บทที่ 1
กลศาสตร์แบบนิวตัน

ผู้สอน

อาจารย์ ดร.ณัฐกฤตา จันทิมา

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

Nakhon Pathom Rajabhat University

หัวข้อเนื้อหาประจำบท

- 1. จลนศาสตร์
- 2. พลศาสตร์ (มวลและแรง)
- 3. กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน
- 4. แรงโน้มถ่วง
- 5. ปัญหาพื้นฐานทางกลศาสตร์

กลศาสตร์แบบนิวตัน

กลศาสตร์เป็นวิชาที่ศึกษาการเคลื่อนที่ของวัตถุ แบ่งออกเป็น 3 แขนง และอาจสรุปสั้น ๆ ได้คือ

จลนศาสตร์ (Kinetics) เป็นการศึกษาและการอธิบายการเคลื่อนที่ของวัตถุโดยไม่คำนึงถึงแรงที่กระทำต่อวัตถุเป็นอย่างไร

พลศาสตร์ (Kinematics) เป็นการศึกษากฎเกณฑ์ที่เป็นตัวบอกการเคลื่อนที่ว่าเป็นแบบใด และ

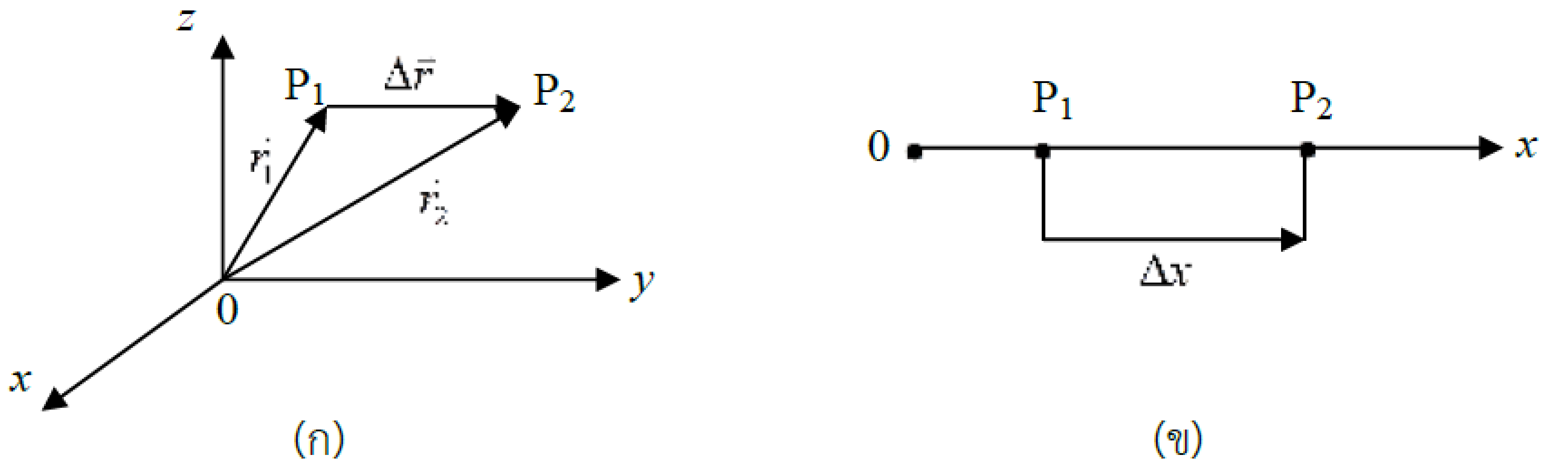
สถิตศาสตร์ (Statics) เป็นการศึกษาแรงที่กระทำต่อวัตถุ เมื่อวัตถุอยู่นิ่ง

1. จลนศาสตร์

จลนศาสตร์ (การอธิบายการเคลื่อนที่) ปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ มีดังนี้

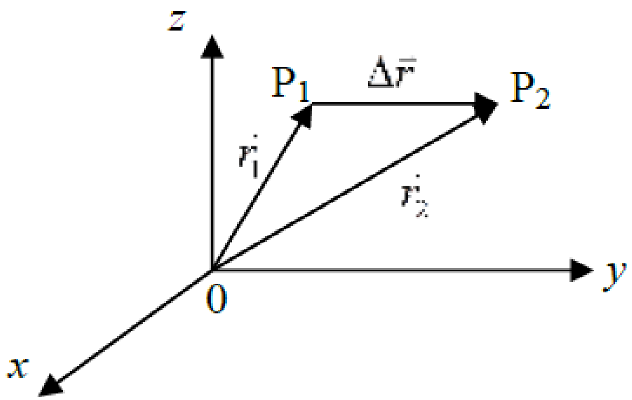
1.1. ตำแหน่ง

การบอกตำแหน่งของวัตถุใด ๆ จะกำหนดจุดแทนตำแหน่งของวัตถุนั้น ๆ ด้วยระบบพิกัดใด ๆ ก็ได้ ปกติจะใช้ระบบพิกัดฉาก (rectangular coordinate system) ดังภาพที่ 1.1 (ก) และสำหรับวัตถุที่กำลังเคลื่อนที่ตามเส้นตรง จะใช้เพียงพิกัดเดียวเพื่ออธิบายการเคลื่อนที่ ดังภาพที่ 1.1 (ข)

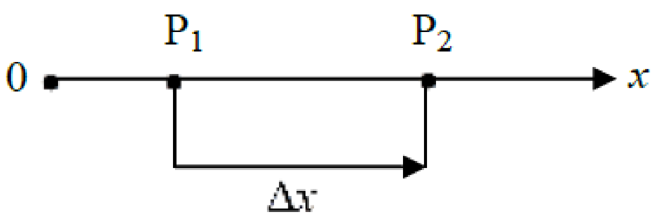


ภาพที่ 1.1 กำหนดตำแหน่งของวัตถุ P ที่เวลา $t_1(P_1)$ และที่เวลา $t_2(P_2)$ เทียบกับจุด 0

(ก) ระบบพิกัดฉาก และ (ข) พิกัดเดียว



(ก)



(ข)

จากภาพที่ 1.1 (ก) จะได้ $\vec{r}_1$ และ $\vec{r}_2$ เป็นเวกเตอร์ตำแหน่งของจุด P_1 และ P_2 ตามลำดับ สามารถเขียนได้ว่า

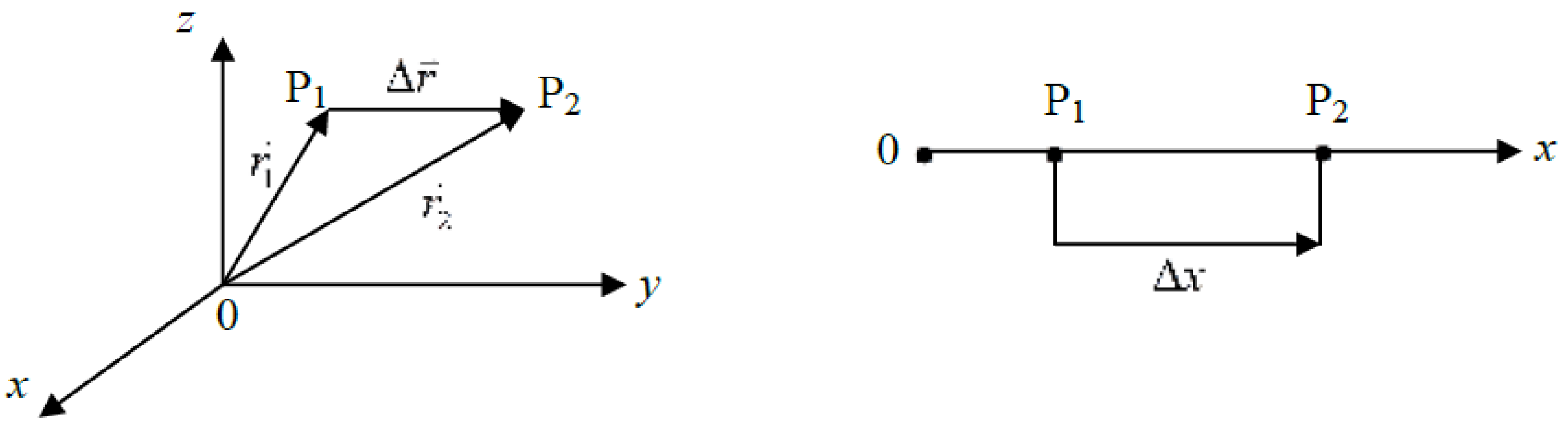
$$\vec{r}_1 = x_1\hat{i} + y_1\hat{j} + z_1\hat{k}$$

และ

$$\vec{r}_2 = x_2\hat{i} + y_2\hat{j} + z_2\hat{k}$$

จากภาพที่ 1.1 (ข) จะได้ x_1 และ x_2 เป็นเวกเตอร์ตำแหน่งของจุด P_1 และ P_2 เนื่องจากเป็นการเคลื่อนที่ในพิกัดเดียว (มิติเดียว) จึงไม่ต้องใส่หัวลูกศร แต่ x_1 และ x_2 ยังคงเป็นปริมาณเวกเตอร์ โดยใช้เครื่องหมายบวกและลบ แทนทิศทางของ x_1 และ x_2

การกระจัด



(ก) (ข)

ภาพที่ 1.1 กำหนดตำแหน่งของวัตถุ P ที่เวลา $t_1(P_1)$ และที่เวลา $t_2(P_2)$ เทียบกับจุด 0 (ก) ระบบพิกัดฉาก และ (ข) พิกัดเดียว

เมื่อวัตถุมีการเคลื่อนที่ วัตถุจะมีการเปลี่ยนตำแหน่ง ความยาวและทิศทางที่วัตถุเคลื่อนที่ไปถูกเรียกว่า การกระจัด จากภาพที่ 1.1 จะได้การกระจัดของจุด P ในช่วงเวลาจาก t_1 ไปยัง t_2 ($\Delta\vec{r}$) ดังนี้

ภาพที่ 1.1 (ก) $\Delta\vec{r} = (x_2 - x_1)\,\hat{i} + (y_2 - y_1)\,\hat{j} + (z_2 - z_1)\,\hat{k}$ (1.1)

ภาพที่ 1.1 (ข) $\Delta x = x_2 - x_1$

ความเร็ว

ความเร็ว คือ อัตราการเปลี่ยนแปลงของการกระจัดเทียบกับเวลา ถ้าวัตถุเคลื่อนที่ได้การกระจัด $\Delta\vec{r}$ ในช่วงเวลา Δt จะได้ความเร็วเฉลี่ย ($\vec{v}_{\text{เฉลี่ย}}$) ดังนี้

$$\vec{v}_{\text{เฉลี่ย}} = \frac{\Delta\vec{r}}{\Delta t} \tag{1.2}$$

และถ้า Δt มีค่าน้อย ๆ จะได้

$$\vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt} = \frac{dx}{dt}\hat{i} + \frac{dy}{dt}\hat{j} + \frac{dz}{dt}\hat{k} \tag{1.3}$$

ดังนั้นในระบบแกนพิกัดฉาก ความเร็วของวัตถุใด ๆ สามารถแยกได้เป็น 3 องค์ประกอบคือ องค์ประกอบในแกน $x(v_x)$, องค์ประกอบในแกน $y(v_y)$ และองค์ประกอบในแกน $z(v_z)$ ดังสมการ

$$\begin{aligned} v_x &= \dot{x} = \frac{dx}{dt} \\ v_y &= \dot{y} = \frac{dy}{dt} \\ v_z &= \dot{z} = \frac{dz}{dt} \end{aligned} \tag{1.4}$$

ความเร่ง

ความเร่ง คือ อัตราการเปลี่ยนแปลงของความเร็วเทียบกับเวลา โดยความเร็วในการเคลื่อนที่ของวัตถุในช่วงเวลาหนึ่งอาจมีค่าเปลี่ยนไปเรียกว่า วัตถุมีการเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง ดังสมการ

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} \qquad (1.5)$$

จากสมการ (1.3) สามารถเขียนได้ว่า

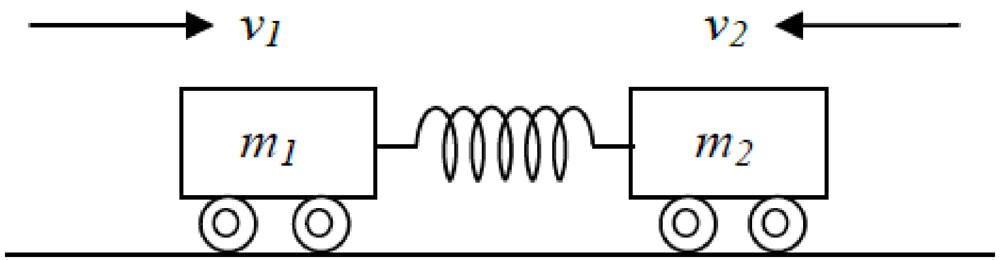
$$\vec{a} = \frac{d^2x}{dt^2}\hat{i} + \frac{d^2y}{dt^2}\hat{j} + \frac{d^2z}{dt^2}\hat{k} \qquad (1.6)$$

ดังนั้นในระบบพิกัดฉาก ความเร่งของวัตถุใด ๆ สามารถแยกได้เป็น 3 องค์ประกอบ คือ องค์ประกอบในแกน $x(a_x)$, องค์ประกอบในแกน $y(a_y)$ และองค์ประกอบในแกน $z(a_z)$ ดังสมการ

$$\begin{aligned} a_x &= \dot{v}_x = \frac{dv_x}{dt} = \ddot{x} = \frac{d^2x}{dt^2} \\ a_y &= \dot{v}_y = \frac{dv_y}{dt} = \ddot{y} = \frac{d^2y}{dt^2} \qquad (1.7) \\ a_z &= \dot{v}_z = \frac{dv_z}{dt} = \ddot{z} = \frac{d^2z}{dt^2} \end{aligned}$$

2. พลศาสตร์ (มวลและแรง)

การศึกษาแรงที่กระทำต่อวัตถุพร้อมทั้งลักษณะการเคลื่อนที่ของวัตถุภายใต้แรงนั้น ๆ กระทำได้ดังตัวอย่างภาพที่ 1.2



ภาพที่ 1.2 มวล m_1 และ m_2 ผูกติดกับปลายทั้งสองของสปริงเส้นเดียวกัน
ที่มา (รัชนี รุจิวโรดม, 2551, หน้า 4)

จากภาพที่ 1.2 เมื่อดึงวัตถุมวล m_1 และ m_2 ให้สปริงยืดออกแล้วปล่อย วัตถุทั้งสองจะเคลื่อนที่ในทิศตรงกันข้าม และอัตราส่วนของความเร่งของวัตถุทั้งสองจะคงที่ ไม่ว่าสปริงจะยืดออกหรือ

หดเข้า ทำให้วัตถุทั้งสองนั้นกำลังผลักหรือดูดซึ่งกันและกันด้วยแรงเท่าใดก็ตาม ถ้าพิกัดซึ่งบอกตำแหน่งของวัตถุทั้งสองคือ x_1 และ x_2 จะได้อัตราส่วนของความเร่งของวัตถุทั้งสอง ดังนี้

$$\frac{\ddot{x}_1}{\ddot{x}_2} = -k_{21} \qquad (1.8)$$

เมื่อ k_{21} คือ ค่าคงที่บวก ส่วนเครื่องหมายลบแสดงว่าความเร่งของวัตถุทั้งสองอยู่ในทิศตรงกันข้าม และพบว่า

$$k_{21} = \frac{m_2}{m_1} \qquad (1.9)$$

จากสมการ (1.8) และ (1.9) จะได้ว่า

$$\frac{\ddot{x}_1}{\ddot{x}_2} = -\frac{m_2}{m_1}$$

$$\therefore \quad m_1\ddot{x}_1 = -m_2\ddot{x}_2 \qquad (1.10)$$

ถ้าเปลี่ยนจากมวล m_2 เป็น m_3 และทำการทดลองซ้ำเหมือนเดิมจะได้ว่า

$$m_1\ddot{x}_1 = -m_3\ddot{x}_3 \qquad (1.11)$$

พิจารณาสมการ (1.10) และ (1.11) จะได้ว่าวัตถุทั้งสองที่ผูกติดปลายของสปริงเส้นเดียวกัน เมื่อถูกยืดออกจะมีปริมาณหนึ่งที่มีขนาดเท่ากันแต่ทิศทางตรงกันข้าม มากระทำต่อวัตถุทั้งสอง เรียกปริมาณนั้นว่า **แรง** (F) นั้นคือ ปริมาณของมวลคูณกับความเร่ง ในกรณี 1 มิติ สามารถเขียนได้ว่า

$$F = m\frac{d^2x}{dt^2} = m\ddot{x} = ma \tag{1.12}$$

ในระบบแกนพิกัดฉากเขียนได้ว่า $\vec{F} = m\vec{a}$ ซึ่งสามารถแยกได้เป็น 3 องค์ประกอบคือ องค์ประกอบในแกน $x(F_x)$, องค์ประกอบในแกน $y(F_y)$ และองค์ประกอบในแกน $z(F_z)$ ดังสมการ

$$F_x = ma_x, \quad F_y = ma_y \text{ และ } F_z = ma_z \tag{1.13}$$

3. กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน

นิวตัน (Newton) เป็นคนแรกที่ตั้งกฎทางกลศาสตร์ กฎทั้งสามของนิวตัน กล่าวว่า

1. วัตถุทุกชนิดจะอยู่ในสถานะหยุดนิ่ง หรือเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงด้วยความเร็วสม่ำเสมอถ้าไม่มีแรงภายนอกมากระทำ

$\vec{F} = 0$ วัตถุจะหยุดนิ่งหรือเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว $\vec{v}$ คงที่ ถ้าแรงที่กระทำต่อวัตถุเป็นศูนย์ วัตถุที่เคลื่อนที่ในลักษณะเช่นนี้เรียกว่า **“วัตถุอิสระ”**

2. อัตราการเปลี่ยนแปลงของโมเมนตัมเป็นปฏิภาคโดยตรง และอยู่ในทิศเดียวกับแรงที่กระทำต่อวัตถุ

แรงเท่ากับอัตราการเปลี่ยนแปลงของโมเมนตัม

ให้ $\vec{p}$ = โมเมนตัม

จะได้ $$\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt}$$

นิวตันนิยามโมเมนตัมว่าเป็นผลคูณของมวลกับความเร็ว $(\vec{p} = m\vec{v})$

ดังนั้น $$\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt} = \frac{d}{dt}(m\vec{v}) = m\frac{d\vec{v}}{dt} + v\frac{d\vec{m}}{dt}$$

ถ้ามวลของวัตถุคงที่ระหว่างการเคลื่อนที่หรือมวลของวัตถุไม่ขึ้นกับความเร็ว จะได้ว่า $\frac{dm}{dt} = 0$

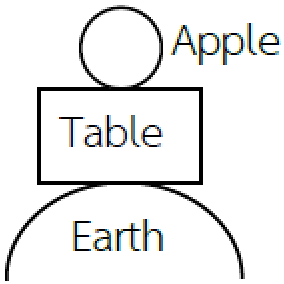
ดังนั้น $$\vec{F} = m\frac{d\vec{v}}{dt} = m\vec{a} \tag{1.14}$$

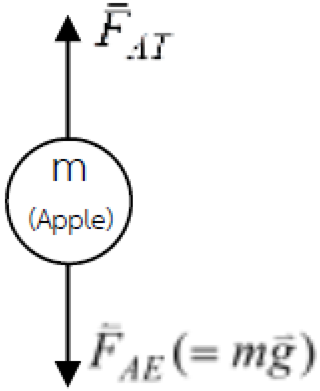
เมื่อแรงเป็นศูนย์ ความเร็วจะคงที่ซึ่งก็คือกฎข้อที่หนึ่ง ดังนั้นกฎข้อที่หนึ่งได้ปรากฏอยู่ในกฎข้อที่สอง

3. ทุกแรงกิริยาจะมีแรงปฏิกิริยาที่มีขนาดเท่ากัน แต่ทิศตรงข้ามเสมอ

กฎข้อที่สามบอกถึงความเป็นจริงที่ได้จากการทดลอง ดังแสดงในสมการ (1.8) ดังนั้นถือว่าเป็นกฎที่ถูกต้อง กฎข้อนี้ไม่ใช่กฎทั่วไปของธรรมชาติ กฎนี้ใช้ได้กับเหตุการณ์ที่มีแรงจากวัตถุหนึ่งกระทำต่ออีกวัตถุหนึ่งเท่านั้น

action = reaction





$$\vec{F}_{AT} = -\vec{F}_{TA} \quad \text{หรือ} \quad \vec{F}_{AE} = -\vec{F}_{EA} \qquad (1.15)$$

กำหนดให้ $\vec{F}_{AT}$ เป็นแรงที่กระทำต่อมวล m_{apple} เนื่องจากมวล m_{table}

และ $\vec{F}_{TA}$ เป็นแรงที่กระทำต่อมวล m_{table} เนื่องจากมวล m_{apple}

จากสมการ (1.14) $\vec{F} = m\vec{a}$ จะได้ว่า

$$\vec{F}_{AT} = m_A \frac{d^2 x_A}{dt^2} \quad \text{และ} \quad \vec{F}_{TA} = m_T \frac{d^2 x_T}{dt^2}$$

ดังนั้น

$$m_A \frac{d^2 x_A}{dt^2} = -m_T \frac{d^2 x_T}{dt^2}$$

$$\frac{d}{dt}(m_A \dot{x}_A) = -\frac{d}{dt}(m_T \dot{x}_T)$$

$$\therefore \quad \frac{d}{dt}(m_A\dot{x}_A + m_T\dot{x}_T) = 0 \tag{1.16}$$

นั่นคือ อัตราการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมทั้งหมดมีค่าเป็นศูนย์ หรือในกรณีที่แรงลัพธ์กระทำต่อระบบมีค่าเป็นศูนย์ $(\vec{F}_{AT} + \vec{F}_{TA} = 0)$ จะทำให้ผลบวกของโมเมนตัมเชิงเส้นย่อมคงที่เสมอ ดังสมการ

$$m_A\vec{v}_A + m_T\vec{v}_T = \text{ค่าคงที่} \tag{1.17}$$

4. แรงโน้มถ่วง

นิวตันพบว่ามีแรงดึงดูดระหว่างมวลกระทำต่อวัตถุคู่หนึ่ง ๆ โดยขนาดของแรง (F) แปรผันตรงกับผลคูณของมวลของวัตถุทั้งสองและแปรผกผันกับระยะห่างระหว่างวัตถุยกกำลังสอง ดังสมการ

$$F \quad \alpha \quad \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

$$F = \frac{G m_1 m_2}{r^2} \qquad (1.18)$$

เมื่อ m_1 และ m_2 คือ มวลของวัตถุทั้งสอง (กิโลกรัม, kg), r คือ ระยะห่างระหว่างวัตถุทั้งสอง (เมตร, m) และ G คือ ค่าคงที่ เท่ากับ $(6.670 \pm 0.0057) \times 10^{-11}$ Nm^2·kg^{-2}

สำหรับทิศทางของแรง $\vec{F}$ จะอยู่ในแนวเส้นตรงระหว่างวัตถุทั้งสอง และมีหน่วยเป็นนิวตัน (N) และเรียกแรงดึงดูดระหว่างมวลของโลกกับมวลของวัตถุต่าง ๆ ที่ตกลงบนพื้นผิวโลกว่า **แรงโน้มถ่วง** ซึ่งขณะที่มีแรงโน้มถ่วงมากระทำต่อวัตถุ จะทำให้วัตถุนั้น ๆ ตกลงสู่พื้นผิวโลกด้วย**ความเร่งเข้าสู่จุดศูนย์กลางของโลก** (g) คำนวณได้จากสมการ (1.19) ดังนี้

$$mg = \frac{GmM}{R^2}$$

เมื่อ M คือ มวลของโลกซึ่งมีค่าเท่ากับ 5.98×10^{24} kg และ R คือ รัศมีของโลกซึ่งมีค่าเท่ากับ 6.37×10^{6} m

$$\therefore\ g = \frac{GM}{R^2} \qquad (1.19)$$

แทนค่า G, M และ R ลงในสมการ (1.19) จะได้ว่า

$$g = 9.8\ \text{m/s}^2$$

นั่นคือ วัตถุทุกชนิดตกลงสู่พื้นผิวโลกด้วยความเร่ง 9.8 เมตร ต่อ (วินาที)^2

5. ปัญหาพื้นฐานทางกลศาสตร์

ตัวอย่างที่ 1 อนุภาคหนึ่งมีมวล 3 กิโลกรัม เคลื่อนที่ไปตามแนวแกนบวก x ด้วยสมการของการกระจัด $x = 3t^3 + 6t + 1$ เมตร และ t มีหน่วยเป็นวินาที

จงหา (ก) ความเร็วและความเร่งขณะใด ๆ

(ข) การกระจัด ความเร็ว และความเร่ง ที่เวลา $t = 5$ วินาที

(ค) แรงที่กระทำต่อวัตถุที่เวลาใด ๆ และ ที่เวลา $t = 6$ วินาที

วิธีทำ (ก) จากสมการ $x = 3t^3 + 6t + 1$

จะได้ว่า $$v = \frac{dx}{dt} = \frac{d}{dt}(3t^3 + 6t + 1)$$

$$\therefore \quad v = 9t^2 + 6 \ \text{m/s}$$

$$a = \frac{dv}{dt} = \frac{d}{dt}(9t^2 + 6)$$

$$\therefore \quad a = 18t \ \ \text{m/s}^2$$

ดังนั้น ความเร็วและความเร่งของอนุภาคในขณะใด ๆ จะเท่ากับ $9t^2 + 6$ เมตรต่อวินาที และเท่ากับ $18t$ เมตรต่อ(วินาที)^2 และมีทิศตามแนวแกนบวก x

(ข) ที่เวลา $t=5$ วินาที จะได้ว่า

$$x = 3(5)^3+6(5)+1 = 406 \text{ เมตร}$$

$$v = 9t^2+6 = 255 \text{ เมตรต่อวินาที}$$

$$a = 18t = 90 \text{ เมตรต่อ(วินาที)}^2$$

(ค) จากกฎข้อที่ 2 ของนิวตัน จะได้ว่า

$$F = ma$$

$$= 3(18t) = 54t \quad N$$

ถ้า $t=6$ วินาที จะได้ว่า

$$F = 54\times 6 = 324 \quad N$$

ดังนั้น แรงที่กระทำต่อวัตถุที่เวลาใด ๆ เท่ากับ $54t$ นิวตัน และที่เวลา 6 วินาที เท่ากับ 324 นิวตัน

ตัวอย่างที่ 2 วัตถุอันหนึ่งมวล 3 กิโลกรัม เคลื่อนที่ด้วยสมการของการกระจัด ดังนี้ $\vec{r} = (t^2 - 1)\hat{i} + (3t + 6)\hat{j} + (t^3 + 1)\hat{k}$ เมตร และ t มีหน่วยเป็นวินาที จงหาแรงที่มากระทำต่อวัตถุที่เวลา $t = 5$ วินาที

วิธีทำ จากสมการของการกระจัด

$$\vec{r} = (t^2 - 1)\hat{i} + (3t + 6)\hat{j} + (t^3 + 1)\hat{k}$$

จะได้ว่า
$$\vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt} = 2t\,\hat{i} + 3\,\hat{j} + 3t^2\,\hat{k}$$

และ
$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = 2\,\hat{i} + 6t\,\hat{k}$$

จากกฎข้อที่ 2 ของนิวตัน จะได้ว่า

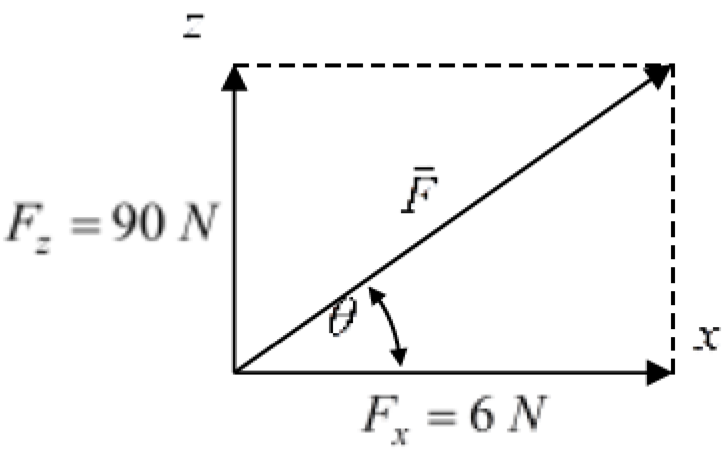
$$\vec{F} = m\vec{a} = 3(2\,\hat{i} + 6t\,\hat{k})$$
$$= 6\,\hat{i} + 18t\,\hat{k}$$

ที่เวลา $t = 5$ วินาที จะได้ว่า

$$\vec{F} = 6\,\hat{i} + (18 \times 5)\,\hat{k} = 6\,\hat{i} + 90\,\hat{k}$$

$\therefore$ ขนาดของแรง $\vec{F}(F) = \sqrt{(6)^2 + (90)^2} = 90.19$ นิวตัน

สำหรับทิศทางของแรง $\vec{F}$ พิจารณาได้จากรูป ดังนี้



จากรูป จะได้ว่า

$$\tan\theta = \frac{F_z}{F_x} = \frac{90}{6} = 15$$

$$\therefore \qquad \theta = 86^\circ$$

ดังนั้น แรง $\vec{F}$ จะมีขนาดเท่ากับ 90.19 นิวตัน และมีทิศทำมุมกับแนวแกน x ไปทางแนวแกน z เป็นมุมเท่ากับ 86 องศา

ตัวอย่างที่ 3 พิจารณาการเคลื่อนที่ของวัตถุมวล m ซึ่งกำลังเคลื่อนที่เป็นเส้นตรง และถูกแรงคงที่ F มากระทำ

วิธีทำ จากกฎข้อที่ 2 ของนิวตัน จะได้ว่า

$$F = ma = m\frac{d^2x}{dt^2}$$

$$\frac{d^2x}{dt^2} = \frac{F}{m}$$

$$\frac{dv}{dt} = \frac{F}{m}$$

คูณทั้งสองข้างของสมการด้วย dt และมีเงื่อนไขเริ่มต้นว่าที่ $t=0,\ v=v_0$ จะได้ว่า

$$\int_{v_0}^{v} dv = \int_{t=0}^{t} \frac{F}{m} dt = \frac{F}{m} \int_{t=0}^{t} dt$$

$$v - v_0 = \frac{F}{m} t$$

$$\therefore \qquad v = v_0 + \frac{F}{m} t \qquad (1.20)$$

ดังนั้น ถ้าเวลาเริ่มต้น $(t=0)$ วัตถุมีความเร็วในแนวเส้นตรงเป็น v_0 เมื่อเวลาผ่านไป $(t=t)$ ความเร็วของวัตถุขณะนั้น ๆ จะเป็นไปตามสมการ (1.20)

จากสมการ (1.20) จะได้ว่า

$$\frac{dx}{dt} = v_0 + \frac{F}{m} t$$

คูณทั้งสองข้างของสมการด้วย dt และมีเงื่อนไขเริ่มต้นว่าที่ $t=0,\ x=x_0$ จะได้ว่า

$$\int_{x=x_0}^{x} dx = \int_{t=0}^{t} v_0 dt + \int_{t=0}^{t} \frac{F}{m} t\, dt$$

$$x - x_0 = v_0 t + \frac{F}{m}\frac{t^2}{2}$$

$$x = x_0 + v_0 t + \frac{F}{m}\frac{t^2}{2} \qquad (1.21)$$

ดังนั้น ถ้าเวลาเริ่มต้น $(t=0)$ วัตถุที่กำลังเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงมีการกระจัดเป็น x_0 เมื่อเวลาผ่านไป $(t=t)$ วัตถุนั้นจะมีการกระจัดตามสมการ (1.21) ซึ่งจากสมการ (1.20) และ (1.21) สามารถหาตำแหน่งและความเร็วของวัตถุที่เวลาต่าง ๆ จึงเป็นการอธิบายการเคลื่อนที่ของวัตถุอย่างสมบูรณ์แล้ว

ตัวอย่างที่ 4 พิจารณาการเคลื่อนที่ของวัตถุที่เคลื่นที่เป็นเส้นตรง และมีแรงคงที่กระทำต่อวัตถุ

วิธีทำ กำหนดให้มวล m เป็นมวลของวัตถุ

F เป็นแรงคงที่ที่กระทำต่อวัตถุ

จากกฎข้อที่สองของนิวตัน $F = ma = m\ddot{x}$

$$\ddot{x} = \frac{F}{m}$$

$$\frac{dv}{dt} = \frac{F}{m}$$

คูณตลอดด้วย dt จะได้

$$\int_{v_0}^{v} dv = \int_{t=0}^{t} \frac{F}{m} dt = \frac{F}{m} \int_{t=0}^{t} dt$$

$$v\Big|_{v_0}^{v} = \frac{F}{m}t\Big|_0^t$$

$$v - v_0 = \frac{F}{m}t$$

$$v = v_0 + \frac{F}{m}t \qquad (1.22)$$

$$\frac{dx}{dt} = v_0 + \frac{F}{m}t$$

$$\int_{x=x_0}^{x} dx = \int_{t=0}^{t} v_0 dt + \int_{t=0}^{t} \frac{Ft}{m} dt$$

$$x - x_0 = v_0 t + \frac{Ft^2}{2m}$$

$$x = x_0 + v_0 t + \frac{Ft^2}{2m} \qquad (1.23)$$

ขณะนี้ได้อธิบายการเคลื่อนที่ของวัตถุอย่างสมบูรณ์แล้ว เพราะสามารถหาตำแหน่งและความเร็วของวัตถุที่เวลา t ใด ๆ ได้

บทที่ 1

จบแล้วค่ะ

ให้นักศึกษาทำแบบฝึกหัดท้ายบทมาส่งด้วยนะคะ