

บทที่ 3

การเคลื่อนที่ในหนึ่งมิติ

(Motion in one dimension)

ในชีวิตประจำวันของเราจะมีส่วนเกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ในลักษณะต่างๆ โดยเราสามารถแยกพิจารณาลักษณะการเคลื่อนที่ดังกล่าวนี้ได้อีกเป็นการเคลื่อนที่ในหนึ่งมิติและการเคลื่อนที่ในสองมิติ สำหรับในบทนี้เราจะพิจารณาการเคลื่อนที่ในหนึ่งมิตีก่อน โดยลักษณะการเคลื่อนที่ในหนึ่งมิติที่เราพบในชีวิตประจำวัน เช่น รถแล่นไปตามถนน ซึ่งเป็นการเคลื่อนที่ในแนวราบ และการเคลื่อนที่หนึ่งมิติในแนวตั้ง เช่น การปล่อยให้วัตถุตกลงมาจากที่สูง เป็นต้น และบทปฏิบัติการทดลองในตอนท้ายเรื่อง การหาอัตราเร็ว และความเร่ง จะช่วยให้เข้าใจและฝึกทักษะทางวิทยาศาสตร์มากยิ่งขึ้น



ภาพที่ 3.1 การเคลื่อนที่ในหนึ่งมิติของรถยนต์ในเมืองบอสตัน ประเทศสหรัฐอเมริกา

พิจารณาจากภาพการที่รถยนต์แล่นไปตามถนนในแนวเส้นตรง รถยนต์ก็เปรียบเสมือนวัตถุที่เคลื่อนที่อยู่ในหนึ่งมิติ หรือตามแกน x ซึ่งเราสามารถคำนวณหาปริมาณต่างๆที่เกิดจากการเคลื่อนที่แบบนี้ได้เช่น ระยะทาง ความเร็ว ความเร่ง เป็นต้น ดังนั้น การเคลื่อนที่ในหนึ่งมิติคือ การที่วัตถุมีการเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงตามแนวระดับหรือตามแนวตั้งหรือแกน y ใดๆอย่างหนึ่ง

เช่น การตกของวัตถุต่างๆ เป็นต้น ซึ่งในบทนี้เราจะศึกษา ปริมาณต่างๆที่เกิดจากการเคลื่อนที่ในหนึ่งมิติ รวมทั้งความสัมพันธ์ของปริมาณต่างๆที่เกิดจากการเคลื่อนที่ลักษณะนี้

3.1 การกระจัดและระยะทาง (Displacement and Distance)

เมื่อมีการเคลื่อนที่ปริมาณทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับระยะทางที่วัตถุเคลื่อนที่ได้จะมีอยู่สองปริมาณ ซึ่งมีความคล้ายคลึงกัน คือ การกระจัด และระยะทาง อย่างไรก็ตามปริมาณทั้งสองนี้มีความแตกต่างกัน

3.1.1 ระยะทาง (Distance)

ระยะทางคือ ปริมาณสเกลาร์ แสดงถึงตำแหน่งที่วัตถุเคลื่อนที่ได้ทั้งหมด สำหรับการวัดระยะทางนั้นวัดได้โดยการวัดระยะที่วัตถุเคลื่อนที่ได้ทั้งหมดไม่ว่าการเคลื่อนที่จะวกวนไปมาขนาดไหนก็ตาม เมื่อมีการเคลื่อนที่ที่จะต้องมียะยะทางเกิดขึ้นเสมอ ระยะทางนั้นเราพิจารณาเฉพาะขนาดไม่พิจารณาทิศทาง

3.1.2 การกระจัด (Displacement)

การกระจัดคือ ปริมาณเวกเตอร์ แสดงถึงตำแหน่งที่วัตถุเคลื่อนที่ได้ แต่จะพิจารณาที่จุดตั้งต้นของการเคลื่อนที่ และที่จุดสิ้นสุด (หรือจุดที่เราพิจารณา) ของการเคลื่อนที่ ในการเคลื่อนที่หนึ่งๆ ก็จะมีทั้งขนาดและทิศทาง เวลาเราพิจารณาเราจะต้องพิจารณาทั้งขนาดและทิศทางพร้อมกันไปด้วย เราสามารถใช้เวกเตอร์ตำแหน่งในการบอกปริมาณการกระจัดได้ โดยหางของลูกศรเวกเตอร์จะบ่งบอกถึงจุดเริ่มต้น ส่วนหัวจะบอกจุดปลายและทิศทางของการกระจัด

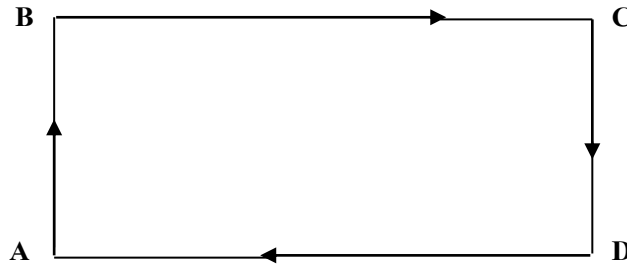
เพื่อให้เห็นความแตกต่างของระยะการกระจัดกับระยะทางในการเคลื่อนที่ให้นักศึกษาลองพิจารณาภาพที่ 3.2



ภาพที่ 3.2 ความแตกต่างของระยะทางและระยะการกระจัด

เมื่อพิจารณาจากภาพที่ 3.2 วัตถุมีการเคลื่อนที่จาก A ไป D ตามเส้นทาง ABCD จะเห็นว่าระยะทางที่ใช้ในการเคลื่อนที่ก็คือ การวัดระยะทั้งหมดที่วัตถุเคลื่อนที่ผ่านไปได้ทั้งหมด ได้แก่ ระยะ $AB + BC + CD$ ส่วนขนาดของการกระจัดนั้น จะวัดจากจุดเริ่มต้นของการเคลื่อนที่ไปยังจุดสุดท้าย ในที่นี้คือระยะ AD นั่นเอง

พิจารณาการเคลื่อนที่ที่ครอบรอบดังภาพที่ 3.3 โดยเริ่มต้นเคลื่อนที่จากจุด A ไปยังจุด B, C, D, และย้อนกลับมายังจุด A



ภาพที่ 3.3 ลักษณะขนาดของการกระจัดที่เป็นศูนย์

จากภาพที่ 3.3 จะเห็นว่าการกระจัดจะมีค่าเท่ากับศูนย์ ถ้าวัตถุมีการเคลื่อนที่ที่ครอบรอบ นั่นคือ ถ้าวัตถุเริ่มเคลื่อนที่จากจุดเริ่มต้นมายังจุดสุดท้ายและทั้งสองจุดเป็นจุดเดียวกัน จุด A ไป B ไป C ไป D แล้วกลับมา A หรือจากจุด A ไปยังจุดอื่นๆ แล้วกลับมาที่ A จะทำให้การกระจัดมีค่าเป็นศูนย์ แต่ระยะทางในการเคลื่อนที่นั้นจะไม่เป็นศูนย์ เนื่องจากเมื่อมีการเคลื่อนที่ได้แค่ไหนก็จะวัดระยะทางตามไปทั้งหมด

3.2 ความเร็ว และอัตราเร็ว (Velocity and Speed)

3.2.1 อัตราเร็ว (Speed) นิยามของอัตราเร็ว คือ อัตราการเปลี่ยนแปลงระยะทางต่อหน่วยเวลา จะเห็นได้ว่าอัตราเร็ว นั้น มีที่มาจากระยะทางที่เป็นปริมาณสเกลาร์หารด้วยเวลาซึ่งเป็นปริมาณสเกลาร์เช่นกัน ดังนั้นอัตราเร็วจึงเป็นปริมาณสเกลาร์คือพิจารณาเฉพาะขนาดนั่นเอง และอัตราเร็วจะเป็นขนาดของความเร็วด้วย

3.2.2 ความเร็ว (Velocity) นิยามของความเร็วคือ อัตราการเปลี่ยนแปลงการกระจัดต่อหน่วยเวลา ซึ่งการกระจัดเป็นปริมาณเวกเตอร์ เวลาเป็นปริมาณสเกลาร์ ดังนั้นความเร็วจึงเป็นปริมาณเวกเตอร์ที่มีทั้งทิศทางซึ่งเป็นทิศเดียวกับการกระจัดและมีขนาด จากนิยามของความเร็วสามารถเขียนเป็นสมการได้คือ

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} \quad (3-1)$$

เมื่อ v คือ ความเร็ว มีหน่วยเป็นเมตรต่อวินาที (m/s)

Δs คือ การกระจัด มีหน่วยเป็นเมตร (m)

t คือ เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ มีหน่วยเป็นวินาที (s)

ตัวอย่างที่ 3.1 รถจักรยานยนต์คันหนึ่งเริ่มต้นเคลื่อนที่จากหยุดนิ่ง เมื่อแล่นไปได้ 10 วินาที จะได้การกระจัดเท่ากับ 150 เมตร จงหาความเร็ว ณ เวลา 10 วินาที ของรถยนต์คันนี้

วิธีทำ จาก สมการที่ (3-1)

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

เมื่อแทนค่า จะได้

$$= \frac{150}{10} \text{ เมตรต่อวินาที}$$

$$= 15 \text{ เมตรต่อวินาที}$$

นั่นก็คือ รถจักรยานยนต์เคลื่อนที่ด้วยความเร็วเท่ากับ 15 เมตรต่อวินาที ณ เวลาที่ 10 วินาที

ตัวอย่างที่ 3.2 แมลงตัวหนึ่งบินไปตามทิศทางตามแนวแกน x โดยหากพิจารณาให้เริ่มเคลื่อนที่ที่ตำแหน่ง 10 เมตร ณ เวลา 2 วินาที เมื่อเวลาผ่านไป 4 วินาที แมลงตัวนี้เคลื่อนที่ได้ตำแหน่ง 30 เมตร จงหาการกระจัดและความเร็วที่เวลาจาก 2 ถึง 4 วินาที

วิธีทำ

การกระจัด คือ

$$\Delta s = 30 - 10$$

$$\Delta s = 20 \text{ m}$$

ความเร็วที่เวลาผ่านไป 4 วินาที หาได้จากสมการที่ (3-1)

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

แทนค่าตัวแปรลงไปจะได้

$$= \frac{30 - 10}{4 - 2}$$

$$= 10 \text{ m/s}$$

ดังนั้นแมลงจะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วเท่ากับ 10 เมตร/วินาที เมื่อเวลาผ่านไป 4 วินาที

3.2.3 ความเร็วขณะหนึ่ง (Instantaneous velocity)

จากหัวข้อที่ผ่านมาเราได้ศึกษาความเร็วของวัตถุในขณะที่วัตถุเคลื่อนที่โดยใช้เวลาในการเคลื่อนที่ช่วงหนึ่ง ซึ่งทำให้สามารถหาผลต่างของเวลาได้ หัวข้อนี้จะศึกษาการเคลื่อนที่ของวัตถุที่เวลาขณะใดขณะหนึ่ง หรือที่เวลาน้อยๆ จนผลต่างของเวลาเกือบเป็นศูนย์ ทำให้ความเร็วที่เราได้เรียกว่า ความเร็วขณะหนึ่ง หรือบางครั้งเรียกว่า ความเร็วบัดดล

จากสมการที่ (3-1)

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

เมื่อเวลา Δt มีค่าน้อยๆ หรือมีค่าเข้าสู่ศูนย์แล้วเราใช้วิธีการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาได้ดังนี้

$$v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

$$v = \frac{ds}{dt}$$

นั่นก็คือจะได้

$$v = \frac{ds}{dt} \quad (3-2)$$

ตัวอย่างที่ 3.3 คนขี่รถจักรยานเคลื่อนที่บนถนนที่เป็นแนวเส้นตรง โดยมีสมการแสดงตำแหน่งของการเคลื่อนที่หรือการเปลี่ยนแปลงการกระจัด ดังนี้ $S = 5t^2 + 3t + 5$ จงหาความเร็วของรถจักรยานคันนี้ที่เวลา 2 วินาที

วิธีทำ จาก $S = 5t^2 + 3t + 5$ หาความเร็วขณะหนึ่ง จะได้

$$v = \frac{ds}{dt}$$

$$v = \frac{d}{dt}(5t^2 + 3t + 5)$$

$$v = 10t + 3$$

แทนค่า $t = 2$ ลงไปจะได้

$$v = 10(2) + 3$$

$$= 23 \text{ m/s}$$

ดังนั้นความเร็วของรถจักรยานคันนี้ที่เวลา 2 วินาที มีค่าเท่ากับ 23 เมตร/วินาที

3.2.4 อัตราเร็วเฉลี่ย (Average speed, v_{av})

ปริมาณนี้เราใช้เรียก อัตราการเปลี่ยนแปลงของระยะทางเฉลี่ยต่อหน่วยเวลา ซึ่งเป็นปริมาณสเกลาร์เช่นเดียวกับอัตราเร็ว มีหน่วยเป็น เมตรต่อวินาที โดยเราจะพิจารณาปริมาณนี้ว่าเป็นขนาดของความเร็วเฉลี่ยได้อีกด้วย ซึ่งจะกล่าวต่อไป

3.2.5 ความเร็วเฉลี่ย (Average velocity, v_{av})

ปริมาณนี้เราใช้เรียก อัตราการเปลี่ยนแปลงการกระจัดต่อหน่วยเวลา เมื่อเราพิจารณาการกระจัดต่อช่วงเวลาใดๆ เราจะถือว่าเป็นค่าเฉลี่ย ผลที่ได้จึงเป็นความเร็วเฉลี่ย เป็นปริมาณเวกเตอร์ มีหน่วยเป็น เมตรต่อวินาที

3.2.6 ความเร็วคงตัว (Constant velocity, v)

ปริมาณนี้จะพบบ่อยในเรื่องการเคลื่อนที่ ซึ่งเป็นอัตราการเปลี่ยนแปลงการกระจัดที่มีค่าอัตราการเปลี่ยนแปลงคงตัวอย่างสม่ำเสมอตลอดช่วงเวลาใดๆ เป็นปริมาณเวกเตอร์ มีหน่วยเป็น เมตรต่อวินาที

3.3 ความเร่ง (Acceleration, a)

ความเร่ง คือ อัตราการเปลี่ยนแปลงของความเร็วต่อหน่วยเวลา ความเร่งจะเป็นปริมาณเวกเตอร์ คือมีทั้งขนาดและทิศทาง ส่วนขนาดของความเร่งจะเป็นปริมาณสเกลาร์ โดยทิศทางของความเร่งถ้ามีทิศตามความเร็วจะเป็นบวก แต่ถ้ามีทิศตรงข้ามกับความเร็วจะมีค่าเป็นลบ หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า ความหน่วง (Deceleration) ความเร่งมีหน่วยเป็นเมตรต่อวินาทีกำลังสอง (m/s^2) จากนิยามของความเร่ง หากเราพิจารณาความเร็วที่เปลี่ยนแปลงต่อเวลา เป็นความเร็วเฉลี่ย เราจะเรียกปริมาณนั้นว่า ความเร่งเฉลี่ย (a_{av}) เราสามารถหาความเร่งเฉลี่ยได้จากสมการ

$$a_{av} = \frac{\Delta v}{\Delta t} \quad (3-3)$$

เมื่อ

a คือ ความเร่ง มีหน่วยเป็นเมตรต่อวินาที² (m/s^2)

v คือ ความเร็ว มีหน่วยเป็นเมตรต่อวินาที (m/s)

t คือ เวลา มีหน่วยเป็นวินาที (s)

ตัวอย่างที่ 3.4 เด็กขว้างก้อนหินออกไปตามแนวระดับด้วยความเร็ว 10 เมตรต่อวินาที หากก้อนหินใช้เวลาในการเคลื่อนที่ 2 วินาที ก่อนตกถึงพื้น จงหาความเร่งเฉลี่ยของก้อนหินก้อนนี้

วิธีทำ จากสมการที่ (3-3)
$$a_{av} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

แทนค่าตัวแปรลงไปจะได้

$$\begin{aligned} &= \frac{10}{2} \\ &= 5 \text{ m/s}^2 \end{aligned}$$

ดังนั้นก้อนหินก้อนนี้จะมีค่าความเร่งเฉลี่ยเท่ากับ 5 เมตร/วินาที²

3.3.1 ความเร่งขณะหนึ่ง (Instantaneous acceleration)

ความเร่งขณะหนึ่ง หรือความเร่งบัดดล คือการที่เราพิจารณาความเร่ง ณ เวลาใดเวลาหนึ่ง โดยผลต่างของช่วงเวลานั้นเกือบเท่ากับศูนย์ เหมือนกับกรณีของความเร็วขณะหนึ่ง ซึ่งเราสามารถหาความเร่งที่เวลาใดเวลาหนึ่งได้ จากสมการที่ (3-3)

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

พิจารณาที่เวลาใดเวลาหนึ่งจะได้

$$\begin{aligned} a &= \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta v}{\Delta t} \\ a &= \frac{dv}{dt} \\ a &= \frac{d^2s}{dt^2} \end{aligned} \tag{3-4}$$

ตัวอย่างที่ 3.5 รถสองแถววิ่งในตัวเมืองเชียงใหม่ มีสมการการเคลื่อนที่เป็น $S = 10t^2 + 5t + 5$

จงหาความเร็ว และความเร่งของรถสองแถวคันนี้ที่เวลา 2 วินาที

วิธีทำ จาก
$$S = 10t^2 + 5t + 5$$

หาความเร็วโดยใช้สมการที่ (3-2) จะได้

$$\begin{aligned} v &= \frac{d}{dt}(10t^2 + 5t + 5) \\ &= 20t + 5 \end{aligned}$$

ที่เวลา 2 วินาที จะได้

$$= 45 \text{ m/s}$$

หาความเร่ง โดยใช้สมการที่ (3-4) จาก

$$a = \frac{d^2s}{dt^2}$$

$$a = \frac{d^2}{dt^2}(20t^2 + 5t + 10)$$

$$a = \frac{d}{dt}(20t + 5)$$

$$a = 20 \text{ m/s}^2$$

นั่นคือ ความเร็วที่เวลาเท่ากับ 2 วินาที ของรถสองแถวนี้เท่ากับ 45 m/s แต่มีความเร่งเท่ากับ 20 m/s² และจากคำตอบที่ได้เราจะเห็นว่าความเร่งไม่ขึ้นอยู่กับเวลาเนื่องจากไม่ว่าเวลาจะผ่านไปเท่าไรความเร่งก็ยังเท่าเดิม นั่นคือ รถสองแถวคันนี้กำลังเคลื่อนที่ด้วยความเร่งคงตัวนั่นเอง

ตัวอย่างที่ 3.6 วัตถุชนิดหนึ่งมีสมการการเคลื่อนที่เป็น $S = 2t^3 + t^2 + 2t + 2$

จงหาความเร็วและความเร่งของวัตถุนี้ที่เวลา 1 วินาที

วิธีทำ จากสมการที่ (3-2) จะได้ความเร็ว

$$\begin{aligned} v &= \frac{d}{dt}(2t^3 + t^2 + 2t + 2) \\ &= 4t^2 + 2t + 2 \end{aligned}$$

ที่เวลา 1 วินาทีจะได้

$$4 + 2 + 2 = 8 \text{ m/s}$$

และจากสมการที่ (3-4) จะได้ความเร่ง

$$\begin{aligned} a &= \frac{d}{dt}(4t^2 + 2t + 2) \\ &= 8t + 2 \end{aligned}$$

เป็นเวลา 1 วินาที จะได้ความเร่งเท่ากับ 10 m/s^2

นั่นคือจะได้รับความเร็วและความเร่งเป็นเวลา 1 วินาที คือ 8 และ 10 m/s^2 ตามลำดับ

ตัวอย่างที่ 3.7 กัมพลขับรถไปตามทางเส้นตรงด้วยอัตราเร็ว 80 กิโลเมตรต่อชั่วโมง พอขับมาได้ระยะทาง 10 กิโลเมตร เกิดน้ำมันหมดและรถอยู่ห่างจากปั้มน้ำมันเป็นระยะทาง 2 กิโลเมตร กัมพลจึงต้องเดินทางไปซื้อน้ำมันโดยใช้เวลาในการเดิน 20 นาที จงคำนวณหา

(ก) การกระจัด (Δx) ของการเดินทางจากจุดเริ่มต้นไปยังปั้มน้ำมัน

(ข) ช่วงเวลา (Δt) ในการเดินทางทั้งหมดของกัมพล

(ค) ความเร็วเฉลี่ย (v_{av}) จากจุดเริ่มต้นไปยังปั้มน้ำมัน

วิธีทำ (ก) การกระจัดของการเดินทางจากจุดเริ่มต้นไปยังปั้มน้ำมัน

กำหนดให้ จุดเริ่มต้นของการเดินทาง คือตั้งแต่รถเคลื่อนที่ไปได้ 10 กิโลเมตร

และจุดสุดท้ายอยู่ที่ปั้มน้ำมัน นั่นคือ $10 + 2 = 12$ กิโลเมตร

ดังนั้น การกระจัดมีขนาดเท่ากับ 12 กิโลเมตร

(ข) ช่วงเวลาในการเดินทางของกัมพลแบ่งออกเป็นสองช่วง คือช่วงแรกเป็นช่วงขับรถ และช่วงที่สองเป็นช่วงของการเดินจากตำแหน่งน้ำมันหมดไปยังปั้มน้ำมันในช่วงแรกขับรถด้วยความเร็ว 80 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และขับไปได้ระยะทางทั้งหมด 10 กิโลเมตร ดังนั้นช่วงแรกเวลาที่ขับรถมีค่าเท่ากับ

$$\Delta t = \frac{\Delta x}{\Delta v} = \frac{10 \text{ km}}{80 \text{ km/h}} = 0.125 \text{ h}$$

และในช่วงที่สองใช้เวลาในการเดินทาง 20 นาที หรือ 0.3 ชั่วโมง

ดังนั้นช่วงเวลาในการเดินทางทั้งหมดมีค่าเท่ากับ $0.125 + 0.3 = 0.425$ ชั่วโมง

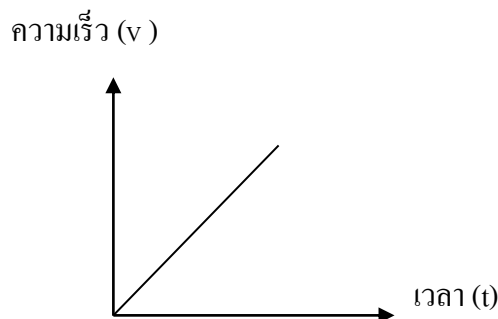
(ค) ความเร็วเฉลี่ย (v_{av}) จากจุดเริ่มต้นไปยังปั้มน้ำมันมีค่าเท่ากับ

$$\begin{aligned} v_{av} &= \frac{12 \text{ km}}{0.425 \text{ h}} \\ &= 28.24 \text{ km/h} \end{aligned}$$

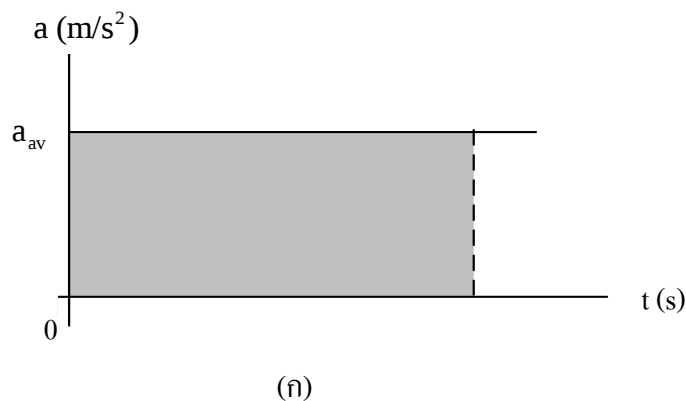
ดังนั้นความเร็วเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 28.24 กิโลเมตร/ชั่วโมง

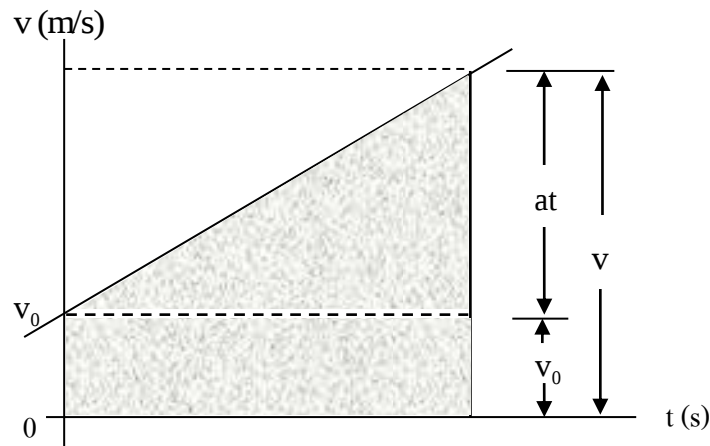
3.4 การเคลื่อนที่ด้วยความเร่งคงตัว (Motion with constant acceleration)

หัวข้อที่ผ่านมาเราได้ศึกษาลักษณะการเคลื่อนที่ของวัตถุที่มีความเร็วและความเร่งที่แตกต่างกัน แต่ในกรณีที่วัตถุมีการเคลื่อนที่ด้วยความเร็วที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในลักษณะสม่ำเสมอ เช่น การเคลื่อนที่ของสิ่งของที่ตกจากที่สูงในแนวตั้ง วัตถุจะเคลื่อนที่ภายใต้ความโน้มถ่วงของโลก ซึ่งมีค่าคงตัวที่บริเวณใกล้พื้นผิวของโลก เป็นลักษณะการเคลื่อนที่อีกแบบหนึ่งของวัตถุ โคนการเคลื่อนที่เช่นนี้จะมีลักษณะการเคลื่อนที่ด้วยความเร่งคงตัว ในหัวข้อนี้เราจะมาศึกษาสมการที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ด้วยความเร่งคงตัว พิจารณาภาพที่ 3.4 เป็นกราฟระหว่างความเร็วกับเวลา ซึ่งเป็นกราฟเส้นตรงโดยความชันของกราฟที่ได้จะเป็นค่าคงตัว และเป็นค่าของความเร่ง เราจะได้ว่าความเร่งของการเคลื่อนที่ของวัตถุนี้จึงมีค่าคงตัว



ภาพที่ 3.4 การเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงด้วยความเร่งคงตัว





ภาพที่ 3.5 กราฟแสดงการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงด้วยความเร่งคงตัว (ก) กราฟระหว่างความเร่งและเวลา (ข) กราฟระหว่างความเร็วและเวลา

พิจารณาภาพที่ 3.5 (ก) และภาพที่ 3.5 (ข) เมื่อนำค่าความสัมพันธ์ระหว่างความเร่งและเวลาของการเคลื่อนที่ในกรณีที่ความเร่งคงตัวมาเขียนกราฟ กราฟของความเร่งจะเป็นเส้นตรงและมีค่าคงตัว ในขณะที่เมื่อนำมาเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับเวลาลักษณะของกราฟจะเป็นเส้นตรงที่มีการเพิ่มขึ้นอย่างสม่ำเสมอ หรือเราเรียกได้ว่ามีความชันคงตัว

พิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างการกระจัด และความเร็ว ในช่วงเวลาใดๆ สำหรับกรณีที่ความเร่งมีค่าคงตัว จะได้ว่า

$$a_{av} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} \quad (3.5)$$

และเมื่อให้ระยะเวลาเริ่มต้นเป็นศูนย์ ($t_1 = 0$) และ t_2 เป็นระยะเวลาใดๆที่ t และให้ v_{0x} แทนความเร็วที่เวลาเริ่มต้น และ v_x แทนความเร็วที่เวลา t ใดๆ จากสมการที่ (3.5)

จะได้ว่า

$$a_{av} = \frac{v_x - v_{0x}}{t}$$

หรือ

$$v_x = v_{0x} + at \quad (3.6)$$

และจากสมการของความเร็วเฉลี่ยที่เวลาตั้งแต่เริ่มต้น $t=0$ ไปยังเวลา t ใดๆ เมื่อวัตถุเริ่มเคลื่อนที่จากตำแหน่งเริ่มต้น x_0 ไปที่ตำแหน่ง x เราสามารถหาค่าความเร็วเฉลี่ยได้จากสมการ

$$v_{av} = \frac{x - x_0}{t} \quad (3.7)$$

และถ้าจะหาความเร็วเฉลี่ยที่จุดเริ่มต้นการเคลื่อนที่ (x_0) ไปยังตำแหน่งการเคลื่อนที่ที่เวลา t ใดๆ หรือตำแหน่ง x จะได้ว่า

$$v_{av} = \frac{v_{0x} + v_x}{2} \quad (3.8)$$

ถ้าความเร่งมีค่าคงตัว เราจะสามารถหาขนาดของความเร็วเฉลี่ย ที่เวลา t ใดๆ ได้จากสมการที่ (3.6) โดยการแทนสมการที่ (3.6) ลงในสมการที่ (3.8) เราจะได้

$$\begin{aligned} v_{av} &= \frac{1}{2}(v_{0x} + v_{0x} + at) \\ &= v_{0x} + \frac{1}{2}at \end{aligned} \quad (3.9)$$

จากสมการที่ (3.9) และ (3.7) เราจะได้

$$\begin{aligned} v_{0x} + \frac{1}{2}at &= \frac{x - x_0}{t} \\ x &= x_0 + v_{0x}t + \frac{1}{2}at^2 \end{aligned} \quad (3.10)$$

จากสมการ (3.10) เราสามารถเขียนได้อีกแบบคือ

$$\begin{aligned} x - x_0 &= \frac{1}{2}t(2v_{0x} + at) \\ &= \frac{1}{2}t(v_{0x} + v_{0x} + at) \end{aligned}$$

และจาก (3.6) $v_x = v_{0x} + at$ และ $a = \frac{v_x - v_{0x}}{t}$ หรือ $t = \frac{v_x - v_{0x}}{a}$ เมื่อแทนลง

ในสมการข้างต้นจะได้

$$x - x_0 = \frac{1}{2}(v_{0x} + v_x)t \quad (3.11)$$

$$\text{และ} \quad = \frac{1}{2}(v_x + v_{0x})\left(\frac{v_x - v_{0x}}{a}\right)$$

$$x - x_0 = \frac{v_x^2 - v_{0x}^2}{2a}$$

หรือ

$$v_x^2 = v_{0x}^2 + 2a(x - x_0) \quad (3.12)$$

เราสามารถสรุปสมการการเคลื่อนที่ด้วยความเร่งคงตัวได้ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 สรุปสมการการเคลื่อนที่สำหรับการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงด้วยความเร่ง (a) คงตัว

สมการ	ความสัมพันธ์
1. $v_x = v_{0x} + at$	ความเร็วเป็นฟังก์ชันของเวลา
2. $x - x_0 = v_{0x}t + \frac{1}{2}at^2$	การกระจัดเป็นฟังก์ชันของเวลา
3. $x - x_0 = \frac{1}{2}(v_{0x} + v_x)t$	การกระจัดเป็นฟังก์ชันของความเร็วและเวลา
4. $v_x^2 = v_{0x}^2 + 2a(x - x_0)$	ความเร็วเป็นฟังก์ชันของการกระจัด

ตัวอย่างที่ 3.7 รถยนต์คันหนึ่งเคลื่อนที่ไปตามเส้นตรงและเพิ่มความเร็วจากหยุดนิ่งไปเป็น 42 เมตรต่อวินาที ภายในเวลา 8 วินาที โดยมีค่าความเร่งคงตัว จงหา (ก) ขนาดของความเร่งของรถบรรทุกคันนี้ (ข) จงหาระยะทางที่รถยนต์เคลื่อนที่ภายในเวลา 8 วินาทีและ (ค) อัตราเร็วของ

รถยนต์คันนี้เป็นเท่าไรหลังจากเวลา 10 วินาที ที่เคลื่อนที่จากจุดเริ่มต้นโดยให้ $= 5.25$ เมตรต่อวินาที

วิธีทำ (ก) เมื่อ และความเร็วหลังจาก 8 วินาที เป็น 42 เมตรต่อวินาที

$$\begin{aligned} \text{เราสามารถใส่สมการ} \quad v_x &= v_{0x} + at \\ \text{จะได้} \quad a &= \frac{v_x - v_{0x}}{t} \\ &= \frac{42 \text{ m/s}}{8 \text{ s}} \\ &= 5.25 \text{ m/s}^2 \end{aligned}$$

(ข) จงหาระยะทางที่รถยนต์เคลื่อนที่ภายในเวลา 8 วินาที

โดยกำหนดให้จุดเริ่มต้น $x_0 = 0$ จากสมการ (3.11)

$$\begin{aligned} x &= \frac{1}{2}(v_{0x} + v_x)t \\ &= \frac{1}{2}(42 \text{ m/s})(8 \text{ s}) \\ &= 168 \text{ m} \end{aligned}$$

(ค) ความเร็วของรถยนต์คันนี้หลังจากเวลา 10 s ที่เคลื่อนที่จากจุดเริ่มต้น

โดยให้ $a = 5.25 \text{ m/s}^2$ เราสามารถใช้สมการ

$$\begin{aligned} v_x &= v_{0x} + at \\ \text{โดยเมื่อ } v_{0x} &= 0, t = 10 \text{ s และ } a = 5.25 \text{ m/s}^2 \\ v_x &= 0 + (5.25 \text{ m/s}^2)(10 \text{ s}) \\ &= 5.25 \text{ m/s}^2 \end{aligned}$$

ตัวอย่างที่ 3.8 อนุภาคตัวหนึ่งเคลื่อนที่ด้วยความเร่งคงตัว โดยมีความเร็วเปลี่ยนแปลงจากความเร็ว 3×10^4 เมตรต่อวินาที ไปเป็น 5×10^6 เมตรต่อวินาที ในช่วงระยะทาง 2 เซนติเมตร โดยเคลื่อนที่เป็นเส้นตรง จงคำนวณหา (ก) ช่วงเวลาในการเคลื่อนที่ของอนุภาคตัวนี้ และ (ข) ความเร่งของอนุภาค

$$\begin{aligned} \text{วิธีทำ (ก) จาก} \quad x - x_0 &= \frac{1}{2}(v_{0x} + v_x)t \\ t &= \frac{2(x - x_0)}{v_{0x} + v_x} \\ &= \frac{2(2 \times 10^{-2} \text{ m})}{(3 \times 10^4 + 5 \times 10^6) \text{ m/s}} \end{aligned}$$

$$= 7.95 \times 10^{-9} \text{ s}$$

ดังนั้นอนุภาคใช้เวลาในการเคลื่อนที่เท่ากับ $7.95 \times 10^{-9} \text{ s}$

(ข) หาความเร่งของอนุภาค

จาก $v_x = v_{0x} + at$
จะได้ว่า

$$\begin{aligned} a &= \frac{v_x - v_{0x}}{t} \\ &= \frac{(5 \times 10^6 - 3 \times 10^4) \text{ m/s}}{7.95 \times 10^{-9} \text{ s}} \\ &= 6.25 \times 10^{14} \text{ m/s}^2 \end{aligned}$$

ดังนั้นอนุภาคมีความเร่งเท่ากับ $6.25 \times 10^{14} \text{ m/s}^2$

3.5 การตกเสรี (Free fall)

การเคลื่อนที่ในแนวตั้งถือเป็นการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง โดยเราพิจารณาว่าเป็นการเคลื่อนที่แนวแกน y โดยถ้าเป็นการเคลื่อนที่โดยอิสระภายใต้ความเร่งเนื่องจากความโน้มถ่วงของโลก เราจะเรียกการเคลื่อนที่เช่นนี้ว่า การตกเสรี สาเหตุของการเคลื่อนที่มาจากแรงดึงดูดของโลก เท่านั้นที่มากระทำกับวัตถุ ลักษณะของการเคลื่อนที่นี้อาจจะมีทิศขึ้นหรือลงก็ได้ ตัวอย่างเช่นเราปล่อยให้วัตถุใด ๆ ตกลงมาจากดาดฟ้าของตึก เราจะเห็นว่าวัตถุจะไม่มีแรงอื่นมากระทำเลย นอกจากแรงที่เกิดจากความโน้มถ่วงของโลก ซึ่งจะเป็นแรงที่จะดึงให้วัตถุทุกอย่างตกลงมา

การตกอย่างเสรีใกล้ระดับพื้นผิวโลกของเรานั้นเป็นการเคลื่อนที่ที่มีความเร่งคงตัว และมีขนาดของความเร่งประมาณ 9.81 เมตรต่อวินาที² เรียกความเร่งนี้ว่า ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงโลก (Gravitational Acceleration, g) โดยจะมีทิศพุ่งลงสู่จุดศูนย์กลางของโลก ดังนั้นโดยปกติแล้ววัตถุที่เคลื่อนที่ในแนวตั้งและมีทิศลง จึงเป็นวัตถุที่มีความเร่งมีค่าเป็นบวก ส่วนวัตถุที่เคลื่อนที่ทิศขึ้นแนวเส้นตรงจะมีความเร่งมีค่าเป็นลบ (เราต้องเป็นคนกำหนดทิศทางของเครื่องหมาย) สำหรับการคำนวณการเคลื่อนที่แบบการตกเสรี จะใช้สมการเดียวกันกับเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงด้วยความเร่งคงตัว แต่เปลี่ยนความเร่ง (a) ให้เป็นค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงโลก (g) นั่นก็คือ จะได้สมการการเคลื่อนที่ในแนวตั้งดังข้างล่าง

$$v_y = v_{0y} - gt \quad (3.13)$$

$$y = y_0 + v_{0y}t - \frac{1}{2}gt^2 \quad (3.14)$$

$$v_y^2 = v_{0y}^2 - 2g(y - y_0) \quad (3.15)$$

ตัวอย่างที่ 3.9 โยนก้อนหินขึ้นไปในอากาศด้วยความเร็วเริ่มต้น 20 เมตรต่อวินาที จงหา

- (ก) ระยะสูงสุดที่ก้อนหินขึ้นไปได้
- (ข) เวลาที่ก้อนหินตกกลับลงมาที่ตำแหน่งเริ่มต้น
- (ค) ความเร็วเมื่อวัตถุตกกลับลงมาที่ตำแหน่งเริ่มต้น
- (ง) เวลาที่ก้อนหินอยู่สูงจากจุดเริ่มต้น 12 เมตร

วิธีทำ (ก) ระยะทางสูงสุดที่ก้อนหินขึ้นไปได้ก็ต่อเมื่อ $v_y = 0$ ก่อนที่จะตกลงสู่พื้น เมื่อกำหนดให้ $y_0 = 0$

$$\begin{aligned} \text{จาก} \quad v_y^2 &= v_{0y}^2 - 2g(y - y_0) \\ y - y_0 &= \frac{v_{0y}^2 - v_y^2}{2g} \\ &= \frac{(20 \text{ m/s}^2)^2 - 0}{2(9.8 \text{ m/s}^2)} \\ &= +20.4 \text{ m} \end{aligned}$$

(ข) เวลาที่ก้อนหินตกกลับลงมาที่ตำแหน่งเริ่มต้น $y = y_0 = 0$

$$\begin{aligned} \text{จาก} \quad y &= y_0 + v_{0y}t - \frac{1}{2}gt^2 \\ 0 &= 20t - \frac{1}{2}gt^2 \\ t &= 4.1 \text{ s} \end{aligned}$$

(ค) ความเร็วเมื่อก้อนหินตกกลับลงมาที่ตำแหน่งเริ่มต้น

จากข้อ (ข) เวลาที่ก้อนหินตกกลับลงมาที่ตำแหน่งเริ่มต้นเท่ากับ 4.1 s และ

$$v_{0y} = 20 \text{ m/s}$$

$$\begin{aligned} \text{จาก} \quad v_y &= v_{0y} - gt \\ &= 20 \text{ m/s} - (9.8 \text{ m/s}^2)(4.1 \text{ s}) \\ &= -20 \text{ m/s} \end{aligned}$$

(ง) เวลาที่ก้อนหินอยู่สูงจากจุดเริ่มต้น 12 เมตร เมื่อต้องการหา t

จาก $y = y_0 + v_{0y}t - \frac{1}{2}gt^2$

$$12 = 20t - \frac{1}{2}(9.8)t^2$$

จาก สูตรควอดราติก เมื่อ $at^2 + bt + c = 0$

ซึ่งจะสามารถหาคำรากของสมการได้เป็น $t = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$

ซึ่ง $(4.9\text{m/s}^2)t^2 - (20\text{m/s})t + 12 = 0$

จะได้ $t = \frac{20\text{m/s} \pm \sqrt{(20\text{m/s})^2 - 4(4.9\text{m/s}^2)(12\text{m})}}{2(4.9\text{m/s}^2)}$

$$t = 0.45\text{s}, 3.6\text{s}$$

เหตุที่มีสองคำตอบเนื่องจาก ค่าแรกเป็นค่าเวลาที่ก้อนหินพุ่งขึ้นจากพื้น ส่วนค่าที่สองเป็นค่าตอนที่ก้อนหินตกกลับลงมาโดยที่ค่าเวลาทั้งสองวัตถุจะอยู่สูงจากพื้น 12 เมตร เท่ากัน

ตัวอย่างที่ 3.10 สุมาลีโยนลูกบอลขึ้นไปในอากาศด้วยอัตราเร็วต้น 12 เมตรต่อวินาที จงคำนวณหา

(ก) ลูกบอลใช้เวลาในการเดินทางขึ้นไปยังจุดสูงสุดนานเท่าใด

(ข) ลูกบอลขึ้นไปได้สูงสุดเท่าใด

(ค) ถ้าลูกบอลใช้เวลานานเท่าใดเมื่ออยู่ที่ระดับความสูง 5 เมตร

วิธีทำ (ก) ที่จุดสูงสุด $v = 0$ จากสมการ (3.13) สามารถหา t ได้จาก

$$t = \frac{v_y - v_{0y}}{a} = \frac{0 - 12\text{m/s}}{-9.8\text{m/s}^2} = 1.2\text{s}$$

(ข) เมื่อลูกบอลขึ้นไปถึงตำแหน่งสูงสุดจะมีความเร็วสุดท้ายเป็นศูนย์ ($v_y = 0$)

$$y = \frac{v_y^2 - v_{0y}^2}{2a} = \frac{0 - (12\text{m/s})^2}{2(-9.8\text{m/s}^2)} = 7.3\text{m}$$

ดังนั้นลูกบอลขึ้นไปถึงตำแหน่งสูงสุดเท่ากับ 7.3 เมตร

(ค) เมื่อลูกบอลขึ้นไปได้ที่ระดับความสูง 5.0 เมตร จากสมการ (3.14) จะใช้เวลาในการเดินทางเท่ากับ

$$y = y_0 - \frac{1}{2}gt^2$$

$$5\text{m} = (12\text{m/s})t - \left(\frac{1}{2}\right)(9.8\text{m/s}^2)t^2$$

$$4.9t^2 - 12t + 5.0 = 0$$

$$t = 0.53\text{s}, 1.9\text{s}$$

ดังนั้นจากข้อ (ก) และ (ข) เราจะได้ว่าลูกบอลใช้เวลา 0.53 วินาที

ตัวอย่างที่ 3.11 ปรัชายังปีนลงขึ้นไปในแนวตั้งด้วยความเร็ว 98 เมตรต่อวินาที จากริมหน้าผาสูง 100 เมตร จงหา

- (ก) ความสูงที่ขึ้นไปได้สูงสุดจากพื้นดิน
- (ข) เวลาที่ใช้ไปในการเดินทางขึ้นไปสูงสุด
- (ค) ความเร็วขณะตกถึงพื้นดิน และ
- (ง) เวลาทั้งหมดที่ใช้ไปจนตกถึงพื้นดิน

วิธีทำ (ก) ความสูงที่ขึ้นไปได้สูงสุดจากพื้นดิน

จาก

$$v_y^2 = v_{0y}^2 - 2g(y - y_0)$$

$$0 = (98\text{m/s})^2 - 2(9.8\text{m/s}^2)y$$

$$y = 490\text{ m}$$

ดังนั้นกระสุนปืนลงจะขึ้นไปได้สูงจากพื้นดิน 590 เมตร

(ข) เวลาที่ใช้ไปในการเดินทางขึ้นไปสูงสุด

$$v_y = v_{0y} - gt$$

$$0 = 98\text{m/s} - (9.8\text{m/s}^2)t$$

เวลาที่ใช้ไปในการเดินทางขึ้นไปสูงสุดคือ 10 วินาที

(ค) ความเร็วขณะตกถึงพื้นดิน

$$v_y^2 = v_{0y}^2 - 2g(y - y_0)$$

$$v_y^2 = (98\text{m/s})^2 - 2(9.8\text{m/s}^2)(-100\text{m})$$

$$v_y = \sqrt{11564\text{m/s}}$$

$$= 107.5\text{m/s}$$

$$= 108\text{m/s}$$

(ง) เวลาทั้งหมดที่ใช้ไปจนตกถึงพื้นดิน

$$\begin{aligned}v_y &= v_{0y} - gt \\ -107.5\text{m/s} &= 98\text{m/s} - (9.8\text{m/s}^2)t \\ t &= 21\text{s}\end{aligned}$$

ดังนั้นเวลาที่ใช้ทั้งหมดคือ 21 วินาที

บทสรุป

เมื่อวัตถุมีการเคลื่อนที่จะเกิดปริมาณทางฟิสิกส์ได้ทั้งปริมาณสเกลาร์และปริมาณเวกเตอร์ เช่น ระยะทาง การกระจัด ความเร็ว อัตราเร็ว และความเร่ง เป็นต้น ซึ่งเราจะใช้สมการการเคลื่อนที่ในการคำนวณหาความสัมพันธ์ของค่าต่างๆ เหล่านี้ได้ สำหรับการเคลื่อนที่ในหนึ่งมิติ แบ่งลักษณะการเคลื่อนที่ออกเป็นตามแนวแกนตั้งหรือแกน y และตามแนวแกนราบหรือแกน x โดยสมการการเคลื่อนที่ในแนวราบในกรณีที่ความเร่งคงตัว คือ

$$\begin{aligned}v_x &= v_{0x} + at \\ x - x_0 &= v_{0x}t + \frac{1}{2}at^2 \\ x - x_0 &= \frac{1}{2}(v_{0x} + v_x)t \\ v_x^2 &= v_{0x}^2 + 2a(x - x_0)\end{aligned}$$

ส่วนการตกอย่างเสรีหรือตกอย่างอิสระนั้น เป็นการเคลื่อนที่ของวัตถุที่ตกอย่างอิสระภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลก เป็นการเคลื่อนที่ด้วยความเร่งคงตัวเท่ากับความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงโลก ดังนั้นจึงสามารถใช้สมการข้างบนในการคำนวณได้โดยการเปลี่ยนความเร่งให้เป็นความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงโลกได้

กิจกรรมการทดลอง

แบบบันทึกกิจกรรมการทดลอง

เรื่อง การศึกษาปริมาณการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง

วันที่.....เดือนพ.ศ. 25.....สาขาวิชา.....กลุ่มเรียน

ผู้ร่วมงานรหัส

ผู้ร่วมงานรหัส

ผู้ร่วมงานรหัส

ผู้ร่วมงานรหัส

ผู้ร่วมงานรหัส

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร ระยะทาง อัตราเร็ว และอัตราเร่ง
2. เพื่อคำนวณค่าอัตราเร็ว และอัตราเร่งของวัตถุที่ตกอย่างอิสระภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลกที่ได้จากผลการทดลอง

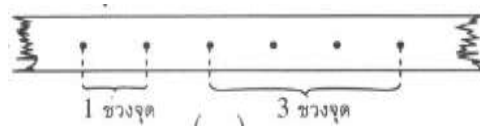
วัสดุและอุปกรณ์การทดลอง

1. ชุดเครื่องเคาะสัญญาณเวลาแบบความถี่ 50 Hz
2. แถบกระดาษขาว
3. กระดาษคาร์บอน
4. ไม้บรรทัดยาว 60 เซนติเมตร
5. มวล 100 กรัม
6. กระดาษกราฟชนิดมีเส้น

ความรู้เบื้องต้นก่อนการทดลอง

เครื่องเคาะสัญญาณเวลา (Ticker-tapes timer)

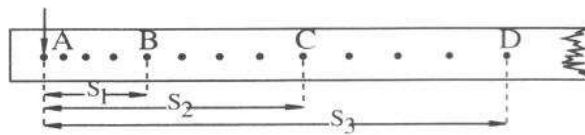
เครื่องเคาะสัญญาณเวลา จะเคาะสัญญาณลงบนจุดของแถบกระดาษขาวโดยอาศัยกระดาษคาร์บอนทำให้เกิดสี ซึ่งเครื่องเคาะสัญญาณเวลาจะเคาะด้วยความถี่คงที่ 50 เฮิรท์ หรือ 50 ครั้งต่อ 1 วินาที ดังนั้นในแต่ละช่วงจุดสีบนแถบกระดาษขาว 1 ช่องจะมีช่วงเวลาที่ห่างกัน $1/50$ วินาที



รูปที่ 1 แสดงตัวอย่างของแถบกระดาษขาวและการวัดช่วงเวลา

จากรูปที่ 1 จะเห็นว่า ช่วงระยะห่าง 1 จุด จะใช้เวลา $1/50$ วินาที ช่วงระยะห่าง 3 จุด จะใช้เวลา $3/50$ วินาที

ระยะทางและอัตราเร็วเฉลี่ย

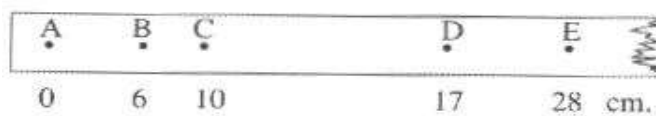


รูปที่ 2 แสดงตัวอย่างของแถบกระดาษขาวและการวัดระยะทาง

จากรูปที่ 2 จะเห็นว่าในการวัดช่วงระยะทางจะต้องเริ่มวัดจากจุดเริ่มต้นเสมอ โดยที่จุดเริ่มต้นไม่จำเป็นต้องเป็นจุดแรกในแถบกระดาษขาว แต่จะเป็นจุดที่สังเกตได้ง่าย

เราสามารถหาอัตราเร็วเฉลี่ยในช่วง S_1 ได้จาก $v_1 = \frac{S_1}{t}$

อัตราเร็วขณะใดขณะหนึ่ง



รูปที่ 3 แสดงแถบกระดาษขาวที่วัดระยะทางเรียบร้อยแล้ว

อัตราเร็วขณะใดขณะหนึ่งหมายถึงความเร็วที่เวลา t ใดที่เราสนใจ ซึ่งสามารถหาความเร็วขณะใดขณะหนึ่งได้จากการหาระยะทางคร่อมจุดเวลานั้นหารด้วยช่วงเวลาที่คร่อม

$$V_C = \frac{S_D - S_B}{\Delta t}$$

ตัวอย่างเช่น ความเร็วขณะใดขณะหนึ่งที่จุด C จากสมการ จะได้

$$V_C = \frac{17 \times 10^{-2} - 10 \times 10^{-2}}{\frac{3}{50} - \frac{1}{50}}$$

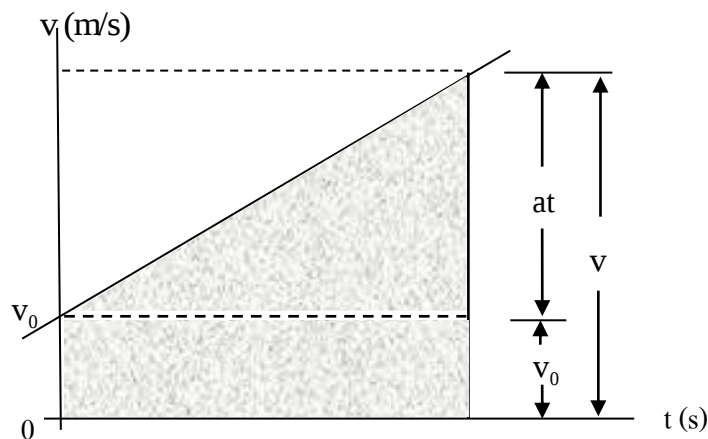
$$V_C = \frac{7 \times 10^{-2}}{\frac{2}{50}}$$

$$V_C = 7 \times 10^{-2} \times 25$$

$$V_C = 1.75 \text{ m/s}$$

การคำนวณหาอัตราเร่ง

กรณีวัตถุตกอย่างอิสระ วัตถุจะตกลงสู่พื้นโลกด้วยความเร่งคงที่ g ความเร่งนี้ถูกเรียกว่า “ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วง” ซึ่งมีค่าคงที่ 9.8 m/s^2 ในทิศทางพุ่งลงสู่พื้นโลก ซึ่งเราสามารถหาได้โดยการนำความเร็ว ณ ตำแหน่งต่างๆ มาพลอตกราฟกับเวลา ดังรูป



รูปที่ 4 สมการเส้นตรงของกราฟที่พลอตระหว่างอัตราเร็วและเวลา

จากสมการการเคลื่อนที่ $v_y = v_{0y} - gt$

เปรียบเทียบกับสมการเส้นตรง $y = mx + c$

จะได้ว่า g คือ ค่าความชัน หรือ m ของเส้นตรง และ ความเร็วต้นของวัตถุ คือ จุดตัดแกน y ของสมการเส้นตรง ดังนั้นเราสามารถคำนวณหาความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วง g ได้ จากความชันของกราฟที่พลอตขึ้นระหว่างอัตราเร็วและเวลานั่นเอง

วิธีการทดลอง

1. นำแถบกระดาษสอดเข้าไปใต้แผ่นกระดาษคาร์บอน แล้วนำปลายอีกด้านผูกติดกับมวล 100 กรัม

2. ติดตั้งเครื่องเคาะสัญญาณเวลา และเปิดเครื่องเคาะสัญญาณ
3. ปลอ่ยให้วัตถุตกอย่างอิสระ เพื่อให้ดึงแถบกราฟผ่านเครื่องเคาะสัญญาณเวลา
4. นำแถบกระดาษที่ได้มาบันทึกค่า ระยะทางและเวลาที่ละ 2 ช่วงจุด เพื่อคำนวณหาอัตราเร็ว
5. นำอัตราเร็วที่ได้ในแต่ละช่วงจุดไปพลอตกราฟกับเวลา เพื่อหาค่าความเร่งในที่นี้คือค่า g
6. เปรียบเทียบค่า g ที่ได้จากการทดลองกับค่าทางทฤษฎี

ตารางบันทึกผลการทดลอง

ตารางที่ 1 ระยะทางและเวลาแต่ละช่วงจุด

ตำแหน่งจุด	S_1	S_3	S_5	S_7	S_9	S_{11}	S_{13}	S_{15}
ระยะทาง (เมตร)								
เวลา	1/50	3/50	5/50	7/50	9/50	11/50	13/50	15/50

ตารางที่ 2 อัตราเร็วชั่วขณะใดขณะหนึ่ง ณ เวลาต่าง ๆ

ตำแหน่ง ความเร็ว	V_2	V_4	V_6	V_8	V_{10}	V_{12}	V_{14}
ระยะการ เคลื่อนที่	S_3-S_1	S_5-S_3	S_7-S_5	S_9-S_7	$S_{11}-S_9$	$S_{13}-S_{11}$	$S_{15}-S_{13}$
ΔS (เมตร)							
ช่วงเวลา เวลา Δt (วินาที)	2/50	2/50	2/50	2/50	2/50	2/50	2/50
$v = \frac{\Delta S}{\Delta t}$ (เมตร/ วินาที)							

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

แบบฝึกหัด

1. ดวงสมรออกวิ่งไปทางทิศตะวันออก (ทิศ +x) เป็นระยะทาง 200 เมตร ด้วยอัตราเร็วเฉลี่ย 5 เมตรต่อวินาที แล้ววิ่งไปทางทิศตะวันตกเป็นระยะทาง 280 เมตร ด้วยอัตราเร็วเฉลี่ย 4 เมตรต่อวินาที จงคำนวณหา (ก) อัตราเร็วเฉลี่ยของสมชายจากจุดเริ่มต้นไปจนถึงสิ้นสุดในทิศตะวันออก และ (ข) ความเร็วเฉลี่ยของการเคลื่อนที่ทั้งหมด
2. รถยนต์บรรทุกคันหนึ่งกำลังวิ่งเป็นเส้นตรงไปตามถนนเส้นหนึ่ง โดยสมการมีสมการเคลื่อนที่ที่เป็น $x(t) = \alpha t^2 - \beta t^3$ เมื่อ $\alpha = 1.5 \text{ m/s}^2$ และ $\beta = 0.05 \text{ m/s}^3$ จงหาความเร็วเฉลี่ยของรถสำหรับช่วงเวลา (ก) $t = 0$ ถึง $t = 2 \text{ s}$ (ข) $t = 0$ ถึง $t = 4 \text{ s}$ และ (ค) $t = 2 \text{ s}$ ถึง $t = 4 \text{ s}$
3. รถไฟฟ้ามหานครขบวนหนึ่งเริ่มเคลื่อนที่จากหยุดนิ่งและเร่งด้วยอัตรา 1.6 เมตรต่อวินาทีเป็นเวลานาน 14 วินาที แล้วแล่นด้วยอัตราเร็วคงที่เป็นเวลา 70 วินาที และแล่นช้าลงด้วยอัตรา $3.5 \text{ เมตรต่อวินาที}^2$ จนกระทั่งหยุดที่สถานีต่อไป จงหาระยะทางทั้งหมดที่แล่นได้
4. รถยนต์คันหนึ่งกำลังวิ่งไปข้างหน้าด้วยความเร่งคงที่ $3.2 \text{ เมตรต่อวินาที}^2$ ขณะเดียวกันรถจักรยานยนต์ซึ่งวิ่งมาด้วยอัตราเร็วคงที่ $20.0 \text{ เมตรต่อวินาที}$ ก็ไถ่มาทันและแซงรถคันนี้ซึ่งกำลังจะออกพอดิ จงหา (ก) รถยนต์จะไถ่ทันรถจักรยานยนต์ที่ระยะทางเท่าไร และ (ข) รถยนต์กำลังวิ่งด้วยความเร็วเท่าใดขณะที่ไถ่ทันรถจักรยานยนต์พอดิ
5. ปล่อยลูกบอลลงมาจากหลังคาตึกคณะครุศาสตร์ ลูกบอลตกกระทบพื้นในเวลา 2.5 วินาที ถ้าไม่คิดแรงต้านอากาศ และถือว่าลูกบอลตกลงมาอย่างเสรี จงคำนวณหา (ก) ตึกสูงเท่าใดในหน่วยเมตร และ (ข) ความเร็วของลูกบอลมีขนาดเท่าใดก่อนที่มันจะถึงพื้นพอดิ
6. วัตถุชิ้นหนึ่งถูกโยนขึ้นในแนวเกือบตั้งฉากจากจุดเริ่มต้น ตอนตกลงมาและผ่านจุดที่อยู่ต่ำกว่าจุดตั้งต้น 50 เมตร เมื่อเวลาผ่านไป 5 วินาที หลังจากหลุดออกจากมือผู้โยน ไม่ต้องคำนึงถึงแรงต้านอากาศ (ก) อัตราเร็วต้นของวัตถุเป็นเท่าใด (ข) วัตถุขึ้นไปสูงกว่าจุดตั้งต้นเท่าใด (ค) ความเร็วของวัตถุที่จุดสูงสุดมีขนาดเท่าใด และ (ง) จงหาขนาดและทิศของความเร่งของวัตถุที่จุดสูงสุด
7. ลูกบอลดับไฟถูกพ่นขึ้นในแนวดิ่งจากภูเขาไฟลูกหนึ่งด้วยอัตราเร็วต้น 40 เมตรต่อวินาทีไม่ต้องคำนึงถึงแรงต้านอากาศ (ก) ที่เวลาใดหลังจากที่ถูกพ่นออกมาลูกบอล

- ดับไฟจึงจะกำลังเคลื่อนที่ขึ้นด้วยอัตราเร็ว 20 เมตรต่อวินาที(ข) ที่เวลาใด
 หลังจากที่ถูก ฟ่นออกมาลูกบอลดับไฟจึงจะกำลังเคลื่อนที่ลงด้วยอัตราเร็ว 20
 เมตรต่อวินาที(ค) เมื่อใดการกระจัดของลูกบอลจากจุดตั้งต้นมีค่าเป็นศูนย์ (ง)
 เมื่อใดความเร็วของลูกบอลมีค่าเป็นศูนย์
8. เด็กคนหนึ่งยืนอยู่บนหลังคาสูง 50 เมตร ถ้าเด็กคนนีขว้างก้อนหินขึ้นไปใน
 แนวตั้ง ด้วยความเร็ว 20 เมตรต่อวินาที จงหา
- (ก) เวลาที่ใช้เมื่อก้อนหินขึ้นไปยังตำแหน่งสูงสุด
 - (ข) ก้อนหินจะเคลื่อนที่ขึ้นสูงจากยอดตึกเท่าไร
 - (ค) เวลาที่ก้อนหินใช้ในการเคลื่อนที่จากตำแหน่งสูงสุดมายังตำแหน่ง
 ที่เด็กยืน
 - (ง) เมื่อเวลาผ่านไป 5 วินาทีก้อนหินมีความเร็วเท่าไรและอยู่ที่ตำแหน่ง
 ใด

เอกสารอ้างอิง

กองกัญจน์ ภัทรากาญจน์ และชนกาญจน์ ภัทรากาญจน์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

(2552). **ฟิสิกส์ 1 ตัวอย่างและโจทย์พร้อมคำเฉลย**. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่ง
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

คณาจารย์ภาควิชาฟิสิกส์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. (2549). **ฟิสิกส์ 1**. กรุงเทพฯ:
สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เชิญโชค ศรีขวัญ และคณะ, มหาวิทยาลัยมหิดล. (2546). **ฟิสิกส์ทั่วไป 1**. กรุงเทพฯ: คณะ
วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.

ทวี นิยมอ้อย, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. (2541). **ฟิสิกส์พื้นฐานระดับมหาวิทยาลัย 1**.
กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

ปรเมษฐ์ ปัญญาเหล็ก, มหาวิทยาลัยศรีปทุม. (2553). **ปฏิบัติการฟิสิกส์ 1**. กรุงเทพฯ: โรง
พิมพ์มหาวิทยาลัยศรีปทุม.

สุชาติ สุภาพ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี. (2558). **ฟิสิกส์ทั่วไป**. กรุงเทพฯ:
สำนักพิมพ์ทรีปเพิ้ล เอ็ดดูเคชั่น.

Raymond A. Serway, & Chris Vuille. **College Physics 10nd ed.** CT, USA: Cengage
Learning, 2015.

Halliday, D., Resnick, R. & Walker, J. **Fundamentals of Physics 10th ed.** Boston: John
Wiley and Sons, 2007.

Serway, R. A., and Jewett, J. W. **Physics for Scientists and Engineers with Modern
Physics 9th ed.** Belmont: Brooks/Cole-Thomson Learning, 2014.

Serway, R.A., Vuille, C., and Hughes, J., **College Physics 10th ed.** Stamford: Cengage
Learning, 2015.

Thornton, T.S., and Rex, A., **Modern Physics for Scientists and Engineers 4th ed.**
Boston: Brooks/Cole- Cengage Learning, 2013.

Young, H.D., and Freedman, R.A., **Sear's & Zemansky's University Physics with
Modern Physics 14th ed.** Essex: Pearson Education Limited, 2016.