

คู่มือเตรียมสอบ

แรงและกฎการเคลื่อนที่

ผศ.สุชาติ สุภาพ

จัดพิมพ์และจำหน่ายโดย

สุชาติ สุภาพ

133/471 หมู่ 2 (ติดกับสนง. ที่ดินบางบัวทอง) ต.พิมลราช อ.บางบัวทอง จ.นนทบุรี 11110

E-mail suchart11111@hotmail.com

พิมพ์ที่ หจก.สปส 1999 ม.เพชรอนันต์ เขตคันนายาว กรุงเทพฯ 10230

ข้อมูลทางบรรณานุกรมของหอสมุดแห่งชาติ

คำนำ

หนังสือ *แนวและกฎการเคลื่อนที่* เล่มนี้ จัดทำขึ้นเพื่อให้ประกอบการเรียนรู้นักวิชาฟิสิกส์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยมีเป้าหมายสำคัญเพื่อให้นักเรียนเข้าใจถึงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับการเปลี่ยนแปลงการเคลื่อนที่ของวัตถุ ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญของการศึกษากลศาสตร์ และฟิสิกส์ในระดับสูง เนื้อหาภายในเล่มเริ่มจากการทำความเข้าใจเกี่ยวกับแนวคิดของแรง ประเภทของแรง และการแสดงแรงในรูปเวกเตอร์ จากนั้นจึงนำไปสู่การศึกษากฎการเคลื่อนที่ของนิวตันทั้งสามข้อ พร้อมด้วยตัวอย่างสถานการณ์จริง การวิเคราะห์ด้วยแผนภาพวัตถุอิสระ และการประยุกต์ใช้กฎเหล่านี้ในการแก้โจทย์ปัญหาอย่างเป็นระบบ หนังสือเล่มนี้จัดเรียงเนื้อหาอย่างเป็นลำดับขั้นตอน เสริมด้วยกิจกรรม แบบฝึกหัด และการตั้งคำถามชวนคิด เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ อันจะเป็นรากฐานสำคัญสำหรับการเรียนรู้นักวิชาฟิสิกส์และสาขาวิชาที่เกี่ยวข้องต่อไป ผู้เรียบเรียงหวังเป็นอย่างยิ่งว่า หนังสือเล่มนี้จะมีส่วนช่วยในการเสริมสร้างความเข้าใจ ความสนใจในการเรียนรู้ และแรงบันดาลใจให้นักเรียนรักและเห็นคุณค่าของฟิสิกส์มากยิ่งขึ้น

ถ้าท่านสนใจหนังสือในรูปแบบ *E-BOOK* ก็มีจำหน่ายที่เว็บไซต์ ร้านนายอินทร์ , *MEB* , อุกปิ , ซีอีต , *hytexts* , ศูนย์หนังสือจุฬาฯ และ *DDebook*

สำหรับท่านที่สนใจหนังสือของกระผมแต่หาซื้อตามร้านหนังสือทั่วไปไม่ได้ สามารถซื้อออนไลน์ที่แอปต่าง ๆ โดยสแกน QR โค้ดข้างล่างนี้
(ที่ช้อปปีมีหนังสือมากที่สุด)



สุชาติ สุภาพ

มือถือ 083-920-3825

บทที่ 3

แรงและกฎการเคลื่อนที่

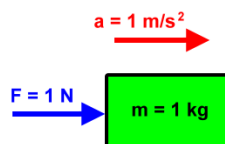
หลังจากที่เราได้เรียนรู้เกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของวัตถุ ไม่ว่าจะเป็นการเคลื่อนที่ในแนวตรง การเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัว หรือความเร่ง ซึ่งสำคัญลำดับถัดไปที่ต้องทำความเข้าใจ คือ “สาเหตุของการเปลี่ยนแปลงการเคลื่อนที่” ซึ่งก็คือ แรง และความสัมพันธ์ของแรงกับการเคลื่อนที่นั้น อธิบายได้ด้วย กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน

3.1 แรงคืออะไร

ในชีวิตประจำวันของเรา มีเหตุการณ์มากมายที่เกี่ยวข้องกับการผลัก ดึง หรือต้านการเคลื่อนที่ของวัตถุ เช่น การผลักประตูให้เปิด การดึงเก้าอี้ให้เข้าที่ หรือแรงที่ทำให้รถเบรกหยุดนิ่ง เหตุการณ์เหล่านี้ล้วนเกี่ยวข้องกับสิ่งที่เรเรียกว่า “แรง”

แรง หมายถึงสิ่งที่พยายามเปลี่ยนแปลงสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุ โดยที่วัตถุอาจเปลี่ยนสภาพเคลื่อนที่หรือไม่ก็ได้

แรง 1 นิวตัน หมายถึงแรงที่ทำให้มวล 1 กิโลกรัมเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง 1 เมตร/วินาที²



แรง 1 นิวตัน

3.1.1 ลักษณะของแรง

ลักษณะที่สำคัญของแรงมีดังนี้

1) แรงเป็นปริมาณที่มีทั้งขนาดและทิศทาง ดังนั้นแรงจึงเป็นปริมาณเวกเตอร์ เช่นแรงโน้มถ่วงของโลก แรงผลัก แรงดึง แรงยก

2) ต้องมีผู้ถูกกระทำ

3) ต้องมีผู้กระทำ

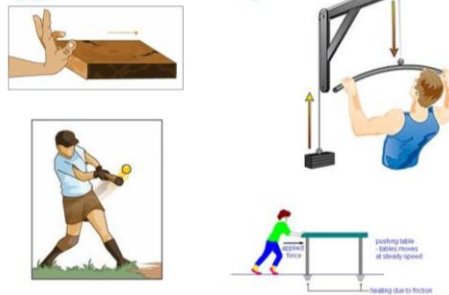


แรงกระทำ (applied force)

ในการศึกษากลศาสตร์และการเคลื่อนที่ของวัตถุ หนึ่งในแรงพื้นฐานที่พบเห็นได้บ่อยในชีวิตประจำวันคือ แรงกระทำ ซึ่งหมายถึงแรงที่เกิดขึ้นจากการที่วัตถุหนึ่งหรือบุคคลหนึ่ง ออกแรงผลักหรือดึง วัตถุอีกชิ้นหนึ่งโดยตรง

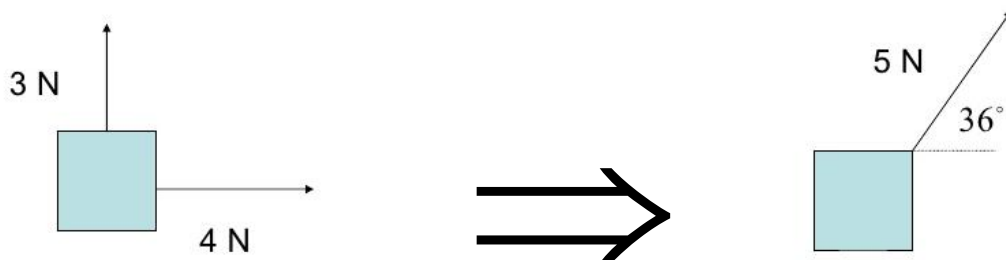
แรงกระทำหมายถึง สิ่งที่กระทำต่อวัตถุแล้วทำให้วัตถุเปลี่ยนแปลงสภาพการเคลื่อนที่ หรือ ความพยายามที่จะทำให้วัตถุเปลี่ยนแปลงสภาพการเคลื่อนที่

Applied Force Examples

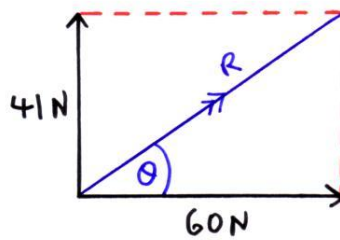


แรงกระทำ

ตัวอย่าง ถ้ามีแรง 3 นิวตัน และแรง 5 นิวตันกระทำต่อวัตถุที่จุดเดียวกันแต่มีทิศตั้งฉากกัน ดังรูป จงหาขนาดของแรงลัพธ์



ตัวอย่าง ถ้ามีแรงสองแรงกระทำต่อวัตถุที่จุดเดียวกันและมีทิศตั้งฉากกัน ดังรูป จงหาขนาดของแรงลัพธ์

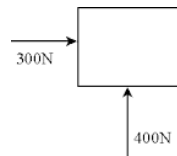


วิธีทำ จาก

$$R = \sqrt{(41\text{N})^2 + (60\text{N})^2} = 72.7\text{N}$$

ตอบ

ตัวอย่าง ถ้ามีแรง 2 แรง กระทำต่อวัตถุ ดังรูป จงหาขนาดของแรงลัพธ์



วิธีทำ จาก ทฤษฎีบทพีทาโกรัส จะได้ว่าแรงลัพธ์ = 500 นิวตัน

ตอบ

ตัวอย่าง ขนาดของแรง 2 แรงมีค่าต่างกัน 1 นิวตัน ขนาดของแรงลัพธ์ของแรงทั้งสองมีค่า 5 นิวตัน ถ้าแรงลัพธ์ตั้งฉากกับแรงมีค่าน้อย จงหาขนาดของแรงทั้งสอง

วิธีทำ จาก ทฤษฎีบทพีทาโกรัส ทำให้เราทราบว่า ขนาดของแรงทั้งสอง คือ 3 และ 4 นิวตัน ตามลำดับ

ตอบ

การแยกเวกเตอร์ใด ๆ ออกเป็น 2 องค์ประกอบย่อยที่ตั้งฉากกันซึ่งกันและกัน เรียกว่า “การแตกเวกเตอร์”

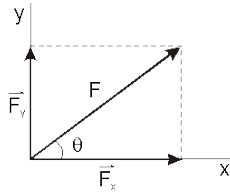
การแตกเวกเตอร์

ในการวิเคราะห์การเคลื่อนที่ของวัตถุหรือแรงที่กระทำต่อวัตถุในทิศทางต่าง ๆ บ่อยครั้งแรงไม่ได้เกิดขึ้นในแนวตรงอย่างเดียว แต่เกิดขึ้นในแนวเอียงหรือแนวเฉียง ซึ่งทำให้การคำนวณยุ่งยากขึ้น ดังนั้นเพื่อให้สามารถวิเคราะห์ได้ง่ายและตรงตามแนวแกนที่เรากำหนด เราจึงต้องใช้วิธีที่เรียกว่า “การแตกเวกเตอร์”

การแตกเวกเตอร์คืออะไร?

การแตกเวกเตอร์ คือกระบวนการแยกเวกเตอร์หนึ่งเวกเตอร์ออกเป็นสองเวกเตอร์ย่อยที่มีทิศทางอยู่ในแนวแกนหลัก เช่น แนวแกน x (แนวนอน) และแนวแกน y (แนวตั้ง) โดยเวกเตอร์ย่อยทั้งสองนี้รวมกันแล้วจะเท่ากับเวกเตอร์เดิมในแง่ของผลรวมทางเรขาคณิต

เวกเตอร์ได้ขาวใด ๆ ในสองมิติสามารถแยกเป็นเวกเตอร์สองเวกเตอร์ที่ตั้งฉากกันได้ เช่น $\vec{F}$ แยกได้เป็น $\vec{F}_x$ และ $\vec{F}_y$ ดังรูป โดย $\vec{F} = \vec{F}_x + \vec{F}_y$



$\vec{F}$ ทำมุม θ กับแกน x

จากรูป $\sin \theta = \frac{F_y}{F}$, $\cos \theta = \frac{F_x}{F}$ และ $\tan \theta = \frac{F_y}{F_x}$

จะได้ว่า

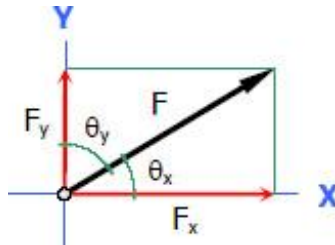
$$F_x = F \cos \theta$$

$$F_y = F \sin \theta$$

และ

$$F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2}$$

องค์ประกอบของแรงในสองมิติ



องค์ประกอบของแรงในสองมิติ

แรงบนระนาบ 2 มิติ แยกได้เป็น 2 องค์ประกอบคือ องค์ประกอบในแนวแกน x และ องค์ประกอบในแนวแกน y เช่นแรง F ในรูปข้างบนแยกองค์ประกอบได้เป็น F_x และ F_y เมื่อ

$$F_x = F \cos \theta$$

และ

$$F_y = F \sin \theta$$

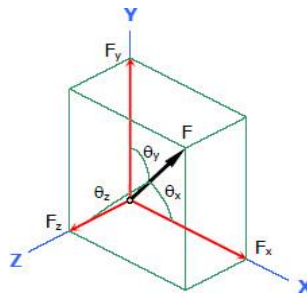
$$F^2 = F_x^2 + F_y^2$$

$$F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2}$$

$$\tan \theta = \frac{F_y}{F_x}$$

องค์ประกอบของแรงในสามมิติ

เมื่อพิจารณาแรงที่กระทำต่อวัตถุในโลกแห่งความเป็นจริง แรงเหล่านี้ไม่ได้จำกัดอยู่แค่ในระนาบสองมิติ (แนวแกน x และ y) เท่านั้น แต่ในหลายกรณี โดยเฉพาะในงานทางวิศวกรรม โครงสร้าง และฟิสิกส์ระดับสูง แรงมักกระทำใน สามมิติ ซึ่งประกอบด้วยแนวแกน x, y , และ z จึงจำเป็นต้องเข้าใจวิธีการแยกแรงออกเป็น องค์ประกอบในสามทิศทาง เพื่อให้สามารถวิเคราะห์แรงและผลกระทบที่เกิดขึ้นกับวัตถุได้อย่างแม่นยำ



องค์ประกอบของแรงในสามมิติ

แรงระบบ 3 มิติ สามารถแยกได้เป็น 3 องค์ประกอบคือ องค์ประกอบในแนวแกน x องค์ประกอบในแนวแกน y และองค์ประกอบในแนวแกน z เช่นแรง F ในรูปข้างบน แยกองค์ประกอบได้เป็น F_x, F_y และ F_z เมื่อ

$$F_x = F \cos \theta_x$$

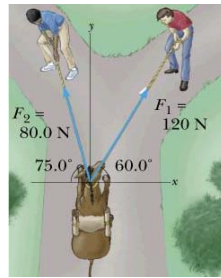
$$F_y = F \cos \theta_y$$

และ

$$F_z = F \cos \theta_z$$

$$F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2 + F_z^2}$$

ตัวอย่าง ชายสองคนช่วยกันดึงสัตว์ตัวหนึ่งด้วยแรงดังรูป จงหาขนาดของแรงลัพธ์



วิธีทำ จาก

$$\vec{R} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 \quad (1)$$

$$\vec{F}_{1x} = F_1 \cos 60^\circ = (120\text{N})(0.5) = 60\text{N}$$

$$\vec{F}_{1y} = F_1 \sin 60^\circ = (120\text{N})(0.866) = 104\text{N}$$

$$\vec{F}_{2x} = -F_2 \cos 75^\circ = -(80\text{N})(0.26) = -20.8\text{N}$$

$$\vec{F}_{2y} = F_2 \sin 60^\circ = (80\text{N})(0.966) = 77.3\text{N}$$

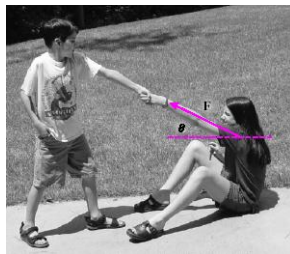
$$R_x = 60\text{N} - 20.8\text{N} = 39.2\text{N}$$

$$R_y = 104\text{N} + 77.3\text{N} = 181.3\text{N}$$

๗) ขนาดของแรงลัพธ์

$$|\vec{R}| = \sqrt{(39.2\text{N})^2 + (181.3\text{N})^2} = 186.5\text{N} \quad \text{ตอบ}$$

ตัวอย่าง เด็กชายคนหนึ่งดึงมีดงขึ้นมาดังรูป ถ้าองค์ประกอบของแรงในแนวราบเท่ากับ ๑1๒ นิวตันและองค์ประกอบของแรงในแนวตั้งเท่ากับ 110 นิวตัน จงหาขนาดและทิศทางของแรง



วิธีทำ

$$F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2}$$

$$F = \sqrt{(212\text{N})^2 + (110\text{N})^2}$$

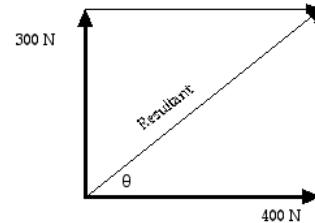
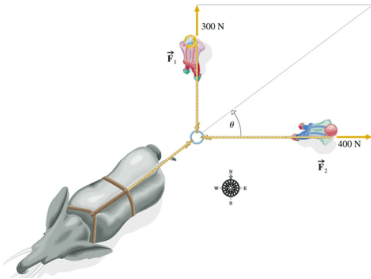
$$F = 238.8\text{N} \quad \text{ตอบ}$$

$$\tan \theta = \frac{F_y}{F_x}$$

$$\tan \theta = \frac{110}{212} = 0.519$$

$$\theta = 27.4^\circ \quad \text{ตอบ}$$

ตัวอย่าง คนสองคนช่วยกันออกแรงดึงข้างด้วยแรง 300 นิวตันและ 400 นิวตันตามลำดับดังรูป จงหาขนาดและทิศทางของแรงลัพธ์



วิธีทำ วาดรูป เวกเตอร์ของแรงทั้งสอง

จากรูปจะได้ว่าแรงลัพธ์มีขนาดเท่ากับ 500 นิวตัน

ตอบ

$$\tan \theta = \frac{300N}{400N} = 0.75$$

มีทิศทางมุม

$$\theta = 37^\circ \text{ กับแนวระดับ}$$

ตอบ

3.1.2 แผนภาพวัตถุอิสระ (free body diagram)

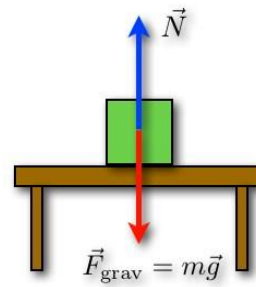
ในการวิเคราะห์ปัญหาทางกลศาสตร์หรือแรงที่กระทำต่อวัตถุ ไม่ว่าจะเป็นการเคลื่อนที่หรือสภาพสมดุล หนึ่งในเครื่องมือพื้นฐานที่ทรงพลังและจำเป็นมากที่สุดคือ “แผนภาพวัตถุอิสระ” หรือที่เรียกว่า *Free Body Diagram* ซึ่งเป็นวิธีช่วยให้มองเห็นภาพรวมของแรงทั้งหมดที่กระทำต่อวัตถุได้อย่างชัดเจน เป็นระบบ และง่ายต่อการวิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์

แผนภาพวัตถุอิสระ คืออะไร?

แผนภาพวัตถุอิสระคือการวาดภาพของวัตถุที่กำลังพิจารณา โดย "แยก" วัตถุนั้นออกจากสิ่งแวดล้อม แล้ว แสดงเฉพาะแรงทุกแรงที่กระทำต่อวัตถุจากภายนอก อย่างชัดเจน ทั้งขนาด ทิศทาง และจุดที่กระทำ

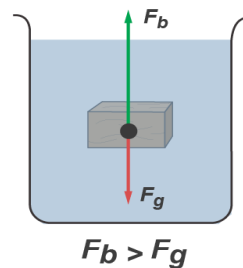
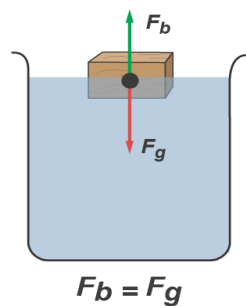
แผนภาพวัตถุอิสระ คือแผนภาพที่แสดงให้เห็นว่ามีแรงกี่แรงที่กระทำกับอนุภาคหรือวัตถุที่เราสนใจ และแรงนั้นมีทิศทางอย่างไร

1) แผนภาพวัตถุอิสระของคนที่นั่งบนเก้าอี้ ประกอบด้วยแรงกระทำต่อคน 2 แรงด้วยกัน คือ แรงโน้มถ่วงของโลก และแรงปฏิกิริยาตั้งฉาก



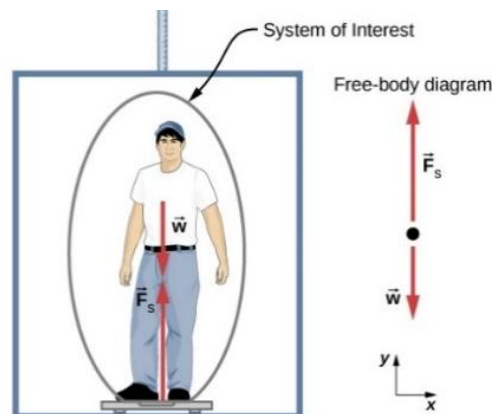
แผนภาพวัตถุอิสระของวัตถุที่หยุดนิ่ง

๑) แผนภาพวัตถุอิสระของคนเบ็ดที่ลอยน้ำ ประกอบด้วยแรงที่กระทำต่อตัวเบ็ด ๒ แรง คือ แรงโน้มถ่วงของโลก และแรงลอยตัว



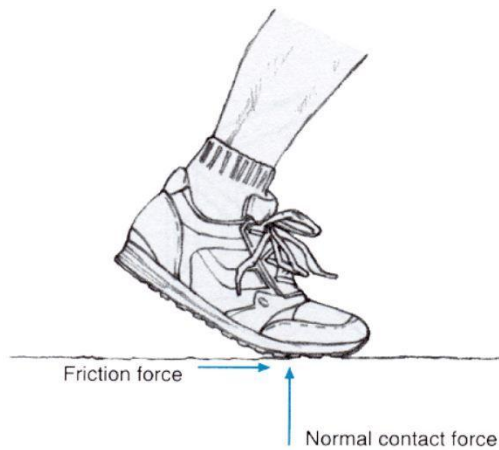
แผนภาพวัตถุอิสระของวัตถุที่ลอยน้ำ

๓) แผนภาพวัตถุอิสระของคนที่อยู่ในลิฟท์ที่กำลังเคลื่อนที่ขึ้นด้วยความเร่ง ประกอบด้วยแรง ๒ แรงคือ น้ำหนักของคนและแรงปฏิกิริยาที่พื้น แต่สองแรงนี้ไม่เท่ากัน



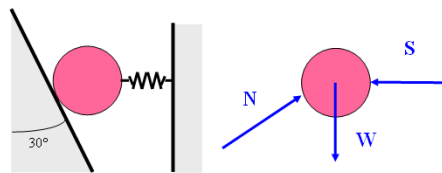
แผนภาพวัตถุอิสระของคนที่อยู่ในลิฟท์

๔) แผนภาพวัตถุอิสระของเท้าขณะเดิน จะมี ๒ แรงกระทำต่อเท้า ดังรูป



แผนภาพวัตถุอิสระของเท้าขณะเดิน

5) แผนภาพวัตถุอิสระของวัตถุในรูปข้างล่างประกอบด้วยแรงต่าง ๆ ที่กระทำต่อวัตถุมี 3 แรง ดังรูป



แผนภาพวัตถุอิสระของวัตถุทรงกลม

6) แผนภาพวัตถุอิสระของวัตถุสองก้อน ที่ก้อนหนึ่งใช้น้ำหนักของตัวเองทำหน้าที่เป็นแรงดึงวัตถุอีกก้อนหนึ่งที่วางอยู่บนพื้นที่ไม่มีแรงเสียดทาน



แผนภาพวัตถุอิสระของมวลสองก้อนที่ผูกติดกันด้วยเชือก

7) แผนภาพวัตถุอิสระของวัตถุสองก้อน ที่ก้อนหนึ่งใช้น้ำหนักของตัวเองทำหน้าที่เป็นแรงดึงวัตถุอีกก้อนหนึ่งที่วางอยู่บนพื้นที่มีแรงเสียดทาน