หน่วยที่

4

การเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง

แนวคิด

การเคลื่อนที่ของวัตถุเป็นผลมาจากการที่มีแรงไปกระทำต่อวัตถุ ทำให้วัตถุเปลี่ยนแปลงสภาพโดยเปลี่ยนตำแหน่งจากจุดที่ 1 ไปยังจุดที่ 2 โดยการเปลี่ยนตำแหน่งของวัตถุจะทำให้เกิดปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ โดยลักษณะการเคลื่อนที่เป็นแนวเส้นตรง เป็นการเคลื่อนที่ที่เป็นพื้นฐาน

สาระการเรียนรู้

1. การเคลื่อนที่ของวัตถุ
2. ปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่
3. การเคลื่อนที่ของวัตถุเป็นแนวเส้นตรง
4. การตกแบบเสรี

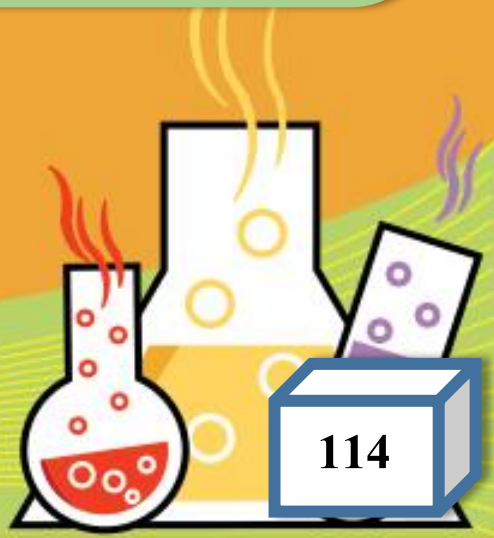
ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง

1. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ได้
2. คำนวณหาความเร็ว อัตราเร็ว ความเร่งของวัตถุได้
3. อธิบายลักษณะของการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงได้
4. คำนวณหาความสัมพันธ์ของปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงได้
5. คำนวณหาความสัมพันธ์ของปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลกได้
6. เพื่อส่งเสริมให้เกิดเจตคติที่ดีต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ มีความสนใจและเห็นคุณค่าของการเรียนวิทยาศาสตร์
7. เพื่อให้ตระหนักถึงความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและวิชาชีพในเชิงที่มีอิทธิพลและผลกระทบซึ่งกันและกัน
8. เพื่อสร้างเจตคติที่เหมาะสมในการใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างมีคุณธรรมและมีความรับผิดชอบต่อตนเอง สังคม และสิ่งแวดล้อม

การเคลื่อนที่ของวัตถุ

การเคลื่อนที่ในแบบเส้นตรง

การเคลื่อนที่ของวัตถุ หมายถึง การที่วัตถุเปลี่ยนตำแหน่งจากจุดหนึ่งไปสู่อีกจุดหนึ่ง เช่น การเคลื่อนที่ของรถยนต์ การวิ่งของคน ในการพิจารณาตำแหน่งของวัตถุ ณ จุดใดจุดหนึ่ง เราจะต้องมีสิ่งที่ใช้ในการอ้างอิง ตัวอย่างเช่น ถ้าถูกถามว่าบ้านของนักเรียนอยู่ตรงไหน นักเรียนก็ต้องพยายามหาสถานที่ที่เป็นที่รู้จัก เช่น วัด.... หรือซอยที่.... สิ่งต่างๆ เหล่านี้เราเรียกว่าเป็นสิ่งที่ใช้ในการอ้างอิง ในการศึกษาเรื่องของการเคลื่อนที่ สิ่งที่เราจะใช้ในการอ้างอิงจะแบ่งออกเป็น 3 ลักษณะ คือ

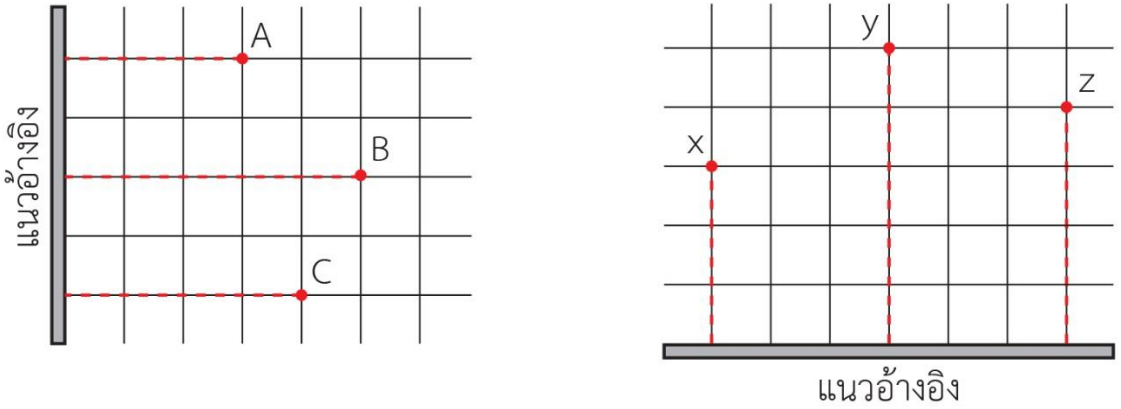


1 จุดอ้างอิง

เป็นการบอกตำแหน่งอย่างง่ายที่สุด โดยลักษณะของคำว่า “จุดอ้างอิง” จะไม่ได้หมายถึงจุดในทางคณิตศาสตร์ แต่จะหมายถึงสิ่งใดสิ่งหนึ่งที่เราใช้เป็นสิ่งที่อ้างอิง เช่น โรงพยาบาล สถานีตำรวจ ฯลฯ การบอกตำแหน่งแบบนี้เป็นการบอกตำแหน่งคร่าวๆ โดยบอกเพียงระยะทางจากจุดอ้างอิงเท่านั้น

2 แนวอ้างอิง

คำว่า แนวอ้างอิง ในที่นี้จะหมายถึง เส้นที่ใช้ในการอ้างอิง ซึ่งแนวเส้นจะเป็นเส้นตรงหรือเส้นโค้งก็ได้ การบอกตำแหน่งโดยใช้แนวอ้างอิง บางทีเราอาจจะต้องหาตำแหน่งที่แท้จริงของวัตถุ โดยการเคลื่อนที่ไปตลอดแนวอ้างอิง สำหรับแนวอ้างอิงที่ใช้ส่วนใหญ่จะนิยมใช้แนวอ้างอิง 2 แนว คือ แนวอ้างอิงแนวราบและแนวอ้างอิงแนวดิ่ง

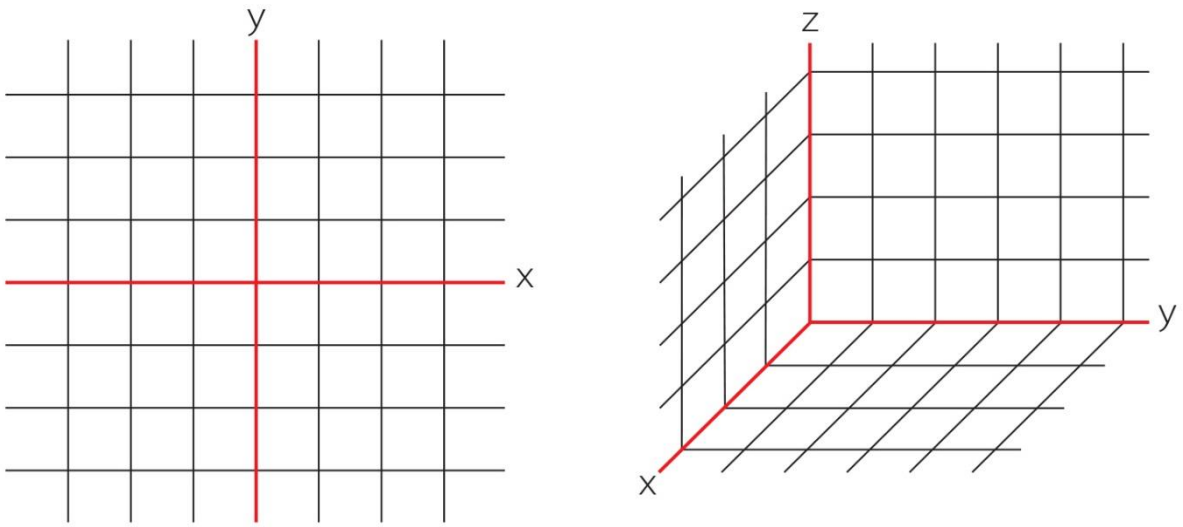


รูปแนวอ้างอิง

การบอกตำแหน่งก็จะบอกเป็นระยะห่างออกมาจากแนวอ้างอิงนั้น โดยระยะห่างจะเป็นระยะที่วัดตั้งฉากกับแนวอ้างอิง

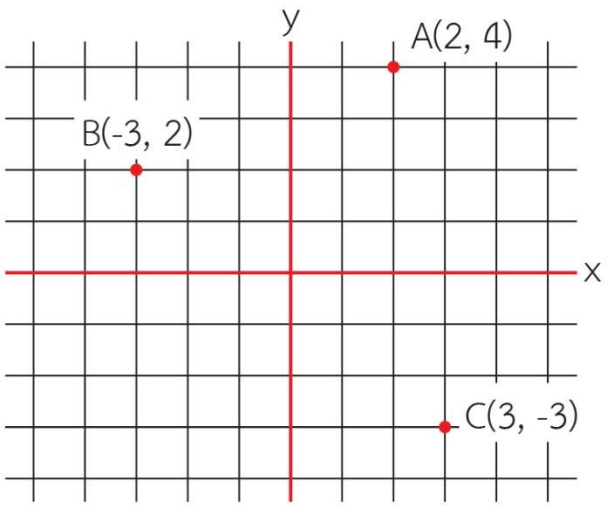
3 แกนอ้างอิง

แกนอ้างอิงเป็นระบบแกนในทางคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นระบบแกน 2 มิติ (x, y) และระบบแกน 3 มิติ (x, y, z) โดยแกนจะตั้งฉากกัน ดังรูป



รูประบบแกนอ้างอิง

การอ้างอิงโดยใช้ระบบแกนจะใช้จุดตัดเป็นจุดอ้างอิงและบอกระยะห่างไปตามแกน โดยมีค่า + และ – ในแต่ละแกน โดยการบอกตำแหน่งจะบอกค่าตามพิกัดแกน x, y, z เรียงกันไป ในที่นี้จะศึกษาเฉพาะ 2 แกน

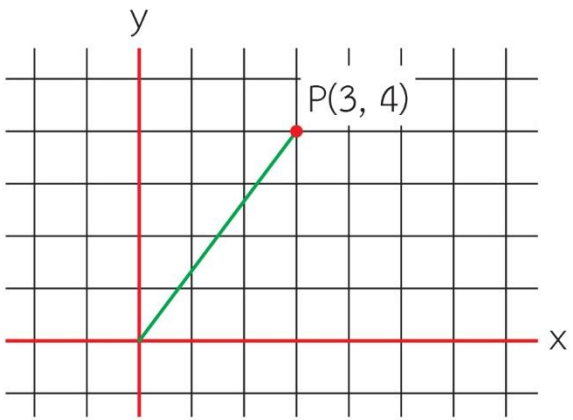


จุด A (2, 4)	มีระยะตามแกน x	2	หน่วย
	มีระยะตามแกน y	4	หน่วย
จุด B (-3, 2)	มีระยะตามแกน x	-3	หน่วย
	มีระยะตามแกน y	2	หน่วย
จุด C (3, -3)	มีระยะตามแกน x	3	หน่วย
	มีระยะตามแกน y	–3	หน่วย

รูปการบอกตำแหน่งทางแกน x และ y

ในการหาค่าระยะห่างของแต่ละจุดจะเป็นระยะที่ห่างจากจุดตัดของแกน (0, 0) ซึ่งจะหาโดยใช้

ในการหาค่าระยะห่างของแต่ละจุดจะเป็นระยะที่ห่างจากจุดตัดของแกน (0, 0) ซึ่งจะหาโดยใช้ทฤษฎีของไพทาโกรัส



$P^2 = x^2 + y^2$

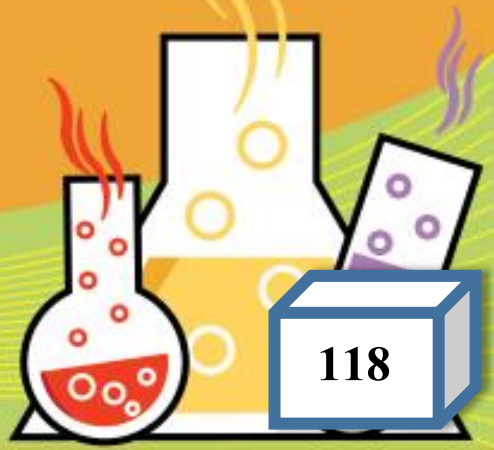
$P^2 = 3^2 + 4^2$

$P^2 = 25$

$P = \sqrt{25}$

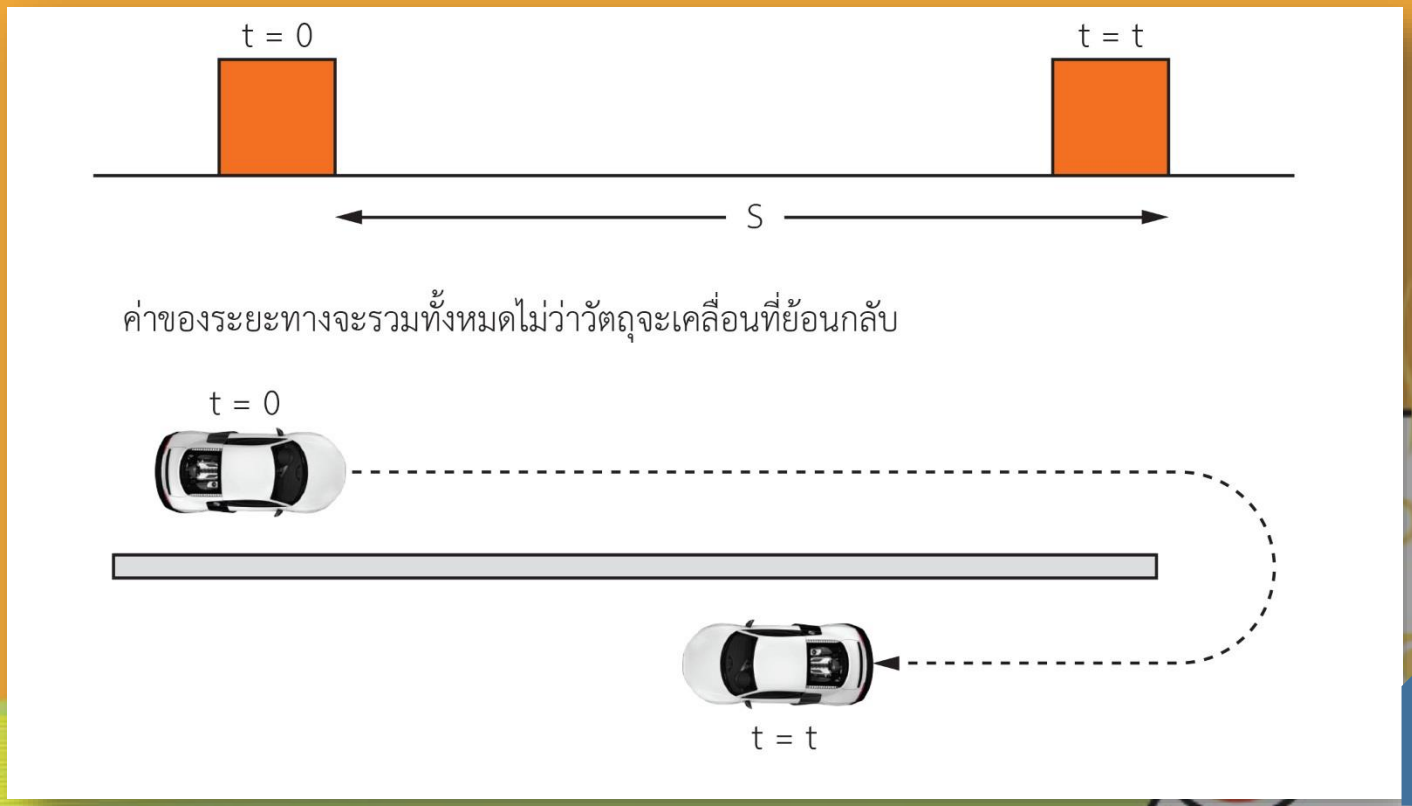
$P = 5$ หน่วย

$\therefore$ P ห่างจากจุดตัดของแกน = 5 หน่วย



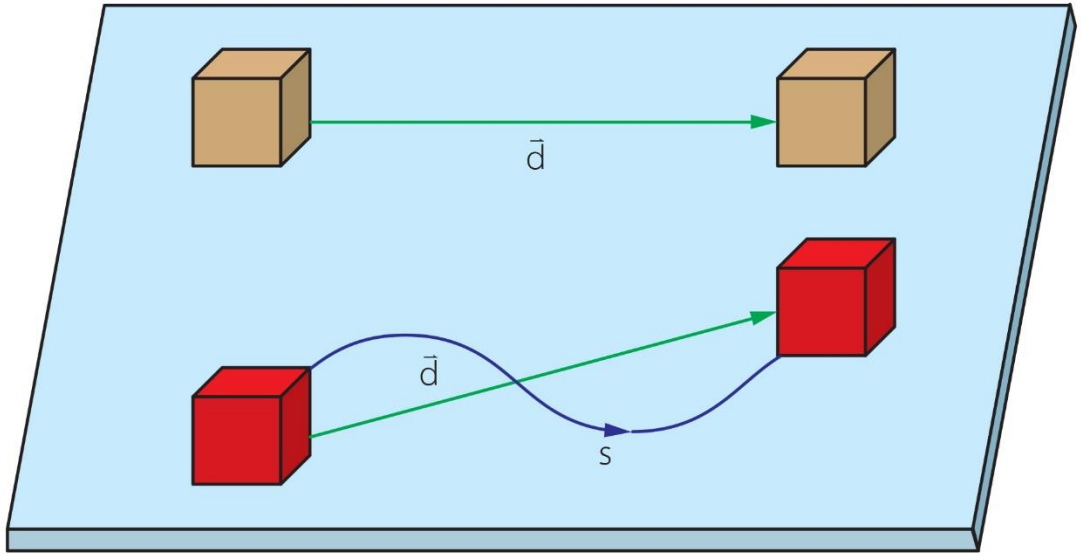
ระยะทาง (S)

เป็นระยะที่นับตั้งแต่จุดเริ่มต้นที่เราสังเกตวัตถุ (t = 0) โดยมีจุดเริ่มต้นเป็นจุดอ้างอิง มีหน่วยเป็นเมตร (m) ค่าของระยะทางจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตามเวลาที่ผ่านไป



การกระจัด (d)

เป็นปริมาณเวกเตอร์ โดยนับตั้งแต่จุดเริ่มต้นไปยังจุดสุดท้ายของการเคลื่อนที่ จะเป็นเส้นตรงมีทิศทางจากจุดเริ่มต้นไปหาจุดสุดท้าย ไม่ว่าวัตถุนั้นจะเคลื่อนที่เป็นแนวเส้นตรงหรือไม่และถ้าวัตถุกลับมาสู่จุดเริ่มต้นการกระจัด ($\vec{d}$) จะมีค่าเป็น 0



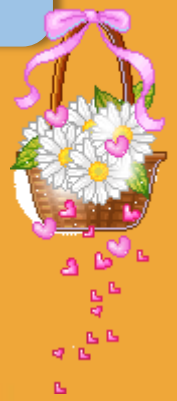
ข้อสังเกต

① วัตถุเคลื่อนที่เป็นแนวเส้นตรง ขนาดของการกระจัด ($|\vec{d}|$) จะมีค่าเท่ากับระยะทาง (s)

② วัตถุเคลื่อนที่กลับมาสู่จุดเดิม การกระจัดมีค่าเป็นศูนย์แต่ระยะทางของวัตถุจะไม่เท่ากับศูนย์

อัตราเร็ว (v)

เมื่อเราสังเกตการเคลื่อนที่ของวัตถุ เราจะพบว่า วัตถุบางวัตถุก็เคลื่อนที่อย่างช้าๆ วัตถุบางวัตถุก็เคลื่อนที่เร็ว หรือในการแข่งขัน โดยกำหนดระยะทางให้เท่ากัน ผู้ชนะจะเป็นผู้ที่ใช้เวลาน้อยที่สุด เรียงกันไป ผู้ที่ใช้เวลามากที่สุดจะเป็นผู้ที่ได้ลำดับสุดท้าย เพื่อให้เห็นความแตกต่างของการเคลื่อนที่ เราจึงนิยามคำว่า อัตราเร็ว (speed) ขึ้นมา



"อัตราเร็ว จะหมายถึง ระยะทางที่เปลี่ยนไปในหนึ่งหน่วยเวลา"

ซึ่งเราสามารถจะแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ คือ

1 อัตราเร็วเฉลี่ย (Average Speed)

เป็นการบอกความเร็วแบบคร่าวๆ ของการเคลื่อนที่โดยนับจากจุดเริ่มต้น (t = 0) ไปถึงเวลาช่วงหนึ่ง (t วินาที) จะได้

$$v_{av} = \frac{S}{t}$$

ตัวอย่างเช่น ในการวิ่งแข่ง 100 เมตร ผู้ชนะทำเวลาได้ 10 วินาที จะได้อัตราเร็วเฉลี่ยของผู้ชนะ

จาก $v_{av} = \frac{S}{t}$

$= \frac{100}{10}$

$= 10$ m/s

อัตราเร็วเฉลี่ย = 10 เมตร/วินาที

แต่ไม่ได้หมายความว่าผู้ชนะจะต้องวิ่งได้ 10 เมตรทุกๆ 1 วินาที วินาทีแรกออกสตาร์ทจะได้น้อยกว่า 10 เมตร แต่วิ่งไปแล้วช่วงหลังอาจจะได้มากกว่า 10 เมตร ใน 1 วินาที

ตัวอย่าง

นักเรียนขี่จักรยานเป็นวงกลมโดยรัศมี 14 เมตรใช้เวลานาน 80 วินาทีจึงครบ 1 รอบ อัตราเร็วเฉลี่ยของการขี่จักรยานมีค่าเท่าไร

วิธีทำ

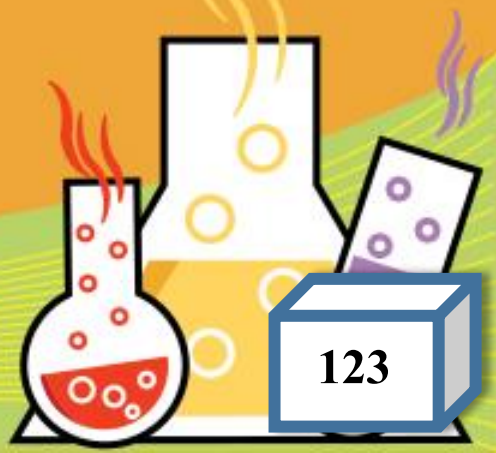
จากสูตร $v_{av} = \frac{S}{t}$

$= \frac{2\pi R}{t}$

$= \frac{2 \times 22 \times 14}{7 \times 80}$

$= 1.1 \text{ m/s}$

อัตราเร็วเฉลี่ยของการขี่จักรยานมีค่า 1.1 เมตร/วินาที



2 อัตราเร็วเฉลี่ยระหว่าง 2 ช่วงจุด

เป็นการบอกอัตราเร็วแบบต่างๆ ของการเคลื่อนที่ โดยแบ่งช่วงของการพิจารณาออกเป็นช่วงๆ หรืออาจจะกำหนดช่วงให้กว้างหรือแคบตามข้อมูลที่บันทึกผล

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

Δs = ผลต่างของระยะทางของ 2 จุด

Δt = ผลต่างของเวลา 2 จุด

ตัวอย่าง ในการวิ่ง 100 เมตร บันทึกข้อมูลได้ดังนี้ จงหาอัตราเร็วแต่ละช่วง

ระยะทาง (เมตร)	0	10	25	40	60	80	100
เวลา (วินาที)	0	2	3	5	6	8	10

จากตารางเราจะหาค่าอัตราเร็วแต่ละช่วงเรียงกันไปได้ดังนี้

หาอัตราเร็วช่วงที่ ① $v_1 = \frac{10 - 0}{2 - 0}$

$= 5$ m/s

หาอัตราเร็วช่วงที่ ② $v_2 = \frac{25 - 10}{3 - 2}$

$= 15$ m/s

หาอัตราเร็วช่วงที่ ③ $v_3 = \frac{40 - 25}{5 - 3}$

$= 7.5$ m/s

หาอัตราเร็วช่วงที่ ④ $v_4 = \frac{60 - 40}{6 - 5}$

$= 20$ m/s

หาอัตราเร็วช่วงที่ ⑤ $v_5 = \frac{80 - 60}{8 - 6}$

$= 10$ m/s

หาอัตราเร็วช่วงที่ ⑥ $v_6 = \frac{100 - 80}{10 - 8}$

$= 10$ m/s

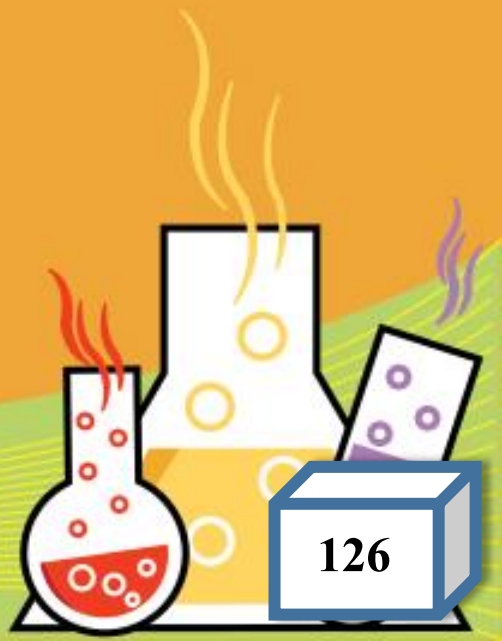
❸ อัตราเร็วขณะใดขณะหนึ่ง (Instantaneous Speed)

เป็นการอธิบายที่ละเอียดลงไป ณ วินาทีนั้นวัตถุมีอัตราเร็วเท่าไร เช่น เราจะหาความเร็วของวินาทีที่ 1 วินาทีที่ 5 วินาทีที่ 10 ซึ่งเราเรียกว่า อัตราเร็วขณะใดขณะหนึ่ง โดยเราจะหาจากวินาทีที่จุดกึ่งกลางของช่วงวินาทีของจุด 2 จุดที่ใกล้กับวินาทีนั้นจากข้อมูลที่มีอยู่ โดยจะหาจาก

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

Δs = ผลต่างของระยะทางของ 2 จุด

Δt = ผลต่างของเวลา 2 จุด



จากการบันทึกข้อมูลของการเคลื่อนที่ในแต่ละช่วง

ระยะทาง (เมตร)	20	50	80	100
เวลา (วินาที)	4	6	8	10

จาก $v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$

แทนค่า $v = \frac{50 - 20}{6 - 4}$

$v = 15$ m/s จะเป็นความเร็ววินาทีที่ 5

แทนค่า $v = \frac{80 - 20}{8 - 4}$

$v = 15$ m/s จะเป็นความเร็ววินาทีที่ 6

แทนค่า $v = \frac{100 - 80}{10 - 8}$

$v = 10$ m/s จะเป็นความเร็ววินาทีที่ 9

ข้อสังเกต

"อัตราเร็วเฉลี่ยของจุด 2 จุด จะเป็นอัตราเร็วตรงวินาทีที่จุดกึ่งกลางของช่วงนั้น"

ตัวอย่าง จากการบันทึกข้อมูลการเคลื่อนที่ อัตราเร็ววินาทีที่ 2, 6, 9 และ 13

ระยะทาง (เมตร)	0	12	40	60	96
เวลา (วินาที)	0	4	8	10	16

หาอัตราเร็ววินาทีที่ 2 ได้จาก $v = \frac{12 - 0}{4 - 0}$

$= 3$ m/s

หาอัตราเร็ววินาทีที่ 6 ได้จาก $v = \frac{40 - 12}{8 - 4}$

$= 7$ m/s

หาอัตราเร็ววินาทีที่ 9 ได้จาก $v = \frac{60 - 40}{10 - 8}$

$= 10$ m/s

หาอัตราเร็ววินาทีที่ 13 ได้จาก $v = \frac{96 - 60}{16 - 10}$

$= 6$ m/s

ความเร็ว (Velocity, $\vec{v}$)

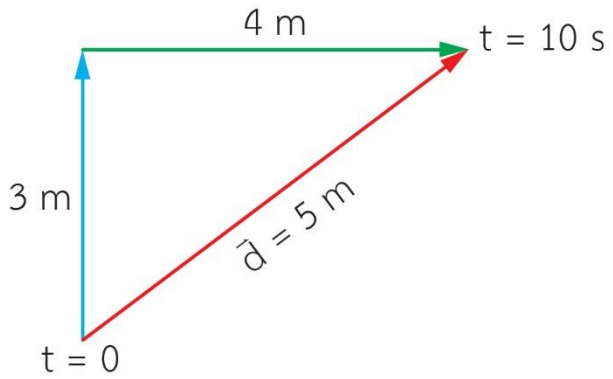
ความเร็วเป็นปริมาณเวกเตอร์มีทั้งขนาดและทิศทาง นิยามของความเร็ว ความเร็วหมายถึง “การกระจัดลัพธ์ที่เปลี่ยนไปในหนึ่งหน่วยเวลา”

$$\vec{v} = \frac{\Delta \vec{d}}{\Delta t}$$

$\vec{v}$ มีหน่วยเป็น m/s

ถ้าเดินขึ้นไปทางทิศเหนือเป็นระยะทาง 3 เมตร จากนั้นเดินไปทางทิศตะวันออก 4 เมตร โดยใช้เวลาทั้งหมด 10 วินาที จงหาความเร็วของการเคลื่อนที่

ตัวอย่าง ถ้าเดินขึ้นไปทางทิศเหนือเป็นระยะทาง 3 เมตร จากนั้นเดินไปทางทิศตะวันออก 4 เมตร โดยใช้เวลาทั้งหมด 10 วินาที จงหาความเร็วของการเคลื่อนที่



จากรูป หาการกระจัดลัพธ์

$$d^2 = 3^2 + 4^2$$

$$d^2 = 25$$

$$d = 5$$

จากสูตร $\vec{v} = \frac{\Delta \vec{d}}{\Delta t}$

$$\vec{v} = \frac{5}{10}$$

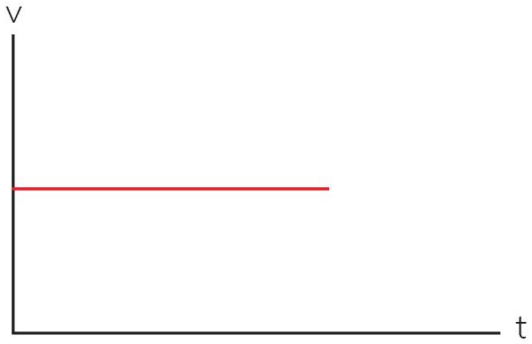
$$\vec{v} = 0.5 \text{ m/s}$$

$\therefore$ ความเร็วของการเคลื่อนที่ เท่ากับ 0.5 เมตร/วินาที

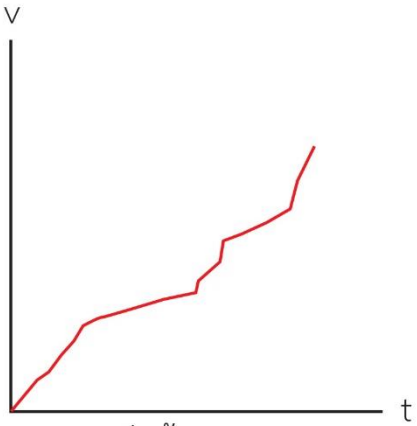
ความเร่ง (Acceleration, a)

ในการเคลื่อนที่ของวัตถุ ความเร็วจะแบ่งออกเป็นลักษณะได้ 3 ลักษณะ คือ

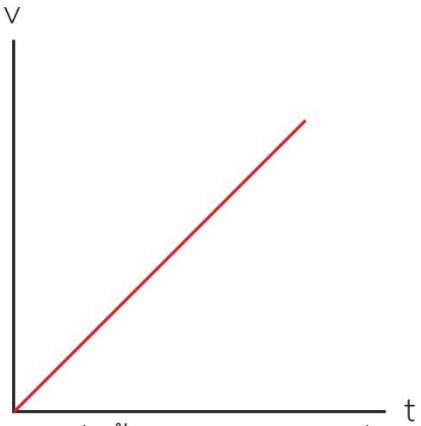
① ความเร็วคงที่ เป็นการเคลื่อนที่ของวัตถุ ที่ความเร็วทุกวินาทีจะมีค่าเท่ากันหมด ซึ่งเมื่อนำมาเขียนกราฟสัมพันธ์กับเวลาจะได้กราฟดังรูป



② ความเร็วเพิ่มขึ้นทุกๆ วินาทีที่ผ่านไป ค่าของความเร็วจะมีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ ดังกราฟ

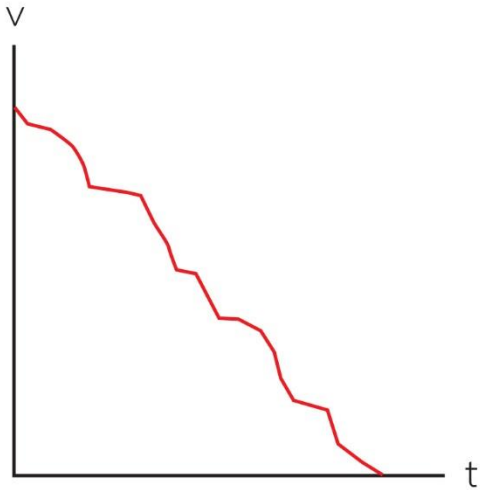


v เพิ่มขึ้นไม่แน่นอน

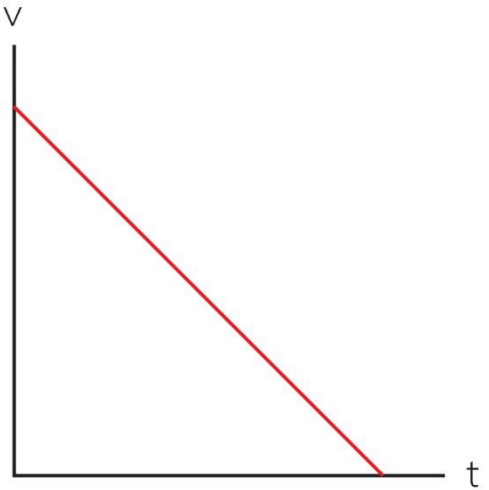


v เพิ่มขึ้นอย่างมีสัดส่วนคงที่

③ ความเร็วลดลงทุกๆ วินาทีที่ผ่านไป ค่าของความเร็วจะลดลงเรื่อยๆ ซึ่งจะลดลงมากที่สุดก็คือเหลือ 0 แสดงว่าวัตถุหยุดนิ่ง แบ่งออกเป็น 2 ลักษณะดังกราฟ



v ลดลงไม่แน่นอน



v ลดลงอย่างมีสัดส่วนคงที่

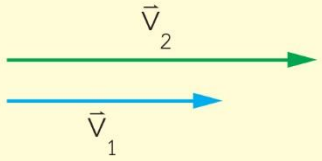
เพื่อให้เห็นความแตกต่างของลักษณะการเคลื่อนที่เมื่อความเร็วเปลี่ยนไปจึงนิยามความเร่งขึ้นมาเพื่ออธิบายลักษณะของการเคลื่อนที่

“ความเร่งจะหมายถึงความเร็วที่เปลี่ยนไปในหนึ่งหน่วยเวลา”

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

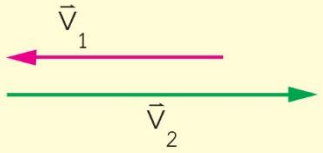
$\vec{a}$ มีหน่วยเป็น m/s^2

ความเร่งเป็นปริมาณเวกเตอร์ ดังนั้น จะต้องพิจารณาทิศทางด้วย โดยทิศทาง จะเป็นไปตามทิศทางของ $\Delta \vec{v}$



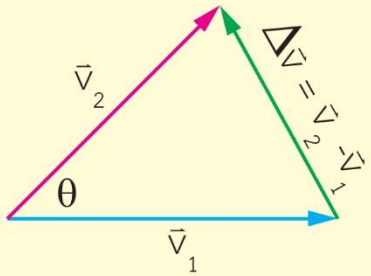
$$\vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$$

$$a = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1}$$



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

$$a = \frac{v_2 + v_1}{t_2 - t_1}$$



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

$$a = \frac{\sqrt{v_1^2 + v_2^2 - 2v_1 v_2 \cos\theta}}{t_2 - t_1}$$

ตัวอย่าง รถยนต์วิ่งเป็นแนวเส้นตรงด้วยความเร็ว 4 m/s จากนั้นก็เหยียบคันเร่งให้มีความเร็วเป็น 12 m/s ในช่วงเวลา 20 วินาที ความเร่งของรถยนต์มีค่าเท่าไร

วิธีทำ จาก $\vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$

$= \frac{v_2 - v_1}{t}$

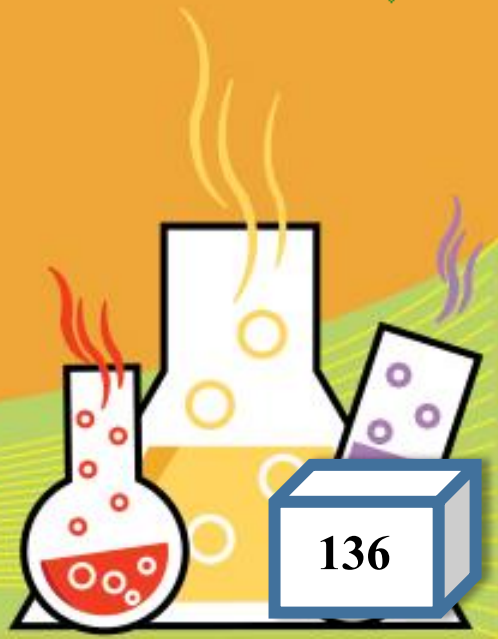
$= \frac{12 - 4}{20}$

$v = 0.4 \text{ m/s}^2$

$\therefore$ ความเร่งของรถยนต์ 0.4 เมตร/วินาที^{2}

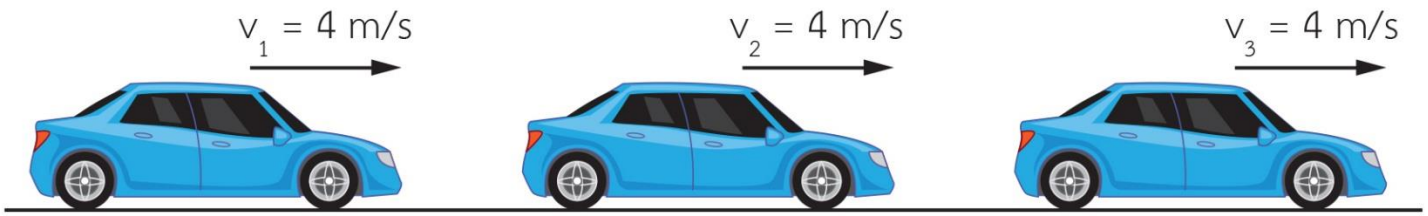
การเคลื่อนที่ของวัตถุเป็นแนวเส้นตรง

วัตถุที่เคลื่อนที่จะมีลักษณะแนวทางของการเคลื่อนที่แตกต่างกันออกไป เช่น เคลื่อนที่เป็นแนวเส้นตรง เคลื่อนที่เป็นแนวเส้นโค้ง หรือเคลื่อนที่เป็นแนวทางไม่แน่นอน การศึกษาในลักษณะของการเคลื่อนที่เป็นแนวเส้นตรงเป็นพื้นฐานของการเคลื่อนที่ในแนวทางแบบอื่นๆ ลักษณะของการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงที่ศึกษาจะแบ่งออกเป็น 3 ลักษณะ คือ



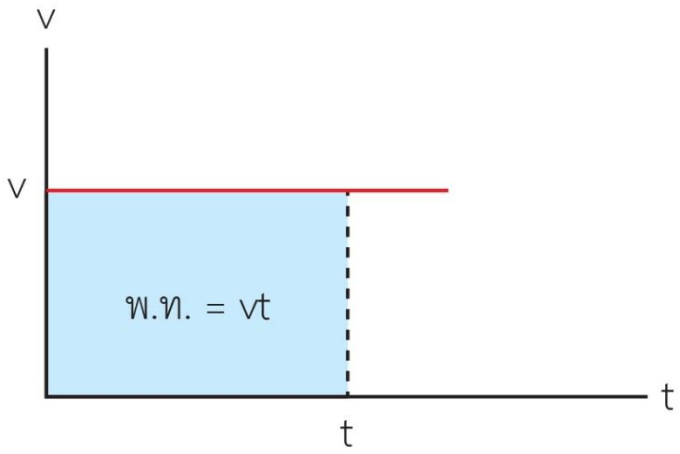
เคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่

เป็นลักษณะของการเคลื่อนที่ที่ทุกจุดวัตถุมีความเร็วเท่ากันหมด ดังรูป



รูปวัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่

ถ้านำมาเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับเวลาจะได้



พ.ท. ใต้กราฟ = vt

จาก $v = \frac{S}{t}$

$S = vt$

หรือ S = พื้นที่ใต้กราฟ v กับ t

ระยะทาง = พื้นที่ใต้กราฟ v กับ t

ตัวอย่าง ยานอวกาศเคลื่อนที่ไปในอวกาศด้วยความเร็ว 720 km/h จงหาว่าในเวลา 10 นาที ยานอวกาศจะเคลื่อนที่ไปเป็นระยะทางเท่าไร

วิธีทำ

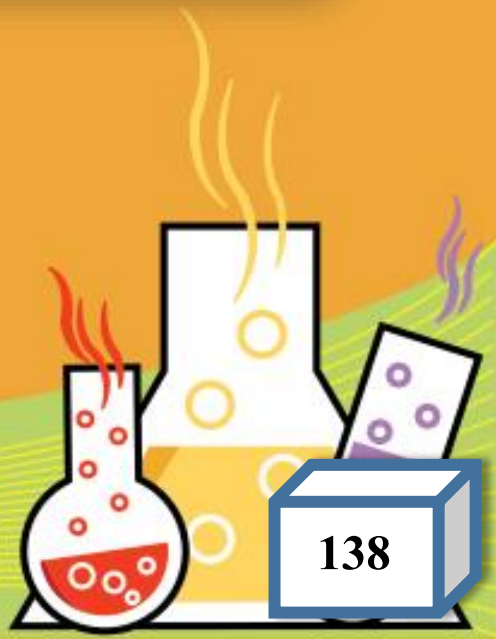
จากสูตร $v = \frac{S}{t}$

$$\frac{720 \times 1000}{60 \times 60} = \frac{S}{10 \times 60}$$

$$200 = \frac{S}{600}$$

$$S = 120{,}000 \text{ m}$$

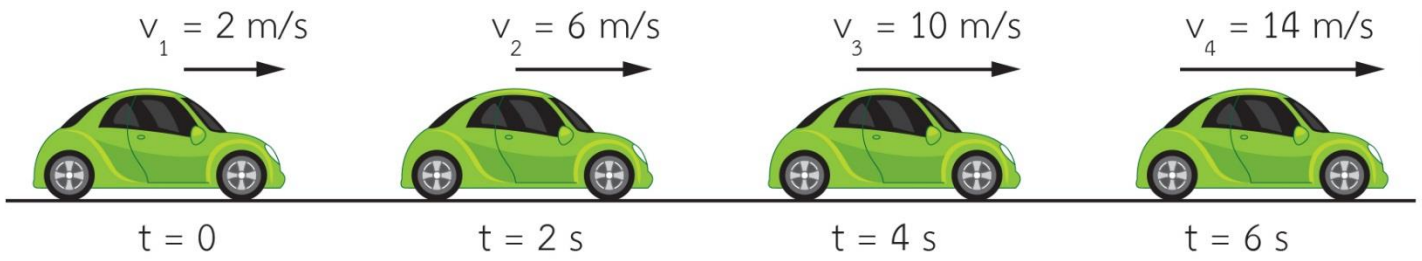
$\therefore$ ยานอวกาศเคลื่อนที่ไปเป็นระยะทาง 120 กิโลเมตร



ความเร่งของวัตถุจะหมายถึง ความเร็วที่เปลี่ยนไป ซึ่งอาจจะมีค่าเพิ่มขึ้นหรือลดลง ดังนั้นจะแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ คือ

1 เคลื่อนที่ด้วยความเร็วเพิ่มขึ้นอย่างคงที่

วัตถุที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็วที่เพิ่มขึ้นอย่างคงที่ หมายถึง ทุกช่วงเวลาที่ผ่านไปเท่าๆ กัน วัตถุจะมีความเร็วเพิ่มขึ้นเท่าๆ กัน ดังรูป



รูปวัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร่งคงที่

จากรูปจะพบว่าทุกช่วง 2 วินาทีที่ผ่านไป ความเร็วของวัตถุจะเพิ่มขึ้น 4 m/s ดังนั้นในเวลา 1 วินาที ความเร็วของวัตถุจะเพิ่มขึ้น 2 m/s แสดงว่าวัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร่งคงที่ 2 m/s^2

ถ้าพิจารณาวัตถุที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็วต้น u เมตร/วินาที ความเร่งคงที่ a เมตร/วินาที^{2} เมื่อเวลาผ่านไป t วินาที วัตถุจะมีความเร็ว v เมตร/วินาที ระยะทางที่วัตถุเคลื่อนที่ S เมตร ความสัมพันธ์ของปริมาณต่างๆ จะหาได้จาก

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

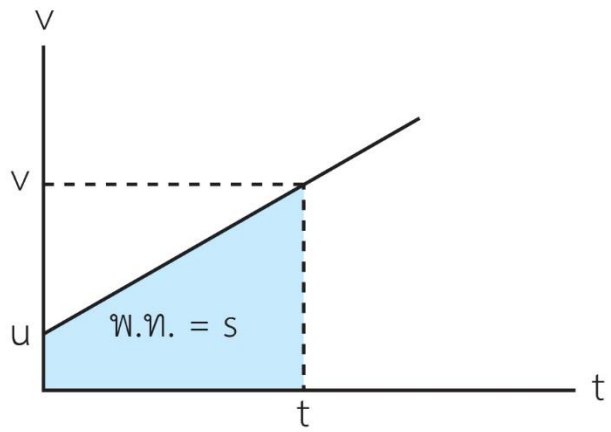
$$a = \frac{v - u}{t}$$

$$at = v - u$$

$$v = u + at$$

สูตรที่ 1 ของการเคลื่อนที่

จากการเขียนกราฟความเร็วกับเวลา



$S = $ พ.ท. ใต้กราฟ v กับ t

$S = $

$S = (\frac{1}{2})(t)(u + v)$

กราฟแสดงระยะทาง ความเร็วของเวลา เมื่อความเร่งคงที่

$$S = \left(\frac{1}{2}\right)(u + v)(t)$$

สูตรที่ 2 ของการเคลื่อนที่

จากสูตรที่ 2 แทนค่า v จากสูตรที่ 1

$$S = \left(\frac{1}{2}\right)(u + u + at)(t)$$

$$S = \left(\frac{1}{2}\right)(2u + at)(t)$$

$$S = ut + \frac{1}{2}at^2$$

สูตรที่ 3 ของการเคลื่อนที่

จากสูตรที่ 3 แทนค่า t จากสูตรที่ 1

$$S = u\left[\frac{v-u}{a}\right] + \frac{1}{2}a\left[\frac{v-u}{a}\right]^2$$

$$S = \frac{uv-u^2}{a} + \frac{v^2-2vu+u^2}{2a}$$

$$S = \frac{2uv-2u^2+v^2-2uv+u^2}{2a}$$

$$S = \frac{v^2-u^2}{2a}$$

$$v^2 - u^2 = 2aS$$

สูตรที่ 4 ของการเคลื่อนที่

สรุปได้ว่า ความสัมพันธ์ของปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงด้วยความเร่งคงที่

$v = u + at$ แทนค่า v $S = ut + \frac{1}{2}at^2$

$S = \frac{1}{2}(v+u)t$ แทนค่า t $v^2 - u^2 = 2aS$

แทนค่า u $S = vt - \frac{1}{2}at^2$

ตัวอย่าง

วัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็วต้น 4 m/s ด้วยความเร่งคงที่ 0.8 m/s^2 จงหา

ก. ความเร็ววินาทีที่ 20

ข. ระยะทางที่เคลื่อนที่ในเวลา 40 วินาที

วิธีทำ

ก. จากโจทย์ $u = 4$ m/s

$a = 0.8$ m/s^2

$t = 20$ s

จากสูตร $v = u + at$

$= 4 + (0.8)(20)$

$v = 20$ m/s

ความเร็วของวัตถุวินาทีที่ 20 = 20 เมตร/วินาที

ข. จากโจทย์ $u = 4$ m/s

$a = 0.8$ m/s^2

$t = 40$ s

จากสูตร $S = ut + \frac{1}{2}at^2$

$= (4)(40) + (\frac{1}{2})(0.8)(40)^2$

$= 800$

$\therefore$ ระยะทางที่เคลื่อนที่เป็น 40 วินาทีเท่ากับ 800 เมตร

❷ เคลื่อนที่ด้วยความเร็วลดลงอย่างคงที่

เป็นการเคลื่อนที่ของวัตถุที่ต้องการลดความเร็วลงเพื่อที่จะกลับคืนอยู่สภาพหยุดนิ่ง เช่น การแตะเบรกทำให้รถมีความเร็วช้าลงจนกระทั่งหยุดนิ่ง การเคลื่อนที่ลักษณะนี้ค่าของความเร่งที่เกิดขึ้นจะมีค่าเป็นลบ เนื่องจากความเร็วที่เปลี่ยนไปมีค่าเป็นลบ เพราะความเร็วหลัง (v) จะมีค่าน้อยกว่าความเร็วก่อน (u) สูตรที่ใช้ในการคำนวณจะใช้เหมือนกับการเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง แต่ค่าของความเร่งจะมีค่าเป็นลบ แต่มีข้อสังเกตที่ต้องคำนึงถึง คือ

① ความเร็วสุดท้ายของการเคลื่อนที่แบบนี้จะมีค่าเป็นศูนย์วัตถุจะหยุดนิ่ง (v = 0)

② เวลาที่วัตถุเคลื่อนที่มีขีดจำกัดจะเคลื่อนที่ใช้เวลานานที่สุดเมื่อวัตถุหยุดนิ่ง จะหาได้จาก

$$v = u + at$$

$$0 = u - at$$

$$at = u$$

$$t = \frac{u}{a}$$ เวลาที่วัตถุเคลื่อนที่จนหยุดนิ่ง

③ ระยะทางที่วัตถุเคลื่อนที่ได้สูงสุดคือระยะทางที่วัตถุเคลื่อนที่จนหยุด หรือบางทีเราเรียกว่า “ระยะเบรก” ของรถ

ตัวอย่าง รถยนต์คันหนึ่งกำลังวิ่งด้วยความเร็ว 54 km/h คนขับก็แตะเบรกให้รถวิ่งด้วยความหน่วง 0.2 m/s^2 จงหาว่านานเท่าไรรถยนต์จึงจะหยุด

วิธีทำ

จากโจทย์ $u = 54$ km/h

$$u = \frac{(54)(1{,}000)}{3{,}600}$$

$u = 15$ m/s

$v = 0$ m/s

$a = -0.2$ m/s^2

จากสูตร $v = u + at$

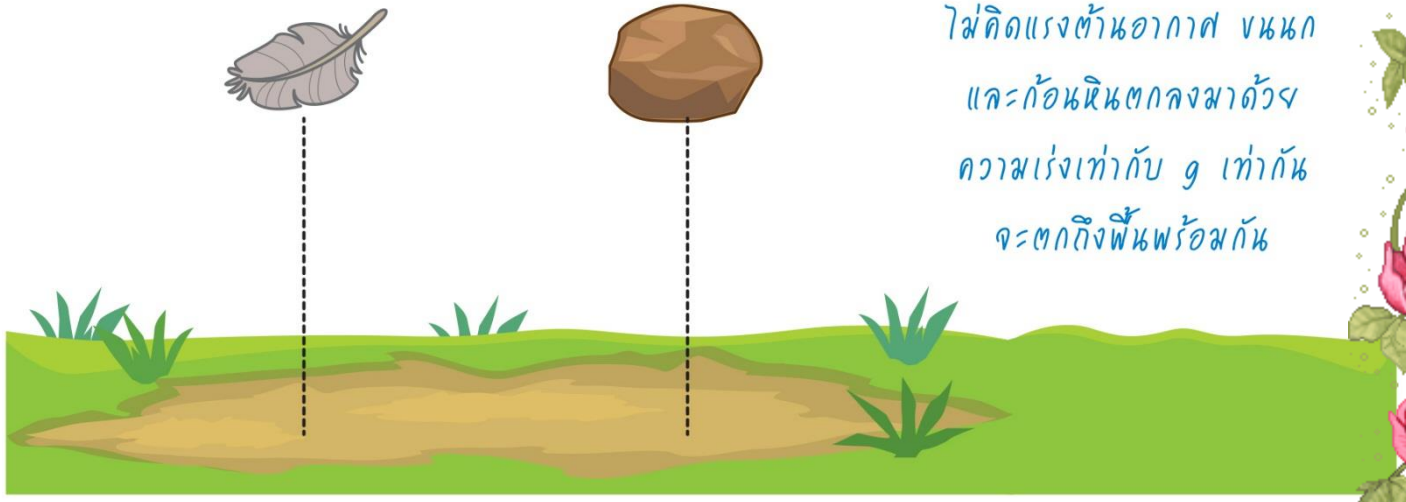
$0 = 15 - 0.2t$

$t = 75$ s

$\therefore$ เวลานาน 75 วินาทีรถยนต์จึงจะหยุด

การตกแบบเสรี

เมื่อปล่อยวัตถุ แรงโน้มถ่วงของโลกดึงดูดวัตถุให้ตกสู่ผิวโลก แต่ถ้าไม่คิดแรงอื่นๆ วัตถุทุกชนิดจะตกลงสู่ผิวโลกในแนวดิ่งเรียกว่า การตกอย่างเสรี ด้วยความเร่งคงที่ เรียกว่า ความเร่งโน้มถ่วงของโลก (Gravitational Acceleration) ใช้ g (g มีค่า 9.8 m/s^2 ในการคำนวณจะใช้ค่า $g \approx 10\ m/s^2$ เพื่อการคำนวณตัวเลขง่ายขึ้น)



รูปการตกอย่างอิสระ

การคำนวณในเรื่องการเคลื่อนที่ภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลกจะใช้สูตรเหมือนการคำนวณการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงด้วยความเร่งคงที่ แต่เนื่องจากการเคลื่อนที่ภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลกจะรวมถึงการโยนวัตถุขึ้นไปในแนวดิ่งด้วย เราจึงแยกการคำนวณออกเป็น 2 แบบเพื่อสะดวกในการศึกษา

วัตถุตกลงมาในแนวดิ่ง

การตกของวัตถุในแนวดิ่งจะมีลักษณะของการตก 2 แบบ คือ ปล่อยวัตถุให้ตกลงมา หรือปาวัตถุให้ตกลงมา ถ้าปล่อยความเร็วต้นของวัตถุจะมีค่าเป็นศูนย์ ส่วนปาวัตถุ ความเร็วต้นของวัตถุจะมีค่ามากกว่าศูนย์ แต่ความเร่งของวัตถุเท่ากัน คือ เท่ากับ g การคำนวณจะใช้สูตรการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง แต่ค่าความเร่งใช้ค่า g แทน

$$v = u + gt$$

$$S = ut + \frac{1}{2}gt^2$$

$$v^2 - u^2 = 2gS$$

หมายเหตุ ค่าของระยะทาง (S) อาจจะอยู่ในรูปของความสูงก็ได้ถ้าผู้สังเกตอยู่ด้านล่าง ดังรูปที่ 4.7

รูปการตกของวัตถุ

ตัวอย่าง

ปล่อยวัตถุให้ตกลงไปในแนวดิ่ง จงหา

ก. ความเร็วของวัตถุวินาทีที่ 12

ข. ระยะทางที่วัตถุตกลงไปเป็นเวลา 20 วินาที

วิธีทำ

ก. จากโจทย์ $u = 0\ m/s$

$g = 10\ m/s^2$

$t = 12\ s$

จากสูตร $v = u + gt$

$v = 0 + (10)(12)$

$v = 120\ m/s$

$\therefore$ ความเร็วของวัตถุวินาทีที่ 12 เท่ากับ 120 เมตร/วินาที

ข. จากโจทย์ $u = 0\ m/s$

$g = 10\ m/s^2$

$t = 20\ s$

จากสูตร $S = ut + \frac{1}{2}gt^2$

$S = (0)(20) + (\frac{1}{2})(10)(20)^2$

$S = 2{,}000\ m$

$\therefore$ ระยะทางที่วัตถุตกลงไปเท่ากับ 2,000 เมตร

โยนวัตถุขึ้นไปในแนวดิ่ง

วัตถุที่ถูกโยนขึ้นไปในแนวดิ่งจะถูกโลกดึงดูดให้ตกลงมา ดังนั้น วัตถุจะเคลื่อนที่ช้าลงด้วยความเร่ง –g จนกระทั่งความเร็วของวัตถุมีค่าเป็นศูนย์ ณ จุดนั้น คือ จุดที่วัตถุขึ้นไปถึงจุดสูงสุด หลังจากนั้นวัตถุก็จะตกกลับลงมา อาจจะตกลงมาถึงจุดเดิม หรือต่ำกว่าจุดเดิม คือ ตกลงไปข้างล่าง เช่น ยืนอยู่บนหน้าผา แล้วปาวัตถุขึ้นไปในแนวดิ่ง วัตถุขึ้นไปสูงสุดก็ตกกลับลงไปถึงพื้นด้านล่าง ในการคำนวณจึงต้องนำเอาทิศทางมาพิจารณาด้วย โดยมีปริมาณที่ต้องคำนึงถึง คือ

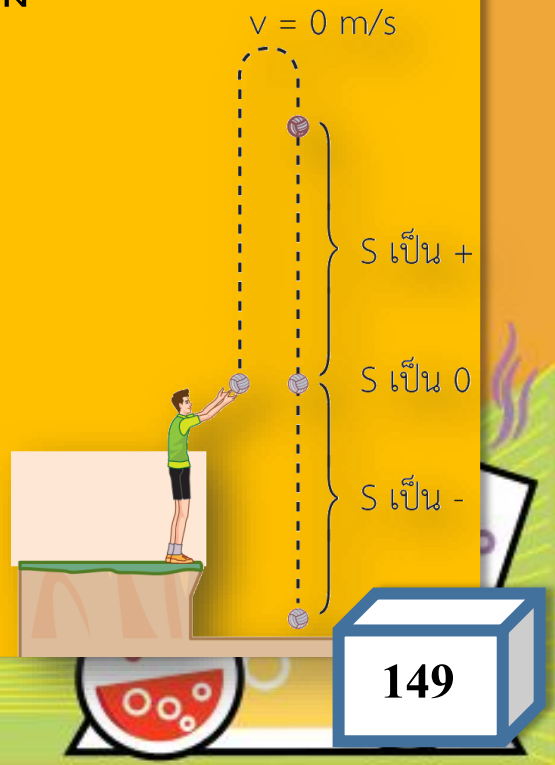
1. ความเร่งจะมีค่าเท่ากับ –g ตลอด เพราะถือว่าวัตถุเคลื่อนที่ขึ้นไปในแนวดิ่ง จะมีทิศทางเป็นบวกแต่เคลื่อนที่ด้วยความหน่วง และเมื่อตกลงมาด้วยความเร่ง ทิศทางตรงข้ามกับ ทิศเดิมจึงมีค่าเป็นลบ

2. ความเร็วของวัตถุที่คำนวณได้

ถ้ามีค่าเป็นบวก **วัตถุเคลื่อนที่ขึ้น**

ถ้ามีค่าเป็นลบ **วัตถุเคลื่อนที่ลง**

3. ระยะทาง (S) ค่าของระยะทางจะเป็นค่าของการกระจัด กล่าวคือ ถ้าวัตถุอยู่สูงกว่าจุดโยน มีค่าเป็นบวก ถ้าวัตถุอยู่ต่ำกว่าจุดโยน มีค่าเป็นลบ



หมายเหตุ ค่า S ที่คำนวณได้จากสูตรเป็นค่าการกระจัด ไม่ใช่ค่าของระยะทางที่วัตถุเคลื่อนที่

④ สูตรที่ใช้ในการคำนวณเหมือนกับวัตถุตกทุกประการ

ตัวอย่าง โยนวัตถุขึ้นไปในแนวดิ่งด้วยความเร็วต้น 40 m/s จงหาความเร็ววินาทีที่ 3 และวินาทีที่ 6

วิธีทำ

จากโจทย์ $u = 40$ m/s

$g = -10$ m/s^2

จากสูตร $v = u + gt$

หา v วินาทีที่ 3

$v = 40 + (-10)(3)$

$v = 10$ m/s

$\therefore$ ความเร็ววินาทีที่ 3 เท่ากับ 10 m/s

หา v วินาทีที่ 6

$v = 40 + (-10)(6)$

$v = -20$ m/s

$\therefore$ ความเร็ววินาทีที่ 6 มีค่า 20 เมตร/วินาที วัตถุเคลื่อนที่ลง

สรุปท้ายหน่วย

❶ ความสัมพันธ์ของปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่

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

ความเร็ว $\bar{v} = \frac{\Delta \bar{d}}{\Delta t}$

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

❷ สูตรที่ใช้ในการคำนวณการเคลื่อนที่เป็นแนวเส้นตรง

2.1 เคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่

$$v = \frac{S}{t}$$

2.2 เคลื่อนที่ด้วยความเร่งคงที่

$$v = u + at$$

แทนค่า v

$$S = ut + \frac{1}{2}at^2$$

$$S = \frac{1}{2}(v + u)t$$

แทนค่า t

$$v^2 - u^2 = 2aS$$

แทนค่า u

$$S = vt - \frac{1}{2}at^2$$

ความหน่วงคือ ความเร่งที่มีค่าเป็นลบ

❸ สูตรที่ใช้ในการคำนวณการตกอย่างเสรี

$$v = u + gt$$

$$S = ut + \frac{1}{2}gt^2$$

$$v^2 - u^2 = 2gS$$