

# โรงเรียนดีดี



ที่พึ่งทางการศึกษา ช่วยไขปัญหาให้ทุกคน [SchoolDD.com](http://SchoolDD.com)

บทที่ 2

## การเคลื่อนที่แนวตรง





## บทที่ 2

### การเคลื่อนที่แนวตรง

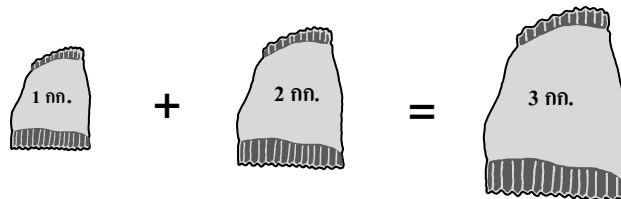
เนื้อหาในบทนี้จะกล่าวถึงความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ ซึ่งการเคลื่อนที่แนวตรงเป็นการเคลื่อนที่ ในหนึ่งมิติที่นักเรียนสามารถเรียนรู้และเข้าใจได้ง่ายที่สุด ก่อนที่จะขยายความเข้าใจกับการเคลื่อนที่ในสองหรือ สามมิติ ที่มีลักษณะซับซ้อนขึ้นในลำดับถัดไป เนื้อหาที่จะได้เรียนประกอบด้วยเรื่อง ปริมาณทางฟิสิกส์ ปริมาณที่ เกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของวัตถุได้แก่ ระยะทาง การกระจัด อัตราเร็ว ความเร็ว และความเร่ง ลักษณะการเคลื่อนที่ แนวตรงและสมการที่เกี่ยวข้อง การเคลื่อนที่อย่างอิสระภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลก และเรื่องความเร็วสัมพัทธ์ เนื้อหาในบทเรียนนี้ถือว่ามีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง เพราะเป็นความรู้ที่นักเรียนจะต้องนำไปประยุกต์ใช้กับการ เรียนในบทต่อ ๆ ไป นอกจากนี้ข้อสอบแข่งขันเข้ามหาวิทยาลัยก็มีสัดส่วนของเรื่องการเคลื่อนที่แนวตรงออกสอบ มากที่สุดอีกด้วย ขอให้นักเรียนจงตั้งใจ และทำความเข้าใจกับบทเรียนนี้ให้ดี

#### 2.1 ปริมาณทางฟิสิกส์

ก่อนจะเริ่มเข้าเรื่องการเคลื่อนที่แนวตรง เรามาศึกษาทำความเข้าใจกับปริมาณทางฟิสิกส์ ซึ่งแบ่งออกเป็น สองลักษณะคือ ปริมาณสเกลาร์ และปริมาณเวกเตอร์

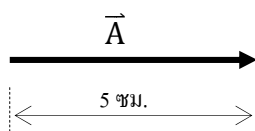
1. **ปริมาณสเกลาร์** คือปริมาณที่มีเพียงขนาดอย่างเดียว เช่น ระยะทาง มวล เวลา ปริมาตร งาน พลังงาน ฯลฯ สามารถบวก ลบ กันได้ ตามหลักพีชคณิต

ตัวอย่างเช่น ข้าวสารสองถุง มีมวล 1 และ 2 กิโลกรัม จะมีมวลรวมกันเท่ากับ  $1 + 2 = 3$  กิโลกรัม



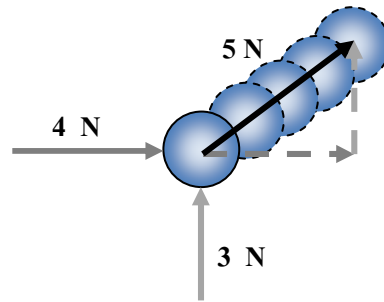
2. **ปริมาณเวกเตอร์** คือปริมาณที่มีทั้งขนาด และทิศทาง เช่น การกระจัด ความเร็ว ความเร่ง แรง โมเมนต์ ฯลฯ การรวมกันของปริมาณเวกเตอร์ต้องพิจารณาทั้งขนาดและทิศทาง ดังแสดงในข้อ 2.2 สัญลักษณ์ของเวกเตอร์เขียนแทนด้วยเส้นตรง ความยาวเส้นตรงแทนขนาด และหัวลูกศรแทนทิศทาง ชื่อของเวกเตอร์เขียนแทนด้วยตัวอักษรมีหมวกเป็นรูปลูกศร

เวกเตอร์ A มีขนาด 5 เซ็นติเมตร มีทิศไปทางขวามือ เขียนแทนด้วย





ตัวอย่างปริมาณเวกเตอร์เช่น ออกแรงขนาด 3 และ 4 นิวตันผลักลูกบอล ให้เคลื่อนที่บนพื้น ลูกบอล จะเคลื่อนที่ไปด้วยแรงรวมขนาด 5 นิวตัน(ซึ่งไม่เท่ากับ 3+4) ในทิศทางทำมุมกับแนวแรงทั้งสอง



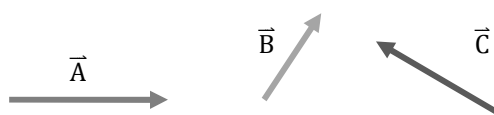
### ข้อสังเกต

- ปริมาณสเกลาร์ ระบุขนาดเพียงอย่างเดียวก็ให้ความหมายสมบูรณ์แล้ว ส่วนปริมาณเวกเตอร์ต้องระบุทั้งขนาดและทิศทาง จึงจะให้ความหมายสมบูรณ์

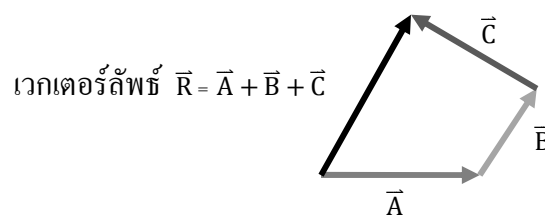
## 2.2 ลักษณะการบวก - ลบเวกเตอร์

จากตัวอย่างจะเห็นว่าปริมาณเวกเตอร์ไม่สามารถเอาขนาดมารวมกันตรง ๆ ได้เหมือนปริมาณสเกลาร์ จะต้องพิจารณาทิศทางของปริมาณนั้นด้วย การหาผลรวมของเวกเตอร์ หรือเวกเตอร์ลัพธ์ จะใช้วิธี หางต่อหัว คือเอาหางของเวกเตอร์ตัวถัดไป ต่อกับหัวเวกเตอร์ก่อนหน้า ต่อกันไปเรื่อย ๆ โดยเวกเตอร์ลัพธ์จะมีขนาด และทิศทางจาก หางเวกเตอร์แรก ไปยังหัวเวกเตอร์สุดท้าย

ตัวอย่างเช่น ต้องการหาผลรวมของเวกเตอร์  $\vec{A} + \vec{B} + \vec{C}$  ดังรูป



ผลรวมของเวกเตอร์ หรือเวกเตอร์ลัพธ์ หาได้โดยเอาเวกเตอร์ทั้ง 3 มาต่อกันแบบหางต่อหัวโดยหางเวกเตอร์ถัดไป ต่อกับหัวเวกเตอร์ก่อนหน้า เวกเตอร์ลัพธ์จะมีขนาด และทิศทางจาก หางเวกเตอร์แรก ไปยังหัวเวกเตอร์สุดท้าย





### การหาขนาดเวกเตอร์ลัพธ์

ขนาดเวกเตอร์ลัพธ์อาจหาได้โดยวัดขนาดเวกเตอร์จากรูปที่เขียนได้ส่วนตามสเกล หรือใช้วิธีคำนวณจาก

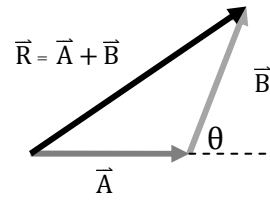
$$\text{สูตร } R = \sqrt{A^2 + B^2 + 2AB\cos\theta}$$

โดยที่  $R =$  ขนาดเวกเตอร์ลัพธ์  $\vec{R}$

$A =$  ขนาดเวกเตอร์  $\vec{A}$

$B =$  ขนาดเวกเตอร์  $\vec{B}$

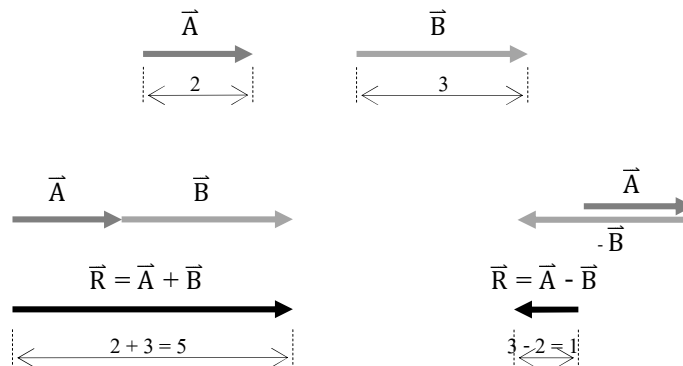
$\theta =$  มุมระหว่างเวกเตอร์  $\vec{A}$  และ  $\vec{B}$



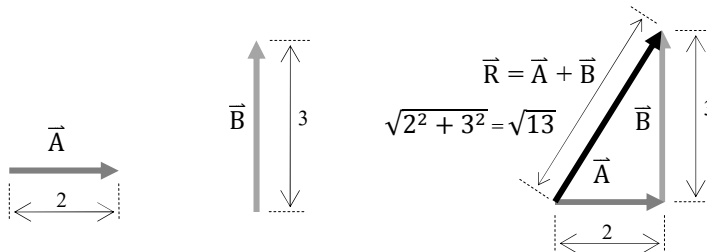
### ตัวอย่าง

จงหาผลรวมของเวกเตอร์  $\vec{A}$  และ  $\vec{B}$  ซึ่งมีขนาดและทิศทางการแสดงในรูป

ก.



ข.



### ข้อสังเกต

- ใช้วิธีหางต่อหัวได้กับการรวมเวกเตอร์ในทุกกรณี
- ในรูป ก. การรวมเวกเตอร์ที่อยู่ในแนวเดียวกัน ให้สมมติทิศทางด้านใดด้านหนึ่งเป็นบวก ในตัวอย่างให้ทิศทางไปทางขวามือเป็นบวก ทิศทางตรงข้ามจะเป็นลบ การหาผลรวมของ  $\vec{A} - \vec{B}$  ให้กลับทิศของ  $\vec{B}$  ก่อนแล้วจึงรวมกับ  $\vec{A}$  แบบหางต่อหัว ( $\vec{A} - \vec{B} = \vec{A} + (-\vec{B})$ )
- ถ้าเวกเตอร์ตั้งฉากกันดังรูป ข. ขนาดของเวกเตอร์ลัพธ์หาได้จากทฤษฎีสามเหลี่ยมมุมฉากของพีทาโกรัส

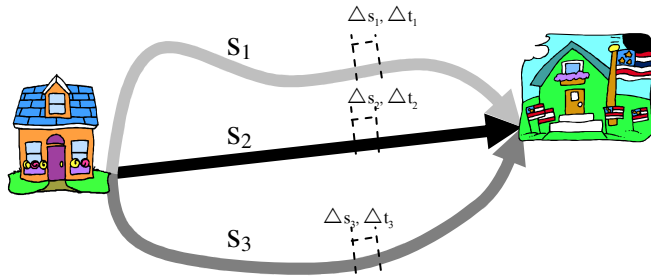
“ให้นักเรียนวาดรูปเวกเตอร์สมมติ  $\vec{A}, \vec{B}, \vec{C}, \vec{D}$  แล้วตรวจสอบดูว่า คำถามข้างล่างนี้เป็นจริงหรือไม่”



- ▶  $\vec{A} + \vec{B} = \vec{B} + \vec{A} ? , \vec{A} - \vec{B} = \vec{B} - \vec{A} ?$
- ▶  $(\vec{A} + \vec{B}) + (\vec{C} - \vec{D}) = (\vec{A} - \vec{D}) + (\vec{C} + \vec{B}) ?$

### 2.3 ปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของวัตถุ

มีปริมาณสำคัญ ๆ ที่เกี่ยวข้องกับ การเคลื่อนที่ ที่นักเรียนจะต้องทำความเข้าใจในความหมาย หรือนิยาม ซึ่งเป็นฐานความรู้เรื่อง การเคลื่อนที่แนวตรง ปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่เหล่านี้ได้แก่ ระยะทาง การกระจัด อัตราเร็ว ความเร็ว และความเร่ง



“ให้นักเรียนนึกถึงภาพนี้ เมื่อพูดถึง ระยะทาง การกระจัด อัตราเร็ว ความเร็ว และความเร่ง จะทำให้นักเรียนจำนิยามของปริมาณเหล่านี้ได้ดียิ่งขึ้น”

ถ้าต้องการเดินทางจากบ้านมาโรงเรียนโดยใช้เส้นทาง 3 เส้นทางคือ  $S_1$  ,  $S_2$  และ  $S_3$  จะสรุปได้ว่า

เส้นทาง  $S_1$ ,  $S_2$  และ  $S_3$  เป็น ระยะทาง

เฉพาะเส้นทาง  $S_2$  เป็น การกระจัด

1. ระยะทาง “s” หมายถึง ความยาวตามเส้นทางที่วัตถุเคลื่อนที่ได้ไปทั้งหมด หรือระยะจริงที่เคลื่อนที่ได้ เป็นปริมาณ สเกลาร์ มีแต่ขนาดเพียงอย่างเดียว มีหน่วยเป็นเมตร (m)
2. การกระจัด “r” หมายถึง ความยาวแนวตรงจากจุดตั้งต้นไปยังจุดปลายของการเคลื่อนที่ เป็นปริมาณ เวกเตอร์ มีทั้งขนาดและทิศทาง มีหน่วยเป็นเมตร (m)

#### ข้อสังเกต

ขนาดการกระจัด  $\leq$  ระยะทาง เสมอ

3. อัตราเร็ว “v” หมายถึง ระยะทางที่วัตถุเคลื่อนที่ได้ในหนึ่งหน่วยเวลา เป็นปริมาณสเกลาร์ มีหน่วยเป็นเมตรต่อวินาที (m/s)

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

อัตราเร็วแบ่งเป็น 2 ลักษณะ คือ

1. อัตราเร็วขณะใดขณะหนึ่ง “ $v_t$ ” หมายถึง ระยะทางที่วัตถุเคลื่อนที่ได้ ต่อหนึ่งหน่วยเวลาสั้น ๆ



$$v_t = \frac{\Delta s}{\Delta t} \begin{array}{l} \longrightarrow \text{ระยะทางช่วงสั้นๆ} \\ \longrightarrow \text{ช่วงเวลาสั้นๆ} \end{array}$$

$\Delta$  = การเปลี่ยนแปลง, ที่เปลี่ยนไป

2. อัตราเร็วเฉลี่ย “ $v_{av}$ ” หมายถึง ระยะทางที่วัตถุเคลื่อนที่ได้ทั้งหมด ต่อช่วงเวลาทั้งหมด

$$v_{av} = \frac{S}{t} \begin{array}{l} \longrightarrow \text{ระยะทางทั้งหมด} \\ \longrightarrow \text{ช่วงเวลาทั้งหมด} \end{array}$$

4. ความเร็ว “ $\vec{v}$ ” หมายถึง การกระจัดที่วัตถุเคลื่อนที่ได้ ต่อหนึ่งหน่วยเวลา เป็นปริมาณเวกเตอร์ มีหน่วยเป็นเมตรต่อวินาที (m/s)

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

ความเร็วแบ่งเป็น 2 ลักษณะคือ

1. ความเร็วขณะหนึ่ง “ $\vec{v}_t$ ” หมายถึง การกระจัดต่อหนึ่งหน่วยเวลาสั้นๆ มีทิศทางเดียวกันกับทิศการกระจัดที่เปลี่ยนไป

$$\vec{v}_t = \frac{\Delta \vec{s}}{\Delta t} \begin{array}{l} \longrightarrow \text{การกระจัดช่วงสั้นๆ} \\ \longrightarrow \text{ช่วงเวลาสั้นๆ} \end{array}$$

2. ความเร็วเฉลี่ย “ $\vec{v}_{av}$ ” หมายถึง การกระจัดลัพธ์ต่อช่วงเวลาทั้งหมด มีทิศทางเดียวกันกับทิศการกระจัดลัพธ์

$$\vec{v}_{av} = \frac{\vec{S}}{t} \begin{array}{l} \longrightarrow \text{การกระจัดลัพธ์} \\ \longrightarrow \text{ช่วงเวลาทั้งหมด} \end{array}$$

5. ความเร่ง “ $\vec{a}$ ” หมายถึง ความเร็วของวัตถุที่เปลี่ยนไปในหนึ่งหน่วยเวลา เป็นปริมาณเวกเตอร์ มีหน่วยเป็นเมตรต่อวินาที<sup>2</sup> (m/s<sup>2</sup>) มีทิศทางเดียวกันกับทิศความเร็วที่เปลี่ยนไป

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

ความเร่งแบ่งเป็น 2 ลักษณะคือ

1. ความเร่งขณะใดขณะหนึ่ง “ $\vec{a}_t$ ” หมายถึง ความเร็วของวัตถุที่เปลี่ยนไปในช่วงเวลาสั้นๆ จะเป็นความเร่งของวัตถุ ณ ตำแหน่งใดตำแหน่งหนึ่ง



$$\vec{a}_t = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} \begin{array}{l} \longrightarrow \text{ความเร็วที่เปลี่ยนช่วงสั้นๆ} \\ \longrightarrow \text{ช่วงเวลาสั้นๆ} \end{array}$$

2. ความเร่งเฉลี่ย “  $\vec{a}_{av}$  ” หมายถึง ความเร็วที่เปลี่ยนไปในช่วงเวลาหนึ่ง โดยปกติจะหมายถึง ความเร่งทั่ว ๆ ไป

$$\vec{a}_{av} = \frac{\vec{v}_2 - \vec{v}_1}{t_2 - t_1}$$

### ข้อสังเกต

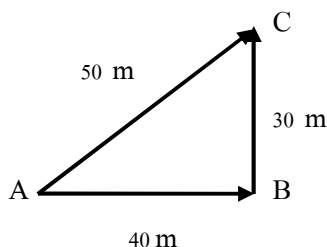
- ขนาดของความเร่ง  $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1}$  จะเป็นบวกเมื่อ  $v_2 > v_1$  นึกถึงภาพจ็อมเตอร์ไซค์แล้วเร่งเครื่อง และจะเป็นลบ เมื่อ  $v_2 < v_1$  นึกถึงภาพจ็อมเตอร์ไซค์แล้วเหยียบเบรก... หัวทิ่ม

ความเร็วเพิ่มขึ้น ( $v_2 > v_1$ )	a เป็น +
ความเร็วลดลง ( $v_2 < v_1$ )	a เป็น - (เรียกว่าความหน่วง)
ความเร็วคงที่ ( $v_2 = v_1$ )	a เป็น 0

- ▶ บอกความแตกต่างของระยะทางกับการกระจัด และอัตราเร็วกับความเร็ว
- ▶ ทำไมเมื่อความเร็วเพิ่มขึ้น ความเร่งจึงมีค่าเป็น + , ลดลงเป็น - และคงที่เป็น 0 ลองนึก ตัวอย่างของวัตถุที่เคลื่อนที่ด้วยความหน่วง (ความเร่งเป็น - )
- ▶ วัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ หมายความว่าอย่างไร?
- ▶ วัตถุผูกด้วยเชือกแกว่งเป็นวงกลมในแนวราบด้วยความเร็วคงที่ 0.5 m/s คำกล่าวนี้ถูกต้องหรือไม่ เพราะเหตุใด ถ้าผิดแล้วที่ถูกเป็นอย่างไร?

### ตัวอย่างที่ 1

วัตถุเคลื่อนที่จาก A ไป C โดยผ่าน B ดังรูป จงหาระยะทางและการกระจัด



$$\begin{aligned} \text{จากรูประยะทาง } s &= AB + BC \\ &= 40 + 30 \\ &= 70 \text{ m} \quad \underline{\text{Ans}} \end{aligned}$$

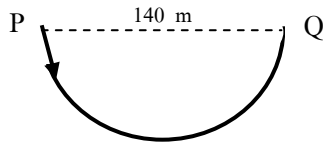
$$\begin{aligned} \text{การกระจัด } \vec{s} &= AC \\ &= 50 \text{ m} \text{ ทิศทางจาก A ไป C} \quad \underline{\text{Ans}} \end{aligned}$$

“พอมองเห็นความแตกต่างระหว่าง ระยะทาง กับการกระจัดแล้วนะครับ”



### ตัวอย่างที่ 2

วัตถุเคลื่อนที่ ครึ่งวงกลม จาก P ไป Q ใช้เวลา 10 วินาที จงหา



- ก. ระยะทาง
- ข. การกระจัด
- ค. อัตราเร็วเฉลี่ย
- ง. ความเร็วเฉลี่ย
- จ. หากวัตถุเคลื่อนที่เป็นวงกลม กลับมายัง P ใช้เวลา 20 วินาทีวัตถุจะมีความเร็วเฉลี่ยทั้งหมดเท่าไร

ก. ระยะทางที่เคลื่อนที่ได้  $s = \frac{\pi D}{2} = \frac{22}{7} \times \frac{140}{2} = 220 \text{ m.}$  **Ans**

ข. การกระจัด  $\vec{s} = PQ = 140 \text{ m.}$  ทิศทางจาก P ไป Q **Ans**

ค. อัตราเร็วเฉลี่ย  $v_{av} = \frac{s}{t} = \frac{220}{10} = 22 \text{ m/s}$  **Ans**

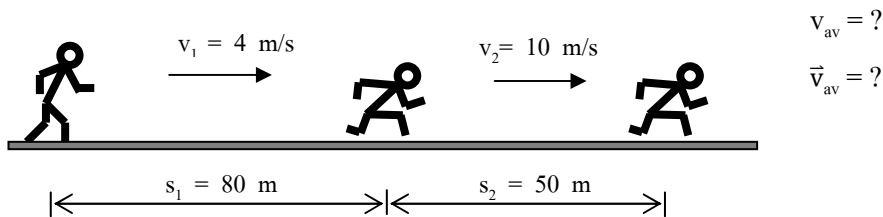
ง. ความเร็วเฉลี่ย  $\vec{v}_{av} = \frac{\vec{s}}{t} = \frac{140}{10} = 14 \text{ m/s}$  ทิศทางจาก P ไป Q **Ans**

จ. ความเร็วเฉลี่ย  $\vec{v}_{av} = \frac{\vec{s}}{t} = \frac{0}{20} = 0 \text{ m/s}$  **Ans**

### ตัวอย่างที่ 3

สมชายเดินเป็นเส้นตรงด้วยความเร็ว 4 m/s ได้ระยะทาง 80 m. จากนั้นจึงวิ่งต่อด้วยความเร็ว 10 m/s ได้ระยะทาง 50 m. จงหาอัตราเร็วเฉลี่ยและความเร็วเฉลี่ยของสมชาย

วาดรูปตามโจทย์ ใส่ปริมาณที่เกี่ยวข้องลงไปในรูปแบบ



“โจทย์ให้หาอัตราเร็วเฉลี่ย เรารู้ว่า  $v_{av} = \frac{s_{ทั้งหมด}}{t_{ทั้งหมด}}$  จากรูป  $s_{ทั้งหมด} = s_1 + s_2$  หา  $t_{ทั้งหมด}$  ได้แล้วแทนค่าก็จะได้คำตอบง่ายๆ”





จาก  $v = \frac{s}{t}$  จะได้  $t = \frac{s}{v}$

$$t_1 = \frac{s_1}{v_1} = \frac{80}{4} = 20 \text{ s}$$

$$t_2 = \frac{s_2}{v_2} = \frac{50}{10} = 5 \text{ s}$$

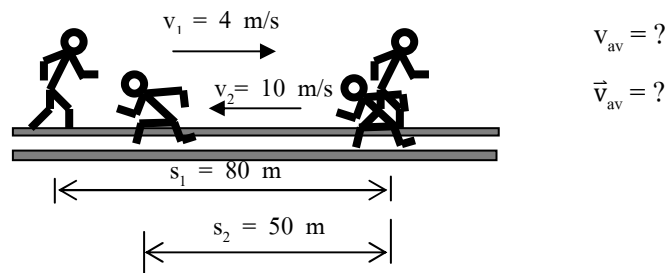
$$v_{av} = \frac{s_{\text{ทั้งหมด}}}{t_{\text{ทั้งหมด}}} = \frac{s_1 + s_2}{t_1 + t_2} = \frac{80 + 50}{20 + 5} = \frac{130}{25} = 5.20 \text{ m/s} \quad \text{Ans}$$

$$\vec{v}_{av} = \frac{s_{\text{ลัพธ์}}}{t_{\text{ทั้งหมด}}} = \frac{80 + 50}{20 + 5} = \frac{130}{25} = 5.20 \text{ m/s} \quad \text{Ans}$$

“อัตราเร็วเฉลี่ย และความเร็วจลี่ยมีขนาดเท่ากันเนื่องจากการเคลื่อนที่แนวตรงต่อเนื่องไป ไม่ย้อนกลับ ทำให้ได้ระยะทาง เท่ากับการกระจัด”

#### ตัวอย่างที่ 4

จากตัวอย่างที่ 3 หากสมชายวิ่งย้อนกลับทางเดิม หลังจากเดินด้วยความเร็วและได้ระยะทางเท่าเดิม จงหาอัตราเร็วเฉลี่ยและความเร็วจลี่ยของสมชาย



เนื่องจากอัตราเร็วเฉลี่ย  $v_{av} = \frac{s_{\text{ทั้งหมด}}}{t_{\text{ทั้งหมด}}} = \frac{s_1 + s_2}{t_1 + t_2} = \frac{80 + 50}{20 + 5} = \frac{130}{25} = 5.20 \text{ m/s}$

$\therefore v_{av} = 5.20 \text{ m/s}$  มีค่าคงเดิมเพราะเคลื่อนที่ได้ระยะทางเท่าเดิม **Ans**

แต่ความเร็วจลี่ย  $\vec{v}_{av} = \frac{\vec{s}_{\text{ลัพธ์}}}{t_{\text{ทั้งหมด}}}$

$\therefore \vec{v}_{av} = \frac{80 - 50}{20 + 5} = \frac{30}{25} = 1.2 \text{ m/s}$  มีค่าน้อยกว่าอัตราเร็วเฉลี่ยเพราะการ

กระจัดลัพธ์ น้อยกว่าระยะทาง **Ans**

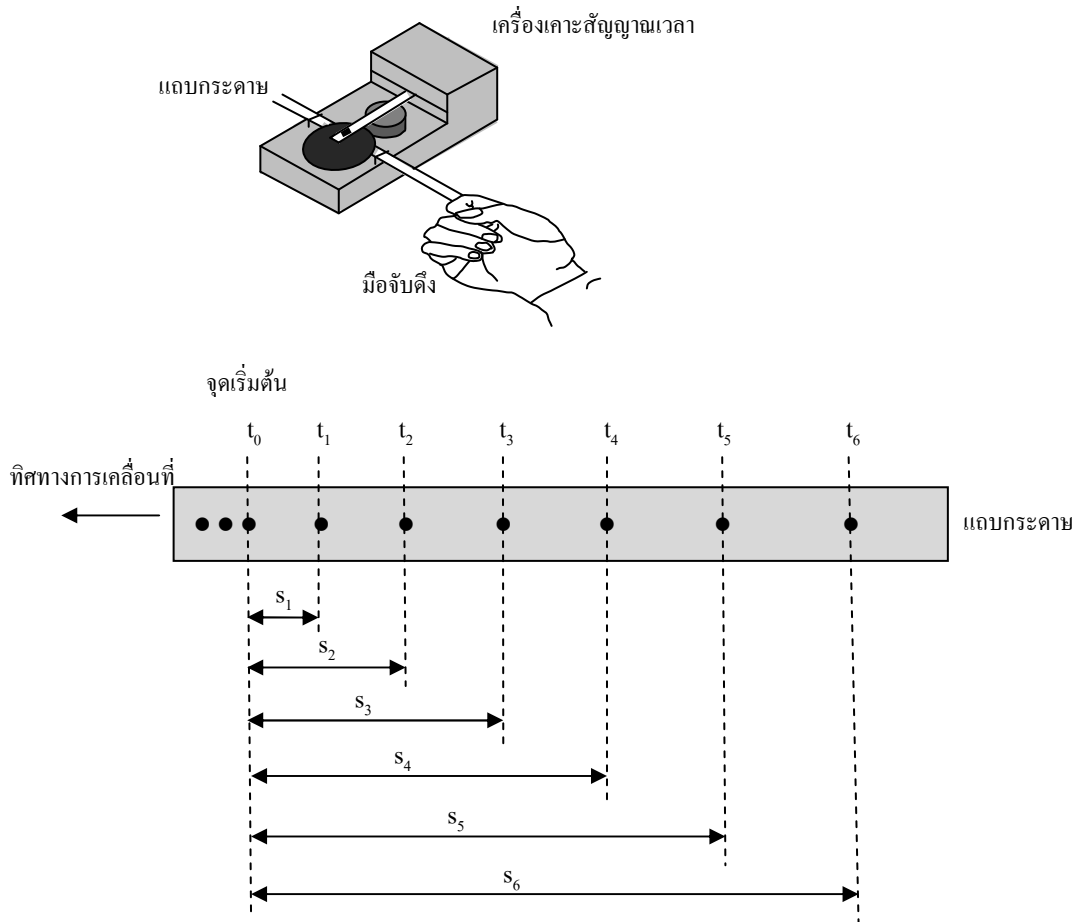
#### ข้อสังเกต

- เทคนิคในการแก้ปัญหาโจทย์วิทยาศาสตร์ หรือคณิตศาสตร์ ให้นักเรียนวาดรูปประกอบทุกครั้ง เมื่ออ่านโจทย์เสร็จแล้ว แปลงความหมายโจทย์ออกมาให้เป็นภาพ วาดรูปภาพตามนั้น ใส่ตัวแปรทั้งที่รู้ค่าและไม่รู้ค่าลงไปในรูปแบบ จากนั้นเขียนสมการที่เกี่ยวข้อง แล้วแก้สมการหาคำตอบออกมา



## 2.4 เครื่องเคาะสัญญาณเวลา

เป็นเครื่องมือที่ใช้วัดอัตราเร็วของวัตถุ โดยติดแถบกระดาษกับวัตถุให้วิ่งผ่านเครื่องเคาะสัญญาณเวลา



เครื่องเคาะสัญญาณความถี่ 50 จุดต่อวินาที เวลาในหนึ่งช่วงจุดเท่ากับ 1/50 วินาที

อัตราเร็วเฉลี่ยช่วง  $t_0 - t_2$  คือ  $v_{0-2} = \frac{s_2}{t_2} =$  อัตราเร็วเฉลี่ย ณ เวลา  $t_1$

อัตราเร็วเฉลี่ยช่วง  $t_1 - t_5$  คือ  $v_{1-5} = \frac{s_5 - s_1}{t_5 - t_1}$

อัตราเร็ว ณ เวลา  $t_3$  คือ  $v_3 = \frac{s_4 - s_2}{t_4 - t_2}$

ความเร่งเฉลี่ยช่วง  $t_2 - t_5$  คือ  $a_{2-5} = \frac{v_5 - v_2}{t_5 - t_2}$

ความเร่ง ณ เวลา  $t_3$  คือ  $a_3 = \frac{v_4 - v_2}{t_4 - t_2} =$  ความเร่งเฉลี่ยช่วง  $t_2 - t_4$

- เครื่องเคาะสัญญาณเวลาความถี่ 50 ครั้งต่อวินาที และ 100 ครั้งต่อวินาที เวลาในแต่ละช่วงจุดมีค่าเท่าไร?
- การหาความเร็ว และความเร่ง ขณะใดขณะหนึ่ง มีวิธีหาได้อย่างไร?



### ตัวอย่างที่ 5

จากรูปข้างต้น จงหาความเร่งขณะเวลา 4/50 วินาที

กำหนดให้  $s_1 = 1.0 \text{ cm}$  ,  $s_2 = 2.2 \text{ cm}$  ,  $s_3 = 3.6 \text{ cm}$  ,  $s_4 = 5.2 \text{ cm}$  ,  $s_5 = 7.0 \text{ cm}$  และ  $s_6 = 9.0 \text{ cm}$   
เครื่องเคาะสัญญาณความถี่ 50 ครั้งต่อวินาที

$$\text{จาก นิยามความเร่งขณะใดขณะหนึ่ง } \vec{a}_t = \frac{\Delta \vec{v}_{\text{ช่วงสั้นๆ}}}{\Delta t_{\text{ช่วงสั้นๆ}}}$$

$$a_4 = \frac{v_5 - v_3}{t_5 - t_3} \text{ -----(1)}$$

$$v_3 = \frac{s_4 - s_2}{t_4 - t_2} = (5.2 - 2.2) \times 10^{-2} / \left(\frac{4}{50} - \frac{2}{50}\right) = 0.75 \text{ m/s}$$

$$v_5 = \frac{s_6 - s_4}{t_6 - t_4} = (9.0 - 5.2) \times 10^{-2} / \left(\frac{6}{50} - \frac{4}{50}\right) = 0.95 \text{ m/s}$$

แทนค่า  $v_3$  และ  $v_5$  ใน (1)

$$\begin{aligned} \text{จะได้ } a_4 &= \frac{v_5 - v_3}{t_5 - t_3} \\ &= (0.95 - 0.75) / \left(\frac{5}{50} - \frac{3}{50}\right) \\ \therefore a_4 &= 5 \text{ m/s}^2 \quad \text{Ans} \end{aligned}$$

### จุดบนแถบกระดาษที่ผ่านเครื่องเคาะสัญญาณเวลา



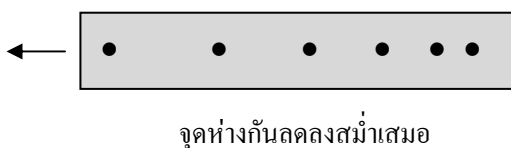
#### จุดห่างกันสม่ำเสมอ

- ระยะทางเพิ่มขึ้น (ในอัตราคงตัว) สม่ำเสมอ
- อัตราเร็ว หรือความเร็วคงตัว
- ความเร่งเป็นศูนย์



#### จุดห่างกันเพิ่มขึ้นสม่ำเสมอ

- ระยะทางเพิ่มขึ้น (ในอัตราเพิ่มขึ้น) ไม่สม่ำเสมอ
- อัตราเร็ว หรือความเร็วเพิ่มขึ้นสม่ำเสมอ
- ความเร่งคงตัว (เป็น +)



#### จุดห่างกันลดลงสม่ำเสมอ

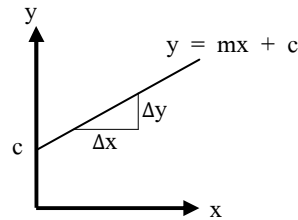
- ระยะทางเพิ่มขึ้น (ในอัตราลดลง) ไม่สม่ำเสมอ
- อัตราเร็ว หรือความเร็วลดลงสม่ำเสมอ
- ความเร่งคงตัว (เป็น -)



## 2.5 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง การกระจัด (s) ความเร็ว (v) ความเร่ง (a) และเวลา (t)

เราได้เรียนรู้นิยามของปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่มาแล้ว ในหัวข้อต่อไปนี้จะศึกษาความสัมพันธ์ในรูปแบบกราฟของปริมาณเหล่านั้นว่ามีลักษณะเป็นอย่างไรบ้าง

เพื่อให้เข้าใจได้ง่าย จะใช้กราฟเส้นตรงหาความสัมพันธ์ระหว่างสองปริมาณที่เป็นปฏิภาคกัน ส่วนกราฟเส้นโค้งใช้ดูการเปลี่ยนแปลงได้แต่ไม่สามารถพิสูจน์ความสัมพันธ์ได้ชัดเจน



จากสมการเส้นตรงทั่วไป  $y = mx + c$

$m$  คือ ความชัน (Slope) มีค่าเท่ากับ  $\frac{\Delta y}{\Delta x}$

$c$  คือ จุดตัด บนแกน  $y$

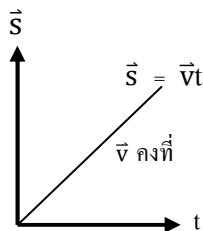
### การกระจัด(s) กับ เวลา (t)

จากนิยาม ความเร็ว =  $\frac{\text{การกระจัด}}{\text{เวลา}}$  หรือ  $\vec{v} = \frac{\vec{s}}{t}$

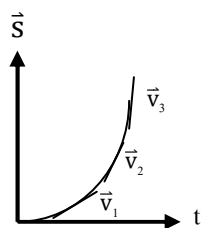
หรือ  $\vec{s} = \vec{v}t$

เมื่อเทียบกับ  $y = mx + c$  แล้ว

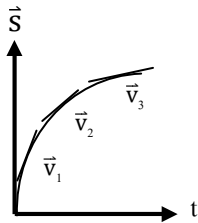
กราฟระหว่าง การกระจัด (s) กับ เวลา (t) จะได้ความชัน (slope) เท่ากับความเร็ว (v) และจุดตัดบนแกน s เท่ากับ 0 ( $c = 0$ )



ความชันคงที่ → ความเร็วคงที่ → ความเร่ง = 0



ความชันเพิ่มขึ้น → ความเร็วเพิ่มสม่ำเสมอ → ความเร่งคงที่ (เป็น+)



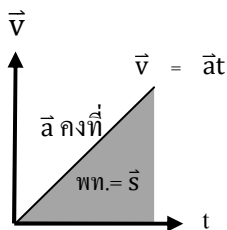
ความชันลดลง → ความเร็วลดลงสม่ำเสมอ → ความเร่งคงที่ (เป็น -)

**ความเร็ว ( $\vec{v}$ ) กับ เวลา (t)**

จากนิยาม ความเร่ง =  $\frac{\text{ความเร็วที่เปลี่ยนไป}}{\text{เวลา}}$  หรือ  $\vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$

หรือ  $\vec{v} = \vec{a}t$   
 เมื่อเทียบกับ  $y = mx + c$  แล้ว

กราฟระหว่าง ความเร็ว ( $\vec{v}$ ) กับ เวลา (t) จะได้ความชัน (slope) เท่ากับความเร่ง ( $\vec{a}$ )



ความชันคงที่ → ความเร่งคงที่  
 พื้นที่ใต้กราฟ  $\vec{v} \cdot t = \vec{s}$

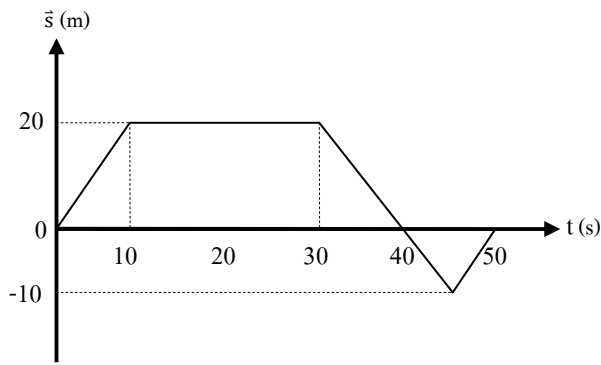
**ข้อสังเกต**

- หลักการพิจารณากราฟความสัมพันธ์ของสองปริมาณที่เป็นปฏิภาคกัน ให้เขียนสมการความสัมพันธ์ของปริมาณทั้งสองโดยจัดออกมาให้อยู่ในรูปเส้นแบบสมการเส้นตรง  $y = mx + c$  แล้วเทียบตัวแปรของแต่ละปริมาณกับ  $y, m, x$  เมื่อเขียนกราฟโดยให้ปริมาณที่เทียบกับ  $y$  เป็นแกนตั้งและเทียบกับ  $x$  เป็นแกนนอน ปริมาณที่เทียบกับ  $m$  จะเป็นค่าความชันของกราฟ
- ความหมายของกราฟความสัมพันธ์ของ การกระจัด ความเร็ว ความเร่ง และเวลา เป็นเรื่องที่นักเรียนไม่จำเป็นต้องท่องจำเลย ถ้านักเรียนมีความเข้าใจในนิยามของปริมาณเหล่านี้อย่างถ่องแท้ กราฟเป็นเพียงการขยายความจากนิยามอีกรูปแบบหนึ่งเท่านั้น นี่เป็นตัวอย่างหนึ่งของการเรียนฟิสิกส์ที่ถูกต้องวิธีคือเรียนด้วยความเข้าใจ มากกว่าการท่องจำ ซึ่งทำให้ลืมนำและเปลืองสมองด้วยครับ



## ตัวอย่างที่ 6

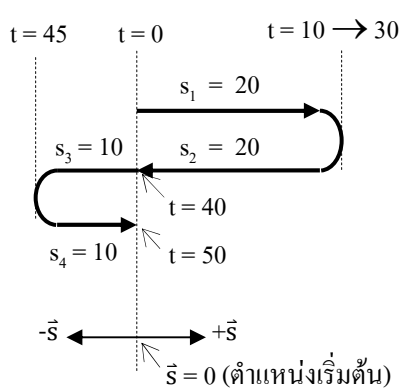
วัตถุอันหนึ่งเคลื่อนที่เป็นแนวตรงมีกราฟของการกระจัดและเวลาดังรูป จงหา



- ระยะทางของการเคลื่อนที่ใน 50 วินาที
- การกระจัดใน 50 วินาที
- ความเร็วที่วินาที 5, 20 และ 35
- อัตราเร็วเฉลี่ยใน 50 วินาที
- ความเร็วเฉลี่ยใน 50 วินาที

ก. ระยะทางของการเคลื่อนที่ (s)

โจทย์กำหนดเป็นการเคลื่อนที่แนวตรง จากกราฟถ้าต้องการหาระยะทาง หรือการกระจัดต้องเขียนลักษณะการเคลื่อนที่ของวัตถุโดยแปลความหมายออกมาจากกราฟ



ลักษณะการเคลื่อนที่ สมมติการกระจัดเป็น + เมื่อวัดไปทางขวา และเป็น - เมื่อวัดไปทางซ้ายของจุดเริ่มต้น จากกราฟเมื่อเริ่มเคลื่อนที่ที่  $t=0$  วัตถุจะเคลื่อนที่มาทางขวา จนเวลาผ่านไป 10 วินาทีได้การกระจัด 20 m ช่วงเวลา  $t=10-30$  วินาทีมีการกระจัดคงเดิมเท่ากับ 20 m แสดงว่าวัตถุหยุดเคลื่อนที่ จากนั้นช่วงเวลา  $t=30-40$  วินาที มีการกระจัดลดลงแสดงว่าวัตถุเคลื่อนที่ย้อนกลับไปทางซ้าย และการกระจัดเป็นศูนย์เมื่อ  $t=40$  วินาที ซึ่งวัตถุจะมาอยู่ที่ตำแหน่งเริ่มต้น จากนั้นเคลื่อนที่ต่อไปทางซ้ายของจุดเริ่มต้น เนื่องจากการกระจัดมีค่าเป็นลบ และเมื่อเวลา  $t=45$  วินาที ได้การกระจัด -10 m จึงวกกลับมาทางขวา แล้วมาหยุดอยู่ที่จุดเริ่มต้นเมื่อเวลา  $t=50$  วินาที

$$\begin{aligned} \text{ระยะทาง } s &= s_1 + s_2 + s_3 + s_4 \quad (\text{ความยาวจริงตามแนวเส้นทางการเคลื่อนที่}) \\ &= 20 + 20 + 10 + 10 = 60 \text{ m} \quad \text{Ans} \end{aligned}$$

ข. การกระจัด (s) ใน 50 วินาที

การกระจัด  $s = 0$  เพราะกลับมาอยู่ตำแหน่งเริ่มต้น (ความยาวแนวตรงจากจุดเริ่มต้นมายังจุดปลาย) **Ans**

ค. ความเร็วที่วินาที 5, 20 และ 35

ความเร็วที่เวลาใด ๆ  $v_t$  หาได้จากความชันของกราฟ  $s$  กับ  $t$

(นิยาม  $\vec{v} = \frac{\vec{s}}{t}$  หรือ  $s = vt$  เมื่อเทียบกับ  $y = mx + c$  จะได้  $\vec{v} = m$ )

เมื่อ  $t = 5 \text{ s}$  ความชัน  $\vec{v} = (20 - 0)/(10 - 0) = 2 \text{ m/s}$  **Ans**

เมื่อ  $t = 20 \text{ s}$  ความชัน  $\vec{v} = 0 \text{ m/s}$  **Ans**

เมื่อ  $t = 35 \text{ s}$  ความชัน  $\vec{v} = (0 - 20)/(40 - 30) = -2 \text{ m/s}$  (ไปทางซ้าย) **Ans**



### ง. อัตราเร็วเฉลี่ย ( $v_{av}$ )

$$\text{จากนิยาม อัตราเร็วเฉลี่ย} = \frac{\text{ระยะทางที่เคลื่อนที่ได้ทั้งหมด}}{\text{ช่วงเวลาทั้งหมด}}$$

$$v_{av} = \frac{S_{\text{ทั้งหมด}}}{t_{\text{ทั้งหมด}}}$$

$$v_{av} = \frac{60}{50} = 1.2 \text{ m/s} \quad \underline{\text{Ans}}$$

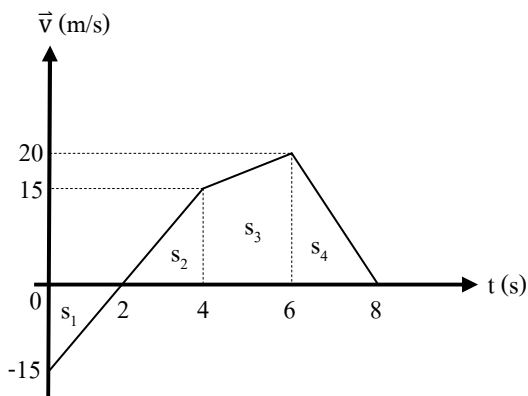
### จ. ความเร็วเฉลี่ย ( $\vec{v}_{av}$ )

$$\text{จากนิยาม ความเร็วเฉลี่ย} = \frac{\text{การกระจัดลัพธ์}}{\text{ช่วงเวลาทั้งหมด}}$$

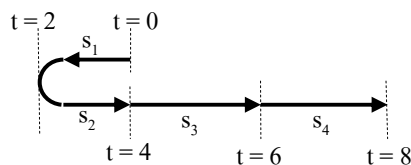
$$\vec{v}_{av} = \frac{\vec{S}_{\text{ลัพธ์}}}{t_{\text{ทั้งหมด}}} = 0 \text{ m/s} \quad \underline{\text{Ans}}$$

### ตัวอย่างที่ 7

กราฟระหว่างความเร็ว ( $\vec{v}$ ) กับเวลา ( $t$ ) ของวัตถุที่เคลื่อนที่เป็นเส้นตรงดังรูป จงหา



- ระยะทางที่เคลื่อนที่ได้ทั้งหมด
- การกระจัดที่ได้ทั้งหมด
- อัตราเร็วเฉลี่ยของการเคลื่อนที่ทั้งหมด
- ความเร็วเฉลี่ยของการเคลื่อนที่ทั้งหมด
- ความเร่งที่วินาที 1 และ 7



สมมติ ทิศการเคลื่อนที่ไป  
ด้านขวาเป็นบวก

ลักษณะการเคลื่อนที่

### ก. ระยะทางที่เคลื่อนที่ได้ทั้งหมด $s$

ระยะทางที่เคลื่อนที่ได้ทั้งหมด หาได้จากผลรวมของขนาดการกระจัดในแต่ละช่วงโดยไม่คิดเครื่องหมาย หรือ ระยะทาง  $s =$  พื้นที่ใต้กราฟ (ไม่คิดเครื่องหมาย)

ระยะทางเป็นปริมาณสเกลาร์ไม่คิดทิศทาง แต่เป็นระยะทางจริงที่วัตถุเคลื่อนที่ได้ทั้งหมด

$$s = s_1 + s_2 + s_3 + s_4$$

$$= \left(\frac{1}{2} \times 2 \times 15\right) + \left(\frac{1}{2} \times 2 \times 15\right) + \left(\frac{1}{2} \times (20 + 15) \times 2\right) + \left(\frac{1}{2} \times 2 \times 20\right)$$



$$\therefore s = 85 \text{ m } \underline{\text{Ans}}$$

ข. การกระจัดที่ได้ทั้งหมด  $\vec{s}$

การกระจัด  $\vec{s}$  = พื้นที่ใต้กราฟ  $\vec{v}$  กับ  $t$  (คิดเครื่องหมาย)

$$\begin{aligned} \vec{s} &= s_1 + s_2 + s_3 + s_4 \\ &= -15 + 15 + 35 + 20 \end{aligned}$$

$$\therefore \vec{s} = 55 \text{ m } \underline{\text{Ans}}$$

ค. อัตราเร็วเฉลี่ยของการเคลื่อนที่ทั้งหมด  $v_{av}$

$$\begin{aligned} \text{อัตราเร็วเฉลี่ย } v_{av} &= \frac{S \text{ ทั้งหมด}}{t \text{ ทั้งหมด}} \\ &= \frac{85}{8} \end{aligned}$$

$$\therefore v_{av} = 10.62 \text{ m/s } \underline{\text{Ans}}$$

ง. ความเร็วเฉลี่ยของการเคลื่อนที่ทั้งหมด  $\vec{v}_{av}$

$$\begin{aligned} \text{ความเร็วเฉลี่ย } \vec{v}_{av} &= \frac{\vec{s} \text{ ทั้งหมด}}{t \text{ ทั้งหมด}} \\ \vec{v}_{av} &= \frac{55}{8} \end{aligned}$$

$$\therefore \vec{v}_{av} = 6.8 \text{ m/s } \underline{\text{Ans}}$$

จ. ความเร่งที่วินาที 1 และ 7  $\vec{a}_1, \vec{a}_7$

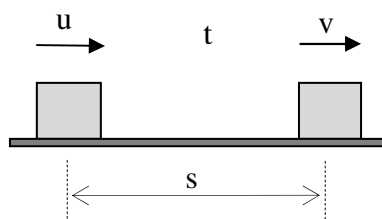
ความเร่ง  $\vec{a}$  = ความชันของกราฟ  $\vec{v}$  กับ  $t$  (จาก  $\vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$ )

$$\text{เมื่อ } t = 1 \text{ s } \quad \text{ความชัน} = \vec{a}_1 = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = (0 - (-15))/(2-0) = 7.5 \text{ m/s}^2 \underline{\text{Ans}}$$

$$\text{เมื่อ } t = 7 \text{ s } \quad \text{ความชัน} = \vec{a}_7 = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = (0 - 20)/(8-6) = -10 \text{ m/s}^2 \underline{\text{Ans}}$$

## 2.6 การเคลื่อนที่ในแนวตรงด้วย *ความเร่ง a คงที่*

จากเนื้อหาเรื่องปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่อันได้แก่ ระยะทาง การกระจัด อัตราเร็ว ความเร็ว ความเร่ง และ เวลา ที่นักเรียนได้เรียนมาในหัวข้อก่อนหน้า ในหัวข้อนี้จะเป็นการประยุกต์ปริมาณต่าง ๆ เข้าด้วยกันให้อยู่ในรูปสมการ หรือสูตรการเคลื่อนที่ โดยในขั้นนี้จะเป็นการเคลื่อนที่แนวตรงด้วยความเร่งคงที่ ส่วนการเคลื่อนที่ด้วยความเร่งไม่คงที่นักเรียนจะได้ในระดับสูงขึ้น ซึ่งจะไม่ขอกกล่าว ณ ที่นี้





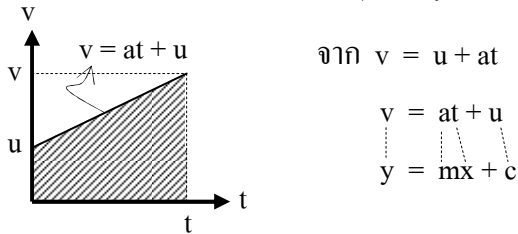


พิจารณาจากรูป วัตถุอันหนึ่งกำลังเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว  $u$  เมตร/วินาที เมื่อเวลาผ่านไป  $t$  วินาที วัตถุมีความเร็วเปลี่ยนไปเป็น  $v$  เมตร/วินาที และเคลื่อนที่ได้ระยะทาง  $s$  เมตร เราสามารถหาสมการของการเคลื่อนที่แนวตรง ได้ดังนี้

$$\text{จากนิยามของความเร่ง } a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v-u}{t}$$

$$\text{จะได้ } at = v - u \text{ หรือ } v = u + at \text{ ---(1)}$$

เมื่อเขียนกราฟระหว่าง  $v$  และ  $t$  จะได้กราฟเส้นตรง



พท.ใต้กราฟ  $v$  กับ  $t$  คือ  $s \quad \therefore s = \left(\frac{u+v}{2}\right) t \text{ ---(2)}$

เมื่อแทนค่า  $v = u + at$  ลงใน (2)

$$\text{จะได้ } s = \left(\frac{u+u+at}{2}\right) t$$

$$s = ut + \frac{1}{2} at^2 \text{ ---(3)}$$

เมื่อแทนค่า  $t = \frac{v-u}{a}$  ลงใน (2)

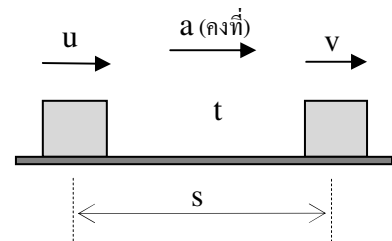
$$\text{จะได้ } s = \left(\frac{u+v}{2}\right) \left(\frac{v-u}{a}\right)$$

$$2as = v^2 - u^2$$

$$v^2 = u^2 + 2as \text{ ---(4)}$$

#### สรุปสูตรสำคัญ 4 สูตรหลักของการเคลื่อนที่แนวตรง

1.  $v = u + at$
2.  $s = \frac{(u + v)}{2} t$
3.  $s = ut + \frac{1}{2} at^2$
4.  $v^2 = u^2 + 2as$



“วาดภาพประกอบการจำสูตร  
ทำให้จำได้ง่ายขึ้นครับ”

ตัวแปรทั้งหมดเป็นปริมาณเวกเตอร์ ยกเว้น  $t$

$$t = \text{เวลาที่ใช่เคลื่อนที่ เมื่อเริ่ม } t = 0$$

$$u = \text{ความเร็วต้น}$$

$$v = \text{ความเร็วปลาย}$$

$$s = \text{การกระจัด หรือระยะทางที่เคลื่อนที่ได้}$$

$$a = \text{ความเร่ง มีค่าคงที่ (เป็น + เมื่อ } v > u \text{ และเป็น - เมื่อ } v < u \text{ เรียกความหน่วง)}$$

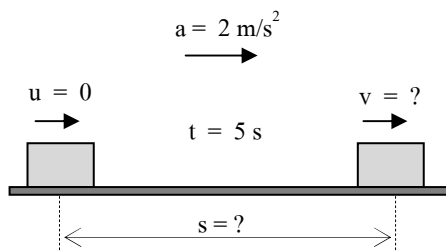
กรณีเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ หรือคงตัว ความเร่งเป็นศูนย์ จะได้  $s = vt$



“ในกรณีวัตถุเคลื่อนที่ในทิศทางเดียว ไม่ย้อนกลับ จะได้ การกระจัด = ระยะทาง และมักใช้ ระยะทาง แทนการกระจัด เวลาถ่วงถึงความเร็ว และเพื่อความสะดวกจะไม่ใส่เครื่องหมายแสดงปริมาณเวกเตอร์ บน  $s, u, v, a$  ในการคำนวณ”

### ตัวอย่างที่ 8

วัตถุชิ้นหนึ่งเคลื่อนที่ออกจากจุดหยุดนิ่งด้วยความเร่งคงที่  $2 \text{ m/s}^2$  เมื่อเวลาผ่านไป 5 วินาที วัตถุจะมีความเร็วเท่าใด และได้ระยะทางเท่าไร



“เทคนิคการทำโจทย์ทุกข้อ ก่อนอื่นให้นักเรียนวาดรูปจากข้อมูลที่โจทย์ให้มา ใส่ตัวแปรต่างๆที่เกี่ยวข้อง ถ้ารู้ค่าใส่ค่าลงไป และถ้าไม่รู้ค่าใส่เครื่องหมาย? ตามตัวอย่างนี้ โจทย์บอก  $a = 2, t = 5, u = 0$  เพราะเคลื่อนที่ออกจากจุดหยุดนิ่ง ตรงนี้ต้องตีความหมายให้ได้ โจทย์ถาม  $v = ?, s = ?$  หากทำได้จากสูตร 4 สูตรข้างต้นครับ”

จากรูปรู้  $u, a, t$  หา  $v$  ได้ จากสูตร

$$v = u + at$$

$$v = 0 + 2 \times 5$$

$$\therefore v = 10 \text{ m/s} \quad \text{Ans}$$

และหา  $s$  ได้ จากสูตร

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

$$s = (0 + 10) / 2 \times 5$$

$$\therefore s = 25 \text{ m} \quad \text{Ans}$$

หรือสูตร

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

$$s = 0 + \frac{1}{2} \times 2 \times 5^2$$

$$\therefore s = 25 \text{ m/s} \quad \text{Ans}$$

หรือสูตร

$$v^2 = u^2 + 2as$$

$$10^2 = 0 + 2(2) s$$

$$\therefore s = 25 \text{ m} \quad \text{Ans}$$

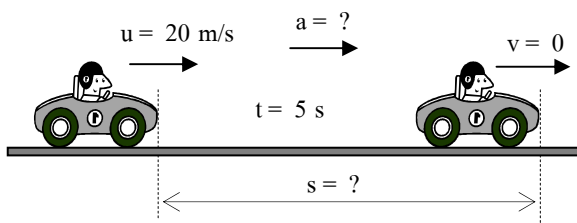


### ข้อสังเกต

- จากตัวอย่าง นักเรียนจะเห็นว่าเราสามารถหาค่า  $s$  ได้จากสูตร 2, 3 หรือ 4 โดยได้คำตอบเท่ากัน เนื่องจากสูตรทั้ง 4 มีที่มาจากที่เดียวกัน(เริ่มต้นจากนิยามของความเร่ง) การเลือกจะใช้สูตรไหนดี ขึ้นอยู่กับข้อมูลที่โจทย์ให้มา ตามเซ็นต์แล้วนักเรียนควรเลือกใช้สูตรที่มีจำนวนตัวแปรไม่รู้ค่าน้อยที่สุด ทักษะการเลือกใช้สูตรจะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อนักเรียนได้ฝึกทำโจทย์เยอะ ๆ ครับ

### ตัวอย่างที่ 9

รถยนต์คันหนึ่งกำลังเล่นบนถนนด้วยความเร็ว 72 กิโลเมตร/ชั่วโมง คนขับเห็นไฟแดงข้างหน้าจึงเหยียบเบรกทำให้รถหยุดในเวลา 5 วินาที จงหาความเร่ง และระยะทางในช่วงการเบรกนี้



“วาดรูปจากข้อมูลที่โจทย์ให้มา ใส่ตัวแปรต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ไม่แนะนำให้เกิดในใจแม้ว่าโจทย์บางข้ออาจไม่ยากนัก ให้ฝึกเป็นนิสัยจะได้ไม่พลาด การวาดรูปจะทำให้เรามองเห็นภาพ เข้าใจเนื้อหาดีขึ้น และแก้ปัญหาได้โดยง่ายครับ”

“แปลงหน่วยทุกค่า ให้เป็นหน่วยที่กำหนดตามสูตรเช่น ระยะทางเป็นเมตร เวลาเป็นวินาที ความเร็วเป็นเมตร/วินาที และความเร่งเป็นเมตร/วินาที<sup>2</sup> ก่อนใช้สูตรคำนวณ”

$$u = 72 \text{ km/hr} = (72 \times 10^3 \text{ m}) / (60 \text{ นาที} \times 60 \text{ วินาที}) \text{ m/s}$$

$$u = 20 \text{ m/s}$$

รู้  $u, v$  และ  $t$  หา  $a$  ได้ จากสูตร  $v = u + at$

$$0 = 20 + a(5)$$

$$\therefore a = -4.0 \text{ m/s}^2 \text{ Ans}$$

“ความเร่งเป็นลบ เรียกว่าความหน่วงมีทิศทางตรงข้ามกับการเคลื่อนที่ เพราะว่าความเร็วลดลงจาก  $u = 20$  เป็น  $v = 0$ ”

รู้  $u, v$  และ  $t$  หา  $s$  ได้ จากสูตร  $s = \frac{(u + v)}{2} t$

$$= (20 + 0) / 2 (5)$$

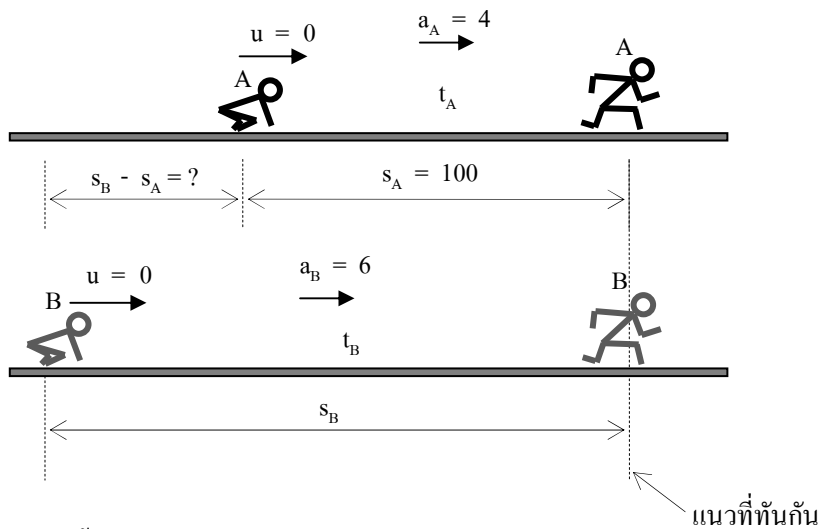
$$\therefore s = 50 \text{ m Ans}$$



### ตัวอย่างที่ 10

เด็กชาย A และ B วิ่งออกจากจุดเริ่มต้นพร้อมกัน โดยจุดเริ่มต้นของ B อยู่หลัง A เด็กทั้งสองวิ่งด้วยความเร็ว  $4 \text{ m/s}^2$  และ  $6 \text{ m/s}^2$  ตามลำดับ และวิ่งทันกันเมื่อ A วิ่งได้ทาง  $100 \text{ m}$ . จงหาว่าเด็กทั้งสองอยู่ห่างกันเท่าไรตอนเริ่มต้น

วาดรูปจากข้อมูลที่โจทย์ให้มา



เด็กทั้งสองวิ่งทันกันพอดี

∴ จะใช้เวลาเท่ากันคือ  $t_A = t_B = t$

หาเวลา  $t$  ได้จาก การเคลื่อนที่ของเด็กชาย A

$$\begin{aligned} \text{จากสูตร} \quad s &= ut + \frac{1}{2} at^2 \\ 100 &= 0 + \frac{1}{2} \times 4 \times t^2 \\ t^2 &= 50 \\ t &= 5\sqrt{2} \text{ s} \end{aligned}$$

หาระยะทางที่เด็กชาย B เคลื่อนที่ได้  $s_B$

$$\begin{aligned} \text{จากสูตร} \quad s &= ut + \frac{1}{2} at^2 \\ s_B &= 0 + \frac{1}{2} \times 6 \times 50 \\ s_B &= 150 \text{ m} \end{aligned}$$

∴ ระยะทางที่เด็กทั้งสองอยู่ห่างกันตอนเริ่มต้น

$$s_B - s_A = 150 - 100 = 50 \text{ m} \quad \text{Ans}$$

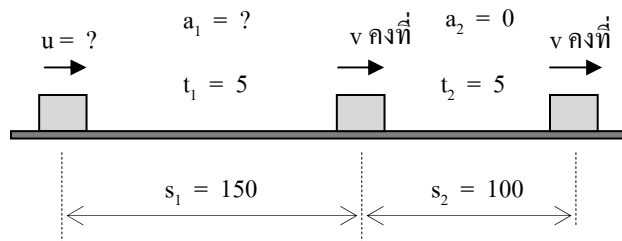
### ข้อสังเกต

- การวาดรูปจะทำให้มองเห็นแนวทางแก้ปัญหาโจทย์ ดังนั้นให้วาดรูปทุกครั้งเมื่อทำโจทย์ อย่าลืม!



### ตัวอย่างที่ 11

วัตถุก้อนหนึ่งเคลื่อนที่แนวตรงได้ระยะทาง 150 เมตร ในเวลา 5 วินาที ด้วยความเร่งคงที่ จากนั้นเคลื่อนที่ต่อด้วยความเร็วคงที่ใน 5 วินาที ได้ระยะทาง 100 เมตร จงหาความเร็วต้น และความเร่งของวัตถุนี้  
วาดรูปจากข้อมูลที่โจทย์ให้มา



พิจารณาการเคลื่อนที่ในช่วงที่สอง

หาความเร็ว  $v$  จากสูตร  $s = vt$  หรือ  $v = s/t$  (เนื่องจาก  $v$  คงที่,  $a_2 = 0$ )

$$\therefore v = 100/5 = 20 \text{ m/s}$$

พิจารณาการเคลื่อนที่ในช่วงแรก

หาความเร็วต้น  $u$  จากสูตร  $s = \frac{(u + v)}{2} t$

แทนค่าจะได้  $150 = (u + 20)/2 (5)$

$$\therefore u = 40 \text{ m/s} \quad \text{Ans}$$

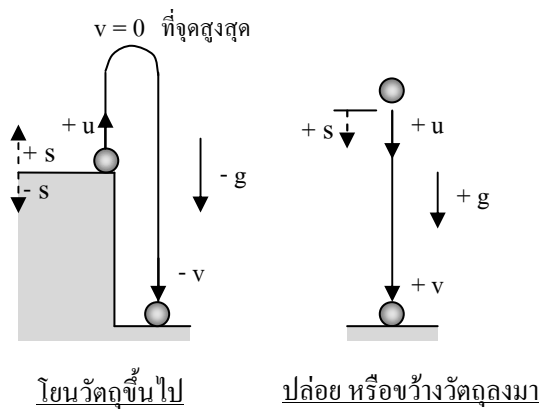
หาความเร่ง  $a_1$  จากสูตร  $v = u + at$

แทนค่าจะได้  $20 = 40 + a_1(5)$

$$\therefore a_1 = -4 \text{ m/s}^2 \quad \text{Ans (เป็นความหน่วง)}$$

## 2.7 การเคลื่อนที่ของวัตถุอย่างอิสระภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลก

การตกอย่างเสรี หรือการเคลื่อนที่อย่างอิสระภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลก เป็นการเคลื่อนที่ของวัตถุที่มีเพียงแรงดึงดูดของโลกกระทำเพียงแรงเดียว วัตถุจะเคลื่อนที่ด้วยความเร่งคงที่ เท่ากับค่าความโน้มถ่วง  $g$  ซึ่งมีค่าประมาณ  $9.8 \text{ m/s}^2$  และมีทิศทางตั้งลงสู่ศูนย์กลางของโลกเสมอ ไม่ว่าวัตถุจะเคลื่อนที่ขึ้นหรือลง ตัวอย่างของการเคลื่อนที่อย่างอิสระๆ เช่น การโยนวัตถุขึ้นไปในแนวตั้ง หรือการปล่อยหรือขว้างวัตถุให้ตกลงมาจากที่สูง การตกอย่างเสรีในหัวข้อนี้เป็นแบบอุดมคติ ไม่คิดผลของแรงต้านอากาศ ที่กระทำกับวัตถุซึ่งอาจมีผลทำให้ความเร่งเปลี่ยนไป การโยน ปล่อย หรือขว้างวัตถุตรง ๆ ในแนวตั้ง วัตถุจะเคลื่อนที่เป็นแนวตรง เราสามารถใช้สมการการเคลื่อนที่แนวตรงทั้ง 4 สมการจากหัวข้อ 2.6 มาแก้ปัญหาคือได้โดยแทนค่าความเร่ง  $a$  ด้วยค่าความโน้มถ่วง  $g$

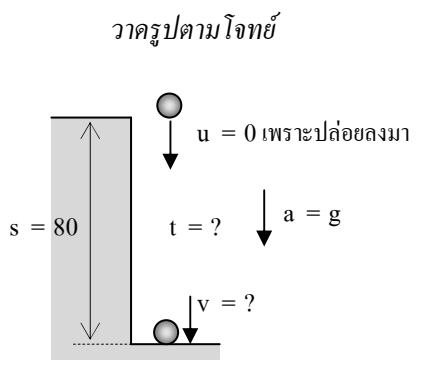


วิธีคิดคำนวณให้ใช้สูตร 4 สูตร ของการเคลื่อนที่  
 แนวตรงโดยเปลี่ยนความเร่ง  $a$  เป็น  $g = 9.8 \text{ m/s}^2$  (นิยมใช้  
 $10 \text{ m/s}^2$ ) และ  $g$  มีทิศทางดังลงสู่ศูนย์กลางโลกเสมอไม่ว่า  
 จะโยนวัตถุขึ้น หรือปล่อย/ขว้างลงมา

การคิดเครื่องหมายเมื่อแทนค่าในสูตร คิดดังนี้..ให้  
 ทิศความเร็วต้น  $u$  เป็นบวกเสมอ ปริมาณอื่นที่มีทิศตรงข้าม  
 กับ  $u$  แทนค่าเป็นลบ ดังแสดงในรูป

**ตัวอย่างที่ 12**

- ปล่อยวัตถุลงมาจากคาบฟ้าของตึกสูง 80 เมตร จงหา
- ก. วัตถุใช้เวลาานเท่าไรจึงตกถึงพื้นล่าง
  - ข. ความเร็วขณะกระทบพื้นเป็นเท่าไร



ก. เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่  $t$

รู้  $s, u$  และ  $a$  หา  $t$  ได้จากสูตร  $s = ut + \frac{1}{2} at^2$

แทนค่าจะได้  $80 = 0 + \frac{1}{2} \times 10 \times t^2$

$t^2 = 16$

$\therefore t = 4.0 \text{ s}$  **Ans**

ข. ความเร็วขณะกระทบพื้น  $v$

รู้  $u, a$  และ  $t$  หา  $v$  ได้จากสูตร  $v = u + at$

แทนค่าจะได้  $v = 0 + 10 \times 4$

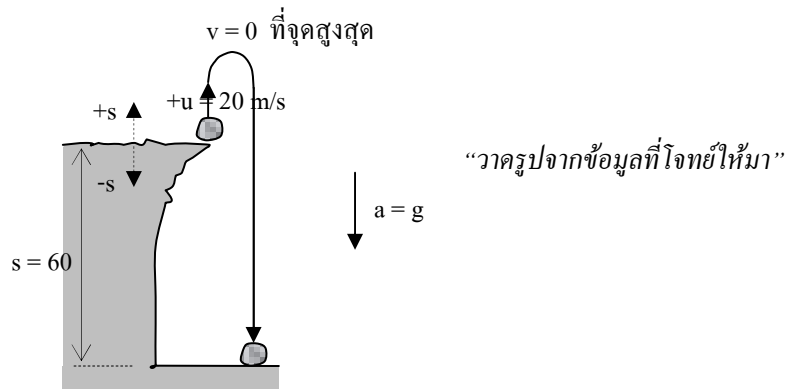
$\therefore v = 40 \text{ m/s}$  **Ans**



### ตัวอย่างที่ 13

โยนก้อนหินขึ้นไปจากยอดหน้าผาซึ่งสูง 60 เมตร ตามแนวตั้งด้วยอัตราเร็ว 20 m/s จงหา

- นานเท่าไรก้อนหินจึงตกถึงพื้นล่าง
- วัตถุขึ้นไปได้สูงสุดเป็นระยะเท่าไรจากจุดโยน
- ตำแหน่งและความเร็วเมื่อเวลา 1, 2, 4, 5 วินาที
- ความเร็วขณะกระทบพื้น



- เวลาทั้งหมดที่ใช้ในการเคลื่อนที่ t

รู้ s, u และ a หา t ได้จากสูตร  $s = ut + \frac{1}{2} at^2$

แทนค่า จะได้  $-60 = 20t + \frac{1}{2}(-10)t^2$  (s เป็นลบเพราะทิศตรงข้ามกับ u)

$$t^2 - 4t - 12 = 0$$

$$(t - 6)(t + 2) = 0$$

$$t = 6, -2 \quad (\text{เวลาใช้เฉพาะค่าบวก เวลาติดลบไม่ได้})$$

$$\therefore t = 6 \text{ s} \quad \text{Ans}$$

- ระยะสูงสุด  $s_{\max}$

ที่จุดสูงสุด ความเร็ว v = 0

รู้ u, v และ a หา s ได้จากสูตร  $v^2 = u^2 + 2as$

แทนค่า จะได้  $0 = 20^2 + 2(-10)s_{\max}$  (a เป็นลบเพราะทิศตรงข้ามกับ u)

$$\therefore s_{\max} = 20 \text{ m} \quad (s \text{ เป็นบวก มีทิศขึ้นเหมือน } u) \quad \text{Ans}$$

- ตำแหน่งและความเร็ว เมื่อ t = 1, 2, 4, 5 s

รู้ u, t และ a หาค่าตำแหน่ง s จากสูตร  $s = ut + \frac{1}{2} at^2$

หาความเร็วจากสูตร  $v = u + at$

เมื่อ t = 1 s

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



$$s = 20(1) + \frac{1}{2}(-10)(1)^2$$

∴  $s = 15$  m เหนือจุดโยน ( $s$  เป็นบวก ∴ ทิศเหมือน  $u$  อยู่เหนือจุดโยน) **Ans**

$$v = u + at$$

$$v = 20 + (-10)(1)$$

∴  $v = 10$  m/s ทิศขึ้น ( $v$  เป็นบวก ∴ ทิศขึ้นเหมือน  $u$ ) **Ans**

เมื่อ  $t = 2$  s

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

$$s = 20(2) + \frac{1}{2}(-10)(2)^2$$

∴  $s = 20$  m เหนือจุดโยน **Ans**

$$v = u + at$$

$$v = 20 + (-10)(2)$$

∴  $v = 0$  m/s จุดสูงสุด **Ans**

เมื่อ  $t = 4$  s

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

$$s = 20(4) + \frac{1}{2}(-10)(4)^2$$

∴  $s = 0$  m ตรงตำแหน่งโยน **Ans**

$$v = u + at$$

$$v = 20 + (-10)(4)$$

∴  $v = -20$  m/s ทิศลง (สังเกตที่ตำแหน่งโยน ขนาดของ  $u = v$  แต่ทิศตรงข้ามกัน) **Ans**

เมื่อ  $t = 5$  s

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

$$s = 20(5) + \frac{1}{2}(-10)(5)^2$$

∴  $s = -25$  m ใต้จุดโยน ( $s$  เป็นลบ ∴ ทิศตรงข้าม  $u$  อยู่ใต้จุดโยน) **Ans**

$$v = u + at$$

$$v = 20 + (-10)(5)$$

∴  $v = -30$  m/s ทิศลง **Ans**





ง. ความเร็วขณะกระทบพื้น

รู้เวลาทั้งหมดที่ใช้เคลื่อนที่  $t = 6 \text{ s}$  (จาก ก)

$$\text{จากสูตร } v = u + at$$

$$v = 20 + (-10)(6)$$

$$\therefore v = -40 \text{ m/s} \quad \text{ทิศลง} \quad \text{Ans}$$

- ▶ 4 สูตรหลักของการเคลื่อนที่แนวตรงโดย  $a$  คงที่มีอะไรบ้าง ?
- ▶ จากสูตรทั้ง 4 เมื่อใด  $u, v, a$  และ  $s$  จะมีเครื่องหมาย  $+, -$  ?
- ▶ ลองนึกภาพการโยนวัตถุขึ้นไปในแนวตั้ง อย่างอิสระแล้วตกลงมาถึงพื้น ความเร็ว ความเร่ง และการกระจัด มีการเปลี่ยนแปลงอย่างไรทั้งขนาดและทิศทาง
- ▶ กราฟการกระจัดกับเวลา ความเร็วกับเวลา และความเร่งกับเวลา ของการโยนก้อนหินขึ้นไปในแนวตั้ง และการปล่อยก้อนหินลงมาจากที่สูงมีลักษณะเป็นอย่างไร?

### ข้อสังเกต

- คำว่าความเร่งคงที่ ในหนังสือบางเล่มอาจใช้คำว่า ความเร่งคงตัว หรือความเร่งสม่ำเสมอก็ได้ ซึ่งมีความหมายเหมือนกัน ในทำนองเดียวกันคำว่า อัตราเร็วคงที่ หรือความเร็วคงที่ ก็มีลักษณะการระบุเช่นเดียวกัน



## 2.8 ความเร็วสัมพัทธ์

เมื่อกล่าวถึงความเร็ว โดยทั่ว ๆ ไปเป็นความเร็วที่เทียบกับตำแหน่งอ้างอิงที่อยู่นิ่ง เช่นวิ่งด้วยความเร็ว 0.5 เมตรต่อวินาที เป็นความเร็วเทียบกับพื้น หรือผู้สังเกตที่ไม่ได้เคลื่อนที่ หากตำแหน่งอ้างอิง หรือผู้สังเกตมีการเคลื่อนที่ด้วย ความเร็วที่ปรากฏจะเป็นความเร็วสัมพัทธ์ ตัวอย่างเช่นนักเรียนลองนึกภาพว่ากำลังวิ่งคู่ขนานไปกับเพื่อนด้วยความเร็วเท่ากัน นักเรียนจะสังเกตเห็นว่าเพื่อนเหมือนกับหยุดนิ่งไม่ได้เคลื่อนที่เมื่อเทียบกับตัวนักเรียน หรือหากวิ่งสวนทางกับเพื่อนจะเห็นเพื่อนวิ่งห่างออกไปด้วยความเร็วเพิ่มขึ้น

สรุป ความเร็วสัมพัทธ์ หมายถึง ความเร็วของวัตถุที่กำลังเคลื่อนที่ เปรียบเทียบกับผู้สังเกต ซึ่งกำลังเคลื่อนที่อยู่ด้วย

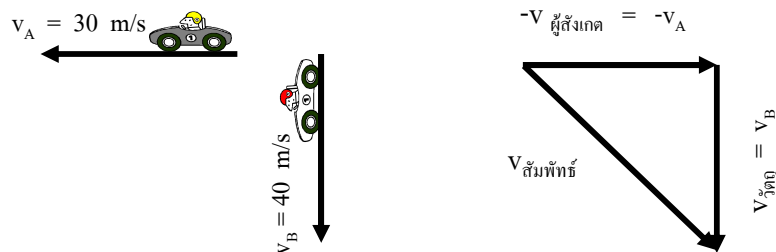
### การคำนวณหาความเร็วสัมพัทธ์ทำได้โดย

- กลับทิศความเร็วของผู้สังเกต ( $\vec{V}_{\text{ผู้สังเกต}}$ )
- นำไปรวมกับความเร็วของวัตถุ ( $\vec{V}_{\text{วัตถุ}}$ ) แบบเวกเตอร์
- ความเร็วที่ได้จะเป็นความเร็วสัมพัทธ์ที่มองเห็น โดยผู้สังเกต ( $\vec{V}_{\text{สัมพัทธ์}}$ )

$$\vec{V}_{\text{สัมพัทธ์}} = \vec{V}_{\text{วัตถุ}} + (-\vec{V}_{\text{ผู้สังเกต}})$$

### ตัวอย่างที่ 14

รถยนต์ A วิ่งด้วยความเร็ว 30 เมตร/วินาที ไปในทิศตะวันตก รถยนต์ B วิ่งด้วยความเร็ว 40 เมตร/วินาที ไปในทิศใต้ จงหาความเร็วของรถยนต์ B ที่สังเกตโดยผู้โดยสารบนรถยนต์ A



จากรูปจะได้

$$\begin{aligned} V_{\text{สัมพัทธ์}} &= \sqrt{v_A^2 + v_B^2} \\ V_{\text{สัมพัทธ์}} &= \sqrt{30^2 + 40^2} \\ V_{\text{สัมพัทธ์}} &= 50 \text{ m/s} \end{aligned}$$

∴ ผู้โดยสารบนรถยนต์ A จะสังเกตเห็นรถยนต์ B วิ่งด้วยความเร็ว 50 m/s ไปในทิศตะวันออกเฉียงใต้ **Ans**

- การพายเรือทวนน้ำเราจะสังเกตเห็นขะที่ลอยมากับน้ำ เคลื่อนที่เข้าหาเราอย่างรวดเร็ว อธิบายได้อย่างไรเกี่ยวกับความเร็วสัมพัทธ์
- เราจะต้องพายเรือตามน้ำด้วยความเร็วอย่างไรจึงสังเกตเห็นขะที่ลอยมากับน้ำอยู่นิ่ง