



หนังสือเรียน

รายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์

วิทยาศาสตร์กายภาพ

ชั้น

มัธยมศึกษาปีที่ ๕ เล่ม ๒

ตามมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐)

ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑

จัดทำโดย

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ

พิมพ์ครั้งที่ ๑

ISBN 978-616-362-815-2

จำนวน ๒๐๐,๐๐๐ เล่ม พ.ศ. ๒๕๖๒

จัดพิมพ์และจัดจำหน่ายโดย

ศูนย์หนังสือแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ถนนพญาไท แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ ๑๐๓๓๐

www.chulabook.com

ฝ่ายขายติดต่อ แผนกขายส่ง โทร. ๐-๒๓๗๔-๑๓๗๕-๖ โทรสาร ๐-๒๓๗๔-๑๓๗๔

พิมพ์ที่

สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โทร. ๐-๒๒๑๘-๓๕๕๑ โทรสาร ๐-๒๒๑๘-๓๕๕๐

www.cuprint.chula.ac.th

มีลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติ



ประกาศสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน
เรื่อง อนุญาตให้ใช้สื่อการเรียนรู้ในสถานศึกษา

ด้วยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้จัดทำหนังสือเรียน รายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์ วิทยาศาสตร์กายภาพ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๕ เล่ม ๒ ตามมาตรฐาน การเรียนรู้และตัวชี้วัด กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑ สำนักงานคณะกรรมการ การศึกษาขั้นพื้นฐาน ได้พิจารณาแล้วอนุญาตให้ใช้ในสถานศึกษาได้

ประกาศ ณ วันที่ ๒๔ ธันวาคม พ.ศ. ๒๕๖๑

(นายบุญรักษ์ ยอดเพชร)

เลขาธิการคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน

คำนำ

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) มีอำนาจหน้าที่ในการพัฒนาหลักสูตร วิธีการเรียนรู้ การประเมินผล การจัดทำหนังสือเรียน แบบฝึกหัด และสื่อการเรียนรู้ทุกประเภทที่ใช้ประกอบการเรียนรู้ในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของการจัดการศึกษาขั้นพื้นฐาน

หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์ วิทยาศาสตร์กายภาพ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๕ เล่ม ๒ นี้ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จัดทำขึ้นตามมาตรฐานการเรียนรู้ และตัวชี้วัด กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.๒๕๖๐) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑ โดยมีเนื้อหาเกี่ยวกับ การเคลื่อนที่และแรง แรงในธรรมชาติ เทคโนโลยีด้านพลังงาน ปรากฏการณ์คลื่น เสียง แสงสี และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการนำไปใช้ในการดำรงชีวิต และรู้เท่าทันการเปลี่ยนแปลงของโลก รวมทั้งการพัฒนาความรู้ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และทักษะแห่งศตวรรษที่ ๒๑ ได้เป็นอย่างดี

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานหวังเป็นอย่างยิ่งว่า หนังสือเรียนเล่มนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการจัดการเรียนรู้ และเป็นส่วนสำคัญในการพัฒนาคุณภาพและมาตรฐานการศึกษา กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ขอขอบคุณสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ตลอดจนบุคคลและหน่วยงานอื่น ๆ ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการจัดทำไว้ ณ โอกาสนี้



(นายบุญรักษ์ ยอดเพชร)

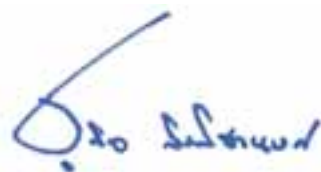
เลขาธิการคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน

คำชี้แจง

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้จัดทำตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑ โดยมีจุดเน้นเพื่อพัฒนาผู้เรียน ให้มีความรู้ ความสามารถที่ทัดเทียมกับนานาชาติ ได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เชื่อมโยงความรู้ออกมาสู่การใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้และแก้ปัญหาที่หลากหลาย มีการทำกิจกรรมด้วยลงมือปฏิบัติเพื่อให้ผู้เรียนได้ใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และทักษะแห่งศตวรรษที่ ๒๑ ซึ่งในปีการศึกษา ๒๕๖๑ เป็นต้นไป โรงเรียนจะต้องใช้หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐) สสวท. จึงได้จัดทำหนังสือเรียนที่เป็นไปตามมาตรฐานหลักสูตรเพื่อให้โรงเรียนได้ใช้สำหรับจัดการเรียนการสอนในชั้นเรียน

หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์ วิทยาศาสตร์กายภาพ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๕ เล่ม ๒ นี้ มีเนื้อหาที่จำเป็นสำหรับผู้เรียนเพื่อใช้ในการดำรงชีวิต และรู้เท่าทันกับความเปลี่ยนแปลงของโลก เช่น การเคลื่อนที่และแรง แรงในธรรมชาติ เทคโนโลยีด้านพลังงาน ปฏิกิริยาเคมีที่อันตราย แสงสี และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ผู้เรียนจะได้ทำกิจกรรมที่เป็นพื้นฐานที่สำคัญ มีแบบฝึกหัดเพื่อให้ตรวจทานความรู้หลังจากที่เรียนไปแล้ว รวมทั้งสรุปความรู้ในแต่ละบทด้วย ในการจัดทำหนังสือเรียนเล่มนี้ได้รับความร่วมมือเป็นอย่างดีจากผู้ทรงคุณวุฒิ 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

ข้อเสนอแนะทั่วไปในการใช้หนังสือเรียน

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 ที่เกี่ยวกับความรู้ที่นักเรียนควรมีสำหรับเป็นพื้นฐานของการศึกษาความรู้ใหม่ในแต่ละบท

ชวนคิด



คำถามระหว่างเรียนที่เชื่อมโยงหรือต่อยอดความรู้เดิมที่ศึกษาแล้วกับความรู้ใหม่หรือความรู้ในศาสตร์อื่น เพื่อให้ผู้เรียนเห็นความสัมพันธ์หรือความต่อเนื่องของเนื้อหา

ตรวจสอบความเข้าใจ



คำถามระหว่างเรียนที่ช่วยประเมินการเรียนรู้ซึ่งผู้เรียนสามารถใช้ตรวจสอบว่า ตนเองมีความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาแล้วหรือยัง

กิจกรรม



การปฏิบัติที่ช่วยในการเรียนรู้เนื้อหาหรือฝึกฝนให้เกิดทักษะตามจุดประสงค์การเรียนรู้ของบทเรียน โดยอาจเป็นการทดลอง การสืบค้นข้อมูล หรือกิจกรรมอื่น ๆ ซึ่งผู้เรียนควรลงมือ ปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเอง

ข้อเสนอแนะทั่วไปในการใช้หนังสือเรียน



ลองทำดู

การปฏิบัติที่ช่วยเสริมความรู้ที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาในบทเรียน ซึ่งอาจเป็นกิจกรรมที่ลงมือปฏิบัติในห้องเรียนหรือนอกเวลาเรียนได้



ความรู้เพิ่มเติม

ความรู้ที่เพิ่มเติมจากเนื้อหาในบทเรียน เพื่อให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจมากขึ้น โดยไม่มีการวัดและประเมินผล



รู้หรือไม่

ความรู้ที่เชื่อมโยงให้เห็นความสอดคล้องของเนื้อหาบทเรียนกับปรากฏการณ์หรือสถานการณ์ในชีวิตประจำวัน



ทบทวนความรู้

ข้อความหรือการอธิบายสั้น ๆ เพื่อทบทวนความรู้ที่นักเรียนเคยเรียนมาก่อนแล้ว



แบบฝึกหัดท้ายบท

คำถามท้ายบทเรียนสำหรับให้ผู้เรียนตรวจสอบความเข้าใจหลังจากเรียนจบบทเรียนแล้วซึ่งผู้เรียนสามารถใช้เป็นข้อมูลในการทบทวนเนื้อหาที่ยังไม่เข้าใจได้



สรุปเนื้อหาภายในบทเรียน

การสรุปเนื้อหาสำคัญภายในบทเรียนเพื่อช่วยให้เห็นภาพรวมของเนื้อหาทั้งหมด



สื่อ AR (Augmented Reality)

สื่อเสริมการเรียนรู้ที่ใช้เทคโนโลยี AR ผู้เรียนสามารถดาวน์โหลดเพื่อใช้งานผ่านแอปพลิเคชัน "AR วิทยุกายภาพ 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

2.3	แรงแม่เหล็กที่กระทำกับอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าและ เส้นลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่าน	56
2.3.1	แรงแม่เหล็กที่กระทำกับอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้า	56
2.3.2	แรงแม่เหล็กที่กระทำกับลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่าน	60
2.3.3	หลักการการทำงานของมอเตอร์	62
2.4	การเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า	67
2.4.1	การเกิดอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำและ กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำ	67
2.4.2	หลักการการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	71
2.4.3	การประยุกต์ใช้ประโยชน์จากเรื่องการเหนี่ยวนำ แม่เหล็กไฟฟ้า	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	เซลล์สุริยะเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ เป็นพลังงานไฟฟ้าได้อย่างไร	91
3.1.2	การนำเซลล์สุริยะมาใช้งานในชีวิตประจำวัน	93
3.2	พลังงานนิวเคลียร์	96
3.2.1	ฟิชชัน	96
3.2.2	การเปลี่ยนแปลงพลังงานนิวเคลียร์จากฟิชชัน เป็นพลังงานไฟฟ้า	101

สารบัญ

บทที่	เนื้อหา	หน้า
	3.2.3 พิวซ์ัน	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
	แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 3	118
	<hr/>	
4	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 ตาบอดสี	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	223
7.3.3 การสื่อสารโดยอาศัยแสง	223
7.3.4 สัญญาณแอนะล็อกและสัญญาณดิจิทัล	224
สรุปเนื้อหาภายในบทเรียน	229
แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 7	229

บรรณานุกรม	231
ที่มาของรูป	234
รายชื่อคณะกรรมการจัดทำหนังสือเรียน	237

บทที่



ipst.me/8880

1

| การเคลื่อนที่และแรง



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 การเคลื่อนที่แนวตรงจึงเป็นตัวอย่างที่เหมาะสมในการศึกษาปริมาณต่าง 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



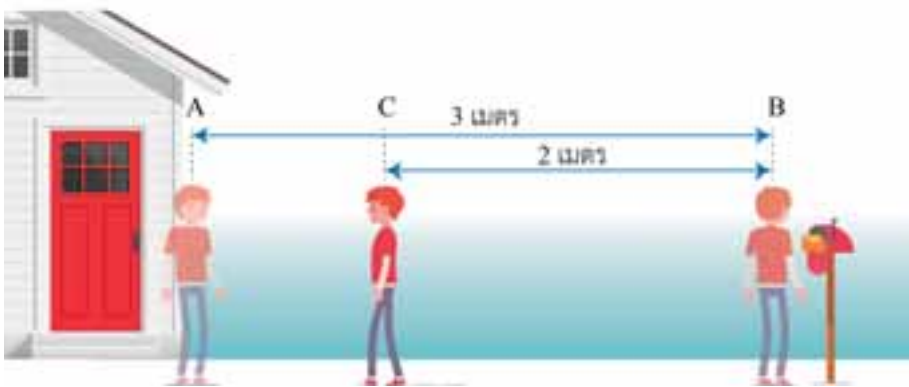
ก. รถ A และ B ในเวลา 10.08 น.

ข. รถ A และ B ในเวลา 10.18 น.

รูป 1.1 ตำแหน่งของรถ A และ B ในเวลา 10.08 น. และ 10.18 น.

จากรูป 1.1 เห็นว่า เมื่อเวลาเปลี่ยนแปลงไป รถ B มีการเปลี่ยนตำแหน่ง แสดงว่า รถ B มีการเคลื่อนที่ (motion) ในขณะที่ รถ A ยังอยู่ ณ ตำแหน่งเดิม แม้เวลาเปลี่ยนแปลงไป แสดงว่า รถ A ไม่มีการเคลื่อนที่ ทั้งนี้การระบุงการเคลื่อนที่ของรถ 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 ความยาวตามเส้นทางเคลื่อนที่ทั้งหมดของชายคนนี้ คือ ความยาวตามเส้นทางเคลื่อนที่จากประตูถึงตู้จดหมายเท่ากับ 3 เมตร และความยาวตามเส้นทางเคลื่อนที่จากตู้จดหมายถึงตำแหน่งสุดท้ายเท่ากับ 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

การพิจารณาการเคลื่อนที่จากที่หนึ่งไปอีกที่หนึ่งนอกจากจะต้องคำนึงถึงระยะทางและการกระจัดตั้งที่กล่าวมาข้างต้นแล้ว 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 อัตราเร็วเป็นปริมาณ**สเกลาร์** ส่วนความเร็วเป็นปริมาณ**เวกเตอร์** 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 อัตราเร็วขณะหนึ่งสามารถหาได้จากอัตราเร็วเฉลี่ยของการเคลื่อนที่ในช่วงเวลานี้น้อยมาก ๆ จนใกล้ศูนย์

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



รูป 1.4 มาตรฐานอัตราเร็วของรถยนต์

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



ความรู้เพิ่มเติม

ระบบหน่วยระหว่างชาติ

(The International System of Units) หรือระบบเอสไอ (SI) เป็นระบบหน่วยมาตรฐานที่กำหนดโดยองค์การระหว่างชาติเพื่อการมาตรฐาน (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) และ แคนเดลา (cd)

บันทึกช่วยจำ

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

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



ความรู้เพิ่มเติม

การบอกอัตราเร็วเฉลี่ยจะทำให้ทราบลักษณะการเคลื่อนที่ในช่วงเวลาหนึ่ง แต่ไม่อาจทราบถึงรายละเอียดทุกขณะของการเคลื่อนที่ จึงอาจทำให้เกิดความเข้าใจที่ไม่ครบถ้วนเกี่ยวกับการเคลื่อนที่นั้น ๆ เช่น ในการออกแบบโครงสร้างสำหรับกังหันลมจำเป็นต้องพิจารณาทั้งอัตราเร็วลมเฉลี่ยและอัตราเร็วลมขณะหนึ่ง ข้อมูลจากอัตราเร็วลมเฉลี่ยจะช่วยให้สามารถคาดการณ์ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่กังหันลมผลิตได้โดยเฉลี่ยในแต่ละวัน ในขณะที่ข้อมูลจากอัตราเร็วลมขณะหนึ่งโดยเฉพาะในขณะที่มีลมกรรโชกซึ่งมีอัตราเร็วสูงกว่าค่าเฉลี่ยจะเป็นข้อมูลที่ใช้ในการออกแบบโครงสร้างของกังหันลมให้มีความแข็งแรงและไม่เสียหายจากการต้านลม



รูป กังหันลมผลิตไฟฟ้า

ตัวอย่าง 1.1 นักเรียนเดินทางจากบ้านที่กรุงเทพฯ ไปหาญาติที่จังหวัดนครราชสีมา ซึ่งมีระยะทางประมาณ 260 กิโลเมตร ถ้าวินาทีที่ใช้เดินทางมีอัตราเร็วเฉลี่ยตลอดเส้นทางนี้เท่ากับ 80 กิโลเมตรต่อชั่วโมง นักเรียนคนนี้ใช้เวลาในการเดินทางเท่าใด

วิธีทำ อัตราเร็วเฉลี่ย คือ อัตราส่วนระหว่างระยะทางต่อเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ ซึ่งในการเคลื่อนที่นี้

ระยะทาง เท่ากับ 260 กิโลเมตร

อัตราเร็วเฉลี่ย เท่ากับ 80 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

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

$$\begin{aligned} \text{จะได้} \quad \text{ช่วงเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่} &= \frac{\text{ระยะทาง}}{\text{อัตราเร็วเฉลี่ย}} \\ &= \frac{260 \text{ กิโลเมตร}}{80 \text{ กิโลเมตรต่อชั่วโมง}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 3.25 \text{ ชั่วโมง} \\
 &= 3 \text{ ชั่วโมง} + (0.25 \times 1) \text{ ชั่วโมง} \\
 &= 3 \text{ ชั่วโมง} + (0.25 \times 60) \text{ นาที} \\
 &= 3 \text{ ชั่วโมง } 15 \text{ นาที}
 \end{aligned}$$

ตอบ ชายคนนี้ต้องใช้เวลาเดินทางจากบ้านที่กรุงเทพฯ ไปหาญาติที่จังหวัดนครราชสีมาเป็นเวลา 3.25 ชั่วโมง หรือ 3 ชั่วโมง 15 นาที

1.1.3 ความเร่ง

ในการเคลื่อนที่ของวัตถุในบางช่วงเวลา วัตถุมีความเร็วคงตัวซึ่งแสดงว่าขนาดและทิศทางของความเร็วของวัตถุไม่เปลี่ยนแปลง เช่น ขณะที่เรือเคลื่อนที่ไปข้างหน้าบนทางตรงด้วยความเร็ว 20 กิโลเมตรต่อชั่วโมงสม่ำเสมอตลอดเส้นทาง แต่ในบางช่วงเวลา วัตถุมีการเปลี่ยนขนาดของความเร็วหรือมีการเปลี่ยนทิศทางของความเร็ว หรือเปลี่ยนทั้งขนาดและทิศทางของความเร็ว เช่น ขณะที่เรือเพิ่มความเร็วเมื่อออกตัวหรือลดความเร็วเมื่อจอด เราจะอธิบายการเคลื่อนที่ของวัตถุที่มีการเปลี่ยนแปลงความเร็วด้วยปริมาณใด

การที่วัตถุเคลื่อนที่โดยมีความเร็วเปลี่ยนแปลงไป เรากล่าวได้ว่า วัตถุเคลื่อนที่โดยมีความเร่ง (acceleration) โดยในกรณีที่มีความเร่งของวัตถุมีทิศเดียวกับความเร็ว วัตถุนั้นจะมีความเร็วเพิ่มขึ้น เช่น ช่วงเวลาที่เรือกำลังเพิ่มความเร็วจนออกตัวหรือขณะเคลื่อนที่



ความรู้เพิ่มเติม

รถยนต์และรถยนต์มีวิธีการลดความเร็วที่แตกต่างกัน การลดความเร็วของรถยนต์จะทำให้ใบพัดหมุนในทิศตรงข้ามกับทิศการหมุนของใบพัดที่ทำให้เรือเคลื่อนที่ไปข้างหน้า ความเร่งของเรือจึงมีทิศตรงข้ามกับการเคลื่อนที่ ซึ่งจะทำให้เรือมีความเร็วลดลงจนเป็นศูนย์ และหลังจากนั้นเรือจะเคลื่อนที่ถอยหลังด้วยความเร็วที่เพิ่มขึ้น ในขณะที่การลดความเร็วของรถยนต์จะใช้ระบบเบรกที่ล้อเพื่อทำให้ความเร่งของรถยนต์มีทิศตรงข้ามกับการเคลื่อนที่ ซึ่งจะทำให้รถยนต์มีความเร็วลดลงจนเป็นศูนย์เท่านั้น นั่นคือ การเบรกรถยนต์จะทำให้รถยนต์หยุดนิ่งแต่ไม่เคลื่อนที่ถอยหลัง



รูป ใบพัดรถยนต์ และระบบเบรกรถยนต์

ไปข้างหน้าในแนวตรงเพื่อเปลี่ยนความเร็วจาก 20 กิโลเมตรต่อชั่วโมง เป็น 30 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ในกรณี
ที่ความเร่งของวัตถุมีทิศตรงข้ามกับความเร็ว วัตถุนั้นจะมีความเร็วลดลง เช่น ช่วงเวลาที่เรือกำลังลด
ความเร็วเพื่อหยุดหรือขณะเคลื่อนที่ไปข้างหน้าในแนวตรงเพื่อเปลี่ยนความเร็วจาก 30 กิโลเมตรต่อ
ชั่วโมง เป็น 20 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ในกรณีที่วัตถุไม่มีการเปลี่ยนแปลงความเร็ว ความเร่งของวัตถุนั้น
จะมีค่าเป็นศูนย์ เช่น เรือที่เคลื่อนที่ไปข้างหน้าในแนวตรงด้วยความเร็วคงตัว 20 กิโลเมตรต่อชั่วโมง
หรือ เรือจอดนิ่งอยู่กับที่



รูป 1.5 การเคลื่อนที่ของเรือ

การอธิบายความเร่งจำเป็นที่จะต้องบอกทั้งขนาดและทิศทาง เพื่อให้ทราบว่าการเปลี่ยนแปลง
ความเร็วมีขนาดมากน้อยแค่ไหนและมีทิศทางอย่างไร ดังนั้น ความเร่งเป็นความเร็วที่เปลี่ยนไปใน
หนึ่งหน่วยเวลา เป็นปริมาณเวกเตอร์ มีหน่วยคือ เมตรต่อวินาที² (m/s²) สำหรับการเคลื่อนที่ในช่วง
เวลาใดเวลาหนึ่ง ความเร่งเฉลี่ยสามารถหาได้จากอัตราส่วนระหว่างความเร็วที่เปลี่ยนไปกับช่วงเวลา
ที่เกิดการเปลี่ยนแปลงความเร็ว

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 เรือดังกล่าวต้องมีระบบหยุดเรือที่สามารถทำให้เรือเกิดความเร่งเฉลี่ยกี่เมตรต่อวินาที²

วิธีทำ ความเร่ง คือ อัตราส่วนระหว่างความเร็วที่เปลี่ยนไปกับช่วงเวลาที่เกิดการเปลี่ยนแปลงความเร็ว ซึ่งในการเคลื่อนที่นี้

เรือเข้าเทียบท่ามีความเร็ว เท่ากับ 15 เมตรต่อวินาที

เรือหยุดนิ่งที่ท่ามีความเร็ว เท่ากับ 0 เมตรต่อวินาที

ระยะเวลาในการเปลี่ยนแปลงความเร็ว เท่ากับ 2 นาที หรือ 120 วินาที

$$\begin{aligned} \text{จาก ความเร่งเฉลี่ย} &= \frac{\text{ความเร็วที่เปลี่ยนไป}}{\text{ช่วงเวลาที่เกิดการเปลี่ยนแปลงความเร็ว}} \\ \text{จะได้ ความเร่งเฉลี่ย} &= \frac{0 \text{ เมตร/วินาที} - 15 \text{ เมตร/วินาที}}{120 \text{ วินาที}} \\ &= -0.125 \text{ เมตร/วินาที}^2 \end{aligned}$$

ตอบ ต้องมีระบบหยุดเรือที่มีความเร่งที่มีขนาดเท่ากับ 0.125 เมตร/วินาที² 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 จะพบว่าเป็นการเคลื่อนที่แนวตรงในแนวตั้ง ซึ่งความเร็วและความเร่งของวัตถุที่ตกในแนวตั้งภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลกเป็นอย่างไร ศึกษาได้จาก การวิเคราะห์การตกของถุงทรายที่มีมวลต่าง ๆ กันในกิจกรรม 1.1



กิจกรรม 1.1 การเคลื่อนที่ของวัตถุในแนวตั้งภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลก

จุดประสงค์

วิเคราะห์จุดบนแถบกระดาษเพื่ออธิบายความเร่งภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลก

วัสดุและอุปกรณ์

- | | |
|--------------------------|-----------|
| 1. เครื่องเคาะสัญญาณเวลา | 1 ชุด |
| 2. หม้อแปลงโวลต์ต่ำ | 1 เครื่อง |
| 3. ลูกทราย | 3 ลูก |
| 4. แถบกระดาษ | 3 แถบ |

วิธีการทำกิจกรรม

- ผูกลูกทราย 1 ลูก กับแถบกระดาษที่สอดผ่านเครื่องเคาะสัญญาณเวลา และถือลูกทรายไว้ดังรูป 1.6
- เปิดสวิตช์และปล่อยลูกทรายให้ตกลงมา
- ทำซ้ำข้อ 1 และ 2 โดยเปลี่ยนลูกทรายเป็น 2 ลูก และ 3 ลูก
- เปรียบเทียบจุดบนแถบกระดาษทั้งสามแถบ เพื่อวิเคราะห์ความเร่งในการตกของลูกทราย



รูป 1.6 การเคลื่อนที่ของลูกทรายภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลก

คำถามท้ายกิจกรรม



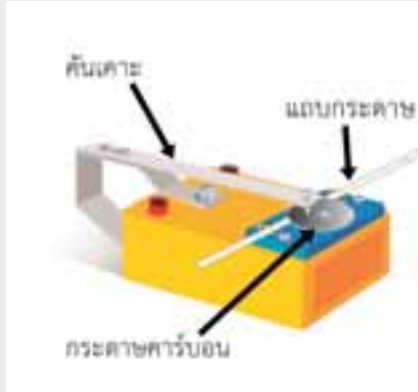
ขณะที่ลูกทรายเคลื่อนที่ ความเร็วของลูกทรายมีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่ อย่างไร



ลูกทรายจำนวน 1 ลูก 2 ลูก และ 3 ลูก เคลื่อนที่ด้วยความเร่งเท่ากันหรือไม่ อย่างไร



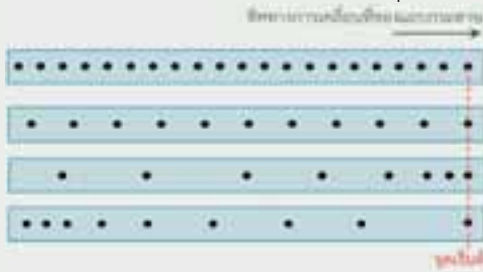
ความรู้เพิ่มเติม



รูป เครื่องเคาะสัญญาณเวลา

เครื่องเคาะสัญญาณเวลา (ticker timer) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้หาอัตราเร็วของวัตถุ ทำได้โดยการตีปลายกระดาษข้างหนึ่งกับวัตถุ แล้วสอดปลายกระดาษข้างหนึ่งใต้แผ่นกระดาษคาร์บอน เมื่อวัตถุเคลื่อนที่ก็จะดึงแถบกระดาษให้เคลื่อนที่ผ่านคั่นเคาะด้วยอัตราเร็วเท่ากับวัตถุ โดยคั่นเคาะจะสั่นด้วยความถี่เท่ากับ 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.



ก. วัตถุเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วสูงคงตัว

ข. วัตถุเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วต่ำคงตัว

ค. วัตถุเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วที่เพิ่มขึ้น

ง. วัตถุเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วที่ลดลง

รูป ตัวอย่างแถบกระดาษในการหาอัตราเร็วของวัตถุ

จากกิจกรรม 1.1 จะได้แถบกระดาษดังรูป 1.7 เมื่อพิจารณาจุดบนแถบกระดาษทั้งสามแถบ จะพบว่า ลักษณะของจุดบนแถบกระดาษทั้งสามแถบเหมือนกันและมีระยะห่างระหว่างจุดสองจุดที่ ติดกันเพิ่มขึ้น จึงสามารถสรุปได้ว่าการเคลื่อนที่ของถ่วงทรายทั้งสามกรณีมีความเร่งเท่ากัน และจากการศึกษาโดยละเอียดพบว่า ความเร่งดังกล่าวมีค่าคงตัวค่าหนึ่ง เรียกว่า **ความเร่งโน้มถ่วง** (gravitational acceleration) โดยความเร่งโน้มถ่วงไม่ขึ้นกับมวลของวัตถุ



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

การเคลื่อนที่ในแนวตั้งภายใต้แรงโน้มถ่วง โดยไม่คิดแรงต้านอากาศนี้ เรียกว่า **การตกแบบเสรี** (free fall) สำหรับวัตถุที่อยู่สูงจากพื้นโลกไม่มากนัก ความเร่งโน้มถ่วงมีค่าประมาณ 9.8 เมตรต่อวินาที² 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



รูป 1.8 ลูกมะพร้าวที่ตกแบบเสรี



ความรู้เพิ่มเติม



กาลิเลโอ กาลิเลอี (Galileo Galilei ค.ศ.1564-1642) นักวิทยาศาสตร์ชาวอิตาลี ได้เสนอแนวคิดที่ว่า วัตถุที่น้ำหนักต่างกันจะตกลงสู่พื้นโลกด้วยความเร่งที่เท่ากัน ถ้าหากไม่คิดถึงแรงต้านอากาศ ซึ่งขัดแย้งกับความเชื่อของคนในยุคสมัยนั้นที่เชื่อว่า วัตถุที่หนักจะตกสู่พื้นโลกด้วยความเร่งที่มากกว่าวัตถุที่เบา



ตรวจสอบความเข้าใจ 1.1



1. ระยะทางและการกระจัดแตกต่างกันอย่างไร
2. ในกรณีที่มีการเคลื่อนที่กลับทิศทาง ระยะทางการเคลื่อนที่และขนาดการกระจัดมีค่าเท่ากันหรือไม่ อย่างไร
3. อัตราเร็วเฉลี่ยกับความเร็วเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไร
4. อัตราเร็วเฉลี่ยกับอัตราเร็วขณะหนึ่งของวัตถุมีค่าเท่ากันหรือไม่ อย่างไร
5. ถ้าวัตถุหนึ่งมีการเคลื่อนที่ด้วยความเร่งคงตัว วัตถุนั้นมีความเร็วคงตัวหรือไม่ อย่างไร

1.2 แรงและการเคลื่อนที่

ในชีวิตประจำวัน เราเห็นวัตถุต่าง ๆ มีการเปลี่ยนแปลงการเคลื่อนที่อยู่เสมอ เช่น นักท่อม้าน้ำหนักที่ทำให้ลูกเหล็กที่อยู่ในมือเคลื่อนที่ไปข้างหน้า นักกีฬาเทเบิลเทนนิสที่ใช้ไม้ปิงปองเปลี่ยนทิศทางการเคลื่อนที่ของลูกปิงปองให้กลับไปยังฝั่งตรงข้าม รถที่เคลื่อนที่ไปข้างหน้าแล้วชะลอความเร็วจนรถหยุด เป็นต้น จากตัวอย่างดังกล่าว อะไรเป็นสาเหตุที่ทำให้วัตถุเปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่

1.2.1 แรงและความเร่ง

ปริมาณที่ทำให้วัตถุมีการเปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่ คือ **แรง (force)** โดยเราสามารถพบเห็นได้จากเหตุการณ์ทั่วไปในชีวิตประจำวัน เช่น การออกแรงผลักรถของเล่นที่วางนิ่งอยู่บนพื้นโต๊ะ ดังรูป 1.9 รถจะเริ่มเคลื่อนที่ ซึ่งถ้าเราออกแรงผลักต่อไปในแนวเดิม รถก็จะเคลื่อนที่เร็วขึ้น แต่ถ้าเราต้องการให้รถที่กำลังเคลื่อนที่หยุด ก็จะต้องออกแรงผลักในทิศทางตรงข้ามกับการเคลื่อนที่ของรถ แรงเป็นปริมาณที่มีทั้งขนาดและทิศทาง แรงจึงเป็นปริมาณเวกเตอร์ หน่วยของแรง คือ นิวตัน (N)



รูป 1.9 การผลักรถของเล่นให้เคลื่อนที่

ในการเคลื่อนที่ของวัตถุ แรงที่กระทำกับวัตถุ มวลของวัตถุ และความเร่ง มีความสัมพันธ์กันหรือไม่อย่างไร ศึกษาได้โดยการวิเคราะห์การเคลื่อนที่ของรถทดลองจากแรงดึงขนาดต่าง ๆ กัน และการวิเคราะห์การเคลื่อนที่ของรถทดลองที่มีมวลต่างกันแต่มีขนาดของแรงดึงเท่ากัน จากกิจกรรม 1.2