

บทที่ 9

สมดุลของวัตถุแข็งเกร็ง

วัตถุแข็งเกร็ง หมายถึง วัตถุที่มีรูปร่างไม่เปลี่ยนแปลงเมื่อมีแรงมากระทำ หรืออยู่ภายใต้อิทธิพลของแรงต่างๆ ตัวอย่างของวัตถุแข็งเกร็งเช่น ฟลายวีล ลูกสูบ ข้อเหวี่ยง มู่เส้(Pulley) เป็นต้น ภายในวัตถุแข็งเกร็งประกอบด้วยอนุภาคมากมายซึ่งเรียกว่าเป็น ระบบของอนุภาค (system of particle) ซึ่งระยะห่างระหว่างอนุภาคดังกล่าวไม่มีการเปลี่ยนแปลงเมื่อมีแรงมากระทำ

วัตถุอยู่ในภาวะสมดุลก็ต่อเมื่อแรงสุทธิที่กระทำกับวัตถุเป็นศูนย์ สำหรับกรณีการเคลื่อนที่เชิงเส้น แต่ถ้าวัตถุหมุนอยู่กับที่ จะเรียกว่าสมดุลได้หรือไม่ ในบทนี้เราจะขยายขอบเขตของสมดุลออกไปอีก



ภาพนักกายกรรมแสดงถึงระบบสมดุลได้อย่างดียิ่ง นักกายกรรมสามารถทรงตัวอยู่ได้อย่างไร มีแรงอะไรเข้ามาเกี่ยวข้องบ้าง นักศึกษาสามารถหาคำตอบได้ [คลิกครับ](#) 🌟

9-1 เงื่อนไขสองข้อของสมดุล

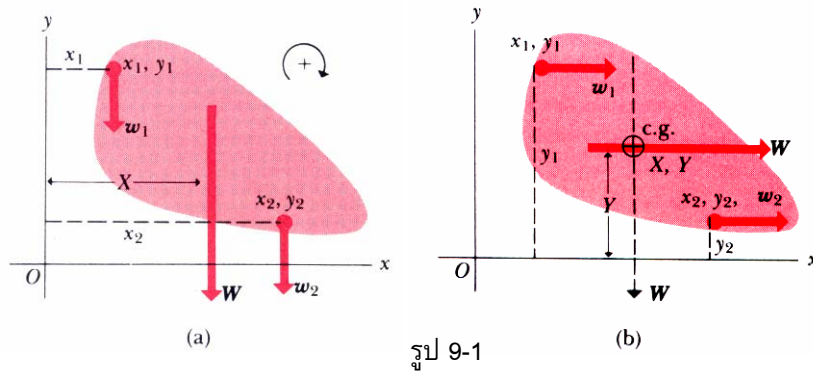
เงื่อนไขสมดุลข้อที่ 1 คือ สมดุลต่อการเลื่อนตำแหน่ง แรงสุทธิรวมเป็นศูนย์ $\Sigma F = 0$ ในระบบพิกัดฉาก นั่นคือ

$$\Sigma F_x = 0, \Sigma F_y = 0 \quad \dots\dots\dots (9-1)$$

เงื่อนไขสมดุลข้อที่ 2 คือ สมดุลต่อการหมุน สำหรับเงื่อนไขนี้เราจะให้แกนหมุนเป็นแกนไหนก็ได้ เพราะจริง ๆ แล้วเมื่อสมดุลต่อการหมุน

$$\Sigma \Gamma = 0 \quad \text{ทุก ๆ แกนหมุน} \quad \dots\dots\dots (9-2)$$

9-2 จุดศูนย์กลางถ่วง



รูป 9-1

ทุก ๆ อนุภาคในตัววัตถุจะถูกดึงดูดด้วยแรงดึงดูดของโลก แต่เราสามารถแทนแรงที่กระทำกับวัตถุทั้งก้อนด้วยแรงลัพธ์เพียงแรงเดียว ซึ่งเราเรียกว่าน้ำหนักของก้อนวัตถุ จากรูป 9-1 เป็นวัตถุก้อนหนึ่งซึ่งมีรูปร่างแบนราบวางอยู่บนระนาบ xy ถ้าเราแบ่งวัตถุชิ้นนี้ออกเป็นชิ้นเล็กๆจำนวนมากมาย โดยแต่ละชิ้นมีน้ำหนัก w_1, w_2, \dots และกำหนดตำแหน่งของวัตถุแต่ละชิ้นจากจุดอ้างอิงเป็น $(x_1, y_1), (x_2, y_2) \dots$ ตามลำดับ น้ำหนักรวมของวัตถุหาได้จาก

$$W = w_1 + w_2 + \dots + w_n$$

$$W = \sum w_i$$

น้ำหนักแต่ละชิ้น ทำให้เกิดทอร์ครอบแกนหมุน ดังรูป 9-1a ทอร์ครอบแกนหมุน oy ของน้ำหนักชิ้นที่ 1 คือ w_1x_1 ชิ้นที่ 2 คือ w_2x_2 ชิ้นที่ 3..... และอื่น ๆ ทอร์ครวมทั้งหมด

$$\sum wx = w_1x_1 + w_2x_2 + \dots$$

กำหนดให้ทอร์คที่หมุนตามเข็มนาฬิกา และทวนเข็มนาฬิกา

W คือ น้ำหนักทั้งหมด และ X คือ ระยะของจุดศูนย์กลางถ่วงบนแกน x จะได้

$$WX = w_1x_1 + w_2x_2 + \dots$$

$$X = \frac{w_1x_1 + w_2x_2 + \dots}{w_1 + w_2}$$

$$= \frac{\sum wx}{\sum w} = \frac{\sum wx}{W} \quad \dots \dots \dots (9-3)$$

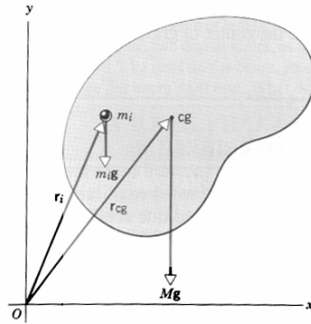
ในทำนองเดียวกันกับแกน y จะได้

$$Y = \frac{w_1y_1 + w_2y_2 + \dots}{w_1 + w_2}$$

$$= \frac{\sum wy}{\sum w} = \frac{\sum wy}{W} \quad \dots \dots \dots (9-4)$$

จุดพิกัด (X, Y) เรียกว่า จุดศูนย์กลางถ่วง

ถ้าหาสมการ (9-3) และ (9-4) ทั้งข้างบนและข้างล่างด้วย g ก็จะเหมือนกับสมการ (7-27) ซึ่งเป็นสมการที่ใช้ในการหาจุดศูนย์กลางมวล แต่มีข้อแม้ว่า สนามโน้มถ่วงจะต้องคงที่ทุก ๆ จุดบนวัตถุ



รูป 9-2 ถ้าสนามโน้มถ่วงคงที่ จุดศูนย์กลางถ่วงจะเท่ากับจุดศูนย์กลางมวล ($r_{cm} = r_{cg}$)

จากสมการ (8-24) $\Gamma = r \times F$ ให้ w_1 เป็นน้ำหนักของอนุภาคมวล m_1 จะได้ $w_1 = m_1 g$ ถ้าเวกเตอร์ r_1 คือระยะของอนุภาค m_1 วัดจากจุด O

ทอร์ก $\Gamma_1 = r_1 \times m_1 g$

ทอร์กรวมของอนุภาคทั้งหมด คือ

$$\begin{aligned} \Gamma &= r_1 \times m_1 g + r_2 \times m_2 g + \dots \\ &= (m_1 r_1 + m_2 r_2 + \dots) \times g \end{aligned} \quad \dots\dots\dots (9-5)$$

มวลรวมของวัตถุ

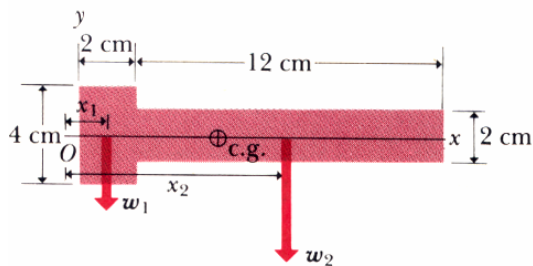
$$M = m_1 + m_2 + \dots$$

จะได้ $\Gamma = \left(\frac{m_1 r_1 + m_2 r_2 + \dots}{M} \right) \times Mg \quad \dots\dots\dots (9-6)$

วงเล็บของสมการ (9-6) คือตำแหน่งจุดศูนย์กลางมวล (r_{cm}) และ Mg คือน้ำหนักของมวลทั้งก้อน

$$\Gamma = r_{cm} \times Mg = r_{cm} \times W \quad \dots\dots\dots (9-7)$$

ตัวอย่าง 9-1 จงบอกตำแหน่งของจุดศูนย์กลางถ่วงของชิ้นส่วนเครื่องจักร 2 ชิ้นต่อกัน (มีเนื้อเดียวกันตลอด) ดังแสดงในรูป (9-3)



รูป 9-3 ชิ้นส่วนของเครื่องจักร 2 ชิ้นต่อกัน

หลักการคำนวณ เนื่องจากวัตถุมีลักษณะสมมาตร ดังนั้น จุดศูนย์กลางความถ่วงจะอยู่บนแนวกึ่งกลาง ox ของวัตถุ ปริมาตรของจานชิ้นแรก คือ $8\pi \text{ cm}^3$ และปริมาตรของแท่งกลมชิ้นที่สองคือ $12\pi \text{ cm}^3$ อัตราส่วนของน้ำหนักจะเท่ากับอัตราส่วนของปริมาตร

$$\frac{w_{\text{(จาน)}}}{w_{\text{(แท่งกลม)}}} = \frac{w_1}{w_2} = \frac{8\pi}{12\pi} = \frac{2}{3}$$

ให้จุด O ด้านซ้ายของชิ้นส่วนเป็นจุดหมุน ดังนั้น

$$x_1 = 1 \text{ cm} , \quad x_2 = 8 \text{ cm}$$

และ

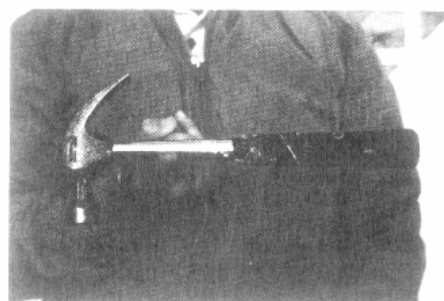
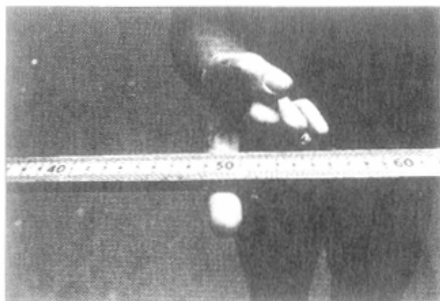
$$X = \frac{w_1(1 \text{ cm}) + \frac{3}{2}w_1(8 \text{ cm})}{w_1 + \frac{3}{2}w_1}$$

$$= 5.2 \text{ cm}$$

จุดศูนย์กลางถ่วงอยู่ห่างจากจุด O เป็นระยะ 5.2 cm

จุดศูนย์กลางถ่วงเป็นคุณสมบัติที่สำคัญยิ่งของวัตถุ ดังนี้

- หนึ่ง เมื่อแขวนหรือวางวัตถุแนวเดียวกับจุดศูนย์กลางถ่วง วัตถุจะอยู่ในสมดุลไม่หมุน ดังรูป 9-4
- สอง แรงที่กระทำแนวเดียวกับจุดศูนย์กลางถ่วง จะไม่ทำให้วัตถุหมุน แต่ถ้าไม่ได้กระทำที่จุดนี้ วัตถุจะหมุน
- สาม โมเมนต์ัมของวัตถุจะเท่ากับมวลคูณกับความเร็วจุดศูนย์กลางถ่วง (หรือจุดศูนย์กลางมวล) แรงจะเท่ากับมวลคูณกับความเร่งของจุดศูนย์กลางถ่วง เพราะจุดศูนย์กลางถ่วงถือว่าเป็นจุดตัวแทน ของมวลทั้งก้อน



รูป 9-4 เมื่อแขวนหรือวางวัตถุแนวเดียวกับจุดศูนย์กลางถ่วง วัตถุจะอยู่ในสมดุลไม่หมุน

บทความออนไลน์



วันที่หอเอนเมืองปิซาตั้งตรง หอเอนแห่งเมืองปิซา สร้างด้วยหินอ่อนสีขาว สูง 181 ฟุต มี 8 ชั้น แต่ละชั้นมีเสาค้ำหินอ่อนรองรับ ลงมือสร้างเมื่อ ค.ศ. 1174 ไปเสร็จในปี ค.ศ. 1350 ใช้เวลานานถึง 176 ปี ซึ่งเป็นสิ่งก่อสร้างที่ใช้เวลาสร้างนานที่สุดในโลก พอสร้างเสร็จฐานก็ทรุดลงไปข้างหนึ่ง ทำให้เอียงออกไปจากเส้นตั้ง 4 เมตร แต่ที่ไม่ล้มลงมาเพราะแรงที่จุดศูนย์ถ่วง เมื่อลากดึงลงมาไม่ออกนอกฐานจึงไม่ล้มยังทรงตัวอยู่ได้ และหอเอนเมืองปิซาช่วยให้กาลิเลโอ นักวิทยาศาสตร์ ชาวอิตาเลียน ผู้มีชื่อเสียงของโลก ได้ทดลองความจริง เรื่องน้ำหนักของของที่ตกเป็นผลสำเร็จ [อ่านต่อครับ](#) 🌞

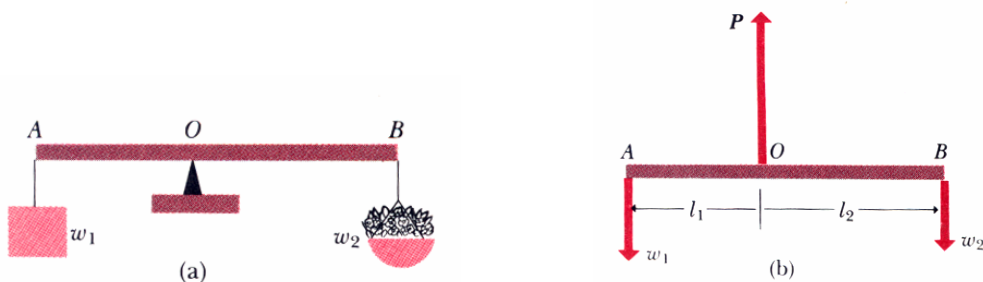
9-3 ตัวอย่าง สมดุลของวัตถุแข็งเกร็ง

ขั้นตอนการแก้ปัญหาโจทย์

1. สเก็ตรูปภาพและกำหนดสัดส่วนให้ถูกต้อง
2. เขียนแผนภาพแทนแรง แสดงแรงที่กระทำบนวัตถุให้ครบ
3. กำหนดพิกัดฉาก และทิศทางให้เหมาะสม
4. ใช้สมการ $\Sigma F = 0$ โดยแยกออกเป็น $\Sigma F_x = 0$, $\Sigma F_y = 0$ และ $\Sigma F_z = 0$
5. กำหนดจุดหมุนเพื่อคำนวณหาทอร์ก โดยใช้สมการ $\Sigma \Gamma = 0$ แรงที่ยังไม่ทราบค่าติดเป็นตัวแปรไว้ อาจจะต้องกำหนดจุดหมุนมากกว่า 1 จุด เพื่อให้จำนวนสมการเท่ากับตัวแปร
6. แก้สมการหาค่าตัวแปร

ตัวอย่าง 9-2 กระจาดดอกไม้หนัก w_2 แขนงอยู่บนคานที่จุด B โดยมีน้ำหนัก w_1 ถ่วงอยู่ที่จุด A ดังรูป 9-5 a จงหาน้ำหนัก w_1 ที่ทำให้คานกระดกสามารถตั้งอยู่ในสภาพสมดุลได้

หลักการคำนวณ



รูป 9-5 กระจาดดอกไม้แสนสวยกับมวลก้อนสี่เหลี่ยม แขนงอยู่บนคานในสภาพสมดุล

สเก็ตรูปภาพ และเขียนแผนภาพแทนแรง ดังรูป (9-5 b)

คานอยู่ในสภาพสมดุลได้ก็เพราะ

$$\Sigma F_y = P - w_1 - w_2 = 0$$

ให้จุด O เป็นจุดหมุน

$$\Sigma \Gamma_O = w_1 l_1 - w_2 l_2 = 0$$

กำหนดให้ $l_1 = 1.2 \text{ m}$, $l_2 = 1.6 \text{ m}$ และ $w_2 = 15 \text{ N}$ แทนค่าลงไปในสมการทั้งสอง แก้

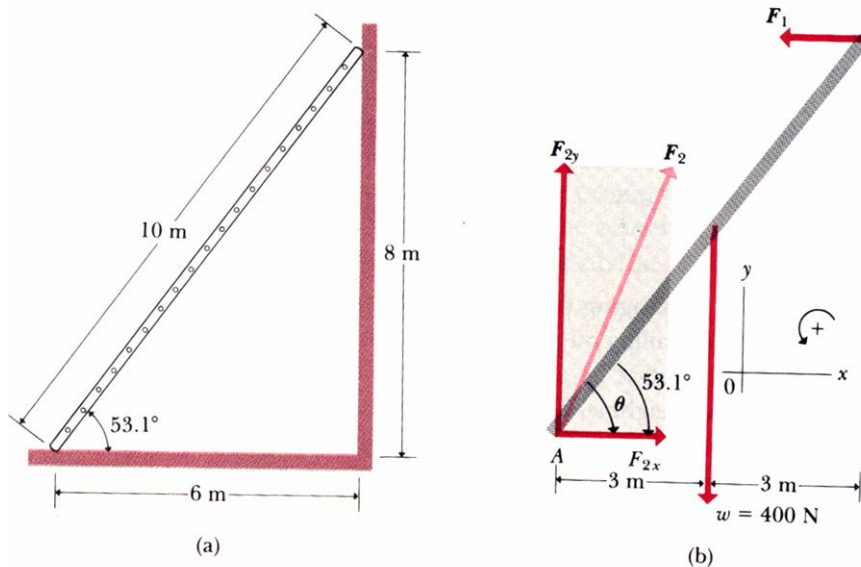
สมการ หา $w_1 = 20 \text{ N}$, $P = 35 \text{ N}$

ถ้าใช้จุด A เป็นจุดหมุน

$$\begin{aligned} \Sigma \Gamma_A &= P l_1 - w_2 (l_1 + l_2) \\ &= (35 \text{ N})(1.2 \text{ m}) - (15 \text{ N})(2.8 \text{ m}) = 0 \end{aligned}$$

สรุป จะใช้จุดไหนเป็นจุดหมุนก็ได้ หรือจุดหมุนอาจไม่จำเป็นต้องอยู่บนวัตถุ เพื่อพิสูจน์ลองให้จุดหมุนอยู่ห่างจาก A ไปทางซ้าย 0.4 m และหา $\Sigma \Gamma$ ว่าเท่ากับศูนย์หรือไม่

ตัวอย่าง 9-3 บันไดยาว 10 m น้ำหนัก 400 N พาดเฉียงกับผนังที่ไม่มีแรงเสียดทาน ทำมุม 53.1° กับระดับ จงหาขนาดและทิศทางของแรง F_1 และ F_2



รูป 9-6 (a) บันไดตรงแต่เอียงพาดกับผนังที่ไม่มีแรงเสียดทาน

(b) แผนภาพแยกแรงบนแกน x และ y

หลักการคำนวณ

สเก็ตรูปภาพ และเขียนแผนภาพแทนแรง ในกรณีที่มีผนังที่ไม่มีแรงเสียดทาน แรงปฏิกิริยา F_1 อยู่บนแกน -x ส่วนพื้นมีแรงเสียดทาน แรงปฏิกิริยา F_2 จึงยังไม่ทราบทิศทาง

บันไดอยู่ในสภาพสมดุล

$$\Sigma F_x = F_{2x} - F_1 = 0$$

$$\Sigma F_y = F_{2y} - 400 \text{ N} = 0 \quad \text{เงื่อนไขแรก}$$

เทคนิค ปัญหาจะง่ายขึ้นมากถ้าเลือกจุดหมุนที่มีแรงกระทำมาก ๆ เพราะแรงเหล่านี้จะไม่ปรากฏในสมการ ฉะนั้นให้เลือก A เป็นจุดหมุน

$$\begin{aligned}\Sigma \Gamma_A &= F_1 (8 \text{ m}) - (400 \text{ N})(3 \text{ m}) \\ &= 0\end{aligned}$$

จากสมการที่สอง จะได้ $F_{2y} = 400 \text{ N}$

จากสมการที่สาม จะได้ $F_1 = \frac{1,200}{8 \text{ m}} \text{ N}\cdot\text{m}$

$$= 150 \text{ N}$$

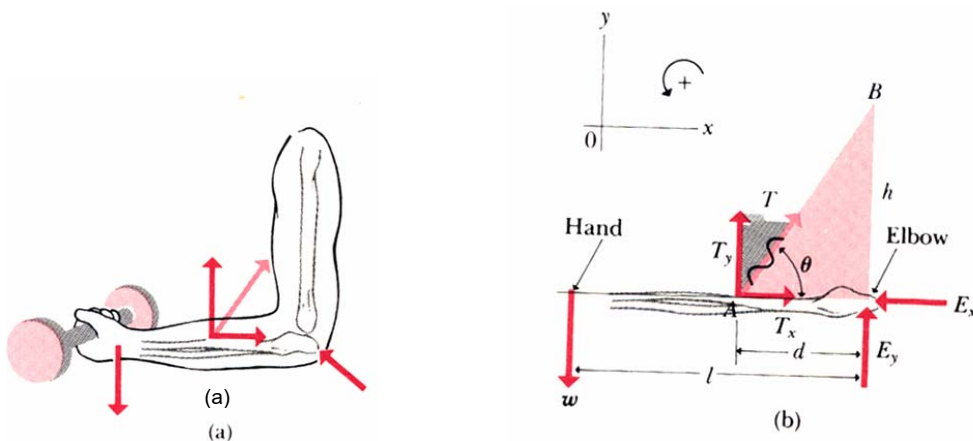
และจากสมการแรก $F_2 = \sqrt{(400 \text{ N})^2 + (150 \text{ N})^2}$

$$= 427 \text{ N}$$

$$\theta = \tan^{-1} \frac{400 \text{ N}}{150 \text{ N}}$$

$$= 69.4^\circ$$

ตัวอย่าง 9-4 แขนของนักกอล์ฟขณะกำลังยกน้ำหนัก ดังภาพ 9-7 b เป็นแผนภาพแทนแรงที่เกี่ยวข้องขณะที่ยกน้ำหนัก w, T คือแรงดึงบนเส้นเอ็นที่ต้นแขนทำมุม θ กับระดับ จงหาแรงดึงบนเส้นเอ็น



รูป 9-7 แผนภาพแทนแรงของนักกอล์ฟ

หลักการคำนวณ

แตก T เป็น T_x และ T_y

$$T_x = T \cos\theta, \quad T_y = T \sin\theta$$

ที่ข้อศอกมีแรง E_x และ E_y เราจะใช้ข้อศอกเป็นจุดหมุน เพื่อตัดทอร์คที่เกิดจากแรง T_x, E_x และ E_y ออกไป

$$\Sigma \Gamma_{\text{ข้อศอก}} = l w - d T_y = 0$$

จะได้ $T_y = \frac{l w}{d}$

$$\text{และ } T = \frac{lw}{d \sin \theta}$$

แขนอยู่ในสภาพสมดุล

$$\Sigma F_x = 0 \quad \text{และ} \quad \Sigma F_y = 0$$

ให้ A เป็นจุดหมุน จะได้

$$(l-d)w + dE_y = 0$$

$$E_y = -\frac{(l-d)w}{d}$$

E_y มีเครื่องหมายเป็นลบ แสดงว่าทิศทางที่กำหนดไว้ตั้งแต่ต้นผิด ที่ถูกต้องมีทิศทางลง
ถ้าให้จุด B เป็นจุดหมุน

$$lw - hE_x = 0$$

$$E_x = \frac{lw}{h}$$

สมมติให้ $w = 50 \text{ N}$, $d = 0.10 \text{ m}$, $l = 0.50 \text{ m}$ และ $\theta = 80^\circ$

จากรูป $\tan \theta = \frac{h}{d}$ จะได้

$$h = d \tan \theta$$

$$= (0.10 \text{ m})(5.67)$$

$$= 0.567 \text{ m}$$

$$T = \frac{(0.5\text{m})(50\text{N})}{(0.1\text{m})(0.985)} = 245 \text{ N}$$

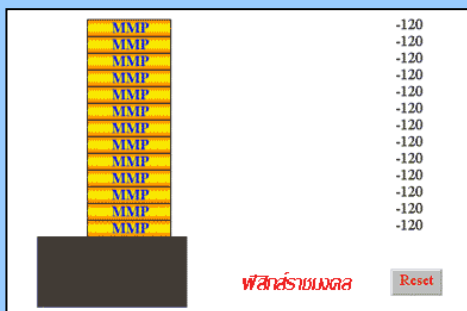
$$E_y = -\frac{(0.5\text{m} - 0.1\text{m})(50\text{N})}{(0.1\text{m})} = -200 \text{ N}$$

$$E_x = \frac{(0.5\text{m})(50\text{N})}{(0.567\text{m})} = 44.1 \text{ N}$$

ขนาดของแรงที่ข้อศอก

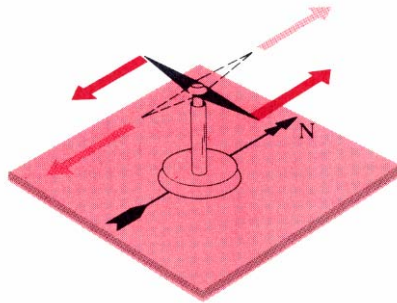
$$E = \sqrt{E_x^2 + E_y^2} = 205 \text{ N}$$

การทดลองเสมือนจริง

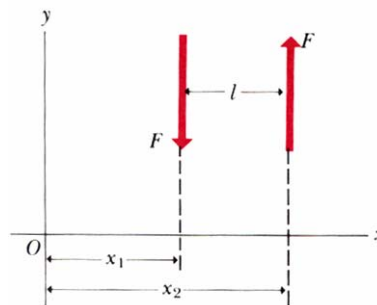


ในห้องทดลองนี้จะมีหนังสือกองอยู่ทั้งหมด 13 เล่ม คุณสามารถเลื่อนหนังสือแต่ละเล่มหรือทั้งกองได้โดยใช้เมาส์คลิกและลาก หรือจะใช้ลูกศรของคีย์บอร์ดก็ได้ ให้คุณเลื่อนหนังสือเล่มบนให้ออกจากขอบโต๊ะให้ไกลจากขอบโต๊ะมากที่สุด โดยหนังสือต้องไม่ล้ม (crash) ตัวเลขที่ปรากฏทางด้านขวา คือตำแหน่งของหนังสือ [กด](#) [ที่นี่เพื่อเข้าสู่การทดลอง](#)

9-4 แรงคู่ควบ



รูป 9-8 แสดงแรงคู่ควบจากแม่เหล็กโลกที่กระทำบนปลายของเข็มทิศ



รูป 9-9 แสดงแรงคู่ควบซึ่งเกิดจากแรง 2 แรง มีขนาดเท่ากันแต่ทิศทางตรงกันข้ามกัน แต่แนวแรงไม่อยู่ในแนวเดียวกัน ขนาดของโมเมนต์ของแรงคู่ควบคู่นี้จะมีค่าคงที่เสมอ ไม่ว่าจะคิดรอบจุดหมุนใดก็ตาม โดยมีขนาด $F l$

บางครั้งแรงที่กระทำบนวัตถุอาจมี 2 แรงที่มีขนาดเท่ากัน แต่มีทิศตรงข้ามกัน ขนานกันแต่ไม่ทับกัน ตัวอย่างที่เห็นได้ชัดที่สุดคือ รูป 9-8 แสดงแรงคู่ควบจากแม่เหล็กโลกที่กระทำที่ปลายของเข็มทิศมีขนาดเท่ากัน แรงหนึ่งพุ่งไปทางทิศเหนือ อีกแรงหนึ่งพุ่งไปทางทิศใต้ ทำให้เข็มทิศหมุนจนเข็มชี้อยู่ในแนวเหนือใต้ แรงคู่ควบจะเป็นศูนย์ ($F l = 0$) เพราะระยะระหว่างแรงเป็นศูนย์

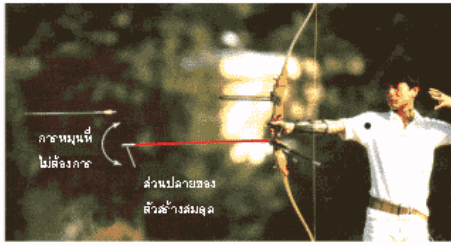
รูป 9-9 แสดงแรงคู่ควบ ซึ่งเกิดจากแรง 2 แรง แต่ละแรงมีขนาด F มีระยะห่างในแนวตั้งฉากเท่ากับ l แรงลัพธ์สุทธิ $R = F - F = 0$ หมายความว่า แรงคู่ควบไม่มีผลต่อการเลื่อนตำแหน่งของวัตถุ เพียงแต่ทำให้วัตถุหมุนเท่านั้น

ทอร์กสุทธิรอบจุด O คือ

$$\begin{aligned} \Sigma \Gamma_0 &= x_2 F - x_1 F \\ &= (x_1 + l) F - x_1 F \\ &= l F \end{aligned} \quad \dots\dots\dots (9-8)$$

ทอร์กสุทธิไม่เกี่ยวข้องกับระยะ x_1 และ x_2 เลย เราจึงสรุปได้ว่า “ขนาดของโมเมนต์ของแรงคู่ควบคู่นี้จะคงที่เสมอ ไม่ว่าจะคิดรอบจุดหมุนใดก็ตาม”

บทความออนไลน์



นี่ยังหนักกับตัวสร้างสมดุล **ฟิลิสร่วมแดง**

นักกีฬาใช้ธนูสมัยใหม่ตั้งรูป ให้สังเกต ตัวสแตบิไลเซอร์หรือตัวสร้างสมดุล (stabilizer) ซึ่งมีลักษณะเป็นแท่งเรียวยาวติดอยู่ทางด้านหน้าของธนู นักวิทยาศาสตร์บอกว่า ตัวสร้าง สมดุลจะช่วยนักธนูขณะที่อยู่ในท่ายิงธนู ให้สามารถนิ่งอยู่ได้ ดีกว่าและนานกว่า คุณว่าจริงหรือไม่ [อ่านต่อครับ](#)



บรรยายลงในกระดานฟลิคส์ราชมงคล



ภาพคนงานกำลังขนกล่องอันมากมาย เขาใช้ขาช่วยยันรถเข็นไว้ และเอนไปข้างหลัง คุณว่าภาพนี้คนงานพยายามสร้างความสมดุลได้อย่างไร จงอธิบายลงใน [กระดานฟลิคส์ราชมงคลใหม่](#)



ทดสอบก่อนและหลังเรียน

วิธีทำให้ ใส่ชื่อ สกุล เลือกวิชาที่สอบ และจำนวนข้อ แต่ต้องไม่เกินจากที่กำหนดไว้ เช่น กำหนดไว้ 10 ข้อ เวลาเลือกจำนวนข้อ ให้เลือก 5 และ 10 ข้อไม่เกินจากนี้ เป็นต้น เมื่อสำเร็จสามารถดูคะแนนจากรายละเอียดผู้ทำข้อสอบได้ทันที

เรื่อง สมดุลของวัตถุแข็งเกร็ง

คลิกเข้าสู่ [ทดสอบก่อนและหลังเรียน](#)



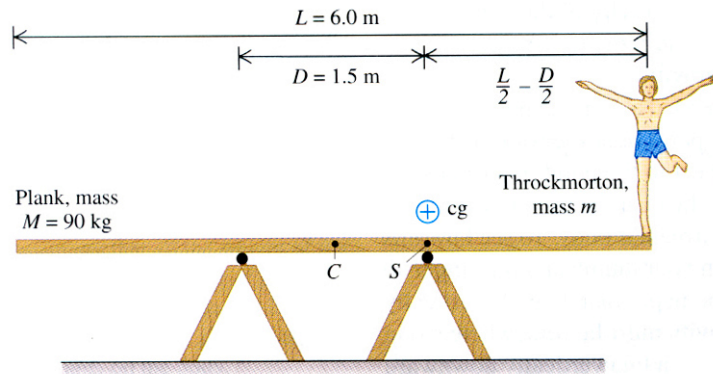
แบบฝึกหัดท้ายบทพร้อมเฉลย

[แบบฝึกหัดท้ายบทพร้อมเฉลย](#) [คลิกครับ](#)

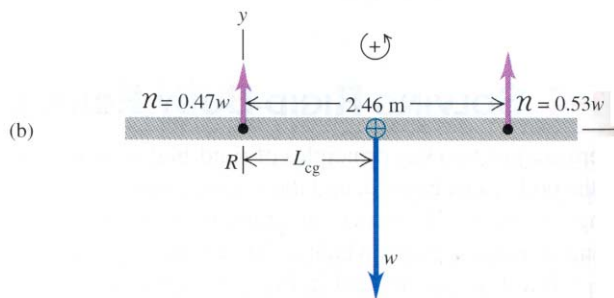
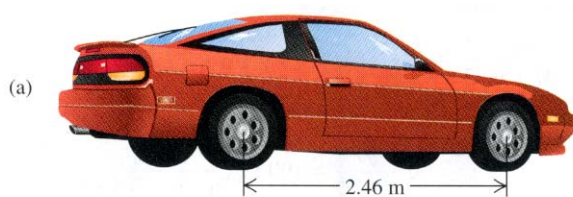


แบบฝึกหัดเรื่องสมดุลของวัตถุแข็งเกร็ง

1. แผ่นไม้กระดานสว่านยาว $L = 6.0$ m มวล $M = 90$ kg วางอยู่บนโครงบังค้ำไม้ที่เลื้อยสองชิ้นอยู่ห่างกัน $D = 1.5$ m และอยู่ห่างเท่ากันจากจุดศูนย์กลางของแผ่นไม้กระดาน ดังรูป Throckmorton พยายามยืบบปลายขวามือของแผ่นไม้ Throckmorton มีมวลได้มากที่สุดเท่าใด แผ่นไม้กระดานจึงยังคงอยู่นิ่งได้ [ตอบ 30 kg]



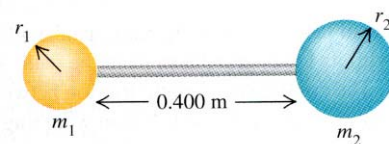
2. นิตยสารรถยนต์เล่มหนึ่งรายงานว่ “ รถ Nissan 240SX ดังรูป มี 53% ของน้ำหนักรถอยู่ที่ล้อหน้าของ



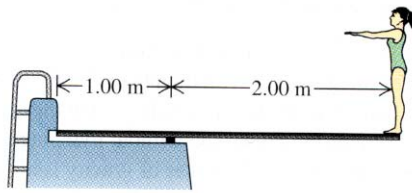
รถ และ 47% อยู่ที่ล้อหลังของรถ โดยมีฐานล้อกว้าง 2.46 m นี้ หมายความว่าแรงแนวฉากทั้งหมดที่ทำต่อล้อหน้าคือ $0.53w$ และที่ล้อหลังคือ $0.47w$ โดยที่ w คือน้ำหนักทั้งหมดของรถ ฐานล้อคือระยะระหว่างเพลาล้อหน้าและเพลาล้อหลัง จุดศูนย์กลางถ่วงของรถอยู่หน้าเพลาหลังเท่าใด [ตอบ 1.30 m]

3. คนสองคนแบกมอเตอร์ไฟฟ้าหนักโดยการวางมอเตอร์ไว้บนแผ่นกระดานเบายาว 2.00 m คนหนึ่งยกที่ปลายหนึ่งด้วยแรง 400 N และอีกคนหนึ่งยกปลายตรงข้ามด้วยแรง 600 N มอเตอร์หนักเท่าใด และจุดศูนย์กลางถ่วงอยู่ที่ไหน [ตอบ 1000 N, 1.20 m จากปลายที่แรง 400 N กระทำ]

4. ลูกบอลรัศมี $r_1 = 0.080$ m มวล 1.00 kg ติดอยู่ที่ปลายหนึ่งของแท่งวัตถุเบายาว 0.400 m อีกปลายหนึ่งมีลูกบอลรัศมี $r_2 = 0.100$ m มวล 2.00 kg ติดอยู่ ดังรูป จุดศูนย์กลางถ่วงของระบบอยู่ที่ไหน [ตอบ 0.387 m จากจุดศูนย์กลางของทรงกลมมวล 1.00 kg]






5. กระดานกระโดดน้ำยาว 3.00 m มีที่รองรับอยู่ที่จุดซึ่งอยู่ห่าง 1.00 m จากปลาย และนักกระโดดน้ำซึ่งหนัก 500 N ยืนอยู่ที่ปลายอิสระ ดังรูป แผ่นไม้กระดานมีพื้นที่ตัดขวางสม่ำเสมอและหนัก 280 N จงหา



- ก) แรงที่ตำแหน่งรับน้ำหนัก [ตอบ 1920 N]
 ข) แรงที่ปลายซึ่งถูกกดลง [ตอบ 1140 N]
6. ประตูกว้าง 1.00 m สูง 2.00 m หนัก 280 N ติดบานพับรับน้ำหนักไว้สองบาน บานหนึ่งที่ระยะ 0.50 m จากด้านบนและอีกบานหนึ่งที่ระยะ 0.50 m จากด้านล่าง บานพับแต่ละบานรับน้ำหนักครึ่งหนึ่งของน้ำหนักประตู สมมติว่าจุดศูนย์กลางถ่วงของประตูอยู่ที่จุดศูนย์กลางของประตู จงหาองค์ประกอบตามแนวระดับของแรงที่บานพับแต่ละบานทำต่อประตู [ตอบ แต่ละบานพับออกแรง 140 N]
7. แรงสองแรงขนาดเท่ากันและมีทิศตรงข้ามกระทำต่อวัตถุหนึ่งที่ตำแหน่งต่างกันทำให้เกิดสิ่งๆที่เรียกว่า คู่ควม แรงสวนทางกันสองแรงขนาด $F_1 = F_2 = 8.00 \text{ N}$ เท่ากันทำต่อแท่งวัตถุแห่งหนึ่ง ระยะห่าง l ระหว่างแรงควรเป็นเท่าใดถ้าแรงทั้งสองจะทำให้มีทอร์กสุทธิขนาด 6.40 N.m รอบปลายซ้ายของวัตถุ [ตอบ 0.800 m]
8. หอเอียงปิซา สูง 55 m มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 7.0m ยอดของหอเอียงไปจากแนวตั้งเป็นระยะทาง 4.5 m ถ้าสมมติให้หอเอียงปิซานี้เป็นทรงกระบอกที่มีมวลสม่ำเสมอ
 ก) ระยะทางในแนวระดับวัดจากยอดหอเพิ่มได้อีกเท่าไรก่อนที่จะหอนล้มลง [ตอบ 2.5 m]
 ข) มุมวัดกับแนวตั้งที่ระยะนี้ [ตอบ 7.25 องศา]
9. ที่ตำแหน่ง 50 cm ของไม้เมตร ยึดด้วยหมุดกับผนังเป็นจุดหมุน ซึ่งมีมวล 300 กรัม และ 200 กรัม อยู่ที่ตำแหน่ง 10 cm และ 60 cm ตามลำดับ จงหาตำแหน่งที่สามที่เมื่อนำมวลขนาด 400 g มาแขวนบนไม้เมตรนี้ แล้วทำให้ไม้เมตรสมดุลอยู่ในแนวระดับ
10. สุนัขชื่อ Nikita ของคุณยาว 0.90 m (จากจมูกถึงขาหลัง) ขาหน้าของมันอยู่ห่าง 0.18 m ในแนวระดับจากจมูกของมัน จุดศูนย์กลางถ่วงของมันอยู่ห่าง 0.28 m ในแนวระดับจากขาหลังของมันและสุนัขตัวนี้หนัก 190 N
 ก) พื้นระดับออกแรงทำเท่าใดต่อขาหน้าแต่ละข้างของ Nikita และเท่าใดต่อขาหลังแต่ละข้าง [ตอบ หน้า 37 N, หลัง 58 N]
 ข) ถ้า Nikita คาบกระดูกหนัก 25 N ขึ้นมาไว้ในปาก (อยู่ใต้จมูกพอดี) แรงที่พื้นกระทำต่อขาหน้าแต่ละข้างของมันและต่อขาหลังแต่ละข้างของมันมีค่าเท่าใด [ตอบ หน้า 53 N, หลัง 55 N]

หนังสืออิเล็กทรอนิกส์	
ฟิสิกส์ 1(ภาคกลศาสตร์(ฟิสิกส์ 1 (ความร้อน)
ฟิสิกส์ 2	กลศาสตร์เวกเตอร์
โลหะวิทยาฟิสิกส์	เอกสารคำสอนฟิสิกส์ 1
ฟิสิกส์ 2 (บรรยาย(แก้ปัญหาฟิสิกส์ด้วยภาษา C
ฟิสิกส์พิศวง	สอนฟิสิกส์ผ่านทางอินเทอร์เน็ต
ทดสอบออนไลน์	วิดีโอการเรียนการสอน
หน้าแรกในอดีต	แผ่นใสการเรียนการสอน
เอกสารการสอน PDF	กิจกรรมการทดลองทางวิทยาศาสตร์
แบบฝึกหัดออนไลน์	สุดยอดสิ่งประดิษฐ์
การทดลองเสมือน	
บทความพิเศษ	ตารางธาตุไทย1) 2 (Eng)
พจนานุกรมฟิสิกส์	ลับสมองกับปัญหาฟิสิกส์
ธรรมชาติมหัศจรรย์	สูตรพื้นฐานฟิสิกส์
การทดลองมหัศจรรย์	ดาราศาสตร์ราชมงคล
แบบฝึกหัดกลาง	
แบบฝึกหัดโลหะวิทยา	แบบทดสอบ
ความรู้รอบตัวทั่วไป	อะไรเอ่ย ?
ทดสอบ)เกมเศรษฐี(คติปริศนา
ข้อสอบเอนทรานซ์	เฉลยกลศาสตร์เวกเตอร์
คำศัพท์ประจำสัปดาห์	
ความรู้รอบตัว	
การประดิษฐ์ของโลก	ผู้ได้รับโนเบลสาขาฟิสิกส์
นักวิทยาศาสตร์เทศ	นักวิทยาศาสตร์ไทย
ดาราศาสตร์พิศวง	การทำงานของอุปกรณ์ทางฟิสิกส์
การทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ	

 การเรียนรู้การสอนฟิสิกส์ 1 ผ่านทางอินเทอร์เน็ต 	
1. การวัด	2. เวกเตอร์
3. การเคลื่อนที่แบบหนึ่งมิติ	4. การเคลื่อนที่บนระนาบ
5. กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน	6. การประยุกต์กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน
7. งานและพลังงาน	8. การดลและโมเมนตัม
9. การหมุน	10. สมดุลของวัตถุแข็งเกร็ง
11. การเคลื่อนที่แบบคาบ	12. ความยืดหยุ่น
13. กลศาสตร์ของไหล	14. ปริมาณความร้อน และ กลไกการถ่ายโอนความร้อน
15. กฎข้อที่หนึ่งและสองของเทอร์โมไดนามิก	16. คุณสมบัติเชิงโมเลกุลของสสาร
17. คลื่น	18. การสั่น และคลื่นเสียง
 การเรียนรู้การสอนฟิสิกส์ 2 ผ่านทางอินเทอร์เน็ต 	
1. ไฟฟ้าสถิต	2. สนามไฟฟ้า
3. ความกว้างของสายฟ้า	4. ตัวเก็บประจุและการต่อตัวต้านทาน
5. ศักย์ไฟฟ้า	6. กระแสไฟฟ้า
7. สนามแม่เหล็ก	8. การเหนี่ยวนำ
9. ไฟฟ้ากระแสสลับ	10. ทรานซิสเตอร์
11. สนามแม่เหล็กไฟฟ้าและเสาอากาศ	12. แสงและการมองเห็น
13. ทฤษฎีสัมพัทธภาพ	14. กลศาสตร์ควอนตัม
15. โครงสร้างของอะตอม	16. นิวเคลียร์
 การเรียนรู้การสอนฟิสิกส์ทั่วไป ผ่านทางอินเทอร์เน็ต 	
1. จลศาสตร์ (kinematic)	2. จลพลศาสตร์ (kinetics)
3. งานและโมเมนตัม	4. ซิมเปิลฮาร์โมนิก คลื่น และเสียง
5. ของไหลกับความร้อน	6. ไฟฟ้าสถิตกับกระแสไฟฟ้า
7. แม่เหล็กไฟฟ้า	8. คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ากับแสง
9. ทฤษฎีสัมพัทธภาพ อะตอม และนิวเคลียร์	

