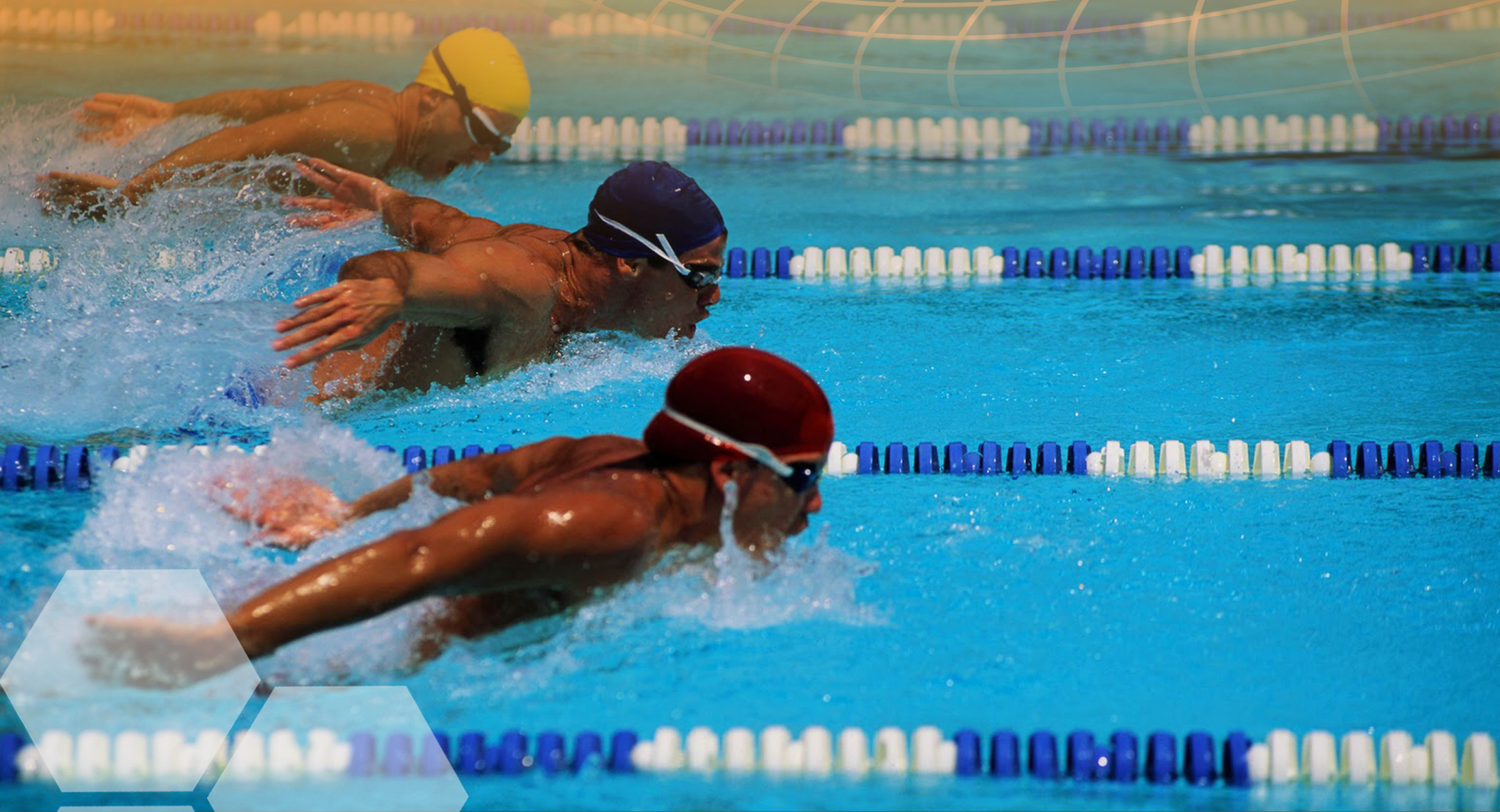


เรื่อง การเคลื่อนที่แนวตรง
สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ปริมาณต่างๆ ของการเคลื่อนที่



มยุรา ปัญญาวงศ์

ครูชำนาญการ

โรงเรียนปัว จังหวัดน่าน

สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 37

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ

ขอบข่ายของเนื้อหาสาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้
กิจกรรมการเรียนรู้การสอน และการประเมินผลหลังเรียน

ขอบข่ายของเนื้อหา

เรื่องที่ 1 ปริมาณต่าง ๆ ของการเคลื่อนที่

- 1.1 ระยะทาง (Distance)
- 1.2 การกระจัด (Displacement)
 - 1.2.1 การหาการกระจัดลัพธ์ (resultant displacement)
โดยการเขียนรูป
- 1.3 อัตราเร็ว (Speed)
 - 1.3.1 อัตราเร็วเฉลี่ย (Average speed)
 - 1.3.2 อัตราเร็วขณะหนึ่ง (Instantaneous speed)
- 1.4 ความเร็ว (Velocity)
 - 1.4.1 ความเร็วเฉลี่ย (Average velocity)
 - 1.4.2 ความเร็วขณะหนึ่ง (Instantaneous velocity)
- 1.5 ความเร่ง (Acceleration)
 - 1.5.1 ความเร่งเฉลี่ย (Average acceleration)
 - 1.5.2 ความเร่งขณะหนึ่ง (Instantaneous acceleration)

สาระสำคัญ

การบอกตำแหน่งของวัตถุในแนวตรงต้องบอกเทียบกับจุด ๆ หนึ่งในการเคลื่อนที่ เรียกว่า **จุดอ้างอิง** หรือ **ตำแหน่งอ้างอิง** (reference point) เมื่อวัตถุมีการเคลื่อนที่ ตำแหน่งของวัตถุนั้นจะเปลี่ยนไป การเปลี่ยนตำแหน่งของวัตถุนั้นเรียกว่า **การกระจัด** (displacement) การกระจัดเป็นปริมาณเวกเตอร์ที่บอกทั้งขนาดและทิศทาง ส่วนความยาวตามเส้นทางที่วัตถุเคลื่อนที่ได้จริง เรียกว่า **ระยะทาง** (distance) เป็นปริมาณสเกลาร์ที่บอกเฉพาะขนาด

ปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ นอกจากการกระจัดและระยะทางแล้ว ยังมี อัตราเร็ว ความเร็ว และความเร่ง

ระยะทางที่วัตถุเคลื่อนที่ได้ในหนึ่งหน่วยเวลาเรียกว่า **อัตราเร็วเฉลี่ย** (average speed) $v_{av} = \frac{s}{t}$ ถ้าอัตราเร็วเฉลี่ยของการเคลื่อนที่ในช่วงเวลาสั้น ๆ จนใกล้ศูนย์ เรียก อัตราเร็วเฉลี่ยในช่วงเวลาสั้น ๆ นี้ว่า **อัตราเร็วขณะหนึ่ง** (instantaneous speed) ใช้สัญลักษณ์ v_t

การกระจัดต่อหนึ่งหน่วยเวลาเรียกว่า **ความเร็วเฉลี่ย** (average velocity) หรือ $\vec{v}_{av} = \frac{\Delta \vec{s}}{\Delta t}$ ถ้า Δt เป็นช่วงเวลาสั้น ๆ จนเข้าใกล้ศูนย์ ความเร็วเฉลี่ยจะเป็น **ความเร็วขณะหนึ่ง** (instantaneous velocity) ใช้สัญลักษณ์แทนด้วย $\vec{v}_t$

ความเร็วที่เปลี่ยนไปในหนึ่งหน่วยเวลา เรียกว่า **ความเร่ง** (acceleration) สำหรับความเร่งในช่วงเวลาการเคลื่อนที่ใด ๆ เรียกว่า **ความเร่งเฉลี่ย** (average acceleration) ซึ่งเป็นอัตราส่วนระหว่างความเร็วที่เปลี่ยนไปทั้งหมดกับช่วงเวลาที่เกิดการเปลี่ยนแปลงความเร็วนั้น

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

สำหรับ Δt เป็นช่วงเวลาที่มิต่ำน้อย ๆ จนเข้าใกล้ศูนย์ ความเร่งในช่วงเวลาดังกล่าวจะเป็น **ความเร่งขณะหนึ่ง** (instantaneous acceleration) $\vec{a}_t = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$ เมื่อ Δt เข้าใกล้ศูนย์

จุดประสงค์การเรียนรู้

เรื่องที่ 1 ปริมาณต่าง ๆ ของการเคลื่อนที่

เพื่อให้ นักเรียนสามารถ

1. อธิบายความหมายของระยะทาง การกระจัด อัตราเร็วเฉลี่ย อัตราเร็วขณะหนึ่ง ความเร็วเฉลี่ย ความเร็วขณะหนึ่ง ความเร่งเฉลี่ย และความเร่งขณะหนึ่งได้
2. หาการกระจัดลัพธ์โดยการเขียนรูปได้

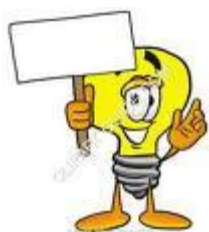
กิจกรรมการเรียนรู้การสอน

ให้นักเรียนศึกษาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ ชุดที่ 1 เรื่อง ปริมาณต่าง ๆ ของการเคลื่อนที่

การประเมินผลหลังเรียน

ให้นักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียน เรื่อง ปริมาณต่าง ๆ ของการเคลื่อนที่





บัตรคำสั่งที่ 1

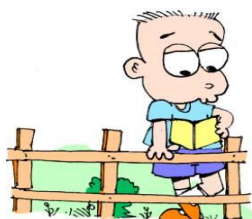
คำชี้แจง ให้นักเรียนปฏิบัติตามขั้นตอนต่อไปนี้

1. ทำแบบทดสอบก่อนเรียนแบบปรนัยเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 10 ข้อ ใช้เวลา 10 นาที
2. ศึกษาบัตรเนื้อหาชุดที่ 1
3. ปฏิบัติกิจกรรมตามบัตรกิจกรรมการเรียนรู้ ชุดที่ 1 เรื่อง ปริมาณต่างๆ ของการเคลื่อนที่
4. ทำบัตรฝึกเสริมทักษะชุดที่ 1
5. ทำแบบทดสอบหลังเรียนแบบปรนัยเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 10 ข้อ ใช้เวลา 10 นาที



พร้อมรึยัง? ถ้าพร้อมแล้ว...
เราไปทำแบบทดสอบก่อนเรียน
กันนะ

แบบทดสอบก่อนเรียน



ชุดที่ 1 ปริมาณต่างๆ ของการเคลื่อนที่

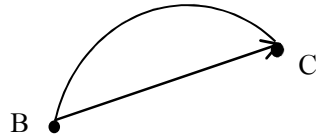
คำชี้แจง ให้เลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว
แล้วทำเครื่องหมายกากบาท (X) ลงในกระดาษคำตอบ

1. “สถานีตำรวจอยู่ทางทิศตะวันตกของโรงพยาบาล เป็นระยะทาง 300 เมตร จากประโยคที่กล่าวมาข้อใดคือ จุดอ้างอิง
 - ก. สถานีตำรวจ
 - ข. โรงพยาบาล
 - ค. ทิศตะวันตก
 - ง. ระยะทาง 300 เมตร

2. ข้อใดกล่าวไม่ถูกต้อง
 - ก. ระยะทางเป็นปริมาณเวกเตอร์
 - ข. ระยะทางมีหน่วยเป็นเมตร
 - ค. ระยะทางหาได้จากความยาวตามเส้นทางที่วัตถุเคลื่อนที่ได้
 - ง. เมื่อวัตถุเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงระยะทางจะมีค่าเท่ากับขนาดของการกระจัด

3. ข้อใดกล่าวไม่ถูกต้อง
 - ก. การกระจัดเป็นปริมาณเวกเตอร์
 - ข. การกระจัดมีหน่วยเป็นเมตร
 - ค. การกระจัดคือตำแหน่งของวัตถุที่เปลี่ยนไป
 - ง. การกระจัดกับระยะทางมีขนาดเท่ากันเมื่อวัตถุมีการเคลื่อนที่

4. วัตถุหนึ่งเคลื่อนที่ตามเส้นโค้งจากจุด B ไปยัง C ดังรูป พิจารณาข้อความต่อไปนี้

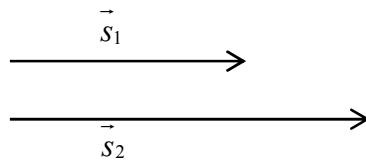


1. ระยะทางของการเคลื่อนที่เท่ากับความยาวของเส้นโค้ง BC
2. ขนาดของการกระจัดเท่ากับความยาวของเส้นตรง BC
3. ระยะทางมีทิศทางดังแสดงด้วยลูกศรในรูป

ข้อความใดกล่าวถูกต้อง

- ก. ข้อ 1 เท่านั้น
- ข. ข้อ 2 เท่านั้น
- ค. ข้อ 1 และ 2
- ง. ข้อ 1 และ 3

5. ให้ $\vec{s}_1$ และ $\vec{s}_2$ เป็นการกระจัดที่มีขนาดและทิศทางดังรูป ข้อใดไม่ถูกต้อง



- ก. $\vec{s}_1 + \vec{s}_2 \neq \vec{s}_2 + \vec{s}_1$
- ข. $\vec{s}_1 - \vec{s}_2 \neq \vec{s}_2 - \vec{s}_1$
- ค. $\vec{s}_1 + \vec{s}_2 \neq \vec{s}_1 - \vec{s}_2$
- ง. $\vec{s}_2 + \vec{s}_1 \neq \vec{s}_1 - \vec{s}_2$

6. ข้อใดกล่าวไม่ถูกต้อง

- ก. ความเร่งเป็นปริมาณเวกเตอร์
- ข. ความเร่งมีหน่วยเป็นเมตร/วินาที²
- ค. ความเร่งในช่วงเวลาสั้นๆ เรียกว่าความเร่งขณะหนึ่ง
- ง. ความเร่งคืออัตราเร็วที่เปลี่ยนไปในหนึ่งหน่วยเวลา

7. ข้อใดกล่าวไม่ถูกต้อง

- ก. อัตราเร็วเป็นปริมาณสเกลาร์
- ข. อัตราเร็วมีหน่วยเป็นเมตร/วินาที²
- ค. อัตราเร็วเฉลี่ย หมายถึงระยะทางที่วัตถุเคลื่อนที่ได้ในหนึ่งหน่วยเวลา (ช่วงเวลาหนึ่งที่กำลังพิจารณาเท่านั้น)
- ง. อัตราเร็วขณะหนึ่ง หมายถึงอัตราเร็วเฉลี่ยของการเคลื่อนที่ในช่วงเวลาสั้นๆ (Δt เข้าใกล้ศูนย์)

8. ข้อใดกล่าวไม่ถูกต้อง

- ก. ความเร็วเป็นปริมาณเวกเตอร์
- ข. ความเร็วมีหน่วยเป็นเมตร/วินาที
- ค. ความเร็วคือระยะทางที่วัตถุเคลื่อนที่ได้ในหนึ่งหน่วยเวลา
- ง. ความเร็วคือการกระจัดที่เปลี่ยนไปในหนึ่งหน่วยเวลา

9. ข้อใดเป็นปริมาณเวกเตอร์ทั้งหมด

- ก. การกระจัด ความเร็ว ความเร่ง
- ข. ระยะทาง การกระจัด ความเร็ว
- ค. อัตราเร็ว ความเร็ว ความเร่ง
- ง. ความเร่ง อัตราเร็ว ระยะทาง

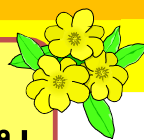
ทำได้หรือเปล่าคะ
ไปตรวจคำตอบกัน

10. อัตราส่วนระหว่างความเร็วที่เปลี่ยนไปทั้งหมดกับ
ช่วงเวลาที่เปลี่ยนแปลงความเร็วนั้น เรียกว่าอะไร

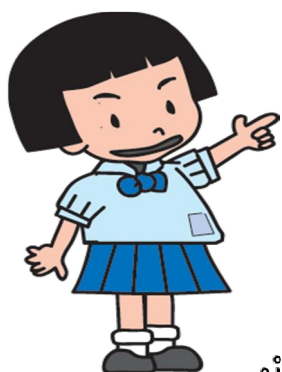
- ก. การกระจัด
- ข. อัตราเร็วเฉลี่ย
- ค. ความเร็วเฉลี่ย
- ง. ความเร่งเฉลี่ย



ประเมินตนเองก่อนเรียน



รายวิชา ว 31201 ฟิสิกส์ 1



นักเรียนทำคะแนนได้

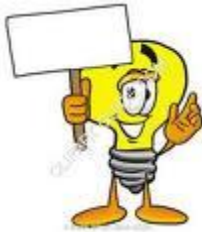
$$\frac{\boxed{}}{10}$$

นำคะแนนมาเทียบกับเกณฑ์ได้ดังนี้

ถ้านักเรียนทำได้	0 - 4	คะแนน อยู่ในเกณฑ์ ไม่ผ่าน
ถ้านักเรียนทำได้	5 - 6	คะแนน อยู่ในเกณฑ์ พอใช้
ถ้านักเรียนทำได้	7 - 8	คะแนน อยู่ในเกณฑ์ ดี
ถ้านักเรียนทำได้	9 - 10	คะแนน อยู่ในเกณฑ์ ดีมาก

ทำแบบทดสอบก่อนเรียนได้หรือเปล่าคะ
หากได้คะแนนอยู่ในเกณฑ์ที่ไม่น่าพอใจ
ไม่ต้องกังวลใจนะค่ะ เพราะครูไม่ได้เก็บคะแนน.....





บัตรคำสั่งที่ 1.1

เรื่องที่ 1.1 ระยะทาง (Distance)

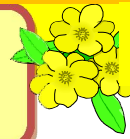
คำชี้แจงสำหรับนักเรียน

1. เมื่อนักเรียนได้รับชุดกิจกรรมการเรียนรู้จากครูแล้ว ให้นักเรียนปฏิบัติกิจกรรมกลุ่ม ดำเนินการเลือกหัวหน้ากลุ่ม เลขานุการกลุ่ม นักเรียนที่เหลือเป็นสมาชิก เมื่อได้หัวหน้ากลุ่มแล้วให้หัวหน้ากลุ่มเป็นผู้นำในการดำเนินกิจกรรม

หน้าที่การปฏิบัติกิจกรรมกลุ่ม

- | | |
|-------------------|--|
| 1) หัวหน้ากลุ่ม | ☒ ดำเนินกิจกรรมตามที่กำหนด |
| | ☒ ให้สมาชิกกลุ่มทุกคนร่วมกิจกรรม |
| | ☒ เป็นผู้นำ |
| 2) เลขานุการกลุ่ม | ☒ บันทึกข้อตกลงของกลุ่มในบัตรกิจกรรมหรือการลงมติใด ๆ |
| 3) สมาชิกกลุ่ม | ☒ ร่วมทำกิจกรรมหรือแสดงความคิดเห็น |
2. สมาชิกในกลุ่มร่วมกันศึกษาบัตรเนื้อหาที่ 1.1 เรื่อง ระยะทาง และร่วมกันอภิปราย แลกเปลี่ยนเรียนรู้
 3. ตัวแทนสมาชิกในกลุ่มอ่านคำชี้แจงในบัตรกิจกรรมที่ 1.1 เรื่อง ระยะทาง ให้เพื่อนฟังและร่วมกันปฏิบัติกิจกรรมตามขั้นตอน
 4. ผลงานที่ทำเสร็จเป็นผลงานที่สมาชิกในกลุ่มร่วมกันทำ ซึ่งทุกคนจะได้คะแนนเท่ากัน โดยเปลี่ยนกันตรวจระหว่างกลุ่ม ตรวจคำตอบจากแนวคำตอบ และให้คะแนนตามเกณฑ์ที่ครูแจกให้

บัตรเนื้อหาที่ 1.1



รายวิชา ว 31201 ฟิสิกส์1

เรื่องที่ 1.1 ระยะทาง (Distance)

ในการเคลื่อนที่ของวัตถุ ตำแหน่งของวัตถุจะมีการเปลี่ยนแปลง ดังนั้นจึงต้องมีการบอกตำแหน่งของวัตถุและเพื่อความชัดเจน การบอกตำแหน่งของวัตถุจะต้องเทียบกับ **จุดอ้างอิง** หรือ **ตำแหน่งอ้างอิง (reference point)** ซึ่งเป็นจุดหรือตำแหน่งที่อยู่นิ่ง

ตำแหน่งของวัตถุ คือการบอกให้เราทราบว่า วัตถุหรือสิ่งของที่เราพิจารณาอยู่ที่ใด

จุดอ้างอิง เพื่อกำหนดตำแหน่งของวัตถุจะต้องเป็นจุดที่มองเห็นได้อย่างชัดเจนและอยู่นิ่ง จุดอ้างอิงมีทั้งสิ่งที่มีอยู่ตามธรรมชาติและสิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้นมา ได้แก่ ภูเขา แม่น้ำ ต้นไม้ อาคาร บ้านเรือนถนน สะพาน เป็นต้น



รูปที่ 1 บอกจุดอ้างอิงและตำแหน่งของวัตถุ

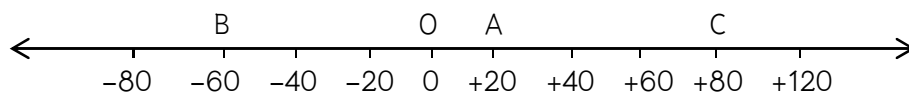
ที่มา <https://sites.google.com/site/physicjadzila/classroom-news>

การบอกตำแหน่งของวัตถุที่มีการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง ตำแหน่งของวัตถุและจุดอ้างอิงจะอยู่บนแนวเส้นตรงเดียวกัน เราจะใช้เส้นจำนวนในการบอกตำแหน่งโดยให้จุด O เป็นจุดอ้างอิง

ระยะห่างของวัตถุจากจุดอ้างอิง (O) ไปทางขวามือมีทิศทางเป็นบวก (+)

ระยะห่างของวัตถุจากจุดอ้างอิง (O) ไปทางซ้ายมือมีทิศทางเป็นลบ (-)

ตัวอย่างการบอกตำแหน่งของจุด A, B, C



ได้ว่า

- จุด A อยู่ ณ ตำแหน่ง +20 หน่วย เทียบกับจุด O
- จุด B อยู่ ณ ตำแหน่ง -60 หน่วย เทียบกับจุด O
- จุด C อยู่ ณ ตำแหน่ง +80 หน่วย เทียบกับจุด O

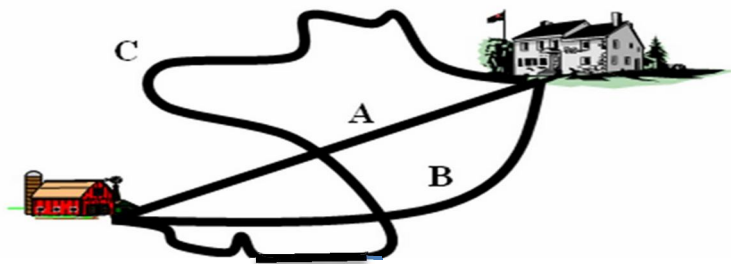
ระยะทาง (distance)

จากการศึกษาการเคลื่อนที่ของวัตถุ เช่น รถเคลื่อนที่ พบว่าตำแหน่งของวัตถุเปลี่ยนไปจากเดิม หรือกล่าวได้ว่าวัตถุจะเลื่อนจากตำแหน่งเดิมไปยังตำแหน่งใหม่ ซึ่งอาจเรียกการเคลื่อนที่แบบนี้ว่า การเคลื่อนที่แบบเลื่อนตำแหน่ง (translational motion) ถ้าเราทราบตำแหน่งเริ่มต้น เส้นทางเคลื่อนที่และตำแหน่งสุดท้ายของการเคลื่อนที่ ก็จะหาระยะทางได้จากความยาวตามเส้นทางการเคลื่อนที่นั้น

ระยะทาง คือความยาวตามเส้นทางที่วัตถุเคลื่อนที่ ใช้สัญลักษณ์แทนด้วยตัว “ s ” เป็นปริมาณสเกลาร์ ที่บอกเฉพาะขนาดโดยไม่คำนึงถึงทิศทาง มีหน่วยเป็น เมตร (m)

พิจารณารูปที่ 2 ตัวอย่างการบอกระยะทาง

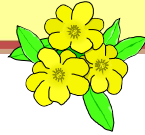
จากรูป แนวการเคลื่อนที่ B และแนวการเคลื่อนที่ C เรียกว่า ระยะทาง



รูปที่ 2 การเคลื่อนที่จากบ้านไปยังโรงเรียน

ที่มา <https://sites.google.com/site/physicjadzila/classroom-news>

บัตรกิจกรรมที่ 1.1



สมาชิกในกลุ่ม ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/.....คะแนนที่ได้.....
 1.....เลขที่..... 2.....เลขที่.....
 3.....เลขที่..... 4.....เลขที่.....
 5.....เลขที่..... 6.....เลขที่.....



คำชี้แจง ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้ลงในบัตรกิจกรรมที่ 1.1
 (คะแนนเต็ม 6 คะแนน)

1. จุดอ้างอิง คือ.....
2. การบอกตำแหน่งของวัตถุ จะต้องบอกสิ่งใดบ้างจึงจะทำให้เกิดความชัดเจนของตำแหน่งนั้น.....
3. ระยะทาง คือ
4. หน่วยของระยะทาง มีหน่วยเป็น.....
5. ระยะทาง เป็นปริมาณ.....
6. ระยะทางเขียนสัญลักษณ์แทนด้วยตัวอักษรตัว.....



บัตรคำสั่งที่ 1.2

เรื่องที่ 1.2 การกระจัด (Displacement)

1.2.1 การหาการกระจัดลัพธ์โดยการเขียนรูป

คำชี้แจงสำหรับนักเรียน

1. เมื่อนักเรียนได้รับชุดกิจกรรมการเรียนรู้จากครูแล้ว ให้นักเรียนปฏิบัติกิจกรรมกลุ่ม

หน้าที่การปฏิบัติกิจกรรมกลุ่ม

- 1) หัวหน้ากลุ่ม
 - ☒ ดำเนินกิจกรรมตามที่กำหนด
 - ☒ ให้สมาชิกกลุ่มทุกคนร่วมกิจกรรม
 - ☒ เป็นผู้นำ
 - 2) เลขานุการกลุ่ม ☒ บันทึกข้อตกลงของกลุ่มในบัตรกิจกรรมหรือการลงมติใด ๆ
 - 3) สมาชิกกลุ่ม ☒ ร่วมทำกิจกรรมหรือแสดงความคิดเห็น
2. สมาชิกในกลุ่มร่วมกันศึกษาบัตรเนื้อหาที่ 1.2 เรื่อง การกระจัด และร่วมกันอภิปรายแลกเปลี่ยนเรียนรู้
 3. ตัวแทนสมาชิกในกลุ่มอ่านคำชี้แจงในบัตรกิจกรรมที่ 1.2 เรื่อง การกระจัด ให้เพื่อนฟัง และร่วมกันปฏิบัติกิจกรรมตามขั้นตอน
 4. ผลงานที่เสร็จเป็นผลงานที่สมาชิกในกลุ่มร่วมกันทำ ซึ่งทุกคนจะได้คะแนนเท่ากัน โดยเปลี่ยนกันตรวจระหว่างกลุ่ม ตรวจคำตอบจากแนวคำตอบ และให้คะแนนตามเกณฑ์ที่ครูแจกให้

บัตรเนื้อหาที่ 1.2



เรื่องที่ 1.2 การกระจัด (Displacement)

1.2.1 การหาการกระจัดลัพธ์ โดยการเขียนรูป



การกระจัด

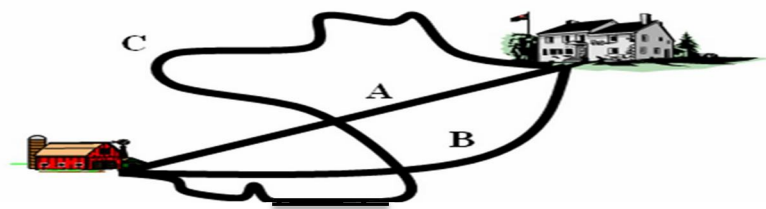


เมื่อวัตถุมีการเคลื่อนที่จากตำแหน่งหนึ่งไปยังอีกตำแหน่งหนึ่งการบอกตำแหน่งใหม่เทียบกับตำแหน่งเดิม เพื่อให้เข้าใจได้ถูกต้องชัดเจนต้องบอกทั้งขนาด และทิศทางของการเปลี่ยนตำแหน่งของวัตถุ ปริมาณที่บอกให้ทราบถึงการเปลี่ยนตำแหน่งนี้เรียกว่า การกระจัด (displacement)

การกระจัดใช้สัญลักษณ์ $\vec{s}$ เป็นปริมาณเวกเตอร์ มีหน่วยเป็น เมตร (m) การกระจัดหาได้จากเส้นตรง ที่เขียนหัวลูกศรกำกับโดยลากจากจุดเริ่มต้นไปยังจุดสุดท้ายของการเปลี่ยนตำแหน่งโดย ความยาวของเส้นตรงแทนขนาดของการกระจัด และหัวลูกศรชี้จะแทนทิศทางของการกระจัด หรืออาจบอกว่าการกระจัดหาได้จากการวัดในแนวตรงจากจุดเริ่มต้นไปยังจุดสุดท้ายของการเปลี่ยนตำแหน่ง

พิจารณารูปที่ 3 ตัวอย่างการบอกการกระจัดของการเคลื่อนที่

จากรูป แนวการเคลื่อนที่ A เรียกว่า การกระจัด

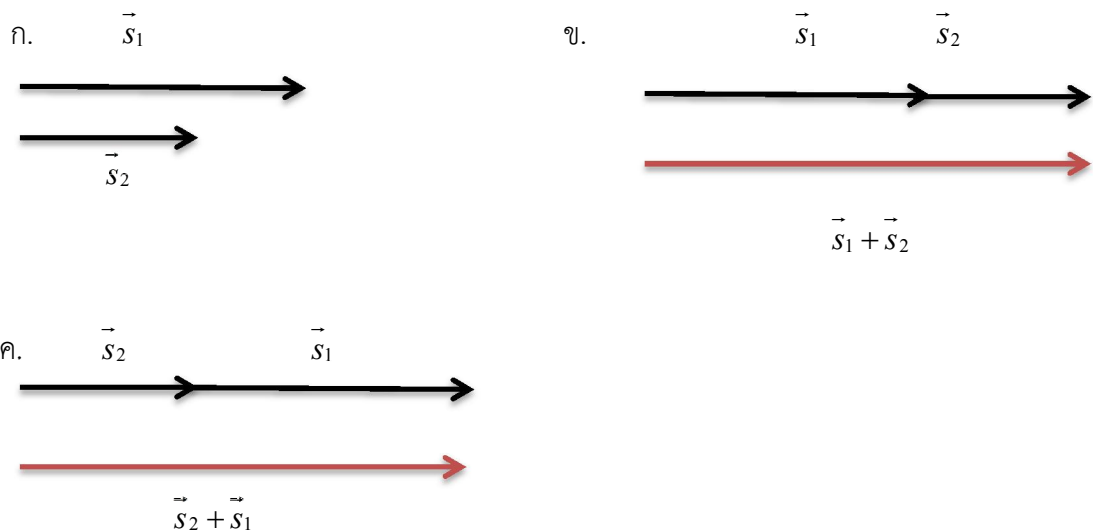


รูปที่ 3 การเคลื่อนที่จากบ้านไปยังโรงเรียน

ที่มา <https://sites.google.com/site/physicjadzila/classroom-net>

การหาการกระจัดลัพธ์โดยวิธีการเขียนรูป

การหาการกระจัดลัพธ์ใช้วิธีการเดียวกันกับการรวมเวกเตอร์ ดังนี้



รูปที่ 4 การหาการกระจัดลัพธ์ที่มีทิศทางเดียวกัน

ถ้ากำหนดให้ $\vec{s}_1$ และ $\vec{s}_2$ เป็นการกระจัดของสองปริมาณ ซึ่งมีขนาดและทิศทางดังรูปที่ 4 ข้อ ก เราสามารถหาการกระจัดลัพธ์ได้จาก $\vec{s}_2 + \vec{s}_1$ ได้โดยนำหางของ $\vec{s}_2$ มาต่อหัวของ $\vec{s}_1$ ความยาวของ $\vec{s}_1 + \vec{s}_2$ จะเท่ากับผลบวกของความยาวจากหางของ $\vec{s}_1$ มาถึงหัวของ $\vec{s}_2$ และมีทิศทางจากหางของ $\vec{s}_1$ มาทางหัวของ $\vec{s}_2$ ดังรูปที่ 4 ข้อ ข

ในการหาการกระจัดลัพธ์ของ $\vec{s}_1$ และ $\vec{s}_2$ เราสามารถนำหางของ $\vec{s}_1$ มาต่อที่หัวของ $\vec{s}_2$ ซึ่งจะได้การกระจัด $\vec{s}_2 + \vec{s}_1$ ดังรูปที่ 4 ข้อ ค ซึ่งได้ผลลัพธ์เช่นเดียวกันกับการกระจัดลัพธ์ $\vec{s}_1 + \vec{s}_2$ ที่เกิดจากการนำหางของ $\vec{s}_2$ มาต่อหัวของ $\vec{s}_1$

ในกรณีที่การกระจัดมีทิศตรงข้ามกัน ก็สามารถหาการกระจัดลัพธ์ได้เช่นกัน ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 การหาการกระจัดลัพธ์ที่มีทิศทางตรงข้ามกัน

จากรูป 5 เราสามารถหาการกระจัดลัพธ์ได้จาก $\vec{s}_1 + \vec{s}_2$ ซึ่งเป็นผลบวกของ
เวกเตอร์ $\vec{s}_1$ และ $\vec{s}_2$ เช่นเดียวกัน



สิ่งที่ควรรู้เพิ่มเติม

การหาการกระจัดลัพธ์ ใช้วิธีการเดียวกับการรวมเวกเตอร์

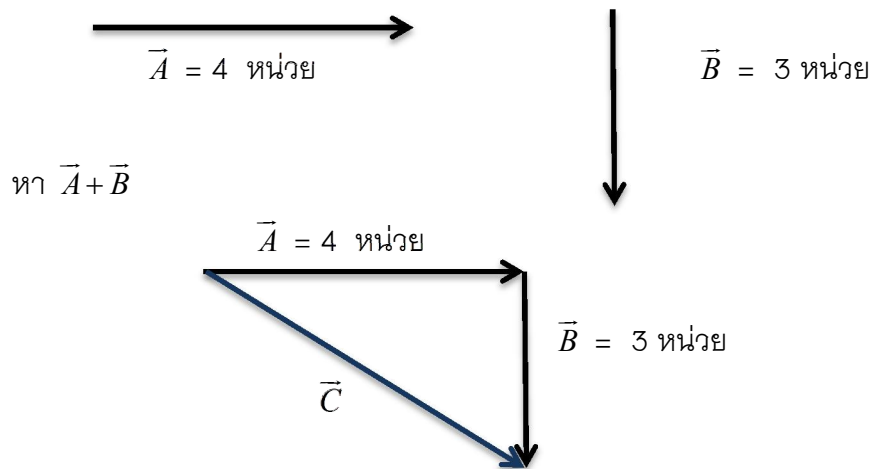
เวกเตอร์ที่เท่ากัน คือ เวกเตอร์ 2 เวกเตอร์ที่มีขนาดเท่ากัน และมีทิศทางไปทางเดียวกัน

เวกเตอร์ตรงข้ามกัน คือ เวกเตอร์ 2 เวกเตอร์ที่มีขนาดเท่ากัน แต่มีทิศทางตรงข้ามกัน

การหาการกระจัดลัพธ์ โดยวิธีการเขียนรูป ทำได้ดังนี้

1. เขียนลูกศรแทนเวกเตอร์แรกตามขนาดและทิศทางที่กำหนด
2. นำหางลูกศรแทนเวกเตอร์ที่ 2 ต่อกับหัวลูกศรของเวกเตอร์ตัวแรก
3. นำหางลูกศรแทนเวกเตอร์ที่ 3 ต่อกับหัวลูกศรของเวกเตอร์ที่ 2
4. ถ้ามีเวกเตอร์ย่อยอีกให้นำเวกเตอร์อันดับต่อไป มากระทำการดังข้อ 3 จนครบทุกเวกเตอร์
5. เวกเตอร์ลัพธ์ของเวกเตอร์ย่อยๆ เหล่านี้หาได้จากลากลูกศรจากหางเวกเตอร์แรก ไปยังหัวลูกศรของเวกเตอร์อันสุดท้าย ลูกศรที่ลากนี้แทนขนาดและทิศทางของเวกเตอร์ลัพธ์

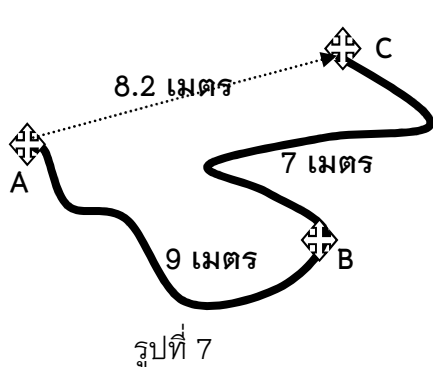
ดังเช่น รูปที่ 6 การหาการกระจัดลัพธ์



หาได้จากวัดขนาดและเขียนทิศทางของ $\vec{A}$ ซึ่งเป็นเวกเตอร์ตัวแรก นำหางของ $\vec{B}$ ขนาดและทิศทางคงเดิม มาต่อกับหัวของ $\vec{A}$ ดังรูป การกระจัดลัพธ์หาได้จากการลากลูกศรจากหางของ $\vec{A}$ ไปยังหัวของ $\vec{B}$ การกระจัดลัพธ์มีขนาดและทิศทางตาม $\vec{C}$

ข้อควรจำ

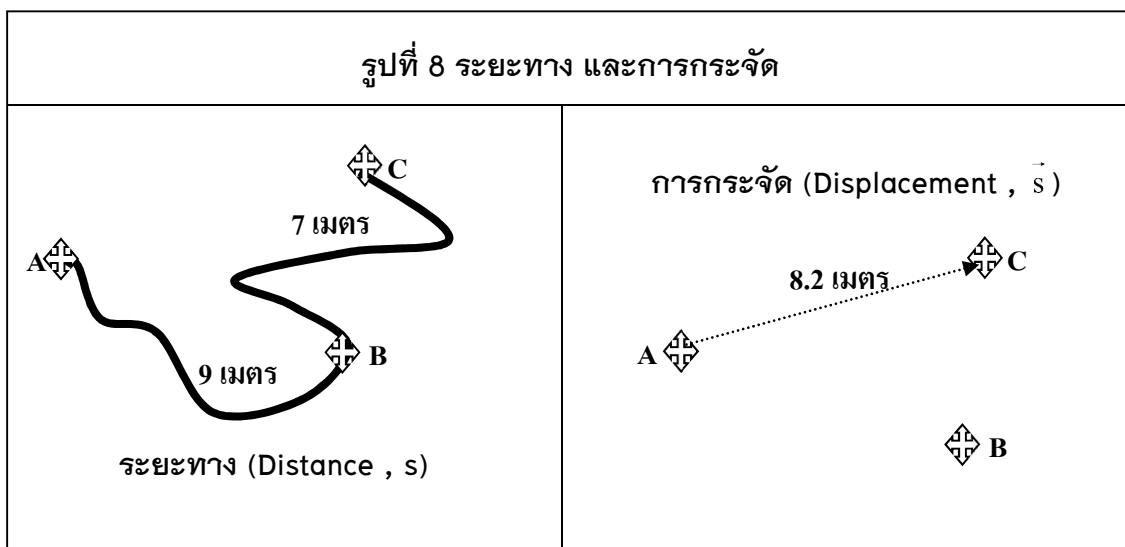
ระยะทาง และการกระจัด (Distance and Displacement)



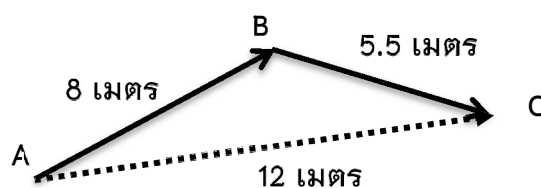
จากรูปที่ 7 ถ้านำวัตถุมาวางไว้ที่ตำแหน่ง A แล้วเคลื่อนวัตถุไปที่ตำแหน่ง B และ C ตามลำดับ

ระยะทางที่วัตถุเคลื่อนที่จาก A ไป B คือ 9 เมตร และเคลื่อนที่จาก B ไป C คือ 7 เมตร ระยะทางที่วัตถุเคลื่อนที่ได้จริงจากตำแหน่งเริ่มต้นจนถึงตำแหน่งสุดท้ายของการเคลื่อนที่คือ 16 เมตร เรียกว่า ระยะทาง เป็นปริมาณสเกลาร์ บอกเฉพาะขนาดเพียงอย่างเดียวไม่ต้อง

บอกทิศทาง ส่วนความยาวที่วัดในแนวตรงจากจุด A ไปยังจุด C คือ 8.2 เมตร ขนาดของความยาวของเส้นทางการเปลี่ยนตำแหน่ง ที่มีทิศทางแน่นอนจากตำแหน่งเริ่มต้นถึงตำแหน่งสุดท้ายของการเคลื่อนที่ของวัตถุ เรียกว่า การกระจัด เป็นปริมาณเวกเตอร์ มีทั้งขนาดและทิศทาง



ตัวอย่าง การเคลื่อนที่ของวัตถุ



รูปที่ 9 การเคลื่อนที่ของวัตถุ

- จากรูปที่ 9 วัตถุเคลื่อนที่จาก A ไปยัง B เป็นระยะทาง 8 เมตร แล้วเคลื่อนที่ต่อจาก B ไป C เป็นระยะทาง 5.5 เมตร ระยะทางที่วัตถุเคลื่อนที่ได้ทั้งหมด 13.5 เมตร
- เมื่อวัตถุเคลื่อนที่ไปถึงจุด C จุด C อยู่ห่างจาก จุด A วัดในแนวตรงการกระจัดมีขนาด 12 เมตร มีทิศทางพุ่งตรงมายัง C ตามทิศของหัวลูกศร
- ความยาวของเส้นทาง ในข้อ 1 เรียกว่า ระยะทาง
- ความยาวของเส้นทางในข้อ 2 มีทิศทางแน่นอนจาก A ไป C ในแนวเส้นตรง เรียกว่า การกระจัด
- เมื่อเปรียบเทียบขนาดความยาวของเส้นทางที่ได้จากข้อ 3 และ ข้อ 4 จะมีขนาดแตกต่างกัน ระยะทางจะยาวกว่าการกระจัด และระยะทางจะมีขนาดเท่ากันกับการกระจัดเมื่อวัตถุมีการเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงโดยไม่มีการกลับทิศทาง

บัตรกิจกรรมที่ 1.2



สมาชิกในกลุ่ม ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/.....คะแนนที่ได้.....

1.....เลขที่..... 2.....เลขที่.....

3.....เลขที่..... 4.....เลขที่.....

5.....เลขที่..... 6.....เลขที่.....

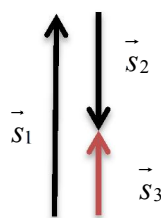
คำชี้แจง ให้นักเรียนทำเครื่องหมาย ✓ หน้าข้อที่ถูก และเครื่องหมาย ✗ หน้าข้อที่ผิด
(คะแนนเต็ม 10 คะแนน)



การกระจัด (Displacement)

-1. ปริมาณที่บอกให้ทราบถึงการเปลี่ยนตำแหน่งของวัตถุเรียกว่า การกระจัด
-2. การกระจัดเป็นปริมาณสเกลาร์
-3. การกระจัด มีหน่วยเป็น เมตร (m)
-4. ความยาวของเส้นตรงแทนขนาดของการกระจัด หัวลูกศรแทนทิศทาง
-5. การกระจัดคือระยะทั้งหมดที่วัตถุเคลื่อนที่ได้

การหาการกระจัดลัพธ์โดยการเขียนรูป



รูปประกอบข้อ 6 – 10 แสดง $\vec{s}_1 + \vec{s}_2$

-6. การกระจัดลัพธ์ของวัตถุคือ $\vec{s}_1$
-7. การกระจัดลัพธ์มีทิศทาง ตาม $\vec{s}_3$
-8. $\vec{s}_2 + \vec{s}_1 = \vec{s}_3$
-9. การกระจัดมีขนาดเท่ากับระยะทาง
-10. กระจัดลัพธ์คือการนำทางของ $\vec{s}_2$ มาต่อกับหัวของ $\vec{s}_1$



บัตรคำสั่งที่ 1.3

เรื่องที่ 1.3 อัตราเร็ว (Speed)

1.3.1 อัตราเร็วเฉลี่ย (Average speed)

1.3.2 อัตราเร็วขณะหนึ่ง (Instantaneous speed)

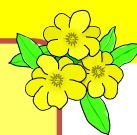
คำชี้แจงสำหรับนักเรียน

1. เมื่อนักเรียนได้รับชุดกิจกรรมการเรียนรู้จากครูแล้ว ให้นักเรียนปฏิบัติกิจกรรมกลุ่ม

หน้าที่การปฏิบัติกิจกรรมกลุ่ม

- 1) หัวหน้ากลุ่ม ☒ ดำเนินกิจกรรมตามที่กำหนด
☒ ให้สมาชิกกลุ่มทุกคนร่วมกิจกรรม
☒ เป็นผู้นำ
- 2) เลขานุการกลุ่ม ☒ บันทึกข้อตกลงของกลุ่มในบัตรกิจกรรมหรือการลงมติใด ๆ
- 3) สมาชิกกลุ่ม ☒ ร่วมทำกิจกรรมหรือแสดงความคิดเห็น
2. สมาชิกในกลุ่มร่วมกันศึกษาบัตรเนื้อหาที่ 1.3 เรื่อง อัตราเร็ว ร่วมกันอภิปราย แลกเปลี่ยนเรียนรู้
3. ตัวแทนสมาชิกในกลุ่มอ่านคำชี้แจงในบัตรกิจกรรมที่ 1.3 เรื่อง อัตราเร็ว ให้เพื่อนฟัง และร่วมกัน ปฏิบัติกิจกรรมตามขั้นตอน
4. ผลงานที่เสร็จเป็นผลงานที่สมาชิกในกลุ่มร่วมกันทำ ซึ่งทุกคนจะได้คะแนนเท่ากัน โดยเปลี่ยนกันตรวจระหว่างกลุ่ม ตรวจคำตอบจากแนวคำตอบ และให้คะแนนตามเกณฑ์ที่ครูแจกให้

บัตรเนื้อหาที่ 1.3



รายวิชา 31201 ฟิสิกส์ 1



เรื่องที่ 1.3 เรื่อง อัตราเร็ว (Speed)

1.3.1 อัตราเร็วเฉลี่ย (Average speed)

1.3.2 อัตราเร็วขณะหนึ่ง (Instantaneous speed)

อัตราเร็ว (Speed)

เมื่อวัตถุมีการเคลื่อนที่ ปริมาณที่จะบอกได้ว่าวัตถุนั้นเคลื่อนที่เร็วมากหรือน้อยคือ อัตราเร็วซึ่งโดยทั่ว ๆ ไปอัตราเร็ว หมายถึง ระยะทางที่วัตถุเคลื่อนที่ได้ในหนึ่งหน่วยเวลา เป็นปริมาณสเกลาร์ มีหน่วยเป็นเมตรต่อวินาที (m/s) สัญลักษณ์คือ v อัตราเร็วอาจแบ่งออกได้ ดังนี้

อัตราเร็วเฉลี่ย (Average Speed)

อัตราเร็วเฉลี่ย (v_{av}) คือ ระยะทางที่วัตถุเคลื่อนที่ได้ในหนึ่งหน่วยเวลา (ในช่วงเวลาหนึ่งที่กำลังพิจารณาเท่านั้น) เขียนเป็นสมการได้ว่า

$$v_{av} = \frac{\Delta s}{\Delta t} \quad \dots\dots\dots(1.1)$$

หรือ
$$v_{av} = \frac{s}{t}$$

เมื่อ v_{av} คือ อัตราเร็วเฉลี่ย มีหน่วย เมตรต่อวินาที (m/s)

$\Delta s, s$ คือ ระยะทาง มีหน่วยเมตร (m)

$\Delta t, t$ คือ ช่วงเวลาของการเคลื่อนที่ มีหน่วย วินาที (s)

อัตราเร็วขณะหนึ่ง (Instantaneous speed)

อัตราเร็วขณะหนึ่ง (v_t) คือ อัตราเร็ว ณ เวลาใดเวลาหนึ่งหรืออัตราเร็วที่ตำแหน่งใดตำแหน่งหนึ่ง หมายถึง ระยะทางที่วัตถุเคลื่อนที่ได้ในหนึ่งหน่วยเวลา เมื่อช่วงเวลาที่เคลื่อนที่น้อยมากๆ Δt เข้าใกล้ศูนย์ เขียนเป็นสมการได้ว่า

$$v_t = \frac{\Delta s}{\Delta t} \quad \text{เมื่อ } (\Delta t \rightarrow 0) \dots \dots \dots (1.2)$$

เมื่อ v_t คือ อัตราเร็วขณะหนึ่ง มีหน่วย เมตรต่อวินาที (m/s)

Δs คือ ระยะทาง มีหน่วยเมตร (m)

Δt คือ ช่วงเวลาของการเคลื่อนที่ มีหน่วย วินาที (s)

อัตราเร็วคงที่

อัตราเร็วคงที่ เป็นการบอกให้ทราบว่าวัตถุมีการเคลื่อนที่อย่างสม่ำเสมอ ไม่ว่าจะเป็นพิจารณาในช่วงเวลาใดๆ หาได้จากระยะทางที่วัตถุเคลื่อนที่ได้ในหนึ่งหน่วยเวลา ถ้าวัตถุเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วคงที่ อัตราเร็วเฉลี่ยและ อัตราเร็วขณะหนึ่งจะมีค่าเท่ากับอัตราเร็วคงที่

การบอกอัตราเร็วเฉลี่ยจะทำให้เราทราบลักษณะการเคลื่อนที่ในช่วงเวลาหนึ่ง แต่ไม่อาจจะทราบถึงรายละเอียดทุกขณะของการเคลื่อนที่ ดังนั้นการบอกแต่เพียงอัตราเร็วเฉลี่ยอาจทำให้เราเกิดความเข้าใจที่ไม่ครบถ้วนเกี่ยวกับการเคลื่อนที่นั้นๆ ได้ เช่น อัตราเร็วลมที่พัดในบริเวณหนึ่ง มักบอกเป็นอัตราเร็วเฉลี่ย ทั้งที่ตามความเป็นจริงแล้วอัตราเร็วขณะหนึ่งของลมจะไม่คงตัว บางขณะอาจไม่มีลมพัด บางขณะอาจมีมากกว่าอัตราเร็วเฉลี่ย ในกรณีเช่นนี้ถ้านำเฉพาะข้อมูลที่มีแต่อัตราเร็วเฉลี่ยมาพิจารณาเท่านั้น อาจทำให้เกิดความเข้าใจไม่สมบูรณ์ และก่อให้เกิดอันตรายได้ เช่น การออกแบบแผ่นป้ายโฆษณา การก่อสร้างตึกสูง การเดินเรือ การเล่นเรือใบ เป็นต้น ถ้าโครงสร้างของสิ่งต่างๆ ดังกล่าว สามารถต้านลม ที่มีอัตราเร็วเท่ากับอัตราเร็วเฉลี่ยเท่านั้น แต่ไม่ได้ต้านลมกรรโชกที่มีอัตราเร็วสูงกว่าค่าเฉลี่ยได้ ก็จะทำให้เกิดอันตราย



บัตรกิจกรรมที่ 1.3



สมาชิกในกลุ่ม ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/.....คะแนนที่ได้.....
 1.....เลขที่..... 2.....เลขที่.....
 3.....เลขที่..... 4.....เลขที่.....
 5.....เลขที่..... 6.....เลขที่.....



คำชี้แจง ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้ลงในบัตรกิจกรรมที่ 1.3 (คะแนนเต็ม 8 คะแนน)

1. ปริมาณที่บอกว่าวัตถุนั้นเคลื่อนที่เร็วหรือช้าคือ.....
2. อัตราเร็วเป็นปริมาณ.....
3. อัตราเร็วมีหน่วยเป็น.....
4. ระยะทางที่วัตถุเคลื่อนที่ได้ในหนึ่งหน่วยเวลา(ในช่วงเวลาหนึ่งที่กำลังพิจารณาเท่านั้น)
เรียกว่า.....
5. ระยะทางที่วัตถุเคลื่อนที่ได้ในหนึ่งหน่วยเวลา เมื่อช่วงเวลาที่เคลื่อนที่น้อยมาก ๆ
(Δt เข้าใกล้ศูนย์) เรียกว่า.....
6. อัตราเร็วคงที่หมายถึง.....
7. จาก $v_{av} = \frac{\Delta s}{\Delta t}$
 v_{av} คือ.....มีหน่วยเป็น.....
 Δs คือ.....มีหน่วยเป็น.....
 Δt คือ.....มีหน่วยเป็น.....
8. ถ้าวัตถุเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วคงที่ อัตราเฉลี่ย และอัตราเร็วขณะหนึ่งจะมีค่าเท่ากันหรือไม่.....

บัตรคำสั่งที่ 1.4

เรื่องที่ 1.4 ความเร็ว (Velocity)

1.4.1 ความเร็วเฉลี่ย (Average velocity)

1.4.2 ความเร็วขณะหนึ่ง (Instantaneous velocity)

คำชี้แจงสำหรับนักเรียน

1. เมื่อนักเรียนได้รับชุดกิจกรรมการเรียนรู้จากครูแล้ว ให้นักเรียนปฏิบัติกิจกรรมกลุ่ม

หน้าที่การปฏิบัติกิจกรรมกลุ่ม

- 1) หัวหน้ากลุ่ม ☒ ดำเนินกิจกรรมตามที่กำหนด
- ☒ ให้สมาชิกกลุ่มทุกคนร่วมกิจกรรม
- ☒ เป็นผู้นำ
- 2) เลขานุการกลุ่ม ☒ บันทึกข้อตกลงของกลุ่มในบัตรกิจกรรมหรือการลงมติใดๆ
- 3) สมาชิกกลุ่ม ☒ ร่วมทำกิจกรรมหรือแสดงความคิดเห็น

2. สมาชิกในกลุ่มร่วมกันศึกษาบัตรเนื้อหาที่ 1.4 เรื่องความเร็ว ร่วมกันอภิปรายแลกเปลี่ยนเรียนรู้
3. ตัวแทนสมาชิกในกลุ่มอ่านคำชี้แจงในบัตรกิจกรรมที่ 1.4 เรื่องความเร็ว ให้เพื่อนฟัง และร่วมกันปฏิบัติตามขั้นตอน
4. ผลงานที่เสร็จเป็นผลงานที่สมาชิกในกลุ่มร่วมกันทำ ซึ่งทุกคนจะได้คะแนนเท่ากัน โดยเปลี่ยนกันตรวจระหว่างกลุ่ม ตรวจคำตอบจากแนวคำตอบ และให้คะแนนตามเกณฑ์ที่ครูแจกให้

บัตรเนื้อหาที่ 1.4



เรื่องที่ 1.4 ความเร็ว (Velocity)

1.4.1 ความเร็วเฉลี่ย (Average velocity)

1.4.2 ความเร็วขณะหนึ่ง (Instantaneous velocity)



ความเร็ว (Velocity)



เมื่อวัตถุมีการเคลื่อนที่ ตำแหน่งของวัตถุจะเปลี่ยนแปลง การเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของวัตถุอาจบอกให้ทราบว่าวัตถุเปลี่ยนตำแหน่งอย่างไรเร็วหรือช้า โดยกำหนดว่า อัตราการเปลี่ยนแปลงการกระจัด หรือการกระจัดต่อหนึ่งหน่วยเวลา คือ ความเร็ว

เนื่องจากการกระจัดเป็นปริมาณเวกเตอร์ ความเร็วจึงเป็นปริมาณเวกเตอร์ หน่วยของความเร็วมียหน่วยเป็นเมตร/วินาที (m/s) สัญลักษณ์ของความเร็วแทนด้วย $\vec{v}$ อาจแบ่งได้ดังนี้





ความเร็วเฉลี่ย (Average velocity)



ความเร็วเฉลี่ย ($\vec{v}_{av}$) คือ การกระจัดต่อหนึ่งหน่วยเวลา เขียนเป็นสมการได้ว่า

$$\vec{v}_{av} = \frac{\Delta \vec{s}}{\Delta t} \quad \dots\dots\dots (1.3)$$

หรือ
$$\vec{v}_{av} = \frac{\vec{s}}{t}$$

เมื่อ $\vec{v}_{av}$ คือ ความเร็วเฉลี่ย มีหน่วย เมตรต่อวินาที (m/s)

$\Delta \vec{s}$, s คือ การกระจัด มีหน่วย เมตร (m)

Δt , t คือ ช่วงเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ มีหน่วย วินาที (s)



ความเร็วขณะหนึ่ง (Instantaneous velocity)



ความเร็วขณะหนึ่ง ($\vec{v}_t$) คือความเร็ว ณ เวลาใดเวลาหนึ่งหรือความเร็วที่ตำแหน่งใดตำแหน่งหนึ่ง หมายถึง การกระจัดที่วัตถุเคลื่อนที่ได้ในหนึ่งหน่วยเวลา เมื่อเวลาช่วงที่เคลื่อนที่น้อยมาก ๆ (Δt เข้าใกล้ศูนย์) เขียนเป็นสมการได้ว่า

$$\vec{v}_t = \frac{\Delta \vec{s}}{\Delta t} \quad \text{เมื่อ } \Delta t \rightarrow 0 \quad \dots\dots\dots (1.4)$$

เมื่อ

$\vec{v}_t$ คือความเร็วขณะหนึ่ง มีหน่วย เมตรต่อวินาที (m/s)

$\Delta \vec{s}$ คือการกระจัด มีหน่วย เมตร (m)

Δt คือช่วงเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ มีหน่วย วินาที (s)

ความเร็วคงที่ (Constant velocity)

ความเร็วคงที่ ($\vec{v}$) เป็นการบอกให้ทราบว่า วัตถุมีการเคลื่อนที่อย่างสม่ำเสมอทิศทางเดียวในแนวเส้นตรง ไม่ว่าจะพิจารณาในช่วงเวลาใดๆ หาได้จากสมการ การกระจัดที่เปลี่ยนไปในหนึ่งหน่วยเวลา

ข้อสังเกต ถ้าวัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ ความเร็วเฉลี่ย และความเร็วขณะหนึ่งจะมีค่าเท่ากับความเร็วคงที่นั้น

ข้อสังเกต

- ทิศทางของ $\vec{v}_{av}$ จะมีทิศทางเดียวกับ $\Delta \vec{r}$ หรือ $\vec{r}$ (การกระจัดที่เปลี่ยนไป หรือการกระจัดลัพธ์) เสมอ
- ถ้าวัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ ความเร็วเฉลี่ย ความเร็วขณะหนึ่ง จะมีค่าเท่ากับความเร็วคงที่นั้น
- ในกรณีที่วัตถุเคลื่อนที่เป็นเส้นตรง พบว่าการกระจัดจะมีค่าเท่ากับระยะทาง ดังนั้นขนาดของความเร็วเฉลี่ยจะเท่ากับขนาดของอัตราเร็วเฉลี่ย



บัตรกิจกรรมที่ 1.4



สมาชิกในกลุ่ม ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/.....คะแนนที่ได้.....
 1.....เลขที่..... 2.....เลขที่.....
 3.....เลขที่..... 4.....เลขที่.....
 5.....เลขที่..... 6.....เลขที่.....



คำชี้แจง ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้ลงในบัตรกิจกรรมที่ 1.4 (คะแนนเต็ม 8 คะแนน)

1. สัญลักษณ์ของความเร็ว เขียนแทนด้วย.....
2. ความเร็ว เป็นปริมาณ.....
3. ความเร็ว มีหน่วยเป็น.....
4. การกระจัดของวัตถุที่เปลี่ยนไปในหนึ่งหน่วยเวลา (ในช่วงเวลาหนึ่งที่กำลังพิจารณาเท่านั้น)เรียกว่า.....
5. การกระจัดของวัตถุที่เปลี่ยนไปในหนึ่งหน่วยเวลา เมื่อช่วงเวลาที่เคลื่อนที่น้อยมาก ๆ (Δt เข้าใกล้ศูนย์)เรียกว่า.....
6. ความเร็วคงที่หมายถึง.....
7. จาก $\vec{v}_{av} = \frac{\Delta \vec{s}}{\Delta t}$
 $\vec{v}_{av}$ คือ.....มีหน่วยเป็น.....
 $\Delta \vec{s}$ คือ.....มีหน่วยเป็น.....
 Δt คือ.....มีหน่วยเป็น.....
8. ถ้าวัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ ความเร็วเฉลี่ย ความเร็วขณะหนึ่งจะมีค่าเท่ากันหรือไม่.....

บัตรคำสั่งที่ 1.5

เรื่องที่ 1.5 ความเร่ง (Acceleration)

1.5.1 ความเร่งเฉลี่ย (Average acceleration)

1.5.2 ความเร่งขณะหนึ่ง (Instantaneous acceleration)

คำชี้แจงสำหรับนักเรียน

1. เมื่อนักเรียนได้รับชุดกิจกรรมการเรียนรู้จากครูแล้ว ให้นักเรียนปฏิบัติตามกิจกรรมกลุ่ม

หน้าที่การปฏิบัติกิจกรรมกลุ่ม

- 1) หัวหน้ากลุ่ม
 - ☒ ดำเนินกิจกรรมตามที่กำหนด
 - ☒ ให้สมาชิกกลุ่มทุกคนร่วมกิจกรรม
 - ☒ เป็นผู้นำ
 - 2) เลขานุการกลุ่ม ☒ บันทึกข้อตกลงของกลุ่มในบัตรกิจกรรมหรือการลงมติใด ๆ
 - 3) สมาชิกกลุ่ม ☒ ร่วมทำกิจกรรมหรือแสดงความคิดเห็น
2. สมาชิกในกลุ่มร่วมกันศึกษาบัตรเนื้อหาที่ 1.5 ความเร่ง ร่วมกันอภิปราย แลกเปลี่ยนเรียนรู้
 3. ตัวแทนสมาชิกในกลุ่มอ่านคำชี้แจงในบัตรกิจกรรมที่ 1.5 ความเร่ง ให้เพื่อนฟัง และร่วมกันปฏิบัติตามขั้นตอน
 4. ผลงานที่เสร็จเป็นผลงานที่สมาชิกในกลุ่มร่วมกันทำ ซึ่งทุกคนจะได้คะแนนเท่ากัน โดยเปลี่ยนกันตรวจระหว่างกลุ่ม ตรวจคำตอบจากแนวคำตอบ และให้คะแนนตามเกณฑ์ที่ครูแจกให้

บัตรเนื้อหาที่ 1.5



เรื่องที่ 1.5 ความเร่ง (Acceleration)

1.5.1 ความเร่งเฉลี่ย (Average acceleration)

1.5.2 ความเร่งขณะหนึ่ง (Instantaneous acceleration)



ความเร่ง (Acceleration)

จากการศึกษาการเคลื่อนที่ของวัตถุพบว่า ในบางครั้งวัตถุอาจเคลื่อนที่ด้วยความเร็วไม่คงที่ และบางครั้งมีการเปลี่ยนทิศทางของการเคลื่อนที่ การเคลื่อนที่ซึ่งขนาดหรือทิศทางของความเร็วมีการเปลี่ยนแปลง เรียกว่า การเคลื่อนที่แบบมีความเร่ง โดยทั่วไปความเร่งหมายถึง อัตราการเปลี่ยนแปลงความเร็ว หรือความเร็วที่เปลี่ยนไปในหนึ่งหน่วยเวลา

เนื่องจากความเร็วเป็นปริมาณเวกเตอร์ ความเร่งจึงเป็นปริมาณเวกเตอร์ หน่วยของความเร่งมีหน่วยเป็น เมตร/วินาที² (m/s^2) ใช้สัญลักษณ์ของความเร่ง $\vec{a}$ แทนความเร่งอาจแบ่งได้ดังนี้

ความเร่งเฉลี่ย (Average acceleration)

ความเร่งเฉลี่ย ($\vec{a}_{av}$) คือ อัตราส่วนระหว่างความเร็วที่เปลี่ยนไปทั้งหมดกับช่วงเวลาที่เปลี่ยนแปลงความเร็วนั้น (ในช่วงเวลาหนึ่งที่พิจารณาเท่านั้น) เขียนเป็นสมการได้ว่า

$$\vec{a}_{av} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} \quad \dots\dots\dots (1.5)$$

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

เมื่อ $\vec{a}_{av}$ คือ ความเร่งเฉลี่ย มีหน่วย เมตรต่อวินาที² (m/s²)

$\Delta \vec{v}$ คือ ความเร็วที่เปลี่ยนไป มีหน่วย เมตรต่อวินาที (m/s)

Δt คือ ช่วงเวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนแปลงความเร็วจาก $\vec{v}_1$ เป็น $\vec{v}_2$
มีหน่วยเป็นวินาที (s)

$\vec{v}_1$ คือ ความเร็วที่เวลาเริ่มต้น มีหน่วย เมตรต่อวินาที (m/s)

$\vec{v}_2$ คือ ความเร็วที่เวลาสุดท้าย มีหน่วย เมตรต่อวินาที (m/s)

ความเร่งขณะหนึ่ง (Instantaneous)

ความเร่งขณะหนึ่ง ($\vec{a}_t$) คือ ความเร่ง ณ จุดใดจุดหนึ่ง หรือเวลาใดเวลาหนึ่ง ในระหว่างการเคลื่อนที่ หรืออาจหาได้จากความเร่งเฉลี่ย ซึ่งเกิดขึ้นในช่วงเวลานั้นๆ (Δt เข้าใกล้ศูนย์) เขียนเป็นสมการได้ว่า

$$\vec{a}_t = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} \quad \text{เมื่อ } \Delta t \rightarrow 0 \quad \dots\dots\dots (1.6)$$

เมื่อ $\vec{a}_t$ คือ ความเร่งขณะหนึ่ง มีหน่วย เมตรต่อวินาที² (m/s²)

$\Delta \vec{v}$ คือ ความเร็วที่เปลี่ยนไป มีหน่วย เมตรต่อวินาที (m/s)

Δt คือ ช่วงเวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนแปลงความเร็วจาก $\vec{v}_1$ เป็น $\vec{v}_2$
มีหน่วยเป็นวินาที (s)

ความเร่งคงที่ (Constant acceleration)

ความเร่งคงที่ ($\vec{a}$) คือ การเคลื่อนที่ของวัตถุที่มีการเปลี่ยนแปลงความเร็ว อย่างสม่ำเสมอ ไม่ว่าจะคิดในช่วงเวลาใด ๆ

ข้อสังเกต

- ทิศทางของความเร่ง ($\vec{a}$) จะอยู่ในทิศทางเดียวกับความเร็วที่เปลี่ยนไป ($\Delta \vec{v}$) เสมอ
- เมื่อวัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร่งคงที่ค่าความเร่งเฉลี่ย ($\vec{a}_{av}$) และความเร่งขณะหนึ่ง ($\vec{a}$) จะมีค่าเท่ากับความเร่งคงที่นั้น
- เมื่อวัตถุมีความเร็วลดลง $v_2 < v_1$ เราจะได้ว่า $\vec{a}$ มีค่าเป็นลบ หรือ $\vec{a}$ มีทิศตรงข้ามกับการเคลื่อนที่ บางครั้งเรียก $\vec{a}$ ที่มีค่าเป็นลบ (-) ว่า ความหน่วง (v_1 คือความเร็วเริ่มต้นของการเคลื่อนที่ของวัตถุ และ v_2 คือความเร็วสุดท้ายของการเคลื่อนที่)



บัตรกิจกรรมที่ 1.5



สมาชิกในกลุ่ม ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/.....คะแนนที่ได้.....

1.....เลขที่..... 2.....เลขที่.....

3.....เลขที่..... 4.....เลขที่.....

5.....เลขที่..... 6.....เลขที่.....



คำชี้แจง ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้ลงในบัตรกิจกรรมที่ 1.5 (คะแนนเต็ม 8 คะแนน)



1. สัญลักษณ์ของความเร่ง เขียนแทนด้วย.....
2. ความเร่ง เป็นปริมาณ.....
3. ความเร่ง มีหน่วยเป็น.....
4. ความเร่ง หาได้จาก.....
5. ความเร่งเฉลี่ย หมายถึง.....
6. ความเร่งขณะหนึ่ง หมายถึง.....
7. จาก $\vec{a}_{av} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$
 $\vec{v}_{av}$ คือ.....มีหน่วยเป็น.....
 $\Delta \vec{v}$ คือ.....มีหน่วยเป็น.....
 Δt คือ.....มีหน่วยเป็น.....
8. ถ้าวัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร่งคงที่ ความเร่งเฉลี่ย และความเร่งขณะหนึ่งจะมีค่าเท่ากันหรือไม่.....

สรุปแนวคิดสำคัญ

ระยะทาง (s) คือ ความยาวหรือระยะทางที่วัตถุเคลื่อนที่ได้จริงเป็นปริมาณสเกลาร์
มีหน่วยเป็น เมตร (m)

การกระจัด ($\vec{s}$) คือ การเปลี่ยนตำแหน่งของวัตถุหรือเส้นทางที่สั้นที่สุดจากจุดเริ่มต้นไปยัง
จุดสุดท้ายของการเคลื่อนที่ในแนวตรงของวัตถุ เป็นปริมาณเวกเตอร์
มีหน่วยเป็น เมตร (m)

อัตราเร็ว (v) คือ ระยะทางที่เคลื่อนที่ได้ในหนึ่งหน่วยเวลา เป็นปริมาณสเกลาร์
มีหน่วยเป็น เมตร/วินาที (m/s)

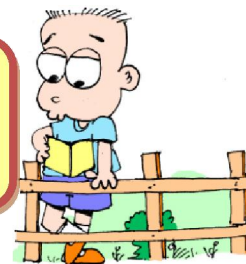
ความเร็ว ($\vec{v}$) คือ การกระจัดที่เปลี่ยนไปในหนึ่งหน่วยเวลาเป็นปริมาณเวกเตอร์ มีหน่วย
เป็นเมตร/วินาที (m/s)

ความเร่ง ($\vec{a}$) คือ ความเร็วที่เปลี่ยนไปในหนึ่งหน่วยเวลาเป็นปริมาณเวกเตอร์ มีหน่วยเป็น
เมตร/วินาที² (m/s²)

เพื่อความแม่นยำ...
เราไปทำบัตรฝึกเสริมทักษะ...กันนะคะ



บัตรฝึกเสริมทักษะที่ 1



สมาชิกในกลุ่ม ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/.....คะแนนที่ได้.....

- 1.....เลขที่..... 2.....เลขที่.....
 3.....เลขที่..... 4.....เลขที่.....
 5.....เลขที่..... 6.....เลขที่.....



คำชี้แจง ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้ (คะแนนเต็ม 15 คะแนน)

1. ระยะทางกับการกระจัดแตกต่างกันอย่างไร

.....

2. อัตราเร็วและความเร็วหาได้จากสมการ

.....

3. ให้นักเรียนเขียนอธิบายการหาการกระจัดลัพธ์โดยวิธีการเขียนรูปมาให้เข้าใจ

.....

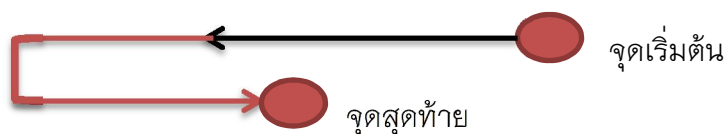
4. อัตราเร็วขณะหนึ่งกับความเร็วขณะหนึ่งเหมือนและแตกต่างกันอย่างไร

.....

5. ความเร็วและความเร่งเหมือนและแตกต่างกันอย่างไร

.....

6. จากรูปเป็นการเคลื่อนที่ของวัตถุจากจุดเริ่มต้น ไปยังจุดสุดท้ายของการเคลื่อนที่ นักเรียนคิดว่าระยะทางกับการกระจัดของการเคลื่อนที่ของวัตถุแตกต่างกันหรือไม่ เพราะเหตุใด



ให้นักเรียนนำตัวอักษรหน้าข้อความที่กำหนดให้ด้านล่างมาเติมลงหน้าข้อความแต่ละข้อให้ถูกต้อง (ข้อละ 1 คะแนน)

-1. ระยะทาง อัตราเร็ว
-2. การกระจัดที่เปลี่ยนไปในหนึ่งหน่วยเวลา
-3. เส้นทางที่วัตถุเคลื่อนที่ได้จริง
-4. การกระจัด ความเร็ว ความเร่ง
-5. การกระจัดที่วัตถุเคลื่อนที่ได้ในหนึ่งหน่วยเวลาเมื่อช่วงเวลาที่เคลื่อนที่น้อยมากๆ
-6. มีหน่วยเป็น เมตรต่อวินาที
-7. มองเห็นได้ชัดเจนและต้องอยู่นิ่ง เช่น ภูเขา อาคาร ต้นไม้ บ้านเรือน เป็นต้น
-8. มีทั้งขนาดและทิศทาง ทิศทางจะอยู่ในทิศเดียวกับความเร็วที่เปลี่ยนไป
-9. ความเร่งที่มีการเปลี่ยนแปลงความเร็วอย่างสม่ำเสมอ

ก. ระยะทาง

ข. อัตราเร็ว ความเร็ว

ค. การกระจัด

ง. ความเร่ง

จ. ความเร็วขณะหนึ่ง

ฉ. ปริมาณเวกเตอร์

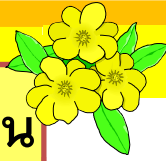
ช. ปริมาณสเกลาร์

ซ. ความเร่งคงที่

ณ. จุดอ้างอิง

ญ. ความเร็ว

แบบทดสอบหลังเรียน



รายวิชา ว 31201 ฟิสิกส์ 1



ชุดที่ 1 เรื่อง ปริมาณต่างๆ ของการเคลื่อนที่

คำชี้แจง ให้เลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว
แล้วทำเครื่องหมายกากบาท (X) ลงในกระดาษคำตอบ

1. ข้อใดกล่าวไม่ถูกต้อง

- ก. อัตราเร็วเป็นปริมาณสเกลาร์
- ข. อัตราเร็วมีหน่วยเป็นเมตร/วินาที²
- ค. อัตราเร็วเฉลี่ย หมายถึงระยะทางที่วัตถุเคลื่อนที่ได้ในหนึ่งหน่วยเวลา
(ช่วงเวลาหนึ่งที่กำลังพิจารณาเท่านั้น)
- ง. อัตราเร็วขณะหนึ่ง หมายถึงอัตราเร็วเฉลี่ยของการเคลื่อนที่ในช่วงเวลานั้นๆ
(Δt เข้าใกล้ศูนย์)

2. ข้อใดกล่าวไม่ถูกต้อง

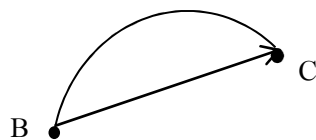
- ก. ความเร็วเป็นปริมาณเวกเตอร์
- ข. ความเร็วมีหน่วยเป็นเมตร/วินาที
- ค. ความเร็วคือระยะทางที่วัตถุเคลื่อนที่ได้ในหนึ่งหน่วยเวลา
- ง. ความเร็วคือการกระจัดที่เปลี่ยนไปในหนึ่งหน่วยเวลา

3. ข้อใดเป็นปริมาณเวกเตอร์ทั้งหมด

- ก. การกระจัด ความเร็ว ความเร่ง
- ข. ระยะทาง การกระจัด ความเร็ว
- ค. อัตราเร็ว ความเร็ว ความเร่ง
- ง. ความเร่ง อัตราเร็ว ระยะทาง

4. อัตราส่วนระหว่างความเร็วที่เปลี่ยนไปทั้งหมดกับ
ช่วงเวลาที่เปลี่ยนแปลงความเร็วนั้น เรียกว่าอะไร
- ก. การกระจัด
 - ข. อัตราเร็วเฉลี่ย
 - ค. ความเร็วเฉลี่ย
 - ง. ความเร่งเฉลี่ย
5. “สถานีตำรวจอยู่ทางทิศตะวันตกของโรงพยาบาล เป็นระยะทาง 300 เมตร จากประโยคที่
กล่าวมาข้อใดคือ จุดอ้างอิง
- ก. สถานีตำรวจ
 - ข. โรงพยาบาล
 - ค. ทิศตะวันตก
 - ง. ระยะทาง 300 เมตร
6. ข้อใดกล่าวไม่ถูกต้อง
- ก. ระยะทางเป็นปริมาณเวกเตอร์
 - ข. ระยะทางมีหน่วยเป็นเมตร
 - ค. ระยะทางหาได้จากความยาวตามเส้นทางที่วัตถุเคลื่อนที่ได้
 - ง. เมื่อวัตถุเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงระยะทางจะมีค่าเท่ากับขนาดของการกระจัด
7. ข้อใดกล่าวไม่ถูกต้อง
- ก. การกระจัดเป็นปริมาณเวกเตอร์
 - ข. การกระจัดมีหน่วยเป็นเมตร
 - ค. การกระจัดคือตำแหน่งของวัตถุที่เปลี่ยนไป
 - ง. การกระจัดกับระยะทางมีขนาดเท่ากันเมื่อวัตถุมีการเคลื่อนที่

8. วัตถุหนึ่งเคลื่อนที่ตามเส้นโค้งจากจุด B ไปยัง C ดังรูป พิจารณาข้อความต่อไปนี้

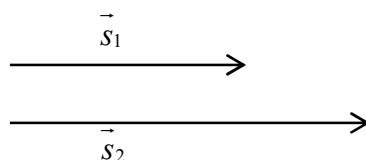


1. ระยะทางของการเคลื่อนที่เท่ากับความยาวของเส้นโค้ง BC
2. ขนาดของการกระจัดเท่ากับความยาวของเส้นตรง BC
3. ระยะทางมีทิศทางดังแสดงด้วยลูกศรในรูป

ข้อความใดถูกต้อง

- ก. ข้อ 1 เท่านั้น
- ข. ข้อ 2 เท่านั้น
- ค. ข้อ 1 และ 2
- ง. ข้อ 1 และ 3

9. ให้ $\vec{s}_1$ และ $\vec{s}_2$ เป็นการกระจัดที่มีขนาดและทิศทางดังรูป ข้อใดไม่ถูกต้อง

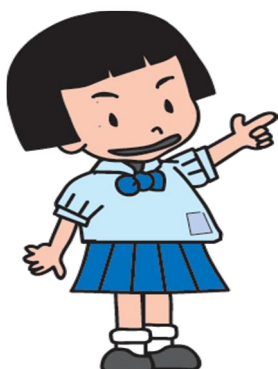


- ก. $\vec{s}_1 + \vec{s}_2 \neq \vec{s}_2 + \vec{s}_1$
- ข. $\vec{s}_1 - \vec{s}_2 \neq \vec{s}_2 - \vec{s}_1$
- ค. $\vec{s}_1 + \vec{s}_2 \neq \vec{s}_1 - \vec{s}_2$
- ง. $\vec{s}_2 + \vec{s}_1 \neq \vec{s}_1 - \vec{s}_2$

10. ข้อใดกล่าวไม่ถูกต้อง

- ก. ความเร่งเป็นปริมาณเวกเตอร์
- ข. ความเร่งมีหน่วยเป็นเมตร/วินาที²
- ค. ความเร่งในช่วงเวลาสั้นๆ เรียกว่าความเร่งขณะหนึ่ง
- ง. ความเร่งคืออัตราเร็วที่เปลี่ยนไปในหนึ่งหน่วยเวลา

ประเมินตนเองหลังเรียน



นักเรียนทำคะแนนได้



10

นำคะแนนมาเทียบกับเกณฑ์ได้ดังนี้

ถ้านักเรียนทำได้ 0 - 4	คะแนน	อยู่ในเกณฑ์ ไม่ผ่าน
ถ้านักเรียนทำได้ 5 - 6	คะแนน	อยู่ในเกณฑ์ พอใช้
ถ้านักเรียนทำได้ 7 - 8	คะแนน	อยู่ในเกณฑ์ ดี
ถ้านักเรียนทำได้ 9 - 10	คะแนน	อยู่ในเกณฑ์ ดีมาก

ถ้านักเรียนทราบผลคะแนนแล้ว
อยู่ในเกณฑ์ที่ไม่น่าพอใจ
ลองกลับไปศึกษาเนื้อหาได้อีกนะคะ...



แบบบันทึกผลการทดสอบก่อนเรียน-หลังเรียน
ชุดที่ 1 เรื่องปริมาณต่างๆ ของการเคลื่อนที่

กระดาษคำตอบ
แบบทดสอบก่อนเรียน

ข้อ	ก	ข	ค	ง
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

สรุปคะแนนสอบก่อนเรียน

10



กระดาษคำตอบ
แบบทดสอบหลังเรียน

ข้อ	ก	ข	ค	ง
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

สรุปคะแนนสอบหลังเรียน

10



นักเรียนทุกคนเก่งจริงๆ ขอ
ปรบมือให้ดัง ๆ ...

บัตรบันทึกการเรียนรู้

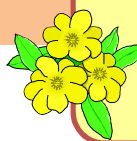


ชื่อ..... ชั้น ม. 4/..... เลขที่.....



คำชี้แจง ให้นักเรียนบันทึกการเรียนรู้จากชุดกิจกรรมการเรียนรู้ชุดนี้

นักเรียนยังไม่เข้าใจเรื่องใดอีกบ้าง เกี่ยวกับชุดกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งต้องการให้ครูอธิบายเพิ่มเติม 	นักเรียนมีความรู้สึกอย่างไร หลังจากที่เรียนจากชุดกิจกรรม การเรียนรู้แล้ว 	นักเรียนได้รับความรู้เรื่องใดบ้าง จากชุดกิจกรรมการเรียนรู้
ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ ชุดที่		
นักเรียนสามารถนำความรู้ ความ เข้าใจจากชุดกิจกรรมการเรียนรู้ ไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้ อย่างไรบ้าง 	ผลงานที่นักเรียนชอบและต้องการ คัดเลือกเป็นผลงานดีเด่น จากชุดกิจกรรมการเรียนรู้ คือ ผลงานใดบ้าง เพราะอะไร 	นักเรียนได้ทำกิจกรรมอะไรบ้าง ในชุดกิจกรรมการเรียนรู้



บรรณานุกรม

ช่วง ทมชิตชงค์ และคณะ. (มปป). Hi-ED's Physics ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 3. กรุงเทพฯ : ไฮเอ็ดพับลิชชิ่ง.

ณัฐภัทสร เหล่าเนตร์ และคณะ. (2551). ฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6. กรุงเทพฯ : บริษัท สำนักพิมพ์แม็ค จำกัด.

นรินทร์ เนาวประทีป. (2541). ฟิสิกส์ ม.4 เล่ม 1. กรุงเทพฯ : ฟิสิกส์เซ็นเตอร์.

นรินทร์ สุวรรินทร์. (2550). ฟิสิกส์ ม.4 เล่ม 1. กรุงเทพฯ : บริษัท สำนักพิมพ์ พ.ศ. พัฒนา.

ประสิทธิ์ จันตะภา. (2551). Super E-Book physics. เชียงใหม่ : ช่างเผือกวิชาการ.

พันธ์ ทองชุมนุม. (2544). แรงและการเคลื่อนที่ พลังงาน. กรุงเทพฯ : บริษัท ไฮเอ็ดพับลิชชิ่ง จำกัด.

สุวิทย์ ชาเดช. (2523). ฟิสิกส์ คำนวณ 1. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ กราฟิคอาร์ต.

ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, สถาบัน. (2547). หนังสือเรียนสาระการ
เรียนรู้พื้นฐานและเพิ่มเติม ฟิสิกส์ เล่ม 1. กรุงเทพฯ : องค์การค้ำคูณสภา.

_____. (2551). หนังสือเรียน รายวิชาพื้นฐาน วิทยาศาสตร์ แรงและการเคลื่อนที่
พลังงาน. กรุงเทพฯ : บริษัทพัฒนาคุณภาพวิชาการ (พว.) จำกัด.

_____. (2554). คู่มือครู รายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ เล่ม 1. กรุงเทพฯ : สกสค.
ลาดพร้าว.

_____. (2554). คู่มือครู รายวิชาพื้นฐาน วิทยาศาสตร์ การเคลื่อนที่และแรงใน
ธรรมชาติ. กรุงเทพฯ : สกสค. ลาดพร้าว.

_____. (2556). หนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ เล่ม 1. กรุงเทพฯ : สกสค.
ลาดพร้าว

