

หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐาน
วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

วิทยาศาสตร์กายภาพ

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เล่ม 2

ตามมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

(ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)

ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

ผู้เรียบเรียง

ผศ. ดร.กัญจน์ชญา หงส์เลิศคงสกุล วท.บ., วท.ม., วท.ด.

สุภารัตน์ หาญกว้าง วท.บ., วท.ม.

รินฤดี ต่อชีวัน วท.บ.

ผู้ตรวจ

ผศ. ดร.วิทัศน์ ฝึกเจริญผล B.A., M.Sc., Ph.D.

รศ. ดร.ทัศนิน วรณเกตุศิริ วท.บ., ปริญญาโท

ภูริชัย ชัยศรี กศ.บ., ศษ.ม.

บรรณาธิการ

อนุวัชร นามเชื้อ วท.บ., ศษ.บ.

ผลิตและจัดจำหน่ายโดย บริษัท สำนักพิมพ์วัฒนาพานิช จำกัด

วัฒนาพานิช  สารานุกรม

216-220 ถนนบำรุงเมือง แขวงสำราญราษฎร์ เขตพระนคร กรุงเทพฯ 10200

โทร. 02 222 9394 • 02 222 5371-2 FAX 02 225 6556 • 02 225 6557

email: info@wpp.co.th

หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

วิทยาศาสตร์กายภาพ

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เล่ม 2

ตามมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)

ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551



สงวนลิขสิทธิ์ตามกฎหมาย

ห้ามละเมิด ทำซ้ำ ดัดแปลง เผยแพร่

ส่วนหนึ่งส่วนใด เว้นแต่จะได้รับอนุญาต

ผู้เรียบเรียง

ผศ. ดร.กัญจน์ชญา หงส์เลิศคงสกุล

สุภารัตน์ หาญขว้าง

รินฤดี ต่อชีวัน

ผู้ตรวจ

ผศ. ดร.วิทัศน์ ฝักเจริญผล

รศ. ดร.ทัศรินทร์ วรรณเกตุศิริ

ภูริชัย ชัยศร

บรรณาธิการ

อนวัชร นามเชื้อ

ปีที่พิมพ์ พ.ศ. 2568

พิมพ์ครั้งที่ 1

จำนวน 20,000 เล่ม

ISBN 978-974-18-7984-7

พิมพ์ที่ บริษัท โรงพิมพ์วัฒนาพานิช จำกัด นายเริงชัย จงพิพัฒน์สุข กรรมการผู้จัดการ

คำนำ

หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิทยาศาสตร์กายภาพ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เล่ม 2 เล่มนี้ จัดทำขึ้นตามมาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัดชั้นปี และสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 โดยมีเป้าหมายให้นักเรียนและครูใช้เป็นสื่อในการจัดการเรียนรู้ เพื่อพัฒนานักเรียนให้มีคุณภาพตามมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดชั้นปีที่หลักสูตรกำหนด พัฒนานักเรียนให้มีสมรรถนะตามที่ต้องการทั้งด้านการสื่อสาร การคิด การแก้ปัญหา การใช้ทักษะชีวิต และการใช้เทคโนโลยี ตลอดจนพัฒนานักเรียนให้มีคุณลักษณะอันพึงประสงค์ เพื่อให้สามารถอยู่ร่วมกับผู้อื่นในสังคมไทยและสังคมโลกได้อย่างมีความสุข

ในการจัดทำหนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิทยาศาสตร์กายภาพ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เล่ม 2 เล่มนี้ คณะผู้จัดทำซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญในสาขาวิชาและการพัฒนาสื่อการเรียนรู้ได้ศึกษาหลักสูตรอย่างลึกซึ้ง ทั้งด้านวิสัยทัศน์ หลักการ จุดหมาย สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน คุณลักษณะอันพึงประสงค์ สาระและมาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัดชั้นปี สาระการเรียนรู้แกนกลาง แนวทางการจัดการเรียนรู้ การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ รวมทั้งเอกสารหลักสูตรอื่น ๆ แล้วจึงออกแบบหน่วยการเรียนรู้ แต่ละหน่วยการเรียนรู้ประกอบด้วยคำถามสำคัญ ตัวชี้วัดชั้นปี ศัพท์ที่ควรรู้ นวัตกรรม ค้นหาคำตอบ ฝึกเพิ่มพูนทักษะ (กิจกรรมสะเต็มศึกษา) ทบทวนความเข้าใจ ฟังมโนทัศน์ สาระสำคัญประจำหน่วย และกิจกรรมประจำหน่วย และท้ายเล่มยังมีบรรณานุกรม ภาคผนวก และอภิธานศัพท์ ซึ่งองค์ประกอบของหนังสือเรียนเหล่านี้จะช่วยส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้อย่างครบถ้วนตามหลักสูตร

การเสนอเนื้อหา กิจกรรม และองค์ประกอบอื่น ๆ ในหนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิทยาศาสตร์กายภาพ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เล่ม 2 เล่มนี้ มุ่งเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ โดยคำนึงถึงศักยภาพของนักเรียน เน้นการเรียนรู้แบบองค์รวมบนพื้นฐานของการบูรณาการแนวคิดทางการเรียนรู้อย่างหลากหลาย จัดการเรียนรู้แบบบูรณาการ มุ่งพัฒนาการคิด และพัฒนาการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับพัฒนาการทางสมองของนักเรียน อันจะช่วยให้ นักเรียนเกิดการเรียนรู้อย่างสมบูรณ์ และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้

หวังเป็นอย่างยิ่งว่า หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิทยาศาสตร์กายภาพ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เล่ม 2 เล่มนี้ จะช่วยพัฒนาการเรียนรู้ของนักเรียนตามหลักสูตรได้เป็นอย่างดี

คณะผู้จัดทำ

คำชี้แจง

หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิทยาศาสตร์กายภาพ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เล่ม 2 ได้ออกแบบหน่วยการเรียนรู้ให้แต่ละหน่วยการเรียนรู้ประกอบด้วยองค์ประกอบที่สำคัญ ดังนี้

องค์ประกอบที่สำคัญของหน่วยการเรียนรู้

คำถามสำคัญ คำถามนำเพื่อให้นักเรียนค้นหาคำตอบความรู้เมื่อเรียนจบหน่วยการเรียนรู้

ตัวชี้วัดชั้นปี เป้าหมายในการพัฒนานักเรียนในด้านต่าง ๆ โดยแยกออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ ตัวชี้วัดระหว่างทางและตัวชี้วัดปลายทาง (ตามหนังสือที่ ศธ 04010/ว 1543 ลงวันที่ 23 มิถุนายน พ.ศ. 2566) ซึ่งตัวชี้วัดระหว่างทางพิมพ์ด้วยตัวอักษรสีดำ ส่วนตัวชี้วัดปลายทางพิมพ์ด้วยตัวอักษรสีฟ้า

ศัพท์ที่ควรรู้ คำศัพท์วิทยาศาสตร์ที่ควรจดจำ ซึ่งเป็นคำหลักในสาระที่เรียนรู้ซึ่งจะนำไปสู่ความเข้าใจที่คงทนของนักเรียน

นำรู้ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่น่าสนใจ ซึ่งสอดคล้องกับความคิดรวบยอดและสาระที่นักเรียนเรียนรู้ในบทเรียน

กิจกรรม ภาระงานที่นักเรียนฝึกปฏิบัติเพื่อให้เกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่นำไปสู่ความเข้าใจที่คงทนของนักเรียน

ค้นหาคำตอบ คำถามหลักท้ายกิจกรรมพัฒนาการเรียนรู้เพื่อช่วยสร้างเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

ฝึกเพิ่มพูนทักษะ คำถามให้นักเรียนได้เรียนรู้ หรือ**กิจกรรมสะเต็มศึกษา** ให้นักเรียนฝึกปฏิบัติเพื่อสร้างเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21

ทบทวนความเข้าใจ คำถามหลักท้ายหัวเรื่องหลัก เพื่อประเมินความรู้ ความเข้าใจในสาระที่นักเรียนได้เรียนรู้

ผังโน้ตส์ (concept map) บทสรุปความคิดหลักของแต่ละหน่วยการเรียนรู้ เพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจของนักเรียนและช่วยในการจดจำสิ่งที่เรียนรู้

สาระสำคัญประจำหน่วย สรุปแนวคิด หลักการ และความคิดรวบยอดของสาระที่นำไปสู่ความเข้าใจที่คงทนของนักเรียน ในแต่ละหน่วยการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับตัวชี้วัดชั้นปี

กิจกรรมประจำหน่วย กิจกรรมสรุปความรู้ หลักการ ความคิดรวบยอด คำศัพท์ที่ได้เรียนรู้ในแต่ละหน่วยการเรียนรู้ รวมทั้งการนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน

สัญลักษณ์กระบวนการเรียนรู้

สัญลักษณ์ต่าง ๆ ที่กำหนดไว้ที่กิจกรรมนั้นมีจุดมุ่งหมายและจุดเน้นที่แตกต่างกันตามลักษณะของกระบวนการเรียนรู้ที่ต้องการให้นักเรียนได้เรียนรู้ ซึ่งมีความสอดคล้องกับธรรมชาติของกลุ่มสาระการเรียนรู้ และจุดเน้นของหลักสูตร ดังนั้น สัญลักษณ์จึงเป็นแนวทางที่เอื้อประโยชน์ต่อนักเรียนที่จะศึกษาหาความรู้ตามรายละเอียดของกิจกรรม ในหนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิทยาศาสตร์กายภาพ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เล่ม 2 ได้กำหนดสัญลักษณ์ไว้เป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

สัญลักษณ์หลักของกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี



การสังเกต เป็นกิจกรรมที่กำหนดให้นักเรียนสังเกตปรากฏการณ์ต่าง ๆ ตามความคิดรวบยอดของแต่ละหัวเรื่อง แล้วใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เช่น การจำแนก การลงสรุปข้อมูล เพื่อให้เกิดองค์ความรู้ด้วยตนเอง



การสำรวจ เป็นกิจกรรมที่กำหนดให้นักเรียนสำรวจปรากฏการณ์ต่าง ๆ ตามความคิดรวบยอดของแต่ละหัวเรื่อง แล้วใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เช่น การสังเกต การจัดทำและสื่อความหมายข้อมูล การลงสรุปข้อมูล เพื่อให้เกิดองค์ความรู้ด้วยตนเอง



การทดลอง เป็นกิจกรรมที่กำหนดให้นักเรียนได้ปฏิบัติการทดลองเพื่อพิสูจน์ความคิดรวบยอดที่เรียนรู้โดยการออกแบบการทดลอง ดำเนินการทดลอง และสรุปผลการทดลอง แล้วใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เช่น การสังเกต การพยากรณ์ การจัดกระทำ และสื่อความหมายข้อมูล การลงสรุปข้อมูล เพื่อให้เกิดองค์ความรู้ด้วยตนเอง



การสืบค้นข้อมูล เป็นกิจกรรมที่กำหนดให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลจากแหล่งการเรียนรู้ต่าง ๆ แล้วใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เช่น การลงสรุปข้อมูล เพื่อให้เกิดองค์ความรู้ด้วยตนเอง

สัญลักษณ์เสริมของกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี



การพัฒนากระบวนการคิด เป็นกิจกรรมที่กำหนดให้นักเรียนได้ใช้กระบวนการคิดเพื่อเพิ่มพูนทักษะการคิดของตนเอง



การปฏิบัติจริง/ฝึกทักษะ เป็นกิจกรรมที่กำหนดให้นักเรียนได้ฝึกปฏิบัติเพื่อให้เกิดและเพิ่มพูนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์



การประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน เป็นกิจกรรมที่กำหนดให้นักเรียนต้องนำหลักการ แนวคิดของความคิดรวบยอดในหัวเรื่องที่เรียนรู้มาใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์จริงของชีวิตประจำวัน



โครงการ เป็นกิจกรรมโครงการคัดสรรที่นำหลักการ แนวคิดของความคิดรวบยอดในหัวเรื่องที่เรียนรู้มาใช้แก้ปัญหา



การทำประโยชน์ให้สังคม เป็นกิจกรรมที่กำหนดให้นักเรียนนำความรู้ที่ได้จากการเรียนรู้ไปปฏิบัติเพื่อให้ตระหนักในการทำประโยชน์ให้สังคม



ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ เป็นกิจกรรมที่กำหนดให้นักเรียนได้ใช้ความคิดสร้างสรรค์สร้างภาระงานเพื่อเพิ่มพูนทักษะการคิดของตนเอง



การวิเคราะห์ข้อมูล เป็นกิจกรรมที่กำหนดให้นักเรียนได้แยกแยะหาความสัมพันธ์หรือความเป็นเหตุเป็นผลของข้อมูลจากปรากฏการณ์ที่สนใจ เพื่อให้เกิดองค์ความรู้ด้วยตนเอง

สารบัญ

หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 แรงและการเคลื่อนที่

ในชีวิตประจำวัน 1

การเคลื่อนที่แนวตรง	2
ตำแหน่ง ระยะทาง และการกระจัด	2
อัตราเร็วและความเร็ว	5
ความเร่ง	7
แรงและการเคลื่อนที่	12
การหาแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุ	12
ความสัมพันธ์ระหว่างแรงและความเร่ง	16
แรงกิริยาและแรงปฏิกิริยา	18
การเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ	20
การเคลื่อนที่แบบโปรเจกไทล์	20
การเคลื่อนที่แบบวงกลม	24
การเคลื่อนที่แบบสั่น	26

หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 แรงในธรรมชาติ 33

แรงจากสนามโน้มถ่วง	34
การเคลื่อนที่ของวัตถุต่าง ๆ รอบโลก	35
ประโยชน์จากแรงโน้มถ่วง	36
แรงจากสนามไฟฟ้า	38
ผลของสนามไฟฟ้าต่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้า	38
ประโยชน์จากแรงไฟฟ้า	39
แรงจากสนามแม่เหล็ก	40
ผลของแรงแม่เหล็กที่กระทำต่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้า	41
ผลของแรงแม่เหล็กที่กระทำต่อลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่าน	45
แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ	49
แรงในนิวเคลียส	52

หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 พลังงาน 59

เซลล์สุริยะ	60
กิจกรรมสะเต็มศึกษา	63

พลังงานนิวเคลียร์ 64

ปฏิกิริยานิวเคลียร์	64
เทคโนโลยีด้านพลังงาน	72

หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 คลื่นกล 79

ลักษณะของคลื่นกล	80
องค์ประกอบของคลื่น	82
สมบัติของคลื่น	83
ความถี่ธรรมชาติและการสั่นพ้อง	92

หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 เสียง 97

สมบัติของเสียง	98
การได้ยินเสียง	102
ความเข้มของเสียง	102
ความถี่ของเสียง	105
ปรากฏการณ์ต่าง ๆ ของเสียง	108

การนำความรู้เกี่ยวกับเสียงไปใช้ประโยชน์	113
---	-----

หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 แสง 119

การมองเห็นสีของวัตถุ	120
แผ่นกรองแสงสี	122
การผสมแสงสี	124
การผสมสารสี	125
การมองเห็นสีของวัตถุในแสงสีต่าง ๆ	126
การนำความรู้เกี่ยวกับการมองเห็นสีของวัตถุไปใช้ประโยชน์	127

หน่วยการเรียนรู้ที่ 7 คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า 131

ส่วนประกอบของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า	132
การประยุกต์ใช้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า	134

บรรณานุกรม 142

ภาคผนวก 143

ความรู้เกี่ยวกับกิจกรรมสะเต็มศึกษา	143
อุปกรณ์และแหล่งการเรียนรู้	148

อภิธานศัพท์ 153

แรงในชีวิตประจำวัน

- การเคลื่อนที่แนวตรง
- แรงและการเคลื่อนที่
- การเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ

คำถามสำคัญ

1. ลักษณะการเคลื่อนที่แนวตรงเป็นอย่างไร
2. ปริมาณสำคัญในการเคลื่อนที่มีอะไรบ้าง
3. หาแรงลัพธ์ที่เกิดจากแรงหลายแรงในระนาบเดียวกัน
กระทำต่อวัตถุได้อย่างไร
4. ผลของแรงลัพธ์ที่ไม่เท่ากับศูนย์ กระทำต่อวัตถุ
เป็นอย่างไร
5. แรงกิริยากับแรงปฏิกิริยาคืออะไร
6. การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์เป็นอย่างไร
7. การเคลื่อนที่แบบวงกลมจะเกิดขึ้นได้อย่างไร
8. การเคลื่อนที่แบบสั่นมีทิศทางของความเร่งเป็นอย่างไร

แรงในชีวิตประจำวัน

ตัวชี้วัดชั้นปี

1. วิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูลความเร็วกับเวลาของการเคลื่อนที่ของวัตถุ เพื่ออธิบายความเร่งของวัตถุ (ว 2.2 ม. 5/1)
2. สังเกตและอธิบายการหาแรงลัพธ์ที่เกิดจากแรงหลายแรงที่อยู่ในระนาบเดียวกันที่กระทำต่อวัตถุโดยการเขียนแผนภาพการรวมแบบเวกเตอร์ (ว 2.2 ม. 5/2)
3. สังเกต วิเคราะห์ และอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความเร่งของวัตถุกับแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุและมวลของวัตถุ (ว 2.2 ม. 5/3)
4. สังเกตและอธิบายแรงกิริยาและแรงปฏิกิริยาระหว่างวัตถุคู่หนึ่ง ๆ (ว 2.2 ม. 5/4)
5. สังเกตและอธิบายผลของความเร่งที่มีต่อการเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ ของวัตถุ ได้แก่ การเคลื่อนที่แนวตรง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ การเคลื่อนที่แบบวงกลม และการเคลื่อนที่แบบสั่น (ว 2.2 ม. 5/5)

การเคลื่อนที่ของวัตถุเป็นการเปลี่ยนตำแหน่งของวัตถุเมื่อเวลาเปลี่ยนแปลงไป ซึ่งเกิดขึ้นเมื่อมีแรงมากระทำต่อ โดยการเคลื่อนที่ของวัตถุมีหลายแบบและมีความสัมพันธ์กับปริมาณต่าง ๆ

การเคลื่อนที่แนวตรง

การเคลื่อนที่แนวตรงเป็นการเคลื่อนที่ในแนวเดียวและมีเส้นทางการเคลื่อนที่เป็นแนวตรง มี 2 ลักษณะ ได้แก่ การเคลื่อนที่แนวตรงในแนวระดับและการเคลื่อนที่แนวตรงในแนวตั้ง

1. การเคลื่อนที่แนวตรงในแนวระดับ

การเคลื่อนที่แนวตรงในแนวระดับเป็นการเปลี่ยนตำแหน่งของวัตถุในทิศทางตรงในแนวระดับ เช่น การแข่งขันว่ายน้ำในสระว่ายน้ำมาตรฐาน การเคลื่อนที่ของรถยนต์บนถนนตรง และการเคลื่อนที่ของรถไฟฟ้ามารางในบางช่วงที่เป็นเส้นตรง

การเคลื่อนที่แนวตรงในแนวระดับเป็นการเคลื่อนที่ใน 1 มิติ จึงเหมาะสำหรับการศึกษาปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ โดยการเคลื่อนที่ของวัตถุมีความสัมพันธ์กับปริมาณต่าง ๆ ได้แก่ ตำแหน่ง ระยะทาง การกระจัด อัตราเร็ว ความเร็ว และความเร่ง

ตำแหน่ง ระยะทาง และการกระจัด

ตำแหน่ง (position) ของวัตถุมีความสำคัญต่อการอธิบายการเคลื่อนที่ของวัตถุ โดยการบอกตำแหน่งของวัตถุต้องกำหนดตำแหน่งอ้างอิงเพื่อระบุระยะทางและทิศทาง ซึ่งตำแหน่งอ้างอิงควรเป็นจุดที่อยู่หนึ่ง ไม่ไกลจากวัตถุ และสังเกตได้ชัดเจน อาจเป็นสิ่งที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ เช่น ต้นไม้และแม่น้ำ หรือสิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้น เช่น อาคาร สะพาน หรือหลักกิโลเมตร

เมื่อวัตถุมีการเคลื่อนที่สามารถอธิบายโดยเปรียบเทียบระยะห่างระหว่างตำแหน่งเริ่มต้นที่เป็นตำแหน่งอ้างอิงถึงตำแหน่งสุดท้ายด้วยปริมาณที่เกี่ยวข้อง 2 ปริมาณ คือ ระยะทางและการกระจัด ซึ่งมีลักษณะแตกต่างกัน ดังนี้

ระยะทาง (distance) คือ ระยะที่วัตถุเคลื่อนที่ได้จริงตามเส้นทางทั้งหมดโดยไม่คำนึงถึงทิศทางการเคลื่อนที่ของวัตถุ ระยะทางเป็นปริมาณสเกลาร์ที่มีเฉพาะขนาด และมีหน่วยเป็นเมตร (m)

การกระจัด (displacement) คือ ระยะในแนวตรงจากตำแหน่งเริ่มต้นถึงตำแหน่งสุดท้าย โดยต้องคำนึงถึงทิศทางการเคลื่อนที่ของวัตถุ การกระจัดเป็นปริมาณเวกเตอร์มีทั้งขนาดและทิศทาง โดยมีทิศทางจากตำแหน่งเริ่มต้นไปยังตำแหน่งสุดท้าย และมีหน่วยเป็นเมตร (m) เช่นเดียวกับระยะทาง

เนื่องจากการกระจัดเป็นปริมาณเวกเตอร์ สามารถเขียนแทนได้ด้วยลูกศร โดยให้ความยาวของลูกศรแทนขนาดของเวกเตอร์ และหัวลูกศรแทนทิศทางของเวกเตอร์ ดังตัวอย่าง

1) ให้ $\vec{s}_1$ แทนการกระจัดที่มีขนาด 5 หน่วย ไปทางขวา

$\vec{s}_2$ แทนการกระจัดที่มีขนาด 5 หน่วย ไปทางซ้าย



รูปที่ 1.1 ขนาดและทิศทางของ $\vec{s}_1$ และ $\vec{s}_2$

จากรูปที่ 1.1 อาจกล่าวได้ว่า $\vec{s}_1$ และ $\vec{s}_2$ มีขนาด 5 หน่วยเท่ากัน แต่มีทิศทางตรงกันข้าม นั่นแสดงว่า $\vec{s}_1 \neq \vec{s}_2$

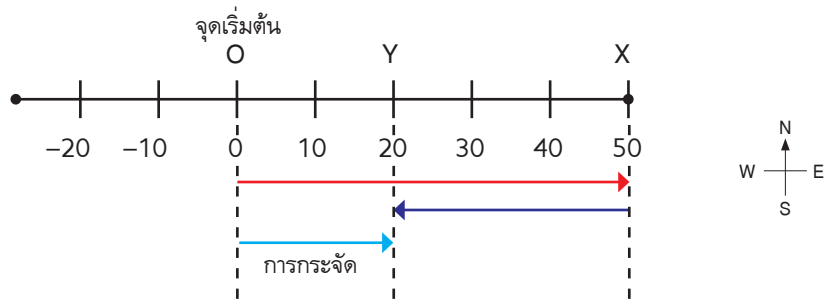
เวกเตอร์ตรงกันข้ามกับ $\vec{s}_2$ คือ $-\vec{s}_2$ มีทิศทางตรงกันข้าม ดังนั้น $\vec{s}_1$ จะเท่ากับ $\vec{s}_2$ ได้ก็ต่อเมื่อ $\vec{s}_2$ มีทิศทางเดียวกับ $\vec{s}_1$ นั่นคือ $\vec{s}_1 = -\vec{s}_2$ ดังรูปที่ 1.2



รูปที่ 1.2 ขนาดและทิศทางของ $\vec{s}_1$ และ $-\vec{s}_2$

4 หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐาน วิทยาศาสตร์กายภาพ ม. 5 เล่ม 2

2) เมื่อนาย ก เดินจากจุดเริ่มต้นไปทางทิศตะวันออก 50 เมตร จากนั้นหันหลังกลับแล้วเดินไปทางทิศตะวันตก 30 เมตร จะได้รับการกระจัดดังนี้



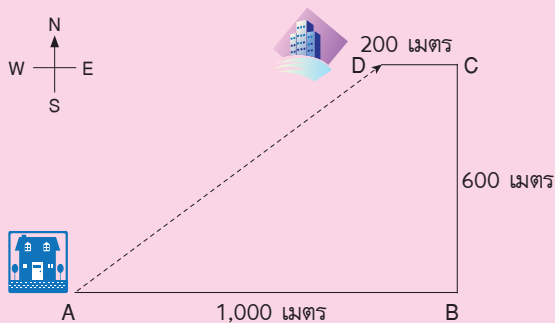
รูปที่ 1.3 แผนภาพแสดงการกระจัด

จากรูปที่ 1.3 นาย ก เดินจากจุดเริ่มต้น (จุด O) ไปทางทิศตะวันออก 50 เมตร จากนั้นหันหลังกลับแล้วเดินไปทางทิศตะวันตก 30 เมตร การกระจัดในการเคลื่อนที่ของนาย ก มีค่าเท่ากับ 20 เมตร โดยมีทิศทางไปทางทิศตะวันออก เขียนเป็นสมการแสดงความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$\vec{OY} = \vec{OX} + \vec{XY}$$

ดังนั้น การกระจัด $\vec{OY}$ มีขนาด 20 เมตร มีทิศทางไปทางขวา (ทิศตะวันออก)

ตัวอย่าง 1 นาย ก ออกเดินทางจากบ้านของเขา (จุด A) ไปทางทิศตะวันออกถึงร้านค้า (จุด B) เป็นระยะทาง 1,000 เมตร จากนั้นเขาเดินต่อไปทางทิศเหนืออีก 600 เมตร ถึงตลาด (จุด C) แล้วเลี้ยวไปทางทิศตะวันตก อีก 200 เมตร จึงถึงบ้านเพื่อน (จุด D) จงหาระยะทางและการกระจัดของนาย ก



รูปที่ 1.4 เส้นทางเดินของนาย ก ไปบ้าน

ระยะทางทั้งหมดของนาย ก หาได้จาก

$$\begin{aligned} \text{ระยะทาง} &= \text{ระยะ AB} + \text{ระยะ BC} + \text{ระยะ CD} \\ &= 1,000 \text{ เมตร} + 600 \text{ เมตร} + 200 \text{ เมตร} \\ &= 1,800 \text{ เมตร} \end{aligned}$$

การกระจัดของนาย ก หาได้จาก

$$\begin{aligned} AD^2 &= (AB - CD)^2 + BC^2 \\ AD &= \sqrt{(1,000 - 200)^2 + (600)^2} \text{ เมตร} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= \sqrt{(800)^2 + (600)^2} \text{ เมตร} \\
 &= 1,000 \text{ เมตร} \\
 \text{และมีทิศทางในการเคลื่อนที่} &= \tan^{-1} \left(\frac{600}{800} \right) \\
 &= 37 \text{ องศา}
 \end{aligned}$$

จากรูป นาย ก เดินไปบ้านเพื่อนด้วยระยะทางเท่ากับ 1,800 เมตร และมีการกระจัดเท่ากับ 1,000 เมตร ไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือทำมุม 37 องศา กับทิศตะวันออก

อย่างไรก็ตาม การเคลื่อนที่แนวตรงของวัตถุเป็นการเคลื่อนที่ซึ่งมีทั้งการเปลี่ยนทิศทางและไม่เปลี่ยนทิศทาง ถ้าวัตถุเคลื่อนที่โดยไม่มีการเปลี่ยนทิศทางจะทำให้ระยะทางมีขนาดเท่ากับการกระจัด แต่ถ้าวัตถุเคลื่อนที่โดยมีการเปลี่ยนทิศทาง ระยะทางจะมีขนาดไม่เท่ากับขนาดของการกระจัด

อัตราเร็วและความเร็ว

การอธิบายเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของวัตถุต่าง ๆ ว่า วัตถุนั้นเคลื่อนที่ช้าหรือเร็ว พิจารณาได้จากปริมาณที่เกี่ยวข้อง 2 ปริมาณ คือ อัตราเร็วและความเร็ว ซึ่งมีลักษณะแตกต่างกัน ดังนี้

อัตราเร็ว (speed) คือ ระยะทางที่วัตถุเคลื่อนที่ได้ในหนึ่งหน่วยเวลา ซึ่งเป็นปริมาณสเกลาร์ และมีหน่วยเป็นเมตรต่อวินาที (m/s) อัตราเร็วแบ่งเป็น 2 แบบ ได้แก่ **อัตราเร็วเฉลี่ย (average speed)** และ **อัตราเร็วขณะหนึ่ง (instantaneous speed)** โดยอัตราเร็วเฉลี่ย คือ อัตราส่วนระหว่างระยะทางที่วัตถุเคลื่อนที่ได้กับช่วงเวลาที่วัตถุใช้ในการเคลื่อนที่ เขียนแสดงความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$\text{อัตราเร็วเฉลี่ย} = \frac{\text{ระยะทางทั้งหมดที่วัตถุเคลื่อนที่}}{\text{ช่วงเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่}}$$

โดยปกติวัตถุจะเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วไม่คงตัว เช่น รถยนต์จะลดอัตราเร็วจนหยุดเมื่อพบสัญญาณไฟจราจรที่เป็นไฟแดง แล้วเริ่มเคลื่อนที่และเพิ่มอัตราเร็วเมื่อสัญญาณไฟจราจรเปลี่ยนเป็นไฟเขียว ซึ่งเราสามารถบอกอัตราเร็ว ณ ขณะใดขณะหนึ่งได้ โดยพิจารณาอัตราเร็วเฉลี่ยที่เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ผ่านไปน้อยมาก ๆ จนเกือบจะเท่ากับศูนย์ อัตราเร็วนี้เรียกว่า อัตราเร็วขณะหนึ่ง

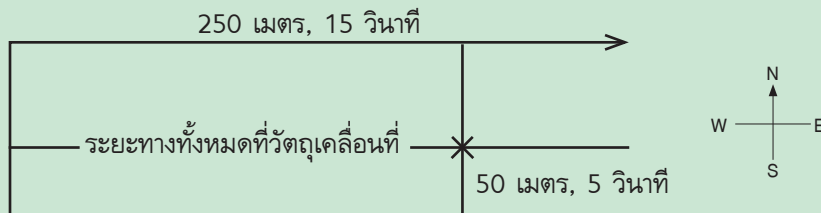
ความเร็ว (velocity) คือ การกระจัดที่วัตถุเคลื่อนที่ได้ในหนึ่งหน่วยเวลา ซึ่งเป็นปริมาณเวกเตอร์ โดยความเร็วมีทิศทางเดียวกับการกระจัดและมีหน่วยเป็นเมตรต่อวินาที (m/s) ความเร็วแบ่งเป็น 2 แบบ ได้แก่ **ความเร็วเฉลี่ย (average velocity)** และ **ความเร็วขณะหนึ่ง (instantaneous velocity)** โดยความเร็วเฉลี่ย คือ การกระจัดทั้งหมดที่วัตถุเคลื่อนที่ต่อช่วงเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่มีหน่วยเป็นเมตรต่อวินาที (m/s) ความเร็วเฉลี่ยเป็นปริมาณที่บอกทั้งขนาดและทิศทางจึงเป็นปริมาณเวกเตอร์ เขียนแสดงความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$\text{ความเร็วเฉลี่ย} = \frac{\text{การกระจัดทั้งหมดที่วัตถุเคลื่อนที่}}{\text{ช่วงเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่}}$$

ความเร็วของวัตถุอาจเปลี่ยนแปลงได้ตลอดเวลา ในกรณีที่พิจารณาความเร็วเฉลี่ยเมื่อเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่สั้นมาก ๆ จนเกือบเท่ากับศูนย์ จะถือว่าความเร็วที่ได้ ณ ขณะนั้นเป็นความเร็วขณะหนึ่ง และถ้าช่วงเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่เป็นช่วงที่น้อยมาก ๆ จนใกล้ศูนย์ ความเร็วเฉลี่ยจะถือว่าเป็นความเร็วขณะหนึ่ง มีทิศสัมผัสกับเส้นทางการเคลื่อนที่

ตัวอย่าง 2 ออยซ์้อมวิ่งทางตรงไปทางทิศตะวันออกเป็นระยะทาง 250 เมตร ใช้เวลา 15 วินาที แล้ววิ่งกลับทางเดิมเป็นระยะทาง 50 เมตร ใช้เวลา 5 วินาที จงหาอัตราเร็วเฉลี่ยและความเร็วเฉลี่ยที่ออยซ์ใช้ในการซ้อมวิ่ง

วิธีทำ



– หาอัตราเร็วเฉลี่ย

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

แทนค่า
$$\text{อัตราเร็วเฉลี่ย} = \frac{(250 \text{ เมตร}) + (50 \text{ เมตร})}{(15 \text{ วินาที}) + (5 \text{ วินาที})}$$

$$\text{อัตราเร็วเฉลี่ย} = 10.32 \text{ เมตรต่อวินาที}$$

– หาความเร็วเฉลี่ย

จาก
$$\text{ความเร็วเฉลี่ย} = \frac{\text{การกระจัดทั้งหมดที่วัตถุเคลื่อนที่}}{\text{ช่วงเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่}}$$

$$\text{ความเร็วเฉลี่ย} = \frac{(250 \text{ เมตร}) - (50 \text{ เมตร})}{(15 \text{ วินาที}) + (5 \text{ วินาที})}$$

$$\text{ความเร็วเฉลี่ย} = 10 \text{ เมตรต่อวินาที}$$

ดังนั้น ออยซ์้อมวิ่งโดยใช้อัตราเร็วเฉลี่ยเท่ากับ 10.32 เมตรต่อวินาที และใช้ความเร็วเฉลี่ยเท่ากับ 10 เมตรต่อวินาที ไปทางทิศตะวันออก

ความเร่ง

ความเร่ง (acceleration) เป็นความเร็วที่เปลี่ยนไปในหนึ่งหน่วยเวลา ซึ่งการเปลี่ยนแปลงความเร็วนี้อาจเปลี่ยนแปลงเฉพาะขนาดของความเร็วหรือเปลี่ยนแปลงเฉพาะทิศทางของความเร็ว หรือเปลี่ยนแปลงทั้งขนาดและทิศทางพร้อมกันก็ได้ เช่น การเริ่มเคลื่อนที่ออกจากที่จอดของรถยนต์ หรือการชะลอการเคลื่อนที่ของรถยนต์เพื่อเข้าจอด ความเร่งมีการเปลี่ยนแปลงขนาดและทิศทางตามความเร็ว โดยถ้าความเร็วเพิ่มขึ้น ความเร่งจะมีค่าเป็นบวกและมีทิศทางเดียวกับความเร็ว แต่ถ้าความเร็วลดลง ความเร่งจะมีค่าเป็นลบและมีทิศทางตรงกันข้ามกับความเร็ว เรียกว่า **ความหน่วง (deceleration)** และถ้าความเร็วมีค่าคงตัวหรือวัตถุหยุดนิ่ง ความเร่งจะมีค่าเป็นศูนย์ ดังนั้นความเร่งจึงเป็นปริมาณเวกเตอร์เช่นเดียวกับความเร็ว มีหน่วยเป็นเมตรต่อวินาที² (m/s²) แต่ในสถานการณ์จริงขณะที่วัตถุเคลื่อนที่อาจมีการเปลี่ยนแปลงความเร่งอยู่เสมอ ดังนั้น จึงนิยมบอกความเร่งในรูปของ**ความเร่งเฉลี่ย (average acceleration)** เขียนแสดงความสัมพันธ์ได้ดังนี้

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

ตัวอย่าง 3 วิศวกรต้องการออกแบบเรือสปีดโบ๊ตเพื่อให้เข้าเทียบท่าได้อย่างปลอดภัย โดยมีข้อมูลว่า เรือสปีดโบ๊ตที่กำลังเข้าเทียบท่ามีความเร็วเท่ากับ 18 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และต้องการให้เรือสปีดโบ๊ตหยุดนิ่งภายในเวลา 50 วินาที เรือสปีดโบ๊ตต้องมีระบบหยุดเรือที่สามารถทำให้เรือสปีดโบ๊ตเกิดความเร่งเฉลี่ยกี่เมตรต่อวินาที²

วิธีทำ

– เปลี่ยนหน่วยกิโลเมตรต่อชั่วโมง เป็น เมตรต่อวินาที

โดย 1 กิโลเมตร เท่ากับ 1,000 เมตร

1 ชั่วโมง เท่ากับ 3,600 วินาที

$$\text{จะได้ ความเร็วของเรือสปีดโบ๊ต} = \frac{(18 \times 1,000) \text{ เมตร}}{3,600 \text{ วินาที}}$$

$$\text{ความเร็วของเรือสปีดโบ๊ต} = 5 \text{ เมตรต่อวินาที}$$

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

$$\begin{aligned} \text{ความเร่งเฉลี่ย} &= \frac{(0 \text{ เมตรต่อวินาที}) - (5 \text{ เมตรต่อวินาที})}{50 \text{ วินาที}} \\ &= -0.1 \text{ เมตรต่อวินาที}^2 \end{aligned}$$

ดังนั้น ต้องมีระบบหยุดเรือที่มีความเร่งเฉลี่ยขนาดเท่ากับ 0.1 เมตรต่อวินาที² และมีทิศตรงข้ามกับทิศของความเร็วของเรือสปีดโบ๊ตขณะกำลังเทียบท่า

การเคลื่อนที่ของวัตถุด้วยความเร่งมีผลต่อการเปลี่ยนตำแหน่งของวัตถุอย่างไร



กิจกรรมที่ 1

สังเกตตำแหน่งที่เปลี่ยนแปลงเมื่อวัตถุมีความเร่ง



จุดประสงค์ของกิจกรรม

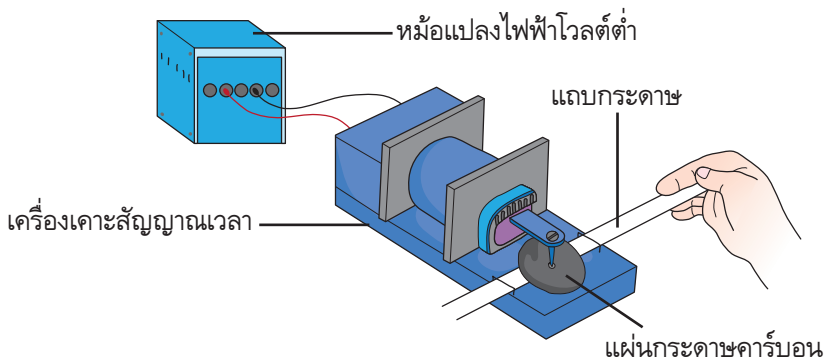
เข้าใจผลของความเร่งต่อวัตถุ

ทักษะสร้างเสริมความเข้าใจที่คงทน

1. การสังเกต
2. การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล
3. การตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป

ปัญหา ตำแหน่งของวัตถุเปลี่ยนแปลงอย่างไรเมื่อวัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง
ขั้นตอน

1. นำเครื่องเคาะสัญญาณเวลาต่อกับหม้อแปลงไฟฟ้าโวลต์ต่ำ แล้วนำแถบกระดาษสอดผ่านช่องใต้คันเคาะสัญญาณเวลา โดยให้อยู่ใต้แผ่นกระดาษคาร์บอน ดังรูปที่ 1.5
2. เปิดสวิตช์ให้เครื่องเคาะสัญญาณเวลาทำงาน จากนั้นใช้มือดึงแถบกระดาษตรง ๆ ให้ผ่านเครื่องเคาะสัญญาณเวลาอย่างช้า ๆ ด้วยอัตราเร็วคงตัว สังเกตและวาดรูปลักษณะจุดบนแถบกระดาษ
3. เปลี่ยนแถบกระดาษใหม่แล้วทำการสังเกตเช่นเดียวกับข้อ 1-2 แต่เปลี่ยนเป็นเพิ่มอัตราเร็วในการดึงแถบกระดาษมากขึ้นเรื่อย ๆ สังเกตและวาดรูปลักษณะจุดบนแถบกระดาษ
4. เปลี่ยนแถบกระดาษใหม่แล้วทำการสังเกตเช่นเดียวกับข้อ 1-2 แต่เปลี่ยนเป็นเพิ่มอัตราเร็วในการดึงแถบกระดาษมากขึ้น แล้วลดอัตราเร็วให้ช้าลง สังเกตและวาดรูปลักษณะจุดบนแถบกระดาษ
5. ร่วมกันอภิปราย แลกเปลี่ยนความคิดเห็น และสรุปผล



รูปที่ 1.5 การสังเกตตำแหน่งที่เปลี่ยนแปลงเมื่อวัตถุมีความเร่ง

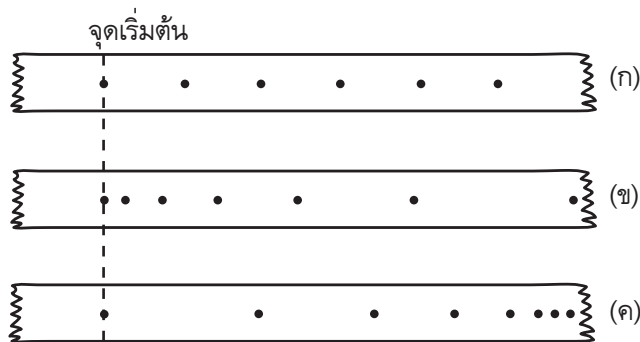
บันทึกผลการสังเกต

การดึงแถบกระดาษ	รูปร่างลักษณะจุดบนแถบกระดาษ
เมื่อดึงด้วยอัตราเร็วคงตัว	
เมื่อดึงแถบกระดาษด้วยอัตราเร็วเพิ่มขึ้น	ควรบันทึกผลการสังเกตในสมุด
เมื่อดึงแถบกระดาษด้วยอัตราเร็วแล้วลดอัตราเร็วให้ช้าลงในการดึง	

ค้นหาคำตอบ

1. เมื่อดึงแถบกระดาษด้วยอัตราเร็วคงตัว ระยะห่างระหว่างจุดบนแถบกระดาษเป็นอย่างไร
2. เมื่อดึงแถบกระดาษด้วยอัตราเร็วเพิ่มขึ้น ระยะห่างระหว่างจุดบนแถบกระดาษเป็นอย่างไร
3. เมื่อดึงแถบกระดาษด้วยอัตราเร็วช้าลง ระยะห่างระหว่างจุดบนแถบกระดาษเป็นอย่างไร
4. ความเร่งของวัตถุส่งผลต่อระยะห่างระหว่างจุดอย่างไร

จากกิจกรรมพบว่า เมื่อดึงแถบกระดาษด้วยอัตราเร็วที่สม่ำเสมอ ระยะห่างระหว่างจุดจะเท่ากัน ดังรูปที่ 1.6 (ก) แต่เมื่อดึงด้วยความเร่ง ระยะห่างระหว่างจุดจะมากขึ้นเรื่อย ๆ ดังรูปที่ 1.6 (ข) ในทางกลับกัน เมื่อดึงด้วยความหน่วง ระยะห่างระหว่างจุดจะลดลง ดังรูปที่ 1.6 (ค) ทิศทางการเคลื่อนที่ของแถบกระดาษ



รูปที่ 1.6 ระยะห่างระหว่างจุดบนแถบกระดาษเมื่อความเร่งต่างกัน

2. การเคลื่อนที่แนวตรงในแนวตั้ง

นอกจากการเคลื่อนที่แนวตรงในแนวระดับแล้ว การเคลื่อนที่ในแนวตั้งก็เป็นการเคลื่อนที่แนวตรงเช่นกัน เช่น ผลไม้ที่ตกจากต้นไม้ ซึ่งลักษณะการหล่นของผลไม้จัดเป็นการเคลื่อนที่ในแนวตั้ง นอกจากนี้ นักเรียนอาจจะพบเห็นวัตถุอื่น ๆ ที่ตกจากที่สูงลงสู่ที่ต่ำในแนวตั้ง การเคลื่อนที่ของวัตถุลักษณะนี้ก็เป็น การเคลื่อนที่ของวัตถุแนวเส้นตรงเช่นกัน

การเคลื่อนที่ในแนวตั้งแตกต่างจากการเคลื่อนที่แนวตรงในแนวระดับหรือไม่ ลักษณะใดนักเรียนสามารถเรียนรู้ได้จากการปฏิบัติกิจกรรมต่อไปนี้

ลักษณะการเคลื่อนที่แนวตรงในแนวตั้งของวัตถุเป็นอย่างไร



กิจกรรมที่ 2

สังเกตการเคลื่อนที่ของวัตถุที่ตกในแนวตั้ง



จุดประสงค์ของกิจกรรม

1. อธิบายความสัมพันธ์ของจุดที่ปรากฏบนแถบกระดาษกับความเร็วของการเคลื่อนที่ของตุร่ายได้
2. คำนวณหาความเร่งของการตกในแนวตั้งได้

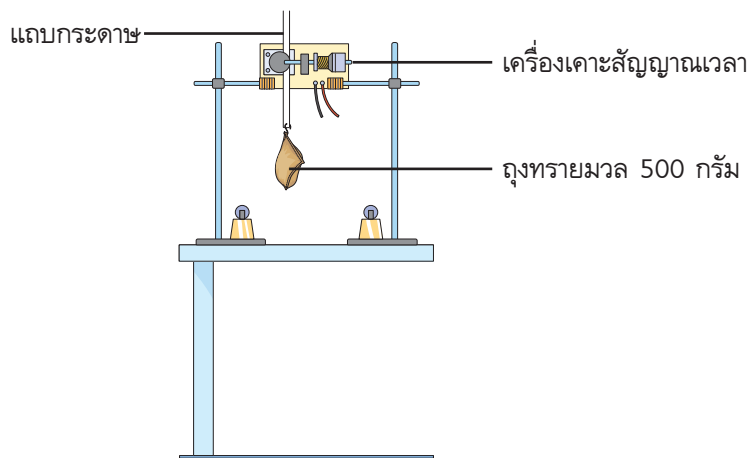
ทักษะสร้างเสริมความเข้าใจที่คงทน

1. การสังเกต
2. การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล
3. การตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป

ปัญหา ความเร่งของวัตถุที่ตกในแนวตั้งเป็นอย่างไร

ขั้นตอน

1. ต่อเครื่องเคาะสัญญาณเวลาเข้ากับหม้อแปลงไฟฟ้าโวลต์ต่ำให้อยู่สูงจากพื้นประมาณ 1 เมตร โดยใช้ที่จับจับเครื่องเคาะสัญญาณเวลาไว้ ดังรูปที่ 1.7



รูปที่ 1.7 การจัดอุปกรณ์สังเกตการเคลื่อนที่ของวัตถุที่ตกในแนวตั้ง

2. ยึดตุร่ายให้ติดกับปลายด้านหนึ่งของแถบกระดาษ โดยใช้ลวดเสียบกระดาษหรือกระดาษกาวยึดแถบกระดาษกับห่วงของตุร่ายไว้ จากนั้นสอดแถบกระดาษเข้าไปในช่องของเครื่องเคาะสัญญาณเวลา โดยให้ตุร่ายอยู่ด้านล่างและให้ชิดกับเครื่องเคาะสัญญาณเวลาให้มากที่สุด จับแถบกระดาษให้ตรงและอยู่ในแนวตั้ง

3. เปิดสวิตช์ให้เครื่องเคาะสัญญาณเวลาทำงาน ปลดแถบกระดาษให้ตุร่ายตกลงสู่พื้น จากนั้นนำแถบกระดาษมาวัดระยะทางในช่วง 2 จุด แล้วบันทึกผล จากนั้นคำนวณหาขนาดของความเร็วขณะหนึ่งใน 2 ช่วงจุด แล้วบันทึกผล

4. เลือกจุด 3 จุดที่อยู่ห่างกันอย่างน้อย 2 จุด คำนวณหาความเร่ง ณ จุด 3 จุดนั้น จากความเร็วขณะหนึ่งที่เปลี่ยนไปต่อเวลาที่ใช้ แล้วบันทึกผล
5. ดำเนินการเช่นเดียวกับข้อ 1–4 โดยเพิ่มถุงทรายเป็น 2 ถุง
6. ร่วมกันอภิปราย แลกเปลี่ยนความคิดเห็น และสรุปผล

บันทึกผลการสังเกต

การหาขนาดของความเร็วขณะหนึ่งใน 2 ช่วงจุด

จำนวน ถุงทราย (ถุง)	แถบกระดาษ ตอนที่	ระยะทางใน 2 ช่วงจุด (เมตร)	เวลา 2 ช่วงจุด (วินาที)	ขนาดของความเร็ว ขณะหนึ่งใน 2 ช่วงจุด (เมตร/วินาที)	เวลาตรงกึ่งกลาง แต่ละจุด (วินาที)
1	1				
	2				
	3				
	4				
	5		ควรบันทึกผลการสังเกตในสมุด		
2	1				
	2				
	3				
	4				
	5				

การหาความเร่ง

จำนวนถุงทราย (ถุง)	ความเร่ง (เมตร/วินาที ²)		
	จุดที่ 1	จุดที่ 2	จุดที่ 3
1	ควรบันทึกผลการสังเกตในสมุด		
2			

ค้นหาคำตอบ

1. การหาขนาดของความเร็วขณะหนึ่งใน 2 ช่วงจุดหมายถึงอะไร
2. ความเร่งที่หาได้ 3 จุดในแถบกระดาษเดียวกันแตกต่างกันอย่างไรมีนัยสำคัญหรือไม่
3. ความเร่งของการตกของถุงทราย 1 ถุง และ 2 ถุง แตกต่างอย่างไรมีนัยสำคัญหรือไม่

จากกิจกรรมพบว่า การตกของถุงทรายก็เป็นการเคลื่อนที่แนวตรงเช่นกัน เพียงแต่เป็นการเคลื่อนที่ของวัตถุในแนวตั้งด้วยความเร่งโน้มถ่วง (gravitational acceleration) ถ้าวัตถุนั้นตกโดยแรงโน้มถ่วงกระทำต่อวัตถุเพียงแรงเดียว เราเรียกการตกลักษณะนี้ว่า **การตกแบบเสรี (free fall)** วัตถุที่เคลื่อนที่ในลักษณะการตกแบบเสรีจะเคลื่อนที่ด้วยความเร่งคงตัวที่เรียกว่า **ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก (acceleration due to gravity)** หรือ g ซึ่งมีค่าประมาณ 9.8 เมตรต่อวินาที² และมีทิศสู่พื้นโลกเสมอ



ศัพท์ที่ควรรู้

- การตกแบบเสรี



ทบทวนความเข้าใจ

1. การเคลื่อนที่แนวตรงคืออะไร
2. ระยะทางและการกระจัดเหมือนหรือแตกต่างกันในเรื่องใด
3. อัตราเร็วและความเร็วเหมือนหรือแตกต่างกันในเรื่องใด
4. ความเร่งและความหน่วงเหมือนหรือแตกต่างกันในเรื่องใด

แรงและการเคลื่อนที่

ในชีวิตประจำวันคำว่า แรง นักเรียนอาจคิดถึงการออกแรงยก ผลัก ดึง ดันสิ่งของต่าง ๆ แต่ในทางวิทยาศาสตร์ **แรง (force)** หมายถึง ปริมาณที่ทำให้วัตถุเปลี่ยนสภาพจากเดิมที่หยุดนิ่ง ให้เคลื่อนที่หรือเปลี่ยนจากการเคลื่อนที่อยู่แล้วให้หยุดนิ่ง เร็วขึ้น ช้าลง หรือเปลี่ยนทิศทางการเคลื่อนที่ อาจกล่าวอีกนัยหนึ่งว่า เมื่อมีแรงมากระทำต่อวัตถุใดวัตถุหนึ่ง วัตถุนั้นจะมีความเร็วที่เปลี่ยนไป ซึ่งอาจเปลี่ยนเฉพาะขนาดของความเร็วหรือทิศทางของความเร็ว หรือทั้งขนาดและทิศทางของความเร็ว โดยการเปลี่ยนแปลงความเร็วของวัตถุนี้เรียกว่า **การเปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่** นั้นแสดงว่า แรงทำให้วัตถุเปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่ได้ ซึ่งลักษณะของแรงนั้นจะต้องมีทิศทาง ผู้กระทำหรือผู้ออกแรง และผู้ถูกกระทำ ซึ่งทั้งผู้กระทำและผู้ถูกกระทำจะเป็นคน สัตว์ หรือสิ่งของก็ได้

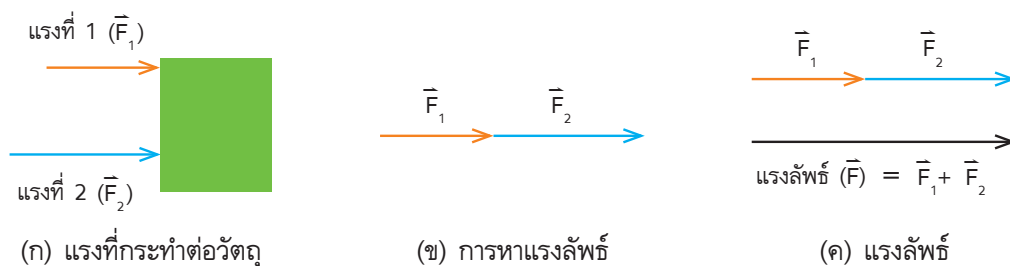
แรงเป็นปริมาณเวกเตอร์ซึ่งมีทั้งขนาดและทิศทาง หน่วยของแรงตามระบบเอสไอ คือ นิวตัน (newton: N) ซึ่ง $1 \text{ N} = 1 \text{ kg m/s}^2$

การหาแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุ

เนื่องจากแรงเป็นปริมาณเวกเตอร์ซึ่งมีทั้งขนาดและทิศทาง ดังนั้นการรวมปริมาณเวกเตอร์จึงไม่สามารถบวกแบบเหมือนกับบวกเลขทั่วไปได้ เนื่องจากต้องคำนึงถึงทิศทางของแรงด้วย ซึ่งจะต้องเป็นการรวมแบบเวกเตอร์ โดยในบทเรียนนี้นักเรียนจะได้เรียนรู้การรวมแรงลัพธ์ที่เกิดจากแรง 2 แรง ทำได้โดยการเขียนแผนภาพที่เรียกว่า การรวมแบบเวกเตอร์ ซึ่งสามารถทำได้ 2 กรณี ดังนี้

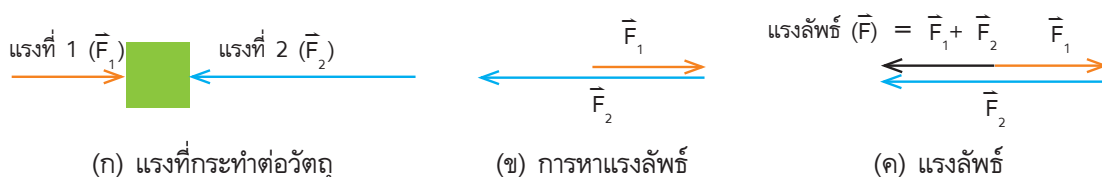
กรณีที่ 1 การหาแรงลัพธ์เมื่อแรงที่มากระทำต่อวัตถุอยู่ในแนวเดียวกัน

1) แรงที่กระทำต่อวัตถุมีทิศทางเดียวกัน การหาแรงลัพธ์ระหว่างแรง 2 แรงที่กระทำต่อวัตถุมีทิศทางเดียวกัน ดังรูปที่ 1.8 (ก) สามารถทำได้โดยนำลูกศรทั้งสองมาเรียงต่อกันโดยให้หางต่อหัว และทิศทางของลูกศรทั้งสองยังคงเดิม ดังรูปที่ 1.8 (ข) เขียนลูกศรจากหางของลูกศรที่หนึ่งไปยังหัวของลูกศรที่สอง ลูกศรที่ได้นี้จะแทนทั้งขนาดและทิศทางของแรงลัพธ์ ดังรูปที่ 1.8 (ค)



รูปที่ 1.8 การหาแรงลัพธ์ของแรง 2 แรงที่มากระทำมีทิศทางเดียวกัน

2) แรงที่กระทำต่อวัตถุมีทิศทางตรงกันข้าม การหาแรงลัพธ์ระหว่างแรง 2 แรงที่กระทำต่อวัตถุมีทิศทางตรงกันข้าม ดังรูปที่ 1.9 ใช้วิธีเดียวกันกับการหาแรงลัพธ์ของแรงที่กระทำต่อวัตถุมีทิศทางเดียวกัน ดังนี้

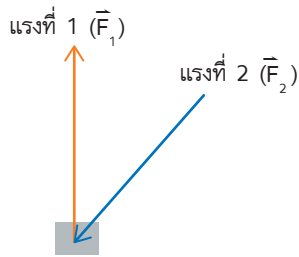


รูปที่ 1.9 การหาแรงลัพธ์ของแรง 2 แรงที่มากระทำมีทิศทางตรงกันข้าม

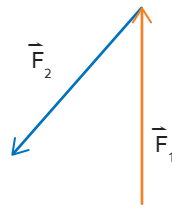
กรณีที่ 2 การหาแรงลัพธ์เมื่อแรงที่มากระทำต่อวัตถุอยู่ในแนวที่ทำมุมต่อกัน

1) การหาแรงลัพธ์ด้วยวิธีการสร้างรูปสามเหลี่ยม

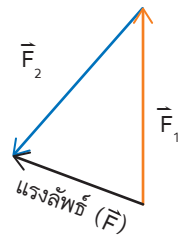
การหาแรงลัพธ์ด้วยวิธีการสร้างรูปสามเหลี่ยมระหว่างแรง 2 แรง ดังรูปที่ 1.10 (ก) ทำได้โดยนำหางลูกศรของแรงที่ 2 ($\vec{F}_2$) ไปต่อกับหัวลูกศรของแรงที่ 1 ($\vec{F}_1$) ดังรูปที่ 1.10 (ข) จากนั้นลากเส้นจากหางลูกศรของแรงที่ 1 ไปยังหัวลูกศรของแรงที่ 2 เส้นที่ลากใหม่นี้จะมีความยาวแทนขนาดของแรงลัพธ์ ($\vec{F}$) โดยขนาดของแรงลัพธ์หาได้จากการวัดความยาวของแรงลัพธ์ แล้วเทียบอัตราส่วนกับขนาดของแรง และหาทิศทางจากทิศที่หัวลูกศรของแรงลัพธ์ ($\vec{F}$) ชี้ไป ดังรูปที่ 1.10 (ค)



(ก) แรงที่กระทำต่อวัตถุ



(ข) การหาแรงลัพธ์

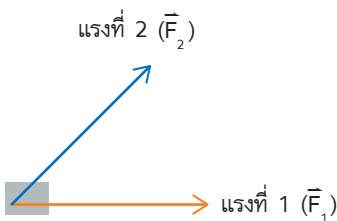


(ค) แรงลัพธ์

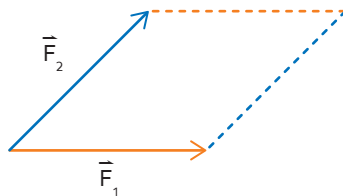
รูปที่ 1.10 การหาแรงลัพธ์ด้วยวิธีการสร้างรูปสามเหลี่ยม

2) การหาแรงลัพธ์ด้วยวิธีการสร้างรูปสี่เหลี่ยมด้านขนาน

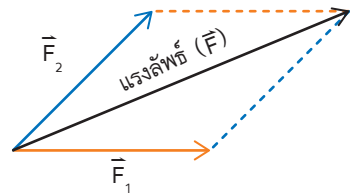
การหาแรงลัพธ์ด้วยวิธีการสร้างรูปสี่เหลี่ยมด้านขนานระหว่างแรง 2 แรง ดังรูปที่ 1.11 (ก) ทำได้โดยการนำทางของแรงที่ 1 ($\vec{F}_1$) ต่อกับทางของแรงที่ 2 ($\vec{F}_2$) จากนั้นสร้างรูปสี่เหลี่ยมด้านขนาน ดังรูปที่ 1.11 (ข) จะได้แรงลัพธ์ ($\vec{F}$) คือ เวกเตอร์ของเส้นทแยงมุมที่ลากจากมุมที่ทางของแรงทั้งสองพบกันไปยังมุมตรงข้าม ดังรูปที่ 1.11 (ค)



(ก) แรงที่กระทำต่อวัตถุ



(ข) การหาแรงลัพธ์



(ค) แรงลัพธ์

รูปที่ 1.11 การหาแรงลัพธ์ด้วยวิธีการสร้างรูปสี่เหลี่ยมด้านขนาน

การหาขนาดและทิศทางของแรงลัพธ์ทำได้อย่างไร



กิจกรรมที่ 3

สังเกตการหาขนาดและทิศทางของแรงลัพธ์



จุดประสงค์ของกิจกรรม

1. บอกได้ว่าแรงลัพธ์เนื่องจากแรง 2 แรงที่กระทำต่อกันมีขนาดเท่ากับแรงที่ 3 แต่มีทิศทางตรงกันข้ามเมื่อวัตถุนั้นหยุดนิ่ง
2. เขียนเวกเตอร์แทนขนาดและทิศทางของแรงที่กระทำต่อวัตถุได้
3. หาขนาดและทิศทางของแรงลัพธ์โดยวิธีการสร้างรูปได้

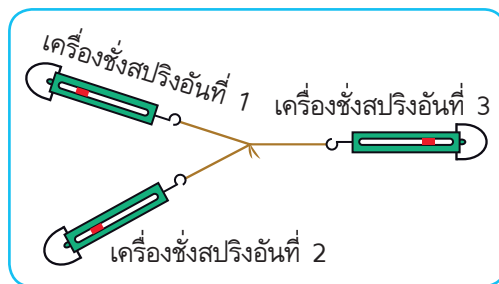
ทักษะเสริมความเข้าใจที่คงทน

1. การสังเกต
2. การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล
3. การตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป

ปัญหา แรงลัพธ์เนื่องจากแรง 2 แรงมีขนาดและทิศทางอย่างไร
ขั้นตอน

1. นำเชือกที่มีความยาวเท่ากันมา 3 เส้น จากนั้นนำปลายเชือกแต่ละข้างมาผูกเข้าด้วยกัน โดยปลายที่เหลือทำเป็นห่วงเชือก แล้ววางลงบน กระดาษขาว

2. ใช้เครื่องชั่งสปริงทั้ง 3 อันเกี่ยวห่วงเชือก แล้วดึงเครื่องชั่งสปริงทั้งสามจนปมเชือกหยุดนิ่ง โดยที่เครื่องชั่งสปริงอันที่ 1 และเครื่องชั่งสปริง



รูปที่ 1.12 การผูกเครื่องชั่งสปริง 3 อัน

อันที่ 2 ทำมุม 0 องศา เขียนแนวแรงตามแนวของเชือกและบันทึกค่าของแรงทั้งสาม

3. ดำเนินการเช่นเดียวกับข้อ 2 โดยให้เครื่องชั่งสปริงอันที่ 1 และเครื่องชั่งสปริงอันที่ 2 ทำมุม 45 องศา และ 90 องศา

4. เขียนเวกเตอร์แทนขนาดและทิศทางของแรงทั้งสามในแต่ละกรณี

5. หาแรงลัพธ์ของเวกเตอร์ของแรงที่ 1 และแรงที่ 2 โดยการหาแรงลัพธ์ด้วยวิธีการสร้างรูปสามเหลี่ยมและวิธีการสร้างรูปสี่เหลี่ยมด้านขนาน

6. ร่วมกันอภิปราย แลกเปลี่ยนความคิดเห็น และสรุปผล

บันทึกผลการสังเกต

ขนาดของมุมที่เครื่องชั่งสปริง 2 อันแรก ทำมุมกัน (องศา)	แรงดึง (นิวตัน) จากเครื่องชั่งสปริงอันที่		
	1	2	3
0			
45	ควรบันทึกผลการสังเกตในสมุด		
90			

แผนภาพแสดงเวกเตอร์แทนขนาดและทิศทางของแรงทั้งสาม

ควรบันทึกผลการสังเกตในสมุด

ค้นหาคำตอบ

- เมื่อเครื่องชั่งสปริงอันที่ 1 และเครื่องชั่งสปริงอันที่ 2 ทำมุม 0 องศา เครื่องชั่งสปริงอันที่ 3 จะมีทิศทางอย่างไร และมีขนาดของแรงเท่าใด
- เมื่อเครื่องชั่งสปริง 2 อันแรกทำมุมกัน 45 องศา เครื่องชั่งสปริงอันที่ 3 จะมีทิศทางอย่างไร และมีขนาดของแรงเท่าใด
- เมื่อเครื่องชั่งสปริง 2 อันแรกทำมุมกัน 90 องศา เครื่องชั่งสปริงอันที่ 3 จะมีทิศทางอย่างไร และมีขนาดของแรงเท่าใด
- ผลสรุปของกิจกรรมนี้คืออะไร

จากกิจกรรมพบว่า การหาแรงลัพธ์สามารถใช้การรวมแบบเวกเตอร์ทั้งการสร้างรูปสามเหลี่ยมหรือการสร้างรูปสี่เหลี่ยมด้านขนานได้ ซึ่งแรงลัพธ์ที่ได้มีขนาดเท่ากับแรงลัพธ์ที่เครื่องชั่งสปริงอันที่ 3 วัดได้ แต่มีทิศทางตรงกันข้าม นั่นทำให้แรงลัพธ์ที่กระทำกับปมเชือกเท่ากับศูนย์

ความสัมพันธ์ระหว่างแรงและความเร่ง

เมื่อมีแรงมากระทำต่อวัตถุเท่ากับศูนย์ ทำให้สภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุไม่เปลี่ยนไป แต่ในกรณีที่แรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุมีค่าไม่เท่ากับศูนย์ นักเรียนคิดว่าจะทำให้สภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุเปลี่ยนไปอย่างไร และขึ้นอยู่กับปัจจัยใดบ้าง

ความสัมพันธ์ของความเร่ง แรง และมวลเป็นอย่างไร



กิจกรรมที่ 4

สังเกตความสัมพันธ์ของความเร่ง แรง และมวล



จุดประสงค์ของกิจกรรม

1. อธิบายความสัมพันธ์ของแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุกับความเร่งของวัตถุได้
2. อธิบายความสัมพันธ์ของความเร่งของวัตถุกับมวลของวัตถุเมื่อมีแรงกระทำคงตัวได้

ทักษะสร้างเสริมความเข้าใจที่คงทน

1. การสังเกต
2. การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล
3. การตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป

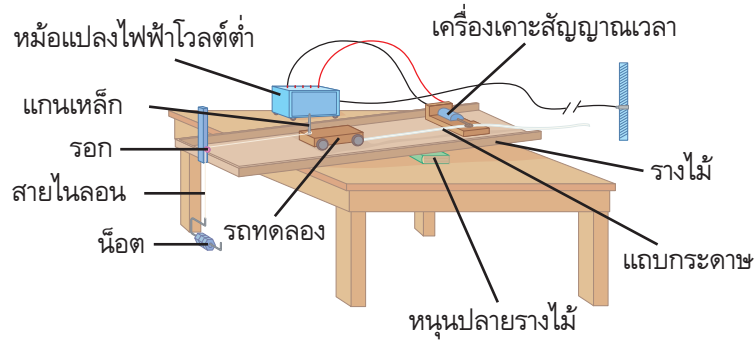
ปัญหา แรงลัพธ์กับความเร่งมีความสัมพันธ์กันในลักษณะใด

ขั้นตอน

1. วางรางไม้บนโต๊ะ นำเชนของรางไม้ที่มีรอกติดอยู่มาประกอบกับรางไม้แล้วจัดปลายรางไม้ด้านที่มีรอกให้ยื่นพ้นขอบโต๊ะเล็กน้อย

2. นำรถทดลองวางบนรางไม้แล้วติดปลายข้างหนึ่งของแถบกระดาษกับท้ายของรถทดลอง จากนั้นนำปลายอีกข้างหนึ่งของแถบกระดาษสอดผ่านเครื่องเคาะสัญญาณเวลา ซึ่งต่ออยู่กับหม้อแปลงไฟฟ้าโวลต์ต่ำ (ความต่างศักย์ประมาณ 5–8 โวลต์ ตามขนาดของเครื่องเคาะสัญญาณเวลา)

3. นำสายไนลอนผูกกับแกนเหล็กที่อยู่ด้านหน้าของรถทดลอง แล้วคล้องสายไนลอนผ่านรอกห้อยลงมาในแนวตั้ง จัดให้แนวแถบกระดาษ ตัวรถทดลอง และสายไนลอนอยู่ในแนวเส้นตรงเดียวกัน ดังรูปที่ 1.13



รูปที่ 1.13 การจัดอุปกรณ์และการหนูล์ปลายรางไม้

4. ลองผลักรถทดลองเบา ๆ ในทิศทางเข้าหารอก ถ้ารถทดลองเคลื่อนที่ได้ระยะใกล้ ๆ แล้วหยุดเคลื่อนที่ ให้หนูล์ปลายรางไม้ด้านที่อยู่ตรงข้ามกับที่ติดรอกให้สูงขึ้นเล็กน้อย แล้วลองผลักรถทดลองใหม่ โดยจะหยุดปรับปลายรางไม้ให้สูงขึ้นเมื่อรางไม้อยู่ในตำแหน่งที่รถทดลองเบา ๆ แล้วรถทดลองแล่นตามรางไม้ด้วยความเร็วคงตัว ซึ่งสามารถตรวจสอบได้จากระยะห่างที่เท่ากันของแต่ละช่วงจุดบนแถบกระดาษที่สอดผ่านเครื่องเคาะสัญญาณเวลา

5. นำน็อต 1 ตัวคล้องกับขอเกี่ยวโลหะของชุดอุปกรณ์ที่เตรียมไว้ จัดแถบกระดาษติดกับรถทดลองและสอดผ่านเครื่องเคาะสัญญาณเวลา และจับรถทดลองไว้

6. เปิดสวิตช์ที่เครื่องเคาะสัญญาณเวลาร่วมกับปล่อยรถทดลองให้เคลื่อนที่ นำแถบกระดาษที่ได้มาเขียนหมายเลขตามจำนวนน็อตที่แขวนไว้ที่ด้านหลังของแถบกระดาษ

7. ดำเนินการเช่นเดียวกับข้อ 5–6 แต่เพิ่มจำนวนน็อตเป็น 2, 3, 4 และ 5 ตัว ตามลำดับ ทุกครั้งที่เพิ่มจำนวนน็อตต้องเปลี่ยนแถบกระดาษใหม่ (น็อต 2, 3, 4 และ 5 ตัว เท่ากับแรง 2F, 3F, 4F และ 5F ตามลำดับ)

8. วิเคราะห์ข้อมูลหาขนาดของความเร่งขณะหนึ่งในช่วง 2 จุดจากจุดบนแถบกระดาษ แล้วบันทึกผล

9. ร่วมกันอภิปราย แลกเปลี่ยนความคิดเห็น และสรุปผล

บันทึกผลการสังเกต

ขนาดของแรงที่กระทำต่อรถทดลอง	ความเร่ง (เมตรต่อวินาที ²)
F	
2F	
3F	ควรบันทึกผลการสังเกตในสมุด
4F	
5F	

ค้นหาคำตอบ

1. ก่อนหมุนปลายรางไม้ข้างหนึ่งให้สูงขึ้น เมื่อผลักรถทดลองเบา ๆ เหตุใดรถทดลองเคลื่อนที่ไปแล้วหยุดโดยเร็ว
2. ขณะที่รถทดลองแล่นด้วยความเร็วคงตัว แรงลัพธ์ที่กระทำต่อรถทดลองเป็นเท่าใด
3. ขนาดของความเร่งเปลี่ยนไปอย่างไรเมื่อแรงลัพธ์เพิ่มขึ้น

จากกิจกรรมพบว่า เมื่อมีแรงดึงจากน๊อตกระทำต่อรถทดลองจะทำให้รถทดลองเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง โดยมวลของรถทดลองมีค่าคงที่ และเมื่อเพิ่มแรงดึงจากน๊อตกระทำต่อรถทดลอง รถทดลองจะเคลื่อนที่ด้วยความเร่งมากขึ้นด้วย และถ้าทำการทดลองต่อโดยเปลี่ยนมวลของรถทดลองและให้แรงดึงจากน๊อตคงตัว จะพบว่าเมื่อมวลของรถทดลองมากขึ้นแล้ว รถทดลองจะเคลื่อนที่ด้วยความเร่งลดลง ดังนั้นขนาดของความเร่งของวัตถุจะขึ้นอยู่กับขนาดของแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุและมวลของวัตถุ



น่ารู้

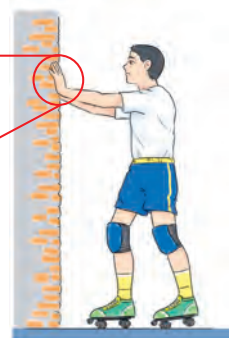
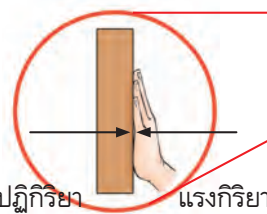
ความสัมพันธ์ของความเร่ง แรง และมวล สามารถเขียนความสัมพันธ์ในรูปของสมการได้ ดังนี้

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

เมื่อ	$\Sigma \vec{F}$	แทน	แรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุ มีหน่วยเป็นนิวตัน (N)
	m	แทน	มวลของวัตถุ มีหน่วยเป็นกิโลกรัม (kg)
	$\vec{a}$	แทน	ความเร่งของวัตถุ มีหน่วยเป็นเมตร/วินาที ² (m/s ²)

แรงกิริยาและแรงปฏิกิริยา

เมื่อมีแรงกระทำกับวัตถุ วัตถุจะออกแรงโต้ตอบในทิศทางตรงกันข้ามกับแรงที่เรากระทำด้วยแรงขนาดเท่ากัน กระทำต่อวัตถุคนละก้อน แรงที่เรากระทำต่อวัตถุเรียกว่า **แรงกิริยา (action)** ส่วนแรงที่วัตถุโต้ตอบต่อแรงที่เรากระทำเรียกว่า **แรงปฏิกิริยา (reaction)** เช่น การออกแรงผลักผนังขณะที่เราสวมรองเท้าสเก็ต เมื่อเราออกแรงผลักผนัง แรงที่มือกระทำต่อผนังเป็นแรงกิริยา ส่วนผนังจะออกแรงปฏิกิริยากระทำต่อมือเรา ทำให้ตัวเราซึ่งสวมรองเท้าสเก็ตเคลื่อนที่ออกจากผนัง ดังรูปที่ 1.14



รูปที่ 1.14 เมื่อออกแรงกิริยาผลักผนัง ผนังออกแรงปฏิกิริยากระทำต่อมือเรา

สมบัติของแรงกิริยาและแรงปฏิกิริยามีลักษณะอย่างไร



กิจกรรมที่ 5

สังเกตแรงกิริยาและแรงปฏิกิริยา



จุดประสงค์ของกิจกรรม

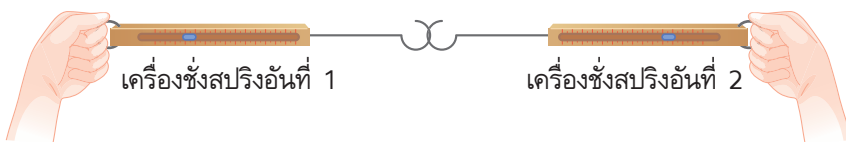
อธิบายขนาดและทิศทางของแรงกิริยาและแรงปฏิกิริยาได้

ทักษะสร้างเสริมความเข้าใจที่คงทน

1. การสังเกต
2. การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล
3. การตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป

ปัญหา แรงกิริยาและแรงปฏิกิริยามีขนาดและทิศทางสัมพันธ์กันอย่างไร
ขั้นตอน

1. นำขอเกี่ยวของเครื่องชั่งสปริง 2 อันมาเกี่ยวเข้าด้วยกัน จากนั้นถือเครื่องชั่งสปริงทั้งสองด้วยมือขวาและมือซ้าย ดังรูปที่ 1.15



รูปที่ 1.15 การจัดอุปกรณ์สังเกตแรงกิริยาและแรงปฏิกิริยา

2. ออกแรงดึงเครื่องชั่งสปริงอันที่ 1 ด้วยแรง 5, 10 และ 15 นิวตัน ในแนวระดับ โดยให้เครื่องชั่งสปริงอันที่ 2 อยู่นิ่ง จากนั้นสังเกตและอ่านค่าของแรงที่วัดได้จากเครื่องชั่งสปริงอันที่ 2 แล้วบันทึกผล
3. ดำเนินการเช่นเดียวกับข้อ 1-2 แต่เปลี่ยนเป็นดึงเครื่องชั่งสปริงอันที่ 2 โดยให้เครื่องชั่งสปริงอันที่ 1 อยู่นิ่ง
4. ร่วมกันอภิปราย แลกเปลี่ยนความคิดเห็น และสรุปผล

บันทึกผลการสังเกต

ขนาดของแรงดึงของเครื่องชั่งสปริงอันที่ 1 (นิวตัน)	ขนาดของแรงดึงของเครื่องชั่งสปริงอันที่ 2 (นิวตัน)
5	
10	
15	ควรบันทึกผลการสังเกตในสมุด
ขนาดของแรงดึงของเครื่องชั่งสปริงอันที่ 2 (นิวตัน)	ขนาดของแรงดึงของเครื่องชั่งสปริงอันที่ 1 (นิวตัน)
5	
10	
15	

ค้นหาคำตอบ

1. เมื่อออกแรงดึงเครื่องชั่งสปริง ขนาดของแรงที่สังเกตได้ของเครื่องชั่งสปริงทั้ง 2 อันมีความสัมพันธ์กันอย่างไร
2. นักเรียนสามารถเขียนเวกเตอร์แสดงทิศทางของแรงที่เกิดขึ้นได้อย่างไร

จากกิจกรรมพบว่า เมื่อออกแรงดึงเครื่องชั่งสปริงอันใดอันหนึ่ง เครื่องชั่งสปริงอีกอันหนึ่ง จะออกแรงดึงที่มีขนาดเท่ากับแรงที่นักเรียนออกแรงดึงอย่างทันทีทันใด จึงแสดงให้เห็นว่า ทั้งแรงกิริยาและแรงปฏิกิริยาเกิดขึ้นพร้อมกัน มีขนาดเท่ากัน และกระทำต่อวัตถุคนละก้อน



ทบทวนความเข้าใจ

1. ถ้ามีหลายแรงมากระทำต่อวัตถุจะหาแรงลัพธ์ได้อย่างไร
2. ความเร่งของวัตถุขึ้นอยู่กับสิ่งใด
3. ทิศของแรงกิริยาและแรงปฏิกิริยาเป็นอย่างไร

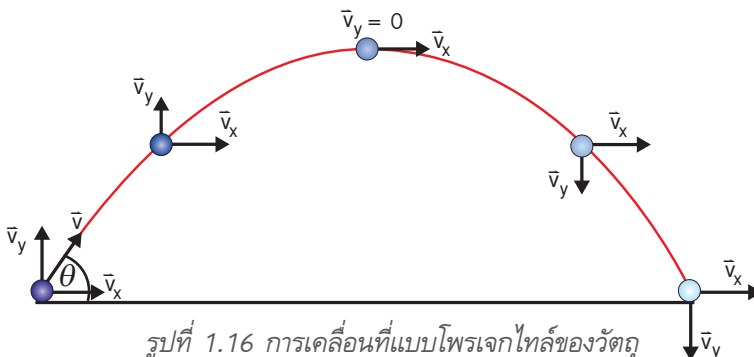
การเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ

ในชีวิตประจำวันนักเรียนสามารถพบการเคลื่อนที่ต่าง ๆ เช่น การเคลื่อนที่ของลูกฟุตบอล การเข้าโค้งของรถยนต์ และการแกว่งของชิงช้า ซึ่งนักเรียนจะได้เรียนรู้การเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ ในบทเรียนนี้

การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์

เมื่อโยนลูกบาสเกตบอลลงห่วงประตูจะสังเกตได้ว่า ลูกบาสเกตบอลเคลื่อนที่เป็นวิถีโค้ง เรียกการเคลื่อนที่ลักษณะนี้ว่า การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ (projectile motion)

การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์เป็นการเคลื่อนที่ทั้งในแนวระดับและแนวตั้ง โดยในแนวระดับเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัว ส่วนในแนวตั้งเคลื่อนที่ด้วยความเร่งคงตัว เนื่องจากความเร็วในแนวตั้งได้รับอิทธิพลจากแรงโน้มถ่วงของโลก โดยเส้นทางการเคลื่อนที่ของวัตถุมีลักษณะเป็นเส้นโค้งแบบพาราโบลา เช่น ถ้ายิงวัตถุด้วยความเร็ว (v) ทำมุม θ กับแนวระดับ ดังรูปที่ 1.16 จะเห็นได้ว่าความเร็วในแนวตั้งของวัตถุ ($\vec{v}_y$) เปลี่ยนแปลงตลอดเวลา และมีค่าเป็นศูนย์ที่จุดสูงสุด แต่ความเร็วในแนวระดับของวัตถุ ($\vec{v}_x$) มีค่าคงตัวตลอดการเคลื่อนที่



รูปที่ 1.16 การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ของวัตถุ

วัตถุที่ตกในแนวตั้งกับวัตถุที่มีความเร็วในแนวระดับใช้เวลาตกเท่ากันหรือไม่



กิจกรรมที่ 6

สังเกตการตกของเหรียญ



จุดประสงค์ของกิจกรรม

อธิบายความเหมือนและความแตกต่างของวัตถุที่ตกแบบเสรีในแนวตั้งกับวัตถุที่ตกแบบเสรีแต่มีความเร็วในแนวระดับได้

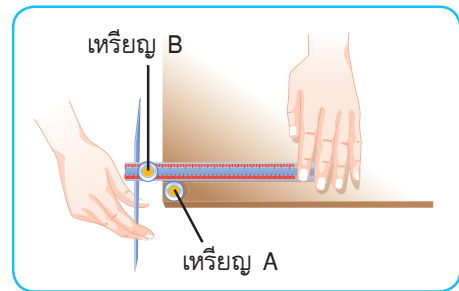
ทักษะสร้างเสริมความเข้าใจที่คงทน

1. การสังเกต
2. การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล
3. การตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป

ปัญหา เหรียญที่ตกแบบเสรีในแนวตั้งกับเหรียญที่ตกแบบโปรเจกไทล์จะตกถึงพื้นพร้อมกันหรือไม่
ขั้นตอน

1. วางเหรียญ A บริเวณมุมโต๊ะ โดยให้ชิดกับขอบโต๊ะด้านหนึ่ง

2. วางไม้บรรทัดให้ขนานกับขอบโต๊ะด้านที่วางเหรียญ A ไว้และให้ไม้บรรทัดสัมผัสกับเหรียญ A โดยให้ปลายไม้บรรทัดด้านหนึ่งยื่นออกจากโต๊ะ จากนั้นใช้มือกดปลายไม้บรรทัดด้านที่อยู่บนโต๊ะไว้ เพื่อให้ปลายไม้บรรทัดด้านนั้นเป็นจุดหมุน จากนั้นวางเหรียญ B ลงบนปลายไม้บรรทัดด้านที่ยื่นออกจากโต๊ะ ดังรูปที่ 1.17



รูปที่ 1.17 การสังเกตการตกของเหรียญ

3. ใช้ไม้บรรทัดอีกอันหนึ่งเคาะปลายไม้บรรทัดที่มีเหรียญ B วางอยู่ สังเกตเส้นทางการเคลื่อนที่ของเหรียญ A และเหรียญ B โดยการบันทึกภาพเคลื่อนไหวพร้อมทั้งฟังเสียงเหรียญที่ตกกระทบพื้น แล้วบันทึกผล

4. ดำเนินการเช่นเดียวกับข้อ 1–3 โดยออกแรงเพิ่ม

บันทึกผลการสังเกต

ครั้งที่	เส้นทางการเคลื่อนที่ของเหรียญ A และเหรียญ B	ลักษณะการตกถึงพื้นของเหรียญ A และเหรียญ B
1	ควรบันทึกผลการสังเกตในสมุด	
2		

ค้นหาคำตอบ

1. เหยี่ยง A และเหยี่ยง B มีลักษณะการเคลื่อนที่อย่างไร
2. เหยี่ยง A และเหยี่ยง B ตกถึงพื้นพร้อมกันหรือไม่
3. การออกแรงเพิ่มส่งผลต่อเวลาการตกอย่างไร
4. ผลสรุปของกิจกรรมนี้คืออะไร

จากกิจกรรมพบว่า เมื่อออกแรงเคาะในแนวระดับ เหยี่ยง A ถูกแรงกระทำให้เคลื่อนที่ไปในแนวระดับและเคลื่อนที่หลุดจากขอบโต๊ะแล้วเคลื่อนที่ต่อไปภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลก ทำให้เหยี่ยง A เคลื่อนที่ในแนวโค้งลงสู่พื้น ส่วนเหยี่ยง B ไม่มีแรงกระทำในแนวระดับจึงเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงในแนวตั้ง โดยเหยี่ยง A และ B ตกถึงพื้นพร้อมกัน

นอกจากการตกของวัตถุที่มีความเร็วในแนวระดับแล้ว การยิงหรือโยนวัตถุไปหาเป้าหมายในระยะไกลออกไป เช่น การยิงปืนใหญ่ จะทำให้วัตถุมีความเร็วเริ่มต้นทั้งในแนวตั้งและแนวระดับ และหากไม่คิดแรงต้านอากาศจะมีเพียงแรงโน้มถ่วงของโลกเท่านั้นที่กระทำต่อวัตถุ ทำให้วัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็วในแนวตั้งเปลี่ยนแปลงเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก ขณะที่ความเร็วในแนวระดับจะคงตัว วัตถุจึงเคลื่อนที่เป็นวิถีโค้ง ซึ่งเป็นการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์

ถ้าต้องการยิงวัตถุจากพื้นให้วัตถุไปได้ไกลที่สุด ต้องยิงวัตถุด้วยมุมเท่าไร



กิจกรรมที่ 7

สังเกตการยิงแบบโพรเจกไทล์



จุดประสงค์ของกิจกรรม

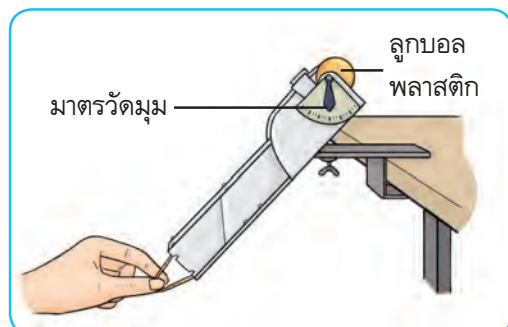
1. อธิบายความสัมพันธ์ของมุมกับระยะการเคลื่อนที่ในแนวราบได้
2. อธิบายความสัมพันธ์ของมุมที่มีผลต่อระยะการเคลื่อนที่ในแนวราบเท่ากันได้

ทักษะสร้างเสริมความเข้าใจที่คงทน

1. การสังเกต
2. การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล
3. การตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป

ปัญหา มุมใดที่ยิงแล้วทำให้วัตถุตกไกลที่สุด
ขั้นตอน

1. ติดชุดเครื่องยิงโพรเจกไทล์ ดังรูปที่ 1.18
2. ยิงลูกบอลพลาสติกด้วยมุม 15 องศาจากแนวระดับ จากนั้นวัดระยะจากจุดที่ยิงถึงจุดที่ลูกบอลพลาสติกกระทบพื้นเป็นจุดแรก โดยจุดเริ่มและจุดตกอยู่ในระดับเดียวกัน แล้วบันทึกผล



รูปที่ 1.18 การสังเกตการยิงแบบโพรเจกไทล์

3. ดำเนินการเช่นเดียวกับข้อ 2 แต่เปลี่ยนมุมเป็น 30, 45, 60 และ 75 องศา ตามลำดับ โดยยิงลูกบอลพลาสติกด้วยความเร็วเท่ากัน
4. ร่วมกันอภิปราย แลกเปลี่ยนความคิดเห็น และสรุปผล

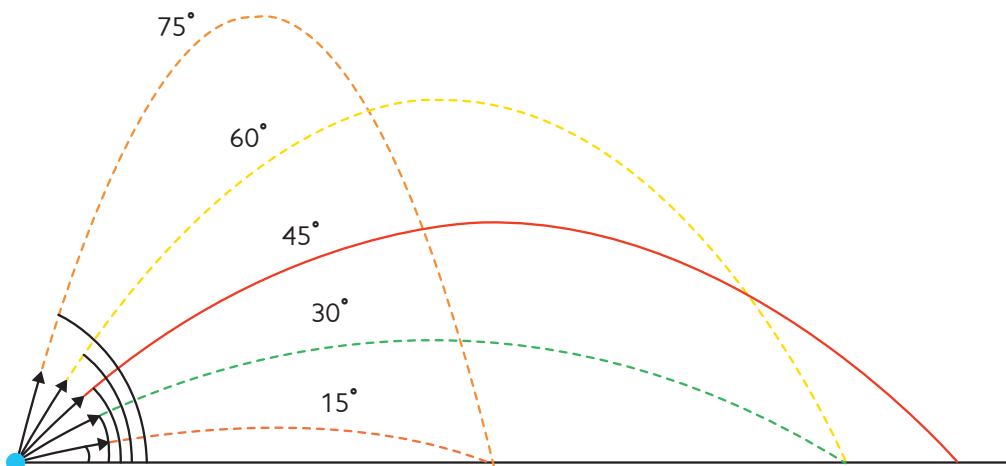
บันทึกผลการสังเกต

มุมยิง (องศา)	ระยะจากจุดที่ยิงถึงจุดที่ลูกบอลพลาสติกกระทบพื้นเป็นจุดแรก (เซนติเมตร)
15	
30	
45	ควรบันทึกผลการสังเกตในสมุด
60	
75	

ค้นหาคำตอบ

1. มุมยิงเท่าใดทำให้ลูกบอลพลาสติกตกได้ไกลที่สุด
2. มุมยิงเท่าใดที่ลูกบอลพลาสติกไปได้ไกลเท่ากัน
3. ผลสรุปของกิจกรรมนี้คืออะไร

ถ้ายิงวัตถุขึ้นจากพื้นด้วยอัตราเร็วเท่ากัน แต่ทำมุมกับแนวระดับต่างกัน วัตถุจะตกห่างจากจุดยิงด้วยระยะทางต่างกัน โดยวัตถุจะตกห่างจากจุดยิงมากที่สุดเมื่อยิงวัตถุทำมุม 45 องศา กับแนวระดับ ดังรูปที่ 1.19



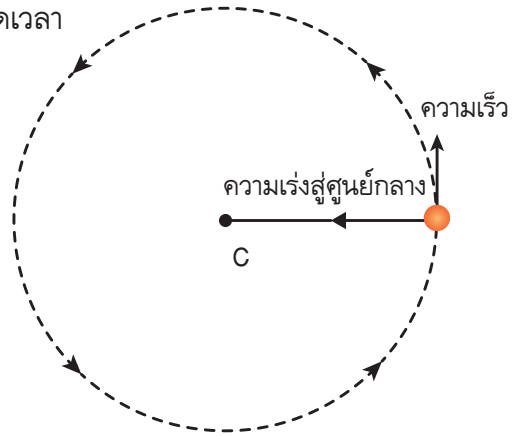
รูปที่ 1.19 การยิงวัตถุขึ้นจากพื้นโดยทำมุมต่าง ๆ กับแนวระดับ

การเคลื่อนที่แบบวงกลม

นักเรียนอาจเคยเห็นการเคลื่อนที่แบบวงกลมในชีวิตประจำวัน เช่น การเข้าโค้งของรถยนต์ ม้าหมุน ชิงช้าสวรรค์ การเคลื่อนที่แบบวงกลมที่อาจจะมีความเร็วในแนวเส้นสัมผัสเส้นรอบวงกลม คงตัว แต่ทิศทางของความเร็วนั้นเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา

การเคลื่อนที่แบบวงกลม (circular motion)

เป็นการเคลื่อนที่ของวัตถุที่มีระยะทางจากวัตถุถึงจุดคงที่จุดหนึ่งเท่ากันเสมอ เรียกจุดนั้นว่า ศูนย์กลางของการเคลื่อนที่ (C) โดยขณะที่วัตถุกำลังเคลื่อนที่แบบวงกลมจะมีแรงกระทำต่อวัตถุในทิศทางพุ่งเข้าสู่ศูนย์กลางของการเคลื่อนที่เสมอ เรียกแรงนี้ว่า **แรงสู่ศูนย์กลาง (centripetal force)** โดยขนาดของแรงสู่ศูนย์กลางจะขึ้นอยู่กับความเร็วในการเคลื่อนที่ของวัตถุ และแรงสู่ศูนย์กลางจะทำให้เกิดความเร่งที่มีทิศทางเดียวกับแรงสู่ศูนย์กลาง เรียกความเร่งนี้ว่า **ความเร่งสู่ศูนย์กลาง (centripetal acceleration)** ส่วนความเร็วขณะหนึ่งของวัตถุจะมีทิศทางอยู่ในแนวเส้นสัมผัสกับเส้นรอบวงกลม ซึ่งตั้งฉากกับความเร่งสู่ศูนย์กลาง ดังรูปที่ 1.20



รูปที่ 1.20 การเคลื่อนที่แบบวงกลม



ศัพท์ที่ควรรู้

- แรงสู่ศูนย์กลาง

การเคลื่อนที่แบบวงกลมมีลักษณะอย่างไร



กิจกรรมที่ 8

สังเกตการเคลื่อนที่แบบวงกลม



จุดประสงค์ของกิจกรรม

1. อธิบายการเคลื่อนที่แบบวงกลมได้
2. อธิบายปัจจัยที่ส่งผลต่อแรงสู่ศูนย์กลางได้

ทักษะเสริมสร้างความเข้าใจที่คงทน

1. การสังเกต
2. การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล
3. การตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป

ปัญหา การเคลื่อนที่แบบวงกลมเกี่ยวข้องกับปริมาณใด

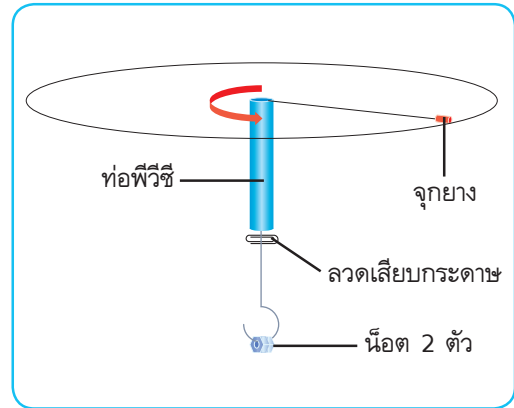
ขั้นตอน

1. จัดอุปกรณ์ ดังรูปที่ 1.21 โดยนำจุกยางผูกด้วยเชือกให้แน่น ใส่ผ่านท่อพีวีซี วัดระยะจากจุดกึ่งกลางของจุกยางตามแนวเส้นเชือกถึงปลายบนท่อพีวีซีให้ยาวประมาณ 60 เซนติเมตร ใช้ลวดเสียบกระดาษหนีบเส้นเชือกห่างจากปลายท่อพีวีซี 1 เซนติเมตร ใช้น็อต 2 ตัวแขวนที่ขอเกี่ยวโลหะแล้วเหวี่ยงจุกยางให้เป็นวงกลม

2. ดำเนินการเช่นเดียวกับข้อ 1 แต่เหวี่ยงให้เร็วขึ้น สังเกตการเปลี่ยนแปลงความยาวของเชือก แล้วบันทึกผล

3. ดำเนินการเช่นเดียวกับข้อ 1 แต่เพิ่มจำนวนน๊อตเป็น 3 ตัว สังเกตการเปลี่ยนแปลงความยาวของเชือก แล้วบันทึกผล ถ้าเปลี่ยนลงพยายามทำให้รัศมีการหมุนเท่าเดิมด้วยการเหวี่ยงให้เร็วขึ้นหรือช้าลง

4. ดำเนินการเช่นเดียวกับข้อ 1 แต่เพิ่มจำนวนน๊อตเป็น 4 และ 5 ตัว



รูปที่ 1.21 ชุดทดลองการเคลื่อนที่แบบวงกลม

บันทึกผลการสังเกต

สิ่งที่สังเกต	ผลการสังเกต
เมื่อเหวี่ยงเร็วขึ้น	
เมื่อเพิ่มจำนวนน๊อตเป็น 3 ตัว	
ถ้าความยาวเชือกเปลี่ยนอย่างไรให้ความยาวเชือกยาวเท่าเดิม	ควรบันทึกผลการสังเกตในสมุด
เมื่อเพิ่มจำนวนน๊อตเป็น 4 ตัว	
เมื่อเพิ่มจำนวนน๊อตเป็น 5 ตัว	

ค้นหาคำตอบ

1. เมื่ออัตราเร็วของจุดยางเพิ่มจะมีผลต่อรัศมีการเคลื่อนที่อย่างไร
2. ถ้าหมุนด้วยอัตราเร็วคงเดิมแต่เพิ่มจำนวนน๊อตจะมีผลต่อรัศมีการเคลื่อนที่อย่างไร
3. ผลสรุปของกิจกรรมนี้คืออะไร

จากกิจกรรมพบว่า เมื่อให้แรงดึงเชือกและจำนวนน๊อตมีค่าคงที่ อัตราเร็วในการหมุนจะเพิ่มขึ้น ถ้ารัศมีการเคลื่อนที่เพิ่มขึ้น แต่ถ้าหมุนด้วยอัตราเร็วเท่าเดิมแต่เพิ่มจำนวนน๊อตจะทำให้รัศมีการเคลื่อนที่ลดลง เนื่องจากจำนวนน๊อตเป็นการเพิ่มแรงสู่ศูนย์กลาง ดังนั้นถ้าต้องการให้รัศมีการเคลื่อนที่เท่าเดิมจะต้องหมุนให้เร็วขึ้น เพราะฉะนั้นความแรงสู่ศูนย์กลางที่เปลี่ยนแปลงเป็นผลให้แรงสู่ศูนย์กลางเปลี่ยนแปลง และถ้ามวลจุดยางไม่เปลี่ยนแปลง แรงสู่ศูนย์กลางจะขึ้นอยู่กับรัศมีการเคลื่อนที่และอัตราเร็วในการหมุนด้วยเช่นกัน เมื่อรัศมีการเคลื่อนที่คงที่ ถ้าอัตราเร็วในการหมุนมาก ความแรงสู่ศูนย์กลางก็จะมากด้วยเช่นกัน และเมื่อให้อัตราเร็วในการหมุนคงที่ ถ้ารัศมีการเคลื่อนที่มาก ความแรงสู่ศูนย์กลางจะน้อย

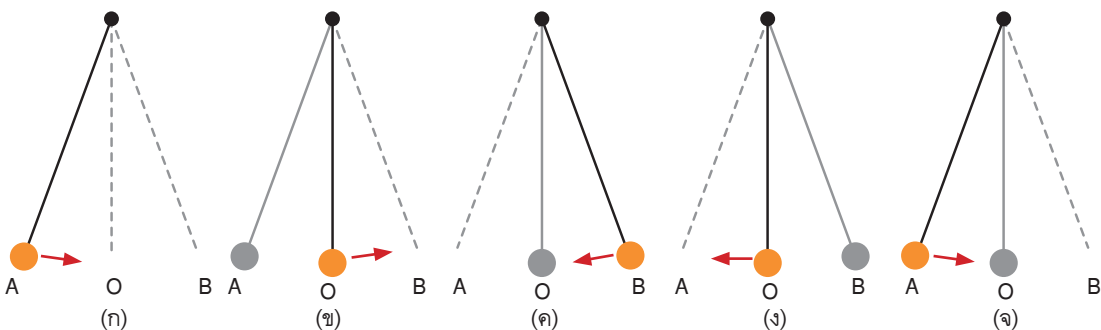
ความรู้เกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบวงกลมสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้ เช่น การเลี้ยวโค้งของรถให้ปลอดภัย ซึ่งต้องอาศัยแรงสู่ศูนย์กลางเพื่อไม่ให้รถไถลออกไปนอกถนน แรงสู่ศูนย์กลางนี้เกิดจากแรงเสียดทานระหว่างยางรถกับพื้นถนน

การเลี้ยวโค้งของรถบนถนนราบด้วยอัตราเร็วสูงต้องการแรงสู่ศูนย์กลางมากกว่าการเลี้ยวโค้งด้วยอัตราเร็วต่ำ ส่วนการเลี้ยวโค้งของรถด้วยอัตราที่มีความโค้งสั้นต้องการแรงสู่ศูนย์กลางมากกว่าการเลี้ยวโค้งด้วยอัตราที่มีความโค้งยาว ดังนั้น ถ้ารถเลี้ยวโค้งด้วยอัตราเร็วสูงหรือเลี้ยวโค้งด้วยอัตราที่มีความโค้งสั้นจะทำให้มีโอกาสเกิดการไถลออกนอกเส้นทางได้ เนื่องจากมีแรงเสียดทานไม่เพียงพอ วิศวกรจึงออกแบบบริเวณถนนโค้ง โดยมีการปรับพื้นถนนให้ขอบด้านนอกของถนนเอียงสูงขึ้นเพื่อเพิ่มแรงสู่ศูนย์กลางทำให้รถไม่ไถลออกนอกถนน

การเคลื่อนที่แบบสั่น

การเคลื่อนที่แบบสั่นเป็นการเคลื่อนที่แบบกลับไปกลับมาซ้ำแนวเดิมของวัตถุ เช่น การแกว่งของลูกตุ้มนาฬิกา การแกว่งของชิงช้า การสั่นของสายกีตาร์เมื่อถูกดีด การแกว่งของเปล และการเคลื่อนที่ของวัตถุที่มีมวลติดปลายสปริง

เมื่อวัตถุเคลื่อนที่แบบสั่น วัตถุจะมีขนาดของความเร่งแปรผันตรงกับขนาดของการกระจัด แต่มีทิศทางตรงกันข้าม โดยความเร่งของวัตถุจะมีทิศทางเข้าหาตำแหน่งหนึ่งที่เรียกว่า ตำแหน่งสมดุล (equilibrium position) ซึ่งเป็นตำแหน่งที่แรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุมีค่าเป็นศูนย์ เช่น การแกว่งของลูกตุ้มเป็นการเคลื่อนที่กลับไปกลับมาซ้ำแนวเดิมระหว่างตำแหน่ง A และ B โดยมีตำแหน่ง O อยู่ตรงกลางเป็นตำแหน่งสมดุล ขณะที่ลูกตุ้มเคลื่อนที่จากตำแหน่ง A เข้าหาตำแหน่ง O ลูกตุ้มจะมีความเร็วเพิ่มขึ้น นั่นคือ ลูกตุ้มมีความเร่งเข้าหาตำแหน่ง O ดังรูปที่ 1.22 (ก) และมีความเร็วสูงสุดที่ตำแหน่ง O ซึ่งเป็นตำแหน่งที่แรงลัพธ์ที่กระทำต่อลูกตุ้มมีค่าเป็นศูนย์ ดังนั้น ความเร่งที่ตำแหน่ง O จึงมีค่าเป็นศูนย์ ดังรูปที่ 1.22 (ข) แต่ขณะที่ลูกตุ้มเคลื่อนที่ออกจากตำแหน่ง O ไปยังตำแหน่ง B ลูกตุ้มจะมีความเร็วลดลง และความเร็วมีค่าเป็นศูนย์ที่ตำแหน่ง B แสดงว่าลูกตุ้มมีความเร่งในทิศทางตรงกันข้ามกับความเร็ว และมีทิศทางเข้าหาตำแหน่ง O ดังรูปที่ 1.22 (ค) จากนั้นลูกตุ้มจะเคลื่อนที่ย้อนกลับไปทางเดิมและเปลี่ยนแปลงความเร่งในลักษณะเดิมอีกครั้ง ดังรูปที่ 1.22 (ง) และ (จ)



รูปที่ 1.22 การแกว่งของลูกตุ้ม

เมื่อลูกตุ้มเคลื่อนที่จาก O ไป A กลับมา O ไป B แล้วกลับมาที่ O อีกครั้งหนึ่งเป็นการเคลื่อนที่ครบ 1 รอบ เวลาในการเคลื่อนที่ที่กลับไปกลับมาครบ 1 รอบ เรียกว่า คาบ (period) ของการเคลื่อนที่ มีหน่วยเป็นวินาที จำนวนรอบของการเคลื่อนที่ใน 1 วินาที เรียกว่า ความถี่ (frequency) มีหน่วยเป็นรอบต่อวินาที หรือเฮิรตซ์ (hertz) คาบของการแกว่งของลูกตุ้มจะมีค่าคงตัวเสมอ เมื่อแกนของลูกตุ้มมีความยาวคงตัว โดยตำแหน่ง A และ B เป็นตำแหน่งที่ลูกตุ้มเคลื่อนที่ได้ระยะไกลจากตำแหน่งสมดุลมากที่สุด เรียกว่า แอมพลิจูด (amplitude)

คาบการแกว่งของลูกตุ้มอย่างง่ายขึ้นอยู่กับอะไร



กิจกรรมที่ 9

สังเกตการเคลื่อนที่ของลูกตุ้มอย่างง่าย



จุดประสงค์ของกิจกรรม

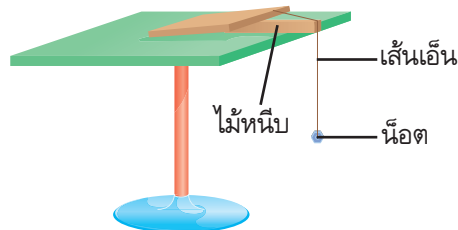
1. อธิบายลักษณะการเคลื่อนที่แบบสั่นได้
2. บอกปัจจัยที่ส่งผลต่อคาบการแกว่งของลูกตุ้มอย่างง่ายได้

ทักษะสร้างเสริมความเข้าใจที่คงทน

1. การสังเกต
2. การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล
3. การตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป

ปัญหา มวลและระยะจากจุดที่แกว่งจนถึงตัวลูกตุ้มอย่างง่ายมีผลต่อคาบการแกว่งอย่างไร
ขั้นตอน

1. จัดอุปกรณ์ ดังรูปที่ 1.23 วัดความยาวของเส้นเอ็น จากนั้นพลักให้น็อตแกว่งด้วยมุมเล็ก ๆ โดยมุมตั้งต้นประมาณ 10 องศา และจับเวลาในการแกว่ง 10 รอบ แบบกลับไปกลับมา แล้วบันทึกผล



รูปที่ 1.23 การจัดอุปกรณ์การสังเกตการเคลื่อนที่ของลูกตุ้มอย่างง่าย

2. ดำเนินการเช่นเดียวกับข้อ 1 แต่เปลี่ยนจากน็อต 1 ตัวเป็นน็อต 2 ตัว
3. ดำเนินการเช่นเดียวกับข้อ 1-2 แต่เปลี่ยนความยาวของเส้นเอ็น
4. นำความยาวของเส้นเอ็นและเวลาในการแกว่งมาคำนวณหาคาบการแกว่ง แล้วบันทึกผล
5. ร่วมกันอภิปราย แลกเปลี่ยนความคิดเห็น และสรุปผล

บันทึกผลการสังเกต

จำนวนน็อต (ตัว)	ความยาวของเส้นเอ็น (เซนติเมตร)	เวลาในการแกว่ง 10 รอบ (วินาที)	คาบการแกว่ง (วินาที)
1			
	ควรบันทึกผลการสังเกตในสมุด		
2			

ค้นหาคำตอบ

1. ถ้ามวลของน็อตไม่คงตัวจะมีผลต่อคาบการแกว่งหรือไม่
2. ถ้าความยาวของเส้นเอ็นไม่คงตัวจะมีผลต่อคาบการแกว่งหรือไม่
3. ผลสรุปของกิจกรรมนี้คืออะไร



ทบทวนความเข้าใจ

1. การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์มีลักษณะการเคลื่อนที่เป็นอย่างไร
2. ทิศของความเร่งของวัตถุในการเคลื่อนที่แบบวงกลมเป็นอย่างไร
3. การเคลื่อนที่แบบสั่นมีทิศของความเร่งเป็นอย่างไร

คิด วิเคราะห์ สังเคราะห์ (concept map)

แรงในชีวิตประจำวัน

เรียนรู้เกี่ยวกับ

การเคลื่อนที่แนวตรง

คือ
การเคลื่อนที่ในแนวตรง
เหมาะสมสำหรับ
ใช้ศึกษา

ปริมาณสำคัญ
ในการเคลื่อนที่

ได้แก่

- ตำแหน่ง ระยะทาง และการกระจัด
- อัตราเร็วและความเร็ว
- ความเร่ง

แรงและการเคลื่อนที่

เรียนรู้เกี่ยวกับ

การหาแรงลัพธ์

ทำได้โดย

การรวมแบบเวกเตอร์

ผลของแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุ

ทำให้

วัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง
ทิศทางเดียวกับแรงลัพธ์ โดย
ขนาดของความเร่งขึ้นอยู่กับมวล
ของวัตถุและขนาดของแรงลัพธ์

คือ
แรงกิริยาและแรงปฏิกิริยา

แรงที่มีขนาดเท่ากัน เกิดขึ้น
พร้อมกัน กระทำต่อวัตถุคนละ
ก้อน แต่มีทิศทางตรงกันข้าม

การเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ

ได้แก่

การเคลื่อนที่
แบบโปรเจกไทล์

คือ
การเคลื่อนที่แนวโค้งที่มี
ความเร็วในแนวระดับคงตัว
และมีความเร่งในแนวดิ่งคงตัว

การเคลื่อนที่
แบบวงกลม

คือ
การเคลื่อนที่เป็นวงกลม
ด้วยความเร่งที่มีทิศทางตั้งฉาก
กับความเร็วของวัตถุ

การเคลื่อนที่
แบบสั่น

คือ
การเคลื่อนที่กลับไปกลับมาซ้ำ
ทางเดิมด้วยความเร่งที่มีทิศทาง
เข้าสู่จุดที่แรงลัพธ์เท่ากับศูนย์



สาระสำคัญประจำหน่วย

1. การเคลื่อนที่ของวัตถุเป็นการเปลี่ยนตำแหน่งของวัตถุเมื่อเวลาเปลี่ยนแปลงไป ซึ่งเกิดขึ้นเมื่อมีแรงมากระทำต่อวัตถุ
2. การเคลื่อนที่แนวตรงเป็นการเคลื่อนที่ในแนวเดียวและมีเส้นทางการเคลื่อนที่เป็นแนวตรงแบ่งเป็น 2 ลักษณะ คือ การเคลื่อนที่แนวตรงในแนวระดับและการเคลื่อนที่แนวตรงในแนวตั้งหรือการตกแบบเสรี
3. ปริมาณสำคัญในการเคลื่อนที่ ได้แก่ ตำแหน่ง ระยะทาง การกระจัด อัตราเร็ว ความเร็ว และความเร่ง
4. ถ้าวัตถุมีความเร็วเพิ่มขึ้น แสดงว่าความเร่งมีทิศเดียวกับความเร็ว และถ้าความเร็วลดลง แสดงว่าความเร่งมีทิศตรงกันข้ามกับความเร็ว
5. เมื่อมีแรงหลายแรงกระทำต่อวัตถุ สามารถหาแรงลัพธ์ได้ด้วยการรวมแบบเวกเตอร์
6. เมื่อแรงลัพธ์มีค่าไม่เท่ากับศูนย์จะทำให้วัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร่งที่มีทิศเดียวกับแรงลัพธ์ โดยขนาดของความเร่งขึ้นอยู่กับขนาดของแรงลัพธ์และมวลของวัตถุ
7. แรงกิริยาและแรงปฏิกิริยาเป็นแรงที่กระทำระหว่างวัตถุคู่หนึ่ง ๆ โดยแรงทั้งสองมีขนาดเท่ากัน เกิดขึ้นพร้อมกัน กระทำต่อวัตถุคนละก้อน และมีทิศตรงกันข้ามกัน
8. การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์เป็นการเคลื่อนที่แนวโค้งที่มีความเร็วในแนวระดับคงตัวและมีความเร่งในแนวตั้งคงตัว
9. การเคลื่อนที่แบบวงกลมเป็นการเคลื่อนที่เป็นวงกลมหรือส่วนของวงกลมซึ่งมีแรงสู่ศูนย์กลางและความเร่งสู่ศูนย์กลางตั้งฉากกับความเร็วของวัตถุตลอดเวลา
10. การเคลื่อนที่แบบสั่นเป็นการเคลื่อนที่กลับไปกลับมาซ้ำแนวเดิมด้วยความเร่งที่มีทิศทางเข้าสู่ตำแหน่งสมดุล ซึ่งเป็นตำแหน่งที่แรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุมีค่าเป็นศูนย์



กิจกรรมประจำหน่วย

ทบทวนคำศัพท์และหลักการทางวิทยาศาสตร์



1. การกระจัดและระยะทางแตกต่างกันอย่างไร
2. เมื่อมีแรงลัพธ์ที่ไม่เท่ากับศูนย์มากระทำต่อวัตถุ วัตถุจะเคลื่อนที่อย่างไร
3. อธิบายแรงกิริยาและแรงปฏิกิริยา
4. การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์คืออะไร
5. แรงอะไรที่ทำให้วัตถุเคลื่อนที่แบบวงกลมได้ และมีทิศกับความเร็วของวัตถุอย่างไร

ทักษะเสริมความเข้าใจที่คงทน



1. การเคลื่อนที่แบบวงกลมครบ 1 รอบ มีระยะทางและการกระจัดเท่าไร
2. กล้องถูกแรงกระทำในทิศตะวันออกขนาด 3 นิวตัน และแรงจากทิศใต้ขนาด 4 นิวตัน แรงลัพธ์ที่กระทำต่อกล้องนี้มีขนาดเท่าไร และทิศทางใด
3. หนังสือวางอยู่บนโต๊ะ แรงปฏิกิริยาของแรงโน้มถ่วงของโลกที่กระทำต่อหนังสือคือแรงอะไร
4. การเคลื่อนที่ของสัมภาระที่ปล่อยจากเครื่องบิน ถ้าไม่คิดแรงต้านอากาศเป็นการเคลื่อนที่แบบใด เพราะเหตุใด
5. แขนหนีตื้อกับเชือกซึ่งแกว่งกลับไปกลับมา โดยมีคาบการแกว่งเท่ากับ 1 วินาที ถ้าต้องการให้คาบการแกว่งนานขึ้น นักเรียนควรทำอย่างไร

การประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน



1. สิ่งที่ยกบนหน้าปัดรถยนต์เป็นความเร็วหรืออัตราเร็ว
2. เพราะเหตุใดทางโค้งบางแห่งพื้นถนนจึงลาดเอียง
3. ทำไมเราจึงดันตัวเองออกจากกำแพงได้ ทั้งที่เราออกแรงเข้าหากำแพง
4. ในการเพิ่มความเร่งของรถยนต์ นอกจากการเพิ่มกำลังของเครื่องยนต์และการออกแบบรูปทรงให้ลดแรงต้านอากาศแล้ว ยังมีวิธีใดที่เพิ่มความเร่งของรถยนต์

บทความชวนคิด



คำชี้แจง อ่านบทความต่อไปนี้แล้วตอบคำถาม

เครื่องตรวจจับความเร็วด้วยเลเซอร์

พระราชบัญญัติจราจรทางบกได้มีการกำหนดความเร็วของยานพาหนะชนิดต่าง ๆ ไว้เพื่อให้เกิดความปลอดภัยบนท้องถนน แต่ในช่วงเวลาที่มีปริมาณยานพาหนะน้อย เช่น เวลา กลางคืน ผู้ขับขี่มักเพิ่มความเร็วมากกว่าที่กฎหมายกำหนดเพื่อลดระยะเวลาในการเดินทาง โดยเฉพาะกรณีที่ผู้ขับขี่เสียของมีเงินมา ทำให้ขาดสติในการขับขี่และเพิ่มโอกาสเกิดอุบัติเหตุร้ายแรงขึ้น ตำรวจจึงนำเครื่องตรวจจับความเร็วมาติดตั้งไว้เพื่อตรวจจับยานพาหนะที่มีความเร็วเกินกำหนด

เครื่องตรวจจับความเร็วด้วยเลเซอร์เป็นเครื่องรุ่นใหม่ที่กำลังนำมาติดตั้ง ตัวเครื่องใช้กล้องประสิทธิภาพสูงในการตรวจจับความเร็วของยานพาหนะในเส้นทางตรง โดยมีสถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติมาทำการเทียบมาตรฐาน (calibration) เป็นประจำทุกปี และก่อนที่จะนำไปติดตั้งตามจุดต่าง ๆ จะมีการทดสอบทุกครั้ง กล้องสามารถบันทึกภาพเคลื่อนไหวของยานพาหนะต้องสงสัยบนท้องถนนได้ในระยะ 1.8 กิโลเมตร ทำให้ทราบว่าในระยะ 1.8 กิโลเมตร ก่อนถึงจุดที่เครื่องติดตั้งอยู่ ยานพาหนะคันใดใช้ความเร็วเท่าใด เครื่องตรวจจับความเร็วด้วยเลเซอร์จะบันทึกวัน เวลา และสถานที่ที่มีการกระทำผิด เพื่อนำมาเป็นข้อมูลในกรณีที่ต้องออกใบสั่งให้กับผู้ขับขี่ยานพาหนะที่ใช้ความเร็วเกินกำหนด นอกจากนี้เครื่องตรวจจับความเร็วด้วยเลเซอร์ยังสามารถบันทึกภาพในเวลากลางคืนได้อย่างชัดเจน จึงเหมาะสำหรับควบคุมกลุ่มวัยรุ่นที่ชอบแข่งรถบนท้องถนนในเวลากลางคืนด้วย

คำถามที่ 1: เครื่องตรวจจับความเร็วด้วยเลเซอร์

จากบทความ เครื่องตรวจจับความเร็วด้วยเลเซอร์สามารถคำนวณความเร็วของรถยนต์ได้อย่างไร

คำถามที่ 2: เครื่องตรวจจับความเร็วด้วยเลเซอร์

การเพิ่มความเร็วมากกว่าที่กฎหมายกำหนดสามารถลดระยะเวลาในการเดินทางได้เพราะอะไร

1. ความเร็วแปรผันกับความเร่ง
2. ความเร็วแปรผันกับระยะทาง
3. ความเร็วแปรผันกับการกระจัด
4. ความเร็วแปรผันกับระยะเวลาในการเคลื่อนที่