

หน่วยที่

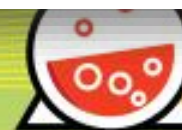
3



การสมดุลของวัตถุ

แนวคิด

วัตถุต่างๆ ที่อยู่บริเวณผิวโลก จะถูกแรงโน้มถ่วงของโลกกระทำต่อวัตถุนั้น จะทำให้วัตถุดกเข้าสู่ผิวโลก ถ้าเราต้องการให้วัตถุอยู่ในสภาพที่ไม่เคลื่อนที่จะต้องมีแรงอื่นๆ มากระทำต่อวัตถุ เมื่อมีแรงหลายแรงมากระทำต่อวัตถุแล้วทำให้วัตถุอยู่ในสภาพที่หยุดนิ่งหรือเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ เราเรียกว่า วัตถุอยู่ในสภาพสมดุลต่อการเคลื่อนที่ และถ้าวัตถุนั้นอยู่ในสภาพที่ไม่หมุน เราเรียกว่า วัตถุอยู่ในสภาพสมดุลต่อการหมุน





สาระการเรียนรู้

- 1 การสมดุลของวัตถุ
- 2 สมดุลของแรง 2 แรง
- 3 สมดุลของแรง 3 แรง
- 4 สมดุลของแรงมากกว่า 3 แรงขึ้นไป
- 5 โมเมนต์และสมดุลต่อการหมุน



ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง

- 1 อธิบายกฎข้อที่ 1 ของนิวตันได้
- 2 นำกฎข้อที่ 1 ของนิวตันไปคำนวณเกี่ยวกับสมดุลของวัตถุได้
- 3 อธิบายความหมายของโมเมนต์ได้
- 4 นำเรื่องของโมเมนต์ไปคำนวณหาสมดุลต่อการหมุนได้
- 5 เพื่อส่งเสริมให้เกิดเจตคติที่ดีต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ มีความสนใจและเห็นคุณค่าของการเรียนวิทยาศาสตร์
- 6 เพื่อให้ตระหนักถึงความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและวิชาชีพในเชิงที่มีอิทธิพลและผลกระทบซึ่งกันและกัน
- 7 เพื่อสร้างเจตคติที่เหมาะสมในการใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างมีคุณธรรมและมีความรับผิดชอบต่อนตนเอง สังคม และสิ่งแวดล้อม

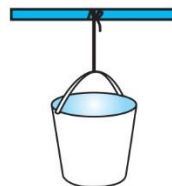




การสมดุลของวัตถุ

การสมดุลของวัตถุเป็นการคงสภาพเดิมๆ ของวัตถุที่อยู่ในขณะนั้น

① วัตถุหยุดนิ่งอยู่กับที่



② หรือเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัว



4 m/s



4 m/s



4 m/s

เซอร์ไอแซก นิวตันได้ศึกษาถึงแรงที่กระทำต่อวัตถุ โดยสรุปเป็นกฎข้อที่ 1 ของการเคลื่อนที่ไว้ว่า

“วัตถุจะรักษาสภาพเดิมอยู่เสมอถ้าไม่มีแรงมากระทำ หรือมีแรงมากระทำ
แล้วผลรวมของแรงมีค่าเป็นศูนย์”

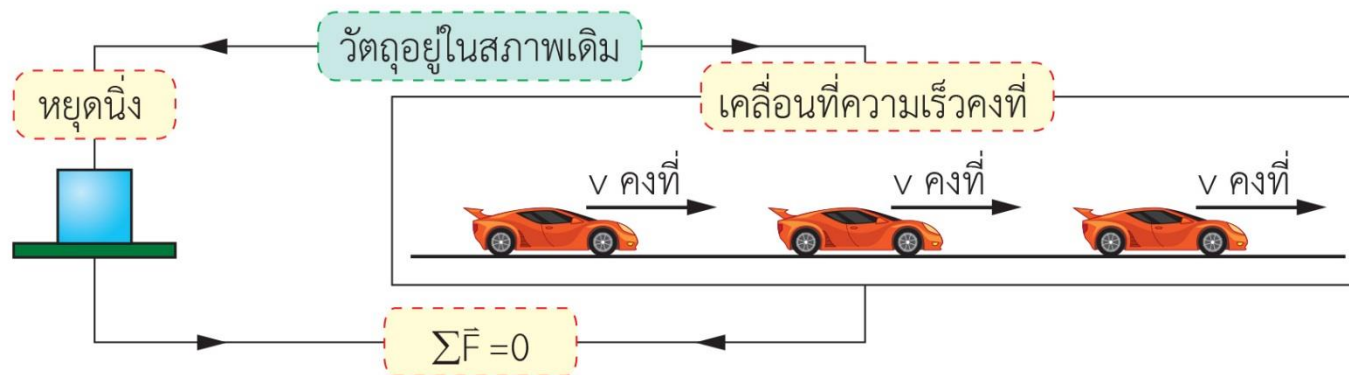


จากกฎข้อที่ 1 ของนิวตันเราสามารถอธิบายได้ว่า

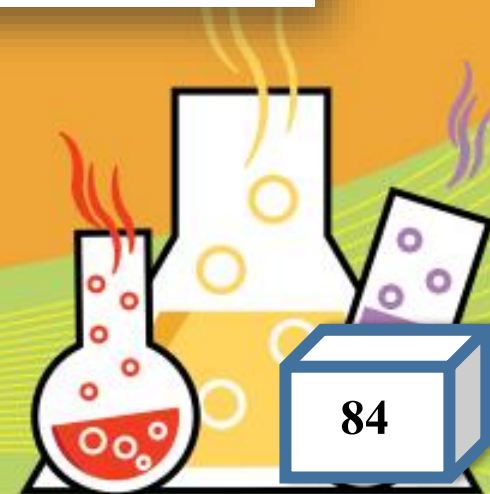
① เมื่อเราสังเกตเห็นวัตถุอยู่ในสภาพต่อไปนี้

1.1 หยุดนิ่ง

1.2 เคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัว



รูปสภาพเดิมของวัตถุ



หมายเหตุ >

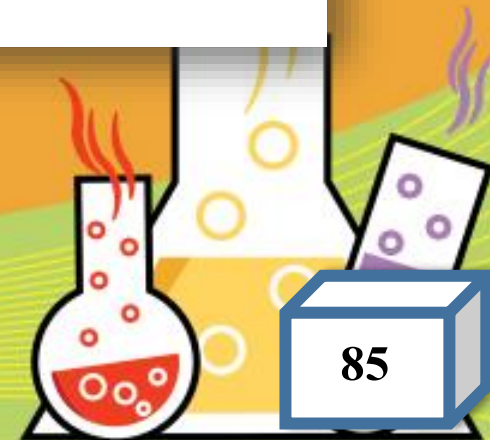


ในกรณีที่ไม่มีแรงกระทำจะถือว่าวัตถุอยู่นอกสนามความโน้มถ่วงของโลก เราจะไม่นำมาศึกษา เราจะเรียกสภาพเดิมของวัตถุว่า “สมดุลของวัตถุ” (Static) และแบ่งลักษณะของสมดุลออกเป็น 2 ลักษณะ คือ

- ① สมดุลสถิต หมายถึง สมดุลของวัตถุในขณะที่วัตถุหยุดนิ่ง
- ② สมดุลจลน์ หมายถึง สมดุลของวัตถุในขณะที่วัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัว

② แสดงว่าต้องมีแรงกระทำต่อวัตถุนั้น อย่างน้อย 2 แรง ยกเว้นวัตถุอยู่ในอวกาศ แรงที่กระทำต่อวัตถุแรงที่ 1 คือ แรงโน้มถ่วงของโลก (W , mg) และแรงอื่นๆ อีก เช่น แรงตึง (T) แรงปกติ (N) แรงเสียดทาน (f) แรงจากสปริง (F_s)

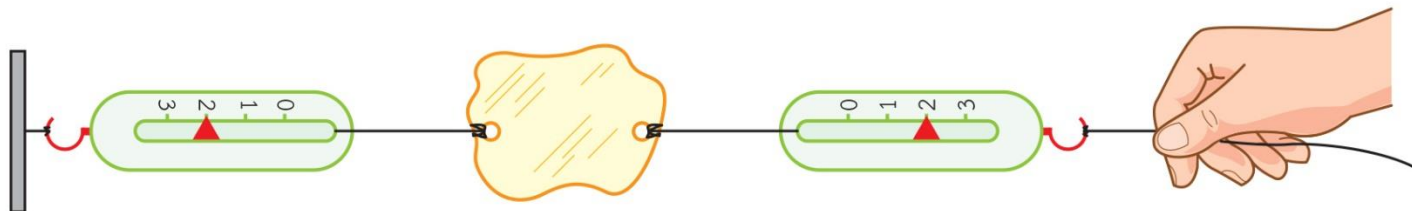
③ ผลรวมของแรงที่กระทำต่อวัตถุมีค่าเท่ากับศูนย์ แรงเป็นปริมาณเวกเตอร์ จะต้องใช้วิธีการบวกแบบปริมาณเวกเตอร์ในการพิจารณาแรงที่กระทำต่อวัตถุในขณะที่อยู่ในสภาพสมดุล จะแบ่งลักษณะของแรงที่มากกระทำออกเป็น 3 ลักษณะ





ความสมดุลของแรง 2 แรง

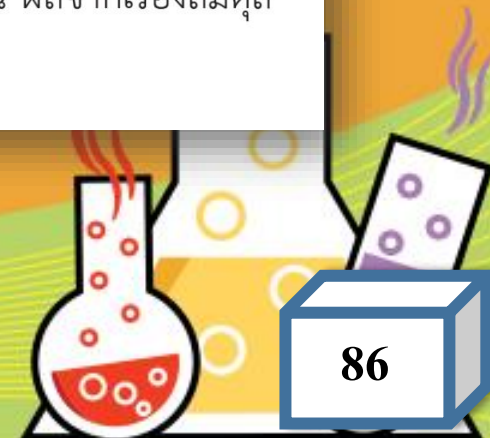
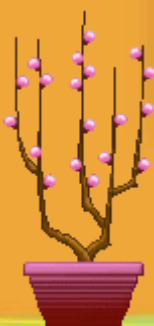
เป็นลักษณะของสมดุลที่ถือว่าเป็นแบบที่ง่ายที่สุด ดังรูป



รูปสมดุลของแรง 2 แรง

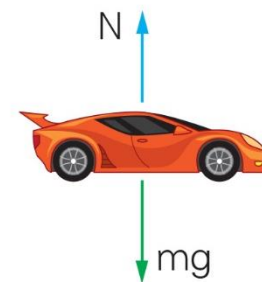
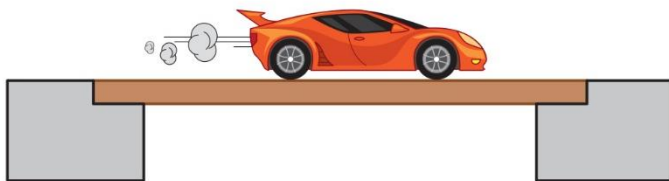
ถ้าออกแรงดึงสปริงทั้ง 2 ข้างและวัตถุหยุดนิ่ง เราจะพบว่า ขนาดของแรงทั้งสองที่อ่านได้จากสปริง จะมีค่าเท่ากัน และทิศทางของแรงจะมีทิศตรงข้ามกัน สรุปได้ว่า

- ① ขนาดแรง 2 แรงต้องมีค่าเท่ากัน
- ② ทิศทางของแรง 2 แรงต้องมีทิศตรงข้ามกัน และอยู่ในแนวเส้นตรงเดียวกัน ผลจากเรื่องสมดุลของแรง 2 แรงเราสามารถนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้ เช่น



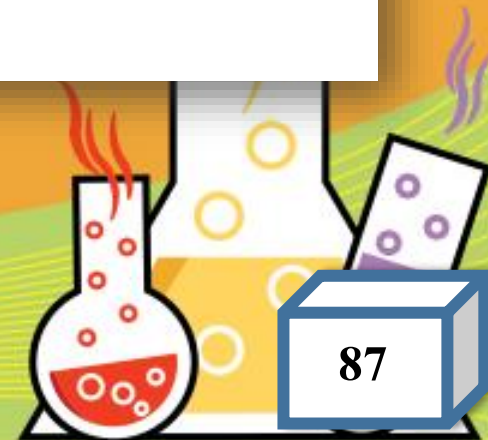
ตัวอย่าง

รถยนต์มวล 2,500 กิโลกรัม จอดอยู่บนสะพาน จงหาว่าสะพานต้องออกแรงรับน้ำหนักรถเท่าไร



$$\begin{aligned} N &= mg \\ &= 2,500 \times 10 \\ &= 25,000 \end{aligned}$$

สะพานต้องออกแรงรับน้ำหนักรถ 25,000 นิวตัน





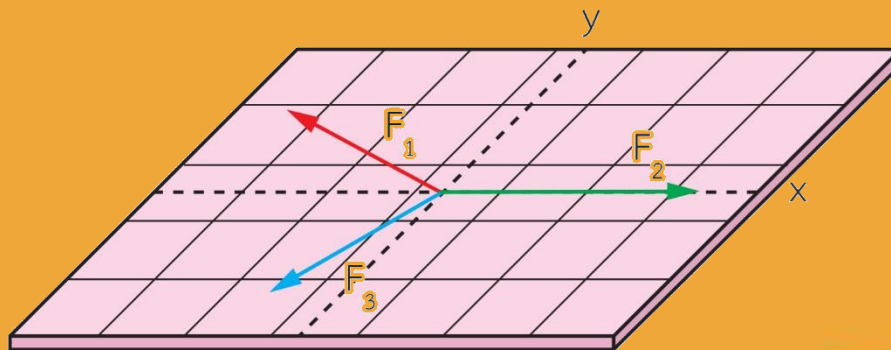
การสมดุลของแรง 3 แรง

ในกรณีที่มีแรง 3 แรงไปกระทำต่อวัตถุ แรงทั้ง 3 จะต้องมีความสัมพันธ์ดังนี้



แนวแรงทั้งสามต้องอยู่บนระนาบเดียวกัน

จากรูปแรงทั้ง 3 ที่อยู่บนระนาบเดียวกันจะสามารถแยกแรงออกไปในแนวแกน x และ y โดยวิธีการแยกเวกเตอร์

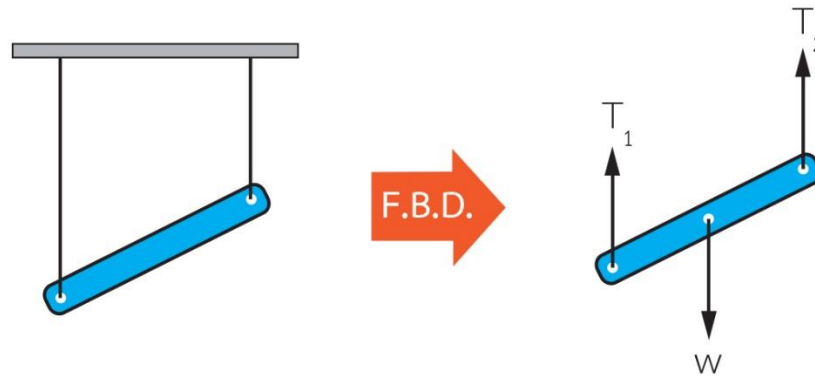




แนวแรงทั้ง 3 ต้องพบกันที่จุดจุดหนึ่ง

หมายเหตุ >

แนวแรงทั้ง 3 ไม่ต้องพบกันที่จุดจุดหนึ่ง ในกรณีที่แรงทั้ง 3 ขนานกัน ดังรูป



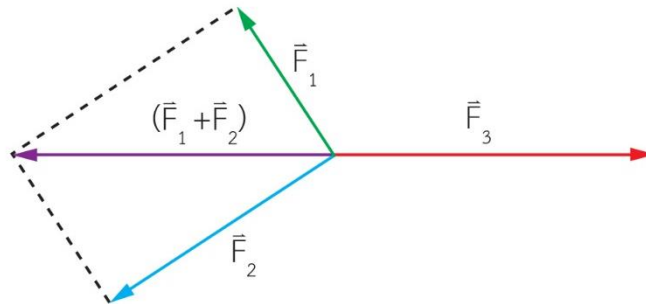
รูปแนวแรงทั้ง 3 ขนานกัน





ผลบวกของแรง 2 แรงจะมีขนาดเท่ากับแรงที่ 3

แรง 3 แรงที่กระทำต่อวัตถุผลรวมของแรงมีค่าเท่ากับศูนย์ ดังนั้น ถ้านำแรง 2 แรงไปรวมกัน ผลบวกของแรง 2 แรงจะต้องเท่ากับขนาดของแรงที่เหลือแต่มีทิศทางตรงกันข้าม ดังรูป



รูปผลบวกของแรง 2 แรงเท่ากับขนาดของแรงที่ 3

จากรูปเราจะพบว่าเวกเตอร์มีขนาดเท่ากัน ทิศทางตรงกันข้าม

$$(\vec{F}_1 + \vec{F}_2) = -\vec{F}_3$$

ดังนั้น

$$|\vec{F}_1 + \vec{F}_2| = |\vec{F}_3|$$

และขนาดของ $|\vec{F}_1 + \vec{F}_2|$ จะหาจากสูตรการบวกเวกเตอร์ 2 เวกเตอร์

$$|\vec{F}_1 + \vec{F}_2| = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2\cos\theta}$$



สรุปได้ว่า

$$F_3^2 = F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2\cos\theta$$



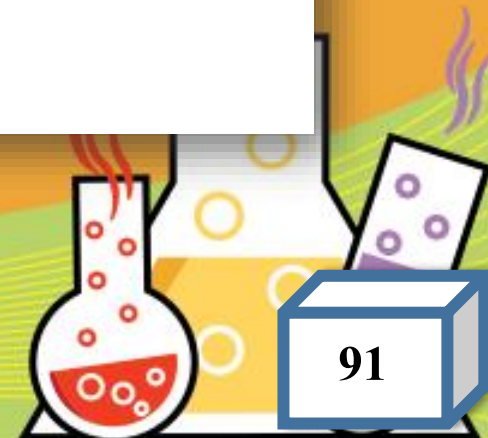
ตัวอย่าง

วิธีทำ

แรง 3 แรงกระทำต่อวัตถุ ทำให้วัตถุอยู่ในสภาพหยุดนิ่ง 2 แรง มีขนาด 12 N และ 16 N ทำมุมกัน 90 องศา จงหาขนาดของแรงที่ 3

$$\begin{aligned}\text{จากสูตร } F_3^2 &= F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2\cos\theta \\ F_3^2 &= 12^2 + 16^2 + (2)(12)(16)\cos 90^\circ \\ F_3^2 &= 144 + 256 + 0 \\ F_3^2 &= 400 \\ F_3 &= 20 \text{ N}\end{aligned}$$

$\therefore$ ขนาดของแรงที่ 3 มีค่า 20 นิวตัน



การคำนวณหาแรงที่กระทำต่อวัตถุในกรณีสมดุลของแรง 3 แรง

เนื่องจากแรง 3 แรงอยู่บนระนาบเดียวกัน ดังนั้น เราจะใช้ระบบแกน 2 มิติ คือ แกน x และ y มาเป็นตัวกำหนดทิศทางของแรงทั้ง 3 โดยแตกแรงทุกแรงให้อยู่ในแนวแกน x และ y ใช้วิธีการแยกเวกเตอร์ จากนั้นนำแต่ละแกนมาพิจารณา เนื่องจากผลรวมของแรงทั้งหมดมีค่าเป็นศูนย์ ดังนั้น ผลรวมของแรงในแต่ละแกนจึงมีค่าเท่ากับศูนย์ด้วย จะได้ว่า

$$\begin{aligned}\Sigma F_x &= 0 \\ \Sigma F_y &= 0\end{aligned}$$

สรุปขั้นตอนในการคำนวณได้ว่า

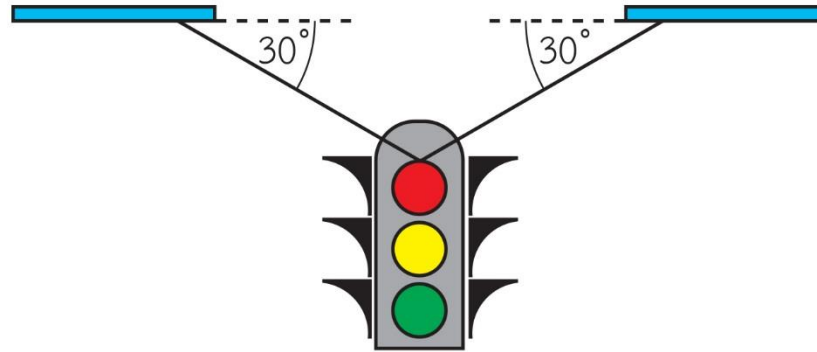
- ① เขียน Free Body Diagram ของแรง 3 แรงที่กระทำต่อวัตถุ
- ② แตกแรงแต่ละแรงไปในแนวแกน x และแกน y โดยใช้วิธีการแยกเวกเตอร์
- ③ หาผลรวมของแรงในแต่ละแกน

$$\begin{aligned}\Sigma F_x &= 0 \dots\dots\dots ① \\ \text{ผลบวกของแรงทางซ้าย} &= \text{ผลบวกของแรงทางขวา} \\ \Sigma F_y &= 0 \dots\dots\dots ② \\ \text{ผลบวกของแรงขึ้น} &= \text{ผลบวกของแรงลง}\end{aligned}$$

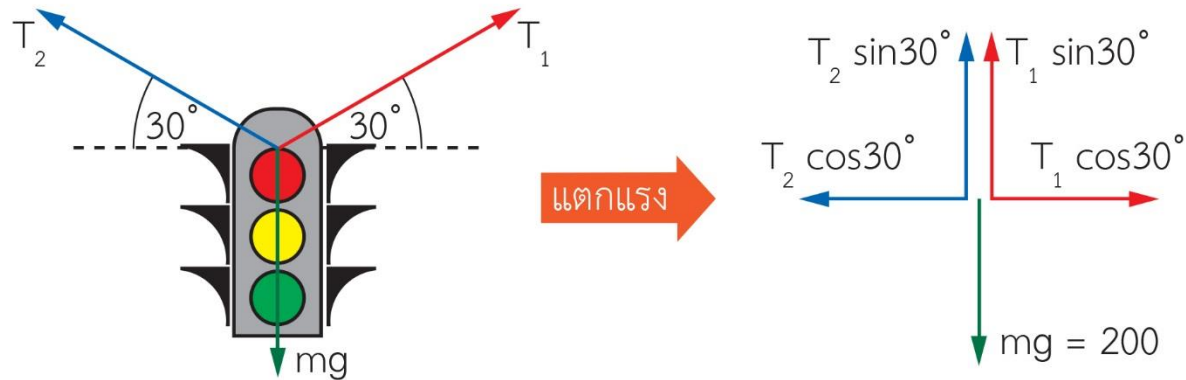
- ④ คำนวณหาปริมาณที่ต้องการทราบจากการแก้สมการ 2 สมการในข้อ 3 จะได้คำตอบ

ตัวอย่าง

จากรูป โป๊ะไฟจราจรมีมวล 20 kg จงหาแรงดึงในเส้นลวด



การคำนวณ เขียนรูป F.B.D. ของแรงที่ไฟ





คิดสมดุล

$$\begin{aligned}\text{แนวแกน x} \quad T_1 \cos 30^\circ &= T_2 \cos 30^\circ \\ T_1 &= T_2 \dots\dots\dots ①\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{แนวแกน y} \quad T_1 \sin 30^\circ + T_2 \sin 30^\circ &= 200 \\ \frac{1}{2} T_1 + \frac{1}{2} T_2 &= 200 \\ T_1 + T_2 &= 400 \dots\dots\dots ②\end{aligned}$$

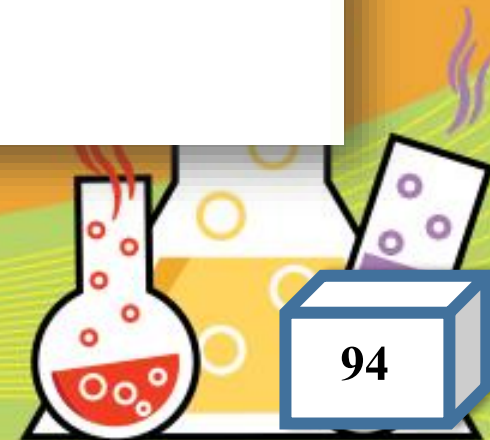
แทนค่า T_1 ในสมการที่ 2

$$\begin{aligned}T_2 + T_2 &= 400 \\ T_2 &= 200 \text{ N}\end{aligned}$$

แทนค่า T_2 ในสมการที่ 2

$$\therefore T_1 = 200 \text{ N}$$

แรงดึงในเส้นลวดทั้ง 2 เส้นเท่ากัน เท่ากับ 200 นิวตัน





สมดุลของแรงมากกว่า 3 แรงขึ้นไป

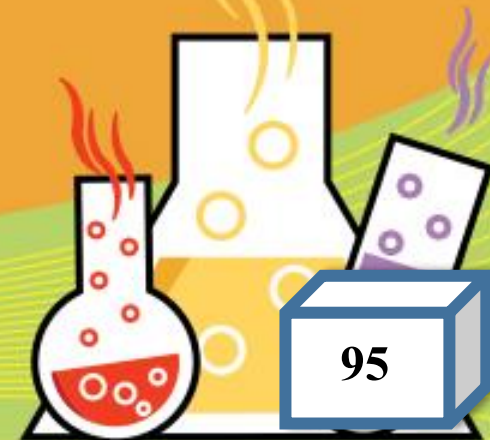


กรณีของแรงที่มากกว่า 3 แรงขึ้นไป ไม่มีข้อจำกัดใดๆ เช่น แนวแรงที่จะพบกันที่จุดจุดหนึ่งหรือไม่พบกันก็ได้ แนวแรงจะอยู่บนระนาบเดียวกันหรือไม่อยู่ก็ได้ ในระดับนี้จะศึกษาเฉพาะแนวแรงที่อยู่บนระนาบเดียวกันเท่านั้น เพราะแรงจะอยู่บนระนาบแกน 2 มิติ คือ แกน x กับ y ถ้าไม่อยู่ในระนาบเดียวกันจะเป็นระบบแกน 3 มิติ แกน x, y และ z จะได้ศึกษาต่อไปในระดับสูง

การศึกษาสมดุลของแรงมากกว่า 3 แรง คือ แยกแรงไปในแนวแกน x และแกน y แล้วหาผลรวมของแรงในแนวแกน x และ y

$$\sum F_x = 0$$

$$\sum F_y = 0$$



สรุปขั้นตอนในการคำนวณได้ว่า

- ① เขียน Free Body Diagram ของแรงที่กระทำต่อวัตถุ
- ② แยกแรงแต่ละแรงไปในแนวแกน x และแกน y โดยใช้วิธีการแยกเวกเตอร์
- ③ หาผลรวมของแรงในแต่ละแกน



$$\begin{aligned}\Sigma F_x &= 0 \dots\dots\dots ① \\ \text{ผลบวกของแรงทางซ้าย} &= \text{ผลบวกของแรงทางขวา} \\ \Sigma F_y &= 0 \dots\dots\dots ② \\ \text{ผลบวกของแรงขึ้น} &= \text{ผลบวกของแรงลง}\end{aligned}$$

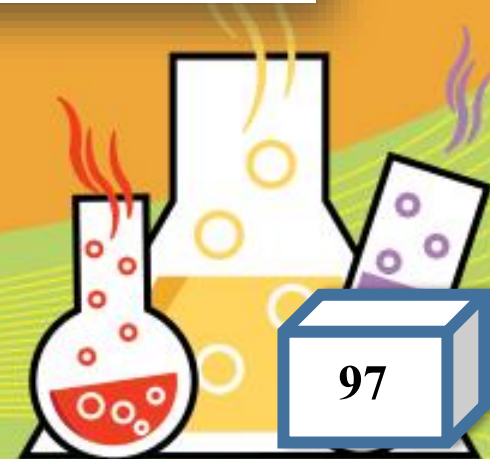
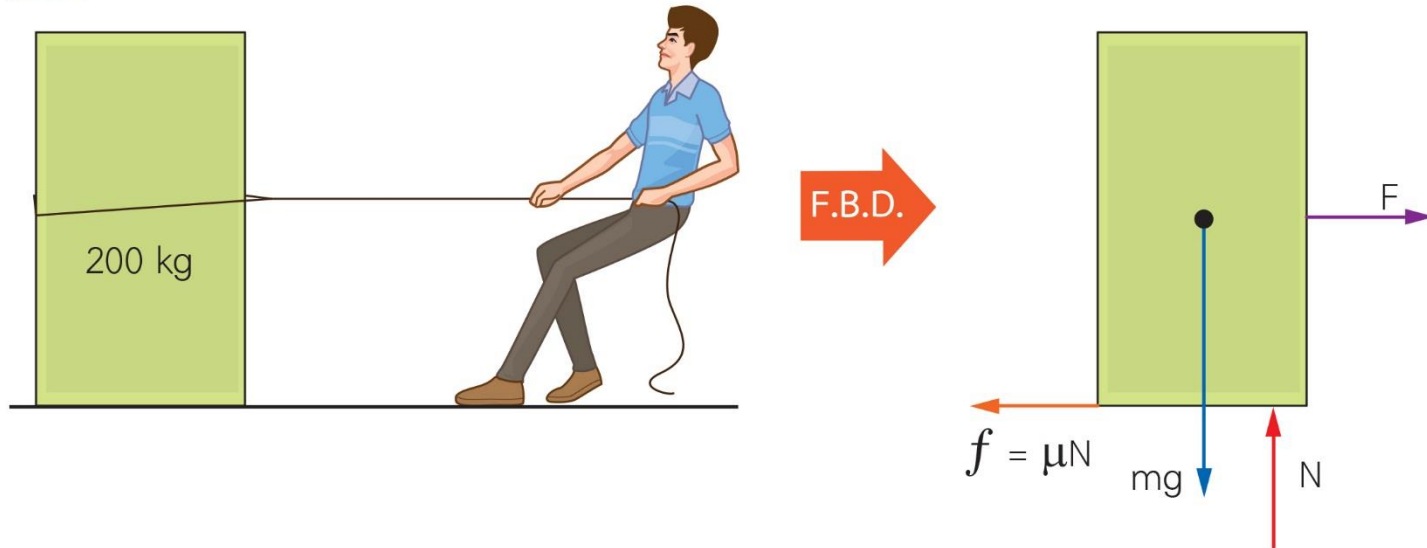
- ④ คำนวณหาปริมาณที่ต้องการทราบจากการแก้สมการ 2 สมการในข้อ 3 จะได้คำตอบ



ตัวอย่าง

กล่องสี่เหลี่ยมใบหนึ่งมีมวล 200 kg วางอยู่บนพื้นราบซึ่งมีสัมประสิทธิ์ของแรงเสียดทาน 0.4 ถ้าออกแรงดึงกล่องสี่เหลี่ยมนี้จะต้องออกแรงอย่างน้อยเท่าไรจึงจะทำให้วัตถุเริ่มเคลื่อนที่
เขียน F.B.D. ของแรง

วิธีทำ



คิดสมดุลในแนวแกน x

$$\Sigma F_x = 0$$

$$F = f$$

แทนค่า

$$f = \mu N$$

$\therefore$ จะได้ว่า

$$F = \mu N$$

$$F = 0.4N \dots\dots\dots ①$$

คิดสมดุลในแนวแกน y

$$\Sigma \vec{F}_y = 0$$

$$N = W$$

$$N = mg$$

$$N = (200)(10)$$

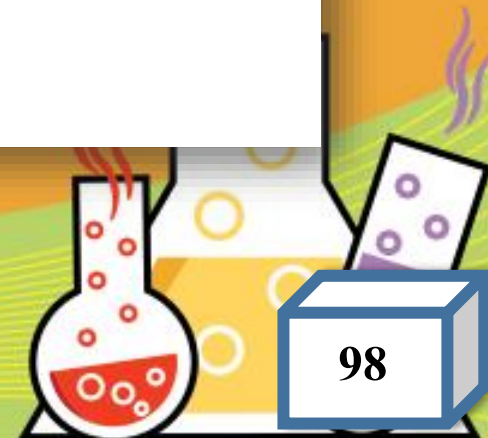
$$N = 2,000 \dots\dots\dots ②$$

แทนค่า N ใน 1

$$F = (0.4)(2,000)$$

$$F = 800 \text{ N}$$

$\therefore$ ต้องออกแรงอย่างน้อย 800 นิวตัน





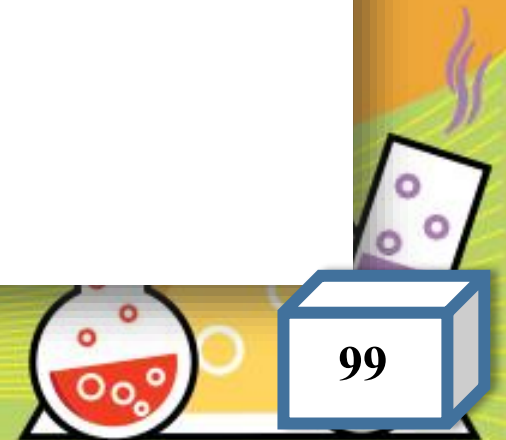
โมเมนต์และสมดุลต่อการหมุน

การหมุนของวัตถุเกิดจากการที่แรงไปกระทำต่อวัตถุแล้วแนวแรงไม่ผ่านจุดศูนย์กลางของมวล จะทำให้วัตถุเกิดการหมุน ถ้าวัตถุที่จุดตรงก็จะหมุนอยู่กับที่ แต่ถ้าวัตถุไม่มีจุดตรงเคลื่อนที่ไปด้วยพร้อมกับหมุนไปด้วย ในที่นี้จะศึกษาเฉพาะวัตถุที่หมุนอยู่กับที่ ค่าของการหมุนที่เกิดขึ้นเราจะเรียกว่า “โมเมนต์” (Moment) โดยมีนิยามของโมเมนต์ว่า “โมเมนต์ หมายถึง ผลคูณระหว่างแรงกับระยะห่างจากจุดหมุนไปตั้งฉากกับแนวแรง” เขียนเป็นสูตรได้

$$M = F \times L$$

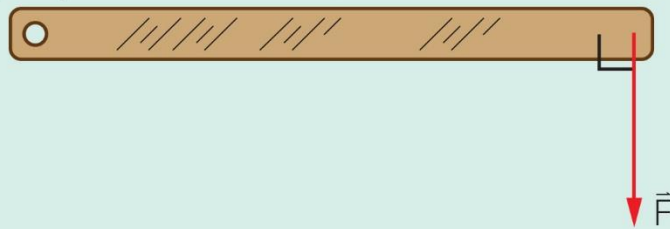
หน่วยของ Moment คือ $N \cdot m$

เมื่อ	M	หมายถึง	โมเมนต์ ($N \cdot m$)
	F	หมายถึง	แรงที่กระทำต่อวัตถุ (N)
	L	หมายถึง	ระยะห่างจากจุดหมุนไปตั้งฉากกับแนวแรง (m)



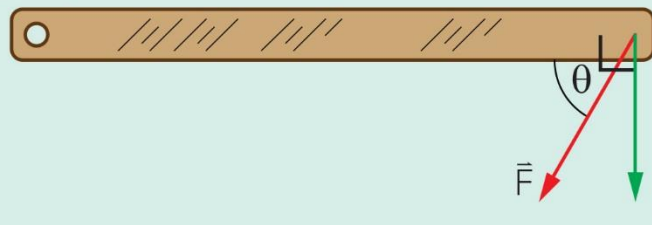
จากนิยามถ้าเรานำมาพิจารณาเราจะสามารถหาค่าของโมเมนต์ได้จากรูปต่างๆ ดังนี้

จุดหมุน



$$M = F \times L$$

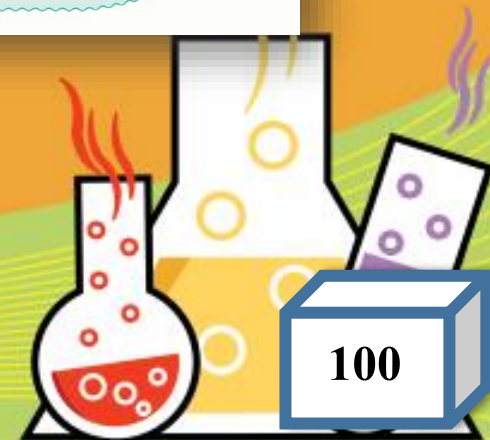
จุดหมุน

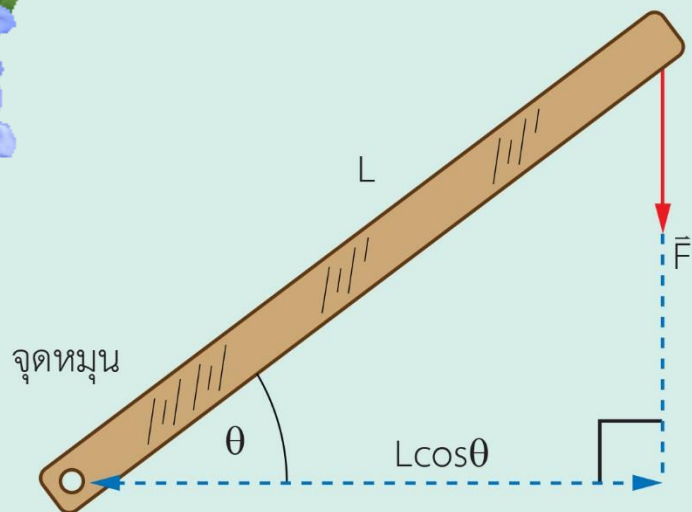


แตกแรงไปในแนวตั้งฉาก

$$M = F_y \times L$$

$$M = F \sin \theta \times L$$





แต่ระยะห่างออกไปในแนวราบ

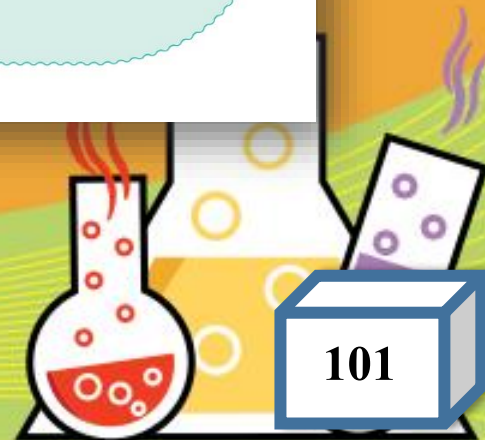
$$M = F \times L_x$$

$$M = F \times L \cos \theta$$

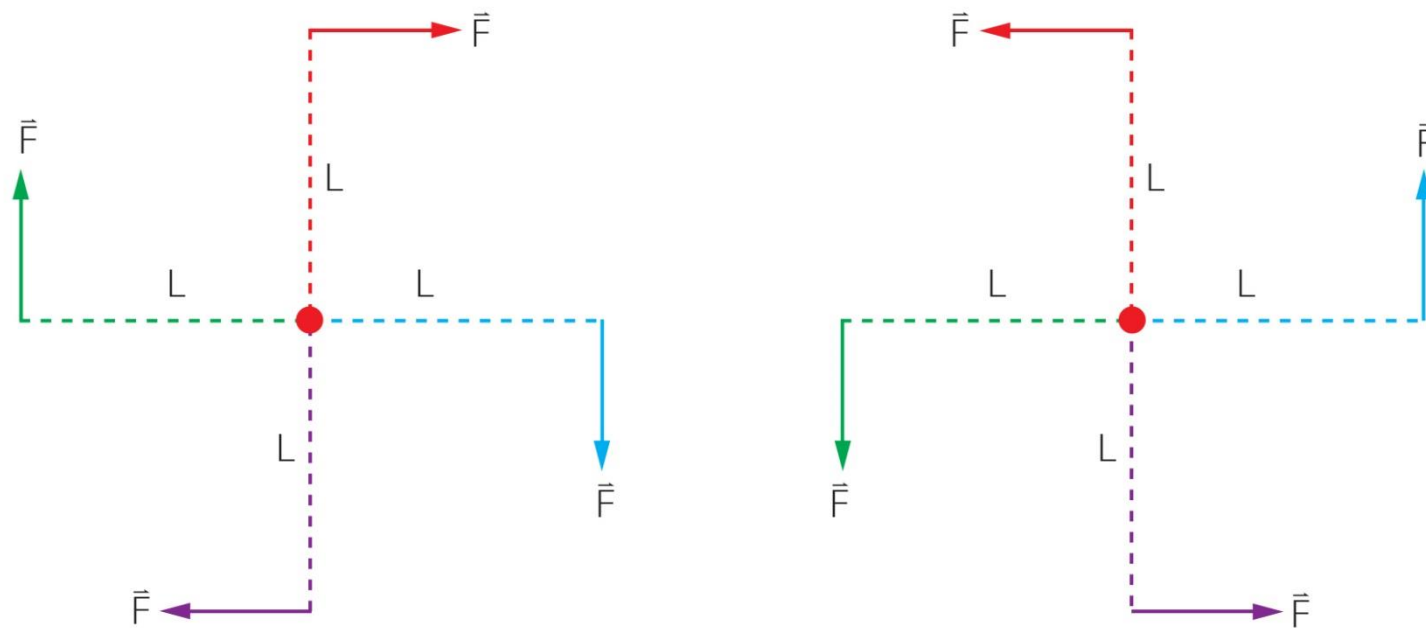


แนวแรงผ่านจุดหมุน

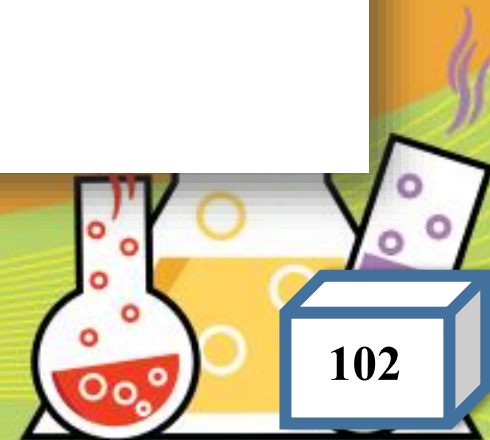
$$M = 0$$



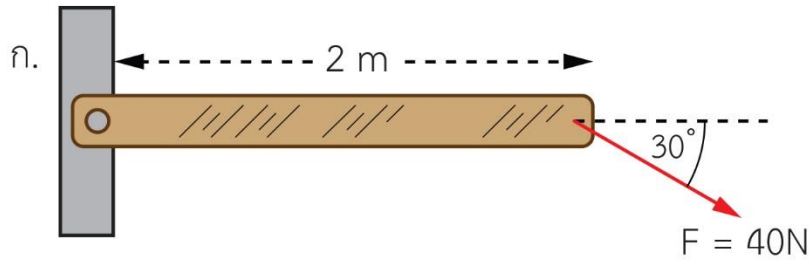
ค่าของโมเมนต์จะแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ คือ โมเมนต์ตามเข็มนาฬิกา และโมเมนต์ทวนเข็มนาฬิกา ดังรูป



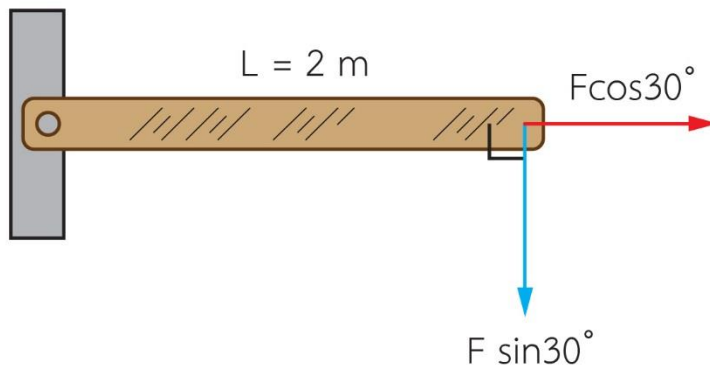
รูปชนิดของโมเมนต์



จากรูปจงหาค่าของโมเมนต์



จากรูปแตกแรงไปในแนวตั้งฉากกับระยะห่าง



$$M = F_y \times L$$

$$M = (F \sin 30^\circ)(L)$$

$$M = (40)(1/2)(2)$$

$$M = 40\text{ N}\cdot\text{m}$$

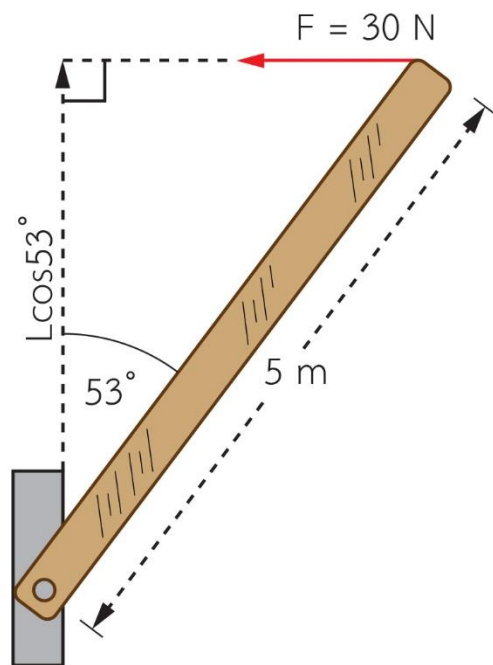
$\therefore$ ค่าของโมเมนต์เท่ากับ $40\text{ N}\cdot\text{m}$

หมายเหตุ >

ค่าของแรง $F \cos 30^\circ$ ผ่านจุดหมุนโมเมนต์ = 0



ข. จากรูปแสดงระยะห่างออกไปในแนวดิ่ง



$$\begin{aligned} M &= F \times L_x \\ M &= (F)(L \cos 53^\circ) \\ &= (30)(5)(3/5) \\ M &= 90 \text{ N}\cdot\text{m} \end{aligned}$$

$\therefore$ ค่าของโมเมนต์เท่ากับ $90 \text{ N}\cdot\text{m}$



ในชีวิตประจำวันเราจะพบว่า แรงที่กระทำต่อวัตถุไม่ผ่านจุดศูนย์กลางของมวลเป็นส่วน
ใหญ่แต่วัตถุก็ไม่ได้หมุนไปตามแรงที่มากกระทำ ที่เป็นเช่นนี้เพราะมีแรงอื่นๆ ที่ทำให้เกิดโมเมนต์
ในทิศตรงกันข้าม ดังรูป



รูปปั้นจั่นยกของชั้นที่สูง



จากรูปปั้นจั่นที่ยกของ น้ำหนักของวัตถุจะทำให้เกิดโมเมนต์ตาม ดังนั้น จึงนำแท่งคอนกรีตไปถ่วงอีกด้านเพื่อให้เกิดโมเมนต์ทวนต้านกับโมเมนต์ตามทำให้ปั้นจั่นไม่ล้มลงมา การนำเรื่องของโมเมนต์ไปใช้จะนำไปอธิบายสภาพของวัตถุที่ถูกแรงหลายแรงกระทำในตำแหน่งต่างๆ กัน แล้ววัตถุไม่เกิดการหมุนหรือที่เราเรียกว่าอยู่ในสภาพ “สมดุลต่อการหมุน” โดยค่าของผลรวมของโมเมนต์ที่เกิดขึ้นบนวัตถุที่อยู่ในสภาพดังกล่าวจะมีค่าเป็นศูนย์

$$\sum F_x = 0$$

แต่เนื่องจากลักษณะของโมเมนต์แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ โมเมนต์ทวนเข็มนาฬิกา และโมเมนต์ตามเข็มนาฬิกา ดังนั้น เราอาจจะเขียนรูปใหม่ได้ว่า

$$\begin{aligned} \text{ผลรวมของโมเมนต์ตาม} &= \text{ผลรวมของโมเมนต์ทวน} \\ (\sum M_{\text{ตาม}}) &= (\sum M_{\text{ทวน}}) \end{aligned}$$

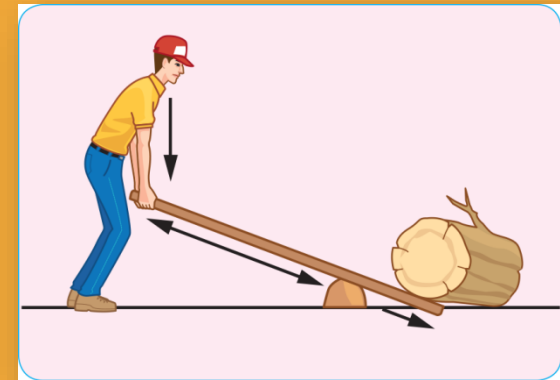
จากการศึกษาเรื่องของโมเมนต์และสมดุลต่อการหมุนเราสามารถนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้มากมาย ตัวอย่างเช่น

ใช้หลักของโมเมนต์โดยการนำวัตถุวางลง
ในด้านหนึ่งแล้วนำตุ้มน้ำหนักวางในจานอีกด้านดู
ให้เข็มไม่เบนไปด้านใดด้านหนึ่ง ค่าของน้ำหนักวัตถุ
กับน้ำหนักตุ้มจะเท่ากันเพราะระยะห่างของจานเท่ากัน



คาน คานเป็นวัตถุแข็งยาวๆ ใช้สำหรับ
จัดวัตถุ โดยวางจุดหมุนใกล้กับน้ำหนักวัตถุ แล้วออก
แรงที่ปลายอีกด้านหนึ่งซึ่งห่างจากจุดหมุนมากกว่า
จะทำให้ออกแรงน้อยลง เป็นเครื่องมือที่ใช้ผ่อนแรง

$$(F)(L_1) = (w)(L_2)$$



ล้อและเฟลา ล้อและเฟลาเป็นลักษณะของวง
2 วง ที่มีจุดศูนย์กลางที่เดียวกันติดกัน ถ้าหมุนล้อเฟลา
ก็จะหมุนตามไป แต่ล้อนวใหญ่กว่าเฟลาการหมุนล้อจึง
ออกแรงน้อยกว่า

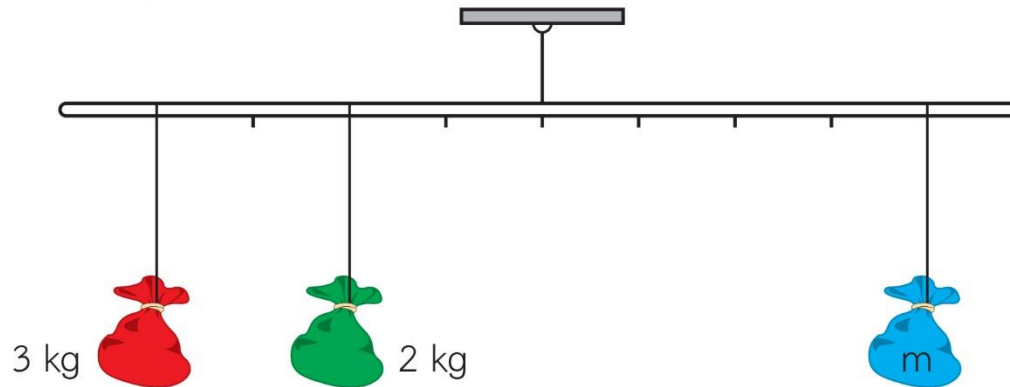
$$(F)(R) = (w)(r)$$



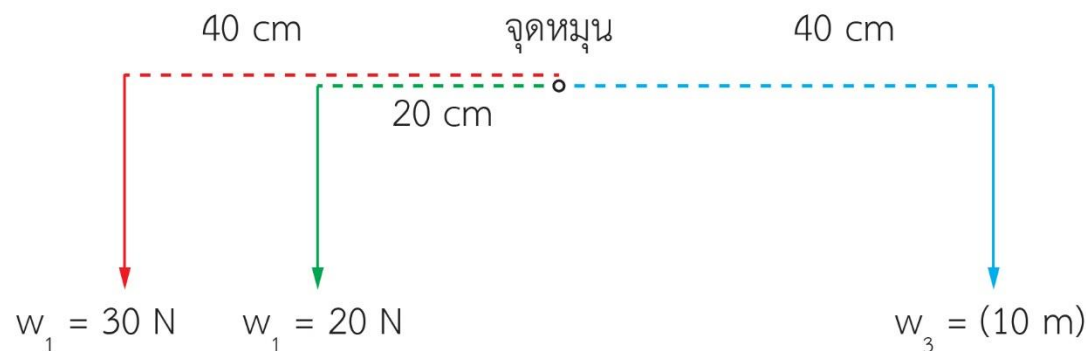
ตัวอย่าง

ไม้เมตรอันหนึ่งแขวนด้วยเชือกที่จุด 50 cm ติดกับเพดาน จากนั้นนำมวล 3 kg และ 2 kg ไปแขวนที่จุด 10 cm และ 30 cm จงหาว่าจะต้องนำมวลเท่าไรไปแขวนที่จุด 90 cm จึงจะทำให้ไม้เมตรสมดุล

วิธีทำ

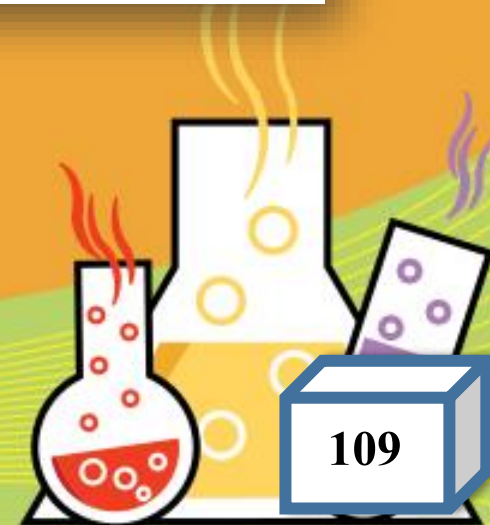


เขียน F.B.D.



$$\begin{aligned}
 \text{จาก } (\Sigma M_{\text{ทวน}}) &= (\Sigma M_{\text{ตาม}}) \\
 (w_1)(40) + (w_2)(20) &= (w_3)(40) \\
 [(30)(40)] + [(20)(20)] &= (10 \text{ m})(40) \\
 1,200 + 400 &= 400 \text{ m} \\
 1,600 &= 400 \text{ m} \\
 \text{m} &= \frac{1,600}{400} \\
 \text{m} &= 4 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

∴ ต้องนำมวล 4 kg ไปแขวนซึ่งจะทำให้ไม้เมตรสมดุล





1 สมดุลต่อการเคลื่อนที่ ($\Sigma \vec{F} = 0$)

1.1 สมดุลของแรง 2 แรง

- ขนาดของแรงเท่ากัน
- ทิศทางตรงข้ามกัน
- แนวแรงอยู่ในแนวเส้นตรงเดียวกัน

1.2 สมดุลของแรง 3 แรง

- แนวแรงทั้ง 3 อยู่บนระนาบเดียวกัน
- แนวแรงทั้ง 3 พบกันที่จุดจุดหนึ่ง
- ผลบวกของแรง 2 แรงต้องมีขนาดเท่ากับแรงที่ 3

$$F_3^2 = F_1^2 + F_2^2 + F_1 F_2 \cos \theta$$

1.3 สมดุลของแรงมากกว่า 3 แรง

- ไม่มีเงื่อนไขเฉพาะ



② การคำนวณเกี่ยวกับสมดุล

2.1 เขียน Free Body Diagram ของแรงที่กระทำต่อวัตถุ

2.2 แยกแรงไปในแนวแกน x และ y

2.3 หาผลรวมของแรงในแต่ละแกน

ผลรวมของแรงในแนวแกน x $\Sigma F_x = 0$

ผลรวมของแรงในแนวแกน y $\Sigma F_y = 0$

2.4 แก้สมการหาค่าแรงที่ต้องการ

③ สมดุลต่อการหมุน

3.1 นิยามโมเมนต์

$$M = F \times L$$

3.2 สมดุลต่อการหมุน

$$\Sigma M_{\text{ตาม}} = \Sigma M_{\text{ทวน}}$$

