หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่

# วิทยาศาสตร์กายภาพ ๕
## เล่ม ๒

ตามมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด
กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐)
ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑

๘๓.-

หนังสือเรียน

# รายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

# วิทยาศาสตร์กายภาพ

ชั้น

# มัธยมศึกษาปีที่ ๕ เล่ม ๒

**ตามมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด**
**กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี**
**(ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐)**
**ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑**

**จัดทำโดย**
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ

**จัดทำเป็นฉบับ e-book ครั้งที่ ๒ พ.ศ. ๒๕๖๖**

**มีลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติ**

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้จัดทำหนังสือเรียน ฉบับ e-book นี้ขึ้น โดยมีเนื้อหาเช่นเดียวกับหนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี วิทยาศาสตร์กายภาพ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๕ เล่ม ๒ ฉบับสื่อสิ่งพิมพ์ ที่จัดทำตามมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑ ทุกประการ เพื่อให้นักเรียน ครู ผู้ปกครอง นักวิชาการ และผู้สนใจทั่วไป เข้าถึงได้ง่าย และสะดวกรวดเร็ว รวมทั้งสามารถเลือกใช้ตามความเหมาะสมกับจุดประสงค์ต่าง ๆ ทั้งนี้ สสวท. ขอสงวนสิทธิ์ในหนังสือเรียน ฉบับ e-book นี้ ตามกฎหมายลิขสิทธิ์ ห้ามผู้ใดทำซ้ำ คัดลอก ดัดแปลง เลียนแบบ จำหน่าย หรือ เผยแพร่ โดยมิได้รับอนุญาต

สามารถเข้าถึงสื่อดิจิทัลต่าง ๆ ของ สสวท. ได้ที่ http://www.ipst.ac.th/ebook-resource/

# คำชี้แจง

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้จัดทำตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑ โดยมีจุดเน้นเพื่อพัฒนาผู้เรียนให้มีความรู้ ความสามารถที่ทัดเทียมกับนานาชาติ ได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการ ใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้และแก้ปัญหาที่หลากหลาย มีการทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติเพื่อให้ผู้เรียนได้ใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และทักษะแห่งศตวรรษที่ ๒๑ ซึ่งในปีการศึกษา ๒๕๖๑ เป็นต้นไป โรงเรียนจะต้องใช้หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐) สสวท. จึงได้จัดทำหนังสือเรียนที่เป็นไปตามมาตรฐานหลักสูตรเพื่อให้โรงเรียนได้ใช้สำหรับจัดการเรียนการสอนในชั้นเรียน

หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์ วิทยาศาสตร์กายภาพ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๕ เล่ม ๒ นี้ มีเนื้อหาที่จำเป็นสำหรับผู้เรียนเพื่อใช้ในการดำรงชีวิต และรู้เท่าทันกับการเปลี่ยนแปลงของโลก เช่น การเคลื่อนที่และแรง แรงในธรรมชาติ เทคโนโลยีด้านพลังงาน ปรากฏการณ์คลื่นเสียง แสงสี และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ผู้เรียนจะได้ทำกิจกรรมที่เป็นพื้นฐานที่สำคัญ มีแบบฝึกหัดเพื่อให้ตรวจทานความรู้หลังจากที่เรียนไปแล้ว รวมทั้งสรุปความรู้ในแต่ละบทด้วย ในการจัดทำหนังสือเรียนเล่มนี้ได้รับความร่วมมือเป็นอย่างดียิ่งจากผู้ทรงคุณวุฒิ นักวิชาการอิสระ คณาจารย์ทั้งหลาย รวมทั้งครูผู้สอน นักวิชาการ จากสถาบัน และสถานศึกษาทั้งภาครัฐและเอกชน จึงขอขอบคุณไว้ ณ ที่นี้

สสวท. หวังเป็นอย่างยิ่งว่าหนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์ วิทยาศาสตร์กายภาพ เล่ม ๒ นี้ จะเป็นประโยชน์แก่ผู้เรียน และผู้ที่เกี่ยวข้องทุกฝ่าย ที่จะช่วยให้การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มีประสิทธิภาพและประสิทธิผล หากมีข้อเสนอแนะใดที่จะทำให้หนังสือเรียนเล่มนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น โปรดแจ้ง สสวท. ทราบด้วย จะขอบคุณยิ่ง

(ศาสตราจารย์ชูกิจ ลิมปิจำนงค์)
ผู้อำนวยการสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
กระทรวงศึกษาธิการ

## ข้อแนะนำทั่วไปในการใช้หนังสือเรียน

หนังสือเรียนเป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อให้ผู้เรียนได้ใช้ในการศึกษาเนื้อหาที่สำคัญ และเกิดทักษะที่จำเป็นที่สอดคล้องกับตัวชี้วัด ตามสาระและมาตรฐานการเรียนรู้ รวมทั้งยังมีสื่อที่ช่วยเสริมการเรียนรู้ของนักเรียน โดยสามารถเชื่อมต่อไปยังเว็บไซต์รายการสื่อได้จาก QR code หรือ URL ที่อยู่ประจำแต่ละบท การทำความเข้าใจเกี่ยวกับสัญลักษณ์หรือข้อความตามหัวข้อต่าง ๆ ที่ปรากฏในหนังสือเรียน จะช่วยให้ผู้เรียนใช้หนังสือเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งสัญลักษณ์หรือข้อความตามหัวข้อต่าง ๆ ที่ปรากฏในหนังสือเรียน มีดังนี้

### คำถามสำคัญ

คำถามประจำบทที่ผู้เรียนต้องอาศัยความรู้ทั้งหมดในบทเรียนในการตอบคำถาม ซึ่งผู้เรียนควรตอบได้หลังจากได้เรียนรู้ในบทนั้นแล้ว

### จุดประสงค์การเรียนรู้

เป้าหมายของการจัดการเรียนรู้ที่ต้องการให้นักเรียนเกิดความรู้หรือทักษะหลังจากผ่านกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ในแต่ละหัวข้อซึ่งผู้เรียนควรศึกษาทำความเข้าใจก่อนเริ่มเรียนรู้ในแต่ละหัวข้อ

### ความรู้ก่อนเรียน

คำหรือข้อความสั้น ๆ ที่เกี่ยบกับความรู้ที่นักเรียนควรมีสำหรับเป็นพื้นฐานของการศึกษาความรู้ใหม่ในแต่ละบท

### ชวนคิด

คำถามระหว่างเรียนที่เชื่อมโยงหรือต่อยอดความรู้เดิมที่ศึกษาแล้วกับความรู้ใหม่หรือความรู้ในศาสตร์อื่น เพื่อให้ผู้เรียนเห็นความสัมพันธ์หรือความต่อเนื่องของเนื้อหา

### ตรวจสอบความเข้าใจ

คำถามระหว่างเรียนที่ช่วยประเมินการเรียนรู้ซึ่งผู้เรียนสามารถใช้ตรวจสอบว่า ตนเองมีความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาแล้วหรือยัง

### กิจกรรม

การปฏิบัติที่ช่วยในการเรียนรู้เนื้อหาหรือฝึกฝนให้เกิดทักษะตามจุดประสงค์การเรียนรู้ของบทเรียน โดยอาจเป็นการทดลอง การสืบค้นข้อมูล หรือกิจกรรมอื่น ๆ ซึ่งผู้เรียนควรลงมือ ปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเอง

## ข้อแนะนำทั่วไปในการใช้หนังสือเรียน

### ลองทำดู

การปฏิบัติที่ช่วยเสริมความรู้ที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาในบทเรียน ซึ่งอาจเป็นกิจกรรมที่ลงมือปฏิบัติในห้องเรียนหรือนอกเวลาเรียนได้

### ความรู้เพิ่มเติม

ความรู้ที่เพิ่มเติมจากเนื้อหาในบทเรียน เพื่อให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจมากขึ้น โดยไม่มีการวัดและประเมินผล

### รู้หรือไม่

ความรู้ที่เชื่อมโยงให้เห็นความสอดคล้องของเนื้อหาบทเรียนกับปรากฏการณ์หรือสถานการณ์ในชีวิตประจำวัน

### ทบทวนความรู้

ข้อความหรือการอธิบายสั้น ๆ เพื่อทบทวนความรู้ที่นักเรียนเคยเรียนมาก่อนแล้ว

### แบบฝึกหัดท้ายบท

คำถามท้ายบทเรียนสำหรับให้ผู้เรียนตรวจสอบความเข้าใจหลังจากเรียนจบบทเรียนแล้วซึ่งผู้เรียนสามารถใช้เป็นข้อมูลในการทบทวนเนื้อหาที่ยังไม่เข้าใจได้

### สรุปเนื้อหาภายในบทเรียน

การสรุปเนื้อหาสำคัญภายในบทเรียนเพื่อช่วยให้เห็นภาพรวมของเนื้อหาทั้งหมด

### สื่อ AR (Augmented Reality)

สื่อเสริมการเรียนรู้ที่ใช้เทคโนโลยี AR ซึ่งผู้เรียนสามารถดาวน์โหลดเพื่อใช้งานผ่านแอปพลิเคชัน "AR วิทย์กายภาพ 2 ม.5"

# สารบัญ


| บทที่ | เนื้อหา | หน้า |
|---|---|---|
| 1 การเคลื่อนที่และแรง | บทที่ 1 การเคลื่อนที่และแรง | 1 |
| | 1.1 การเคลื่อนที่แนวตรง | 3 |
| | 1.1.1 ตำแหน่ง ระยะทาง และการกระจัด | 3 |
| | 1.1.2 อัตราเร็วและความเร็วของวัตถุ | 5 |
| | 1.1.3 ความเร่ง | 8 |
| | 1.2 แรงและการเคลื่อนที่ | 15 |
| | 1.2.1 แรงและความเร่ง | 15 |
| | 1.2.2 การหาแรงลัพธ์ | 19 |
| | 1.2.3 แรงกิริยาและแรงปฏิกิริยา | 23 |
| | 1.3 การเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ | 27 |
| | 1.3.1 การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ | 27 |
| | 1.3.2 การเคลื่อนที่แบบวงกลม | 32 |
| | 1.3.3 การเคลื่อนที่แบบสั่น | 34 |
| | สรุปเนื้อหาภายในบทเรียน | 38 |
| | แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 1 | 39 |
| 2 แรงในธรรมชาติ | บทที่ 2 แรงในธรรมชาติ | 41 |
| | 2.1 แรงโน้มถ่วงกับการเคลื่อนที่ของวัตถุต่าง ๆ รอบโลก | 44 |
| | 2.1.1 แรงโน้มถ่วง กับแรงดึงดูดระหว่างมวล | 45 |
| | 2.1.2 การเคลื่อนที่ของดาวเทียมและดวงจันทร์รอบโลก | 47 |
| | 2.1.3 การประยุกต์ใช้ประโยชน์จากเรื่องแรงโน้มถ่วง และสนามโน้มถ่วง | 48 |
| | 2.2 สนามแม่เหล็กจากเส้นลวดที่มีกระแสไฟฟ้าผ่าน | 51 |


**การเคลื่อนที่และแรง**

**แรงในธรรมชาติ**

# สารบัญ


| บทที่ | เนื้อหา | หน้า |
|---|---|---|
| | 2.3 แรงแม่เหล็กที่กระทำกับอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าและเส้นลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่าน | 56 |
| | 2.3.1 แรงแม่เหล็กที่กระทำกับอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้า | 56 |
| | 2.3.2 แรงแม่เหล็กที่กระทำกับลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่าน | 60 |
| | 2.3.3 หลักการทำงานของมอเตอร์ | 62 |
| | 2.4 การเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า | 67 |
| | 2.4.1 การเกิดอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำและกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำ | 67 |
| | 2.4.2 หลักการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า | 71 |
| | 2.4.3 การประยุกต์ใช้ประโยชน์จากเรื่องการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า | 73 |
| | 2.5 แรงอ่อนและแรงเข้ม | 76 |
| | 2.5.1 แรงอ่อน | 78 |
| | 2.5.2 แรงเข้ม | 80 |
| | สรุปเนื้อหาภายในบทเรียน | 83 |
| | แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 2 | 84 |
| 3 พลังงาน | บทที่ 3 พลังงาน | 86 |
| | 3.1 เซลล์สุริยะ | 89 |
| | 3.1.1 เซลล์สุริยะเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้าได้อย่างไร | 91 |
| | 3.1.2 การนำเซลล์สุริยะมาใช้งานในชีวิตประจำวัน | 93 |
| | 3.2 พลังงานนิวเคลียร์ | 96 |
| | 3.2.1 ฟิชชัน | 96 |
| | 3.2.2 การเปลี่ยนแปลงพลังงานนิวเคลียร์จากฟิชชันเป็นพลังงานไฟฟ้า | 101 |

# สารบัญ


| บทที่ | เนื้อหา | หน้า |
|---|---|---|
| | 3.2.3 ฟิวชัน | 103 |
| | 3.3 เทคโนโลยีด้านพลังงาน | 106 |
| | 3.3.1 แบตเตอรี่ | 106 |
| | 3.3.2 เทคโนโลยีด้านพลังงานในอาคารและที่พักอาศัย | 109 |
| | 3.3.3 เทคโนโลยีด้านพลังงานในภาคอุตสาหกรรม | 111 |
| | 3.3.4 เซลล์เชื้อเพลิง | 113 |
| | สรุปเนื้อหาภายในบทเรียน | 116 |
| | แบบฝึกหัดท้ายบททที่ 3 | 118 |
| 4 ปรากฏการณ์ของคลื่นกล | บทที่ 4 ปรากฏการณ์ของคลื่นกล | 120 |
| | 4.1 คลื่นกล | 122 |
| | 4.1.1 ส่วนประกอบของคลื่น | 123 |
| | 4.1.2 ประเภทของคลื่นกล | 125 |
| | 4.2 พฤติกรรมของคลื่น | 127 |
| | 4.2.1 การสะท้อนของคลื่น | 127 |
| | 4.2.2 การหักเหของคลื่น | 131 |
| | 4.2.3 การเลี้ยวเบนของคลื่น | 133 |
| | 4.2.4 การรวมคลื่น | 135 |
| | 4.3 ความถี่ธรรมชาติและการสั่นพ้อง | 139 |
| | 4.3.1 ความถี่ธรรมชาติ | 139 |
| | 4.3.2 การสั่นพ้อง | 142 |
| | สรุปเนื้อหาภายในบทเรียน | 145 |
| | แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 4 | 146 |

# สารบัญ


| บทที่ | เนื้อหา | หน้า |
|---|---|---|
| 5 เสียง | บทที่ 5 เสียง | 149 |
| | 5.1 พฤติกรรมของเสียง | 151 |
| | 5.1.1 การสะท้อนของเสียง | 151 |
| | 5.1.2 การหักเหของเสียง | 153 |
| | 5.1.3 การเลี้ยวเบนของเสียง | 154 |
| | 5.1.4 การรวมกันของคลื่นเสียง | 156 |
| | 5.2 การได้ยินเสียง | 158 |
| | 5.2.1 ความเข้มเสียงและระดับเสียง | 158 |
| | 5.2.2 ความถี่เสียง | 163 |
| | 5.2.3 ผลของความถี่และระดับเสียงที่มีต่อการได้ยินเสียง | 164 |
| | 5.3 ปรากฏการณ์อื่น ๆ ของเสียง | 165 |
| | 5.3.1 การได้ยินเสียงสะท้อนกลับ | 166 |
| | 5.3.2 การสั่นพ้องของเสียง | 167 |
| | 5.3.3 บีต | 171 |
| | 5.3.4 ปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ | 173 |
| | 5.4 ประโยชน์ของเสียงในด้านต่าง ๆ | 176 |
| | สรุปเนื้อหาภายในบทเรียน | 179 |
| | แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 5 | 180 |
| 6 แสงสี | บทที่ 6 แสงสี | 182 |
| | 6.1 การมองเห็นสีของวัตถุ | 184 |
| | 6.2 ตากับการเห็นสี | 185 |
| | 6.3 การบอดสี | 187 |
| | 6.4 แผ่นกรองแสงสี | 190 |
| | 6.5 การผสมแสงสี | 192 |

# สารบัญ


| บทที่ | เนื้อหา | หน้า |
|---|---|---|
| | 6.6 การผสมสารสี | 195 |
| | 6.7 การมองเห็นสีของวัตถุภายใต้แสงสีต่าง ๆ | 198 |
| | 6.8 การนำไปใช้ประโยชน์ของสารสีและแสงสี | 201 |
| | สรุปเนื้อหาภายในบทเรียน | 202 |
| | แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 6 | 203 |
| 7 คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า | บทที่ 7 คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า | 204 |
| | 7.1 ส่วนประกอบของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า | 207 |
| | 7.2 หลักการทำงานของอุปกรณ์ที่ใช้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า | 209 |
| | 7.2.1 เครื่องควบคุมระยะไกล | 209 |
| | 7.2.2 เครื่องถ่ายภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ | 212 |
| | 7.2.3 เครื่องถ่ายภาพการสั่นพ้องแม่เหล็ก | 214 |
| | 7.3 การสื่อสารโดยอาศัยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า | 217 |
| | 7.3.1 การสื่อสารโดยอาศัยคลื่นวิทยุ | 217 |
| | 7.3.2 การสื่อสารโดยอาศัยไมโครเวฟ | 222 |
| | 7.3.3 การสื่อสารโดยอาศัยแสง | 223 |
| | 7.3.4 สัญญาณแอนะล็อกและสัญญาณดิจิทัล | 224 |
| | สรุปเนื้อหาภายในบทเรียน | 229 |
| | แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 7 | 229 |
| | บรรณานุกรม | 231 |
| | ที่มาของรูป | 234 |
| | คณะกรรมการจัดทำหนังสือเรียน | 237 |

# บทที่ 1 | การเคลื่อนที่และแรง

ipst.me/8880

AR รถไฟฟ้าบีทีเอส (BTS skytrain) เป็นรถไฟฟ้าสายแรกของประเทศไทย เปิดให้บริการครั้งแรกเมื่อวันที่ 5 ธันวาคม 2542 ใช้สำหรับคนที่ต้องการเดินทางโดยหลีกเลี่ยงการจราจรที่หนาแน่นบนถนน ขบวนรถไฟฟ้าบีทีเอสขับเคลื่อนโดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้าซึ่งมีรางจ่ายกระแสไฟฟ้าอยู่ด้านข้างของราง รถไฟฟ้าบีทีเอสทุกขบวนจะถูกควบคุมด้วยระบบควบคุมรถอัตโนมัติเพื่อให้รถไฟฟ้าทุกขบวนเคลื่อนที่เข้าและออกจากแต่ละสถานีในเวลาที่เหมาะสมตามที่กำหนดไว้ในแต่ละช่วงเวลา ในบทนี้ เราจะศึกษาเกี่ยวกับปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของวัตถุ ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุ และการเคลื่อนที่ของวัตถุในแบบต่าง ๆ

## คำถามสำคัญ

การเคลื่อนที่ของวัตถุในชีวิตประจำวันมีหลายรูปแบบ จะสามารถอธิบายการเคลื่อนที่เหล่านี้ได้อย่างไร

## จุดประสงค์การเรียนรู้

**1.1 การเคลื่อนที่แนวตรง**

1. วิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูลความเร็วกับเวลาเพื่ออธิบายความเร่งของวัตถุ
2. อธิบายการเคลื่อนที่แนวตรงและความเร่งที่เกี่ยวข้อง

**1.2 แรงและการเคลื่อนที่**

3. อธิบายและวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างแรง มวล และความเร่ง
4. อธิบายและแสดงการหาแรงลัพธ์จากแรงหลายแรงที่กระทำกับวัตถุในระนาบเดียวกัน
5. อธิบายแรงกิริยาและแรงปฏิกิริยาระหว่างวัตถุคู่หนึ่ง ๆ

**1.3 การเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ**

6. อธิบายการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์และความเร่งที่เกี่ยวข้อง
7. อธิบายการเคลื่อนที่แบบวงกลมและความเร่งที่เกี่ยวข้อง
8. อธิบายการเคลื่อนที่แบบสั่นและความเร่งที่เกี่ยวข้อง

## ความรู้ก่อนเรียน

ปริมาณเวกเตอร์ ปริมาณสเกลาร์ การรวมเวกเตอร์ในหนึ่งมิติ ตำแหน่ง ระยะทาง การกระจัด อัตราเร็ว ความเร็ว แรงโน้มถ่วง มวล

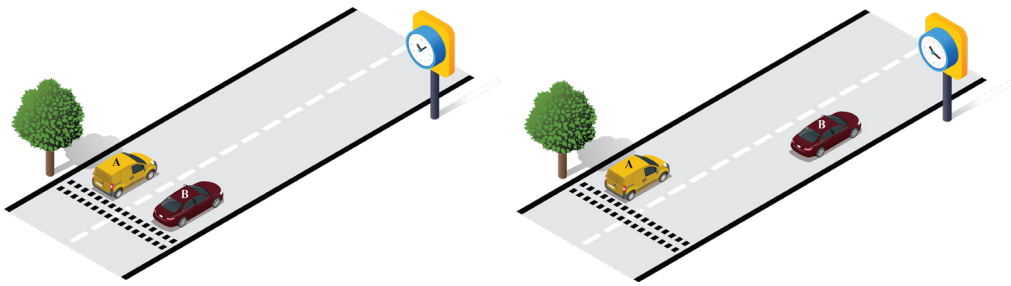
ในชีวิตประจำวัน เราจะพบเห็นการเคลื่อนที่ของวัตถุต่าง ๆ มากมาย เช่น คนเดิน รถยนต์แล่นบนถนน ผลไม้หล่นจากต้น ลูกฟุตบอลเคลื่อนที่ในอากาศ เด็กแกว่งชิงช้า เป็นต้น การเคลื่อนที่ดังกล่าวเกิดขึ้นได้อย่างไร มีลักษณะเฉพาะอย่างไร และขึ้นกับปัจจัยอะไรบ้าง ในบทนี้ เราจะมาศึกษาปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่และผลของแรงที่มีต่อการเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ รวมทั้งประโยชน์จากการประยุกต์ใช้ความรู้เหล่านี้

## 1.1 การเคลื่อนที่แนวตรง

การเคลื่อนที่แนวตรงเป็นการเคลื่อนที่ที่อยู่ในแนวเดียว เช่น การเคลื่อนที่ของรถยนต์บนถนนตรง การเคลื่อนที่ของลูกมะพร้าวเมื่อตกจากต้นสู่พื้นดิน การเคลื่อนที่ของนักกีฬาว่ายน้ำในลู่ของสระ เป็นต้น การเคลื่อนที่แนวตรงเป็นการเคลื่อนที่ที่ไม่ซับซ้อนเพราะเป็นการเคลื่อนที่ใน 1 มิติเท่านั้น การเคลื่อนที่แนวตรงจึงเป็นตัวอย่างที่เหมาะในการศึกษาปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่เพื่อเป็นพื้นฐานสำหรับการศึกษาการเคลื่อนที่ลักษณะอื่น ๆ ต่อไป

### 1.1.1 ตำแหน่ง ระยะทาง และการกระจัด

เมื่อต้องการระบุว่า วัตถุใด ๆ นั้น มีการเคลื่อนที่หรือไม่ เราจะสามารถบอกได้จากอะไรบ้าง **ตำแหน่ง** (position) ของวัตถุมีความสำคัญในการบอกการเคลื่อนที่ของวัตถุอย่างไร ตัวอย่างเช่น ถ้ามีรถ 2 คัน คือ รถ A และ B มีตำแหน่งดังรูป 1.1 ก. และเมื่อเวลาผ่านไป 10 นาที รถ A และ B มีตำแหน่งเปลี่ยนแปลงไปดังรูป 1.1 ข. จากข้อมูลดังกล่าวจะสามารถบอกได้หรือไม่ว่า รถใดมีการเคลื่อนที่

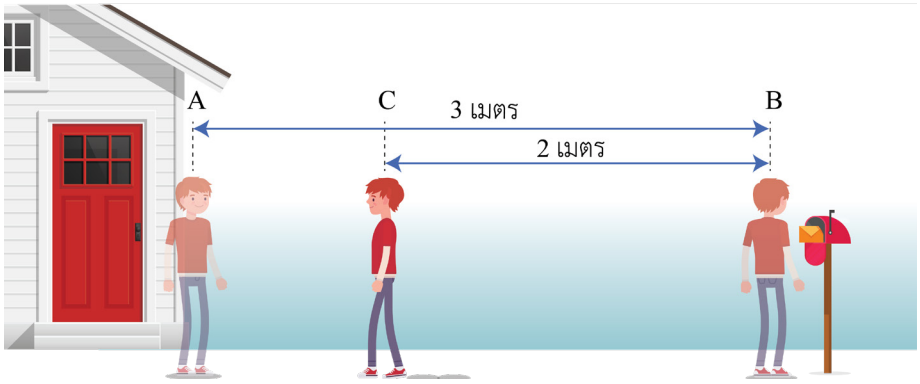



ก. รถ A และ B ในเวลา 16.00 น. ข. รถ A และ B ในเวลา 16.10 น.

รูป 1.1 ตำแหน่งของรถ A และ B ในเวลา 16.00 น. และ 16.10 น.

จากรูป 1.1 เห็นว่า เมื่อเวลาเปลี่ยนแปลงไป รถ B มีการเปลี่ยนตำแหน่ง แสดงว่า รถ B มี **การเคลื่อนที่** (motion) ในขณะที่ รถ A ยังอยู่ ณ ตำแหน่งเดิม แม้เวลาเปลี่ยนแปลงไป แสดงว่า รถ A ไม่มีการเคลื่อนที่ ทั้งนี้การระบุการเคลื่อนที่ของรถ A และ B อาจใช้แนวของต้นไม้เป็นเกณฑ์ ซึ่งเห็นได้ว่า เมื่อเวลาผ่านไป 10 นาที รถ B มีตำแหน่งที่อยู่ห่างออกจากแนวของต้นไม้มากขึ้น หรือใช้หอนาฬิกาเป็นเกณฑ์ซึ่งเห็นได้ว่า เมื่อเวลาผ่านไป รถ B มีตำแหน่งที่อยู่ใกล้กับหอนาฬิกามากขึ้น การบอกตำแหน่งของวัตถุจึงจำเป็นต้องมีการกล่าวถึงจุดที่ใช้เปรียบเทียบในการบอกตำแหน่ง เรียกจุดดังกล่าวว่า **จุดอ้างอิง** (reference point) ดังนั้น ต้นไม้และหอนาฬิกาจึงสามารถใช้เป็นจุดอ้างอิงเพื่อใช้บอกตำแหน่งของรถ A และ รถ B ได้

เราจะอธิบายการเคลื่อนที่และเปลี่ยนตำแหน่งของวัตถุโดยเปรียบเทียบระยะห่างจากจุดอ้างอิงได้อย่างไร มีปริมาณอะไรบ้างที่เกี่ยวข้อง ตัวอย่างเช่น ถ้าชายคนหนึ่ง เดินทางออกจากประตูบ้าน (จุด A) ไปยังตู้จดหมายหน้าบ้าน (จุด B) เป็นระยะทาง 3 เมตร แล้วเดินทางในแนวเส้นทางเดิมกลับมาทางประตูบ้านและหยุดโดยมีระยะห่างจากตู้จดหมาย 2 เมตร (จุด C) ดังรูป 1.2 จะสามารถบอกปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของชายคนนี้ได้อย่างไร




**รูป 1.2 การเคลื่อนที่และเปลี่ยนตำแหน่งของชายคนหนึ่ง**

เมื่อวัตถุมีการเคลื่อนที่และเปลี่ยนตำแหน่งสามารถอธิบายโดยเปรียบเทียบระยะห่างจากตำแหน่งเริ่มต้นซึ่งเป็นจุดอ้างอิงได้ด้วยปริมาณที่เกี่ยวข้อง 2 ปริมาณ คือ **ระยะทาง** (distance) และ **การกระจัด** (displacement)

ระยะทางเป็นการอธิบายการเปลี่ยนตำแหน่งด้วยความยาวตามเส้นทางที่วัตถุเคลื่อนที่ เช่น การอธิบายการเคลื่อนที่ของชายในรูป 1.2 ถ้าให้ประตูบ้านเป็นจุดอ้างอิง ความยาวตามเส้นทางการเคลื่อนที่ทั้งหมดของชายคนนี้ คือ ความยาวตามเส้นทางการเคลื่อนที่จากประตูถึงตู้จดหมายเท่ากับ 3 เมตร และความยาวตามเส้นทางการเคลื่อนที่จากตู้จดหมายถึงตำแหน่งสุดท้ายเท่ากับ 2 เมตร

ดังนั้น ความยาวตามเส้นทางที่ชายคนนี้เคลื่อนที่ หรือระยะทางที่ชายคนนี้เคลื่อนที่จึงมีค่าเท่ากับ 5 เมตร โดยระยะทางเป็นปริมาณ**สเกลาร์** (scalar) ที่มีเพียงขนาดแต่ไม่มีทิศทาง

การกระจัดเป็นการอธิบายการเปลี่ยนตำแหน่งจากตำแหน่งเริ่มต้นหรือจุดอ้างอิงไปยังตำแหน่งสุดท้าย เช่น ในรูป 1.2 ถ้าให้ประตูบ้านเป็นตำแหน่งเริ่มต้นหรือจุดอ้างอิง การกระจัดของชายคนนี้ตามเส้นทางการเคลื่อนที่จากประตูบ้านไปยังตู้จดหมายและตำแหน่งสุดท้าย คือ 1 เมตร มีทิศไปทางขวา โดยการกระจัดเป็นปริมาณ**เวกเตอร์** (vector) ที่ต้องบอกทั้งขนาดและทิศทาง

## 1.1.2 อัตราเร็วและความเร็วของวัตถุ

การพิจารณาการเคลื่อนที่จากที่หนึ่งไปอีกที่หนึ่งนอกจากจะต้องคำนึงถึงระยะทางและการกระจัดดังที่กล่าวมาข้างต้นแล้ว ถ้าต้องการเปรียบเทียบว่าวัตถุใดเคลื่อนที่ช้าหรือเร็ว เช่น ในกรณีการแข่งขันวิ่ง 100 เมตร ในระยะทางตรงจะสามารถทำได้ด้วยวิธีการใด

**รูป 1.3 การแข่งขันวิ่ง 100 เมตร**

การบอกว่า วัตถุใดเคลื่อนที่ช้าหรือเร็ว สามารถพิจารณาได้จากระยะทางหรือการกระจัดที่วัตถุเคลื่อนที่เทียบกับเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ โดยระยะทางที่วัตถุเคลื่อนที่ไปได้ใน 1 หน่วยเวลา เรียกว่า **อัตราเร็ว** (speed) และการกระจัดที่วัตถุเคลื่อนที่ไปได้ใน 1 หน่วยเวลา เรียกว่า **ความเร็ว** (velocity) ทั้งนี้ อัตราเร็วเป็นปริมาณสเกลาร์ ส่วนความเร็วเป็นปริมาณเวกเตอร์ ซึ่งปริมาณทั้งสองมีหน่วยเป็นหน่วยของความยาวต่อหน่วยของเวลา เช่น เมตร/วินาที (m/s) กิโลเมตรต่อชั่วโมง (km/h) หรือ ไมล์ต่อชั่วโมง (mi/h)

อัตราเร็วสามารถแบ่งได้ 2 แบบ คือ **อัตราเร็วเฉลี่ย** (average speed) และ **อัตราเร็วขณะหนึ่ง** (instantaneous speed) โดยอัตราเร็วเฉลี่ยหาได้จาก อัตราส่วนระหว่างระยะทางที่วัตถุเคลื่อนที่ได้กับช่วงเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ และอัตราเร็วขณะหนึ่ง คือ อัตราเร็วของวัตถุที่กำลังเคลื่อนที่

ณ ขณะนั้น อัตราเร็วขณะหนึ่งสามารถหาได้จากอัตราเร็วเฉลี่ยของการเคลื่อนที่ในช่วงเวลาที่น้อยมาก ๆ จนใกล้ศูนย์

มาตรอัตราเร็วของรถยนต์หรือรถจักรยานยนต์ แสดงค่าของอัตราเร็วขณะหนึ่ง ณ เวลาที่กำลังอ่านมาตรนั้นอยู่ แต่รถยนต์บางรุ่นสามารถบอกอัตราเร็วในการเคลื่อนที่ได้ทั้งอัตราเร็วขณะหนึ่งและอัตราเร็วเฉลี่ย ดังรูป 1.4 ซึ่งสามารถบอกได้ว่า รถกำลังเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วขณะหนึ่งเท่ากับ 50 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และรถกำลังเคลื่อนที่ตลอดระยะเวลา 29 นาทีด้วยอัตราเร็วเฉลี่ย 8 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

**รูป 1.4 มาตรอัตราเร็วของรถยนต์**

**ความรู้เพิ่มเติม**

**ระบบหน่วยระหว่างชาติ**
(The International System of Units) หรือระบบเอสไอ (SI) เป็นระบบหน่วยมาตรฐานที่กำหนดโดยองค์กรระหว่างชาติเพื่อการมาตรฐาน (ISO หรือ International Organization for Standardization) ซึ่งมีจุดมุ่งหมายเพื่อให้การใช้หน่วยเป็นมาตรฐานเดียวกันทั่วโลกโดยเฉพาะในวงการวิทยาศาสตร์ ทั้งนี้ หน่วยฐานซึ่งเป็นหน่วยหลักของระบบเอสไอ มี 7 หน่วย คือ เมตร (m) กิโลกรัม (kg) วินาที (s) แอมแปร์ (A) เคลวิน (K) โมล (mol) และแคนเดลา (cd)

สำหรับความเร็วซึ่งเป็นปริมาณเวกเตอร์สามารถแบ่งได้ 2 แบบเช่นกัน คือ **ความเร็วเฉลี่ย** (average velocity) และ **ความเร็วขณะหนึ่ง** (instantaneous velocity) โดยความเร็วเฉลี่ย คือ อัตราส่วนระหว่างการกระจัดที่วัตถุเคลื่อนที่ได้กับช่วงเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ และถ้าช่วงเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่เป็นช่วงที่น้อยมาก ๆ จนใกล้ศูนย์ ความเร็วเฉลี่ยจะถือว่าเป็นความเร็วขณะหนึ่ง

**บันทึกช่วยจำ**

$$\text{อัตราเร็วเฉลี่ย} = \frac{\text{ระยะทาง}}{\text{ช่วงเวลาของการเคลื่อนที่}}$$

$$\text{ความเร็วเฉลี่ย} = \frac{\text{การกระจัด}}{\text{ช่วงเวลาของการเคลื่อนที่}}$$

## ความรู้เพิ่มเติม

การบอกอัตราเร็วเฉลี่ยจะทำให้ทราบลักษณะการเคลื่อนที่ในช่วงเวลาหนึ่ง แต่ไม่อาจทราบถึงรายละเอียดทุกขณะของการเคลื่อนที่ จึงอาจทำให้เกิดความเข้าใจที่ไม่ครบถ้วนเกี่ยวกับการเคลื่อนที่นั้น ๆ เช่น ในการออกแบบโครงสร้างสำหรับกังหันลมจำเป็นจะต้องพิจารณาทั้งอัตราเร็วลมเฉลี่ยและอัตราเร็วลมขณะหนึ่ง ข้อมูลจากอัตราเร็วลมเฉลี่ยจะช่วยให้สามารถคาดการณ์ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่กังหันลมผลิตได้โดยเฉลี่ยในแต่ละวัน ในขณะที่ข้อมูลจากอัตราเร็วลมขณะหนึ่งโดยเฉพาะในขณะที่มีลมกรรโชกซึ่งมีอัตราเร็วสูงกว่าค่าเฉลี่ยจะเป็นข้อมูลที่ใช้ในการออกแบบโครงสร้างของกังหันลมให้มีความแข็งแรงและไม่เสียหายจากการต้านลม

**รูป กังหันลมผลิตไฟฟ้า**

**ตัวอย่าง** 1.1 นักเรียนเดินทางจากบ้านที่กรุงเทพฯ ไปหาญาติที่จังหวัดนครราชสีมา ซึ่งมีระยะทางประมาณ 260 กิโลเมตร ถ้ารถยนต์ที่ใช้เดินทางมีอัตราเร็วเฉลี่ยตลอดเส้นทางนี้เท่ากับ 80 กิโลเมตรต่อชั่วโมง นักเรียนคนนี้ใช้เวลาในการเดินทางเท่าใด

**วิธีทำ** อัตราเร็วเฉลี่ย คือ อัตราส่วนระหว่างระยะทางต่อเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ ซึ่งในการเคลื่อนที่นี้

ระยะทาง เท่ากับ 260 กิโลเมตร

อัตราเร็วเฉลี่ย เท่ากับ 80 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

จาก $\text{อัตราเร็วเฉลี่ย} = \frac{\text{ระยะทาง}}{\text{ช่วงเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่}}$

จะได้ $\text{ช่วงเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่} = \frac{\text{ระยะทาง}}{\text{อัตราเร็วเฉลี่ย}}$

$= \frac{260 \text{ กิโลเมตร}}{80 \text{ กิโลเมตรต่อชั่วโมง}}$

= 3.25 ชั่วโมง

= 3 ชั่วโมง + (0.25 × 1) ชั่วโมง

= 3 ชั่วโมง + (0.25 × 60) นาที

= 3 ชั่วโมง 15 นาที

**ตอบ** ชายคนนี้ต้องใช้เวลาเดินทางจากบ้านที่กรุงเทพฯ ไปหาญาติที่จังหวัดนครราชสีมาเป็นเวลา 3.25 ชั่วโมง หรือ 3 ชั่วโมง 15นาที

## 1.1.3 ความเร่ง

ในการเคลื่อนที่ของวัตถุในบางช่วงเวลา วัตถุมีความเร็วคงตัวซึ่งแสดงว่าขนาดและทิศทางของความเร็วของวัตถุไม่เปลี่ยนแปลง เช่น ขณะที่เรือเคลื่อนที่ไปข้างหน้าบนทางตรงด้วยความเร็ว 20 กิโลเมตรต่อชั่วโมง สม่ำเสมอตลอดเส้นทาง แต่ในบางช่วงเวลา วัตถุมีการเปลี่ยนขนาดของความเร็วหรือมีการเปลี่ยนทิศทางของความเร็ว หรือเปลี่ยนทั้งขนาดและทิศทางของความเร็ว เช่น ขณะที่เรือเพิ่มความเร็วเมื่อออกตัวหรือลดความเร็วเมื่อจอด เราจะอธิบายการเคลื่อนที่ของวัตถุที่มีการเปลี่ยนแปลงความเร็วด้วยปริมาณใด

การที่วัตถุเคลื่อนที่โดยมีความเร็วเปลี่ยนแปลงไป เรากล่าวได้ว่า วัตถุเคลื่อนที่โดย**มีความเร่ง** (acceleration) โดยในกรณีที่ความเร่งของวัตถุมีทิศเดียวกับความเร็ว วัตถุนั้นจะมีความเร็วเพิ่มขึ้น เช่น ช่วงเวลาที่เรือกำลังเพิ่มความเร็วขณะออกตัวหรือขณะเคลื่อนที่

**ความรู้เพิ่มเติม**

เรือยนต์และรถยนต์มีวิธีการลดความเร็วที่แตกต่างกัน การลดความเร็วของเรือยนต์จะทำให้ใบพัดหมุนในทิศตรงข้ามกับทิศการหมุนของใบพัดที่ทำให้เรือเคลื่อนที่ไปข้างหน้า ความเร่งของเรือจึงมีทิศตรงข้ามกับการเคลื่อนที่ ซึ่งจะทำให้เรือมีความเร็วลดลงจนเป็นศูนย์ และหลังจากนั้นเรือจะเคลื่อนที่ถอยหลังด้วยความเร็วที่เพิ่มขึ้น ในขณะที่การลดความเร็วของรถยนต์จะใช้ระบบเบรกที่ล้อเพื่อทำให้ความเร่งของรถยนต์มีทิศตรงข้ามกับการเคลื่อนที่ ซึ่งจะทำให้รถยนต์มีความเร็วลดลงจนเป็นศูนย์เท่านั้น นั่นคือ การเบรกรถยนต์จะทำให้รถยนต์หยุดนิ่งแต่ไม่เคลื่อนที่ถอยหลัง

**รูป ใบพัดเรือยนต์ และระบบเบรกรถยนต์**

ไปข้างหน้าในแนวตรงเพื่อเปลี่ยนความเร็วจาก 20 กิโลเมตรต่อชั่วโมง เป็น 30 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ในกรณีที่ความเร่งของวัตถุมีทิศตรงข้ามกับความเร็ว วัตถุนั้นจะมีความเร็วลดลง เช่น ช่วงเวลาที่เรือกำลังลดความเร็วเพื่อหยุดหรือขณะเคลื่อนที่ไปข้างหน้าในแนวตรงเพื่อเปลี่ยนความเร็วจาก 30 กิโลเมตรต่อชั่วโมง เป็น 20 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ในกรณีที่วัตถุไม่มีการเปลี่ยนแปลงความเร็ว ความเร่งของวัตถุนั้นจะมีค่าเป็นศูนย์ เช่น เรือที่เคลื่อนที่ไปข้างหน้าในแนวตรงด้วยความเร็วคงตัว 20 กิโลเมตรต่อชั่วโมง หรือ เรือจอดนิ่งอยู่กับที่

**รูป 1.5 การเคลื่อนที่ของเรือ**

การอธิบายความเร่งจำเป็นที่จะต้องบอกทั้งขนาดและทิศทาง เพื่อให้ทราบว่าการเปลี่ยนแปลงความเร็วมีขนาดมากน้อยแค่ไหนและมีทิศทางอย่างไร ดังนั้น ความเร่งเป็นความเร็วที่เปลี่ยนไปในหนึ่งหน่วยเวลา เป็นปริมาณเวกเตอร์ มีหน่วยคือ เมตรต่อวินาที$^2$ ($m/s^2$) สำหรับการเคลื่อนที่ในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง ความเร่งเฉลี่ยสามารถหาได้จากอัตราส่วนระหว่างความเร็วที่เปลี่ยนไปกับช่วงเวลาที่เกิดการเปลี่ยนแปลงความเร็ว

**บันทึกช่วยจำ**

$$\text{ความเร่งเฉลี่ย} = \frac{\text{ความเร็วที่เปลี่ยนไป}}{\text{ช่วงเวลาที่เกิดการเปลี่ยนแปลงความเร็ว}}$$

**ตัวอย่าง 1.2** วิศวกรต้องการออกแบบเรือเพื่อให้เข้าเทียบท่าได้อย่างปลอดภัย โดยมีข้อมูลว่า เรือที่เข้าเทียบท่ามีความเร็วเท่ากับ 54 กิโลเมตรต่อชั่วโมง หรือ 15 เมตรต่อวินาที และต้องการให้เรือหยุดนิ่งภายในเวลา 2 นาที หรือ 120 วินาที เรือดังกล่าวต้องมีระบบหยุดเรือที่สามารถทำให้เรือเกิดความเร่งเฉลี่ยกี่เมตรต่อวินาที$^2$

**วิธีทำ** ความเร่ง คือ อัตราส่วนระหว่างความเร็วที่เปลี่ยนไปกับช่วงเวลาที่เกิดการเปลี่ยนแปลงความเร็ว ซึ่งในการเคลื่อนที่นี้

เรือเข้าเทียบท่ามีความเร็ว เท่ากับ 15 เมตรต่อวินาที

เรือหยุดนิ่งที่ท่ามีความเร็ว เท่ากับ 0 เมตรต่อวินาที

ระยะเวลาในการเปลี่ยนแปลงความเร็ว เท่ากับ 2 นาที หรือ 120 วินาที

$$\text{จาก ความเร่งเฉลี่ย} = \frac{\text{ความเร็วที่เปลี่ยนไป}}{\text{ช่วงเวลาที่เกิดการเปลี่ยนแปลงความเร็ว}}$$

$$\text{จะได้ ความเร่งเฉลี่ย} = \frac{0 \text{ เมตร/วินาที} - 15 \text{ เมตร/วินาที}}{120 \text{ วินาที}}$$

$$= -0.125 \text{ เมตร/วินาที}^2$$

**ตอบ** ต้องมีระบบหยุดเรือที่มีความเร่งที่มีขนาดเท่ากับ 0.125 เมตร/วินาที$^2$ และมีทิศตรงข้ามกับทิศของความเร็วของเรือขณะกำลังเทียบท่า (เนื่องจากความเร่งที่หาได้มีเครื่องหมายเป็นลบ)

**ทบทวนความรู้**

การเปลี่ยนหน่วยระหว่าง กิโลเมตร/ชั่วโมง กับ เมตร/วินาที ทำได้ดังนี้
จาก 1 กิโลเมตร เท่ากับ 1000 เมตร และ 1 ชั่วโมง เท่ากับ 3600 วินาที ทำให้ได้

- 1 กิโลเมตรต่อชั่วโมง มีค่าเท่ากับ $\frac{1000 \text{ เมตร}}{3600 \text{ วินาที}}$ ซึ่งประมาณเท่ากับ 0.28 เมตรต่อวินาที
- 1 เมตรต่อวินาที มีค่าเท่ากับ $\frac{1/1000 \text{ กิโลเมตร}}{1/3600 \text{ ชั่วโมง}}$ ซึ่งเท่ากับ 3.60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

ตัวอย่างการเคลื่อนที่แนวตรงที่กล่าวมาในช่วงต้น เป็นการเคลื่อนที่แนวตรงในแนวระดับ ซึ่งในชีวิตประจำวัน ไม่ได้มีเฉพาะการเคลื่อนที่ลักษณะดังกล่าวเท่านั้น ถ้านักเรียนพิจารณาการเคลื่อนที่ของผลไม้ที่ตกจากต้นสู่พื้นดินหรือวัตถุต่าง ๆ ที่ตกจากที่สูง จะพบว่าเป็นการเคลื่อนที่แนวตรงในแนวดิ่ง ซึ่งความเร็วและความเร่งของวัตถุที่ตกในแนวดิ่งภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลกเป็นอย่างไร ศึกษาได้จากการวิเคราะห์การตกของถุงทรายที่มีมวลต่าง ๆ กันในกิจกรรม 1.1

## กิจกรรม 1.1 การเคลื่อนที่ของวัตถุในแนวดิ่งภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลก

### จุดประสงค์

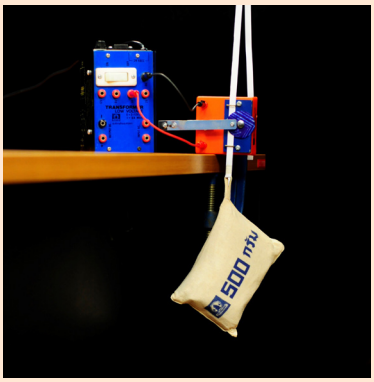
วิเคราะห์จุดบนแถบกระดาษเพื่ออธิบายความเร่งภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลก

### วัสดุและอุปกรณ์

1. เครื่องเคาะสัญญาณเวลา 1 ชุด
2. หม้อแปลงโวลต์ต่ำ 1 เครื่อง
3. ถุงทราย 3 ถุง
4. แถบกระดาษ 3 แถบ

### วิธีการทำกิจกรรม

1. ผูกถุงทราย 1 ถุง กับแถบกระดาษที่สอดผ่านเครื่องเคาะสัญญาณเวลา และถือถุงทรายไว้ดังรูป 1.6
2. เปิดสวิตซ์และปล่อยถุงทรายให้ตกลงมา
3. ทำซ้ำข้อ 1 และ 2 โดยเปลี่ยนถุงทรายเป็น 2 ถุง และ 3 ถุง
4. เปรียบเทียบจุดบนแถบกระดาษทั้งสามแถบเพื่อวิเคราะห์ความเร่งในการตกของถุงทราย



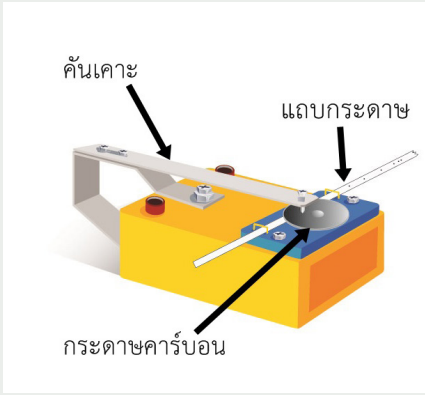

AR **รูป 1.6 การเคลื่อนที่ของถุงทรายภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลก**

### คำถามท้ายกิจกรรม

ขณะที่ถุงทรายเคลื่อนที่ ความเร็วของถุงทรายมีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่ อย่างไร

ถุงทรายจำนวน 1 ถุง 2 ถุง และ 3 ถุง เคลื่อนที่ด้วยความเร่งเท่ากันหรือไม่ อย่างไร

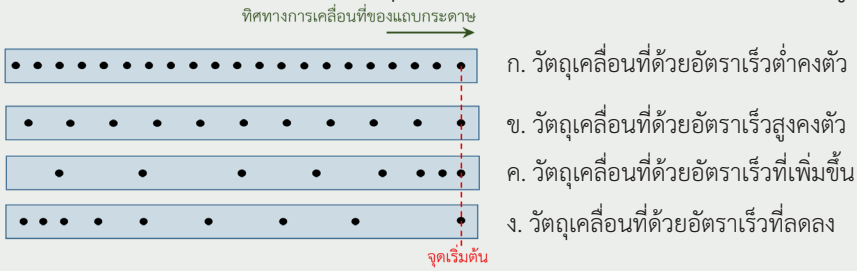
## ความรู้เพิ่มเติม




**รูป เครื่องเคาะสัญญาณเวลา**

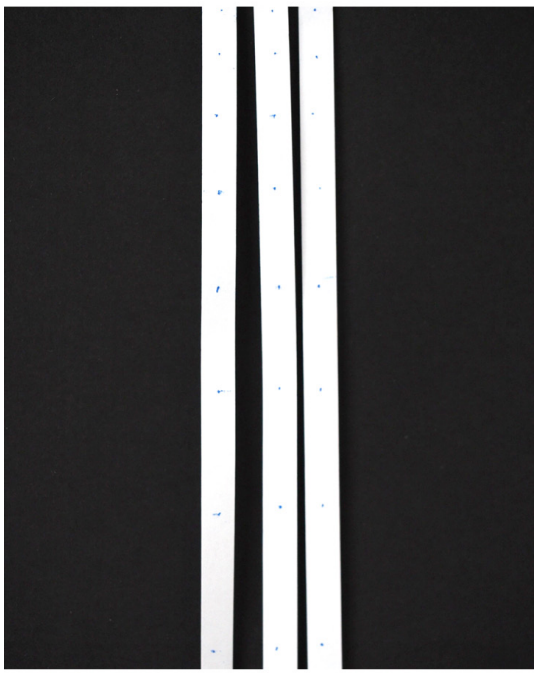
**เครื่องเคาะสัญญาณเวลา** (ticker timer) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้หาอัตราเร็วของวัตถุ ทำได้โดยการติดปลายแถบกระดาษข้างหนึ่งกับวัตถุ แล้วสอดปลายแถบกระดาษข้างหนึ่งใต้แผ่นกระดาษคาร์บอน เมื่อวัตถุเคลื่อนที่ก็จะดึงแถบกระดาษให้เคลื่อนที่ผ่านคันเคาะด้วยอัตราเร็วเท่ากับวัตถุ โดยคันเคาะจะสั่นด้วยความถี่เท่ากับ 50 ครั้งต่อวินาที ทำให้ปรากฏจุดเรียงกันเป็นบนแถบกระดาษ ที่มีช่วงเวลาในแต่ละช่วงจุดมีเท่ากัน คือ 1/50 วินาที การวิเคราะห์ระยะทางและช่วงเวลาของการเคลื่อนที่ที่ปรากฏบนแถบกระดาษทำให้สามารถหาอัตราเร็วของวัตถุได้ ดังตัวอย่างแถบกระดาษต่อไปนี้

- วัตถุที่เคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วคงตัว จุดบนแถบกระดาษจะมีระยะห่างกันสม่ำเสมอ โดยวัตถุที่เคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วสูงแล้วทำให้จุดบนแถบกระดาษมีระยะห่างกันมากกว่าวัตถุที่เคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วต่ำ ดังรูป ก. และ ข.
- วัตถุที่เคลื่อนที่โดยมีอัตราเร็วที่เพิ่มขึ้น จะได้จุดบนแถบกระดาษที่มีระยะห่างเพิ่มขึ้น ดังรูป ค.
- วัตถุที่เคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วที่ลดลง จะได้จุดบนแถบกระดาษที่มีระยะห่างลดลง ดังรูป ง.




**รูป ตัวอย่างแถบกระดาษในการหาอัตราเร็วของวัตถุ**

จากกิจกรรม 1.1 จะได้แถบกระดาษดังรูป 1.7 เมื่อพิจารณาจุดบนแถบกระดาษทั้งสามแถบ จะพบว่า ลักษณะของจุดบนแถบกระดาษทั้งสามแถบเหมือนกันและมีระยะห่างระหว่างจุดสองจุดที่ติดกันเพิ่มขึ้น จึงสามารถสรุปได้ว่าการเคลื่อนที่ของถุงทรายทั้งสามกรณีมีความเร่งเท่ากัน และจากการศึกษาโดยละเอียดพบว่า ความเร่งดังกล่าวมีค่าคงตัวค่าหนึ่ง เรียกว่า **ความเร่งโน้มถ่วง** (gravitational acceleration) โดยความเร่งโน้มถ่วงไม่ขึ้นกับมวลของวัตถุ




**รูป 1.7 แถบกระดาษจากการติดถุงทราย 1 ถุง (ซ้าย) 2 ถุง (กลาง) และ 3 ถุง (ขวา)**

การเคลื่อนที่ในแนวดิ่งภายใต้แรงโน้มถ่วง โดยไม่คิดแรงต้านอากาศนี้ เรียกว่า **การตกแบบเสรี** (free fall) สำหรับวัตถุที่อยู่สูงจากพื้นโลกไม่มากนัก ความเร่งโน้มถ่วงมีค่าประมาณ 9.8 เมตรต่อวินาที$^2$ และมีทิศทางสู่พื้นโลกเสมอ นั่นคือ ทุก ๆ 1 วินาที วัตถุที่ตกแบบเสรีบริเวณใกล้ผิวโลกจะมีความเร็วเพิ่มขึ้นประมาณ 9.8 เมตรต่อวินาที ตัวอย่างเช่น เมื่อลูกมะพร้าวร่วงจากต้นจะมีความเร็วต้นเป็น 0 เมื่อเวลาผ่านไป 1 วินาที ลูกมะพร้าวจะมีความเร็วประมาณ 9.8 เมตรต่อวินาที เมื่อผ่านไป 2 วินาที ลูกมะพร้าวจะมีความเร็วประมาณ 19.6 เมตรต่อวินาที และความเร็วจะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนกว่าลูกมะพร้าวจะตกกระทบพื้น ดังรูป 1.8