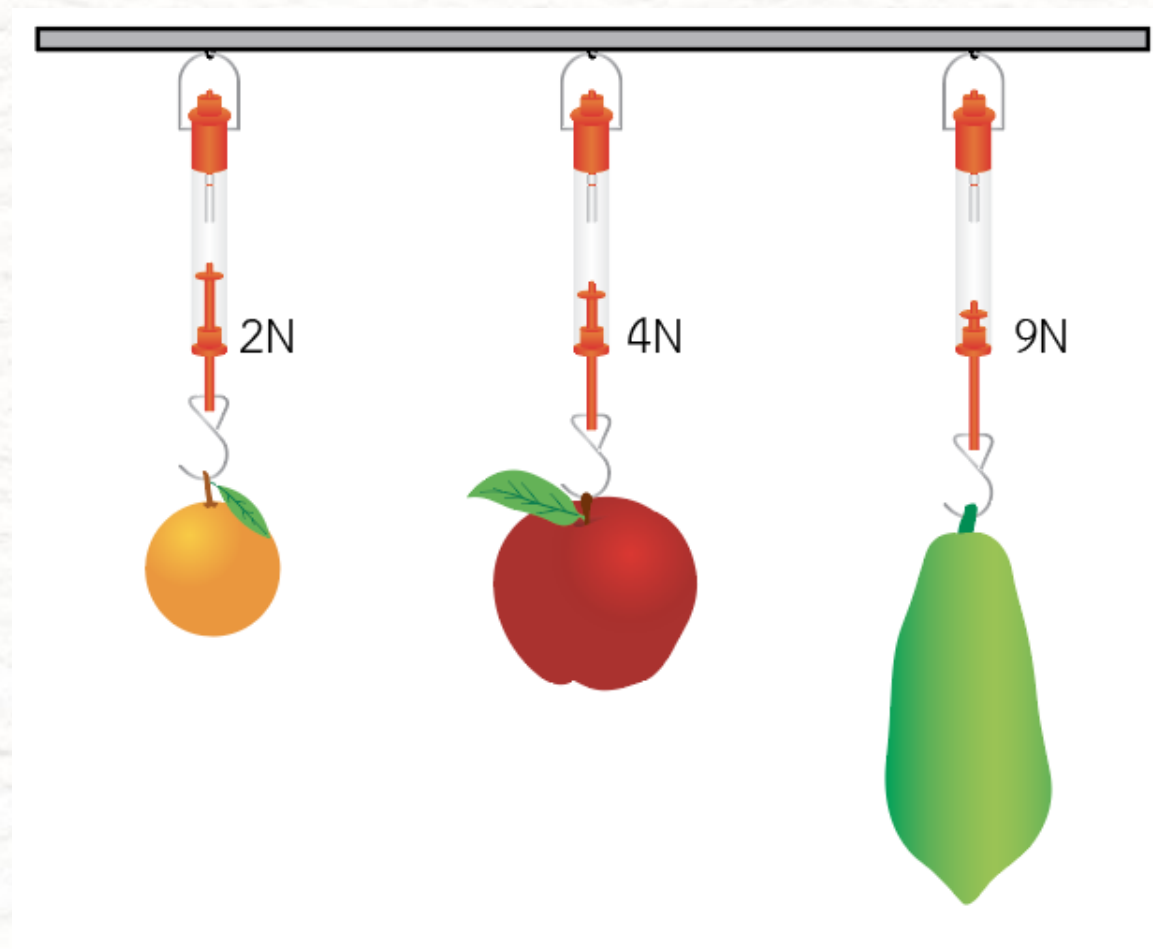
$$F = \frac{Gm m_E}{R_E^2}$$

ค่าของแรงโน้มถ่วงมีค่ามากขึ้นเมื่ออยู่ใกล้ ๆ ผิวโลก

ลักษณะของแรงโน้มถ่วงที่เกิดขึ้นบนวัตถุต่าง ๆ จะมีทิศทางพุ่งลงมาในแนวดิ่ง และแรงที่เกิดขึ้นบนวัตถุจะไปรวมกันที่จุดจุดหนึ่งของวัตถุ เราเรียกว่า “จุดศูนย์ถ่วง” (Center of Gravity) และเมื่อมีแรงที่เท่ากันไปกระทำในทิศขึ้นผ่านจุดนี้ วัตถุนั้นสามารถลอยหยุดนิ่งอยู่ได้



จากหลักการนี้เราสามารถหาค่าแรงโน้มถ่วงของโลกได้ โดยการแขวนวัตถุหรือวางวัตถุกับสปริงที่ยืดหรือหดแล้วอ่านค่าการยืดหรือหดของสปริงออกมาเป็นค่าแรง ซึ่งเราเรียกว่า “น้ำหนัก” (Weight) และสปริงที่นำมาใช้เราเรียกว่า ตาชั่ง



ตาชั่งสปริงหาน้ำหนักวัตถุ

W หมายถึง น้ำหนักของวัตถุมีหน่วยเป็น นิวตัน (N)



นอกจากนี้เรายังสามารถหาค่าของความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก (g) จากการตกของวัตถุ โดยวัตถุที่มีมวลต่างกันเมื่อตกอย่างเสรีจะตกด้วยความเร่งเท่ากันหมด มีค่าเท่ากับ 9.8 m/s^2 บางครั้งในการคำนวณอาจจะใช้ 10 m/s^2 ค่าของความเร่งจะเป็นไปตามกฎข้อที่ 2 ของนิวตัน (ซึ่งจะได้ศึกษาในบทเรียนต่อไป) ขนาดของความเร่งที่เกิดขึ้นจะมีค่าเท่ากับผลคูณของมวลกับความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก

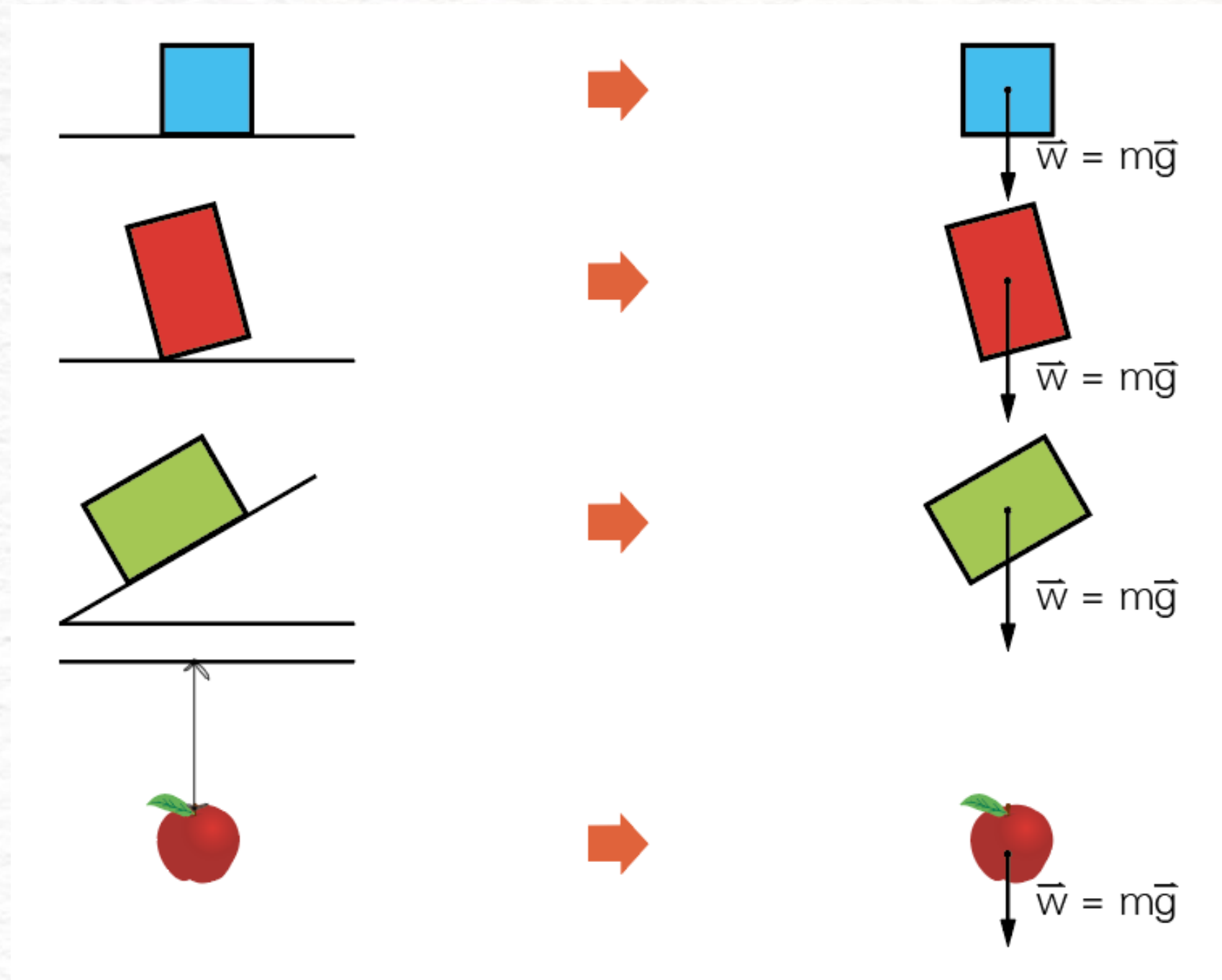
$$F = mg$$

m หมายถึง มวลของวัตถุมีหน่วยเป็น กิโลกรัม (kg)

g ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกมีหน่วยเป็น m/s^2



การเขียนแรงโน้มถ่วงของโลก แรงโน้มถ่วงของโลกมีทิศทางพุ่งลงในแนวดิ่ง
ไม่ว่าวัตถุนั้นจะอยู่ในสภาพใดก็ตาม และเกิดที่จุดศูนย์กลาง ดังรูป

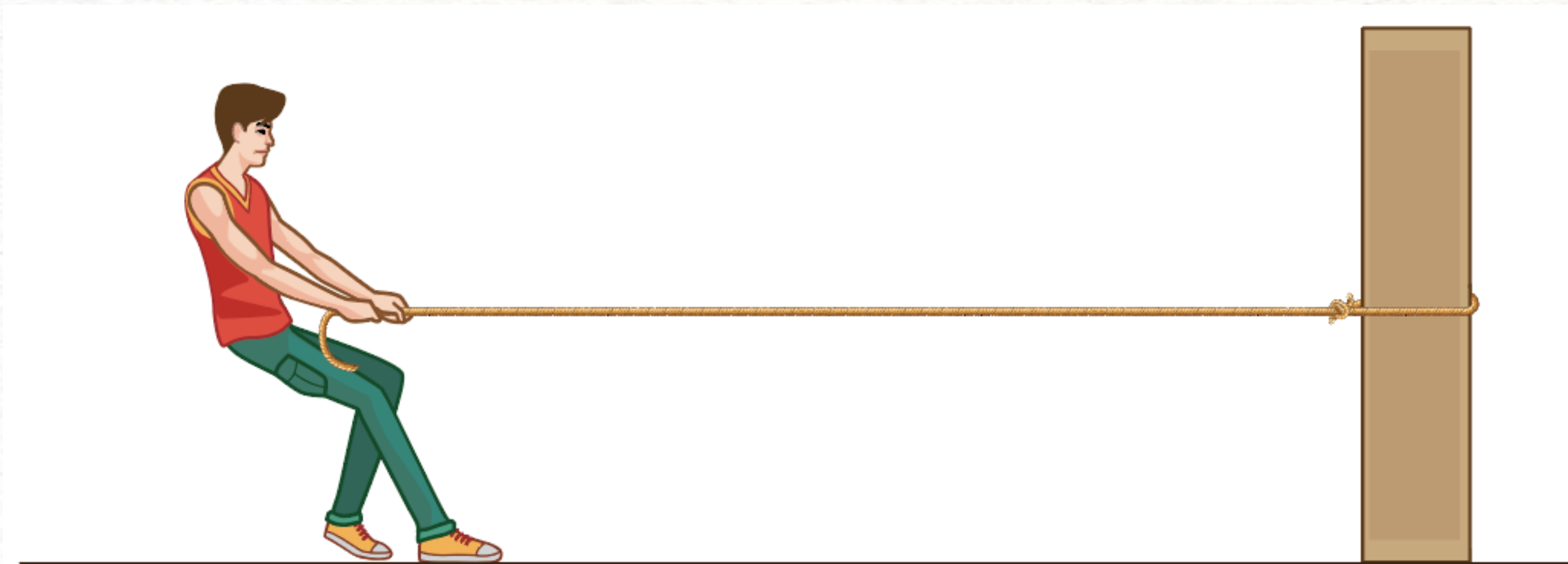


F.B.D. ของแรงโน้มถ่วงหรือน้ำหนัก

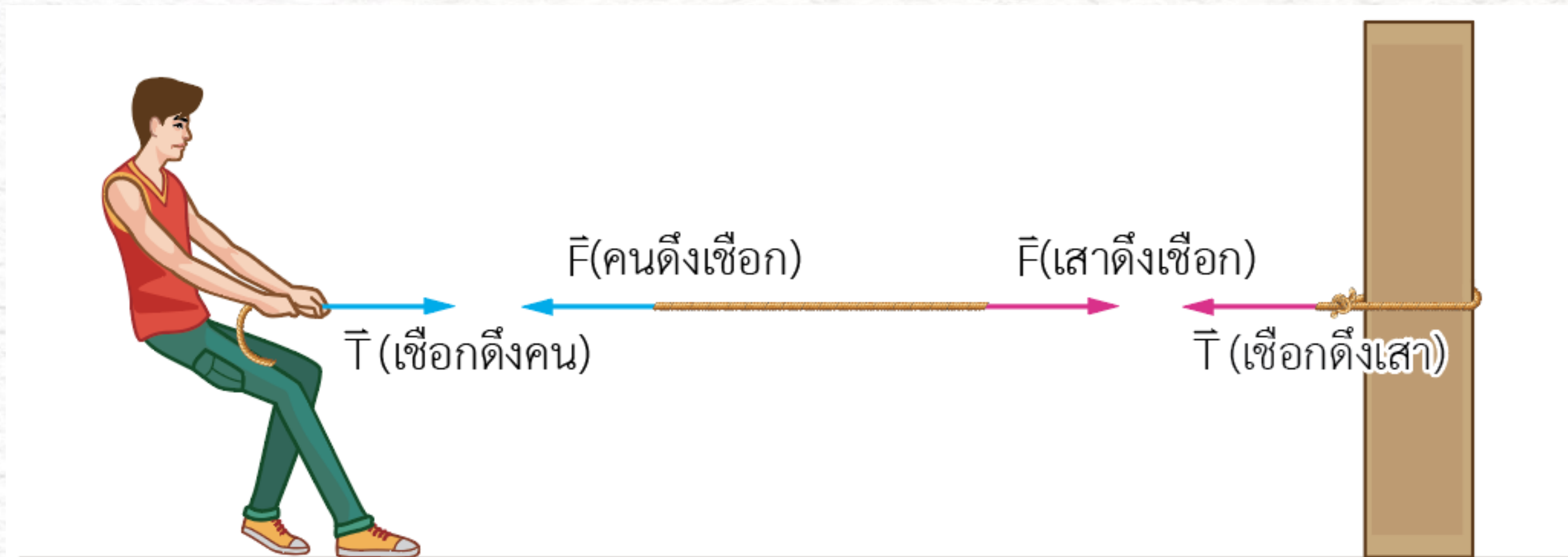


3.3 แรงตึง (Tension, $\vec{T}$)

แรงตึงเป็นแรงที่เป็นผลมาจากการที่เชือก เส้นลวดหรือสายเอ็นยาว ๆ ถูกกระทำให้ตึงโดยการดึงที่ปลายทั้ง 2 ข้าง ทำให้เกิดแรงปฏิกิริยาจากเชือก เส้นลวดหรือสายเอ็นไปกระทำต่อวัตถุที่มากระทำต่อเชือก เส้นลวด สายเอ็น ที่ปลายทั้ง 2 ข้าง ดังนั้น แรงตึงเชือกจึงเป็นแรงที่จะต้องพิจารณาที่ปลาย 2 ด้านของเชือกดังรูป



เมื่อออกแรงดึงเชือกจะเกิด Reaction ดังรูป F.B.D.



F.B.D. ของแรงดึงเชือก

หมายเหตุ

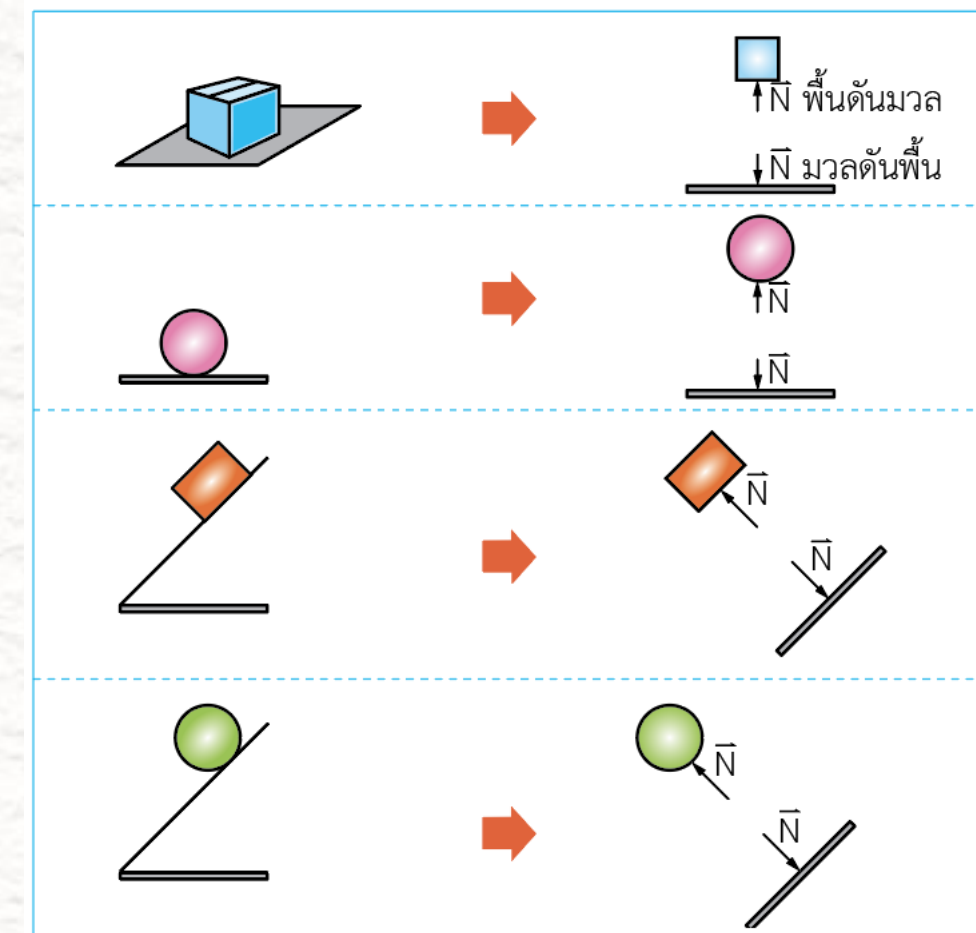
ถ้าพิจารณาบนตัวเชือกจะถูกคนดึงทั้ง 2 ด้าน
ดังนั้น ตัวเชือกจะต้องทนต่อแรงที่คนดึงได้ ถ้าไม่เช่นนั้นเชือกก็จะขาด
ซึ่งค่าของแรงที่เชือกทนได้สูงสุดจะเป็นตัวกำหนดการรับแรงของเชือก



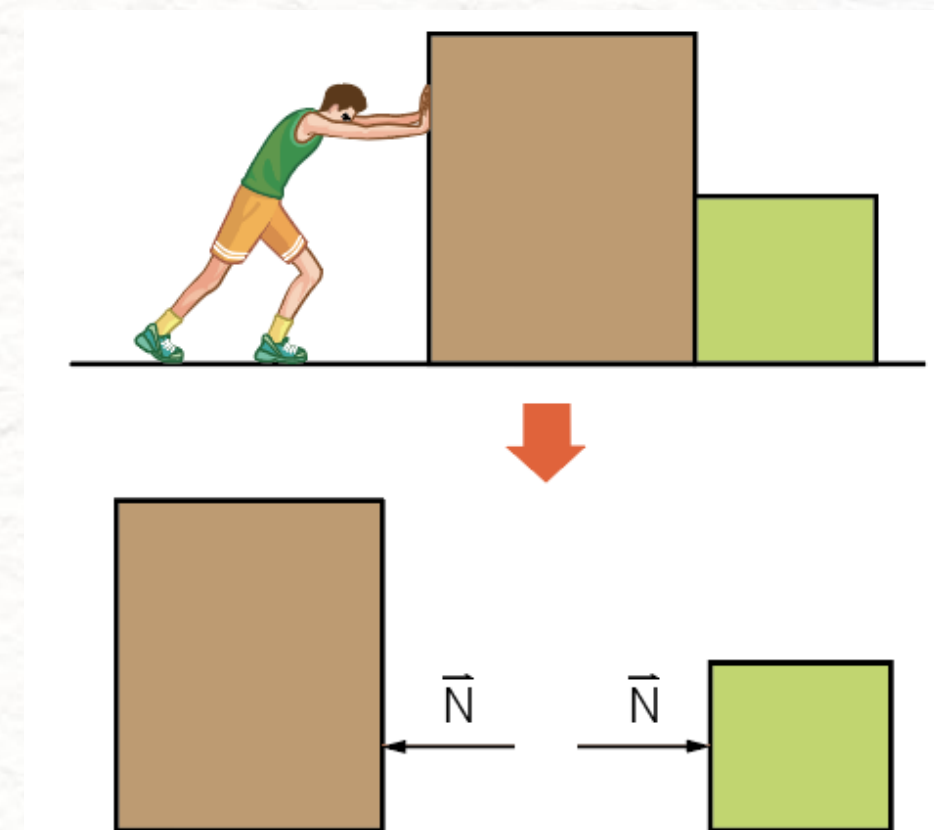
3.4 แรงปกติ (Normal Force, N)

วัตถุทุกชิ้นจะถูกแรงโน้มถ่วงของโลกดึงดูดวัตถุให้ตกไปยังผิวโลก เมื่อวัตถุไปวางไว้บนสิ่งใด ๆ ก็จะทำให้เกิดแรงกดลงบนพื้นผิวนั้น เนื่องจากน้ำหนักของวัตถุส่งผลให้เกิดแรงปฏิกิริยาจากผิวทำหน้าที่เป็นแรงที่ต้านแรงดึงดูดของโลกไม่ให้ตกลงไป แรงปฏิกิริยาระหว่างผิวสัมผัสเรียกว่าแรงปกติ จึงเกิดขึ้นเมื่อนำวัตถุไปวางไว้บนพื้นผิวใด โดยทิศทางของแรงจะมีทิศทางตั้งฉากกับผิวสัมผัส โดยลักษณะของแรงจะเกิดขึ้นตามลักษณะพื้นผิว และวัตถุที่สัมผัสผิว ดังรูป

แรงปกติระหว่างผิวสัมผัสอาจจะทำให้วัตถุเคลื่อนที่เข้าไปในกรณีที่วัตถุเกิดการดันกันไปในลักษณะแนวราบ ดังรูป



ทิศทางของแรงปฏิกิริยาระหว่างผิวสัมผัส (N)



แรงปฏิกิริยาที่ทำให้วัตถุเล็กเคลื่อนที่

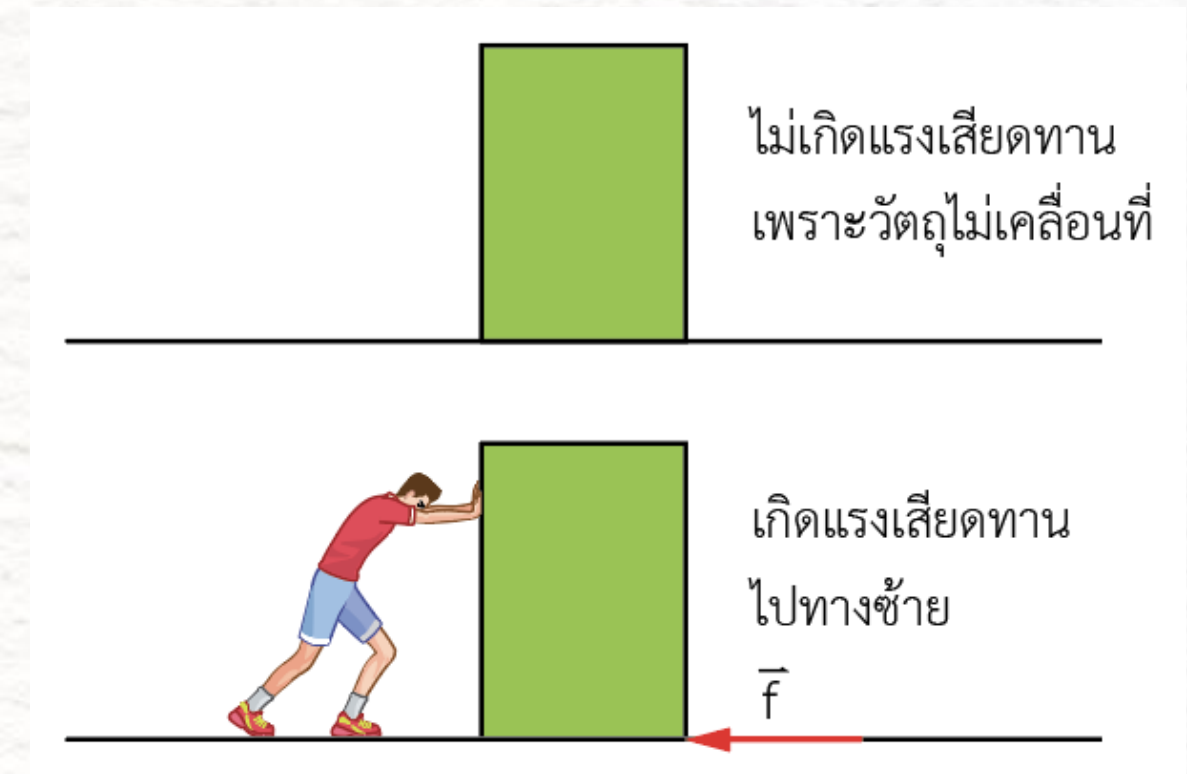
3.5 แรงเสียดทาน (Friction Force, f)

เมื่อวัตถุวางอยู่บนพื้น จะเกิดแรงระหว่างผิวสัมผัสในทิศตั้งฉาก แต่ถ้าวัตถุเกิดการเคลื่อนที่ ผิวของวัตถุกับพื้นที่เคยสัมผัสกันอยู่เกิดแรงยึดเหนี่ยวกัน จะเกิดแรงต้านที่จะแยกจากกัน เรียกว่าแรงเสียดทานในทิศตรงข้ามกับการเคลื่อนที่ ในทำนองเดียวกัน ถ้าวัตถุไม่มีแรงมากพอทำให้เคลื่อนที่ก็จะมีแรงเสียดทานเกิดขึ้นดังรูป

การหาขนาดของแรงเสียดทาน แรงเสียดทานเป็นแรงต้านการเคลื่อนที่ ค่าของแรงเสียดทานที่เกิดขึ้นในขณะที่วัตถุหยุดนิ่งกับวัตถุเคลื่อนที่มีค่าไม่เท่ากัน จึงแบ่งแรงเสียดทานออกเป็น 2 ลักษณะ คือ

3.5.1 แรงเสียดทานสถิต (Static Friction Force)

3.5.2 แรงเสียดทานจลน์ (Kinetic Friction Force)

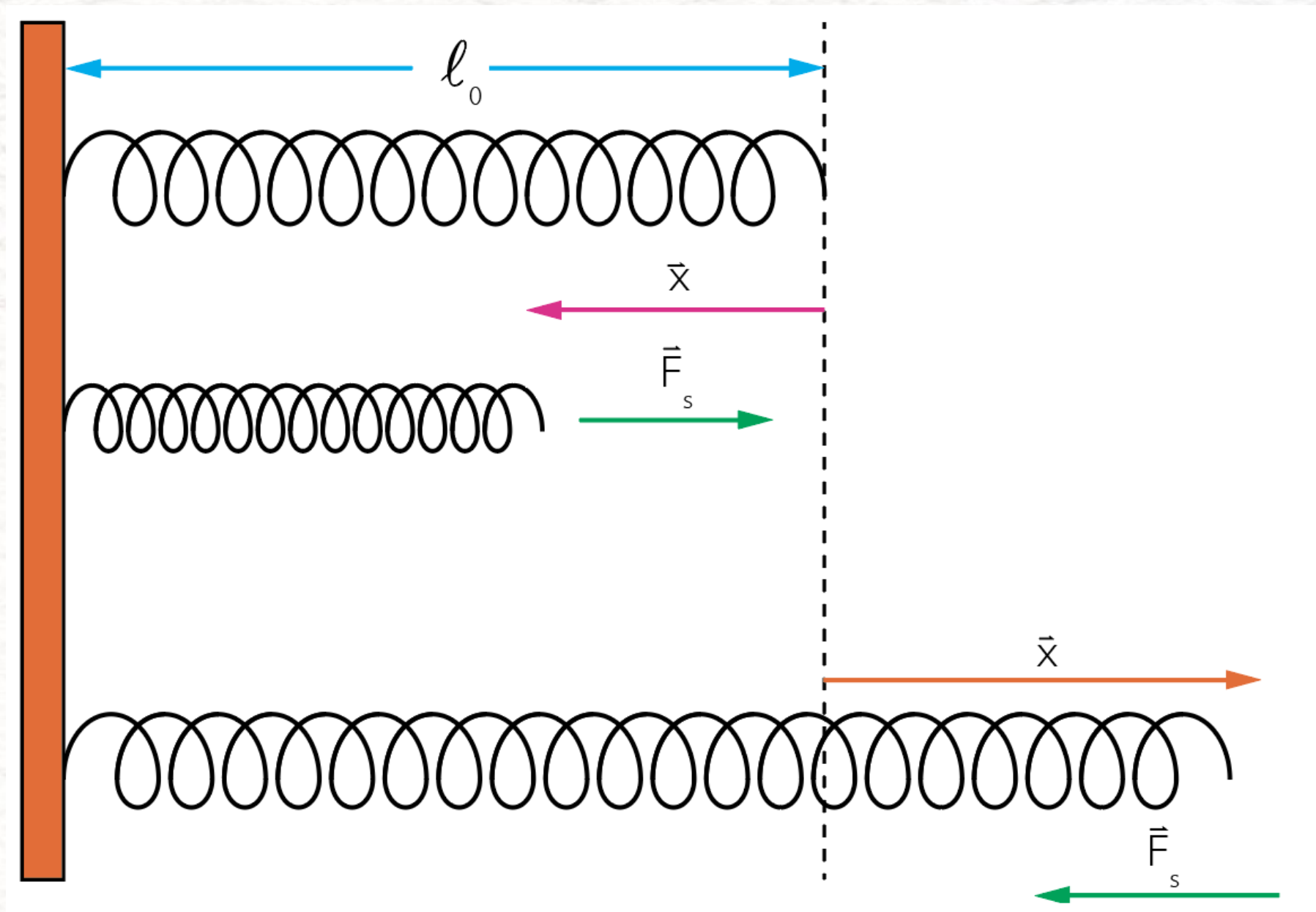


การเกิดแรงเสียดทาน

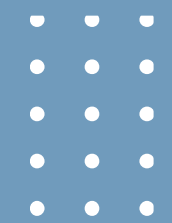


3.6 แรงจากสปริง ($\vec{F}_s$)

สปริงเป็นลวดขดเป็นวงกลมเรียงซ้อนกันโดยมีความยาวปกติ (ℓ_0) เมื่อทำให้ความยาวของสปริงเปลี่ยนไปจะเกิดแรงจากสปริง เพื่อให้สปริงกลับคืนสู่สภาพปกติ เราเรียกว่า เกิดความยืดหยุ่น ถ้าเราต้องการทำให้สปริงกับคืนสู่สภาพเดิมเราก็หยุดแรงที่กระทำต่อสปริงนั้น ตัวอย่างเช่น ถ้าเรายืดสปริงออก แล้วปล่อยสปริงก็จะกลับคืนตัว แรงของสปริงจะมีทั้งแรงดึงและแรงดันออก ขึ้นกับความยาวปกติที่เปลี่ยนไปว่าจะหดหรือยืด ดังรูป

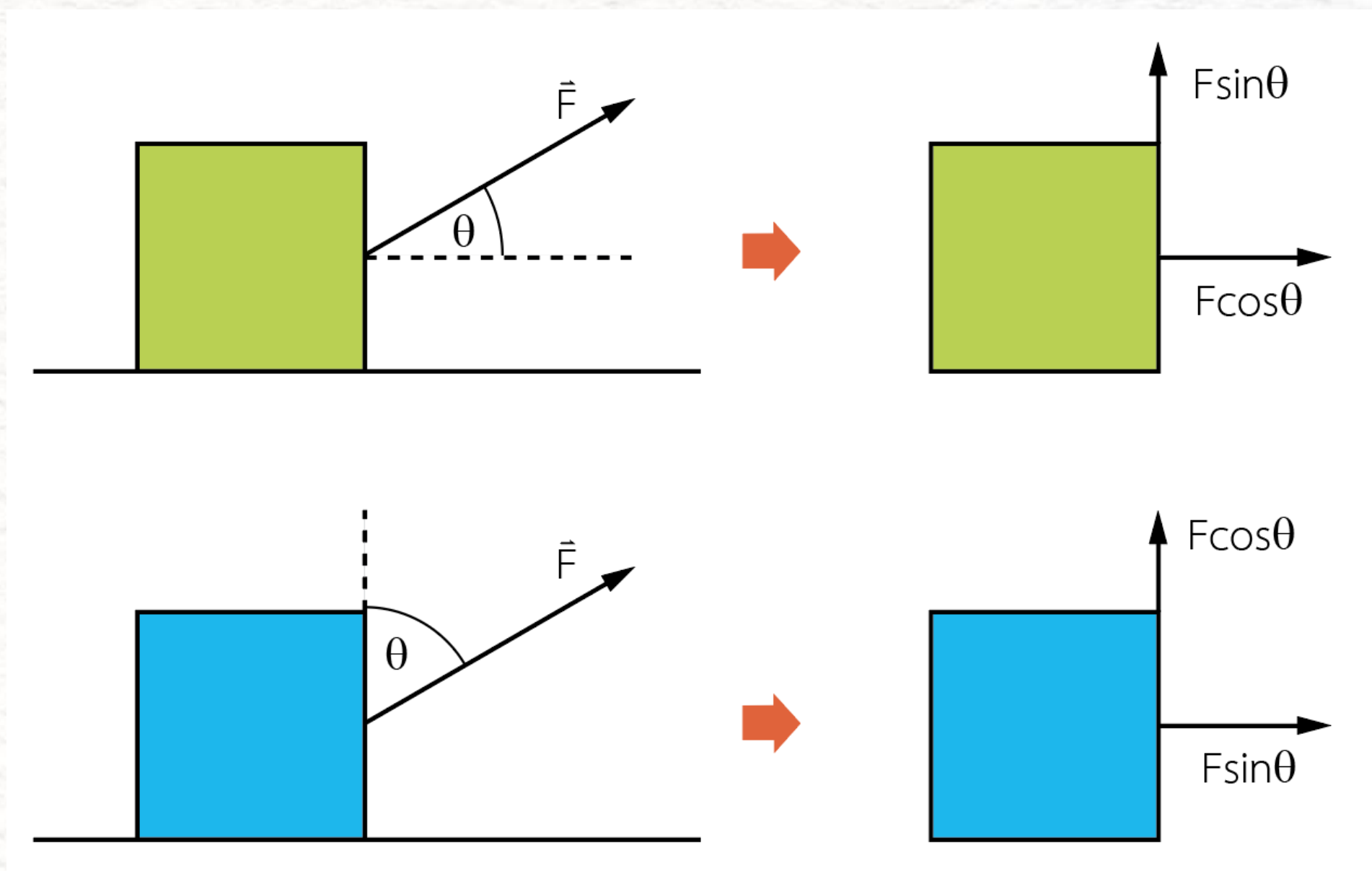


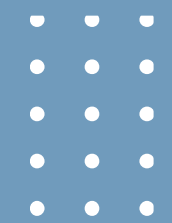
แรงจากสปริง



4. การแยกแรง

การเขียนแรงที่กระทำต่อวัตถุ จะเป็นการวิเคราะห์ตามลักษณะของวัตถุ ดังนั้น ผู้เรียนจะต้องฝึกวิเคราะห์ว่ามีแรงอะไรกระทำต่อวัตถุ ต้องเขียนแรงให้ได้ นอกจากนี้ยังจะต้องนำแรงที่เขียนมาหาองค์ประกอบของแรงในแนวแกน x และ y เพื่อใช้ในการคำนวณกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน ในการหาองค์ประกอบของแรง หรือเรียกว่า การแยกแรง จะเหมือนกับการแยกเวกเตอร์ไปในแนวแกน x และ y





5. การรวมแรง

เมื่อมีแรงหลายแรงไปกระทำต่อวัตถุ แรงต่าง ๆ จะมีผลต่อสภาพของวัตถุ คือ วัตถุอาจจะหยุดนิ่ง หรือ เคลื่อนที่ไป วัตถุมีการเปลี่ยนทิศทางการเคลื่อนที่ สภาพของวัตถุเมื่อถูกแรงกระทำจะเป็นผลจากการรวมแรงที่มากระทำต่อวัตถุ ผลรวมของแรงจะกลายเป็นแรงแรงเดียวที่เรียกว่า “แรงลัพธ์” ($\Sigma \vec{F}$) และถ้าแรงลัพธ์มีค่าเป็นศูนย์ วัตถุจะอยู่ในสภาพหยุดนิ่ง หรือเคลื่อนที่ไปด้วยความเร็วคงที่ แต่ถ้าแรงลัพธ์มีค่ามากกว่าศูนย์วัตถุจะเคลื่อนที่ไปด้วย ความเร่ง

แรงเป็นปริมาณเวกเตอร์ เขียนแทนด้วยลูกศร ในการรวมแรงจะนำขนาดของแรงแต่ละแรงมารวมกันเลย ไม่ได้ เช่น $\vec{F}_1 = 10 \text{ N}$ และ $\vec{F}_2 = 8 \text{ N}$

หาแรงลัพธ์

$$\Sigma \vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$$
$$\Sigma \vec{F} \neq 10 + 8$$
$$\Sigma \vec{F} \neq 18$$



การรวมแรงจะต้องพิจารณาทิศทางของแรงด้วย ดังนั้น การรวมแรงเราจะ
เอาลูกศรแสดงทิศทางของแรงมาบวกกันโดยการนำลูกศรมาต่อกัน โดยหางของ
เวกเตอร์ที่ 2 ต่อกับหัวเวกเตอร์แรก โดยให้ทิศทางของลูกศรแรงแต่ละตัวคงเดิม

5.1 การรวมแรงใน 1 มิติ

5.2 การรวมแรงใน 2 มิติ

5.3 การรวมแรงโดยการแยกแรง

