

ใบความรู้ 17

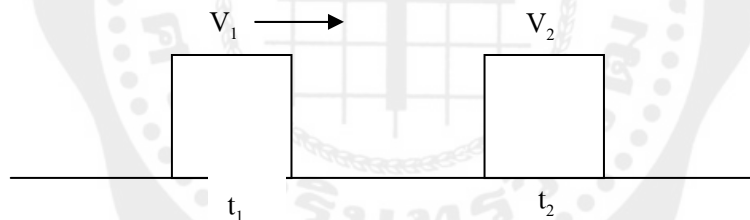
เรื่อง ผลของแรงต่อความเร่งของวัตถุ

ผลของแรงต่อความเร่งของวัตถุ

ปกติแล้วถ้ามีแรงกระทำต่อวัตถุแล้วแรงที่กระทำนั้นสามารถเอาชนะแรงเสียดทานได้ จะทำให้วัตถุนั้นเกิดการเคลื่อนที่ ลักษณะของการเคลื่อนที่นี้จะมี 2 ลักษณะคือ กรณีที่วัตถุมีความเร็วคงที่หรือสม่ำเสมอกับกรณีที่ความเร็วไม่คงที่หรือไม่สม่ำเสมอ เราเรียกรณีที่วัตถุเคลื่อนที่โดยมีความเร็วไม่สม่ำเสมอนี้ว่าวัตถุมีความเร่ง (acceleration)

โดยทิศทางของความเร่งจะมีทิศทางเดียวกับแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุ นอกจากนี้เรายังพบว่า การที่วัตถุมีความเร็วไม่คงที่หรือมีความเร็วที่เปลี่ยนแปลงนี้ยังมีอีก 2 กรณี คือกรณีที่วัตถุมีความเร็วไม่คงที่ในลักษณะลดลงและกรณีที่วัตถุมีความเร็วเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ โดยกรณีที่วัตถุมีความเร็วลดลงนี้เราเรียกความเร่งแบบนี้ว่าความหน่วง และกรณีที่วัตถุมีความเร็วเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เราเรียกความเร่งอันเนื่องจากแรงดึงดูดของโลกนี้ว่า ความเร่งจากสภาพโน้มถ่วง

ความเร็ว (velocity) เมื่อวัตถุมีการเคลื่อนที่ ตำแหน่งของวัตถุจะเปลี่ยนไป การเปลี่ยนตำแหน่งของวัตถุจะบอกให้ทราบว่าวัตถุนั้นเคลื่อนที่อย่างไร เร็วหรือช้า



ภาพประกอบที่ 1 วัตถุเคลื่อนที่จากตำแหน่งที่เวลา t_1 ไป t_2

เมื่อพิจารณาวัตถุที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็วในกรณีต่างๆ ดังนี้

กรณีที่ 1 เมื่อ $V_1 = V_2$

จากภาพ เมื่อพิจารณาการเคลื่อนที่ของวัตถุจากตำแหน่งที่เวลา t_1 วัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว V_1 จนกระทั่งวัตถุมาถึงตำแหน่งที่เวลา t_2 ความเร็วของวัตถุที่เวลา t_2 เท่ากับ V_2 เมื่อ $V_1 = V_2$ เราจึงบอกได้ว่าวัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ คือ $V_1 = V_2$

ความเร็วคงที่ เป็นการบอกให้ทราบว่า วัตถุมีการเคลื่อนที่อย่างสม่ำเสมอในแนวเส้นตรง ไม่ว่าจะพิจารณาในช่วงเวลาใดๆ

กรณีที่ 2 เมื่อ $V_1 \neq V_2$

จากภาพ เมื่อพิจารณาการเคลื่อนที่ของวัตถุจากตำแหน่งที่เวลา t_1 วัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว V_1 จนกระทั่งวัตถุมาถึงตำแหน่งที่เวลา t_2 ความเร็วของวัตถุที่เวลา t_2 เท่ากับ V_2 เมื่อ $V_1 \neq V_2$ เราจึงบอกได้ว่าวัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็วที่เปลี่ยนไป นั่นคือ วัตถุมี**ความเร่ง**

ความเร่ง (acceleration, \bar{a}) หมายถึง ความเร็วที่เปลี่ยนไปในหนึ่งหน่วยเวลา ซึ่งความเร่งมีค่าเป็นได้ทั้งบวกและลบ ความเร่งสามารถเขียนแสดงความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{ความเร่ง} &= \frac{\text{ความเร็วที่เปลี่ยนไป}}{\text{เวลาที่ใช้}} \\ &= \frac{\text{ความเร็วปลาย} - \text{ความเร็วต้น}}{\text{เวลาที่ใช้}} \end{aligned}$$

หรือ

$$\bar{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{t} = \frac{\vec{v}_2 - \vec{v}_1}{t}$$

ความเร่ง เป็นปริมาณเวกเตอร์ ที่มีทั้งขนาดและทิศทาง โดยทิศของความเร่ง (\bar{a}) จะอยู่ในทิศทางเดียวกับความเร็วที่เปลี่ยนไป ($\Delta \vec{v}$) เสมอ หน่วยของความเร่ง คือ m/s^2

กรณีที่ 3 เมื่อ $V_1 < V_2$

เมื่อพิจารณาการเคลื่อนที่ของวัตถุจากตำแหน่งที่เวลา t_1 ไป t_2 ด้วยความเร็วที่เพิ่มมากขึ้น นั่นคือ $V_1 < V_2$ แสดงว่าวัตถุมีความเร่งเป็นบวก

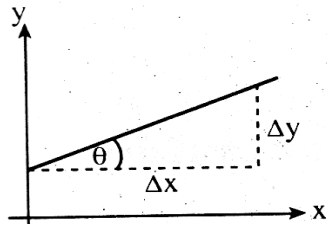
ในกรณีที่วัตถุมีการตกอย่างเสรี (**free fall**) หมายถึง การตกโดยไม่มีสิ่งใดกีดขวางหรือกระทบ ความเร่งของวัตถุที่เกิดขึ้น เนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก เรียกว่า **ค่าความโน้มถ่วง (g)**

กรณีที่ 4 เมื่อ $V_1 > V_2$

เมื่อพิจารณาการเคลื่อนที่ของวัตถุจากตำแหน่งที่เวลา t_1 ไป t_2 ด้วยความเร็วที่ลดลง นั่นคือ $V_1 > V_2$ แสดงว่าวัตถุมีความเร่งเป็นลบหรือเรียกว่า **ความหน่วง** คือ ความเร็วปลาย (V_2) มีค่าน้อยกว่าความเร็วต้น (V_1) ตัวอย่างเช่น การวิ่งขึ้นภูเขาของรถยนต์ เป็นต้น

ข้อควรรู้ : การหาความชัน (slope) ของกราฟ

การหา slope ของกราฟเส้นตรงหาได้จาก

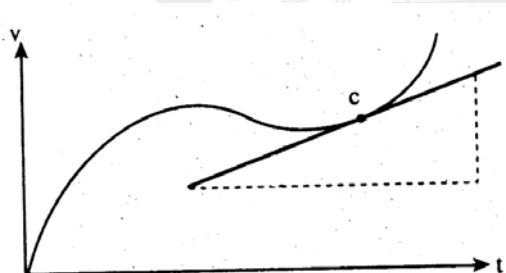


$$\begin{aligned} \text{slope} &= \frac{\text{ระยะแกนนตั้ง}}{\text{ระยะแกนนราบ}} \\ &= \frac{\Delta y}{\Delta x} \end{aligned}$$

ในกรณีกราฟเส้นโค้ง การหาความชันของเส้นโค้งที่จุดใดๆ ทำได้โดยการลากเส้นสัมผัสกับเส้นโค้งที่จุดนั้น แล้วหา slope ของเส้นสัมผัส ซึ่งจะเป็น slope ของเส้นโค้งที่จุดนั้นๆ

ความเร่งแบ่งออกเป็น 2 ชนิด ได้แก่

1. ความเร่งขณะใดขณะหนึ่ง (\vec{a}_t) คือ ความเร่งที่เกิดขึ้น ณ เวลาใดเวลาหนึ่ง การหาความเร่งชั่วขณะที่จุด c



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

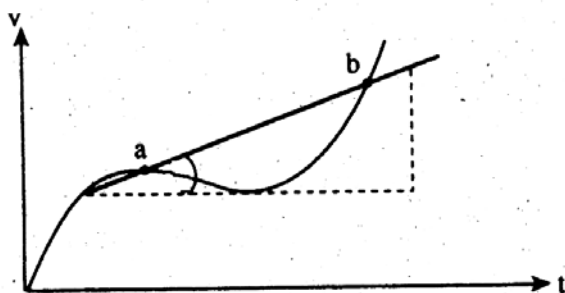
ภาพประกอบที่ 2 ความเร่งขณะใดขณะหนึ่ง

วิธีการหาความเร่งขณะใดขณะหนึ่งที่จุด c (\vec{a}_c) ให้ลากเส้นสัมผัสที่จุดนั้น แล้วหาค่าความชัน (slope) ของเส้นสัมผัส ณ จุด c

$$\text{slope} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{\Delta \vec{v}}{t} = \vec{a}_c$$

$$\therefore \vec{a}_t = \text{slope}$$

2. ความเร่งเฉลี่ย (\bar{a}_{av}) คือ ความเร็วที่เปลี่ยนไปในหนึ่งหน่วยเวลา (ในช่วงเวลาหนึ่งที่พิจารณาเท่านั้น) การหาความเร่งเฉลี่ยระหว่าง a, b



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

ภาพประกอบที่ 3 ความเร่งเฉลี่ย

วิธีการหาความเร่งเฉลี่ยระหว่าง a, b ให้ลากเส้นตรงผ่านระหว่าง e, f แล้วหาค่าความชัน (slope) ของเส้นตรง

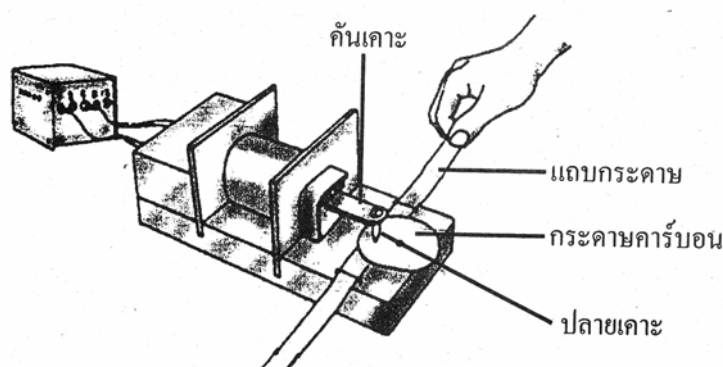
$$\text{slope} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{\Delta \vec{v}}{t} = \bar{a}$$

$$\therefore \bar{a}_{av} = \text{slope}$$

เครื่องเคาะสัญญาณเวลา (Ticker timer)

เครื่องเคาะสัญญาณเวลา เป็นอุปกรณ์ที่ใช้วัดความเร็วของวัตถุ หรือใช้หาอัตราเร็วของวัตถุที่เคลื่อนที่ในช่วงเวลานั้นๆ เพราะสามารถบันทึกตำแหน่งเวลา และตำแหน่งวัตถุที่สัมพันธ์กัน

เครื่องเคาะสัญญาณเวลา มีส่วนประกอบที่สำคัญดังรูป

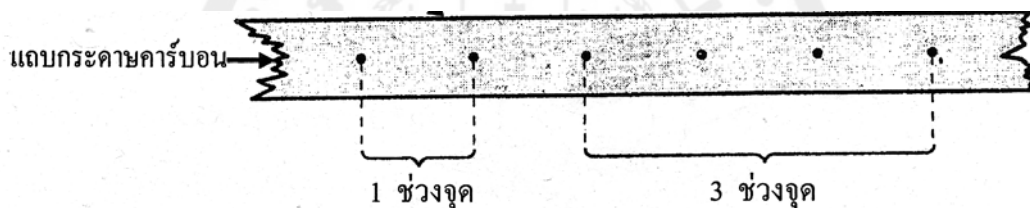


ภาพประกอบที่ 4 เครื่องเคาะสัญญาณเวลา

หลักการการทำงานของเครื่องเคาะสัญญาณเวลา เมื่อนำเครื่องเคาะสัญญาณเวลามาต่อกับหม้อแปลงไฟฟ้าโวลต์ต่ำประมาณ 6 โวลต์ จะทำให้คันเคาะสั่นด้วยความถี่ของไฟฟ้ากระแสสลับที่ใช้คือ 50 ครั้งต่อวินาที เมื่อดึงแถบกระดาษที่สอดเข้าไปใต้กระดาษคาร์บอน จะทำให้เกิดจุดต่างๆ เรียงกันบนแถบกระดาษ อันเนื่องมาจากโลหะปลายแหลมที่คันเคาะจะเคาะลงไปบนกระดาษคาร์บอน จุดเหล่านี้ทำให้ทราบระยะทางและเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ เพราะเครื่องเคาะสัญญาณเวลานี้จะเคาะได้ 50 ครั้งในเวลา 1 วินาที ดังนั้นช่วงเวลาของการเคลื่อนที่ของแถบกระดาษจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งที่อยู่เรียงกันจะมีค่าเท่ากับ $\frac{1}{50}$ วินาที เราจึงสามารถคำนวณหาความเร็วในการเคลื่อนที่ของแถบกระดาษได้

เครื่องเคาะสัญญาณเวลาอาศัยความถี่ของกระแสไฟฟ้าขนาด 50 รอบ/วินาที ซึ่งจะทำให้ตะปูเข็มซึ่งเป็นคันเคาะทำให้เกิดจุดบนแถบกระดาษคาร์บอนเคาะ 50 ครั้งในเวลา 1 วินาที ดังนั้นช่วงเวลาการเคาะครั้งหนึ่งกับครั้งถัดไปจึงมีค่าเท่ากับ $\frac{1}{50}$ วินาที

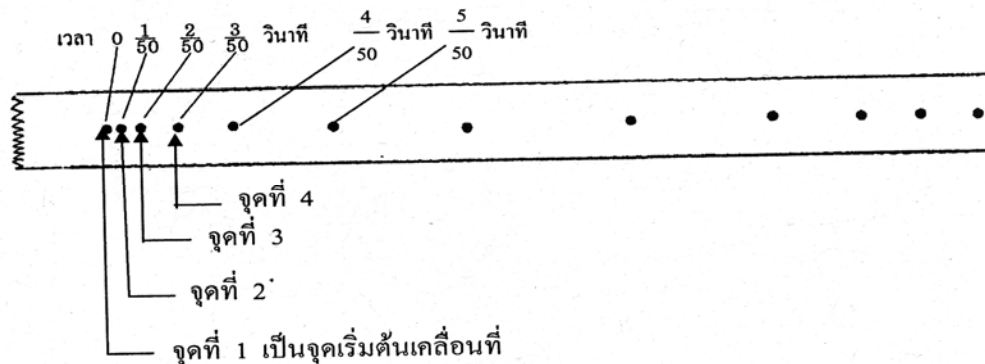
$$\text{ระยะเวลา 1 ช่วงจุด} = \frac{1}{50} \text{ วินาที}$$



ภาพประกอบที่ 5 แสดงจุดบนแถบกระดาษ

$$\text{จากรูป เวลา 3 ช่วงจุด} = 3\left(\frac{1}{50}\right) = \frac{3}{50} \text{ วินาที}$$

โดยทั่วไปเราสนใจทราบอัตราเร็ว ณ เวลาใดเวลาหนึ่ง หรือขณะใดขณะหนึ่ง ซึ่งสามารถหาได้โดยการหาอัตราเร็วเฉลี่ยในช่วงเวลานั้นๆ



ภาพประกอบที่ 6 แสดงแถบกระดาษที่ถูกดึงด้วยมือผ่านเครื่องเคาะสัญญาณเวลา

ถ้าวัดระยะทางระหว่าง 2 ช่วงจุดที่ติดกัน ซึ่งเวลาห่างกัน $\frac{2}{50}$ อัตราเร็วเฉลี่ยที่ได้เป็น อัตราเร็ว ณ จุดกึ่งกลางเวลานั้น ซึ่งเรียกว่า *อัตราเร็วขณะใดขณะหนึ่ง (instantaneous speed)* ตัวอย่างอัตราเร็วขณะใดขณะหนึ่ง เช่น อัตราเร็วที่อ่านได้จากมาตรวัดในรถยนต์และ รถจักรยานยนต์ เป็นต้น

จากแถบกระดาษ สังเกตเห็นว่าระยะระหว่างจุดจะไม่เท่ากัน แสดงว่าแถบกระดาษแต่ละ ช่วงจุดมีการเคลื่อนที่ด้วยความเร็วไม่สม่ำเสมอ แสดงว่าในการดึงแถบกระดาษเราใช้ความเร็วไม่ คงที่ ถ้าช่วงใดที่เราดึงแถบกระดาษด้วยความเร็วต่ำ ระยะห่างระหว่างจุดจะน้อย แต่ถ้าช่วงใดที่เรา ดึงแถบกระดาษด้วยความเร็วสูง ระยะระหว่างจุดจะมีค่ามาก ค่าความเร็วเฉลี่ยในแต่ละช่วงจุด หา ได้จากความสัมพันธ์ดังนี้

$$\text{ความเร็ว} = \frac{\text{การกระจัด}}{\text{เวลาที่ใช้}}$$

$$\text{ความเร็วเฉลี่ยในช่วงจุดที่ 3 ถึงจุดที่ 4} = \frac{\text{การเปลี่ยนตำแหน่งจากจุดที่ 3 ถึงจุดที่ 4}}{\frac{1}{50} \text{ วินาที}}$$

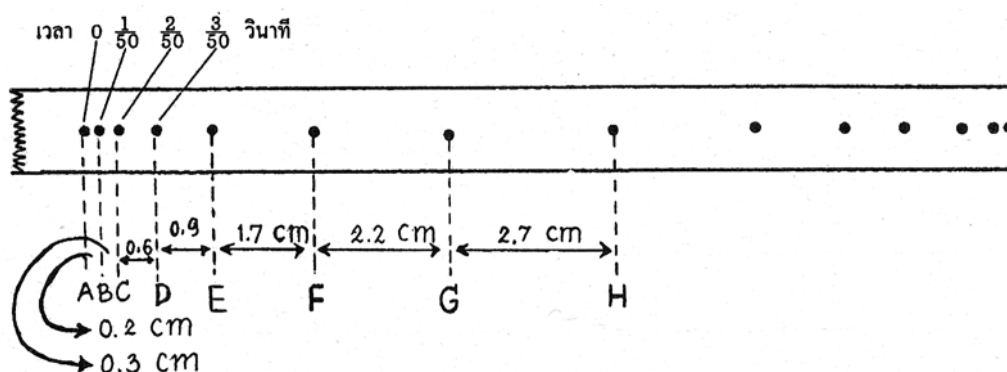
$$\text{นั่นคือ ความเร็วเฉลี่ยใน 1 ช่วงจุด} = \frac{\text{การกระจัดใน 1 ช่วงจุด}}{\text{เวลาที่ใช้ใน 1 ช่วงจุด}}$$

การหาความเร็วและความเร่งของแถบกระดาษ

การหาความเร็วเฉลี่ย

ความเร็วเฉลี่ยหาได้จากการเปลี่ยนตำแหน่งจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง โดยการวัดระยะทางระหว่างช่วงจุด โดยเวลาห่างกัน 1 ช่วงจุด คือ $\frac{1}{50}$ วินาที ความเร็วที่ได้เป็นความเร็วเฉลี่ยในแต่ละช่วงจุด ซึ่งเรียกว่า ความเร็วเฉลี่ย

ตัวอย่าง เมื่อดึงแถบกระดาษที่สอดเข้าไปใต้กระดาษคาร์บอนของเครื่องเคาะสัญญาณเวลา จะเกิดจุดต่างๆ เรียงกันบนแถบกระดาษ ดังรูป



ให้หาความเร็วเฉลี่ยในช่วงต่อไปนี้

ก. ช่วง A ถึง B

$$\text{วิธีทำ ความเร็วเฉลี่ยช่วง A ถึง B} = \frac{\text{ระยะจาก A ถึง B}}{\text{เวลาที่ไต่จาก A ถึง B}}$$

$$\text{ระยะจาก A ถึง B} = 0.2 \text{ cm.} = 0.002 \text{ m.}$$

$$\text{เวลาในแต่ละช่วงจุด} = \frac{1}{50}$$

$$\text{ความเร็วเฉลี่ยช่วง A ถึง B} = \frac{0.002}{\frac{1}{50}} = 0.1 \text{ m/s}$$

ข. ช่วง A ถึง E

$$\text{วิธีทำ ความเร็วเฉลี่ยช่วง A ถึง E} = \frac{\text{ระยะจาก A ถึง E}}{\text{เวลาที่ไต่จาก A ถึง E}}$$

$$\text{ระยะจาก A ถึง E} = 2.1 \text{ cm.} = 0.021 \text{ m.}$$

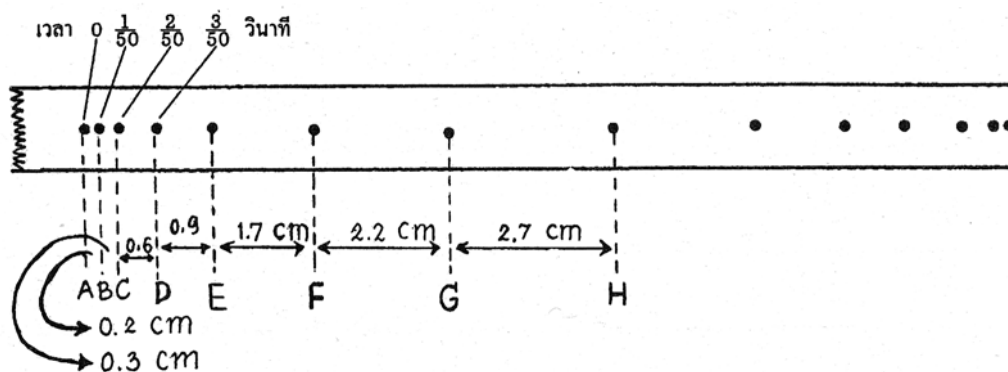
$$\text{เวลาในแต่ละช่วงจุด} = \frac{4}{50}$$

$$\text{ความเร็วเฉลี่ยช่วง A ถึง E} = \frac{0.021}{\frac{4}{50}} = 0.2625 \text{ m/s}$$

การหาความเร็วขณะใดขณะหนึ่ง

ความเร็วขณะใดขณะหนึ่งหาได้จากความเร็วเฉลี่ยในช่วงเวลาสั้นๆ โดยการวัดระยะทางระหว่าง 2 ช่วงจุดที่ติดกัน เวลาห่างกัน $\frac{2}{50}$ วินาที ความเร็วเฉลี่ยที่ได้เป็นความเร็วเฉลี่ย ณ จุดกึ่งกลาง ซึ่งเรียกว่า **ความเร็วขณะใดขณะหนึ่ง**

ตัวอย่าง เมื่อดึงแถบกระดาษที่สอดเข้าไปใต้กระดาษคาร์บอนของเครื่องเคาะสัญญาณเวลา จะเกิดจุดต่างๆ เรียงกันบนแถบกระดาษ ดังรูป



ให้หาความเร็วขณะใดขณะหนึ่งที่จุด E และ จุด G

วิธีทำ ความเร็วขณะใดขณะหนึ่งที่จุด E = $\frac{\text{ระยะจาก D ถึง F}}{\text{เวลาที่ใช้จาก D ถึง F}}$

$$\text{ระยะจาก D ถึง F} = 2.6 \text{ cm.} = 0.026 \text{ m.}$$

$$\text{เวลาจาก D ถึง F} = \frac{2}{50}$$

$$\text{ความเร็วขณะใดขณะหนึ่งที่จุด E} = \frac{0.026}{\frac{2}{50}} = 0.65 \text{ m/s}$$

วิธีทำ ความเร็วขณะใดขณะหนึ่งที่จุด G = $\frac{\text{ระยะจาก F ถึง H}}{\text{เวลาที่ใช้จาก F ถึง H}}$

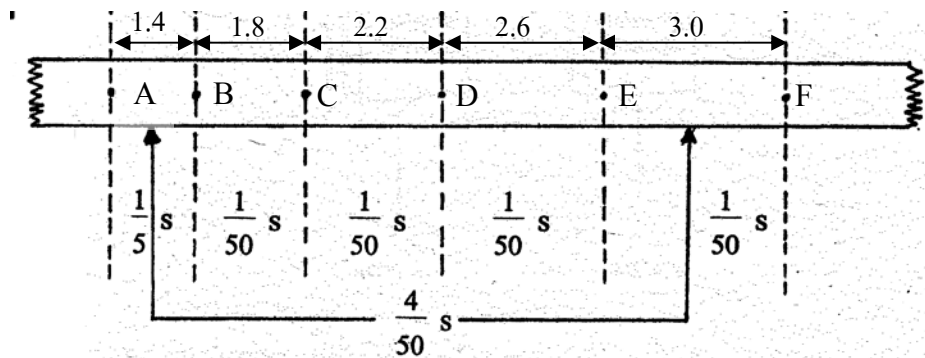
$$\text{ระยะจาก F ถึง H} = 4.9 \text{ cm.} = 0.049 \text{ m.}$$

$$\text{เวลาจาก F ถึง H} = \frac{2}{50}$$

$$\text{ความเร็วขณะใดขณะหนึ่งที่จุด G} = \frac{0.049}{\frac{2}{50}} = 1.23 \text{ m/s}$$

การหาความเร่ง

ความเร่ง เป็นอัตราการเปลี่ยนแปลงความเร็วในหนึ่งหน่วยเวลา



พิจารณาช่วงแรกจากจุด A ถึงจุด B

$$\begin{aligned}
 \text{ความเร็วเฉลี่ยช่วงจุด A ถึงจุด B} &= \frac{\text{ระยะจากจุด A ถึง B}}{\text{ช่วงเวลาจาก A ถึง B}} \\
 &= \frac{1.4 \text{ cm}}{\frac{1}{50}} = \frac{0.014 \text{ m}}{\frac{1}{50}} \\
 &= 0.7 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{ความเร็วเฉลี่ยช่วงจุด E ถึงจุด F} &= \frac{\text{ระยะจากจุด E ถึง F}}{\text{ช่วงเวลาจาก E ถึง F}} \\
 &= \frac{3.0 \text{ cm}}{\frac{1}{50}} = \frac{0.03 \text{ m}}{\frac{1}{50}} \\
 &= 1.5 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

$$\text{ดังนั้นความเร็วเฉลี่ยที่เปลี่ยนไป} = 1.5 - 0.7 = 0.8 \text{ m/s}$$

$$\text{เวลาที่ใช้} = \frac{4}{50} \text{ s}$$

$$\text{ความเร่ง} = \frac{0.8}{\frac{4}{50}} = 10 \text{ m/s}^2$$

ข้อสังเกต

- ความเร็วประกอบด้วย ขนาดและทิศทาง
- ความเร็วเปลี่ยน ผลคือวัตถุมีความเร่ง ซึ่งความเร็วเปลี่ยนได้ดังนี้
 - ก. ขนาดเปลี่ยน ทิศไม่เปลี่ยน (ทางตรง)
 - ข. ขนาดไม่เปลี่ยน ทิศเปลี่ยน (เลี้ยวทิศ)
 - ค. ขนาดเปลี่ยน ทิศเปลี่ยน (เลี้ยวทิศ)
- ความเร็วคงที่ คือ ขนาดไม่เปลี่ยน ทิศไม่เปลี่ยน (ทางตรง) ผลคือวัตถุไม่มีความเร่ง
- ถ้าวัตถุเคลื่อนที่ไม่เป็นทางตรง (เลี้ยวทิศ) วัตถุจะมีความเร่งเสมอ ไม่ว่าวัตถุจะเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วเพิ่มขึ้น หรืออัตราเร็วคงที่
- ถ้าวัตถุเคลื่อนที่เป็นทางตรง ด้วยอัตราเร็วเพิ่มขึ้นวัตถุจะมีความเร่ง และวัตถุจะเกิดความหน่วงก็ต่อเมื่อเคลื่อนที่ทางตรงเท่านั้น และอัตราเร็วลดลง
- ความเร่งขณะใดขณะหนึ่ง คือ ความเร่งเฉลี่ยในช่วงเวลาสั้นมากๆ เข้าใกล้ศูนย์