



หนังสือเรียน

รายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

วิทยาศาสตร์กายภาพ

ชั้น

มัธยมศึกษาปีที่ ๕ เล่ม ๒

ตามมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐)

ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑

จัดทำโดย

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ

พิมพ์ครั้งที่ ๔

ISBN 978-616-576-366-0

จำนวน ๑๙๐,๐๐๐ เล่ม พ.ศ. ๒๕๖๖

จัดจำหน่ายโดย

องค์การค้าของ สกสค. พิมพ์ที่โรงพิมพ์ สกสค. ลาดพร้าว

๒๒๔๙ ถนนลาดพร้าว วังทองหลาง กรุงเทพมหานคร

❖ มีลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติ



ประกาศสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน
เรื่อง อนุญาตให้ใช้สื่อการเรียนรู้ในสถานศึกษา

ด้วยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้จัดทำหนังสือเรียน รายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิทยาศาสตร์กายภาพ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๕ เล่ม ๒ ตามมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑ สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน ได้พิจารณาแล้วอนุญาตให้ใช้ในสถานศึกษาได้

ประกาศ ณ วันที่ ๕ มกราคม พ.ศ. ๒๕๖๗

ว่าที่ร้อยตรี

(ธนุ วงษ์จินดา)

เลขาธิการคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน

คำนำ

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) มีอำนาจหน้าที่ในการพัฒนา หลักสูตร วิธีการเรียนรู้ การประเมินผล การจัดทำหนังสือเรียน แบบฝึกหัด และสื่อการเรียนรู้ ทุกประเภทที่ใช้ประกอบการเรียนรู้ในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของการจัดการ ศึกษาขั้นพื้นฐาน

หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิทยาศาสตร์กายภาพ ชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ ๕ เล่ม ๒ นี้ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) จัดทำขึ้นตามมาตรฐาน การเรียนรู้และตัวชี้วัด กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑ โดยมีเนื้อหาเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ และแรง แรงแม่เหล็กไฟฟ้า เทคโนโลยีด้านพลังงาน ปรากฏการณ์คลื่น เสียง แสงสี และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งจะประโยชน์ต่อการนำไปใช้ในการดำรงชีวิต และรู้เท่าทันกับการเปลี่ยนแปลงของโลก รวมทั้ง การพัฒนาความรู้ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และทักษะแห่งศตวรรษที่ ๒๑ ได้เป็นอย่างดี

กระทรวงศึกษาธิการหวังเป็นอย่างยิ่งว่า หนังสือเรียนเล่มนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการจัดการเรียนรู้ และเป็นส่วนสำคัญในการพัฒนาคุณภาพและมาตรฐานการศึกษา กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี ขอขอบคุณสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ตลอดจนบุคคลและ หน่วยงานอื่น ๆ ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการจัดทำไว้ ณ โอกาสนี้

ว่าที่ร้อยตรี

(ธนุ วงษ์จินดา)

เลขาธิการคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน

คำชี้แจง

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้จัดทำตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑ โดยมีจุดเน้นเพื่อพัฒนาผู้เรียนให้มีความรู้ ความสามารถที่ทัดเทียมกับนานาชาติ ได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้และแก้ปัญหาที่หลากหลาย มีการทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติ เพื่อให้ผู้เรียนได้ใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และทักษะแห่งศตวรรษที่ ๒๑ ซึ่งในปีการศึกษา ๒๕๖๑ เป็นต้นไป โรงเรียนจะต้องใช้หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐) สสวท. จึงได้จัดทำหนังสือเรียนที่เป็นไปตามมาตรฐานหลักสูตรเพื่อให้โรงเรียนได้ใช้สำหรับจัดการเรียนการสอนในชั้นเรียน

หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิทยาศาสตร์กายภาพ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๕ เล่ม ๒ นี้ มีเนื้อหาที่จำเป็นสำหรับผู้เรียนเพื่อใช้ในการดำรงชีวิต และรู้เท่าทันกับการเปลี่ยนแปลงของโลก เช่น การเคลื่อนที่และแรง แรงในธรรมชาติ เทคโนโลยีด้านพลังงาน ปรากฏการณ์คลื่น เสียง แสงสี และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ผู้เรียนจะได้ทำกิจกรรมที่เป็นพื้นฐานที่สำคัญ มีแบบฝึกหัดเพื่อให้ตรวจทานความรู้หลังจากที่เรียนไปแล้ว รวมทั้งสรุปความรู้ในแต่ละบทด้วย ในการจัดทำหนังสือเรียนเล่มนี้ได้รับความร่วมมือเป็นอย่างดีจากผู้ทรงคุณวุฒิ นักวิชาการอิสระ คณาจารย์ทั้งหลาย รวมทั้งครูผู้สอน นักวิชาการ จากสถาบัน และสถานศึกษาทั้งภาครัฐและเอกชน จึงขอขอบคุณไว้ ณ ที่นี้

สสวท. หวังเป็นอย่างยิ่งว่าหนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิทยาศาสตร์กายภาพชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๕ เล่ม ๒ นี้ จะเป็นประโยชน์แก่ผู้เรียน และผู้ที่เกี่ยวข้องทุกฝ่าย ที่จะช่วยให้การจัดการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีประสิทธิภาพและประสิทธิผล หากมีข้อเสนอแนะใดที่จะทำให้หนังสือเรียนเล่มนี้ มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น โปรดแจ้ง สสวท. ทราบด้วยจะขอบคุณยิ่ง



(รองศาสตราจารย์ธีระเดช เจียรสุขสกุล)

ผู้อำนวยการสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

กระทรวงศึกษาธิการ

ข้อแนะนำทั่วไปในการใช้หนังสือเรียน

หนังสือเรียนเป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อให้ผู้เรียนได้ใช้ในการศึกษาเนื้อหาที่สำคัญ และเกิดทักษะที่จำเป็นที่สอดคล้องกับตัวชีวิต 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

คำถามระหว่างเรียนที่ช่วยประเมินการเรียนรู้ซึ่งผู้เรียนสามารถใช้ตรวจสอบว่าตนเองมีความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาแล้วหรือยัง



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 วิทยาศาสตร์ 2 ม.5"

สารบัญ		
บทที่	เนื้อหา	หน้า
1	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 การเคลื่อนที่แบบโปรเจกไทล์	27
	1.3.2 การเคลื่อนที่แบบวงกลม	32
	1.3.3 การเคลื่อนที่แบบสั่น	34
	สรุปเนื้อหาภายในบทเรียน	38
แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 1		

2	บทที่ 2 แรงในธรรมชาติ	41
	2.1 แรงโน้มถ่วงกับการเคลื่อนที่ของวัตถุต่าง ๆ รอบโลก	44
	2.1.1 แรงโน้มถ่วง กับแรงดึงดูดระหว่างมวล	45
	2.1.2 การเคลื่อนที่ของดาวเทียมและดวงจันทร์รอบโลก	47
	2.1.3 การประยุกต์ใช้ประโยชน์จากเรื่องแรงโน้มถ่วงและสนามโน้มถ่วง	48
2.2 สนามแม่เหล็กจากเส้นลวดที่มีกระแสไฟฟ้าผ่าน		51
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	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
พลังงาน	3.2.2 การเปลี่ยนแปลงพลังงานนิวเคลียร์จากฟิชชันเป็นพลังงานไฟฟ้า	101

สารบัญ		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
6 แสงสี	สรุปเนื้อหาภายในบทเรียน		179
	แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 5		180
	บทที่ 6 แสงสี		182
	6.1 การมองเห็นสีของวัตถุ		184
	6.2 ตากับการเห็นสี		185
	6.3 การบอดสี		187
	6.4 แผ่นกรองแสงสี		190
	6.5 การผสมแสงสี		192

6.6 การผสมสารสี	195
6.7 การมองเห็นสีของวัตถุภายใต้แสงสีต่าง ๆ	198
6.8 การนำไปใช้ประโยชน์ของสารสีและแสงสี	201
สรุปเนื้อหาภายในบทเรียน	202
แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 6	203

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



ipst.me/8880



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

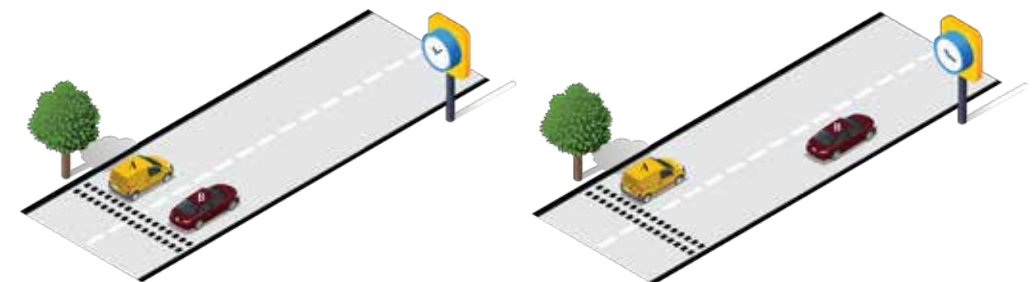
ในชีวิตประจำวัน เราจะพบเห็นการเคลื่อนที่ของวัตถุต่าง ๆ มากมาย เช่น คนเดิน รถยนต์แล่นบนถนน ผลไม้หล่นจากต้น ลูกฟุตบอลเคลื่อนที่ในอากาศ เด็กแกว่งชิงช้า เป็นต้น การเคลื่อนที่ดังกล่าวเกิดขึ้นได้อย่างไร มีลักษณะเฉพาะอย่างไร และขึ้นกับปัจจัยอะไรบ้าง ในบทนี้ เราจะมาศึกษาปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่และผลของแรงที่มีต่อการเคลื่อนที่แบบต่าง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

1.1 การเคลื่อนที่แนวตรง

การเคลื่อนที่แนวตรงเป็นการเคลื่อนที่ที่อยู่ในแนวเดียว เช่น การเคลื่อนที่ของรถยนต์บนถนนตรง การเคลื่อนที่ของลูกมะพร้าวเมื่อตกจากต้นสู่พื้นดิน การเคลื่อนที่ของนักกีฬาว่ายน้ำในลู่วิ่งสระ เป็นต้น การเคลื่อนที่แนวตรงเป็นการเคลื่อนที่ที่ไม่ซับซ้อนเพราะเป็นการเคลื่อนที่ใน 1 มิติเท่านั้น การเคลื่อนที่แนวตรงจึงเป็นตัวอย่างที่เหมาะสมในการศึกษาปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่เพื่อเป็นพื้นฐานสำหรับการศึกษาการเคลื่อนที่ลักษณะอื่น ๆ ต่อไป

1.1.1 ตำแหน่ง ระยะทาง และการกระจัด

เมื่อต้องการระบุว่าวัตถุใด ๆ นั้น มีการเคลื่อนที่หรือไม่ เราสามารถบอกได้จากอะไรบางอย่าง **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



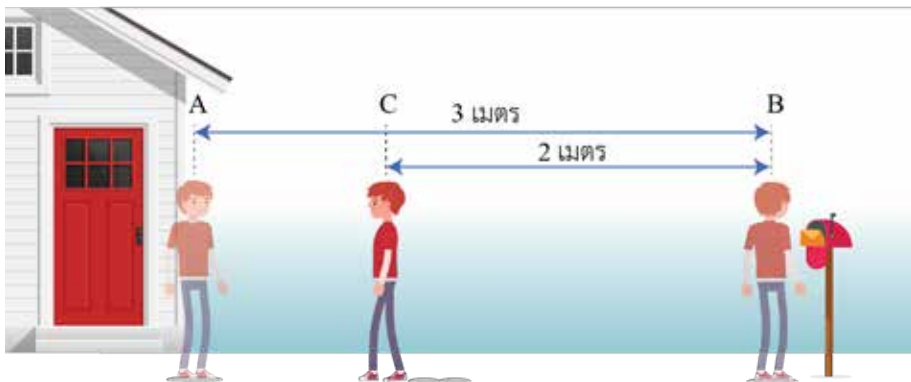
ก. รถ A และ B ในเวลา 16.00 น.

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 มีการเคลื่อนที่ (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 จะสามารถบอกปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของชายคนนี้ได้หรือไม่



รูป 1.2 การเคลื่อนที่และเปลี่ยนตำแหน่งของชายคนหนึ่ง

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

ระยะทางเป็นการอธิบายการเปลี่ยนตำแหน่งด้วยความยาวตามเส้นทางที่วัตถุเคลื่อนที่ เช่น การอธิบายการเคลื่อนที่ของชายในรูป 1.2 ถ้าให้ประตูบ้านเป็นจุดอ้างอิง ความยาวตามเส้นทางที่เคลื่อนที่ทั้งหมดของชายคนนี้ คือ ความยาวตามเส้นทางที่เคลื่อนที่จากประตูถึงตู้จดหมายเท่ากับ 3 เมตร และความยาวตามเส้นทางที่เคลื่อนที่จากตู้จดหมายถึงตำแหน่งสุดท้ายเท่ากับ 2 เมตร

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

การกระจัดเป็นการอธิบายการเปลี่ยนตำแหน่งจากตำแหน่งเริ่มต้นหรือจุดอ้างอิงไปยังตำแหน่งสุดท้าย เช่น ในรูป 1.2 ถ้าให้ประตูบ้านเป็นตำแหน่งเริ่มต้นหรือจุดอ้างอิง การกระจัดของชายคนนี้ตามเส้นทางที่เคลื่อนที่จากประตูบ้านไปยังตู้จดหมายและตำแหน่งสุดท้าย 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 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 มาตรอัตราเร็วของรถยนต์

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

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) และ แคนเดลา (cd)



ความรู้เพิ่มเติม

การบอกอัตราเร็วเฉลี่ยจะทำให้ทราบลักษณะการเคลื่อนที่ในช่วงเวลาหนึ่ง แต่ไม่อาจทราบถึงรายละเอียดทุกขณะของการเคลื่อนที่ จึงอาจทำให้เกิดความเข้าใจที่ไม่ครบถ้วนเกี่ยวกับการเคลื่อนที่นั้น ๆ เช่น ในการออกแบบโครงสร้างสำหรับกังหันลมจำเป็นต้องพิจารณาทั้งอัตราเร็วลมเฉลี่ยและอัตราเร็วลมขณะหนึ่ง 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

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

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

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

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) โดยในกรณีที่ความเร่งของวัตถุมีทิศเดียวกับความเร็ว วัตถุนั้นจะมีความเร็วเพิ่มขึ้น เช่น ช่วงเวลาที่เรือกำลังเพิ่มความเร็วจนออกตัวหรือขณะเคลื่อนที่



ความรู้เพิ่มเติม

รถยนต์และรถยนต์มีวิธีการลดความเร็วที่แตกต่างกัน การลดความเร็วของรถยนต์จะทำให้ใบพัดหมุนในทิศตรงข้ามกับทิศการหมุนของใบพัดที่ทำให้เรือเคลื่อนที่ไปข้างหน้า ความเร่งของเรือจึงมีทิศตรงข้ามกับการเคลื่อนที่ ซึ่งจะทำให้เรือมีความเร็วลดลงจนเป็นศูนย์ และหลังจากนั้นเรือจะเคลื่อนที่ถอยหลังด้วยความเร็วที่เพิ่มขึ้น ในขณะที่การลดความเร็วของรถยนต์จะใช้ระบบเบรกที่ล้อเพื่อทำให้ความเร่งของรถยนต์มีทิศตรงข้ามกับการเคลื่อนที่ ซึ่งจะทำให้รถยนต์มีความเร็วลดลงจนเป็นศูนย์เท่านั้น นั่นคือ การเบรกรถยนต์จะทำให้รถยนต์หยุดนิ่งแต่ไม่เคลื่อนที่ถอยหลัง



รูป ใบพัดรถยนต์ 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 เมตรต่อวินาที² (m/s²) 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 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 (เนื่องจากความเร่งที่ได้มีเครื่องหมายเป็นลบ)



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 ศึกษาได้จากการวิเคราะห์การตกของถุงทรายที่มีมวลต่าง ๆ กันในกิจกรรม 1.1



กิจกรรม 1.1 การเคลื่อนที่ของวัตถุในแนวตั้งภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลก

จุดประสงค์

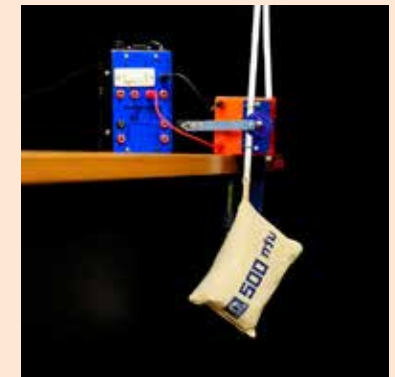
วิเคราะห์จุดบนแถบกระดาษเพื่ออธิบายความเร่งภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลก

วัสดุและอุปกรณ์

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

วิธีการทำกิจกรรม

1. ผูกถุงทราย 1 ถุง กับแถบกระดาษที่สอดผ่านเครื่องเคาะสัญญาณเวลา และถือถุงทรายไว้ ดังรูป 1.6
2. เปิดสวิตช์และปล่อยถุงทรายให้ตกลงมา
3. ทำซ้ำข้อ 1 และ 2 โดยเปลี่ยนถุงทรายเป็น 2 ถุง และ 3 ถุง
4. เปรียบเทียบจุดบนแถบกระดาษทั้งสามแถบ เพื่อวิเคราะห์ความเร่งในการตกของถุงทราย



รูป 1.6 การเคลื่อนที่ของถุงทรายภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลก

คำถามท้ายกิจกรรม



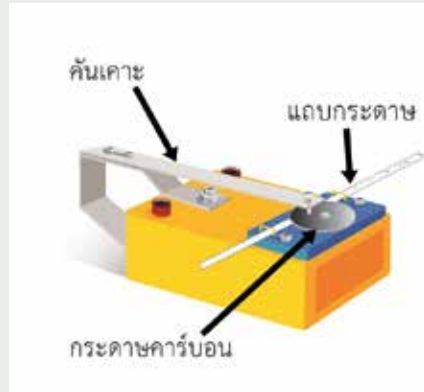
ขณะที่ถุงทรายเคลื่อนที่ ความเร็วของถุงทรายมีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่ อย่างไร



ถุงทรายจำนวน 1 ถุง 2 ถุง และ 3 ถุง เคลื่อนที่ด้วยความเร่งเท่ากันหรือไม่ อย่างไร



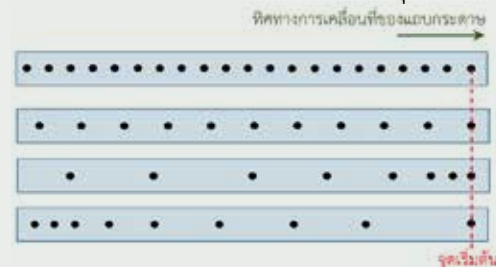
ความรู้เพิ่มเติม



รูป เครื่องเคาะสัญญาณเวลา

เครื่องเคาะสัญญาณเวลา (ticker timer) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้หาอัตราเร็วของวัตถุ ทำได้โดยการติดปลายแถบกระดาษข้างหนึ่งกับวัตถุ แล้วสอดปลายแถบกระดาษข้างหนึ่งใต้แผ่นกระดาษคาร์บอน เมื่อวัตถุเคลื่อนที่ก็จะดึงแถบกระดาษให้เคลื่อนที่ผ่านคั่นเคาะด้วยอัตราเร็วเท่ากับวัตถุ โดยคั่นเคาะจะสั่นด้วยความถี่เท่ากับ 50 ครั้งต่อวินาที ทำให้ปรากฏจุดเรียงกันเป็นบนแถบกระดาษ ที่มีช่วงเวลาในแต่ละช่วงจุดมีเท่ากัน คือ $1/50$ วินาที การวิเคราะห์ระยะทางและช่วงเวลาของการเคลื่อนที่ที่ปรากฏบนแถบกระดาษทำให้สามารถหาอัตราเร็วของวัตถุได้ ดังตัวอย่างแถบกระดาษต่อไปนี้

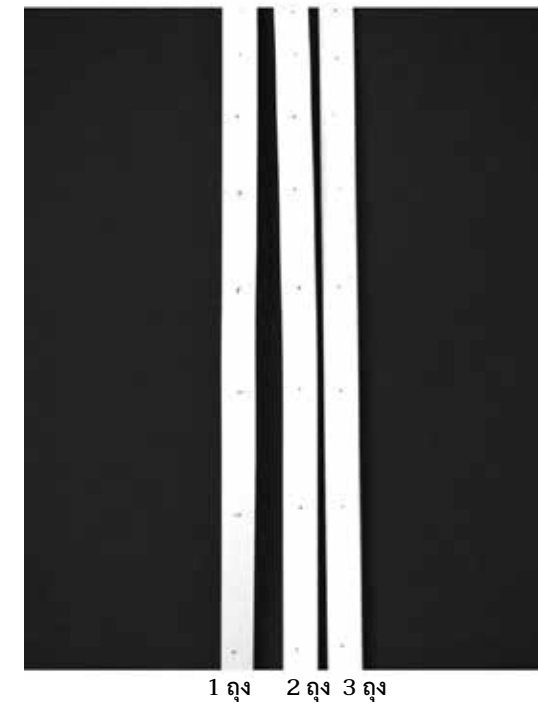
- วัตถุที่เคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วคงตัว จุดบนแถบกระดาษจะมีระยะห่างกันสม่ำเสมอ โดยวัตถุที่เคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วสูงแล้วทำให้จุดบนแถบกระดาษมีระยะห่างกันมากกว่าวัตถุที่เคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วต่ำ ดังรูป ก. และ ข.
- วัตถุที่เคลื่อนที่โดยมีอัตราเร็วที่เพิ่มขึ้น จะได้จุดบนแถบกระดาษที่มีระยะห่างเพิ่มขึ้น ดังรูป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



รูป ตัวอย่างแถบกระดาษในการหาอัตราเร็วของวัตถุ

- ก. วัตถุเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วต่ำคงตัว
- ข. วัตถุเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วสูงคงตัว
- ค. วัตถุเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วที่เพิ่มขึ้น
- ง. วัตถุเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วที่ลดลง

จากกิจกรรม 1.1 จะได้แถบกระดาษดังรูป 1.7 เมื่อพิจารณาจุดบนแถบกระดาษทั้งสามแถบจะพบว่า ลักษณะของจุดบนแถบกระดาษทั้งสามแถบเหมือนกันและมีระยะห่างระหว่างจุดสองจุดที่ติดกันเพิ่มขึ้น จึงสามารถสรุปได้ว่าการเคลื่อนที่ของวัตถุทั้งสามกรณีมีความเร่งเท่ากัน และจากการศึกษาโดยละเอียดพบว่า ความเร่งดังกล่าวมีค่าคงตัวค่าหนึ่ง เรียกว่า **ความเร่งโน้มถ่วง** (gravitational acceleration) โดยความเร่งโน้มถ่วงไม่ขึ้นกับมวลของวัตถุ



รูป 1.7 แถบกระดาษจากการติดธงทราย 1 ธง (ซ้าย) 2 ธง (กลาง) และ 3 ธง (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 ระยะทางในการเคลื่อนที่และขนาดของการกระจัด มีค่าเท่ากันหรือไม่ อย่างไร



3. อัตราเร็วเฉลี่ยกับความเร็วเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไร



4. อัตราเร็วเฉลี่ยกับอัตราเร็วขณะหนึ่งของวัตถุมีค่าเท่ากันหรือไม่ อย่างไร



5. ถ้าวัตถุหนึ่งมีการเคลื่อนที่ด้วยความเร่งคงตัว วัตถุนั้นมีความเร็วคงตัวหรือไม่ อย่างไร

1.2 แรงและการเคลื่อนที่

ในชีวิตประจำวัน เราเห็นวัตถุต่าง ๆ มีการเปลี่ยนแปลงการเคลื่อนที่อยู่เสมอ เช่น นักฟุตบอลเตะลูกบอลทำให้ลูกบอลเคลื่อนที่ไปข้างหน้า นักกีฬาเบสบอลขว้างลูกบอลที่ไม่ป้องกันเปลี่ยนทิศทางการเคลื่อนที่ของลูกบอลไปกลับไปยังฝั่งตรงข้าม 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 การผลักของเล่นให้เคลื่อนที่

ในการเคลื่อนที่ของวัตถุ แรงที่กระทำกับวัตถุ มวลของวัตถุ และความเร่ง มีความสัมพันธ์กันหรือไม่ อย่างไร ศึกษาได้โดยการวิเคราะห์การเคลื่อนที่ของรถทดลองจากแรงดึงขนาดต่าง ๆ กัน และการวิเคราะห์การเคลื่อนที่ของรถทดลองที่มีมวลต่างกันแต่มีขนาดของแรงดึงเท่ากัน จากกิจกรรม 1.2



กิจกรรม 1.2 ความสัมพันธ์ระหว่างแรง มวล และความเร่ง

จุดประสงค์

วิเคราะห์การเคลื่อนที่ของรถทดลองเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างแรงที่กระทำต่อวัตถุ มวลของวัตถุ และความเร่งที่เกิดจากแรงนั้น

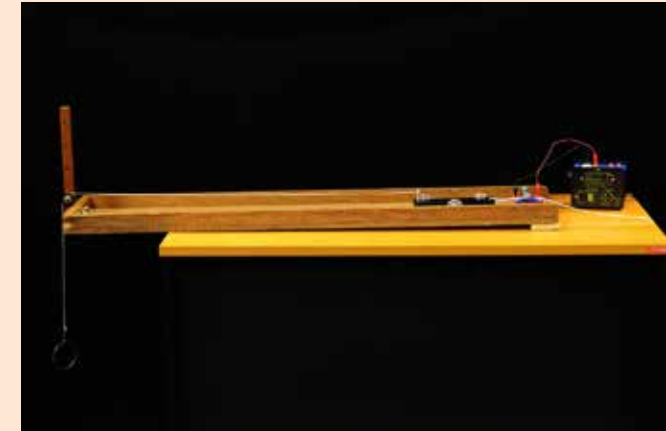
วัสดุและอุปกรณ์

- | | |
|--------------------------|-----------|
| 1. เครื่องเคาะสัญญาณเวลา | 1 เครื่อง |
| 2. หม้อแปลงโวลต์ต่ำ | 1 เครื่อง |
| 3. รางไม้พร้อมแขนรางไม้ | 1 ชุด |
| 4. แถบกระดาษ | 8 แถบ |
| 5. รถทดลอง | 1 คัน |
| 6. แท่งเหล็กมวล 500 กรัม | 3 แท่ง |
| 7. ขอเกี่ยว | 1 อัน |
| 8. นอต | 4 ตัว |
| 9. เชือก | 1 เส้น |

วิธีการทำกิจกรรม

ตอนที่ 1 ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับความเร่งเมื่อมวลของวัตถุมีค่าคงตัว

1. ติดตั้งอุปกรณ์ และสอดแถบกระดาษที่ติดกับรถทดลองให้ผ่านเครื่องเคาะสัญญาณ โดยปลายอีกด้านของรถทดลองผูกกับเชือกผ่านรอกที่มีขอเกี่ยวโลหะแขวนไว้ ดังรูป 1.10
2. ถ่วงนอต 1 ตัวที่ขอเกี่ยวโลหะและจับรถทดลองไว้ให้อยู่นิ่ง เปิดสวิตช์ให้เครื่องเคาะสัญญาณเวลาทำงาน แล้วปล่อยรถทดลองให้เคลื่อนที่
3. ทำซ้ำในข้อ 1 และ 2 โดยเปลี่ยนจำนวนนอตที่ถ่วงเป็น 2 ตัว 3 ตัว และ 4 ตัว
4. วิเคราะห์จุดบนแถบกระดาษและเปรียบเทียบระยะทางของจุดบนแถบกระดาษทั้ง 4 แถบ



รูป 1.10 การจัดอุปกรณ์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างแรง มวล และความเร่ง

คำถามท้ายกิจกรรม

-  มวลของรถทดลองในแต่ละกรณี มีค่าคงตัวหรือไม่
-  จากจุดบนแถบกระดาษที่ถ่วงด้วยนอต 1 ตัว สามารถอธิบายความเร็วและความเร่งของรถทดลองได้อย่างไร
-  เมื่อเปรียบเทียบความเร่งของรถทดลองจากแถบกระดาษที่ถ่วงด้วยนอต 1 ตัว 2 ตัว 3 ตัว และ 4 ตัว รถทดลองในแต่ละกรณีมีความเร่งเท่ากันหรือไม่ อย่างไร
-  จำนวนนอตมีความสัมพันธ์กับแรงที่กระทำกับรถทดลองอย่างไร
-  ขนาดของแรงที่กระทำกับรถทดลองมีความสัมพันธ์กับขนาดของความเร่งอย่างไร

ตอนที่ 2 ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างมวลกับความเร่งเมื่อแรงมีค่าคงตัว

1. สอดแถบกระดาษที่ติดกับรถทดลองให้ผ่านเครื่องเคาะสัญญาณ โดยปลายอีกด้านของรถทดลองผูกกับเชือกผ่านรอกที่มีขอเกี่ยวโลหะที่ถ่วงด้วยนอต 4 ตัว และจับรถทดลองไว้ให้อยู่นิ่ง
2. เปิดสวิตช์ให้เครื่องเคาะสัญญาณเวลาทำงาน ปล่อยรถทดลองให้เคลื่อนที่

3. ทำการทดลองซ้ำข้อที่ 1 และ 2 แต่เพิ่มมวลรถทดลองโดยวางแท่งเหล็กมวล 500 กรัม จำนวน 1 แท่ง 2 แท่ง และ 3 แท่ง บนรถทดลอง
4. วิเคราะห์จุดบนแถบกระดาษและเปรียบเทียบระยะห่างของจุดบนแถบกระดาษทั้ง 4 แถบ

คำถามท้ายกิจกรรม

1. แรงที่กระทำให้รถทดลองเกิดการเคลื่อนที่ในแต่ละกรณี มีค่าคงตัวหรือไม่
2. เปรียบเทียบแถบกระดาษในกรณีที่ไม่มีแท่งเหล็ก และกรณีที่วางแท่งเหล็ก 1 แท่ง 2 แท่ง และ 3 แท่ง รถทดลองในแต่ละกรณีมีความเร่งเท่ากันหรือไม่ อย่างไร
3. จำนวนแท่งเหล็กมีความสัมพันธ์กับมวลรวมของรถทดลองอย่างไร
4. มวลรวมของรถทดลองมีความสัมพันธ์กับขนาดของความเร่งอย่างไร

จากกิจกรรม 1.2 ตอนที่ 1 พบว่า เมื่อมีแรงดึงจากนอตกระทำต่อรถทดลองจะทำให้รถทดลองเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง โดยในกรณีที่มวลของรถทดลองมีค่าคงตัวและแรงที่กระทำต่อรถมีค่าเพิ่มขึ้นจากการเพิ่มจำนวนนอต จะทำให้รถทดลองเคลื่อนที่ด้วยความเร่งที่มีค่าเพิ่มขึ้น และจากตอนที่ 2 พบว่า เมื่อแรงดึงรถทดลองมีค่าคงตัว แต่มวลรวมของรถทดลองมีค่าเพิ่มขึ้นด้วยการวางแท่งเหล็ก จะทำให้รถทดลองเคลื่อนที่ด้วยความเร่งที่มีค่าลดลง

จากกิจกรรม 1.2 ทั้ง 2 ตอน สามารถเชื่อมโยงการออกแรงกระทำกับวัตถุในชีวิตประจำวันได้ เช่น การโยนก้อนหินที่มีมวลเท่ากัน จะพบว่า การโยนก้อนหินด้วยแรงมาก ๆ ทำให้ก้อนหินเคลื่อนที่ด้วยความเร่งก่อนหลุดจากมือมากกว่าการโยนก้อนหินด้วยแรงน้อย ๆ ก้อนหินที่ถูกโยนด้วยแรงมากจึงหลุดจากมือด้วยความเร็วมากกว่าก้อนหินที่โยนด้วยแรงน้อย ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองในตอนต้น 1 ในขณะที่



ความรู้เพิ่มเติม

ความสัมพันธ์ระหว่างแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุ มวล และความเร่งของวัตถุ สามารถเขียนได้ในรูปของสมการ

$$\Sigma \vec{F} = m\vec{a}$$

เมื่อ $\Sigma \vec{F}$ คือ แรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุ

m คือ มวลของวัตถุ

$\vec{a}$ คือ ความเร่งของวัตถุ

การโยนก้อนหินมีมวลต่างกันมาก ๆ ด้วยแรงที่เท่ากัน ก้อนหินก้อนเล็กที่มีมวลน้อย ๆ จะเคลื่อนที่ด้วยความเร่งก่อนหลุดจากมือที่มากกว่าก้อนหินที่มีมวลมาก ๆ ก้อนหินที่มีมวลน้อยจึงหลุดจากมือด้วยความเร็วมากกว่าก้อนหินที่มีมวลมาก ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองในตอนต้น 2



รูป 1.11 การขว้างหิน

1.2.2 การหาแรงลัพธ์

เราได้ทราบมาแล้วว่า ถ้ามีแรงตั้งแต่สองแรงกระทำต่อวัตถุในแนวเดียวกัน สามารถหาแรงลัพธ์โดยวิธีการนำขนาดของแรงมารวมกันได้โดยตรง ถ้าแรงทั้งสองที่กระทำต่อวัตถุมีทิศทางเดียวกัน แรงลัพธ์จะมีขนาดเท่ากับผลบวกระหว่างขนาดของแรงทั้งสอง และมีทิศทางเดียวกับแรงทั้งสอง ถ้าแรงทั้งสองที่กระทำต่อวัตถุมีทิศทางตรงกันข้าม แรงลัพธ์จะมีขนาดเท่ากับผลต่างของขนาดของแรงทั้งสอง และมีทิศทางเดียวกับทิศของแรงที่มีขนาดมากกว่า นอกจากกรณีที่แรงที่กระทำต่อวัตถุอยู่ในแนวเดียวกันแล้ว การหาแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุของแรงหลายแรงโดยแรงดังกล่าวทำมุมใด ๆ ต่อกันจะมีวิธีการอย่างไร ศึกษาได้จากกิจกรรม 1.3



ทบทวนความรู้

การรวมแรงสองแรงที่กระทำต่อวัตถุในแนวเดียวกัน สามารถนำมารวมกันได้โดยตรงดังนี้



ก. แรงลัพธ์ที่กระทำกับกล่องเท่ากับ 7 N



ข. แรงลัพธ์ที่กระทำกับกล่องเท่ากับ 1 N



กิจกรรม 1.3 การหาขนาดและทิศทางของแรงลัพธ์ของแรงสองแรงที่ทำมุมต่อกัน

จุดประสงค์

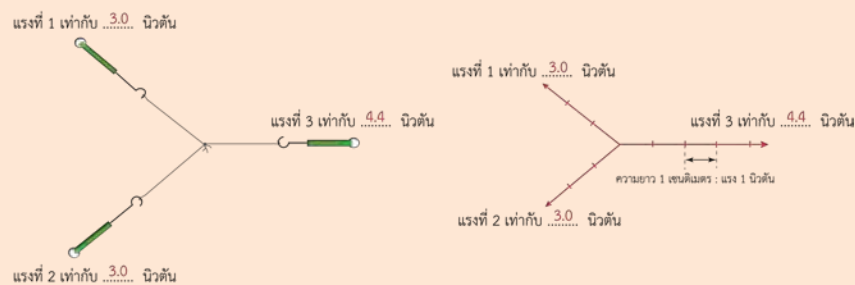
วิเคราะห์ขนาดและทิศทางของแรงของแรงสองแรงที่กระทำมุมใด ๆ ต่อกันเพื่อหาขนาดและทิศทางของแรงลัพธ์

วัสดุและอุปกรณ์

1. เครื่องชั่งสปริง 3 เครื่อง
2. เชือก 3 เส้น

วิธีการทำกิจกรรม

1. นำปลายเชือก 3 เส้น มาผูกรวมกันเป็นปม ส่วนปลายของเชือกที่เหลือทำเป็นห่วง แล้ววางบนกระดานขาว
2. ใช้เครื่องชั่งสปริง 3 อัน เกี่ยวกับห่วงเชือกแล้วดึงเครื่องชั่งสปริงทั้งสามในแนวระดับ โดยเริ่มจากดึงเครื่องชั่งสปริงสองอันให้ทำมุมค่าหนึ่ง จากนั้นพยายามดึงเครื่องชั่งสปริงที่ 3 จนปมของเชือกหยุดนิ่ง เขียนแนวแรงตามแนวเส้นเชือกลงบนกระดานขาวและบันทึกค่าของแรงทั้งสาม ดังตัวอย่างในรูป 1.12 ก.
3. เขียนเวกเตอร์ของแรงทั้งสามตามแนวแรงของเส้นเชือก โดยใช้อัตราส่วนแรงขนาด 1 นิวตัน เท่ากับเวกเตอร์ขนาด 1 เซนติเมตร ดังตัวอย่างในรูป 1.12 ข.



ก. ตัวอย่างการบันทึกขนาดของแรง

ข. ตัวอย่างการเขียนเวกเตอร์ของแรง

รูป 1.12 การหาขนาดและทิศทางของแรงลัพธ์

4. หาแรงลัพธ์ของเวกเตอร์ของแรงที่ 1 และแรงที่ 2 โดยการสร้างรูปสามเหลี่ยม ด้วยการเขียนเวกเตอร์ของแรงที่ 2 โดยให้หางของเวกเตอร์ของแรงที่ 2 ต่อจากหัวเวกเตอร์ของแรงที่ 1 จากนั้นลากเวกเตอร์จากหางเวกเตอร์ของแรงที่ 1 ไปยังหัวเวกเตอร์ของแรงที่ 2 เป็นแรงลัพธ์ของแรงทั้งสอง แล้วเปรียบเทียบขนาดและทิศทางกับเวกเตอร์ของแรงที่ 3
5. หาแรงลัพธ์ของเวกเตอร์ของแรงที่ 1 และแรงที่ 2 โดยการสร้างรูปสี่เหลี่ยมด้านขนาน ด้วยการเขียนให้หางของเวกเตอร์ของแรงที่ 1 และแรงที่ 2 เริ่มจากตำแหน่งเดียวกัน ลากเส้นประจากหัวของเวกเตอร์ทั้งสองให้เกิดเป็นรูปสี่เหลี่ยมด้านขนาน แล้วลากเวกเตอร์เส้นทแยงมุมของสี่เหลี่ยมด้านขนานจากหางเวกเตอร์ทั้งสองไปที่มุมตรงข้าม เป็นแรงลัพธ์ของแรงทั้งสอง แล้วเปรียบเทียบขนาดและทิศทางกับเวกเตอร์ของแรงที่ 3

คำถามท้ายกิจกรรม



เมื่อนำขนาดของแรงที่ 1 มารวมกับขนาดของแรงที่ 2 จะเท่ากับขนาดของแรงที่ 3 หรือไม่ อย่างไร



แรงลัพธ์ของแรงที่ 1 กับแรงที่ 2 จากวิธีในข้อ 4 มีขนาดและทิศทางเป็นอย่างไร เมื่อเทียบกับแรงที่ 3



แรงลัพธ์ของแรงที่ 1 กับแรงที่ 2 จากวิธีในข้อ 5 มีขนาดและทิศทางเป็นอย่างไร เมื่อเทียบกับแรงที่ 3



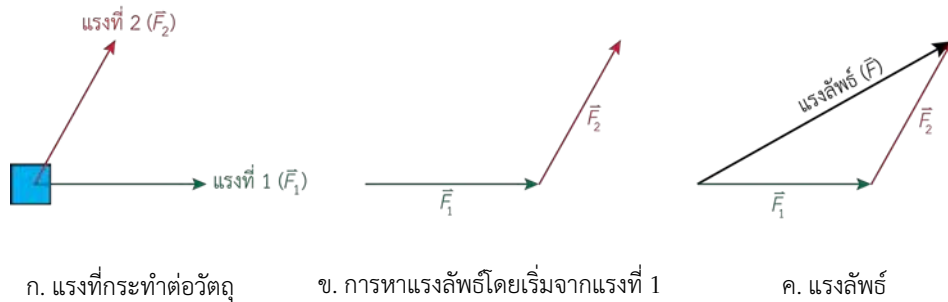
ชวนคิด

จากกิจกรรม 1.3 แรงลัพธ์ของแรงทั้งสามมีค่าเท่าใด และหาได้อย่างไร

จากกิจกรรม 1.3 พบว่า ในกรณีที่แรงกระทำต่อปมเชือกจำนวน 3 แรง แล้วทำให้ปมเชือกหยุดนิ่ง ผลรวมของแรงที่ 1 และแรงที่ 2 ซึ่งเรียกว่าแรงลัพธ์ระหว่างแรงที่ 1 และแรงที่ 2 จะมีขนาดเท่ากับขนาดของแรงที่ 3 แต่มีทิศตรงกันข้าม จากกิจกรรมดังกล่าวจะเห็นได้ว่าการหาแรงลัพธ์ของแรงสองแรงสามารถทำได้ด้วยการเขียนแผนภาพที่เรียกว่า การรวมแบบเวกเตอร์ ซึ่งมี 2 วิธี คือ การสร้างรูปสามเหลี่ยมและการสร้างรูปสี่เหลี่ยมด้านขนาน

การหาแรงลัพธ์ด้วยวิธีการสร้างรูปสามเหลี่ยม

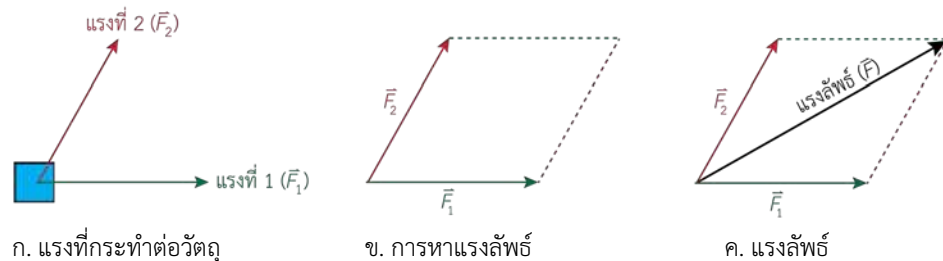
การหาแรงลัพธ์ด้วยวิธีการสร้างรูปสามเหลี่ยมระหว่างแรงที่ 1 ($\vec{F}_1$) และแรงที่ 2 ($\vec{F}_2$) ที่กระทำต่อวัตถุ ดังรูป 1.13 ก. ทำได้โดยนำหางลูกศรของแรงที่ 2 ($\vec{F}_2$) ไปต่อกับหัวลูกศรของแรงที่ 1 ($\vec{F}_1$) ลากเส้นจากหางลูกศรของแรงที่หนึ่งไปยังหัวลูกศรของแรงที่ 2 จะได้แรงลัพธ์ ($\vec{F}$) ดังรูป 1.13 ข. ขนาดของแรงลัพธ์หาได้จากการวัดความยาวของแรงลัพธ์แล้วเทียบอัตราส่วนกับขนาดของแรง และหาทิศทางจากทิศที่หัวลูกศรของแรง $\vec{F}$ ชี้ไป ดังรูป 1.13 ค. ทั้งนี้ในการหาแรงลัพธ์สามารถเขียนแรงที่ 1 ($\vec{F}_1$) หรือ แรงที่ 2 ($\vec{F}_2$) ก่อนหรือหลังก็ได้ ซึ่งจะทำให้ได้แรงลัพธ์ที่มีขนาดและทิศทางเท่ากัน



รูป 1.13 การหาแรงลัพธ์ของแรง $\vec{F}_1$ และ $\vec{F}_2$ โดยการสร้างรูปสามเหลี่ยม

การหาแรงลัพธ์ด้วยวิธีการสร้างรูปสี่เหลี่ยมด้านขนาน

การหาแรงลัพธ์ด้วยวิธีการสร้างรูปสี่เหลี่ยมด้านขนานระหว่างแรงที่ 1 ($\vec{F}_1$) และ แรงที่ 2 ($\vec{F}_2$) ที่กระทำต่อวัตถุ ดังรูป 1.14 ก. ทำได้โดยการนำหางของแรงที่ 1 ($\vec{F}_1$) ต่อกับหางของแรงที่ 2 ($\vec{F}_2$) แล้วสร้างรูปสี่เหลี่ยมด้านขนาน ดังรูป 1.11 ข. แรงลัพธ์ คือ เวกเตอร์ของเส้นทแยงมุมที่ลากจากมุมที่หางของแรงทั้งสองพบกันไปยังมุมตรงข้าม ดังรูป 1.14 ค.



โดยการสร้างรูปสี่เหลี่ยมด้านขนาน

รูป 1.14 การหาแรงลัพธ์ของแรง $\vec{F}_1$ และ $\vec{F}_2$ โดยการสร้างรูปสี่เหลี่ยมด้านขนาน

ในการออกแบบสิ่งก่อสร้าง เช่น บ้าน อาคาร รั้ว กำแพง ผู้ที่ทำหน้าที่ออกแบบสิ่งก่อสร้างและช่างผู้ก่อสร้างจะต้องใช้ความรู้เรื่องแรงและการรวมแรงมาพิจารณารากฐานรากของสิ่งก่อสร้างเพื่อให้สามารถรับน้ำหนักได้อย่างมั่นคงและไม่เกิดการทรุดตัว รวมถึงพิจารณาโครงสร้างอื่น ๆ ของสิ่งก่อสร้าง เช่น โครงหลังคา คาน ผนังห้อง ให้สามารถรับแรงกดและแรงดึงได้โดยไม่หลุด แตก ร้าว หรือฉีกขาดออกจากกัน นอกจากนี้ ความรู้เกี่ยวกับเรื่องแรงและการรวมแรงยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบและสร้างสิ่งของต่าง ๆ ในชีวิตประจำวันอีกมากมาย เช่น โต๊ะ เก้าอี้ รถยนต์ ถนน สะพาน เป็นต้น



รูป 1.15 โครงสร้างบ้าน

1.2.3 แรงกิริยาและแรงปฏิกิริยา

เราได้ทราบมาแล้วว่า การออกแรงกระทำกับวัตถุ จะส่งผลให้วัตถุเกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพการเคลื่อนที่ ซึ่งในขณะที่มีแรงกระทำต่อวัตถุนั้น วัตถุจะมีการตอบสนองต่อแรงที่กระทำนั้นหรือไม่ อย่างไร

หลายคนอาจเคยเล่นกีฬาบอลเลย์บอลมาบ้างแล้ว ซึ่งจะพบว่า เมื่อออกแรงกระทำต่อลูกบอลเลย์บอล ดังรูป 1.16 ผู้เล่นจะรู้สึกเจ็บเมื่อแขนกระทบกับลูกบอลเลย์บอล ยิ่งออกแรงมากเท่าไร ก็จะทำให้รู้สึกเจ็บที่บริเวณแขนมากขึ้นเท่านั้น แสดงว่าในขณะที่แขนออกแรงกระทำต่อลูกบอลเลย์บอล ลูกบอลเลย์บอลก็ออกแรงกระทำต่อแขนเช่นกัน อาจทดลองโดยใช้สันมือเคาะที่ขอบโต๊ะเบา ๆ จะรู้สึกเจ็บสันมือเล็กน้อย แต่ถ้าเคาะแรงขึ้นก็จะเจ็บมากขึ้น



รูป 1.16 การออกแรงกระทำต่อลูกบอลเลย์บอล

ขณะที่วัตถุหนึ่งออกแรงกระทำต่อวัตถุอีกอันหนึ่ง วัตถุที่ถูกแรงกระทำก็ออกแรงตอบโต้กลับ เรียกแรงที่กระทำระหว่างวัตถุคู่หนึ่ง ๆ ว่า **แรงกิริยา** (action force) กับ **แรงปฏิกิริยา** (reaction force) แรงทั้งสองนี้มีขนาดและทิศทางอย่างไร ศึกษาได้จากกิจกรรม 1.4



กิจกรรม 1.4 แรงกิริยาและแรงปฏิกิริยา

จุดประสงค์

วิเคราะห์ขนาดและทิศทางของแรงระหว่างวัตถุคู่หนึ่ง ๆ เพื่ออธิบายแรงกิริยาและแรงปฏิกิริยา

วัสดุและอุปกรณ์

เครื่องชั่งสปริง 2 อัน

วิธีการทำกิจกรรม

- นำปลายของเครื่องชั่งสปริงทั้ง 2 อัน มาเกี่ยวกัน โดยยึดปลายอีกด้านหนึ่งของเครื่องชั่งสปริงอันที่หนึ่งกับที่ยึด จากนั้นออกแรงดึงเครื่องชั่งสปริงอันที่สอง ดังรูป 1.17 สังเกตและอ่านค่าของแรงที่ได้จากเครื่องชั่งสปริงทั้งสองพร้อมกัน บันทึกผล
- ทำการทดลองซ้ำอีก 2 ครั้ง โดยเปลี่ยนขนาดของแรงดึงเครื่องชั่งสปริงอันที่สอง



รูป 1.17 การออกแรงดึงเครื่องชั่งสปริงที่เกี่ยวข้อง

คำถามท้ายกิจกรรม



แรงที่เครื่องชั่งสปริงอันที่ 2 กระทำกับเครื่องชั่งสปริงอันที่ 1 และ แรงที่เครื่องชั่งสปริงอันที่ 1 กระทำกับเครื่องชั่งสปริงอันที่ 2 เกิดขึ้นพร้อมกันหรือไม่



แรงที่เครื่องชั่งสปริงอันที่ 2 กระทำกับเครื่องชั่งสปริงอันที่ 1 และ แรงที่เครื่องชั่งสปริงอันที่ 1 กระทำกับเครื่องชั่งสปริงอันที่ 2 มีขนาดเป็นอย่างไร



แรงที่เครื่องชั่งสปริงอันที่ 2 กระทำกับเครื่องชั่งสปริงอันที่ 1 และแรงที่เครื่องชั่งสปริงอันที่ 1 กระทำกับเครื่องชั่งสปริงอันที่ 2 มีทิศเดียวกันหรือไม่ อย่างไร

จากกิจกรรม 1.4 แรงที่เครื่องชั่งสปริงทั้งสองกระทำซึ่งกันและกัน เป็นแรงที่กระทำคนละวัตถุ ซึ่งเกิดขึ้นพร้อมกัน มีขนาดเท่ากัน แต่มีทิศทางตรงข้ามกัน แรงคู่นี้เรียกว่า แรงกิริยาและแรงปฏิกิริยา

ตัวอย่างของแรงกิริยาและแรงปฏิกิริยา เช่น เมื่อพายเรือ แรงกิริยาที่ไม้พายกระทำกับน้ำ ทำให้น้ำเคลื่อนที่ไปข้างหลัง และจะเกิดแรงปฏิกิริยาที่น้ำกระทำกับไม้พายด้วยขนาดเท่ากันแต่ทิศทางตรงกันข้าม ทำให้ไม้พายและเรือเคลื่อนที่ไปข้างหน้า ดังรูป



รูป 1.18 แรงกิริยาที่ไม้พายกระทำกับน้ำจะเกิดแรงปฏิกิริยาที่น้ำกระทำกับไม้พาย



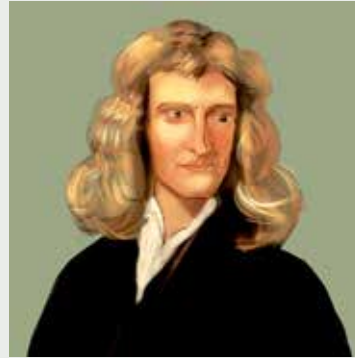
ความรู้เพิ่มเติม

ไอแซก นิวตัน (Isaac Newton ค.ศ. 1642 - 1727) นักวิทยาศาสตร์และนักคณิตศาสตร์ชาวอังกฤษ เป็นผู้อธิบายว่า ทำไมวัตถุจึงตกลงสู่พื้นโลกด้วยความเร่ง เขาได้ตั้งกฎการเคลื่อนที่ 3 ข้อ ซึ่งมีใจความดังนี้

ข้อ 1 วัตถุคงสภาพอยู่นิ่งหรือสภาพเคลื่อนที่อย่างสม่ำเสมอในแนวเส้นตรง นอกจากจะมีแรงมากระทำ

ข้อ 2 เมื่อมีแรงมากระทำต่อวัตถุ จะทำให้วัตถุเกิดความเร่งในทิศทางเดียวกับแรงที่มากระทำ และขนาดของความเร่งนี้จะแปรผันตรงกับขนาดของแรงลัพธ์และแปรผกผันกับมวลของวัตถุ

ข้อ 3 ทุกแรงกิริยาจะต้องมีแรงปฏิกิริยาที่มีขนาดเท่ากันและทิศทางตรงข้ามเสมอ



รูป ไอแซก นิวตัน



ตรวจสอบความเข้าใจ



1. แรงในชีวิตประจำวันมีลักษณะอย่างไร



2. แรงที่กระทำต่อวัตถุ มวลของวัตถุ และความเร่งของวัตถุ มีความสัมพันธ์กันอย่างไร



3. เมื่อออกแรงกระทำต่อวัตถุหนึ่ง วัตถุนั้นจะออกแรงกระทำกลับ เสมอไปหรือไม่

1.3 การเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ

การเคลื่อนที่ที่เราพบเห็นจริงในชีวิตประจำวันไม่ได้มีเฉพาะแต่การเคลื่อนที่แนวตรงเท่านั้น แต่ยังมีเคลื่อนที่แบบอื่น ๆ ด้วย ตัวอย่างเช่น การเคลื่อนที่ของลูกบาสเกตบอลในอากาศที่เป็นแนวโค้ง การหมุนของใบพัดลม การแกว่งของชิงช้าหรือลูกตุ้มนาฬิกา เป็นต้น การอธิบายการเคลื่อนที่ของวัตถุดังกล่าว สามารถศึกษาใช้ความรู้เกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ การเคลื่อนที่แบบวงกลม และการเคลื่อนที่แบบสั่น

1.3.1 การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์

เราทราบมาแล้วว่า วัตถุที่เคลื่อนที่ในแนวโค้งภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลกจะเคลื่อนที่เป็นแนวตรงโดยมีความเร่งคงตัว ซึ่งถ้าวัตถุอยู่สูงจากพื้นโลกไม่มากนัก ความเร่งของวัตถุจะมีค่าประมาณ 9.8 เมตรต่อวินาที² แต่ถ้าในกรณีที่วัตถุเคลื่อนที่ในแนวอื่น ๆ ที่ไม่ใช่แนวโค้งภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลก การเคลื่อนที่ของวัตถุดังกล่าวจะมีลักษณะเป็นเช่นใด

ถ้าเราโยนลูกบาสเกตบอล เราพบว่าลูกบาสเกตบอลจะมีแนวการเคลื่อนที่เป็นแนวโค้ง ดังรูป



รูป 1.19 แนวการเคลื่อนที่เป็นแนวโค้งของการโยนลูกบาสเกตบอล

การเคลื่อนที่เป็นแนวโค้งของลูกบาสเกตบอลประกอบด้วยการเคลื่อนที่ทั้งแนวระดับและแนวตั้งพร้อมกัน ซึ่งการเคลื่อนที่ทั้งสองแนวมีความสัมพันธ์กันหรือไม่ และการเคลื่อนที่ในแนวตั้งของการเคลื่อนที่ในแนวโค้งนี้มีความเหมือนหรือแตกต่างจากการตกแบบเสรีอย่างไร สามารถศึกษาได้จากกิจกรรม 1.5



กิจกรรม 1.5 การเคลื่อนที่แนวโค้งภายใต้แรงโน้มถ่วง

จุดประสงค์

วิเคราะห์การเคลื่อนที่ของวัตถุในแนวระดับและแนวตั้งเพื่ออธิบายผลของความเร่งที่มีต่อการเคลื่อนที่แนวโค้งภายใต้แรงโน้มถ่วง

วัสดุและอุปกรณ์

- | | |
|--------------|----------|
| 1. เหรียญ | 2 เหรียญ |
| 2. ไม้บรรทัด | 2 อัน |

วิธีการทำกิจกรรม

- เตรียมเหรียญ 2 เหรียญ ที่มีลักษณะเหมือนกันทุกประการ
- วางเหรียญที่ 1 ไว้บริเวณมุมโต๊ะโดยให้เหรียญชิดกับขอบโต๊ะด้านหนึ่ง
- วางไม้บรรทัดให้ขนานกับขอบโต๊ะด้านที่วางเหรียญที่ 1 ไว้และให้ไม้บรรทัดสัมผัสกับเหรียญนี้ โดยให้ปลายไม้บรรทัดด้านหนึ่งยื่นออกไปนอกโต๊ะ จากนั้นใช้มือกดปลายไม้บรรทัดด้านที่อยู่บนโต๊ะไว้เพื่อให้ปลายนี้เป็นจุดหมุน
- วางเหรียญที่ 2 ไว้บนปลายไม้บรรทัดด้านที่ยื่นออกมาจากโต๊ะ ดังรูป 1.20 จากนั้นใช้ไม้บรรทัดอีกอันเคาะปลายไม้บรรทัดด้านที่ยื่นออกมาจากโต๊ะโดยเร็ว
- สังเกตและบันทึกการเคลื่อนที่ของเหรียญทั้งสองที่ตกลงมา โดยอาจใช้นาฬิกาจับเวลากล้องบันทึกภาพเคลื่อนไหว หรือฟังเสียงกระทบพื้นของเหรียญทั้งสอง
- ทำซ้ำข้อ 1-5 โดยเปลี่ยนขนาดของแรงที่เคาะไม้บรรทัดให้เพิ่มขึ้น

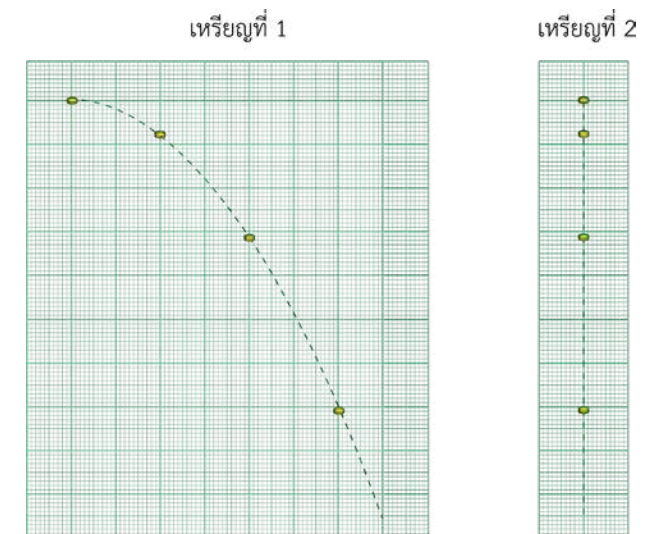


รูป 1.20 การศึกษาการเคลื่อนที่แนวโค้งภายใต้แรงโน้มถ่วง

คำถามท้าทายกิจกรรม

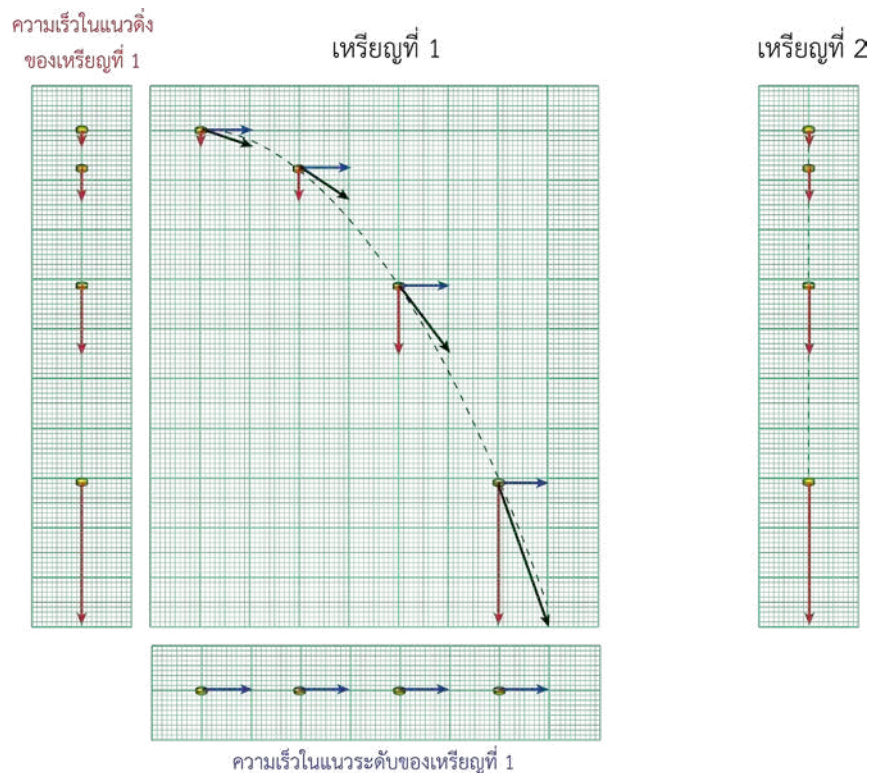
- เหรียญทั้งสองมีการเคลื่อนที่เหมือนหรือแตกต่างกัน อย่างไร
- เหรียญทั้งสองตกถึงพื้นพร้อมกันหรือไม่ อย่างไร
- เหรียญทั้งสองตกถึงพื้นตำแหน่งเดียวกันหรือไม่ อย่างไร
- เมื่อออกแรงเคาะไม้บรรทัดเพิ่มขึ้นเพื่อให้เหรียญที่ 1 มีความเร็วเริ่มต้นในแนวระดับเพิ่มขึ้น เหรียญทั้งสองตกถึงพื้นพร้อมกันหรือไม่ อย่างไร

จากกิจกรรม 1.5 พบว่า เหรียญที่ 1 มีการเคลื่อนที่เป็นเส้นโค้ง ส่วนเหรียญที่ 2 มีการเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงในแนวตั้ง โดยเหรียญทั้งสองใช้เวลาในการตกถึงพื้นเท่ากัน แม้เหรียญที่ 1 จะมีความเร็วเริ่มต้นในแนวระดับเพิ่มขึ้นแต่เหรียญดังกล่าวก็ยังตกถึงพื้นพร้อมกับเหรียญที่ 2 สามารถแสดงการเคลื่อนที่ของเหรียญได้ ดังรูป



รูป 1.21 การเคลื่อนที่ของเหรียญที่ 1 และเหรียญที่ 2

จากกิจกรรมที่ 1.5 จะพบว่า แรงจากไม้บรรทัดที่กระทำต่อเหรียญที่ 1 จะทำให้เหรียญที่ 1 เคลื่อนที่ในแนวระดับ เมื่อเหรียญนี้เคลื่อนที่ออกจากโต๊ะจะไม่ได้รับแรงใด ๆ ในแนวระดับกระทำ เหรียญนี้จึงเคลื่อนที่ในแนวระดับด้วยความเร็วคงตัว ส่วนความเร็วในแนวดิ่งในขณะที่เหรียญนี้เคลื่อนที่ออกจากโต๊ะมีค่าเท่ากับ 0 เมตรต่อวินาที ซึ่งเท่ากับความเร็วของเหรียญที่ 2 ที่ถูกปล่อยให้ตกแบบเสรี เหรียญทั้งสองจึงเคลื่อนที่ในแนวดิ่งด้วยความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกที่เท่ากัน ทำให้การเคลื่อนที่ในแนวดิ่งของเหรียญที่ 1 มีลักษณะเหมือนกับเหรียญที่ 2 ดังรูป 1.22 ข การเคลื่อนที่ทั้งในแนวระดับและแนวดิ่งของเหรียญที่ 1 ดังกล่าวจึงทำให้เหรียญนี้เคลื่อนที่เป็นแนวโค้ง ดังรูป 1.22 ก



ก. การเคลื่อนที่ของเหรียญที่ 1

ข. การเคลื่อนที่ของเหรียญที่ 2

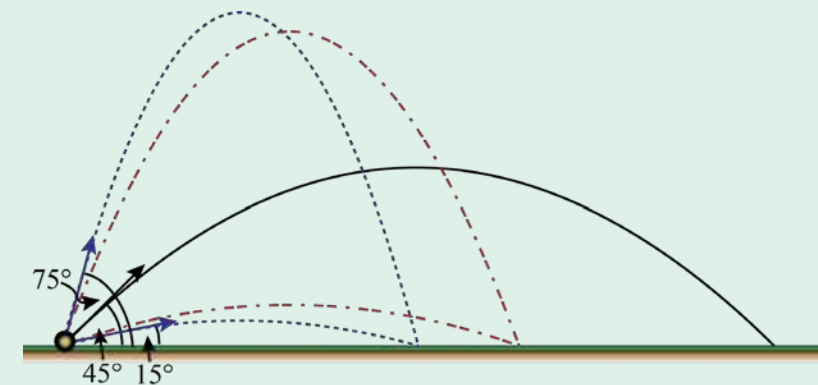
รูป 1.22 ความเร็วในการเคลื่อนที่ของเหรียญที่ 1 และ เหรียญที่ 2

การเคลื่อนที่ของเหรียญที่ 1 เป็นการเคลื่อนที่ของวัตถุที่เป็นแนวโค้งโดยมีการเคลื่อนที่ในแนวระดับด้วยความเร็วคงตัว และมีการเคลื่อนที่ในแนวดิ่งด้วยความเร่งคงตัว เรียกการเคลื่อนที่แบบนี้ว่า การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ (projectile motion)



รู้หรือไม่

การยิงวัตถุขึ้นจากพื้นออกไปเป็นมุมเงยที่มีขนาดต่าง ๆ กับแนวระดับ วัตถุจะมีความเร็วเริ่มต้นในแนวระดับและแนวดิ่ง ถ้าไม่คิดแรงต้านอากาศ การเคลื่อนที่ของวัตถุจะเป็นการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ การยิงวัตถุด้วยอัตราเร็วของวัตถุเท่ากันแต่ใช้มุมที่แตกต่างกันจะทำให้วัตถุตกห่างจุดยิงด้วยระยะทางที่แตกต่างกันและจะตกไกลที่สุดเมื่อมุมในการยิงวัตถุเท่ากับ 45 องศา กับแนวระดับ ดังรูป



รูป การยิงวัตถุขึ้นจากพื้นออกไปเป็นมุมเงยที่มีขนาดต่าง ๆ

ความรู้เกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์นำไปประยุกต์ใช้ในการทำให้วัตถุไปตกได้ไกลที่สุดหรือตกไปยังตำแหน่งตามที่ต้องการ เช่น การพุ่งแหลน การทุ่มน้ำหนัก การเตะลูกฟุตบอล การฉีบน้ำ และการโยนสิ่งของเพื่อข้ามสิ่งกีดขวาง

1.3.2 การเคลื่อนที่แบบวงกลม

การเคลื่อนที่หลายอย่างรอบตัวเรา เช่น รถยนต์หรือรถจักรยานยนต์ที่กำลังเลี้ยวโค้ง ดาวเทียมที่โคจรรอบโลก หรือ คนที่อยู่บนเครื่องเล่นในสวนสนุก ดังรูป 1.23 เป็นการเคลื่อนที่ที่มีแนวทางการเคลื่อนที่เป็นวงกลมหรือส่วนของวงกลม วัตถุดังกล่าวเคลื่อนที่ในแนววงกลมหรือส่วนของวงกลมได้อย่างไร สามารถศึกษาได้จากกิจกรรม 1.6



รูป 1.23 เครื่องเล่นในสวนสนุก



กิจกรรม 1.6 การเคลื่อนที่แบบวงกลมในแนวระดับ

จุดประสงค์

วิเคราะห์การเคลื่อนที่ของจุกยางเพื่ออธิบายผลของความเร่งที่มีต่อการเคลื่อนที่แบบวงกลมในแนวระดับ

วัสดุและอุปกรณ์

1. จุกยาง 1 อัน
2. เชือก 1 เส้น

วิธีการทำกิจกรรม

1. เหยียดจุกยางที่ผูกด้วยเชือกให้เป็นวงกลมในแนวระดับเหนือศีรษะ ดังรูป 1.24 สังเกตเส้นทางเคลื่อนที่ของจุกยาง ความเร็วในการเคลื่อนที่ของจุกยาง และแรงดึงเชือก
2. เหยียดจุกยางด้วยความเร็วในการเคลื่อนที่ของจุกยางให้เพิ่มขึ้น สังเกตแรงดึงเชือก

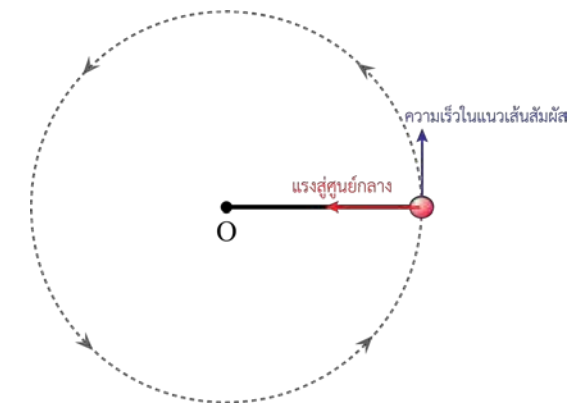


รูป 1.24 การศึกษาการเคลื่อนที่แบบวงกลม

คำถามท้าทายกิจกรรม

1. ในแต่ละขณะที่จุกยางเคลื่อนที่เป็นวงกลม มีแรงดึงเชือกกระทำต่อจุกยางหรือไม่ ในทิศทางใด
2. ในแต่ละขณะที่จุกยางเคลื่อนที่เป็นวงกลม ความเร็วของจุกยางมีทิศทางอย่างไร
3. ในแต่ละขณะที่จุกยางเคลื่อนที่เป็นวงกลม ขนาดของความเร็วในการเคลื่อนที่มีความสัมพันธ์กับแรงที่ใช้ดึงหรือไม่ อย่างไร

จากกิจกรรมที่ 1.6 พบว่า ขณะที่จุกยางเคลื่อนที่แบบวงกลมไปรอบมือ เราจะรู้สึกราวเชือกดึงมือโดยมีทิศของแรงพุ่งออกจากมือและในขณะเดียวกันเชือกก็จะดึงจุกยางโดยทิศของแรงพุ่งเข้าสู่ศูนย์กลางตลอดเวลา ซึ่งขนาดของแรงดึงจะขึ้นอยู่กับอัตราเร็วของจุกยาง ถ้าจุกยางมีอัตราเร็วมาก ก็จะต้องใช้แรงดึงมาก นั่นคือ วัตถุที่เคลื่อนที่เป็นวงกลม จะมีแรงกระทำต่อวัตถุซึ่งมีทิศทางเข้าหาศูนย์กลางของการเคลื่อนที่นั้นเสมอ โดยขนาดของแรงจะขึ้นอยู่กับอัตราเร็วของวัตถุ แรงนี้เรียกว่า **แรงสู่ศูนย์กลาง** (centripetal force) และจากที่ทราบมาแล้วว่า แรงมีความสัมพันธ์ความเร่งและมีทิศเดียวกันเสมอ จึงสรุปได้ว่า วัตถุเคลื่อนที่เป็นวงกลมมีความเร่งในทิศทางเข้าสู่ศูนย์กลางการเคลื่อนที่ เรียกว่า **ความเร่งสู่ศูนย์กลาง** (centripetal acceleration) ส่วนความเร็วขณะหนึ่งของวัตถุมีทิศทางอยู่ในแนวเส้นสัมผัสกับเส้นรอบวงกลม ซึ่งตั้งฉากกับความเร่งสู่ศูนย์กลางเสมอ ดังรูป 1.25 การเคลื่อนที่รูปแบบนี้เรียกว่า **การเคลื่อนที่แบบวงกลม** (circular motion)



รูป 1.25 วัตถุที่เคลื่อนที่แบบวงกลม

จากความรู้เรื่องการเคลื่อนที่แบบวงกลมสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการขับรถเลี้ยวโค้งให้ปลอดภัย การที่รถจะเลี้ยวโค้งได้อย่างปลอดภัยจำเป็นต้องอาศัยแรงสู่ศูนย์กลางเพื่อไม่ให้รถไถลออกไปนอกโค้ง โดยแรงสู่ศูนย์กลางที่เกิดขึ้นเมื่อรถเลี้ยวโค้งบนถนนราบจะเกิดจากแรงเสียดทานระหว่างล้อกับพื้นถนน ในบางแห่ง ได้มีการออกแบบถนนโค้งให้ขอบด้านนอกของทางโค้งยกเอียงสูงขึ้นเพื่อเพิ่มแรงสู่ศูนย์กลางไม่ให้รถไถลออกนอกโค้ง ดังรูป 1.26 ทั้งนี้ เพื่อให้ผู้ขับขี่เลี้ยวโค้งได้อย่างปลอดภัยจึงได้มีการติดตั้งป้ายกำกับอัตราเร็วบนทางโค้งเพื่อเตือนไม่ให้รถยนต์ใช้อัตราเร็วเกินกว่าที่กำหนด ป้ายกำกับอัตราเร็วจึงมีความสำคัญกับผู้ขับขี่ยานพาหนะบนทางโค้งนี้เป็นอย่างมาก โดยเฉพาะในกรณีที่ฝนตกซึ่งอาจทำให้ถนนลื่น รถยนต์จึงมีโอกาสหลุดโค้งได้ง่าย เนื่องจากที่พื้นมีแรงเสียดทานลดลง



รูป 1.26 การออกแบบถนนใน
ช่วงที่เป็นทางโค้งให้เอียง

1.3.3 การเคลื่อนที่แบบสั่น

การเคลื่อนที่อีกรูปแบบหนึ่งที่เรพบเห็นมากในชีวิตประจำวัน คือ การเคลื่อนที่แบบกลับไปกลับมาซ้ำแนวเดิม เช่น การแกว่งของลูกตุ้มนาฬิกา การแกว่งของชิงช้า การเคลื่อนที่ของจุด ๆ หนึ่งบนสายกีตาร์เมื่อถูกดีด การแกว่งของเพล และการเคลื่อนที่ของมวลติดปลายสปริง การเคลื่อนที่แบบนี้เรียกว่า **การเคลื่อนที่แบบสั่น** (oscillatory motion)



รูป 1.27 การแกว่งของชิงช้าเป็นตัวอย่างของการเคลื่อนที่แบบสั่น

การแกว่งของลูกตุ้ม สามารถอธิบายได้ด้วยปริมาณใด และปริมาณเหล่านี้มีความสัมพันธ์กันอย่างไร สามารถศึกษาได้จากกิจกรรม 1.7



กิจกรรม 1.7 การเคลื่อนที่แบบสั่น

จุดประสงค์

วิเคราะห์การแกว่งของลูกตุ้มเพื่ออธิบายผลของความเร่งที่มีต่อการเคลื่อนที่แบบสั่น

วัสดุและอุปกรณ์

- | | |
|------------|--------|
| 1. ลูกตุ้ม | 1 อัน |
| 2. เชือก | 1 เส้น |

วิธีการทำกิจกรรม

- ผูกลูกตุ้มกับเชือกและนำไปแขวนโดยให้ความยาวเชือกจากจุดแขวนประมาณ 50 เซนติเมตร กำหนดให้ตำแหน่งของลูกตุ้มอยู่นิ่งเป็นจุด O
- ดึงลูกตุ้มให้แนวเชือกเบนจากแนวตั้งเป็นมุมน้อย ๆ จากตำแหน่ง O ไปที่ตำแหน่ง A ดังรูป 1.28 จากนั้นปล่อยให้ลูกตุ้มแกว่ง สังเกตการเปลี่ยนแปลงความเร็วของลูกตุ้มขณะเคลื่อนเข้าหาจุด O ที่จุด O และเคลื่อนที่ออกจากจุด O

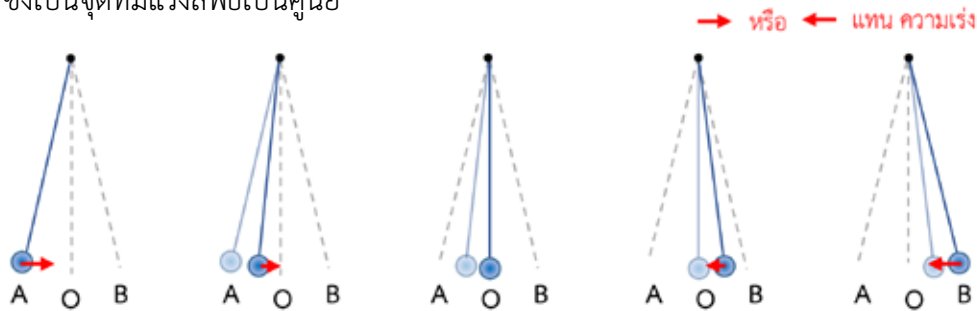


รูป 1.28 ดึงลูกตุ้มให้เชือกเบนจากแนวตั้ง

คำถามท้ายกิจกรรม

-  ขณะลูกตุ้มอยู่หนึ่งที่จุด O แรงลัพธ์ที่กระทำต่อลูกตุ้มมีค่าเท่าใด
-  หลังปล่อยให้ลูกตุ้มแกว่ง ตำแหน่งใดบ้างที่ลูกตุ้มมีความเร็วเป็นศูนย์ และที่ตำแหน่งใดลูกตุ้มมีความเร็วสูงสุด
-  ความเร็วของลูกตุ้มขณะเคลื่อนเข้าหาจุด O และเคลื่อนที่ออกจากจุด O มีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร
-  ความเร่งของลูกตุ้มขณะเคลื่อนเข้าหาจุด O และเคลื่อนที่ออกจากจุด O มีทิศเป็นอย่างไร เพราะเหตุใด

จากกิจกรรม 1.7 พบว่า การแกว่งของลูกตุ้ม จะเป็นการเคลื่อนที่กลับไปกลับมาซ้ำแนวเดิมระหว่างจุด A และจุด B โดยมีจุด O อยู่ตรงกลาง ซึ่งเป็นจุดที่แรงลัพธ์ที่กระทำกับลูกตุ้มเป็นศูนย์ เรียกตำแหน่ง O ว่า **ตำแหน่งสมดุล** (equilibrium position) ขนาดของการกระจัดจากตำแหน่ง O ถึงตำแหน่ง A เรียกว่า **แอมพลิจูด** (amplitude) ขณะที่ลูกตุ้มเคลื่อนที่เข้าหาจุด O ลูกตุ้มมีความเร็วเพิ่มขึ้น แสดงว่าลูกตุ้มมีความเร่งเข้าหาจุด O ดังรูป 1.29 ก. และมีความเร็วสูงสุดที่จุด O ซึ่งเป็นตำแหน่งที่มีแรงลัพธ์กระทำต่อลูกตุ้มเป็นศูนย์ จึงมีความเร่งเป็นศูนย์ ดังรูป 1.29 ข. ขณะที่ลูกตุ้มเคลื่อนที่ออกจากจุด O ลูกตุ้มมีความเร็วลดลง และมีความเร่งเป็นศูนย์ที่จุดไกลสุดที่จุด B แสดงว่าลูกตุ้มมีความเร่งตรงข้ามกับความเร็ว และมีทิศเข้าหาจุด O ดังรูป 1.29 ค. จากนั้นลูกตุ้มจะเคลื่อนที่ย้อนกลับทางเดิมซึ่งจะมีการเปลี่ยนแปลงความเร่งลักษณะเดิม นั่นคือ วัตถุที่มีการเคลื่อนที่แบบสั่นจะมีทิศของความเร่งเข้าสู่จุด O ซึ่งเป็นจุดที่มีแรงลัพธ์เป็นศูนย์



ก. ขณะเข้าหาจุด O
ความเร่งเข้าหาจุด O

ข. ที่จุด O ความเร่งเป็นศูนย์

ค. ขณะออกจากจุด O
ความเร่งเข้าหาจุด O

รูป 1.29 การเคลื่อนที่ของลูกตุ้ม



ความรู้เพิ่มเติม

การเคลื่อนที่แบบสั่นที่มีแอมพลิจูดคงตัวรูปฟังก์ชันไซน์ เรียกว่า **การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย** (simple harmonic motion)

ความรู้เรื่องการเคลื่อนที่แบบสั่นสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงานด้านต่าง ๆ เช่น การออกแบบนาฬิกาแบบลูกตุ้มให้สามารถบอกเวลาได้อย่างแม่นยำ การออกแบบเครื่องดนตรีแบบสายเพื่อให้ผลิตเสียงตามโน้ตดนตรีที่ต้องการ การออกแบบระบบกันสะเทือนของรถเพื่อให้การขับขี่เกิดขึ้นอย่างนุ่มนวลและเพิ่มการทรงตัวของรถ รวมทั้งการออกแบบเครื่องเล่นแบบแกว่งในสวนสนุกต่าง ๆ

ในธรรมชาติและกิจกรรมในชีวิตประจำวันของมนุษย์มีเรื่องที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ต่าง ๆ มากมาย การที่เราเข้าใจถึงธรรมชาติของการเคลื่อนที่ของวัตถุ ผลของแรงที่มีต่อการเคลื่อนที่ของวัตถุ และลักษณะการเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ จะทำให้เราเข้าใจในธรรมชาติมากยิ่งขึ้น และช่วยให้เราสามารถนำความรู้ไปใช้ในการดำเนินชีวิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ และยังช่วยให้เรามีความปลอดภัย รวมทั้งเป็นแนวคิดพื้นฐานที่นำไปสู่การพัฒนาทางเทคโนโลยีอีกด้วย



ตรวจสอบความเข้าใจ 1.3

-  1. ดัดเหรียญจำนวน 3 เหรียญ ออกจากขอบโต๊ะพร้อมกันด้วยแรงในแนวระดับที่มีค่าแตกต่างกัน เหรียญทั้งสามตกลงพื้นพร้อมกันหรือไม่ จงอธิบาย
-  2. จากชุดการทดลองการเคลื่อนที่แบบวงกลม ถ้าเชือกที่ผูกจุกยางขาด จุกยางจะเคลื่อนที่อย่างไร
-  3. ความเร่งวัตถุที่เคลื่อนที่แบบโปรเจกไทล์ แบบวงกลม และแบบสั่น เหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร



สรุปเนื้อหาภายในบทเรียน

1.1 การเคลื่อนที่แนวตรง

- การเคลื่อนที่ของวัตถุที่มีการเปลี่ยนความเร็วเป็นการเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง โดยความเร็วเป็นอัตราส่วนของความเร็วที่เปลี่ยนไปต่อเวลาและเป็นปริมาณเวกเตอร์
- การเคลื่อนที่แนวตรงด้วยความเร่งโน้มถ่วงของโลกนำไปใช้อธิบายการตกแบบเสรี
- ในกรณีที่วัตถุอยู่นิ่งหรือเคลื่อนที่ในแนวตรงด้วยความเร็วคงตัว วัตถุนั้นมีความเร่งเป็นศูนย์
- ในกรณีที่ความเร็วและความเร่งของวัตถุมีทิศเดียวกัน วัตถุนั้นมีความเร็วเพิ่มขึ้น ส่วนในกรณีที่ความเร็วและความเร่งของวัตถุมีทิศตรงกันข้าม วัตถุนั้นมีความเร็วลดลง

1.2 แรงและการเคลื่อนที่

- เมื่อมีแรงที่อยู่ในระนาบเดียวกันหลายแรงกระทำต่อวัตถุ แรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุนั้นสามารถหาได้โดยการรวมแบบเวกเตอร์
- เมื่อแรงลัพธ์มีค่าไม่เท่ากับศูนย์กระทำต่อวัตถุ จะทำให้วัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร่งที่มีทิศทางเดียวกับแรงลัพธ์ โดยขนาดของความเร่งขึ้นกับขนาดของแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุและมวลของวัตถุ
- แรงกิริยาและแรงปฏิกิริยาเป็นแรงกระทำระหว่างวัตถุคู่หนึ่ง ๆ โดยแรงทั้งสองมีขนาดเท่ากัน เกิดขึ้นพร้อมกัน แต่มีทิศทางตรงข้าม และกระทำกับวัตถุคนละก้อน

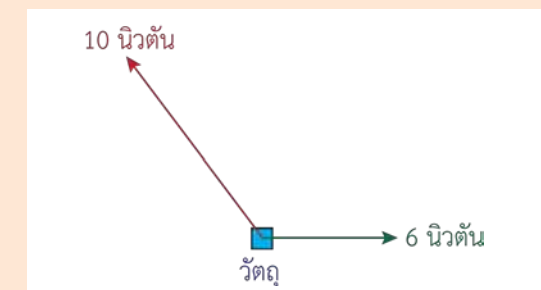
1.3 การเคลื่อนที่แบบต่างๆ

- การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์เป็นการเคลื่อนที่แนวโค้งด้วยความเร่งคงตัว
- การเคลื่อนที่แบบวงกลมเป็นการเคลื่อนที่แนวโค้งด้วยความเร่งมีทิศทางตั้งฉากกับความเร็วตลอดเวลา
- การเคลื่อนที่แบบสั่นเป็นการเคลื่อนที่กลับไปกลับมาด้วยความเร่งที่มีทิศเข้าสู่จุดที่แรงลัพธ์เป็นศูนย์ซึ่งเรียกว่า ตำแหน่งสมดุล



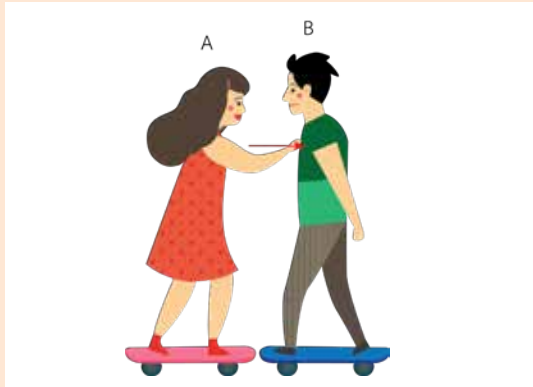
แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 1

1. จุดอ้างอิงมีความสำคัญต่อการเคลื่อนที่หรือไม่ อย่างไร
2. การเคลื่อนที่แนวตรงมีลักษณะอย่างไร
3. อธิบายความแตกต่างระหว่างอัตราเร็วเฉลี่ยและอัตราเร็วขณะหนึ่ง
4. เมื่อเราพบป้ายจำกัดความเร็วเป็น 60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ความเร็วดังกล่าวหมายถึงความเร็วขณะหนึ่งหรือความเร็วเฉลี่ย
5. ถ้าครอบครัวหนึ่งขับรถยนต์ด้วยอัตราเร็วเฉลี่ย 75 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จากกรุงเทพฯ ไปจังหวัดสุราษฎร์ธานีซึ่งมีระยะทางประมาณ 640 กิโลเมตร ครอบครัวนี้จะใช้เวลาเดินทางประมาณเท่าไร
6. รถยนต์คันหนึ่งเคลื่อนที่ในแนวตรงโดยทุก ๆ 1 วินาที รถคันนี้จะมีอัตราเร็วเพิ่มขึ้น 4 เมตรต่อวินาที ถ้าที่เวลาเริ่มต้นรถคันนี้มีอัตราเร็ว 16 เมตรต่อวินาที เมื่อเวลาผ่านไปจากเริ่มต้น 5 วินาที รถจะมีอัตราเร็วเท่าใด
7. โยนลูกบาสขึ้นไปตรง ๆ ในแนวตั้ง ด้วยอัตราเร็วขณะที่ออกจากมือเท่ากับ 29.4 เมตรต่อวินาที ลูกบาสจะใช้เวลาเท่าไรจึงจะตกกลับมาที่เดิม เมื่อไม่คิดแรงต้านอากาศ
8. ถ้าแรงที่กระทำกับวัตถุกับความเร่งของวัตถุมีทิศตรงกันข้ามกัน ความเร็วของวัตถุจะเปลี่ยนแปลงอย่างไร
9. ถ้าออกแรงที่มีขนาดเท่ากันผลักวัตถุที่ 1 และวัตถุที่ 2 ให้เคลื่อนที่ โดยที่วัตถุทั้งสองมีรูปร่างเหมือนกันทุกประการ แต่มวลของวัตถุที่ 1 มากกว่ามวลของวัตถุที่ 2 วัตถุใดจะเคลื่อนที่ด้วยความเร่งมากกว่ากัน
10. ถ้ามีแรงกระทำกับวัตถุทำให้แรงลัพธ์มีทิศตรงกันข้ามกับการเคลื่อนที่ของวัตถุ เมื่อเวลาผ่านไปวัตถุจะเคลื่อนที่ไปในทิศทางเดียวกับแรงลัพธ์หรือไม่ จงอธิบาย
11. จงหาแรงลัพธ์ ถ้ามีแรงสองแรงกระทำกับวัตถุ ดังรูป



รูปประกอบแบบฝึกหัดท้ายบทข้อที่ 11

12. นักเรียนสเกตบอร์ด A และ B ยืนหันหน้าเข้าหากัน ถ้านักเรียนสเกตบอร์ด A ผลักนักเรียนสเกตบอร์ด B ดังรูป



รูปประกอบแบบฝึกหัดท้ายบทข้อที่ 12

- นักเรียนสเกตบอร์ดทั้งสองคนจะมีการเคลื่อนที่อย่างไร เพราะเหตุใด
13. การเคลื่อนที่แบบโปรเจกไทล์ต่างจากการเคลื่อนที่แนวตรงอย่างไร จงอธิบาย
 14. การติดเหรียญสองเหรียญที่เหมือนกันทุกประการให้เคลื่อนที่ออกจากโต๊ะในแนวระดับพร้อมกัน โดยแรงที่ใช้ในการติดเหรียญที่ 1 มากกว่าแรงที่ใช้ในการติดเหรียญที่ 2 เหรียญทั้งสองจะตกถึงพื้นพร้อมกันหรือไม่ อย่างไร และเหรียญทั้งสองตกถึงพื้นโดยมีระยะทางห่างจากโต๊ะเท่ากันหรือไม่อย่างไร
 15. ทำไมดาวเทียมโคจรรอบโลกโดยไม่ตกลงมา
 16. จงอธิบายความเหมือนและความแตกต่างระหว่างการเคลื่อนที่แบบวงกลมและการเคลื่อนที่แบบสั่น
 17. ขณะเหวี่ยงจุกยางให้เคลื่อนที่เป็นวงกลมในแนวดิ่ง ถ้าเส้นเชือกขาดในขณะที่จุกยางอยู่ในตำแหน่งสูงสุด การเคลื่อนที่ของจุกยางหลังจากเชือกขาดเป็นแบบใด