# บทที่ 1

# บทนำ

บทนำ ซึ่งเป็นบทแรกของการเรียนจะกล่าวถึง นิยาม หรือความหมายโดยสรุปของ ฟิสิกส์ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และการทดลอง นักเรียนจะได้รู้จักกับ หน่วย และคำนำหน้าหน่วย ตลอดจนเข้าใจหลักการรวมกันของหน่วยต่าง ๆ หลักการการรวมกันของค่าที่ได้จากการวัด หลักการบันทึกข้อมูลของเลขนัยสำคัญ การแปรความหมายข้อมูล และได้เรียนรู้ความรู้พื้นฐานคณิตศาสตร์ที่จำเป็นสำหรับใช้ในวิชาฟิสิกส์

## 1.1 นิยาม ของ ฟิสิกส์ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และการทดลอง

**ฟิสิกส์** หมายถึง เรื่องราวที่เกี่ยวกับปรากฏการณ์ธรรมชาติ และการศึกษาหาความรู้ ความจริง เกี่ยวกับธรรมชาติ หรือปรากฏการณ์ตามธรรมชาติ *ฟิสิกส์เป็นวิทยาศาสตร์กายภาพ*

**วิทยาศาสตร์** หมายถึง องค์ความรู้และวิธีการหาความรู้ ด้วยวิธีทางวิทยาศาสตร์ แบ่งเป็นวิทยาศาสตร์ชีวภาพ และวิทยาศาสตร์กายภาพ

**เทคโนโลยี** หมายถึง วิทยาการเกี่ยวกับศิลปะในการสร้าง ผลิต หรือใช้อุปกรณ์ต่างๆ เพื่ออำนวยประโยชน์ต่อมนุษย์ เทคโนโลยีมีบทบาทต่ออารยธรรมของมนุษย์มาก่อนวิทยาศาสตร์

**การทดลอง** หมายถึง กระบวนการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้พิสูจน์ความจริง แนวคิดใหม่หรือทฤษฎีใหม่

**ปริมาณทางฟิสิกส์** เป็นปริมาณที่สามารถวัดได้โดยเครื่องมือโดยตรงหรือโดยอ้อม เช่น ปริมาตร มวล น้ำหนัก ความเร็ว ความดัน ฯลฯ

## 1.2 หน่วย SI

***หน่วยฐาน*** มี 7 หน่วย ได้แก่ เมตร (m), กิโลกรัม (kg), วินาที (s), แอมแปร์ (A), เคลวิน (K), โมล (mol) และ แคนเดลา (cd)

***หน่วยอนุพันธ์*** สร้างจากหน่วยฐาน ได้แก่ นิวตัน (N) = $kg.m/s^2$, จูล (J) = N.m = $kg.m^2/s^2$ ฯลฯ

## 1.3 คำนำหน้าหน่วย(Prefix)

คำนำหน้าหน่วยมีไว้เพื่อทำให้หน่วยที่ใช้เล็กลง หรือโตขึ้น เกิดความสะดวก และง่ายในการระบุถึง เช่น เราใช้คำว่าน้ำตาลทราย 1 กิโลกรัม แทนการกล่าวว่าน้ำตาลทราย 1000 กรัม ซึ่ง กิโล เป็นคำนำหน้าหน่วยที่มีค่าเท่ากับ 1000 หรือ$10^3$ คำนำหน้าหน่วยที่ใช้บ่อย ในวิชาวิทยาศาสตร์ได้แก่

เทระ($10^{12}$), พิโก($10^{-12}$), จิกะ($10^9$), นาโน($10^{-9}$), เมกะ($10^6$), ไมโคร($10^{-6}$)

กิโล($10^3$), มิลลิ($10^{-3}$), เฮกโต($10^2$), เซนติ($10^{-2}$), เดคะ($10^1$), เดซิ($10^{-1}$)

*"วิธีจำคำนำหน้าหน่วยเหล่านี้แนะนำให้ ท่องจำเป็นบทกลอน โดยท่องเป็นคู่ ๆ เช่น เทระ พิโก, จิกะ นาโน, เมกะ ไมโคร, กิโล มิลลิ, เฮกโต เซ็นติ, เดคะ เดซิ จากนั้นเขียนเรียงลำดับตามที่ท่องจากบนลงล่าง ใส่สิบยกกำลังเริ่มจากตัวที่เรา*

*รู้ค่าก่อนเช่น กิโล $10^3$ ไล่ขึ้นไปข้างบนทีละ$10^3$ ได้ เมกะ $10^6$ จิกะ $10^9$ เทระ $10^{12}$ และไล่ลงมาข้างล่างทีละ$10^1$ ได้ เฮกโต $10^2$ เดคะ $10^1$ ส่วนคู่กันจะเป็นสิบยกกำลังเท่ากันแต่ติดลบ...เมื่อเสร็จแล้วจะเป็นแบบนี้...."*

| | |
|---|---|
| *เทระ $10^{12}$* | *พิโก $10^{-12}$* |
| *จิกะ $10^9$* | *นาโน $10^{-9}$* |
| *เมกะ $10^6$* | *ไมโคร $10^{-6}$* |
| *กิโล $10^3$* | *มิลลิ $10^{-3}$* |
| *เฮกโต $10^2$* | *เซนติ $10^{-2}$* |
| *เดคะ $10^1$* | *เดซิ $10^{-1}$* |

***<u>ตัวอย่างที่ 1</u>***

**จงหาคำตอบต่อไปนี้**

ก. ระยะทาง 4,700,000,000 เมตรมีค่าเป็นกี่เมกะเมตร

วิธีทำ *"เรารู้แล้วว่า 1 เมกะเมตร = $10^6$ เมตร จากเทคนิคท่องเป็นกลอน เอา $(10^{-6} \times 10^6)$ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1 คูณตัวเลขโจทย์ จัดกลุ่มตัวเลขก็จะได้คำตอบตามนี้..."*

$\therefore$ 4,700,000,000 x $(10^{-6} \times 10^6)$ เมตร = 4,700 x $\underline{10^6 \text{ เมตร}}$ เมกะเมตร

= 4,700 Mm **<u>Ans</u>**

ข. เส้นผมมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.0004 เมตรมีค่ากี่มิลลิเมตร

วิธีทำ 1 มิลลิเมตร = $10^{-3}$ เมตร

$\therefore$ 0.0004 x $(10^3 \times 10^{-3})$ เมตร = 0.4 x $\underline{10^{-3} \text{ เมตร}}$ มิลลิเมตร

= 0.4 mm **<u>Ans</u>**

ค. มวลขนาด 0.5 มิลลิกรัม มีขนาดกี่กิโลกรัม

วิธีทำ 1 กิโลกรัม = $10^3$ กรัม

$\therefore$ 0.5 มิลลิกรัม = 0.5 x $10^{-3}$ กรัม

= 0.5 x $10^{-3}$ x $(10^{-3} \times 10^3)$ กรัม

= 0.5 x $10^{-6}$ x $\underline{10^3 \text{ กรัม}}$ กิโลกรัม

= 0.5 x $10^{-6}$ kg **<u>Ans</u>**

ง. พื้นที่ 1 ตารางเซนติเมตร มีกี่ตารางเมตร , กี่ตารางมิลลิเมตร

วิธีทำ 1 เซนติเมตร = $10^{-2}$ เมตร

$\therefore$ $(1 \text{ เซนติเมตร})^2$ = $(10^{-2} \text{ เมตร})^2$

= $10^{-4}$ $\text{เมตร}^2$

1 ตารางเซนติเมตร = $10^{-4}$ ตารางเมตร **<u>Ans</u>**

1 เซนติเมตร มีค่าเท่ากับ $10^1$ มิลลิเมตร

$(1 \text{ เซนติเมตร})^2 = (10^1 \text{ มิลลิเมตร})^2$

$= 10^2 \text{ มิลลิเมตร}^2$

1 ตารางเซนติเมตร $= 10^2$ ตารางมิลลิเมตร **Ans**

- อุปกรณ์ไฮเทคของนักเรียน เช่นคอมพิวเตอร์ มีHard Disk ขนาดความจุ กี่ไบท์ , กล้องถ่ายรูปมีความละเอียดกี่พิกเซล?

## 1.4 การบวกลบ คูณหารหน่วยของตัวแปร

### 1. การบวก ลบ

ปริมาณต่าง ๆ จะบวก ลบกันได้ต้องมีหน่วยเหมือนกันเท่านั้น หน่วยต่างกันจะบวกลบกันไม่ได้ เช่น

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

แทนค่าหน่วย $m = \frac{m}{s} x\, s + \frac{m}{s^2} x\, s^2$

จะได้ $m = m + m$

### 2. การคูณ หาร

ปริมาณต่าง ๆ สามารถคูณ หารกันได้โดยไม่จำเป็นต้องมีหน่วยเหมือนกัน ผลลัพธ์ที่ออกมาจะมีหน่วยซึ่งเกิดจากการคูณ หารปริมาณดังกล่าว เช่น

ความเร่ง $a = \frac{v-u}{t}$

แทนค่าหน่วย $\frac{m}{s^2} = \frac{\frac{m}{s} - \frac{m}{s}}{s}$

จะได้ $\frac{m}{s^2} = \frac{m}{s^2}$

คาบของการแกว่งลูกตุ้มอย่างง่าย $T = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}}$

แทนค่าหน่วย $s = \sqrt{\frac{m}{\frac{m}{s^2}}} = \sqrt{s^2}$

จะได้ $s = s$

## 1.5 ความไม่แน่นอนในการวัด

ความคลาดเคลื่อนของการวัด(error) อาจเกิดจาก **เครื่องมือ วิธี**การที่ใช้วัด **สภาพแวดล้อม** รวมทั้งความสามารถ และประสบการณ์ของ**ผู้วัด**

ถ้า A เป็นปริมาณที่ทำการวัดได้โดยตรง ย่อมมีโอกาสที่ผิดพลาดของ A ที่เป็นไปได้ $\pm \triangle A$ จึงแสดงผลของการวัดออกมาเป็น $A \pm \triangle A$

เช่น ใช้ไม้เมตรวัดความสูงของโต๊ะตัวหนึ่งได้ $70 \pm 0.2$ เซ็นติเมตร หมายความว่าความสูงของโต๊ะที่เป็นไปได้มีค่าตั้งแต่ 69.8 ถึง 70.2 เซ็นติเมตร

- **การบวก ลบ** ความคลาดเคลื่อนของผลลัพธ์ คิดจาก**ปริมาณความคลาดเคลื่อน**จริงมา**บวก**กันเสมอ

ถ้า $R = A +/- B$

$\triangle R = \triangle A + \triangle B$

ผลลัพธ์ $= (A +/- B) \pm (\triangle A + \triangle B)$

ถ้า $R = A +/- 2B$

$\triangle R = \triangle A + 2\triangle B$

ผลลัพธ์ $= (A +/- 2B) \pm (\triangle A + 2\triangle B)$

- **การคูณ หารกัน** เปอร์เซ็นต์ (%) ความคลาดเคลื่อนของผลลัพธ์ คิดจาก**เปอร์เซ็นต์ (%) ความคลาดเคลื่อน**ของ แต่ละตัวมา**บวก**กัน

ถ้า $R = A \times/\div B$

$\triangle R = \left(\frac{\triangle A}{A} x100 + \frac{\triangle B}{B} x100\right)\%$

ผลลัพธ์ $= (A \times/\div B) \pm \left(\frac{\triangle A}{A} x100 + \frac{\triangle B}{B} x100\right)\%$

ถ้า $R = A \times/\div B^2$

$\triangle R = \left(\frac{\triangle A}{A} x100 + \frac{2\triangle B}{B} x100\right)\%$

ผลลัพธ์ $= (A \times/\div B^2) \pm \left(\frac{\triangle A}{A} x100 + \frac{2\triangle B}{B} x100\right)\%$

ถ้า $R = A \times/\div \sqrt{B}$

$\triangle R = \left(\frac{\triangle A}{A} x100 + \frac{\triangle B}{2B} x100\right)\%$

ผลลัพธ์ $= (A \times/\div \sqrt{B}) \pm \left(\frac{\triangle A}{A} x100 + \frac{\triangle B}{2B} x100\right)\%$

***ตัวอย่างที่ 2***

ข้าวสารถุงหนึ่งหนัก $12.44 \pm 0.01$ กก. ถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วน โดยส่วนหนึ่งหนัก $4.52 \pm 0.02$ อีกส่วนจะหนักเท่าไร

วิธีทำ น้ำหนักข้าวสารส่วนที่เหลือ $R = A - B$

ผลลัพธ์พร้อมแสดงความคลาดเคลื่อน $R = (A - B) \pm (\triangle A + \triangle B)$

$= (12.44 - 4.52) \pm (0.01 + 0.02)$

$R = 7.92 \pm 0.03$

$\therefore$ น้ำหนักข้าวสารส่วนที่เหลือ $= 7.92 \pm 0.03$ กก. **Ans**

***ตัวอย่างที่ 3***

ปริมาตรของแท็งก์น้ำที่เป็นลูกบาศก์ มีความยาวด้านละ $1.20 \pm 0.01$ เมตร จะเป็นเท่าได และคลาดเคลื่อนเท่าได ความคลาดเคลื่อนคิดเป็น กี่เปอร์เซ็นต์

วิธีทำ จากสูตรปริมาตร $V = W \times L \times H$

ผลลัพธ์พร้อมแสดงความคลาดเคลื่อน $V = (W \times L \times H) \pm (\frac{\triangle W}{W} x100 + \frac{\triangle L}{L} x100 + \frac{\triangle H}{H} x100)\%$

$= (1.20 \times 1.20 \times 1.20) \pm (\frac{0.01}{1.20} x100 \times 3)\%$

$= 1.73 \pm 2.5\ \%$

$V = 1.73 \pm (\frac{1.73 \times 2.5}{100})$

ปริมาตรของแท็งก์น้ำ $V = 1.73 \pm 0.043$ เมตร$^3$ **Ans**

มีความคลาดเคลื่อน $\pm$ 0.043 คิดเป็น 2.5 % **Ans**

***ตัวอย่างที่ 4***

หากความยาวของสายลูกตุ้มอย่างง่าย ($\ell$) เป็น $40.0 \pm 0.2$ ซม. ค่าคาบของการแกว่งที่คำนวณได้จากสูตร $T = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}}$ จะมีค่าเท่าไร ( $g = 10\ m/s^2$ )

วิธีทำ จากสูตร $T = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}}$

ผลลัพธ์พร้อมแสดงความคลาดเคลื่อน $T = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}} \pm (\frac{\triangle \ell}{2\ell} x\ 100)\%$

$= 2 \times (22/7) \times \sqrt{\frac{0.40}{10}} \pm (\frac{0.2}{2x40} x\ 100)\%$

$= 1.256 \pm 0.25\ \%$

$T = 1.256 \pm (\frac{1.256 \times 0.25}{100})$

ค่าคาบของการแกว่ง $T = 1.256 \pm 0.003$ s **Ans**

***ตัวอย่างที่ 5***

หินลูกนิมิตทรงกลม เส้นผ่าศูนย์กลาง 1.00 $\pm$ 0.01 เมตร จะมีปริมาตรเท่าใด และอาจคลาดเคลื่อนได้ คิดเป็นกี่เปอร์เซ็นต์

วิธีทำ จากสูตรปริมาตรทรงกลม $V = 4/3 \times \pi \times (d/2)^3$

ผลลัพธ์พร้อมแสดงความคลาดเคลื่อน $V = 4/3 \times \pi \times (d/2)^3 \pm (\frac{3\triangle d}{d} \times 100)\ \%$

$$= 4/3 \times (22/7) \times (1.00/2)^3 \pm (\frac{3 \times 0.01}{1.00} \times 100)\ \%$$

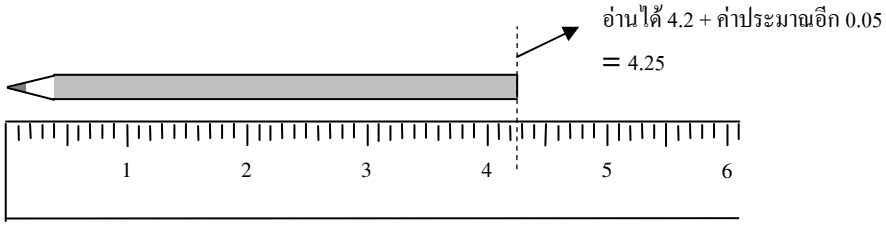
$$= 0.523 \pm 3\ \%$$

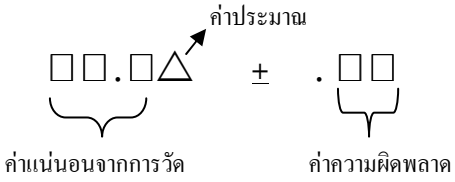
$$V = 0.523 \pm (\frac{0.523 \times 3}{100})$$

ปริมาตรหินลูกนิมิต $V = 0.523 \pm 0.02\ m^3$ **Ans**

มีความคลาดเคลื่อน คิดเป็น 3 % **Ans**

**1.6 เลขนัยสำคัญ** หมายถึง ตัวเลขที่มีความหมายหรือมีความสำคัญในปริมาณที่แสดงมา




***ตัวอย่างที่ 6*** ดินสอแท่งหนึ่งยาว 4.25 $\pm$ 0.01 ซม.

ค่าแน่นอนของการวัดคือ 4.2

ตัวเลขประมาณ (เดา) คือ 5

ความละเอียดเครื่องมือ คือ 0.1 ซม.

ค่าความผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้น คือ 0.01 ซม.

ค่าที่เป็นไปได้อยู่ในช่วง 4.24 ซม. ถึง 4.26 ซม.

**<u>หลักการนับตัวเลขนัยสำคัญ</u>**

1. ถ้าอยู่ในรูป**เลขทศนิยม** ให้เริ่มนับตัวเลขตัวแรกที่ไม่ใช่ 0 ตัวเลขถัดไปให้**นับทุกตัว**จาก**ซ้ายไปขวา** เช่น 0.671 , 4.03 , 0.043 , 20.00 , 0.40 , 0.0003 มีจำนวนตัวเลขนัยสำคัญ 3 , 3 , 2 , 4 , 2 และ 1 ตัว ตามลำดับ
2. ถ้าอยู่ในรูป**เลขจำนวนเต็มที่ไม่ได้ลงท้ายด้วยเลข 0 ให้นับทุกตัว** เช่น 15 , 136 , 4245 , 70324 , 2001 มีจำนวนตัวเลขนัยสำคัญ 2 , 3 , 4 , 5 และ 4 ตัว ตามลำดับ
3. ถ้าอยู่ในรูป**เลขจำนวนเต็มที่ลงท้ายด้วยเลข 0** ให้จัดในรูป $\mathbf{A \times 10^n}$ โดย $1 \leq A < 10$ และเลข $10^n$ ไม่นับเป็นเลขนัยสำคัญ เช่น 12000 อาจเขียนได้เป็น $1.2 \times 10^4$, $1.20 \times 10^4$, $1.200 \times 10^4$, $1.2000 \times 10^4$ ซึ่งมีจำนวนเลขนัยสำคัญ 2, 3, 4, และ 5 ตัว ตามลำดับ

**<u>การบวก ลบ เลขนัยสำคัญ</u>** ผลลัพธ์ที่ได้จะมี**จำนวนตัวเลขหลังจุดทศนิยม** เท่ากับ**จำนวนตัวเลขหลังจุดทศนิยมที่น้อยที่สุด**ของ ตัวเลขชุดนั้น เช่น

3.21 + 4.156 = 7.366 ควรบันทึกเป็น 7.37 (ตำแหน่งที่ 3 ตัวเลขถึง 5 จึงปัดขึ้น ถ้าไม่ถึง 5 ปัดทิ้ง)

5354 - 21.6 = 5332.4 ควรบันทึกเป็น 5332

**<u>การคูณ หาร เลขนัยสำคัญ</u>** ผลลัพธ์ที่ได้จะมี**จำนวนตัวเลขนัยสำคัญ** เท่ากับ**จำนวนตัวเลขนัยสำคัญที่น้อยที่สุด** ของตัวเลขชุดที่นำมาคูณหรือหารกัน เช่น

2.34 x 100.9 = 236.106 ควรบันทึกเป็น 236

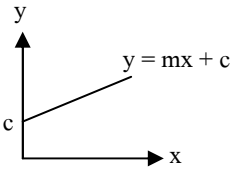
7.3 ÷ 874 = 0.0083524 ควรบันทึกเป็น 0.0084

537.13 x 4.5 = 2417.085 ควรบันทึกเป็น $2.4 \times 10^3$

**<u>1.7 การแปรความหมายข้อมูล</u>**

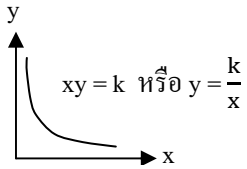
การวิเคราะห์ เพื่อหา หรือพิสูจน์ความสัมพันธ์ระหว่างสองปริมาณที่เป็นปฏิภาคกัน โดยการใช้ **กราฟเส้นตรง** ที่มีสมการทางคณิตศาสตร์ **y = mx + c** มี x เป็นตัวแปรอิสระ และ y เป็นตัวแปรตาม โดยที่แกนตั้งเป็นแกน y และแกนนอนเป็น x จะได้ความชันของกราฟ $m = \triangle y/\triangle x$ และ c เป็นจุดตัดแกน y (y และ x อาจแทนด้วย $y^2$ , $y^{½}$, 1/y และ $x^2$ , $x^{½}$ , 1/x ก็ได้)

กราฟเส้นตรงช่วยในการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างสองปริมาณที่เป็นปฏิภาคกัน กราฟเส้นโค้งใช้ดูการเปลี่ยนแปลงได้แต่ไม่สามารถพิสูจน์ความสัมพันธ์ได้ชัดเจน




*สมการของกราฟเส้นตรง*

$y = mx + c$




*สมการของกราฟไฮเปอร์โบลา*

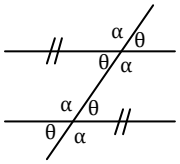
$y = \frac{k}{x}$ *เมื่อ k คือค่าคงที่*

**1.8 คณิตศาสตร์พื้นฐานกับวิชาฟิสิกส์**

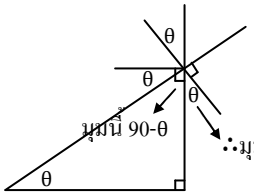
การเรียนฟิสิกส์ให้ได้ดี นอกจากนักเรียนจะต้องมีความรู้ ความเข้าใจในเนื้อหาฟิสิกส์ดีพอแล้ว ความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์นับเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งที่นักเรียนจะต้องมี เพื่อที่จะแก้ปัญหาโจทย์ฟิสิกส์ให้ได้ คณิตศาสตร์พื้นฐานที่จำเป็นสำหรับฟิสิกส์มีดังนี้

**1.8.1 วิชาที่ว่าด้วยมุมทุกประเภท ไม่ใช่แมงมุม หรือมุมอับนะ ได้แก่...**

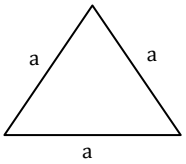
**การไล่มุม**




เส้นตรง 2 เส้น // กัน มุมตรงข้ามกันจะเท่ากัน และมุมทะแยงจะเท่ากัน

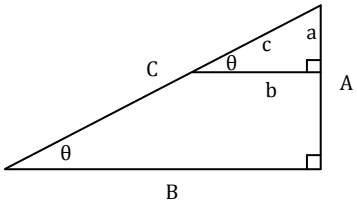



มุมภายใน $\Delta$ รวมกันได้ 180°




มุมของ $\Delta$ ด้านเท่า = 180/3=60°

**คุณสมบัติของสามเหลี่ยมคล้าย**

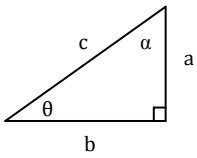



a/b = A/B

a/c = A/C

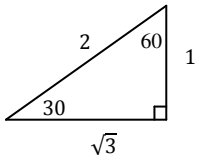
b/c = B/C

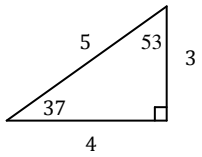
## คุณสมบัติของสามเหลี่ยมมุมฉาก

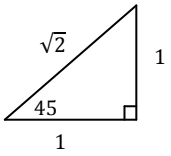



พิธากอรัส $c^2 = a^2+b^2$

$$c = \sqrt{a^2 + b^2}$$




ค่า sin , cos , tan

$$\sin\theta = \frac{a}{c} \qquad \sin\alpha = \frac{b}{c}$$

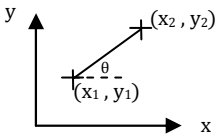
$$\cos\theta = \frac{b}{c} \qquad \cos\alpha = \frac{a}{c}$$

$$\tan\theta = \frac{a}{b} \qquad \tan\alpha = \frac{b}{a}$$

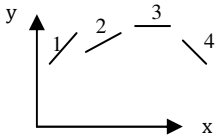
$$\tan\theta = \frac{\sin\theta}{\cos\theta}$$

$$\sin^2\theta + \cos^2\theta = 1$$

## 1.8.2 การตีความหมายข้อมูลจากกราฟ



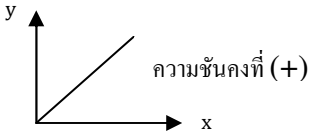

ความชัน (slope) $= \frac{y_2-y_1}{x_2-x_1} = \tan\theta$

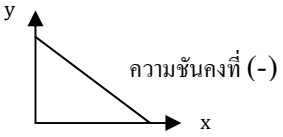


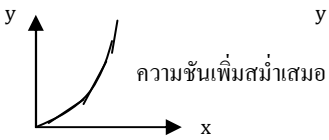

ความชัน 1>2>3

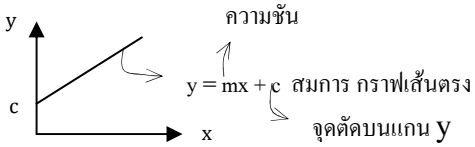
ความชัน 3 = 0

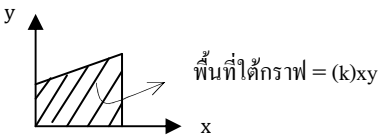
ความชัน 4 เป็น -



**1.8.3 เลขยกกำลัง และ ลอกการ์ริทึม**

1. $\frac{1}{a^x} = a^{-x}$ , $a^x.a^y = a^{(x+y)}$ , $\frac{a^x}{a^y} = a^x.a^{-y} = a^{(x-y)}$ , $a^0 = 1$
2. ถ้า $\log a = x$ แล้ว $a = 10^x$

   ถ้า $\ln a = x$ แล้ว $a = e^x$

   $\log(a.b) = \log a + \log b$

   $\log(a/b) = \log a - \log b$

**1.8.4 สมการกำลังสอง**

1. ถ้า $ax^2 + bx + c = 0$ แล้ว $x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2-4ac}}{2a}$
2. ถ้า $x^2 - a^2 = 0$ นั่นคือ $(x - a)(x + a) = 0$ จะได้ $x = +a$ หรือ $x = -a$
3. ถ้า $(x - a)^2 = 0$ หรือ $x^2 - 2ax + a^2 = 0$ นั่นคือ $(x - a)(x - a) = 0$ จะได้ $x = +a$
4. ถ้า $(x + a)^2 = 0$ หรือ $x^2 + 2ax + a^2 = 0$ นั่นคือ $(x + a)(x + a) = 0$ จะได้ $x = -a$
5. การแยกตัวประกอบเช่น $x^2 - 4x - 12 = 0$ นั่นคือ $(x - 6)(x + 2) = 0$ จะได้ $x = 6, -2$

**1.8.5 การแก้สมการ**

1. $5 = (3+t)2$

   $5-3 = 2t$ ☒ or ☑

2. $y = 3x + 2\sqrt{3}x$

   $y = 5\sqrt{3}x$ ☒ or ☑

3. $2x^3 = 4x^2 - (3x + x^2)x$ หนึ่งสมการหา x ได้ไหม?
4. $y = 3x + 2$ หนึ่งสมการหา x และ y ได้ไหม?

**1.8.6 การสรุปความสัมพันธ์ของปริมาณต่าง ๆ**

1. ถ้า $a \propto b$ ⇨ $\frac{a_1}{a_2} = \frac{b_1}{b_2}$
2. ถ้า $a \propto \frac{1}{b}$ ⇨ $\frac{a_1}{a_2} = \frac{b_2}{b_1}$
3. ถ้า $A \times B = C \times D$ และ $A < C$ แล้ว ⇨ $B > D$
4. จาก $D\frac{X}{L} = P$ ถ้าต้องการให้ X เพิ่มขึ้นสองเท่า จะต้องทำอย่างไรบ้าง?
5. จาก $A\frac{5B^2}{C-1} = (N - \frac{1}{2})X$ และ $A\frac{3B^2}{C-1} = (6 - N)Y$ ถ้า $N = 3$ จงหาว่า X เป็นกี่เท่าของ Y ?

**1.8.7 การวิเคราะห์ ตีความหมายโจทย์ให้เป็นสมการแล้วหาคำตอบ**

การวิเคราะห์ปัญหาโจทย์ ถามตัวเองว่าว่าโจทย์ต้องการอะไร แล้วสร้างสมการขึ้นมาเพื่อแก้ปัญหา หาคำตอบ ตัวอย่างโจทย์เช่น พลอย พิมพ์ และแพร เป็นพี่น้องกัน **เมื่อปีที่แล้วทั้งสามคนมีอายุรวมกันเป็น 44 ปี พลอยมีอายุอ่อนกว่าพิมพ์ 5 ปี** และ**พิมพ์เกิดก่อนแพร 2 ปี ถามว่าปัจจุบันแต่ละคนมีอายุเท่าไร**

ให้ปัจจุบัน พลอย มีอายุ = A ปี

พิมพ์ มีอายุ = B ปี

แพร มีอายุ = C ปี

*เงื่อนไขแรก* **เมื่อปีที่แล้วทั้งสามคนมีอายุรวมกันเป็น 44 ปี** แสดงว่าปัจจุบันทั้งสามคนมีอายุรวมกันเป็น 44+1+1+1 = 47 ปี

สามารสร้างสมการแรกได้ว่า $A + B + C = 47$ *----(1)*

*เงื่อนไขที่สอง* **พลอยมีอายุอ่อนกว่าพิมพ์ 5 ปี**

สามารสร้างสมการที่สองได้ว่า $B - A = 5$ *----(2)*

*เงื่อนไขที่สาม* **พิมพ์เกิดก่อนแพร 2 ปี**

สามารสร้างสมการที่สามได้ว่า $B - C = 2$ *----(3)*

จากสมการที่ได้ มีตัวแปรไม่รู้ค่าอยู่ 3 ตัว และมีสมการ 3 สมการ สามารถแก้สมการหาค่าของแต่ละตัวแปรได้ จากการสังเกต จะเห็นว่าถ้านำสมการทั้ง 3 มารวมกันจะสามารถกำจัด ตัวแปร A และ C ไปได้ เหลือ B ตัวเดียว

*(1) + (2) + (3)* , $(A+B+C) + (B-A) + (B-C) = 47 + 5 + 2$

$3B = 54$

$\therefore B = 18$

แทนค่า B ใน *(2)* จะหาค่า A ได้ $B - A = 5$

$18 - A = 5$

$18 - 5 = A$

$\therefore A = 13$

แทนค่า B ใน *(3)* จะหาค่า C ได้ $B - C = 2$

$18 - C = 2$

$18 - 2 = C$

$\therefore C = 16$

$\therefore$ ปัจจุบัน พลอย พิมพ์ และแพร มีอายุ 13, 18 และ 16 ปีตามลำดับ **Ans**

ความรู้พื้นฐานคณิตศาสตร์ดังกล่าวข้างต้น จะถูกนำไปใช้แก้ปัญหาโจทย์ฟิสิกส์อยู่ตลอดเวลา หากนักเรียนยังงง! ไม่คล่องในความรู้ดังกล่าว ก็ควรจะใช้เวลาทำความเข้าใจให้ถ่องแท้เสียก่อน เพื่อลดปัญหาติดขัดในการเรียนฟิสิกส์บทต่อ ๆ ไป

# บทที่ 2
# การเคลื่อนที่แนวตรง

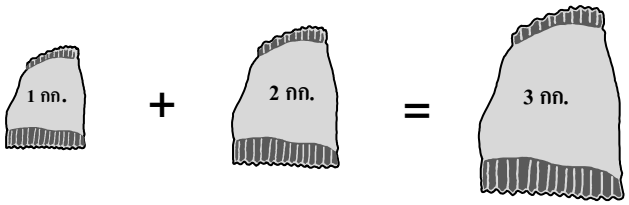
เนื้อหาในบทนี้จะกล่าวถึงความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ ซึ่งการเคลื่อนที่แนวตรงเป็นการเคลื่อนที่ในหนึ่งมิติที่นักเรียนสามารถเรียนรู้และเข้าใจได้ง่ายที่สุด ก่อนที่จะขยายความเข้าใจกับการเคลื่อนที่ในสองหรือสามมิติ ที่มีลักษณะซับซ้อนขึ้นในลำดับถัดไป เนื้อหาที่จะได้เรียนประกอบด้วยเรื่อง ปริมาณทางฟิสิกส์ ปริมาณที่เกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของวัตถุได้แก่ ระยะทาง การกระจัด อัตราเร็ว ความเร็ว และความเร่ง ลักษณะการเคลื่อนที่แนวตรงและสมการที่เกี่ยวข้อง การเคลื่อนที่อย่างอิสระภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลก และเรื่องความเร็วสัมพัทธ์ เนื้อหาในบทเรียนนี้นับว่ามีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง เพราะเป็นความรู้ที่นักเรียนจะต้องนำไปประยุกต์ใช้กับการเรียนในบทต่อ ๆ ไป นอกจากนี้ข้อสอบแข่งขันเข้ามหาวิทยาลัยก็มีสัดส่วนของเรื่องการเคลื่อนที่แนวตรงออกสอบมากที่สุดอีกด้วย ขอให้นักเรียนจงตั้งใจ และทำความเข้าใจกับบทเรียนนี้ให้ดี

## 2.1 ปริมาณทางฟิสิกส์

ก่อนจะเริ่มเข้าเรื่องการเคลื่อนที่แนวตรง เรามาศึกษาทำความเข้าใจกับปริมาณทางฟิสิกส์ ซึ่งแบ่งออกเป็นสองลักษณะคือ ปริมาณสเกลาร์ และปริมาณเวกเตอร์

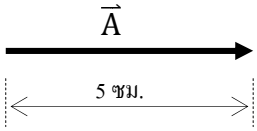
1. ***ปริมาณสเกลาร์*** คือปริมาณที่มีเพียง**ขนาด**อย่างเดียว เช่น ระยะทาง มวล เวลา ปริมาตร งาน พลังงาน ฯลฯ สามารถบวก ลบ กันได้ ตามหลักพีชคณิต

   **ตัวอย่าง**เช่น ข้าวสารสองถุง มีมวล 1 และ 2 กิโลกรัม จะมีมวลรวมกันเท่ากับ 1 + 2 = 3 กิโลกรัม

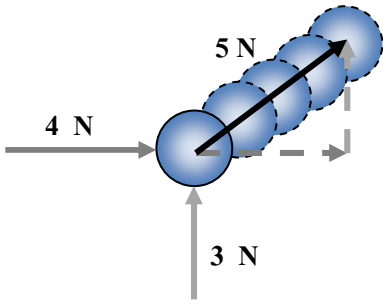



2. ***ปริมาณเวกเตอร์*** คือปริมาณที่มีทั้ง**ขนาด** และ**ทิศทาง** เช่น การกระจัด ความเร็ว ความเร่ง แรง โมเมนตัม ฯลฯ การรวมกันของปริมาณเวกเตอร์ต้องพิจารณาทั้งขนาดและทิศทาง ดังแสดงในข้อ 2.2 สัญลักษณ์ของเวกเตอร์เขียนแทนด้วยเส้นตรง ความยาวเส้นตรงแทนขนาด และหัวลูกศรแทนทิศทาง ชื่อของเวกเตอร์เขียนแทนด้วยตัวอักษรมีหมวกเป็นรูปลูกศร

   เวกเตอร์ A มีขนาด 5 เซ็นติเมตร มีทิศไปทางขวามือ เขียนแทนด้วย



**ตัวอย่าง**ปริมาณเวกเตอร์เช่น ออกแรงขนาด 3 และ 4 นิวตันผลักลูกบอล ให้เคลื่อนที่บนพื้น ลูกบอลจะเคลื่อนที่ไปด้วยแรงรวมขนาด 5 นิวตัน(ซึ่งไม่เท่ากับ 3+4) ในทิศทางทำมุมกับแนวแรงทั้งสอง



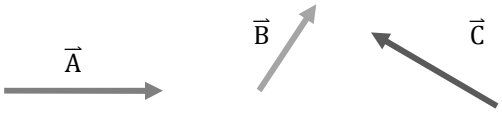

***ข้อสังเกตุ***

- ปริมาณสเกลาร์ ระบุขนาดเพียงอย่างเดียวก็ให้ความหมายสมบูรณ์แล้ว ส่วนปริมาณเวกเตอร์ต้องระบุทั้งขนาดและทิศทาง จึงจะได้ความหมายสมบูรณ์

## 2.2 ลักษณะการบวก - ลบเวกเตอร์

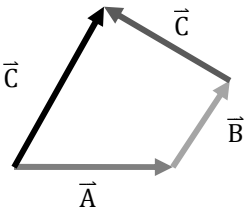
จากตัวอย่างจะเห็นว่าปริมาณเวกเตอร์ไม่สามารถเอาขนาดมารวมกันตรง ๆ ได้เหมือนปริมาณสเกลาร์ จะต้องพิจารณาทิศทางของปริมาณนั้นด้วย การหาผลรวมของเวกเตอร์ หรือเวกเตอร์ลัพธ์ จะใช้วิธี **หางต่อหัว** คือเอาหางของเวกเตอร์ตัวถัดไป ต่อกับหัวเวกเตอร์ก่อนหน้า ต่อกันไปเรื่อย ๆ โดยเวกเตอร์ลัพธ์จะมีขนาด และทิศทางจาก **หาง**เวกเตอร์**แรก** ไปยัง**หัว**เวกเตอร์สุด**ท้าย**

**ตัวอย่าง**เช่น ต้องการหาผลรวมของเวกเตอร์ $\vec{A}+\vec{B}+\vec{C}$ ดังรูป




ผลรวมของเวกเตอร์ หรือเวกเตอร์ลัพธ์ หาได้โดยเอาเวกเตอร์ทั้ง 3 มาต่อกันแบบหางต่อหัวโดยหางเวกเตอร์ถัดไป ต่อกับหัวเวกเตอร์ก่อนหน้า เวกเตอร์ลัพธ์จะมีขนาด และทิศทางจาก หางเวกเตอร์แรก ไปยังหัวเวกเตอร์สุดท้าย

เวกเตอร์ลัพธ์ $\vec{R}=\vec{A}+\vec{B}+\vec{C}$



**<u>การหาขนาดเวกเตอร์ลัพธ์</u>**

ขนาดเวกเตอร์ลัพธ์อาจหาได้โดยวัดขนาดเวกเตอร์จากรูปที่เขียนได้ส่วนตามสเกล หรือใช้วิธีคำนวณจาก

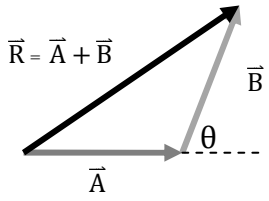
สูตร $R = \sqrt{A^2 + B^2 + 2AB\cos\theta}$

โดยที่ R = ขนาดเวกเตอร์ลัพธ์ $\vec{R}$

A = ขนาดเวกเตอร์ $\vec{A}$

B = ขนาดเวกเตอร์ $\vec{B}$

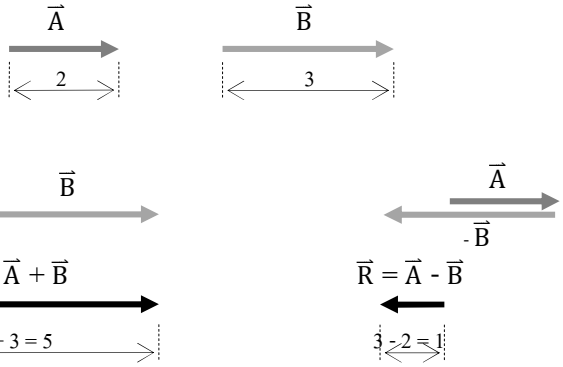
$\theta$ = มุมระหว่างเวกเตอร์ $\vec{A}$ และ $\vec{B}$



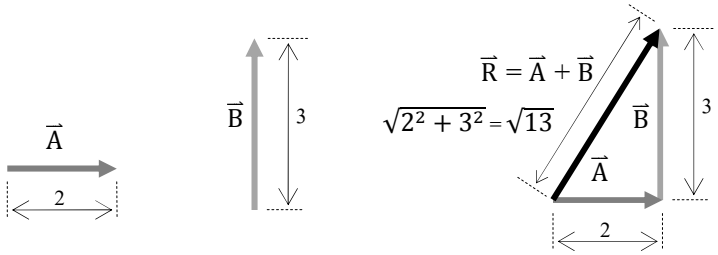

**ตัวอย่าง**

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

ก.




ข.




***<u>ข้อสังเกตุ</u>***

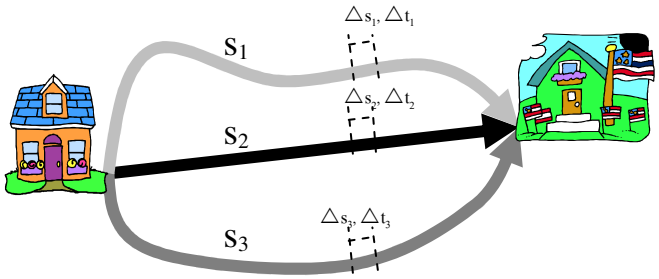
- ใช้วิธีหางต่อหัวได้กับการรวมเวกเตอร์ในทุกกรณี
- ในรูป ก. การรวมเวกเตอร์ที่อยู่ในแนวเดียวกัน ให้สมมติทิศทางด้านใดด้านหนึ่งเป็นบวก ในตัวอย่างให้ทิศทางไปทางขวามือเป็นบวก ทิศทางตรงข้ามจะเป็นลบ การหาผลรวมของ $\vec{A}$ - $\vec{B}$ ให้กลับทิศของ $\vec{B}$ ก่อนแล้วจึงรวมกับ $\vec{A}$ แบบหางต่อหัว ($\vec{A}$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

*"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 <u>ปริมาณที่เกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของวัตถุ</u>

มีปริมาณสำคัญ ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ ที่นักเรียนจะต้องทำความเข้าใจในความหมาย หรือนิยาม ซึ่งเป็นฐานความรู้เรื่องการเคลื่อนที่แนวตรง ปริมาณที่เกี่ยวกับการเคลื่อนที่เหล่านี้ได้แก่ ระยะทาง การกระจัด อัตราเร็ว ความเร็ว และความเร่ง




*"ให้นักเรียนนึกถึงภาพนี้ เมื่อพูดถึง ระยะทาง การกระจัด อัตราเร็ว ความเร็ว และความเร่ง จะทำให้นักเรียนจำนิยามของปริมาณเหล่านี้ได้ดีขึ้น"*

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 ความยาว**ตามเส้นทาง**ที่วัตถุเคลื่อนที่ไปได้ทั้งหมด หรือ**ระยะจริง**ที่เคลื่อนที่ได้ เป็นปริมาณ สเกลาร์ มีแต่ขนาดเพียงอย่างเดียว มีหน่วยเป็นเมตร (m)

2. **การกระจัด** " $\vec{s}$ " หมายถึง ความยาว**แนวตรง**จากจุดตั้งต้นไปยังจุดปลายของการเคลื่อนที่ เป็นปริมาณเวกเตอร์ มีทั้งขนาดและทิศทาง มีหน่วยเป็นเมตร (m)

> ***<u>ข้อสังเกต</u>***
> ขนาดการกระจัด $\leq$ ระยะทาง เสมอ

3. **อัตราเร็ว** " v " หมายถึง **ระยะทาง**ที่วัตถุเคลื่อนที่ได้ในหนึ่งหน่วย**เวลา** เป็นปริมาณสเกลาร์ มีหน่วยเป็นเมตรต่อวินาที (m/s)

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

อัตราเร็วแบ่งเป็น 2 ลักษณะ คือ

1. อัตราเร็วขณะใดขณะหนึ่ง " $v_t$ " หมายถึงระยะทางที่วัตถุเคลื่อนที่ได้ ต่อหนึ่งหน่วยเวลา**สั้น ๆ**

$$v_t = \frac{\triangle s}{\triangle t} \quad \begin{matrix} \longrightarrow \text{ระยะทางช่วงสั้นๆ} \\ \longrightarrow \text{ช่วงเวลาสั้นๆ} \end{matrix}$$

$\triangle$ = การเปลี่ยนแปลง , ที่เปลี่ยนไป

2. อัตราเร็วเฉลี่ย " $v_{av}$ " หมายถึงระยะทางที่วัตถุเคลื่อนที่ได้**ทั้งหมด** ต่อช่วงเวลา**ทั้งหมด**

$$v_{av} = \frac{s}{t} \quad \begin{matrix} \longrightarrow \text{ระยะทางทั้งหมด} \\ \longrightarrow \text{ช่วงเวลาทั้งหมด} \end{matrix}$$

4. **ความเร็ว** " $\vec{v}$ " หมายถึง **การกระจัด**ที่วัตถุเคลื่อนที่ได้ ต่อหนึ่งหน่วย**เวลา** เป็นปริมาณเวกเตอร์ มีหน่วยเป็นเมตรต่อวินาที (m/s)

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

ความเร็วแบ่งเป็น 2 ลักษณะคือ

1. ความเร็วขณะหนึ่ง " $\vec{v}_t$ " หมายถึง การกระจัดต่อหนึ่งหน่วยเวลา**สั้นๆ** มีทิศทางเดียวกันกับทิศการกระจัดที่เปลี่ยนไป

$$\vec{v}_t = \frac{\triangle \vec{s}}{\triangle t} \quad \begin{matrix} \longrightarrow \text{การกระจัดช่วงสั้นๆ} \\ \longrightarrow \text{ช่วงเวลาสั้นๆ} \end{matrix}$$

2. ความเร็วเฉลี่ย " $\vec{v}_{av}$ " หมายถึง การกระจัดลัพธ์ต่อช่วงเวลา**ทั้งหมด** มีทิศทางเดียวกันกับทิศการกระจัดลัพธ์

$$\vec{v}_{av} = \frac{\vec{s}}{t} \quad \begin{matrix} \longrightarrow \text{การกระจัดลัพธ์} \\ \longrightarrow \text{ช่วงเวลาทั้งหมด} \end{matrix}$$

**5. ความเร่ง** " $\vec{a}$ " หมายถึง **ความเร็วของวัตถุที่เปลี่ยนไป**ในหนึ่งหน่วย**เวลา** เป็นปริมาณเวกเตอร์ มีหน่วยเป็นเมตรต่อวินาที$^2$ ($m/s^2$) มีทิศทางเดียวกันกับทิศความเร็วที่เปลี่ยนไป

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

ความเร่งแบ่งเป็น 2 ลักษณะคือ

1. ความเร่งขณะใดขณะหนึ่ง " $\vec{a}_t$ " หมายถึง **ความเร็วของวัตถุที่เปลี่ยนไป**ในช่วงเวลา**สั้นๆ** จะเป็นความเร่งของวัตถุ ณ. ตำแหน่งใดตำแหน่งหนึ่ง

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

2. ความเร่งเฉลี่ย " $\vec{a}_{av}$ " หมายถึง **ความเร็วที่เปลี่ยนไป**ใน**ช่วงเวลาหนึ่ง** โดยปกติจะหมายถึงความเร่งทั่ว ๆ ไป

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

***ข้อสังเกตุ***

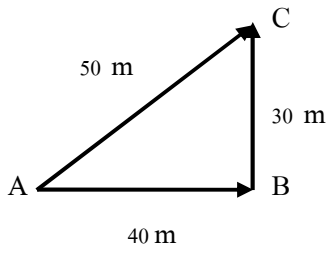
- ขนาดของความเร่ง $a = \frac{\triangle v}{\triangle t} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1}$ จะเป็นบวกเมื่อ $v_2 > v_1$ นึกถึงภาพขี่มอเตอร์ไซค์แล้วเร่งเครื่อง และจะเป็นลบ เมื่อ $v_2 < v_1$ นึกถึงภาพขี่มอเตอร์ไซค์แล้วเหยียบเบรก...หัวทิ่ม

| | | |
|---|---|---|
| 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 ลองนึกตัวอย่างของวัตถุที่เคลื่อนที่ด้วยความหน่วง (ความเร่งเป็น - )
- วัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ หมายความว่าอย่างไร?
- วัตถุผูกด้วยเชือกแกว่งเป็นวงกลมในแนวราบด้วยความเร็วคงที่ 0.5 m/s คำกล่าวนี้ถูกต้องหรือไม่ เพราะเหตุใด ถ้าผิดแล้วที่ถูกเป็นอย่างไร?

***ตัวอย่างที่ 1***

วัตถุเคลื่อนที่จาก A ไป C โดยผ่าน B ดังรูป จงหาระยะทางและการกระจัด



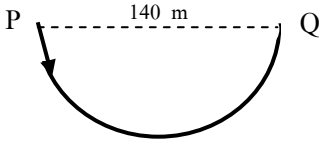

จากรูประยะทาง s = AB + BC
= 40 + 30
= 70 m Ans

การกระจัด $\vec{s}$ = AC
= 50 m ทิศทางจาก A ไป C **Ans**

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

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

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

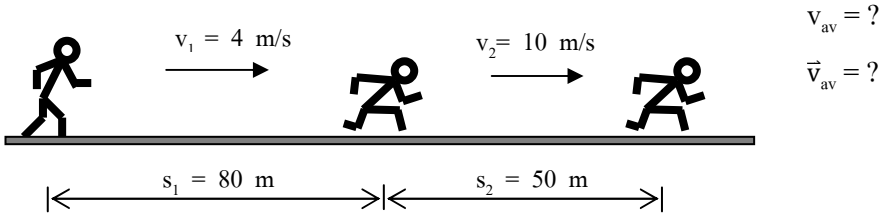
ง. ความเร็วเฉลี่ย $\vec{v}_{av} = \frac{\vec{s}}{t} = \frac{140}{10} = 14$ m/s ทิศทางจาก P ไป Q **Ans**

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

***ตัวอย่างที่ 3***

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

วาดรูปตามโจทย์ ใส่ปริมาณที่เกี่ยวข้องลงไปในรูป




$v_{av} = ?$

$\vec{v}_{av} = ?$

*"โจทย์ให้หาอัตราเร็วเฉลี่ย เรารู้ว่า* $v_{av} = s_{ทั้งหมด} / t_{ทั้งหมด}$ *จากรูป* $s_{ทั้งหมด} = s_1 + s_2$ *หา* $t_{ทั้งหมด}$ *ได้แล้วแทนค่าก็จะได้คำตอบ ง่ายจัง"*

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

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

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

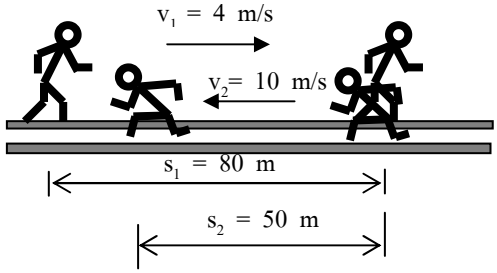
$v_{av} = \frac{s_{ทั้งหมด}}{t_{ทั้งหมด}} = \frac{s_1+s_2}{t_1+t_2} = \frac{80+50}{20+5} = \frac{130}{25} = 5.20$ m/s **Ans**

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

*"อัตราเร็วเฉลี่ย และความเร็วเฉลี่ยมีขนาดเท่ากันเนื่องจากเป็นการเคลื่อนที่แนวตรงต่อเนื่องไป ไม่ย้อนกลับ ทำให้ได้ระยะทาง เท่ากับการกระจัด"*

***ตัวอย่างที่ 4***

จากตัวอย่างที่ 3 หากสมชายวิ่งย้อนกลับทางเดิม หลังจากเดินด้วยความเร็วและได้ระยะทางเท่าเดิม จงหาอัตราเร็วเฉลี่ยและความเร็วเฉลี่ยของสมชาย




$v_{av}$ = ?

$\vec{v}_{av}$ = ?

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

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

แต่ความเร็วเฉลี่ย $\vec{v}_{av} = \frac{\vec{s}_{สัพธ์}}{t_{ทั้งหมด}}$

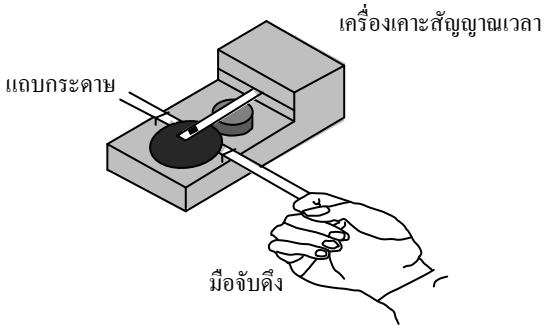
$\therefore \vec{v}_{av} = \frac{80-30}{20+5} = \frac{50}{25} = 2.0$ m/s มีค่าน้อยกว่าอัตราเร็วเฉลี่ยเพราะการกระจัดลัพธ์ น้อยกว่าระยะทาง **Ans**

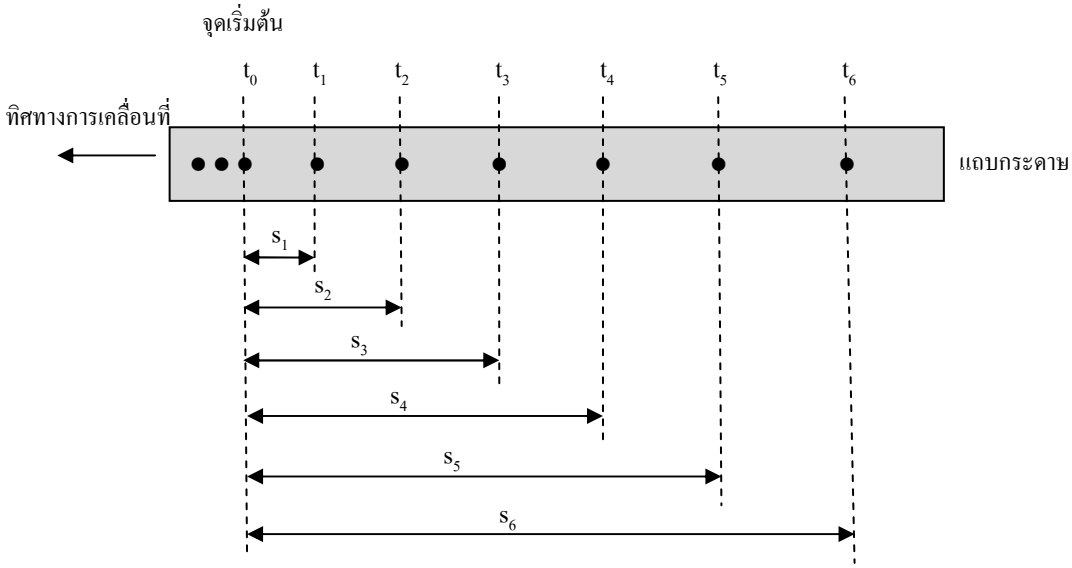
***ข้อสังเกตุ***

- เทคนิคในการแก้ปัญหาโจทย์วิทยาศาสตร์ หรือคณิตศาสตร์ ให้นักเรียน**วาดรูปประกอบทุกครั้ง** เมื่ออ่านโจทย์เสร็จแล้ว แปลงความหมายโจทย์ออกมาให้เป็นภาพ วาดรูปภาพตามนั้น ใส่ตัวแปรทั้งที่รู้ค่าและไม่รู้ค่าลงไปในรูป จากนั้นเขียนสมการที่เกี่ยวข้อง แล้วแก้สมการหาคำตอบออกมา

## 2.4 เครื่องเคาะสัญญาณเวลา

เป็นเครื่องมือที่ใช้วัดอัตราเร็วของวัตถุโดยติดแถบกระดาษกับวัตถุให้วิ่งผ่านเครื่องเคาะสัญญาณเวลา




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 cm , $s_2$ = 2.2 cm , $s_3$ = 3.6 cm , $s_4$ = 5.2 cm , $s_5$ = 7.0 cm และ $s_6$ = 9.0 cm เครื่องเคาะสัญญาณความถี่ 50 ครั้งต่อวินาที

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

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

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

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

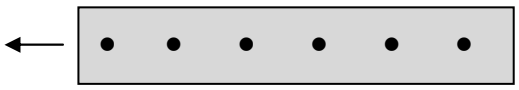
แทนค่า $v_3$ และ $v_5$ ใน *(1)*

จะได้ $a_4 = \frac{v_5 - v_3}{t_5 - t_3}$

$= (0.95 - 0.75)/(\frac{5}{50} - \frac{3}{50})$

$\therefore a_4 = 5 \text{ m/s}^2$ **Ans**

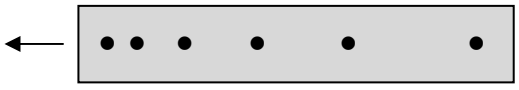
**<u>จุดบนแถบกระดาษที่ผ่านเครื่องเคาะสัญญาณเวลา</u>**



จุดห่างกันสม่ำเสมอ

***<u>จุดห่างกันสม่ำเสมอ</u>***

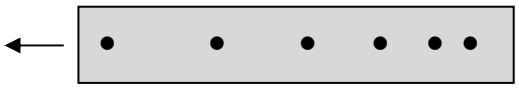
- *ระยะทางเพิ่มขึ้น( ในอัตราคงตัว)สม่ำเสมอ*
- *อัตราเร็ว หรือความเร็วคงตัว*
- *ความเร่งเป็นศูนย์*



จุดห่างกันเพิ่มขึ้นสม่ำเสมอ

***<u>จุดห่างกันเพิ่มขึ้นสม่ำเสมอ</u>***

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



จุดห่างกันลดลงสม่ำเสมอ

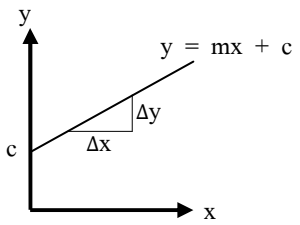
***<u>จุดห่างกันลดลงสม่ำเสมอ</u>***

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

## 2.5 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง การกระจัด ($\vec{s}$) ความเร็ว ($\vec{v}$) ความเร่ง ($\vec{a}$) และเวลา (t)

เราได้เรียนรู้นิยามของปริมาณที่เกี่ยวกับการเคลื่อนที่มาแล้ว ในหัวข้อต่อไปนี้จะศึกษาความสัมพันธ์ในรูปแบบกราฟของปริมาณเหล่านั้นว่ามีลักษณะเป็นอย่างไรบ้าง

เพื่อให้เข้าใจได้ง่าย จะใช้กราฟเส้นตรงหาความสัมพันธ์ระหว่างสองปริมาณที่เป็นปฏิภาคกัน ส่วนกราฟเส้นโค้งใช้ดูการเปลี่ยนแปลงได้แต่ไม่สามารถพิสูจน์ความสัมพันธ์ได้ชัดเจน




จากสมการเส้นตรงทั่วไป $y = mx + c$

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

c คือ จุดตัด บนแกน y

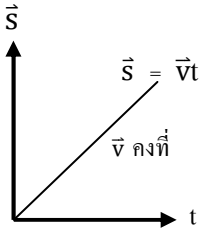
**<u>การกระจัด($\vec{s}$) กับ เวลา (t)</u>**

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

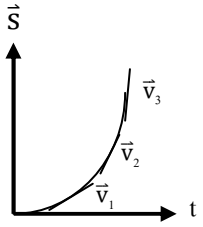
หรือ $\vec{s} = \vec{v}t$

เมื่อเทียบกับ $y = mx + c$ แล้ว

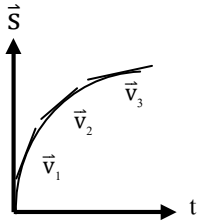
กราฟระหว่าง การกระจัด ($\vec{s}$) กับ เวลา (t) จะได้ความชัน (slope) เท่ากับความเร็ว ($\vec{v}$) และจุดตัดบนแกน $\vec{s}$ เท่ากับ 0 (c = 0)




ความชันคงที่ ⟶ ความเร็วคงที่ ⟶ ความเร่ง = 0




ความชันเพิ่มขึ้น ⟶ ความเร็วเพิ่มสม่ำเสมอ ⟶ ความเร่งคงที่ (เป็น+)




ความชันลดลง → ความเร็วลดลงสม่ำเสมอ → ความเร่งคงที่ (เป็น - )

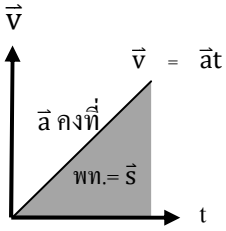
**<u>ความเร็ว ($\vec{v}$) กับ เวลา (t)</u>**

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

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

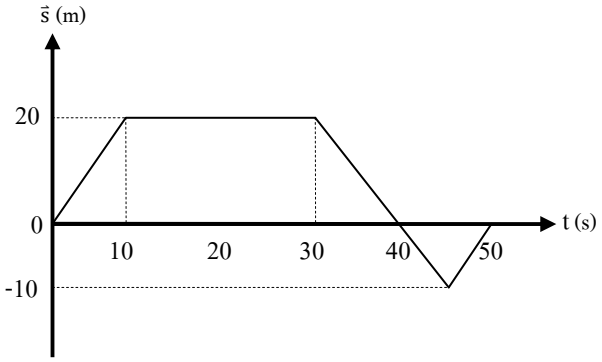
พื้นที่ใต้กราฟ $\vec{v}.t = \vec{s}$

***<u>ข้อสังเกตุ</u>***

- หลักการพิจารณากราฟความสัมพันธ์ของสองปริมาณที่เป็นปฏิภาคกัน ให้เขียนสมการความสัมพันธ์ของปริมาณทั้งสองโดยจัดออกมาให้อยู่ในรูปเลียนแบบสมการเส้นตรง $y = mx + c$ แล้วเทียบตัวแปรของแต่ละปริมาณกับ y , m , x เมื่อเขียนกราฟโดยให้ปริมาณที่เทียบกับ y เป็นแกนตั้งและ เทียบกับ x เป็นแกนนอน ปริมาณที่เทียบกับ m จะเป็นค่าความชันของกราฟ
- ความหมายของกราฟความสัมพันธ์ของ การกระจัด ความเร็ว ความเร่ง และเวลา เป็นเรื่องที่นักเรียนไม่จำเป็นต้องท่องจำเลย ถ้านักเรียนมีความเข้าใจในนิยามของปริมาณเหล่านี้อย่างถ่องแท้ กราฟเป็นเพียงการขยายความจากนิยามอีกรูปแบบหนึ่งเท่านั้น นี่เป็นตัวอย่างหนึ่งของการเรียนฟิสิกส์ที่ถูกวิธี คือเรียนด้วยความความเข้าใจ มากกว่าการท่องจำ ซึ่งทำให้ลืมง่ายและเปลืองสมองด้วยครับ

***ตัวอย่างที่ 6***

วัตถุอันหนึ่งเคลื่อนที่เป็นแนวตรงมีกราฟของการกระจัดและเวลาดังรูป จงหา




ก. ระยะทางของการเคลื่อนที่ใน 50 วินาที

ข. การกระจัดใน 50 วินาที

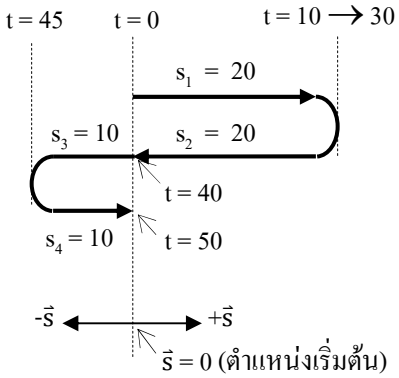
ค. ความเร็วที่วินาที 5 , 20 และ 35

ง. อัตราเร็วเฉลี่ยใน 50 วินาที

จ. ความเร็วเฉลี่ยใน 50 วินาที

ก. ระยะทางของการเคลื่อนที่ (s)

โจทย์กำหนดเป็นการเคลื่อนที่แนวตรง จากกราฟถ้าต้องการหาระยะทาง หรือการกระจัดต้องเขียนลักษณะการเคลื่อนที่ของวัตถุโดยแปลงความหมายออกมาจากกราฟ




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

ระยะทาง $s = s_1 + s_2 + s_3 + s_4$ *(ความยาวจริงตามแนวเส้นทางการเคลื่อนที่)*

$= 20 + 20 + 10 + 10 = 60$ m **Ans**

ข. การกระจัด ($\vec{s}$) ใน 50 วินาที

การกระจัด $\vec{s} = 0$ เพราะกลับมาอยู่ตำแหน่งเริ่มต้น *(ความยาวแนวตรงจากจุดเริ่มต้นมายังจุดปลาย)* **Ans**

ค. ความเร็วที่วินาที 5 , 20 และ 35

ความเร็วที่เวลาใด ๆ $\vec{v}_t$ หาได้จากความชันของกราฟ $\vec{s}$ กับ t

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

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

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

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

ง. อัตราเร็วเฉลี่ย ($v_{av}$)

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

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

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

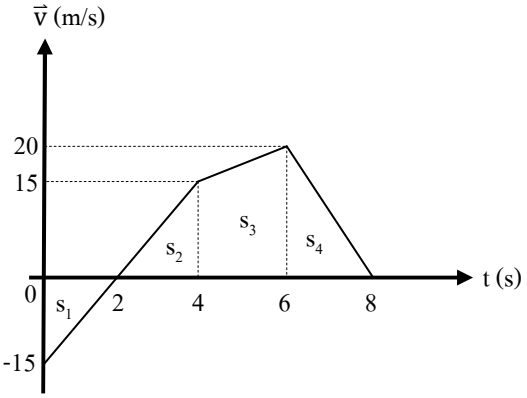
จ. ความเร็วเฉลี่ย ($\vec{v}_{av}$)

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

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

***ตัวอย่างที่ 7***

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



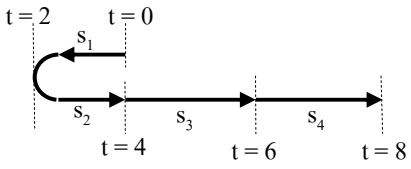

ก. ระยะทางที่เคลื่อนที่ได้ทั้งหมด

ข. การกระจัดที่ได้ทั้งหมด

ค. อัตราเร็วเฉลี่ยของการเคลื่อนที่ทั้งหมด

ง. ความเร็วเฉลี่ยของการเคลื่อนที่ทั้งหมด

จ. ความเร่งที่วินาที่ 1 และ7




สมมติ ทิศการเคลื่อนที่ไป
ด้านขวาเป็นบวก

ลักษณะการเคลื่อนที่

ก. ระยะทางที่เคลื่อนที่ได้ทั้งหมด s

ระยะทางที่เคลื่อนที่ได้ทั้งหมด หาได้จากผลรวมของขนาดการกระจัดในแต่ละช่วงโดยไม่คิดเครื่องหมาย

หรือ ระยะทาง s = พื้นที่ใต้กราฟ (ไม่คิดเครื่องหมาย)

ระยะทางเป็นปริมาณสเกลาร์ไม่คิดทิศทาง แต่เป็นระยะทางจริงที่วัตถุเคลื่อนที่ได้ทั้งหมด

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

$$= (\tfrac{1}{2} \times 2 \times 15) + (\tfrac{1}{2} \times 2 \times 15) + (\tfrac{1}{2} \times (20 + 15) \times 2) + (\tfrac{1}{2} \times 2 \times 20)$$

$\therefore$ s = 85 m **Ans**

ข. การกระจัดที่ได้ทั้งหมด $\vec{s}$

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

$$\vec{s} = s_1 + s_2 + s_3 + s_4$$
$$= -15 + 15 + 35 + 20$$
$$\therefore \vec{s} = 55 \text{ m} \quad \textbf{Ans}$$

ค. อัตราเร็วเฉลี่ยของการเคลื่อนที่ทั้งหมด $v_{av}$

$$\text{อัตราเร็วเฉลี่ย } v_{av} = \frac{s_{\text{ทั้งหมด}}}{t_{\text{ทั้งหมด}}}$$
$$= \frac{85}{8}$$
$$\therefore v_{av} = 10.62 \text{ m/s} \quad \textbf{Ans}$$

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

$$\text{ความเร็วเฉลี่ย } \vec{v}_{av} = \frac{\vec{s}_{\text{สัพธ์}}}{t_{\text{ทั้งหมด}}}$$
$$\vec{v}_{av} = \frac{55}{8}$$
$$\therefore \vec{v}_{av} = 6.8 \text{ m/s} \quad \textbf{Ans}$$

ฉ. ความเร่งที่วินาทีที่ 1 และ7 $\vec{a}_1$ , $\vec{a}_7$

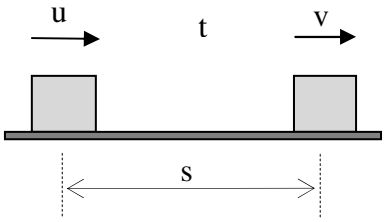
ความเร่ง $\vec{a}$ = ความชันของกราฟ $\vec{v}$ กับ t (จาก $\vec{a} = \frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t}$ )

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

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

## 2.6 การเคลื่อนที่ในแนวตรงด้วย *ความเร่ง a คงที่*

จากเนื้อหาเรื่องปริมาณที่เกี่ยวกับการเคลื่อนที่อันได้แก่ ระยะทาง การกระจัด อัตราเร็ว ความเร็ว ความเร่ง และ เวลา ที่นักเรียนได้เรียนมาในหัวข้อก่อนหน้า ในหัวข้อนี้จะเป็นการประยุกต์ปริมาณต่าง ๆ เข้าด้วยกันให้อยู่ในรูปสมการ หรือสูตรการเคลื่อนที่ โดยในชั้นนี้จะเป็นการเคลื่อนที่แนวตรงด้วยความเร่งคงที่ ส่วนการเคลื่อนที่ด้วยความเร่งไม่คงที่นักเรียนจะได้ในระดับสูงขึ้น ซึ่งจะไม่ขอกล่าว ณ ที่นี้

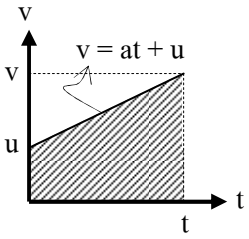


พิจารณาจากรูป วัตถุอันหนึ่งกำลังเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว u เมตร/วินาที เมื่อเวลาผ่านไป t วินาที วัตถุมีความเร็วเปลี่ยนไปเป็น v เมตร/วินาที และเคลื่อนที่ได้ระยะทาง s เมตร เราสามารถหาสมการ ของการเคลื่อนที่แนวตรง ได้ดังนี้

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

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

เมื่อ เขียนกราฟระหว่าง v และ t จะได้กราฟเส้นตรง




จาก $v = u + at$

$v = at + u$

$y = mx + c$

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

เมื่อแทนค่า $v = u + at$ ลงใน *(2)*

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

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

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

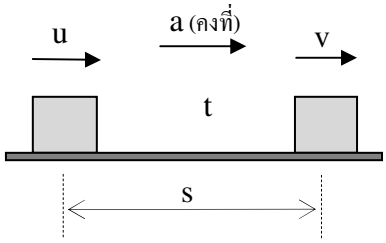
จะได้ $s = \left(\frac{u+v}{2}\right)\left(\frac{v-u}{a}\right)$

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

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

**<u>สรุปสูตรสำคัญ 4 สูตรหลักของการเคลื่อนที่แนวตรง</u>**

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




*"วาดภาพประกอบการจำสูตร ทำให้จำได้ง่ายขึ้นครับ"*

ตัวแปรทั้งหมดเป็นปริมาณเวคเตอร์ ยกเว้น t

t = เวลาที่ใช้เคลื่อนที่ เมื่อเริ่ม t = 0

u = ความเร็วต้น

v = ความเร็วปลาย

s = การกระจัด หรือระยะทางที่เคลื่อนที่ได้

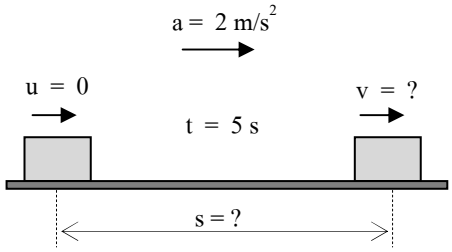
a = ความเร่ง มีค่าคงที่ (เป็น + เมื่อ v > u และเป็น - เมื่อ v < u เรียกความหน่วง)

กรณีเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ หรือคงตัว ความเร่งเป็นศูนย์ จะได้ $\mathbf{s = vt}$

*"ในกรณีวัตถุเคลื่อนที่ในทิศทางเดียว ไม่ย้อนกลับ จะได้ การกระจัด = ระยะทาง และมักใช้ ระยะทาง แทนการกระจัด เวลากล่าวถึงความเร็ว และเพื่อความสะดวกจะไม่ใส่เครื่องหมายแสดงปริมาณเวกเตอร์ $\overrightarrow{\ \ }$ บน $s, u, v, a$ ในการคำนวณ"*

***<u>ตัวอย่างที่ 8</u>***

วัตถุชิ้นหนึ่งเคลื่อนที่ออกจากจุดหยุดนิ่งด้วยความเร่งคงที่ 2 $m/s^2$ เมื่อเวลาผ่านไป 5 วินาที วัตถุจะมีความเร็วเท่าใด และได้ระยะทางเท่าไร




*"เทคนิคการทำโจทย์ทุกข้อ ก่อนอื่นให้นักเรียนวาดรูปจากข้อมูลที่โจทย์ให้มา ใส่ตัวแปรต่าง ๆที่เกี่ยวข้อง ถ้ารู้ค่าใส่ค่าลงไป และถ้าไม่รู้ค่าใส่เครื่องหมาย? ตามตัวอย่างนี้ โจทย์บอก $a = 2, t = 5, u = 0$ เพราะเคลื่อนที่ออกจากจุดหยุดนิ่ง ตรงนี้ต้องตีความหมายให้ได้ โจทย์ถาม $v = ?, s = ?$ หาค่าได้จากสูตร 4 สูตรข้างต้นครับ"*

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

$v = 0 + 2 \times 5$

$\therefore v = 10$ m/s **<u>Ans</u>**

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

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

$\therefore s = 25$ m **<u>Ans</u>**

หรือสูตร $s = ut + \frac{1}{2} at^2$

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

$\therefore s = 25$ m/s **<u>Ans</u>**

หรือสูตร $v^2 = u^2 + 2as$

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

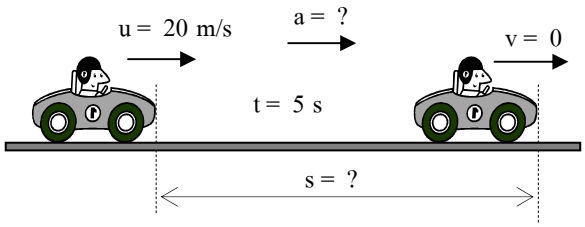
$\therefore s = 25$ m **<u>Ans</u>**

***ข้อสังเกตุ***

- จากตัวอย่าง นักเรียนจะเห็นว่าเราสามารถหาค่า s ได้จากสูตร 2 , 3 หรือ 4 โดยได้คำตอบเท่ากัน เนื่องจากสูตรทั้ง 4 มีที่มาจากที่เดียวกัน(เริ่มต้นจากนิยามของความเร่ง) การเลือกว่าจะใช้สูตรไหนดีขึ้นอยู่กับข้อมูลที่โจทย์ให้มา ตามเซ้นต์แล้วนักเรียนควรเลือกใช้สูตรที่มีจำนวนตัวแปรไม่รู้ค่าน้อยที่สุด ทักษะการเลือกใช้สูตรจะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อนักเรียนได้ฝึกทำโจทย์เยอะ ๆครับ

***ตัวอย่างที่ 9***

รถยนต์คันหนึ่งกำลังแล่นบนถนนด้วยความเร็ว 72 กิโลเมตร/ชั่วโมง คนขับเห็นไฟแดงข้างหน้าจึงเหยียบเบรกทำให้รถหยุดในเวลา 5 วินาที จงหาความเร่ง และระยะทางในช่วงการเบรกนี้




*"วาดรูปจากข้อมูลที่โจทย์ให้มา ใส่ตัวแปรต่าง ๆที่เกี่ยวข้อง ไม่แนะนำให้คิดในใจแม้ว่าโจทย์บางข้ออาจไม่ยากนัก ให้ฝึกเป็นนิสัยจะได้ไม่พลาด การวาดรูปจะทำให้เรามองเห็นภาพ เข้าใจเนื้อหาดีขึ้น และแก้ปัญหาได้โดยง่ายครับ"*

*"แปลงหน่วยทุกค่า ให้เป็นหน่วยที่กำหนดตามสูตรเช่น ระยะทางเป็นเมตร เวลาเป็นวินาที ความเร็วเป็นเมตร/วินาที และความเร่งเป็นเมตร/วินาที$^2$ 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 $v = u + at$

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

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

*"ความเร่งเป็นลบ เรียกว่าความหน่วงมีทิศทางตรงข้ามกับการเคลื่อนที่ เพราะว่าความเร็วลดลงจาก $u = 20$ เป็น $v = 0$"*

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

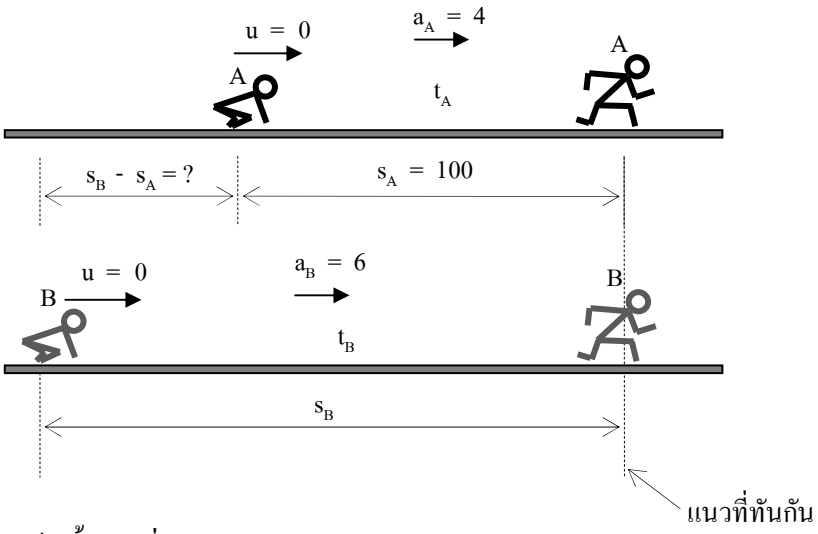
$$= (20 + 0)/2 \, (5)$$

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

***ตัวอย่างที่ 10***

เด็กชาย A และ B วิ่งออกจากจุดเริ่มต้นพร้อมกัน โดยจุดเริ่มต้นของ B อยู่หลัง A เด็กทั้งสองวิ่งด้วยความเร่ง 4 $m/s^2$ และ 6 $m/s^2$ ตามลำดับ และวิ่งทันกันเมื่อ A วิ่งได้ทาง 100 m. จงหาว่าเด็กทั้งสองอยู่ห่างกันเท่าไรตอนเริ่มต้น

*วาดรูปจากข้อมูลที่โจทย์ให้มา*




เด็กทั้งสองวิ่งทันกันพอดี

$\therefore$ จะใช้เวลาเท่ากันคือ $t_A = t_B = t$

หาเวลา t ได้จาก การเคลื่อนที่ของเด็กชาย A

จากสูตร $s = ut + \frac{1}{2}at^2$

$100 = 0 + \frac{1}{2} \times 4 \times t^2$

$t^2 = 50$

$t = 5\sqrt{2}$ s

หาระยะทางที่เด็กชาย B เคลื่อนที่ได้ $s_B$

จากสูตร $s = ut + \frac{1}{2}at^2$

$s_B = 0 + \frac{1}{2} \times 6 \times 50$

$s_B = 150$ m

$\therefore$ ระยะทางที่เด็กทั้งสองอยู่ห่างกันตอนเริ่มต้น

$s_B - s_A = 150 - 100 = 50$ m **Ans**

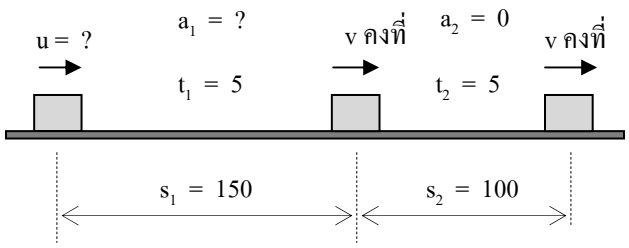
***ข้อสังเกตุ***

- 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 $150 = (u + 20)/2\ (5)$

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

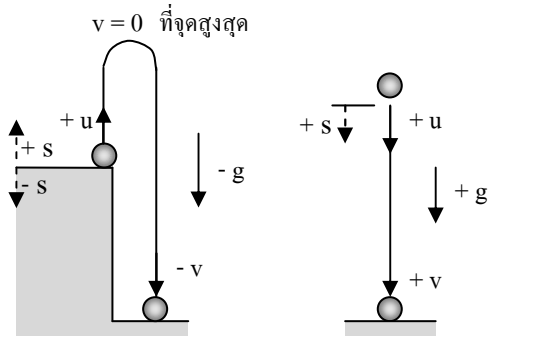
หาความเร่ง $a_1$ จากสูตร $v = u + at$

แทนค่าจะได้ $20 = 40 + a_1(5)$

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

## 2.7 การเคลื่อนที่ของวัตถุอย่างอิสระภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลก

การตกอย่างเสรี หรือการเคลื่อนที่อย่างอิสระภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลก เป็นการเคลื่อนที่ของวัตถุที่มีเพียงแรงดึงดูดของโลกกระทำเพียงแรงเดียว วัตถุจะเคลื่อนที่ด้วยความเร่งคงที่ เท่ากับค่าความโน้มถ่วง g ซึ่งมีค่าประมาณ 9.8 $m/s^2$ และมีทิศทางดิ่งลงสู่ศูนย์กลางของโลกเสมอ ไม่ว่าวัตถุจะเคลื่อนที่ขึ้นหรือลง ตัวอย่างของการเคลื่อนที่อย่างอิสระฯ เช่น การโยนวัตถุขึ้นไปในแนวดิ่ง หรือการปล่อยหรือขว้างวัตถุให้ตกลงมาจากที่สูง การตกอย่างเสรีในหัวข้อนี้เป็นแบบอุดมคติ ไม่คิดผลของแรงต้านอากาศ ที่กระทำกับวัตถุซึ่งอาจมีผลทำให้ความเร่งเปลี่ยนไป การโยน ปล่อย หรือขว้างวัตถุตรง ๆ ในแนวดิ่ง วัตถุจะเคลื่อนที่เป็นแนวตรง เราสามารถใช้สมการการเคลื่อนที่แนวตรงทั้ง 4 สมการจากหัวข้อ 2.6 มาแก้ปัญหาโจทย์ได้โดยแทนค่าความเร่ง a ด้วยค่าความโน้มถ่วง g




โยนวัตถุขึ้นไป ปล่อย หรือขว้างวัตถุลงมา

วิธีคิดคำนวณให้ใช้สูตร 4 สูตร ของการเคลื่อนที่แนวตรงโดยเปลี่ยนความเร่ง a เป็น g = 9.8 $m/s^2$ (นิยมใช้ 10 $m/s^2$ ) และ g มีทิศทางดิ่งลงสู่ศูนย์กลางโลกเสมอไม่ว่าจะโยนวัตถุขึ้น หรือปล่อย/ขว้างลงมา

การคิดเครื่องหมายเมื่อแทนค่าในสูตร คิดดังนี้..ให้ทิศความเร็วต้น u เป็นบวกเสมอ ปริมาณอื่นที่มีทิศตรงข้ามกับ u แทนค่าเป็นลบ ดังแสดงในรูป

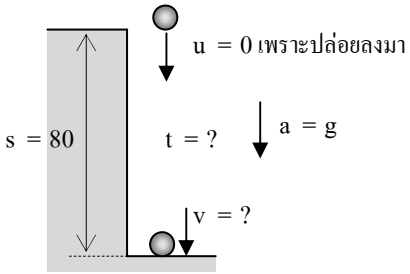
***<u>ตัวอย่างที่ 12</u>***

ปล่อยวัตถุลงมาจากดาดฟ้าของตึกสูง 80 เมตร จงหา

ก. วัตถุใช้เวลานานเท่าไรจึงตกถึงพื้นล่าง

ข. ความเร็วขณะกระทบพื้นเป็นเท่าไร

*วาดรูปตามโจทย์*




ก. เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ t

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

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

$t^2 = 16$

$\therefore t = 4.0$ s **<u>Ans</u>**

ข ความเร็วขณะกระทบพื้น v

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

แทนค่า จะได้ $v = 0 + 10 \times 4$

$\therefore v = 40$ m/s **<u>Ans</u>**

***ตัวอย่างที่ 13***

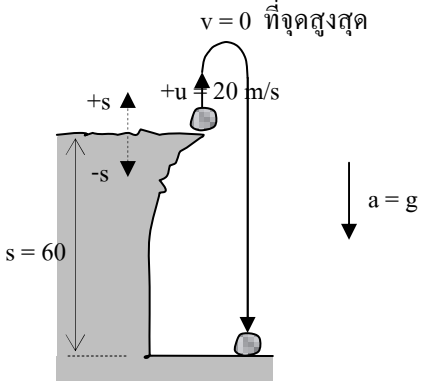
โยนก้อนหินขึ้นไปจากยอดหน้าผาซึ่งสูง 60 เมตร ตามแนวดิ่งด้วยอัตราเร็ว 20 m/s จงหา

ก. นานเท่าไรก้อนหินจึงตกถึงพื้นล่าง

ข. วัตถุขึ้นไปได้สูงสุดเป็นระยะเท่าไรจากจุดโยน

ค. ตำแหน่งและความเร็วเมื่อเวลา 1 , 2 , 4 , 5 วินาที

ง. ความเร็วขณะกระทบพื้น




*"วาดรูปจากข้อมูลที่โจทย์ให้มา"*

ก. 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 และ a เป็นลบเพราะทิศตรงข้ามกับ u)*

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

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

$t = 6 , -2$ *(เวลาใช้เฉพาะค่าบวก เวลาติดลบไม่ได้)*

$\therefore t = 6$ s **Ans**

ข. 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)*

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

ค. ตำแหน่งและความเร็ว เมื่อ $t = 1 , 2 , 4 , 5$ s

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

หาความเร็วจากสูตร $v = u + at$

เมื่อ $t = 1$ s

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

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

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

$v = u + at$

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

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

เมื่อ $t = 2$ s

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

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

$\therefore s = 20$ m เหนือจุดโยน **Ans**

$v = u + at$

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

$\therefore v = 0$ m/s จุดสูงสุด **Ans**

เมื่อ $t = 4$ s

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

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

$\therefore s = 0$ m ตรงตำแหน่งโยน **Ans**

$v = u + at$

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

$\therefore v = -20$ m/s ทิศลง *(สังเกตุที่ตำแหน่งโยน ขนาดของ u = v แต่ทิศตรงข้ามกัน)* **Ans**

เมื่อ $t = 5$ s

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

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

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

$v = u + at$

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

$\therefore v = -30$ m/s ทิศลง **Ans**

ง. ความเร็วขณะกระทบพื้น

รู้เวลาทั้งหมดที่ใช้เคลื่อนที่ t = 6 s (จาก ก)

จากสูตร $v = u + at$

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

$\therefore v = -40$ m/s ทิศลง **Ans**

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

***ข้อสังเกตุ***

- คำว่าความเร่ง**คงที่** ในหนังสือบางเล่มอาจใช้คำว่า ความเร่ง**คงตัว** หรือความเร่ง**สม่ำเสมอ**ก็ได้ ซึ่งมีความหมายเหมือนกัน ในทำนองเดียวกันคำว่า อัตราเร็วคงที่ หรือความเร็วคงที่ ก็มีลักษณะการระบุเช่นเดียวกัน

## 2.8 ความเร็วสัมพัทธ์

เมื่อกล่าวถึงความเร็ว โดยทั่ว ๆ ไปเป็นความเร็วที่เทียบกับตำแหน่งอ้างอิงที่อยู่นิ่ง เช่นวิ่งด้วยความเร็ว 0.5 เมตรต่อวินาที เป็นความเร็วเทียบกับพื้น หรือผู้สังเกตที่ไม่ได้เคลื่อนที่ หากตำแหน่งอ้างอิง หรือผู้สังเกตมีการเคลื่อนที่ด้วย ความเร็วที่ปรากฏจะเป็น**ความเร็วสัมพัทธ์** ตัวอย่างเช่นนักเรียนลองนึกภาพว่ากำลังวิ่งคู่ขนานไปกับเพื่อนด้วยความเร็วเท่ากัน นักเรียนจะสังเกตเห็นว่าเพื่อนเหมือนกับหยุดนิ่งไม่ได้เคลื่อนที่เมื่อเทียบกับตัวนักเรียน หรือหากวิ่งสวนทางกับเพื่อนจะเห็นเพื่อนวิ่งห่างออกไปด้วยความเร็วเพิ่มขึ้น

สรุป ความเร็วสัมพัทธ์ หมายถึง ความเร็วของวัตถุที่กำลังเคลื่อนที่ เปรียบเทียบกับผู้สังเกต ซึ่งกำลังเคลื่อนที่อยู่ด้วย

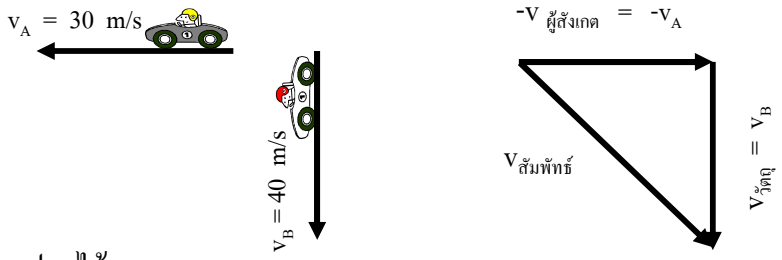
**การคำนวณหาความเร็วสัมพัทธ์ทำได้โดย**

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

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

***ตัวอย่างที่ 14***

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




จากรูปจะได้

$$v_{สัมพัทธ์} = \sqrt{v_A{}^2 + v_B{}^2}$$

$$v_{สัมพัทธ์} = \sqrt{30^2 + 40^2}$$

$$v_{สัมพัทธ์} = 50 \text{ m/s}$$

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

- การพายเรือทวนน้ำเราจะสังเกตเห็นขยะที่ลอยมากับน้ำ เคลื่อนที่เข้าหาเราอย่างรวดเร็ว อธิบายได้อย่างไรเกี่ยวกับความเร็วสัมพัทธ์
- เราจะต้องพายเรือตามน้ำด้วยความเร็วอย่างไรจึงสังเกตเห็นขยะที่ลอยมากับน้ำอยู่นิ่ง

**ให้นักเรียนศึกษาจากเอกาสารเรื่อง บทนำและ การเคลื่อนที่แนวตรง พร้อมทั้งให้ฝึกทำแบบฝึกหัดต่อไปนี้**

**<u>บทนำ</u>**

1) ระยะทาง 5,600,000,000 เมตร มีค่ากี่เมกะเมตร

.....

.....

.....

.....

2) มวลขนาด 0.4 มิลลิกรัมมีขนาดกี่กิโลกรัม

.....

.....

.....

.....

3) จงเปลี่ยนพื้นที่ 1 ตารางมิลลิเมตร ให้เป็นตารางเมตร และตารางเซนติเมตร

.....

.....

.....

.....

.....

4) เชือกเส้นแรกยาว $16.32 \pm 0.02$ เซ็นติเมตร เชือกเส้นที่สองยาว $20.68 \pm 0.01$ เซนติเมตร จงตอบคำถามต่อไปนี้

   a. เชือกเส้นแรกยาวมากที่สุดเท่ากับ .....เซนติเมตร

   b. เชือกเส้นที่สองยาวน้อยที่สุดเท่ากับ .....เซนติเมตร

   c. ผลบวกมากที่สุดของเชือก 2 เส้นนี้เท่ากับ .....เซนติเมตร

   d. ผลต่างน้อยที่สุดของเชือก 2 เส้นนี้เท่ากับ.....เซนติเมตร

5) ในการหาความหนาแน่นของวัตถุซึ่งมีมวล $72.4 \pm 0.1$ กรัม และมีปริมาตร $18.1 \pm 0.2$ ลูกบาศก์เซนติเมตร จะมีค่าเท่าใด

.....

.....

.....

.....

.....

.....

**<u>การเคลื่อนที่แนวตรง</u>**

1) จงหาเวกเตอร์ลัพธ์ของเวกเตอร์ 10 หน่วย และ 12 หน่วย ทำมุม 60° ซึ่งกันและกัน

.....

.....

.....

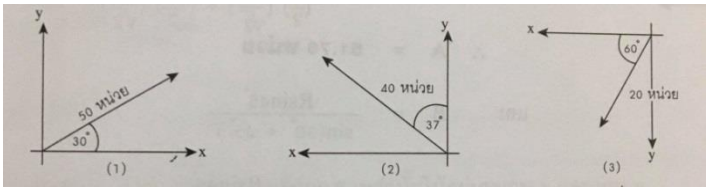
.....

.....

.....

.....

2) จากรูป จงหาเวกเตอร์ย่อยตามแกน x และแกน y ของเวกเตอร์ที่กำหนดให้




.....

.....

.....

.....

.....

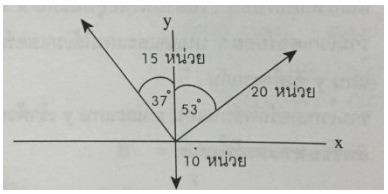
.....

.....

.....

.....

3) จงหาเวกเตอร์ลัพธ์ของเวกเตอร์ย่อยดังรูป




.....

.....

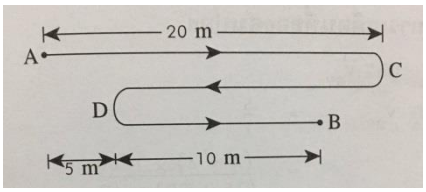
.....

.....

.....

.....

4) วัตถุหนึ่งเคลื่อนที่จาก A ไป B ผ่าน C, D ซึ่งอยู่บนแนวเส้นตรงเดียวกันดังรูป ใช้เวลานาน 10 วินาที จงหา




ก. ระยะทาง

ข. การกระจัด

ค. อัตราเร็วเฉลี่ย

ง. ความเร็วเฉลี่ย

.....

.....

.....

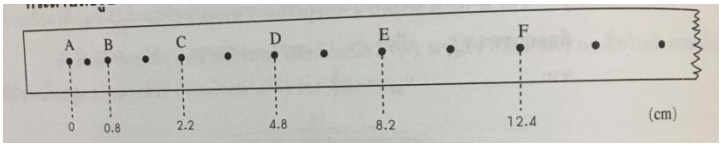
.....

.....

.....

.....

5) เมื่อดึงแถบกระดาษ ผ่านเครื่องเคาะสัญญาณเวลาชนิดเคาะ 50 ครั้ง/วินาที ปรากฏได้จุดบนแถบกระดาษดังรูป




จงหา ก. ความเร็วเฉลี่ยในช่วง BD ข. ความเร็วเฉลี่ยในช่วง DF

ค. ความเร็ว ณ จุด C และจุด E ง. ความเร่งที่จุด D

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

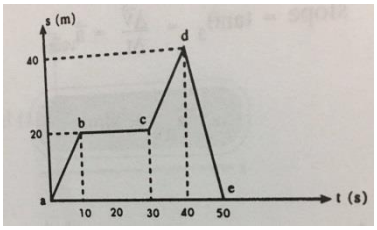
.....

.....

.....

.....

6) วัตถุหนึ่งเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงมีกราฟการกระจัดกับเวลาดังรูป จงหา




ก. ความเร็วที่วินาทีที่ 5, 20, 35 และ 45

ข. ความเร็วเฉลี่ยใน 50 วินาที

ค. อัตราเร็วเฉลี่ยใน 50 วินาที

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

7) รถคันหนึ่งเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงด้วยความเร็วต้น 10 เมตร/วินาที มีความเร่งคงที่ 4 เมตร/วินาที$^2$ เมื่อเวลาผ่านไป 10 วินาที วัตถุเคลื่อนที่ได้ทางเท่าใด

.....

.....

.....

.....

.....

8) วัตถุหนึ่งเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง 2 เมตร/วินาที$^2$ เมื่อเวลาผ่านไป 10 วินาที มีความเร็วเป็น 40 เมตร/วินาที ขณะนั้นวัตถุอยู่ห่างจากตำแหน่ง ณ เวลาเริ่มต้นเท่าไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

9) วัตถุชิ้นหนึ่งเคลื่อนที่ได้ในแนวเส้นตรงด้วยความเร่งคงที่ จากจุดหยุดนิ่งได้ ระยะทาง 64 เมตร ในเวลา 4 วินาที จงหา

ก. ความเร่งของการเคลื่อนที่

ข. ความเร็วเมื่อเวลาผ่านไป 4 วินาที

ค. ความเร็วและเวลาที่ใช้เมื่อเคลื่อนที่ได้ทาง 32 เมตร

ง. ความเร็วและระยะทางที่เคลื่อนที่ได้ใน 2 วินาที

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

10) วัตถุ A และ วัตถุ B เริ่มเคลื่อนที่ออกจากจุดเดียวกันด้วยความเร่ง 1 และ 2 เมตร/วินาที$^2$ ตามลำดับ จงหาว่าอีก 10 วินาทีต่อมาวัตถุทั้งสองจะอยู่ห่างกันเท่าใด

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....