

หน่วยการเรียนรู้ที่

1

บบของแรงและ ความสมดุลของแรง





ธรรมชาติของแสง

เซอร์ไอแซค นิวตัน นักปรัชญา นักคณิตศาสตร์ นักวิทยาศาสตร์ชาวอังกฤษได้ตั้งกฎการเคลื่อนที่ไว้ 3 ข้อ ดังนี้

1. วัตถุจะคงอยู่ในสถานะนิ่งหรือสถานะที่เคลื่อนที่สม่ำเสมอตลอดไป ถ้าไม่มีแรงภายนอกมากระทำต่อวัตถุในสภาวะดังกล่าว ดังนั้นหากมีแรงมากระทำต่อวัตถุแล้วจะทำให้วัตถุนั้นได้รับผลกระทบ 2 ประการ คือ

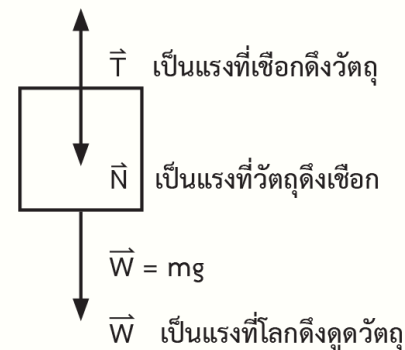
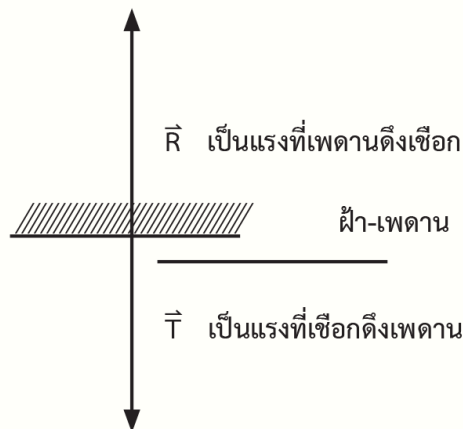
1.1 ผลทางการเคลื่อนที่แรงสามารถทำให้วัตถุที่หยุดนิ่งเกิดการเคลื่อนที่ หรือทำให้เปลี่ยนความเร็ว

1.2 ผลภายในเนื้อวัตถุแรงสามารถทำให้วัตถุเปลี่ยนแปลงรูปร่างและปริมาตรได้



2. อัตราการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมของวัตถุในแนวที่แรงภายนอกกระทำย่อมเป็นปฏิภาคโดยตรงกับแรงภายนอกที่มากระทำต่อวัตถุนั้น

3. แรงกิริยาและแรงปฏิกิริยาจะเท่ากันและมีทิศทางตรงกันข้ามเสมอเมื่อมีแรงกระทำต่อวัตถุใดก็ตามจะเกิดแรงปฏิกิริยาขึ้นเสมอในทิศทางตรงกันข้ามและมีขนาดเท่ากัน เพราะฉะนั้นแรงจะมีเป็นคู่เสมอไม่ใช่แรงเดี่ยว มีขนาดเท่ากันและทิศทางตรงกันข้าม แต่เวลาพิจารณาแรงและผลของแรงจะพิจารณาเพียงแรงแรงเดียวกันเท่านั้น



รูปแสดงแรงคู่กิริยา-ปฏิกิริยาของแรงที่กระทำกับวัตถุ





ประเภทของแรงและชนิดของแรง

ประเภทของแรง มี 2 ประเภท

1. **แรงกิริยา (Action)** คือ อำนาจอย่างหนึ่งที่ทำให้วัตถุเคลื่อนที่เปลี่ยนความเร็วและทิศทาง
2. **แรงปฏิกิริยา (Reaction)** คือ แรงที่วัตถุกระทำโต้ตอบแรงที่มากระทำต่อวัตถุนั้นในทิศทางตรงกันข้าม และมีขนาดเท่ากับแรงที่กระทำนั้น

ชนิดของแรง แบ่งออกเป็น 2 ประเภท

1. **แรงในระนาบเดียว (Coplanar force)** คือ แรงที่มีเวกเตอร์ของแรงเกิดขึ้นบนระนาบ (plane) เดียวกัน
2. **แรงต่างระนาบ (Non – coplanar force)** คือ แรงที่มีเวกเตอร์ของแรงไม่อยู่ในระนาบเดียวกัน หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า **force in space**



ชนิดของแรงทั้งสองนี้ยังจำแนกเป็นกลุ่มย่อย ซึ่งอยู่ใน Coplanar หรือ Non-coplanar อีกทีหนึ่ง คือ

1. **Collinear force systems** แรงที่เกิดขึ้นจะอยู่ในเส้นตรงเดียวกัน แรงชนิดนี้จึงมีแต่ Coplanar
2. **Concurrent force systems** คือ ระบบของแรงที่มีแนวของแรงทั้งหมดตัดกันที่จุดจุดหนึ่ง ระบบนี้จะเกิดได้ทั้ง Coplanar และ Non – Coplanar แต่ถ้ามีเพียง 2 แรง จะเป็นได้เฉพาะใน Coplanar เป็นต้น
3. **Non – concurrent force systems** คือ ระบบของแรงที่มีแนวของแรงไม่ตัดกันที่จุดจุดเดียว ระบบนี้เป็นได้ทั้ง Coplanar และ Non – Coplanar
4. **Parallel force Systems** คือ ระบบของแรงที่มีแนวของแรงขนานกัน จะเป็น Coplanar หรือ Non – Coplanar



หน่วยของแรงและความสัมพันธ์ ระหว่างหน่วยของแรง

หน่วยของแรง

1. หน่วยความโน้มถ่วง (Gravitational Unit) ใช้เหมือนกับหน่วยของมวลสาร เช่น กรัม กิโลกรัม
2. หน่วยสัมบูรณ์ (Absolute Unit) ใช้เป็น ดายน์, เปา์นดัล, นิวตัน
 - แรง 1 ดายน์ คือ แรงที่ทำให้มวล 1 กรัม เคลื่อนที่ด้วยความเร่ง 1 cm/Sec^2
 - แรง 1 นิวตัน คือ แรงที่ทำให้มวล 1 กิโลกรัม เคลื่อนที่ด้วยความเร่ง 1 m/s^2
 - แรง 1 เปา์นดัล คือ แรงที่ทำให้มวล 1 ปอนด์ เคลื่อนที่ด้วยความเร่ง 1 ft/Sec^2
3. หน่วย S.I (International System of Unit) ใช้เป็นนิวตัน สัญลักษณ์ N
 - แรง 1 เปา์นดัล คือ แรงที่ทำให้มวล 1 ปอนด์ เคลื่อนที่ด้วยความเร่ง 1 ft/Sec^2



ความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยของแรง

- 1 นิวตัน = 10^5 ดายน์
- 1 กรัม = 981 ดายน์
- 1 กิโลกรัม = 9.81 นิวตัน
- 1 ปอนด์ = 32 เปา์นดัล
- ปอนด์ = 4.46 นิวตัน





สมดุล

สมดุล แบ่งได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่

- 1. สมดุลสถิต (Static Equilibrium)** เป็นสมดุลที่เกิดขึ้นบนวัตถุในขณะที่ยังคงอยู่นิ่ง เช่น หนังสือวางอยู่บนโต๊ะ รถยนต์จอดอยู่หน้าบ้าน และกรอบรูปแขวนบนฝาผนัง
- 2. สมดุลจลน์ (Kinetic Equilibrium)** เป็นสมดุลที่เกิดขึ้นบนวัตถุขณะที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัว เช่น รถยนต์เคลื่อนที่บนถนนตรงด้วยความเร็วคงตัว 80 กิโลเมตร/ชั่วโมง เรือสินค้าแล่นไปทางทิศใต้ด้วยความเร็วคงตัว 70 กิโลเมตร/ชั่วโมง หรือเกิดขึ้นบนวัตถุที่หมุนรอบแกนด้วยอัตราการหมุนที่คงตัว เช่น การหมุนของพัดลมที่หมุนด้วยจำนวนรอบต่อเวลาคงที่





สมดุลต่อการเคลื่อนที่

การเคลื่อนที่ของวัตถุแข็งเกร็งแบ่งได้เป็น 2 ระบบ

1. สมดุลต่อการเลื่อนตำแหน่ง (Translational Equilibrium) คือวัตถุอยู่นิ่งหรือเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัวไม่เปลี่ยนแปลงสภาพการเลื่อนตำแหน่งตามกฎข้อที่ 1 ของนิวตัน จะมีค่าแรงลัพธ์หรือผลรวมของแรงที่กระทำต่อวัตถุทั้งหมดเป็นศูนย์หรือเขียนได้ว่า $\Sigma \vec{F} = 0$
2. สมดุลต่อการหมุน (Rotational Equilibrium) คือสมดุลที่เกิดขึ้นในกรณีที่วัตถุมีอัตราการหมุน คงตัวและไม่เปลี่ยนแปลงสภาพการหมุนหรือเขียนได้ว่า $\Sigma \vec{M} = 0$





การหาผลลัพธ์และการรวม เวกเตอร์โดยการสร้างรูป

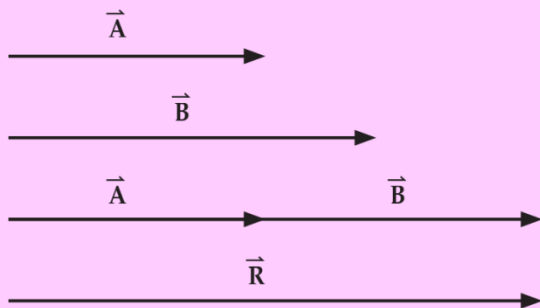
ปริมาณทางฟิสิกส์แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท ดังนี้

- 1. ปริมาณสเกลาร์** คือ ปริมาณที่บอกแต่ขนาดอย่างเดียวก็ได้ความหมายสมบูรณ์ไม่ต้องบอกทิศทาง เช่น ระยะทาง มวล เวลา ปริมาตร ความหนาแน่น งาน พลังงาน การหาผลลัพธ์ของปริมาณ สเกลาร์อาศัยหลักทางพีชคณิต คือ วิธีการบวก
- 2. ปริมาณเวกเตอร์** คือ ปริมาณที่ต้องบอกทั้งขนาดและทิศทางจึงจะได้ความหมายสมบูรณ์ เช่น การกระจัด ความเร็ว ความเร่ง แรง โมเมนตัม การหาผลลัพธ์ของปริมาณเวกเตอร์ อาศัยวิธีการทางเวกเตอร์ โดยหาผลลัพธ์ทั้งขนาดและทิศทาง



การหาแรงลัพธ์ใช้วิธีการรวมเวกเตอร์โดยการสร้างรูป การลากเส้นตรงที่มีหัวลูกศรแทนเวกเตอร์แรงแรก ความยาวของเส้นตรงแทนขนาดของแรง หัวลูกศรบอกทิศทางนำเวกเตอร์มาต่อกันจนครบทุกแรง แล้วหาแรงลัพธ์โดยการลากเวกเตอร์จากต้นของเวกเตอร์แรงแรกไปยังปลายของเวกเตอร์แรงอันสุดท้ายมีดังนี้

1. แรงขนานไปทางเดียวกัน



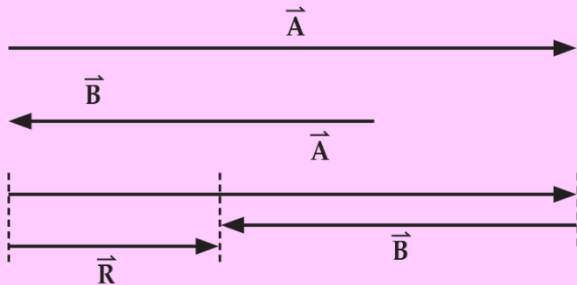
สมการ $\vec{R} = \vec{A} + \vec{B}$

ขนาด $R = A + B$

ทิศของ $\vec{R}$ ไปทางเดียวกับ $\vec{A}$ และ $\vec{B}$

_____ 1

2. แรงขนานมีทิศตรงกันข้าม

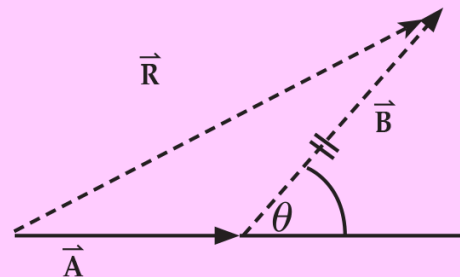
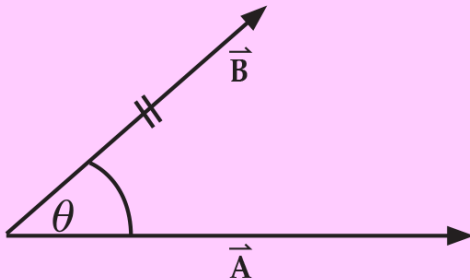


สมการ $\vec{R} = \vec{A} - \vec{B}$

ขนาด $R = A - B$ _____ 2

ทิศของ $\vec{R}$ ไปทางเดียวกับทิศของแรงที่มีค่ามาก

3. แรง 2 แรงทำมุมกัน

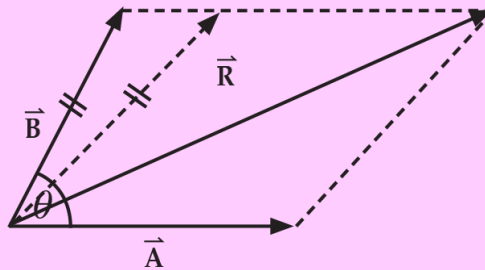
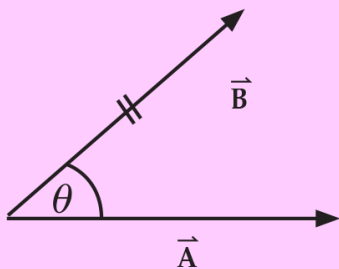


สมการ $\vec{R} = \vec{A} + \vec{B}$ _____ 3

ขนาดของ R จะต้องวัดออกมาหรือคำนวณจากทฤษฎี

4.

แรง 2 แรงมาเขียนรูปตามทฤษฎีสี่เหลี่ยมด้านขนาน



สมการ $\vec{R} = \vec{A} + \vec{B}$

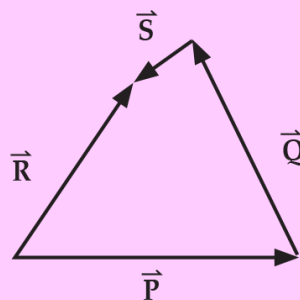
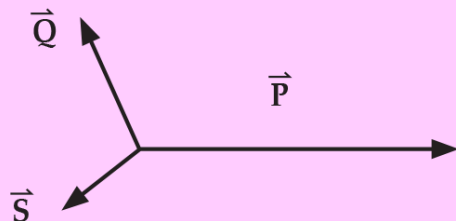
θ คือมุมที่ $\vec{A}$ กับ $\vec{B}$

R คือแรงลัพธ์ของ $\vec{A}$ และ $\vec{B}$

4

5.

แรง 3 แรงกระทำต่อวัตถุเดียวกัน



กลับ

สารบัญ

ถัดไป

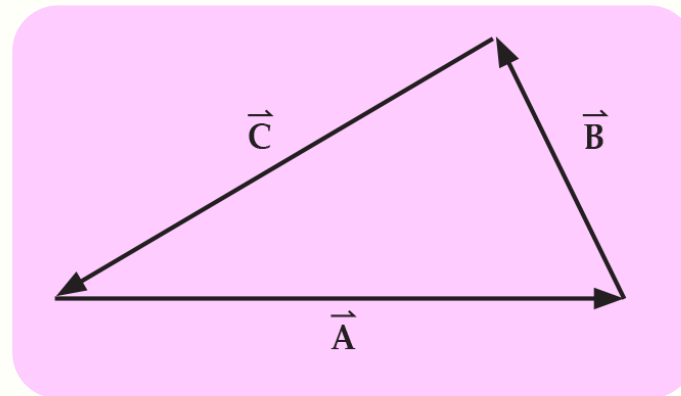
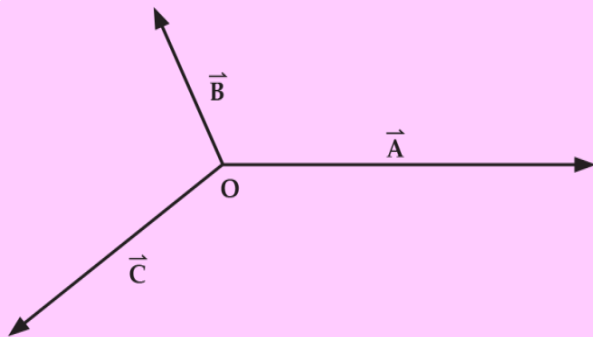
13

$$\text{สมการ } \vec{R} = \vec{P} + \vec{Q} + \vec{S} \quad \underline{\hspace{2cm}} \quad 5$$

ขนาดของ R ได้จากการวัดความยาวแล้วเทียบอัตราส่วน

ทิศของ $\vec{R}$ มีทิศจากหางของแรงแรก (จุดเริ่มต้น) ถึงหัวลูกศรของแรงสุดท้าย

6. แรง 3 แรงกระทำต่อวัตถุเดียวกัน แล้ววัตถุอยู่ในสมดุลจะได้รูปสามเหลี่ยมปิด มีขนาดของ $R = 0$ หรือไม่มีค่าแรงลัพธ์

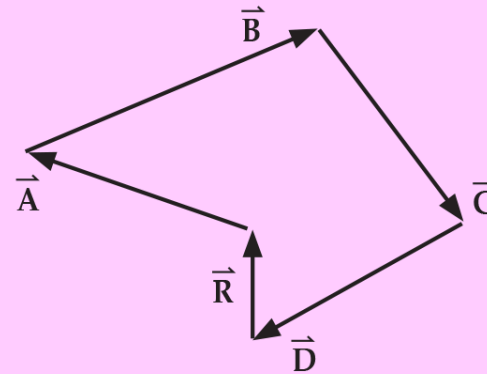
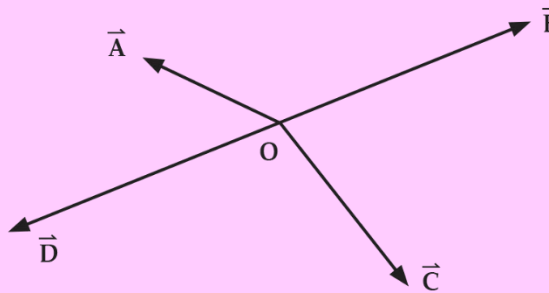


$$\vec{R} = \vec{A} + \vec{B} + \vec{C} = 0 \quad \underline{\hspace{2cm}} \quad 6$$



7.

แรงหลายแรงกระทำต่อวัตถุเดียวกัน



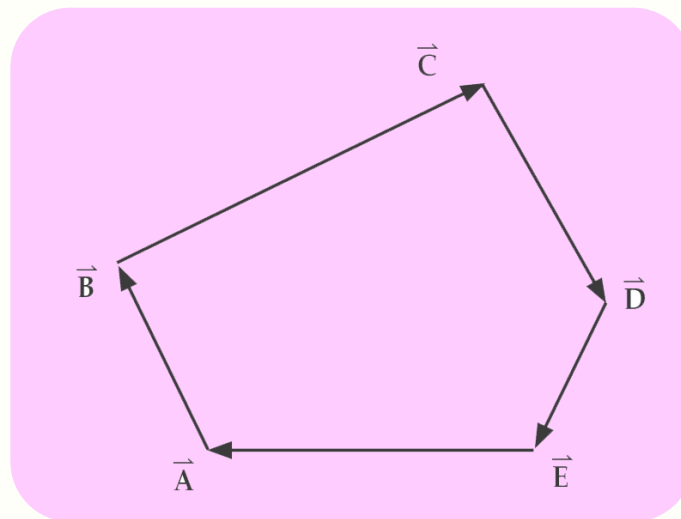
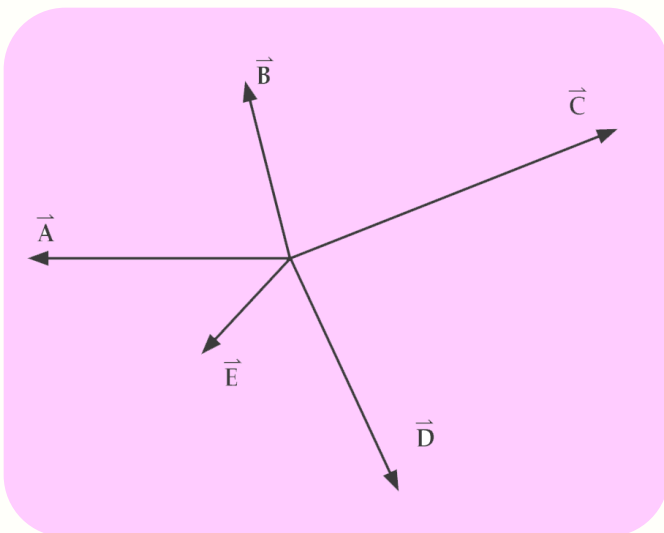
$$\text{สมการ } \vec{R} = \vec{A} + \vec{B} + \vec{C} + \vec{D}$$

7

8.

แรงลัพธ์ R จะทำให้วัตถุเคลื่อนที่ไปตามทิศของแรงลัพธ์และมีความเร่งถ้ามีแรงหลายแรงกระทำต่อวัตถุเดียวกัน และมีค่าแรงลัพธ์เป็นศูนย์วัตถุจะอยู่นิ่งหรือเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่เรียกว่า วัตถุอยู่ในสมดุลต่อการเลื่อนตำแหน่ง เมื่อเขียนรูปจะได้รูปหลายเหลี่ยมปิด





สมการ $\vec{R} = \vec{A} + \vec{B} + \vec{C} + \vec{D} + \vec{E} = 0$ _____ 8





การหาแรงย่อยและแรงลัพธ์ โดยการคำนวณ

1. การแยกแรง 1 แรง ออกเป็นแรงองค์ประกอบ 2 แรง ซึ่งตั้งฉากกันอยู่ตามแนวแกน X และแกน Y
2. ใช้ทฤษฎีสี่เหลี่ยมด้านขนาน เมื่อ และ เป็นแรงย่อยทำมุมกัน หาขนาดของแรงลัพธ์ R
3. ใช้กฎของ COS
4. ใช้กฎของ Sine หรือ ทฤษฎีลาไม
5. วิธีแตกแรงเข้าสู่แกน X และ Y แล้วรวมแรงในแต่ละแกนจนเหลือแกนละหนึ่งแรงซึ่งทำมุม 90° นำแรงทั้งสองมาหาแรงลัพธ์ด้วยทฤษฎีพีทาโกรัส



6.

มีแรงกระทำต่อวัตถุมากกว่า 2 แรง นิยมหาแรงลัพธ์ด้วยวิธีแตกแรง
กรณีที่วัตถุสมดุลต่อการเลื่อนตำแหน่ง ผลรวมของแรงที่กระทำต่อ
วัตถุเป็นศูนย์หรือแรงลัพธ์เท่ากับศูนย์ ใช้หลักการคำนวณดังนี้

6.1 แตกแรง มีค่าผลรวมของแรงตามแนวแกน x และแกน y เป็นศูนย์
หรือเขียนสมการได้เป็น 2 แกน คือ

$$\Sigma F_x = 0$$

ผลรวมของแรงทางด้านขวา = ผลรวมของแรงทางด้านซ้าย

$$\Sigma F_y = 0$$

ผลรวมของแรงทางด้านบน = ผลรวมของแรงทางด้านล่าง

6.2 ใช้ทฤษฎีของلامีหรือกฎของ Sine

6.3 ใช้สามเหลี่ยมแทนแรง





สมดุลต่อการหมุน

โมเมนต์ คือ แรง x ระยะทางตั้งฉากจากจุดที่แรงกระทำถึงจุดหมุน
จะได้ว่า

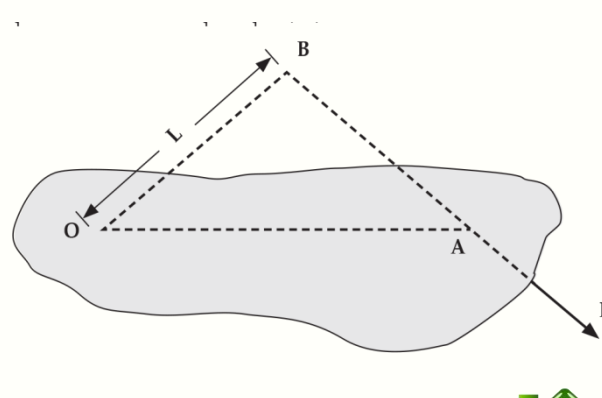
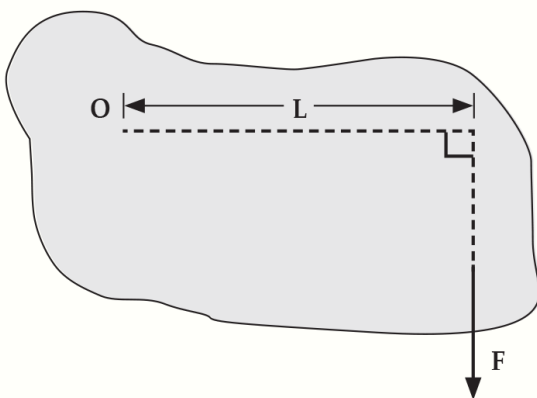
$$M = F \times L$$

1

โดย M = โมเมนต์ (N-m)

F = แรงที่กระทำ (N)

L = ระยะทางตั้งฉากจากจุดที่แรงกระทำถึงจุดหมุน (m)

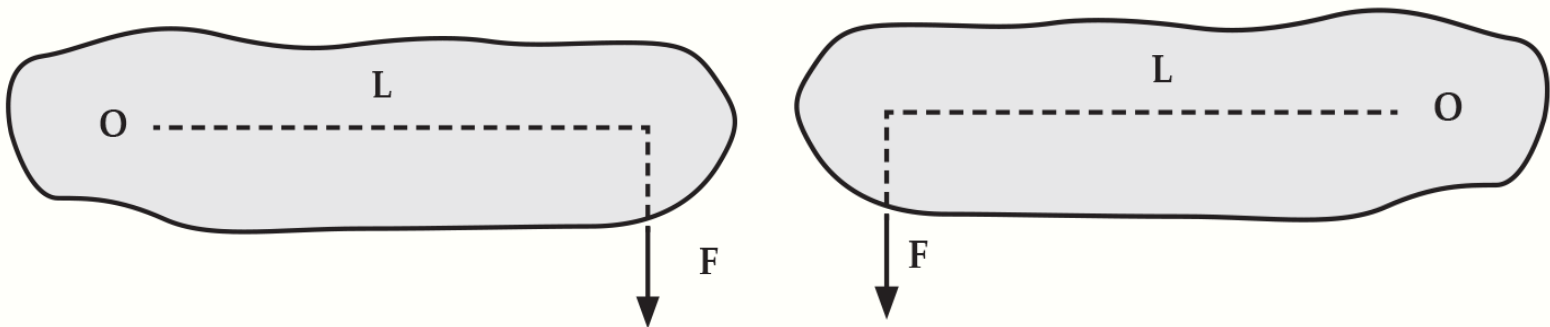


แรง F กระทำกับวัตถุมีแนวแรงห่างจากจุดหมุนเป็นระยะ L



โมเมนต์ที่เกิดขึ้นมีอยู่ 2 ประเภท คือ

1. โมเมนต์ตามเข็มนาฬิกา
2. โมเมนต์ทวนเข็มนาฬิกา



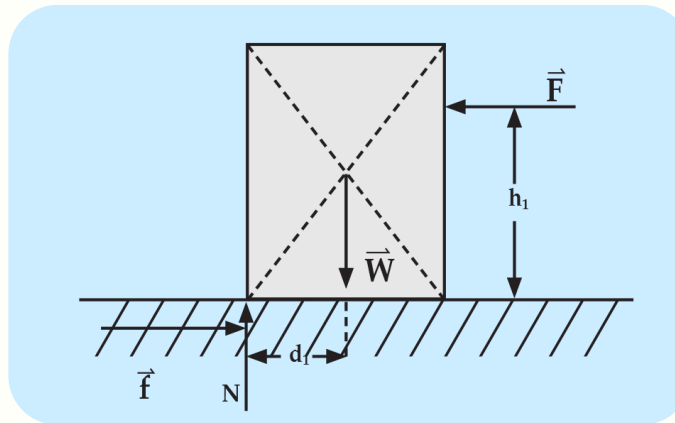
โมเมนต์ตามเข็มนาฬิกาและทวนเข็มนาฬิกา



สมดุลสัมบูรณ์

สภาพสมดุลบนวัตถุมี 2 ลักษณะ คือ สมดุลต่อการเลื่อนตำแหน่งและสมดุลต่อการหมุน ถ้าสภาพสมดุลทั้งสองเกิดขึ้นบนวัตถุพร้อมกัน เรียกว่า **สมดุลสัมบูรณ์**

วัตถุมวล m วางอยู่บนพื้นราบที่มีความฝืด มีแรง F กระทำกับวัตถุในแนวระดับสูงจากพื้น h



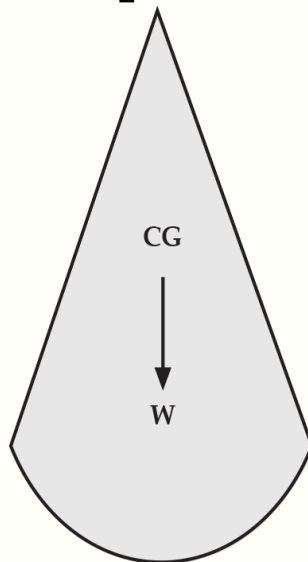
แรง F ในแนวระดับกระทำต่อวัตถุ



เสถียรภาพของสมดุล

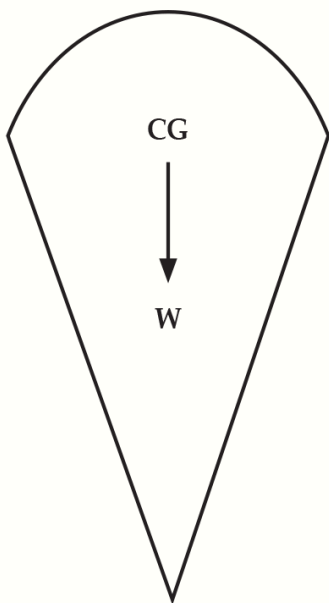
วัตถุที่จะอยู่ในสภาพสมดุลสมบูรณ์มีลักษณะต่าง ๆ กันดังนี้

1. **สมดุลเสถียร (Stable Equilibrium)** คือ สภาพสมดุลของวัตถุที่เกิดขึ้นแล้ว เมื่อมีแรงภายนอกมากระทำทำให้วัตถุเสียสมดุลไป แต่เมื่อแรงที่กระทำหมดไปวัตถุก็กลับมาสู่สภาพสมดุลเดิม



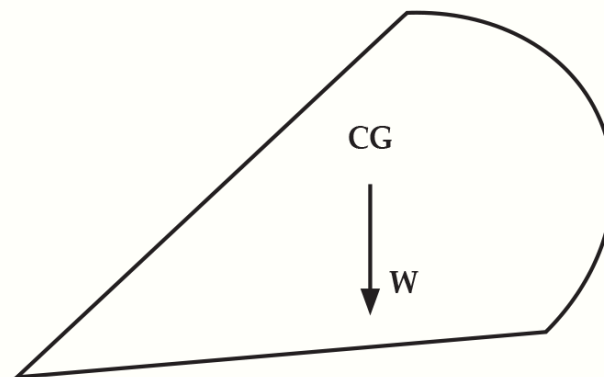
2.

สมดุลไม่เสถียร (Unstable Equilibrium) คือ สภาวะสมดุลที่เกิดขึ้นบนวัตถุแล้ว เมื่อมีแรงภายนอกกระทำต่อวัตถุ ทำให้สภาวะสมดุลเสียไป และไม่กลับสู่สภาวะเดิม วัตถุจะล้มทันที



3.

สมดุลสะเทิน (Neutral Equilibrium) คือ สภาวะสมดุลที่เกิดขึ้นบนวัตถุแล้ว เมื่อมีแรงภายนอกมากระทำต่อวัตถุ วัตถุยังคงสภาวะสมดุลอย่างเดิม

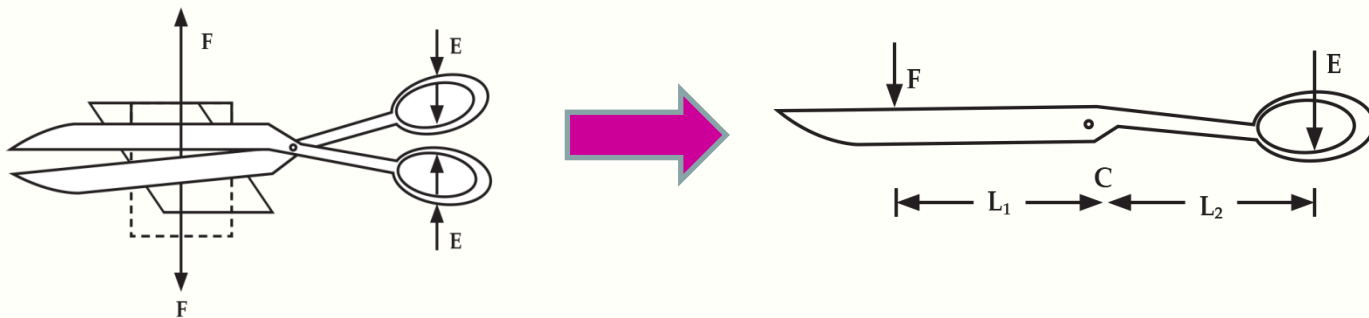




การนำหลักการสมดุลไปประยุกต์ใช้งาน

เครื่องกลที่ใช้หลักการสมดุลและหลักของโมเมนต์มาช่วยในการผ่อนแรง
และอำนวยความสะดวก ได้แก่

1. คีมและกรรไกร ซึ่งสามารถแสดงลักษณะและทิศทางของแรงขณะใช้งาน



ใช้หลักสมดุลต่อการหมุน จากภาพจุด C เป็นจุดหมุน
โมเมนต์ตามเข็มนาฬิกา = โมเมนต์ทวนเข็มนาฬิกา
 $E \times L_2 = F \times L_1$

โดย

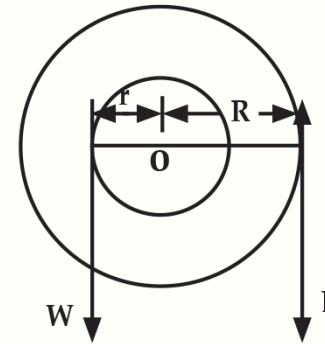
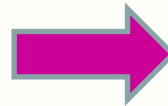
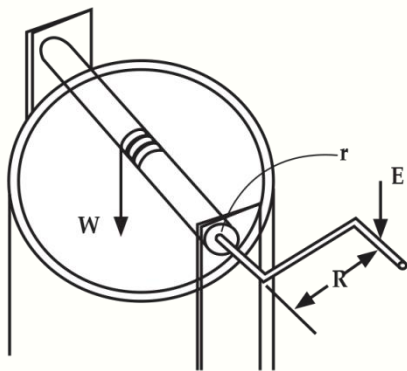
F แรงกระทำกับวัตถุ (N)

E แรงพยายาม (N)

L_1 ระยะทางจากจุดหมุนถึงแรงพยายาม (m)

L_2 ระยะทางจากจุดหมุนถึงแรงกระทำกับวัตถุ (m)

2. ล้อและเฟลา ซึ่งสามารถแสดงลักษณะและทิศทางของแรงขณะใช้งาน



ให้ O เป็นจุดหมุน

โมเมนต์ตามเข็มนาฬิกา = โมเมนต์ทวนเข็มนาฬิกา

$$E \times R = W \times r$$

_____ 2



โดย

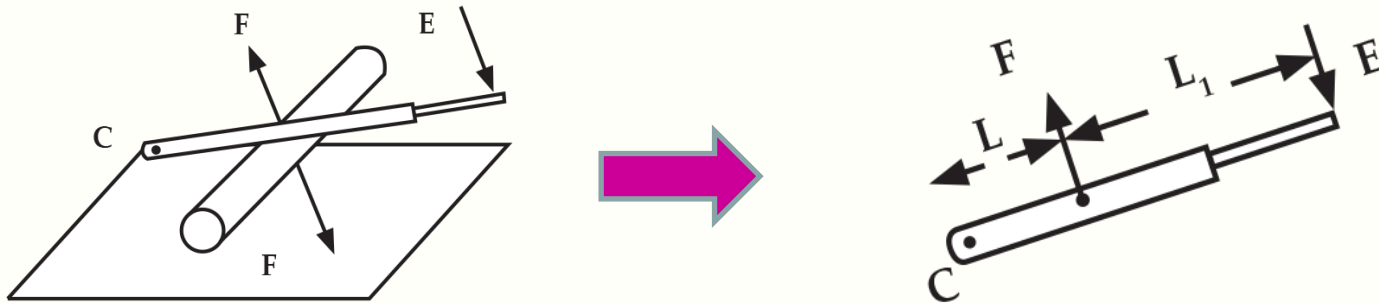
W น้ำหนักของวัตถุ (N)

E แรงพยายาม (N)

R รัศมีแขนหมุน (m)

R รัศมีเพลลา (m)

3. ที่ตัดกระดาษหรือคีมหนีบหมาก ซึ่งสามารถแสดงหลักการทำงาน



ให้จุด C เป็นจุดหมุน

โมเมนต์ตามเข็มนาฬิกา = โมเมนต์ทวนเข็มนาฬิกา

$$E \times (L + L_1) = F \times L$$

_____ 3



โดย

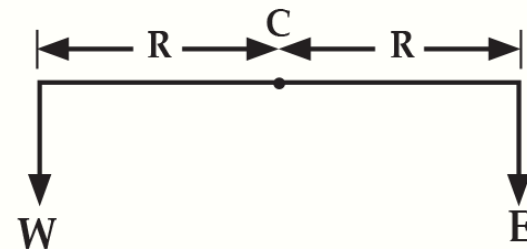
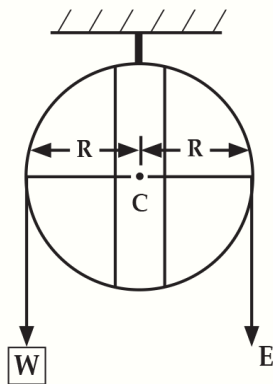
E แรงพยายาม (N)

F แรงกระทำกับวัตถุ (N)

L ระยะที่สัมผัสกับวัตถุ (m)

L_1 ระยะทางจากจุดหมุนถึงวัตถุ (m)

4. รอก ลักษณะแรงที่กระทำ



ให้ C เป็นจุดหมุน

โมเมนต์ตามเข็มนาฬิกา

$E \times R$

E

=

=

=

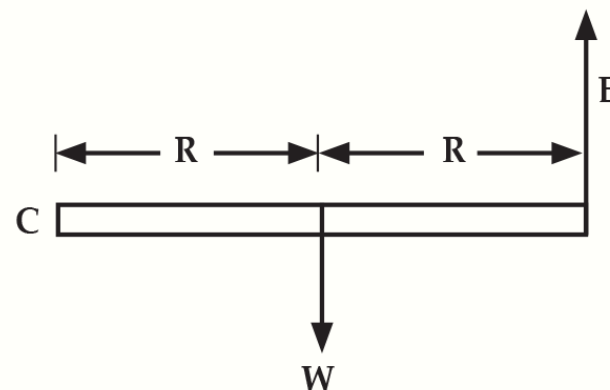
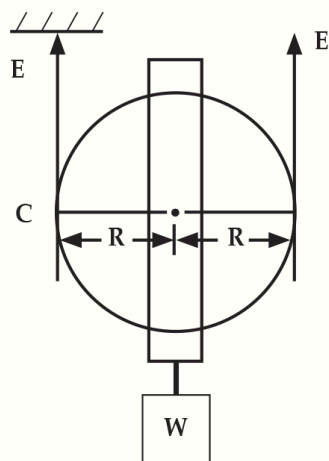
โมเมนต์ทวนเข็มนาฬิกา

$W \times R$

W

_____ 4





ให้ C เป็นจุดหมุน
โมเมนต์ตามเข็มนาฬิกา

$$E \times 2R$$

$$E$$

=

=

=

โมเมนต์ทวนเข็มนาฬิกา

$$W \times R$$

$$\frac{W}{2}$$

$$\underline{\hspace{2cm}} \quad 5$$

โดย

W น้ำหนักของวัตถุ (N)

E แรงพยายาม (N)

R รัศมีของรอก (m)

