คู่มือครู รายวิชาพื้นฐาน

ฟิสิกส์

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
สำหรับนักเรียนที่เน้นวิทยาศาสตร์

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔ - ๖

ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑

กระทรวงศึกษาธิการ

สสวท

๖๖

สสวท

คู่มือครูรายวิชาพื้นฐานฟิสิกส์
กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔-๖

ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑

จัดทำโดย

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

กระทรวงศึกษาธิการ

ISBN 978-974-01-6272-8

พิมพ์ครั้งที่หนึ่ง ๕,๐๐๐ เล่ม

พ.ศ. ๒๕๕๓

องค์การค้าของ สกสค. จัดพิมพ์จำหน่าย

พิมพ์ที่โรงพิมพ์ สกสค. ลาดพร้าว

๒๒๔๕ ถนนลาดพร้าว วังทองหลาง กรุงเทพมหานคร

มีลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติ

สสวท

ประกาศกระทรวงศึกษาธิการ
เรื่อง อนุญาตให้ใช้หนังสือในสถานศึกษา

ด้วยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้จัดทำคู่มือครู รายวิชาพื้นฐาน ฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 – 6 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานพิจารณาแล้ว อนุญาตให้ใช้หนังสือนี้ในสถานศึกษาได้

ประกาศ ณ วันที่ 4 มีนาคม พ.ศ. 2553

(นายชินภัทร ภูมิรัตน)
เลขาธิการคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน

คำนำ

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีอำนาจหน้าที่ในการพัฒนาหลักสูตร วิธีการเรียนรู้ การประเมินผล การจัดทำคู่มือครู แบบฝึกหัด และสื่อการเรียนรู้ทุกประเภทที่ใช้ประกอบการเรียนรู้ในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของการจัดการศึกษาขั้นพื้นฐาน

คู่มือครู รายวิชาพื้นฐาน ฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 - 6 นี้ จัดทำตามสาระและมาตรฐานการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ซึ่งจะเป็นแนวทางสำหรับครูผู้สอนในการวางแผนการจัดการเรียนรู้เพื่อการพัฒนาความรู้ ทักษะ จิตวิทยาศาสตร์ และการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนได้เป็นอย่างดี

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานหวังเป็นอย่างยิ่งว่าคู่มือครูเล่มนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการจัดการเรียนรู้ และเป็นส่วนสำคัญในการพัฒนาคุณภาพและมาตรฐานการศึกษา กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ขอขอบคุณสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีตลอดจนบุคคลและหน่วยงานอื่นๆ ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการจัดทำไว้ ณ โอกาสนี้

(นายชินภัทร ภูมิรัตน)
เลขาธิการคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน
4 มีนาคม 2553

คำชี้แจง

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้รับมอบหมายจากกระทรวงศึกษาธิการ ให้ดำเนินการจัดทำหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ของกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วยสาระหลัก 8 สาระคือ สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม สารและสมบัติของสาร แรงและการเคลื่อนที่ พลังงาน กระบวนการเปลี่ยนแปลงของโลก ดาราศาสตร์และอวกาศ ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี รวมทั้งมาตรฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สำหรับการศึกษาขั้นพื้นฐาน ตัวชี้วัดชั้นปีและตัวชี้วัดช่วงชั้น ซึ่งเป็นเป้าหมายสำหรับผู้เรียนทุกคนที่จะได้รับการพัฒนาทั้งด้านความรู้ กระบวนการคิด กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา ความสามารถในการสื่อสาร การตัดสินใจ การนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวัน ตลอดจนมีจิตวิทยาศาสตร์ คุณธรรมและค่านิยมที่ถูกต้องเหมาะสม โดยมุ่งเน้นความเป็นไทยควบคู่กับความเป็นสากล ตั้งแต่ปีการศึกษา 2553 เป็นต้นไป โรงเรียนจะต้องใช้หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 จึงจำเป็นต้องมีสื่อการเรียนการสอนที่ได้รับการพัฒนาอย่างเหมาะสมและเป็นไปตามเป้าหมายของหลักสูตรดังกล่าว

คู่มือครูรายวิชาพื้นฐาน ฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 - 6 สำหรับครูที่จัดการเรียนการสอนสำหรับนักเรียนที่เน้นวิทยาศาสตร์เล่มนี้ได้พัฒนาขึ้นตามตัวชี้วัดช่วงชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย (มัธยมศึกษาปีที่ 4 - 6) สาระที่ 4 แรงและการเคลื่อนที่ และสาระที่ 5 พลังงาน เพื่อนำไปใช้เป็นแนวทางสำหรับครูในการวางแผนการจัดการเรียนรู้ การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ของนักเรียน รวมทั้งข้อเสนอแนะในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนและแหล่งเรียนรู้ต่างๆ ในการจัดทำคู่มือครูเล่มนี้ได้รับความร่วมมืออย่างดียิ่งจากคณาจารย์ ผู้ทรงคุณวุฒิ นักวิชาการอิสระ และครูผู้สอน จากสถาบันต่างๆ ทั้งภาครัฐและเอกชน จึงขอขอบคุณไว้ ณ ที่นี้

สสวท. หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคู่มือครูสาระการเรียนรู้พื้นฐาน ฟิสิกส์เล่มนี้ จะเป็นประโยชน์แก่นักเรียนและผู้เกี่ยวข้องทุกฝ่าย ที่จะช่วยให้การจัดการศึกษาวิทยาศาสตร์มีประสิทธิภาพและประสิทธิผล หากมีข้อเสนอแนะใดที่จะทำให้หนังสือเล่มนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น โปรดแจ้ง สสวท. ทราบด้วยจักขอบคุณยิ่ง

(นางพรพรรณ ไวทยางกูร)
ผู้อำนวยการ
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

สารบัญ

	หน้า
การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์	1
คุณภาพของผู้เรียน	2
กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์	5
มาตรฐานการเรียนรู้การศึกษาขั้นพื้นฐาน	6
มาตรฐานการเรียนรู้ช่วงชั้น สาระที่ 4 แรงและการเคลื่อนที่	6
มาตรฐานการเรียนรู้ช่วงชั้น สาระที่ 5 พลังงาน	7
ตัวชี้วัด	8
บทที่ 1 การเคลื่อนที่	**25**
จุดประสงค์การเรียนรู้	25
แนวความคิดหลัก	25
1.1 การเคลื่อนที่ในแนวตรง	26
1.1.1 อัตราเร็วและความเร็ว	26
กิจกรรม 1.1 การหาอัตราเร็วเฉลี่ย	27
1.1.2 ความเร่ง	30
การสาธิต ถุงทรายตกแบบเสรี	34
1.2 การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์	37
กิจกรรม 1.2 การเคลื่อนที่ในแนวโค้ง	38
1.3 การเคลื่อนที่แบบวงกลม	41
กิจกรรม 1.3 การเคลื่อนที่เป็นวงกลมในแนวระดับ	41
1.4 การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย	44
กิจกรรม 1.4 การเคลื่อนที่แบบแกว่ง	45
เฉลยคำถามท้ายบท	50

หน้า

บทที่ 2 สนามของแรง **54**

จุดประสงค์การเรียนรู้ 54

แนวความคิดหลัก 54

2.1 สนามแม่เหล็ก 55

กิจกรรม 2.1 เส้นสนามแม่เหล็ก 55

กิจกรรม 2.2 สนามแม่เหล็กสม่ำเสมอ 59

2.1.1 ผลของสนามแม่เหล็กต่อการเคลื่อนที่ของอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้า 60

กิจกรรมสาธิต 2.1 ผลของสนามแม่เหล็กต่อการเคลื่อนที่ของลำอิเล็กตรอน 60

2.1.2 ผลของสนามแม่เหล็กต่อการเคลื่อนที่ของตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่าน 61

กิจกรรม 2.3 ผลของสนามแม่เหล็กที่มีต่อการเคลื่อนที่ของตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่าน 62

กิจกรรม 2.4 ผลของการเคลื่อนที่ของขดลวดในสนามแม่เหล็ก 64

2.1.3 สนามแม่เหล็กโลก 66

กิจกรรม 2.5 สนามแม่เหล็กโลก 66

2.2 สนามไฟฟ้า 67

กิจกรรมสาธิต 2.2 เส้นสนามไฟฟ้า 68

2.3 สนามโน้มถ่วง 71

2.3.1 การเคลื่อนที่ของวัตถุในสนามโน้มถ่วงของโลก 72

กิจกรรม 2.6 การเคลื่อนที่ของวัตถุในสนามโน้มถ่วงของโลก 72

เฉลยคำถามท้ายบท 76

บทที่ 3 คลื่น **80**

จุดประสงค์การเรียนรู้ 80

แนวความคิดหลัก 80

3.1 คลื่นกล 81

กิจกรรม 3.1 ลักษณะของคลื่น 81

3.2 องค์ประกอบของคลื่น 82

หน้า

3.3 สมบัติของคลื่น 83
กิจกรรมสาธิต 3.1 สมบัติของคลื่น 83
กิจกรรมสาธิต 3.2 การเกิดบีตส์ 88
3.4 เสียงและการได้ยิน 89
3.4.1 เสียงเกิดขึ้นได้อย่างไร 89
3.4.2 ธรรมชาติของเสียง 90
กิจกรรมสาธิต 3.3 รูปคลื่นเสียงจากแหล่งกำเนิดต่างๆ 92
3.5 คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า 92

เฉลยคำถามท้ายบท 94

บทที่ 4 กัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์ **99**
จุดประสงค์การเรียนรู้ 99
แนวความคิดหลัก 99
4.1 กัมมันตภาพรังสี 100
กิจกรรม 4.1 สถานการณ์จำลองการสลายกัมมันตรังสี 101
4.2 รังสีกับมนุษย์ 104
กิจกรรมสาธิต 4.1 รังสีในสิ่งแวดล้อม 104
4.3 พลังงานนิวเคลียร์ 105

เฉลยคำถามท้ายบท 106

ภาคผนวก **111**
รายการวัสดุอุปกรณ์ 112
คำศัพท์ 114
รายการหนังสือที่แนะนำให้อ่านเพิ่มเติม 116
คณะกรรมการพัฒนาคู่มือครูวิทยาศาสตร์พื้นฐาน
(หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544) 118
คณะกรรมการพัฒนาคู่มือครูรายวิชาพื้นฐาน ฟิสิกส์
(หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551) 119

การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

วิทยาศาสตร์มีบทบาทสำคัญยิ่งในสังคมโลกปัจจุบันและอนาคต เพราะวิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับทุกคน ทั้งในการดำรงชีวิตประจำวันและการงานอาชีพต่างๆ เครื่องมือเครื่องใช้เพื่ออำนวยความสะดวกในชีวิตและการทำงาน ล้วนเป็นผลของความรู้วิทยาศาสตร์ ผสมผสานกับความคิดสร้างสรรค์และศาสตร์อื่นๆ ความรู้วิทยาศาสตร์ช่วยให้เกิดองค์ความรู้และความเข้าใจในปรากฏการณ์ธรรมชาติมากมาย มีผลให้เกิดการพัฒนาเทคโนโลยีอย่างมาก ในทางกลับกันเทคโนโลยีก็มีส่วนสำคัญมากที่จะให้มีการศึกษาค้นคว้าความรู้ทางวิทยาศาสตร์ต่อไปอย่างไม่หยุดยั้ง วิทยาศาสตร์ทำให้คนได้พัฒนาวิธีคิด ทั้งความคิดเป็นเหตุเป็นผล คิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์วิจารณ์ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าหาความรู้ มีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ สามารถตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลที่หลากหลายและมีประจักษ์พยานที่ตรวจสอบได้ วิทยาศาสตร์เป็นวัฒนธรรมของโลกสมัยใหม่ซึ่งเป็นสังคมแห่งการเรียนรู้ (knowledge-based society) ทุกคนจึงจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาให้รู้วิทยาศาสตร์ (scientific literacy for all) เพื่อที่จะมีความรู้ความเข้าใจโลกธรรมชาติและเทคโนโลยีที่มนุษย์สร้างสรรค์ขึ้น และนำความรู้ไปใช้อย่างมีเหตุผล สร้างสรรค์ มีคุณธรรม ความรู้วิทยาศาสตร์ไม่เพียงแต่นำมาใช้ในการพัฒนาคุณภาพชีวิตที่ดี แต่ยังช่วยให้คนมีความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับการใช้ประโยชน์ การดูแลรักษา ตลอดจน การพัฒนาสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติอย่างสมดุลและยั่งยืน และที่สำคัญอย่างยิ่งคือความรู้วิทยาศาสตร์ช่วยเพิ่มขีดความสามารถในการพัฒนาเศรษฐกิจสามารถแข่งขันกับนานาประเทศ และดำเนินชีวิตอยู่ร่วมกันในสังคมโลกอย่างมีความสุข การที่จะสร้างความเข้มแข็งทางด้านวิทยาศาสตร์นั้น องค์ประกอบที่สำคัญประการหนึ่งคือการจัดการศึกษาเพื่อเตรียมคนให้อยู่ในสังคมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เป็นทั้งผู้ผลิตและผู้บริโภคที่มีประสิทธิภาพ

วิทยาศาสตร์เป็นกลุ่มสาระเรียนรู้หลักในโครงสร้างหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 หลักสูตรและการจัดการเรียนการสอน ตลอดจนการวัดผลและประเมินผลการเรียนรู้ มีความสำคัญอย่างยิ่งในการวางรากฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของผู้เรียนแต่ละระดับชั้นให้ต่อเนื่องเชื่อมโยงตั้งแต่ชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ถึงมัธยมศึกษาปีที่ 6 ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องจัดหลักสูตรแกนกลางที่มีการเรียงลำดับความยากง่ายของเนื้อหาสาระในแต่ละระดับชั้นการเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่จะให้ผู้เรียนพัฒนาความคิดทั้งความคิดเป็นเหตุเป็นผลคิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์วิจารณ์ มีทักษะที่สำคัญในการค้นคว้า และสร้างองค์ความรู้

ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สามารถแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ สามารถตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลหลากหลายและประจักษ์พยานที่ตรวจสอบได้ รวมถึงมีทักษะในการใช้เทคโนโลยีในการสืบค้นข้อมูลและการจัดการ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้รับมอบหมาย จากกระทรวงศึกษาธิการให้รับผิดชอบกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี สสวท. ได้กำหนดมาตรฐานการเรียนรู้ขั้นพื้นฐาน มาตรฐานการเรียนรู้ช่วงชั้น และจัดทำหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ของกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ประกอบด้วยผังมโนทัศน์สาระวิทยาศาสตร์ ผลการเรียนรู้รายปี รายภาค ตั้งแต่ชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ถึงมัธยมศึกษาปีที่ 6 ตามที่กำหนดไว้ในพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พุทธศักราช 2542 มาตรา 27 วรรค 1 สถานศึกษาจะต้องเพิ่มเติมในส่วนที่เกี่ยวกับสภาพปัญหาชุมชนและสังคม ภูมิปัญญาท้องถิ่น คุณลักษณะอันพึงประสงค์ เพื่อเป็นสมาชิกที่ดีของครอบครัว ชุมชน สังคมและประเทศชาติ เพื่อให้เป็นหลักสูตรที่เหมาะสมกับสถานศึกษา ตามที่กำหนดไว้ในพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พุทธศักราช 2542 มาตรา 27 วรรค 2

คุณภาพผู้เรียน

จบชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

- เข้าใจการรักษาดุลยภาพของเซลล์และกลไกการรักษาดุลยภาพของสิ่งมีชีวิต
- เข้าใจกระบวนการถ่ายทอดสารพันธุกรรม การแปรผัน มิวเทชัน วิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตและปัจจัยที่มีผลต่อการอยู่รอดของสิ่งมีชีวิตในสิ่งแวดล้อมต่างๆ
- เข้าใจกระบวนการ ความสำคัญและผลของเทคโนโลยีชีวภาพต่อมนุษย์ สิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม
- เข้าใจชนิดของอนุภาคสำคัญที่เป็นส่วนประกอบในโครงสร้างอะตอม การจัดเรียงธาตุในตารางธาตุ การเกิดปฏิกิริยาเคมีและเขียนสมการเคมี ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี
- เข้าใจชนิดของแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคและสมบัติต่างๆ ของสารที่มีความสัมพันธ์กับแรงยึดเหนี่ยว
- เข้าใจการเกิดปิโตรเลียม การแยกแก๊สธรรมชาติและการกลั่นลำดับส่วนน้ำมันดิบ การนำผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมไปใช้ประโยชน์และผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม
- เข้าใจชนิด สมบัติ ปฏิกิริยาที่สำคัญของพอลิเมอร์และสารชีวโมเลกุล

- เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณที่เกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบต่างๆ แรงในธรรมชาติ
- เข้าใจสมบัติของคลื่นกล คุณภาพของเสียงและการได้ยิน สมบัติ ประโยชน์และโทษของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า กัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์
- เข้าใจกระบวนการเปลี่ยนแปลงของโลกและปรากฏการณ์ทางธรณีที่มีผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม
- เข้าใจการเกิดและวิวัฒนาการของระบบสุริยะ กาแล็กซี เอกภพและความสำคัญของเทคโนโลยีอวกาศ
- เข้าใจความสัมพันธ์ของความรู้วิทยาศาสตร์ที่มีผลต่อการพัฒนาเทคโนโลยีประเภทต่างๆ และการพัฒนาเทคโนโลยีที่ส่งผลให้มีการคิดค้นความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ก้าวหน้า ผลของเทคโนโลยีต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม
- ระบุปัญหา ตั้งคำถามที่จะสำรวจตรวจสอบ โดยมีการกำหนดความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่างๆ สืบค้นข้อมูลจากหลายแหล่ง ตั้งสมมติฐานที่เป็นไปได้หลายแนวทาง ตัดสินใจเลือกตรวจสอบสมมติฐานที่เป็นไปได้
- วางแผนการสำรวจตรวจสอบเพื่อแก้ปัญหาหรือตอบคำถาม วิเคราะห์ เชื่อมโยงความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ โดยใช้สมการทางคณิตศาสตร์หรือสร้างแบบจำลองจากผลหรือความรู้ที่ได้รับจากการสำรวจตรวจสอบ
- สื่อสารความคิด ความรู้จากผลการสำรวจตรวจสอบโดยการพูด เขียน จัดแสดง หรือใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ
- ใช้ความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการดำรงชีวิต การศึกษาหาความรู้เพิ่มเติม ทำโครงงานหรือสร้างชิ้นงานตามความสนใจ
- แสดงถึงความสนใจ มุ่งมั่น รับผิดชอบ รอบคอบและซื่อสัตย์ในการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้เครื่องมือและวิธีการที่ให้ได้ผลถูกต้องเชื่อถือได้
- ตระหนักในคุณค่าของความรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่ใช้ในชีวิตประจำวัน การประกอบอาชีพ แสดงถึงความชื่นชม ภูมิใจ ยกย่อง อ้างอิงผลงาน ชิ้นงานที่เป็นผลจากภูมิปัญญาท้องถิ่นและการพัฒนาเทคโนโลยีที่ทันสมัย
- แสดงความซาบซึ้ง ห่วงใย มีพฤติกรรมเกี่ยวกับการใช้และรักษาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมอย่างรู้คุณค่า เสนอตัวเองร่วมมือปฏิบัติกับชุมชนในการป้องกัน ดูแลทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมของท้องถิ่น

- แสดงถึงความพอใจ และเห็นคุณค่าในการค้นพบความรู้ พบคำตอบ หรือแก้ปัญหาได้
- ทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ แสดงความคิดเห็นโดยมีข้อมูลอ้างอิงและเหตุผลประกอบ เกี่ยวกับผลของการพัฒนาและการใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างมีคุณธรรมต่อสังคมและสิ่งแวดล้อม และยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

ทำไมต้องเรียนวิทยาศาสตร์

วิทยาศาสตร์มีบทบาทสำคัญยิ่งในสังคมโลกปัจจุบันและอนาคต เพราะวิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับทุกคนทั้งในชีวิตประจำวันและการงานอาชีพต่างๆ ตลอดจนเทคโนโลยี เครื่องมือเครื่องใช้และผลผลิตต่างๆ ที่มนุษย์ได้ใช้เพื่ออำนวยความสะดวกในชีวิตและการทำงาน เหล่านี้ล้วนเป็นผลของความรู้วิทยาศาสตร์ ผสมผสานกับความคิดสร้างสรรค์และศาสตร์อื่นๆ วิทยาศาสตร์ช่วยให้มนุษย์ได้พัฒนาวิธีคิด ทั้งความคิดเป็นเหตุเป็นผล คิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์ วิจารณ์ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าหาความรู้ มีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ สามารถตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลที่หลากหลายและมีประจักษ์พยานที่ตรวจสอบได้ วิทยาศาสตร์เป็นวัฒนธรรมของโลกสมัยใหม่ซึ่งเป็นสังคมแห่งการเรียนรู้ (knowledge-based society) ดังนั้นทุกคนจึงจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาให้รู้วิทยาศาสตร์ เพื่อที่จะมีความรู้ความเข้าใจในธรรมชาติและเทคโนโลยีที่มนุษย์สร้างสรรค์ขึ้น สามารถนำความรู้ไปใช้อย่างมีเหตุผล สร้างสรรค์ และมีคุณธรรม

เรียนรู้อะไรในวิทยาศาสตร์

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มุ่งหวังให้ผู้เรียน ได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นการเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้ โดยใช้กระบวนการในการสืบเสาะหาความรู้ และการแก้ปัญหาที่หลากหลาย ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ทุกขั้นตอน มีการทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติจริงอย่างหลากหลาย เหมาะสมกับระดับชั้น โดยได้กำหนดสาระสำคัญไว้ดังนี้

- **สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต** สิ่งมีชีวิต หน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต โครงสร้างและหน้าที่ของระบบต่างๆ ของสิ่งมีชีวิต และกระบวนการดำรงชีวิต ความหลากหลายทางชีวภาพ การถ่ายทอดทางพันธุกรรม การทำงานของระบบต่างๆ ของสิ่งมีชีวิต วิวัฒนาการและความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต และเทคโนโลยีชีวภาพ
- **ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม** สิ่งมีชีวิตที่หลากหลายรอบตัว ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับสิ่งแวดล้อม ความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิตต่างๆ ในระบบนิเวศ ความสำคัญของทรัพยากรธรรมชาติ

การใช้และจัดการทรัพยากรธรรมชาติ ในระดับท้องถิ่น ประเทศ และโลก ปัจจัยที่มีผลต่อการอยู่รอดของสิ่งมีชีวิตในสภาพแวดล้อมต่างๆ

- **สารและสมบัติของสาร** สมบัติของวัสดุและสาร แรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค การเปลี่ยนสถานะ การเกิดสารละลายและการเกิดปฏิกิริยาเคมีของสาร สมการเคมี และการแยกสาร
- **แรงและการเคลื่อนที่** ธรรมชาติของแรงแม่เหล็กไฟฟ้า แรงโน้มถ่วง แรงนิวเคลียร์ การออกแรงกระทำต่อวัตถุ การเคลื่อนที่ของวัตถุ แรงเสียดทาน โมเมนต์การเคลื่อนที่แบบต่างๆ ในชีวิตประจำวัน
- **พลังงาน** พลังงานกับการดำรงชีวิต การเปลี่ยนรูปพลังงาน สมบัติและปรากฏการณ์ของแสง เสียง และวงจรไฟฟ้า คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า กัมมันตภาพรังสีและปฏิกิริยานิวเคลียร์ ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสารและพลังงาน การอนุรักษ์พลังงาน ผลของการใช้พลังงานต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม
- **กระบวนการเปลี่ยนแปลงของโลก** โครงสร้างและองค์ประกอบของโลก ทรัพยากรทางธรณี สมบัติทางกายภาพของดิน หิน น้ำ อากาศ สมบัติของผิวโลก และบรรยากาศ กระบวนการเปลี่ยนแปลงของเปลือกโลก ปรากฏการณ์ทางธรณี ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของบรรยากาศ
- **ดาราศาสตร์และอวกาศ** วิวัฒนาการของระบบสุริยะ กาแล็กซี เอกภพ ปฏิสัมพันธ์และผลต่อสิ่งมีชีวิตบนโลก ความสัมพันธ์ของดวงอาทิตย์ ดวงจันทร์ และโลก ความสำคัญของเทคโนโลยีอวกาศ
- **ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี** กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา และจิตวิทยาศาสตร์

มาตรฐานการเรียนรู้การศึกษาขั้นพื้นฐาน

สาระที่ 4 แรงและการเคลื่อนที่

มาตรฐาน ว 4.1 เข้าใจธรรมชาติของแรงแม่เหล็กไฟฟ้า แรงโน้มถ่วง และแรงนิวเคลียร์ มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์อย่างถูกต้องและมีคุณธรรม

มาตรฐาน ว 4.2 เข้าใจลักษณะการเคลื่อนที่แบบต่างๆ ของวัตถุในธรรมชาติมีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 5 พลังงาน

มาตรฐาน ว 5.1 เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกับการดำรงชีวิต การเปลี่ยนรูปพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสารและพลังงาน ผลของการใช้พลังงานต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง

สาระที่ 4 แรงและการเคลื่อนที่

มาตรฐาน ว 4.1 เข้าใจธรรมชาติของแรงแม่เหล็กไฟฟ้า แรงโน้มถ่วง และแรงนิวเคลียร์ มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์อย่างถูกต้องและมีคุณธรรม

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
ป.1	1. ทดลองและอธิบายการดึงหรือการผลักวัตถุ	- การดึงและการผลักวัตถุ เป็นการออกแรงกระทำต่อวัตถุ ซึ่งอาจทำให้วัตถุเคลื่อนที่หรือไม่เคลื่อนที่ และเปลี่ยนแปลงรูปร่างหรืออาจไม่เปลี่ยนแปลงรูปร่าง
ป.2	1. ทดลองและอธิบายแรงที่เกิดจากแม่เหล็ก	- แม่เหล็กมีแรงดึงดูดหรือผลักระหว่างแท่งแม่เหล็ก รอบแท่งแม่เหล็กมีสนามแม่เหล็ก และสามารถดึงดูดวัตถุที่ทำด้วยสารแม่เหล็ก
	2. อธิบายการนำแม่เหล็กมาใช้ประโยชน์	- แม่เหล็กมีประโยชน์ในการทำของเล่น ของใช้ และนำไปแยกสารแม่เหล็กออกจากวัตถุอื่นได้
	3. ทดลองและอธิบายแรงไฟฟ้าที่เกิดจากการถูวัตถุบางชนิด	- เมื่อถูวัตถุบางชนิดแล้วนำเข้าใกล้กัน จะดึงดูดหรือผลักกันได้ แรงที่เกิดขึ้นนี้เรียกว่าแรงไฟฟ้า และวัตถุนั้นจะดึงดูดวัตถุเบาๆ ได้
ป.3	1. ทดลองและอธิบายผลของการออกแรงที่กระทำต่อวัตถุ	- การออกแรงกระทำต่อวัตถุแล้วทำให้วัตถุเปลี่ยนแปลงการเคลื่อนที่ โดยวัตถุที่หยุดนิ่งจะเคลื่อนที่และวัตถุที่กำลังเคลื่อนที่จะเคลื่อนที่เร็วขึ้นหรือเคลื่อนที่ช้าลงหรือหยุดเคลื่อนที่หรือเปลี่ยนทิศทาง

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
	2. ทดลองการตกของวัตถุสู่พื้นโลก และอธิบายแรงที่โลกดึงดูดวัตถุ	- วัตถุตกสู่พื้นโลกเสมอเนื่องจากแรงโน้มถ่วงหรือแรงดึงดูดของโลกกระทำต่อวัตถุ และแรงนี้คือน้ำหนักของวัตถุ
ป.4	-	-
ป.5	1. ทดลองและอธิบายการหาแรงลัพธ์ของแรงสองแรง ซึ่งอยู่ในแนวเดียวกันที่กระทำต่อวัตถุ	- แรงลัพธ์ของแรงสองแรงที่กระทำต่อวัตถุโดยแรงทั้งสองอยู่ในแนวเดียวกันเท่ากับผลรวมของแรงทั้งสองนั้น
	2. ทดลองและอธิบายความดันอากาศ	- อากาศมีแรงกระทำต่อวัตถุ แรงที่อากาศกระทำตั้งฉากต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ เรียกว่า ความดันอากาศ
	3. ทดลองและอธิบายความดันของของเหลว	- ของเหลวมีแรงกระทำต่อวัตถุทุกทิศทาง แรงที่ของเหลวกระทำตั้งฉากต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ เรียกว่า ความดันของของเหลว ซึ่งมีความสัมพันธ์กับความลึก
	4. ทดลองและอธิบายแรงพยุงของของเหลว การลอยตัวและการจมของวัตถุ	- ของเหลวมีแรงพยุงกระทำต่อวัตถุที่ลอยหรือจมในของเหลว การจมหรือการลอยตัวของวัตถุขึ้นอยู่กับน้ำหนักของวัตถุ และแรงพยุงของของเหลวนั้น
ป.6	-	-
ม.1	1. สืบค้นข้อมูลและอธิบายปริมาณสเกลาร์ ปริมาณเวกเตอร์	- ปริมาณทางกายภาพแบ่งเป็นปริมาณสเกลาร์และปริมาณเวกเตอร์ ปริมาณสเกลาร์เป็นปริมาณที่มีแต่ขนาด ปริมาณเวกเตอร์เป็นปริมาณที่มีทั้งขนาดและทิศทาง

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
	2. ทดลองและอธิบายระยะทาง การกระจัด อัตราเร็วและความเร็ว ในการเคลื่อนที่ของวัตถุ	- การเคลื่อนที่ของวัตถุเกี่ยวข้องกับระยะทาง การกระจัด อัตราเร็ว ความเร็ว ระยะทาง คือ ความยาวที่วัดตามแนวทางการเคลื่อนที่ของวัตถุจากตำแหน่งเริ่มต้นไปยังตำแหน่งสุดท้าย การกระจัด คือ เวกเตอร์ที่ชี้ตำแหน่งสุดท้ายของวัตถุเทียบกับตำแหน่งเริ่มต้น อัตราเร็ว คือ ระยะทางที่วัตถุเคลื่อนที่ได้ในหนึ่งหน่วยเวลา ความเร็ว คือ การกระจัดของวัตถุในหนึ่งหน่วยเวลา
ม.2	1. ทดลองและอธิบายการหาแรงลัพธ์ของแรงหลายแรงในระนาบเดียวกันที่กระทำต่อวัตถุ	- แรงเป็นปริมาณเวกเตอร์ เมื่อมีแรงหลายแรงในระนาบเดียวกันกระทำต่อวัตถุเดียวกัน สามารถหาแรงลัพธ์ได้โดยใช้หลักการรวมเวกเตอร์
	2. อธิบายแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุที่หยุดนิ่งหรือวัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัว	- เมื่อแรงลัพธ์มีค่าเป็นศูนย์กระทำต่อวัตถุที่หยุดนิ่ง วัตถุนั้นก็จะหยุดนิ่งตลอดไป แต่ถ้าวัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัว ก็จะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัวตลอดไป
ม.3	1. อธิบายความเร่งและผลของแรงลัพธ์ที่ทำต่อวัตถุ	- วัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็วที่เปลี่ยนแปลงเป็นการเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง เมื่อแรงลัพธ์มีค่าไม่เท่ากับศูนย์กระทำต่อวัตถุวัตถุจะเคลื่อนที่ด้วยความเร่งซึ่งมีทิศทางเดียวกับแรงลัพธ์

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
	2. ทดลองและอธิบายแรงกิริยาและแรงปฏิกิริยาระหว่างวัตถุ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์	- ทุกแรงกิริยาจะมีแรงปฏิกิริยาโต้ตอบด้วยขนาดของแรงเท่ากัน แต่มีทิศทางตรงข้าม - การนำความรู้เรื่องแรงกิริยาและแรงปฏิกิริยาไปใช้อธิบาย เช่น การชักเย่อ การจุดบั้งไฟ
	3. ทดลองและอธิบายแรงพยุงของของเหลวที่กระทำต่อวัตถุ	- แรงพยุง คือ แรงที่ของเหลวกระทำต่อวัตถุมีค่าเท่ากับน้ำหนักของของเหลวที่มีปริมาตรเท่ากับส่วนที่จมของวัตถุ - ของเหลวที่มีความหนาแน่นมากจะมีแรงพยุงมาก - วัตถุที่ลอยได้ในของเหลวจะมีความหนาแน่นน้อยกว่าความหนาแน่นของของเหลว
ม.4-6	1. ทดลองและอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับการเคลื่อนที่ของวัตถุในสนามโน้มถ่วง และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์	- ในสนามโน้มถ่วงจะมีแรงกระทำต่อวัตถุทำให้วัตถุมีน้ำหนัก เมื่อปล่อยวัตถุ วัตถุจะตกแบบเสรี สนามโน้มถ่วงทำให้วัตถุต่างๆ ไม่หลุดจากโลก เช่น การโคจรของดาวเทียมรอบโลก และอาจใช้แรงโน้มถ่วงไปใช้ประโยชน์เพื่อหาแนวดิ่งของช่างก่อสร้าง
	2. ทดลองและอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับการเคลื่อนที่ของอนุภาคในสนามไฟฟ้า และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์	- เมื่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าอยู่ในสนามไฟฟ้า จะมีแรงกระทำต่ออนุภาคนั้น ซึ่งอาจทำให้สภาพการเคลื่อนที่ของอนุภาคเปลี่ยนไป สามารถนำสมบัตินี้ไปประยุกต์สร้างเครื่องมือบางชนิด เช่น เครื่องกำจัดฝุ่น ออสซิลโลสโคป

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
	3. ทดลองและอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับการเคลื่อนที่ของอนุภาคในสนามแม่เหล็ก และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์	- เมื่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็กจะมีแรงกระทำต่ออนุภาคนั้น ซึ่งอาจทำให้สภาพการเคลื่อนที่ของอนุภาคเปลี่ยนไป สามารถนำสมบัตินี้ไปประยุกต์สร้างหลอดภาพโทรทัศน์
	4. วิเคราะห์และอธิบายแรงนิวเคลียร์และแรงไฟฟ้าระหว่างอนุภาคในนิวเคลียส	- อนุภาคในนิวเคลียส เรียกว่า นิวคลีออน นิวคลีออน ประกอบด้วยโปรตอนและนิวตรอน นิวคลีออน ในนิวเคลียสยึดเหนี่ยวกันด้วยแรงนิวเคลียร์ ซึ่งมีค่ามากกว่าแรงผลักทางไฟฟ้าระหว่าง นิวคลีออน นิวคลีออนจึงอยู่รวมกันในนิวเคลียสได้

สาระที่ 4 แรงและการเคลื่อนที่

มาตรฐาน ว 4.2 เข้าใจลักษณะการเคลื่อนที่แบบต่างๆ ของวัตถุในธรรมชาติ มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
ป.1	-	-
ป.2	-	-
ป.3	-	-
ป.4	-	-
ป.5	1. ทดลองและอธิบาย แรงเสียดทานและนำความรู้ไปใช้ประโยชน์	- แรงเสียดทานเป็นแรงต้านการเคลื่อนที่ของวัตถุ แรงเสียดทานมีประโยชน์ เช่นในการเดินต้องอาศัยแรงเสียดทาน
ป.6	-	-
ม.1	-	-
ม.2	-	-
ม.3	1. ทดลองและอธิบายความแตกต่างระหว่างแรงเสียดทานสถิตกับแรงเสียดทานจลน์และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์	- แรงเสียดทานสถิตเป็นแรงเสียดทานที่กระทำต่อวัตถุขณะหยุดนิ่ง ส่วนแรงเสียดทานจลน์เป็นแรงเสียดทานที่กระทำต่อวัตถุขณะเคลื่อนที่ - การเพิ่มแรงเสียดทาน เช่น การออกแบบพื้นรองเท้าเพื่อกันลื่น - การลดแรงเสียดทาน เช่น การใช้น้ำมันหล่อลื่นที่ จุดหมุน

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
	2. ทดลองและวิเคราะห์โมเมนต์ของแรง และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์	- เมื่อมีแรงที่กระทำต่อวัตถุ แล้วทำให้เกิดโมเมนต์ของแรงรอบจุดหมุน วัตถุจะเปลี่ยนสภาพการหมุน - การวิเคราะห์โมเมนต์ของแรงในสถานการณ์ต่างๆ
	3. สังเกตและอธิบายการเคลื่อนที่ของวัตถุที่เป็นแนวตรง และแนวโค้ง	- การเคลื่อนที่ของวัตถุมีทั้งการเคลื่อนที่ในแนวตรง เช่น การตกแบบเสรี และการเคลื่อนที่ในแนวโค้ง เช่น การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ของลูกบาสเกตบอลในอากาศ การเคลื่อนที่แบบวงกลมของวัตถุที่ผูกเชือกแล้วแกว่ง เป็นต้น
ม.4-ม.6	1. อธิบายและทดลองความสัมพันธ์ระหว่างการกระจัด เวลา ความเร็ว ความเร่งของการเคลื่อนที่ในแนวตรง	- การเคลื่อนที่แนวตรงเป็นการเคลื่อนที่ในแนวใดแนวหนึ่ง เช่น แนวราบหรือแนวดิ่ง ที่มีการกระจัด ความเร็ว ความเร่ง อยู่ในแนวเส้นตรงเดียวกัน โดยความเร่งของวัตถุหาได้จากความเร็วที่เปลี่ยนไปในหนึ่งหน่วยเวลา
	2. สังเกตและอธิบายการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ แบบวงกลม และแบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย	- การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์เป็นการเคลื่อนที่วิถีโค้งที่มีความเร็วในแนวราบคงตัวและความเร่งในแนวดิ่งคงตัว - การเคลื่อนที่แบบวงกลมเป็นการเคลื่อนที่ที่มีความเร็วในแนวเส้นสัมผัสวงกลมและมีแรงในทิศทางเข้าสู่ศูนย์กลาง - การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย เป็นการเคลื่อนที่กลับไปกลับมาซ้ำทางเดิม เช่น การแกว่งของลูกตุ้มอย่างง่าย โดยที่มุมสูงสุดที่เบนจากแนวดิ่ง มีค่าคงตัวตลอด

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
	3. อภิปรายผลการสืบค้นและประโยชน์เกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ แบบวงกลม และแบบฮาร์-มอนิกอย่างง่าย	- การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์สามารถนำไปใช้ประโยชน์ เช่น การเล่นเทนนิส บาสเกตบอล - การเคลื่อนที่แบบวงกลมสามารถนำไปใช้ประโยชน์ เช่น การวิ่งทางโค้งของรถยนต์ให้ปลอดภัย - การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการสร้างนาฬิกาแบบลูกตุ้ม

สาระที่ 5 พลังงาน

มาตรฐาน ว 5.1 เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกับการดำรงชีวิต การเปลี่ยนรูปพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสารและพลังงาน ผลของการใช้พลังงานต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม มีกระบวน การสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
ป.1	-	-
ป.2	1. ทดลองและอธิบายได้ว่าไฟฟ้าเป็นพลังงาน	- ไฟฟ้าจากเซลล์ไฟฟ้าหรือแบตเตอรี่สามารถทำงานได้ ไฟฟ้าจึงเป็นพลังงาน
	2. สำรวจและยกตัวอย่างเครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้านที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานอื่น	- พลังงานไฟฟ้าเปลี่ยนเป็นพลังงานอื่นได้ ซึ่งตรวจสอบได้จากเครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้าน เช่น พัดลม หม้อหุงข้าวไฟฟ้า
ป.3	1. บอกแหล่งพลังงานธรรมชาติที่ใช้ผลิตไฟฟ้า	- การผลิตไฟฟ้าใช้พลังงานจากแหล่งพลังงานธรรมชาติ ซึ่งบางแหล่งเป็นแหล่งพลังงานที่มีจำกัด เช่น น้ำมัน แก๊สธรรมชาติ บางแหล่งเป็นแหล่งพลังงานที่หมุนเวียน เช่น น้ำ ลม
	2. อธิบายความสำคัญของพลังงานไฟฟ้าและ เสนอวิธีการใช้ไฟฟ้าอย่างประหยัดและปลอดภัย	- พลังงานไฟฟ้ามีความสำคัญต่อชีวิตประจำวัน เช่น เป็นแหล่งกำเนิดแสงสว่าง จึงต้องใช้ไฟฟ้าอย่างประหยัด เช่น ปิดไฟเมื่อไม่ใช้งาน รวมทั้งใช้ไฟฟ้าอย่างปลอดภัย เช่น เลือกใช้อุปกรณ์ต่างๆ ที่มีมาตรฐาน
ป.4	1. ทดลองและอธิบายการเคลื่อนที่ของแสงจากแหล่งกำเนิด	- แสงเคลื่อนที่จากแหล่งกำเนิดทุกทิศทางและเคลื่อนที่เป็นแนวตรง

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
	2. ทดลองและอธิบายการสะท้อนของแสงที่ตกกระทบวัตถุ	- แสงตกกระทบวัตถุจะเกิดการสะท้อนของแสงโดยมีมุมตกกระทบเท่ากับมุมสะท้อน
	3. ทดลองและจำแนกวัตถุตามลักษณะการมองเห็นจากแหล่งกำเนิดแสง	- เมื่อแสงกระทบวัตถุต่างกัน จะผ่านวัตถุแต่ละชนิดได้ต่างกัน ทำให้จำแนกวัตถุออกเป็นตัวกลางโปร่งใส ตัวกลางโปร่งแสง และวัตถุทึบแสง
	4. ทดลองและอธิบายการหักเหของแสงเมื่อผ่านตัวกลางโปร่งใสสองชนิด	- เมื่อแสงเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางที่ต่างชนิดกัน ทิศทางการเคลื่อนที่ของแสงเปลี่ยน เรียกการหักเหของแสง
	5. ทดลองและอธิบายการเปลี่ยนแสงเป็นพลังงานไฟฟ้าและนำความรู้ไปใช้ประโยชน์	- เซลล์สุริยะเป็นอุปกรณ์ที่เปลี่ยนพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้า อุปกรณ์ไฟฟ้าหลายชนิดมีเซลล์สุริยะเป็นส่วนประกอบ เช่น เครื่องคิดเลข
	6. ทดลองและอธิบายแสงขาวประกอบด้วยแสงสีต่างๆ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์	- แสงขาวผ่านปริซึมจะเกิดการกระจายของแสงเป็นแสงสีต่างๆ นำไปใช้อธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติ เช่น การเกิดสีรุ้ง
ป.5	1. ทดลองและอธิบายการเกิดเสียงและการเคลื่อนที่ของเสียง	- เสียงเกิดจากการสั่นของแหล่งกำเนิดเสียง และเสียงเคลื่อนที่จากแหล่งกำเนิดเสียงทุกทิศทางโดยอาศัยตัวกลาง
	2. ทดลองและอธิบายการเกิดเสียงสูง เสียงต่ำ	- แหล่งกำเนิดเสียงสั่นด้วยความถี่ต่ำจะเกิดเสียงต่ำ แต่ถ้าสั่นด้วยความถี่สูงจะเกิดเสียงสูง
	3. ทดลองและอธิบายเสียงดังเสียงค่อย	- แหล่งกำเนิดเสียงสั่นด้วยพลังงานมากจะทำให้เกิดเสียงดัง แต่ถ้าแหล่งกำเนิดเสียงสั่นด้วยพลังงานน้อยจะเกิดเสียงค่อย

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
	4. สำรวจและอภิปรายอันตรายที่เกิดขึ้นเมื่อฟังเสียงดังมากๆ	- เสียงดังมากๆ จะเป็นอันตรายต่อการได้ยิน และเสียงที่ก่อให้เกิดความรำคาญ เรียกว่า มลพิษทางเสียง
ป.6	1. ทดลองและอธิบายการต่อวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย	- วงจรไฟฟ้าอย่างง่ายประกอบด้วย แหล่งกำเนิดไฟฟ้า อุปกรณ์ไฟฟ้า
	2. ทดลองและอธิบายตัวนำไฟฟ้าและฉนวนไฟฟ้า	- วัสดุที่กระแสไฟฟ้าผ่านได้เป็นตัวนำไฟฟ้า ถ้ากระแสไฟฟ้าผ่านไม่ได้เป็นฉนวนไฟฟ้า
	3. ทดลองและอธิบายการต่อเซลล์ไฟฟ้าแบบอนุกรม และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์	- เซลล์ไฟฟ้าหลายเซลล์ต่อเรียงกัน โดยขั้วบวกของเซลล์ไฟฟ้าเซลล์หนึ่งต่อกับขั้วลบของอีกเซลล์หนึ่งเป็นการต่อแบบอนุกรม ทำให้มีกระแสไฟฟ้าผ่านอุปกรณ์ไฟฟ้าในวงจรเพิ่มขึ้น - การต่อเซลล์ไฟฟ้าแบบอนุกรมสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน เช่น การต่อเซลล์ไฟฟ้าในไฟฉาย
	4. ทดลองและอธิบายการต่อหลอดไฟฟ้าทั้งแบบอนุกรม แบบขนาน และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์	- การต่อหลอดไฟฟ้าแบบอนุกรม จะมีกระแสไฟฟ้าปริมาณเดียวกันผ่านหลอดไฟฟ้าแต่ละหลอด - การต่อหลอดไฟฟ้าแบบขนาน กระแสไฟฟ้าจะแยกผ่านหลอดไฟฟ้าแต่ละหลอด สามารถนำไปใช้ประโยชน์ เช่น การต่อหลอดไฟฟ้าหลายดวงในบ้าน
	5. ทดลองและอธิบายการเกิดสนามแม่เหล็กรอบสายไฟที่มีกระแสไฟฟ้าผ่าน และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์	- สายไฟที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านจะเกิดสนามแม่เหล็ก รอบสายไฟ สามารถนำไปใช้ประโยชน์ เช่น การทำแม่เหล็กไฟฟ้า

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
ม.1	1. ทดลองและอธิบายอุณหภูมิและการวัดอุณหภูมิ	- การวัดอุณหภูมิเป็นการวัดระดับความร้อนของสาร สามารถวัดด้วยเทอร์มอมิเตอร์
	2. สังเกตและอธิบายการถ่ายโอนความร้อน และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์	- การถ่ายโอนความร้อนมีสามวิธี คือ การนำความร้อน การพาความร้อนและการแผ่รังสีความร้อน - การนำความร้อน เป็นการถ่ายโอนความร้อนโดยการสั่นของโมเลกุล - การพาความร้อน เป็นการถ่ายโอนความร้อนโดยโมเลกุลของสารเคลื่อนที่ไปด้วย - การแผ่รังสีความร้อน เป็นการถ่ายโอนความร้อนจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า - การนำความรู้เรื่องการถ่ายโอนความร้อนไปใช้ประโยชน์
	3. อธิบายการดูดกลืน การคายความร้อน โดยการแผ่รังสีและนำความรู้ไปใช้ประโยชน์	- วัตถุที่แตกต่างกันมีสมบัติในการดูดกลืนความร้อนและคายความร้อนได้ต่างกัน - การนำความรู้เรื่องการดูดกลืนความร้อนและการคายความร้อนไปใช้ประโยชน์
	4. อธิบายสมดุลความร้อนและผลของความร้อนต่อการขยายตัวของสาร และนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวัน	- เมื่อวัตถุสองสิ่งอยู่ในสมดุลความร้อน วัตถุทั้งสองมีอุณหภูมิเท่ากัน - การขยายตัวของวัตถุเป็นผลจากความร้อนที่วัตถุได้รับเพิ่มขึ้น - การนำความรู้เรื่องการขยายตัวของวัตถุเมื่อได้รับความร้อนไปใช้ประโยชน์

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
ม.2	1. ทดลองและอธิบายการสะท้อนของแสง การหักเหของแสง และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์	- เมื่อแสงตกกระทบผิววัตถุหรือตัวกลางอีกตัวกลางหนึ่ง แสงจะเปลี่ยนทิศทางการเคลื่อนที่โดยการสะท้อนของแสง หรือการหักเหของแสง - การนำความรู้เกี่ยวกับการสะท้อนของแสงและการหักเหของแสงไปใช้อธิบายแว่นตา ทัศนอุปกรณ์ กระจก เส้นใยนำแสง
	2. อธิบายผลของความสว่างที่มีต่อมนุษย์และสิ่งมีชีวิตอื่นๆ	- นัยน์ตาของคนเราเป็นอวัยวะใช้มองดูสิ่งต่างๆ นัยน์ตามีองค์ประกอบสำคัญหลายอย่าง - ความสว่างมีผลต่อนัยน์ตามนุษย์ จึงมีการนำความรู้เกี่ยวกับความสว่างมาช่วยในการจัดความสว่างให้เหมาะสมกับการทำงาน - ออกแบบวิธีการตรวจสอบว่าความสว่างมีผลต่อสิ่งมีชีวิตอื่น
	3. ทดลองและอธิบายการดูดกลืนแสงสี การมองเห็นสีของวัตถุ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์	- เมื่อแสงตกกระทบวัตถุ วัตถุจะดูดกลืนแสงสีบางสีไว้ และสะท้อนแสงสีที่เหลือออกมาทำให้เรามองเห็นวัตถุเป็นสีต่างๆ - การนำความรู้เกี่ยวกับการดูดกลืนแสงสีการมองเห็นสีของวัตถุไปใช้ประโยชน์ในการถ่ายรูปและในการแสดง
ม.3	1. อธิบายงาน พลังงานจลน์ พลังงานศักย์โน้มถ่วง กฎการอนุรักษ์พลังงาน และความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเหล่านี้ รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์	- การให้งานแก่วัตถุเป็นการถ่ายโอนพลังงานให้วัตถุ พลังงานนี้เป็นพลังงานกลซึ่งประกอบด้วยพลังงานศักย์และพลังงานจลน์ พลังงานจลน์เป็นพลังงานของวัตถุขณะวัตถุเคลื่อนที่ ส่วนพลังงานศักย์โน้มถ่วงของวัตถุเป็นพลังงานของวัตถุที่อยู่สูงจากพื้นโลก

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
		- กฎการอนุรักษ์พลังงานกล่าวว่า พลังงานรวมของวัตถุไม่สูญหาย แต่สามารถเปลี่ยนจากรูปหนึ่งไปเป็นอีกรูปหนึ่งได้ - การนำกฎการอนุรักษ์พลังงานไปใช้ประโยชน์ในการอธิบายปรากฏการณ์ เช่น พลังงานน้ำเหนือเขื่อนเปลี่ยนรูปจากพลังงานศักย์โน้มถ่วงเป็นพลังงานจลน์, ปั้นจั่นตอกเสาเข็ม
	2. ทดลองและอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ กระแสไฟฟ้า ความต้านทาน และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์	- ความต่างศักย์ กระแสไฟฟ้าและความต้านทานมีความสัมพันธ์กันตามกฎของโอห์ม - การนำกฎของโอห์มไปใช้วิเคราะห์วงจรไฟฟ้าอย่างง่าย
	3. คำนวณพลังงานไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้า และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์	- การคำนวณพลังงานไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้าเป็นส่วนหนึ่งของการคิดค่าไฟฟ้า และเป็นแนวทางในการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในบ้าน
	4. สังเกตและอภิปรายการต่อวงจรไฟฟ้าในบ้านอย่างถูกต้องปลอดภัย และประหยัด	- การต่อวงจรไฟฟ้าในบ้านต้องออกแบบวงจร ติดตั้งเครื่องใช้ไฟฟ้า อุปกรณ์ไฟฟ้าอย่างถูกต้อง โดยการต่อสวิตช์แบบอนุกรม ต่อเต้ารับแบบขนาน และเพื่อความปลอดภัยต้องต่อสายดินและฟิวส์ รวมทั้งต้องคำนึงถึงการใช้ไฟฟ้าอย่างประหยัด
	5. อธิบายตัวต้านทาน ไดโอด ทรานซิสเตอร์ และทดลองต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นที่มีทรานซิสเตอร์	- ชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ เช่น ตัวต้านทาน ไดโอด ทรานซิสเตอร์ มีสมบัติทางไฟฟ้าแตกต่างกัน ตัวต้านทานทำหน้าที่จำกัดกระแสไฟฟ้าในวงจร ไดโอดมีสมบัติให้

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
		กระแสไฟฟ้าผ่านได้ทิศทางเดียวและทรานซิสเตอร์ทำหน้าที่เป็นสวิตซ์ปิด-เปิดวงจร - การประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นที่มีทรานซิสเตอร์ 1 ตัวทำหน้าที่เป็นสวิตซ์
ม.4-ม.6	1. ทดลองและอธิบายสมบัติของคลื่นกล และอธิบายความสัมพันธ์ระหว่าง อัตราเร็ว ความถี่และความยาวคลื่น	- คลื่นกลมีสมบัติ การสะท้อน การหักเห การแทรกสอด และการเลี้ยวเบน - อัตราเร็ว ความถี่และความยาวคลื่นมีความสัมพันธ์กันดังนี้ อัตราเร็ว = ความถี่ × ความยาวคลื่น
	2. อธิบายการเกิดคลื่นเสียงบีตส์ของเสียง ความเข้มเสียง ระดับความเข้มเสียง การได้ยินเสียง คุณภาพเสียง และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์	- คลื่นเสียงเกิดจากการสั่นของแหล่งกำเนิดเสียง - บีตส์ของเสียงเกิดจากคลื่นเสียงจากแหล่งกำเนิดสองแหล่งที่มีความถี่ต่างกันเล็กน้อยมารวมกัน ทำให้ได้ยินเสียงดังค่อยเป็นจังหวะ - ความเข้มเสียง คือ พลังงานเสียงที่ตกตั้งฉากบนหนึ่งหน่วยพื้นที่ในหนึ่งหน่วยเวลา - ระดับความเข้มเสียงจะบอกความดังค่อยของเสียงที่ได้ยิน - เครื่องดนตรีแต่ละชนิดที่ใช้ตัวโน้ตเดียวกันจะให้รูปคลื่นที่แตกต่างกัน เรียกว่ามีคุณภาพเสียงต่างกัน
	3. อภิปรายผลการสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับมลพิษทางเสียงที่มีต่อสุขภาพของมนุษย์ และการเสนอวิธีป้องกัน	- มลพิษทางเสียงมีผลต่อสุขภาพของมนุษย์ ถ้าฟังเสียงที่มีระดับความเข้มเสียงสูงกว่ามาตรฐานเป็นเวลานาน อาจก่อให้เกิดอันตรายต่อการได้ยินและสภาพจิตใจได้ การป้องกันโดยการหลีกเลี่ยงหรือใช้เครื่อง

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
		ครอบหูหรือลดการสั่นของแหล่งกำเนิดเสียง เช่น เครื่องจักร
	4. อธิบายคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า สเปกตรัมคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า และนำเสนอผลการสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับประโยชน์ และการป้องกันอันตรายจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า	- คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าประกอบด้วยสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงตลอดเวลา สเปกตรัมคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามีความถี่ต่อเนื่องกัน โดยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าช่วงความถี่ต่างๆ มีลักษณะเฉพาะตัว ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้แตกต่างกัน เช่น การรับส่งวิทยุ โทรทัศน์ การป้องกันอันตรายจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เช่น ไม่อยู่ใกล้เตาไมโครเวฟขณะเตาทำงาน
	5. อธิบายปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิชชัน ฟิวชัน และความสัมพันธ์ระหว่างมวลกับพลังงาน	- ปฏิกิริยานิวเคลียร์เป็นปฏิกิริยาที่ทำให้นิวเคลียสเกิดการเปลี่ยนแปลง ปฏิกิริยาที่นิวเคลียสของธาตุที่มีเลขมวลมากแตกตัวเรียกว่า ฟิชชัน ปฏิกิริยาที่เกิดจากการหลอมรวมนิวเคลียสของธาตุที่มีเลขมวลน้อยเรียกว่า ฟิวชัน ความสัมพันธ์ระหว่างมวลและพลังงานเป็นไปตามสมการ $E = mc^2$
	6. สืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับพลังงานที่ได้จากปฏิกิริยานิวเคลียร์ และผลต่อสิ่งมีชีวิต และสิ่งแวดล้อม	- ปฏิกิริยานิวเคลียร์ทำให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม
	7. อภิปรายผลการสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ และนำไปใช้ประโยชน์	- โรงไฟฟ้านิวเคลียร์เป็นโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนประเภทหนึ่ง ซึ่งได้พลังงานความร้อนจากพลังงานนิวเคลียร์

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
	8. อธิบายชนิดและสมบัติของรังสีจากธาตุกัมมันตรังสี	- รังสีจากธาตุกัมมันตรังสีมี 3 ชนิด คือ แอลฟา บีตาและแกมมา ซึ่งมีอำนาจทะลุผ่านต่างกัน
	9. อธิบายการเกิดกัมมันตภาพรังสีและบอกวิธีการตรวจสอบรังสีในสิ่งแวดล้อม การใช้ประโยชน์ ผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม	- กัมมันตภาพรังสีเกิดจากการสลายของไอโซโทปของธาตุที่ไม่เสถียร สามารถตรวจจับได้โดยเครื่องตรวจวัดรังสี ในธรรมชาติมีรังสีแต่ส่วนใหญ่อยู่ในระดับต่ำมาก - รังสีมีประโยชน์ในด้านอุตสาหกรรม การเกษตร การแพทย์ โบราณคดี รังสีในระดับสูงมีอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต

บทที่ 1
การเคลื่อนที่

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. ระบุความแตกต่างระหว่างระยะทาง การกระจัด อัตราเร็ว ความเร็ว อัตราเร็วเฉลี่ย อัตราเร็วขณะหนึ่ง ความเร่ง
2. ทดลองและอธิบายความสัมพันธ์ระหว่าง การกระจัด เวลา ความเร็ว ความเร่ง ของการเคลื่อนที่แนวตรง
3. คำนวณหาปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ในแนวตรงทั้งแนวราบ และแนวดิ่ง
4. ทดลองและอธิบายลักษณะการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ ปริมาณที่เกี่ยวข้อง และ ยกตัวอย่างการนำไปใช้ประโยชน์
5. ทดลองและอธิบายลักษณะการเคลื่อนที่แบบวงกลม ปริมาณที่เกี่ยวข้อง และยกตัวอย่างการนำไปใช้ประโยชน์
6. ทดลองและอธิบายลักษณะการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย ปริมาณที่เกี่ยวข้องและยกตัวอย่างการนำไปใช้ประโยชน์

แนวความคิดหลัก

บทเรียนนี้มีจุดมุ่งหมายให้นักเรียนได้ศึกษาการเคลื่อนที่แบบต่างๆ ซึ่งปริมาณต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ ได้แก่ ระยะทาง การกระจัด อัตราเร็วเฉลี่ย อัตราเร็วขณะหนึ่ง ความเร็วเฉลี่ย ความเร็วขณะหนึ่ง และความเร่ง ในการศึกษาเกี่ยวกับอัตราเร็วเฉลี่ย จะทำกิจกรรมเพื่อหาอัตราเร็วเฉลี่ยโดยใช้เครื่องเคาะสัญญาณเวลา การเคลื่อนที่ที่จะศึกษามีการเคลื่อนที่แนวตรง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ การเคลื่อนที่แบบวงกลม และการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย ในการศึกษาการเคลื่อนที่แนวตรงจะศึกษาทั้งในแนวระดับและแนวดิ่ง ในแนว[illegible] คงตัวหรือเคลื่อนที่โดยมีความเร่ง แต่สำหรับการเคลื่อนที่ในแนวดิ่งวัตถุจะเคลื่อนที่ โดยมีความเร่งภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลก จากนั้นนำความรู้เกี่ยวกับการเคลื่อนที่ในแนวระดับและแนวดิ่งไปใช้ในการศึกษาการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ ซึ่งเป็นการเคลื่อนที่ในแนวระดับและแนวดิ่งพร้อมกันโดยจะศึกษาจากการทำกิจกรรม การเคลื่อนที่อีกแบบหนึ่งเป็นการเคลื่อนที่แบบวงกลม ซึ่งจะศึกษาเงื่อนไขของการเคลื่อนที่แบบวงกลมจากกิจกรรม และเงื่อนไขนี้จะนำไปใช้อธิบายการขับรถยนต์หรือ

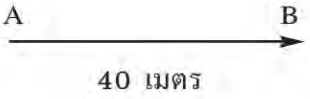
จักรยานยนต์บนถนนโค้ง และการโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์ การเคลื่อนที่แบบสุดท้ายเป็นการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย ซึ่งเป็นการเคลื่อนที่กลับไปกลับมาซ้ำทางเดิม โดยมุมที่เบนออกจากแนวดิ่งมากที่สุดเท่าเดิมตลอดเวลา (แอมพลิจูด คงตัวตลอดเวลา)

1.1 การเคลื่อนที่ในแนวตรง

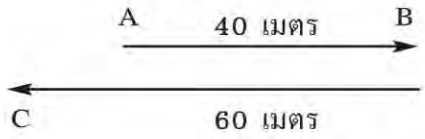
ครูนำเข้าสู่บทเรียนด้วยการสาธิต เริ่มจากผลักรถทดลองให้เคลื่อนที่ในแนวตรงบนโต๊ะ ต่อไปปล่อยลูกบอลจากมือให้ตกสู่พื้นห้อง แล้วถามนักเรียนว่าทั้งรถทดลองและลูกบอลมีแนวการเคลื่อนที่อย่างไร ให้นักเรียนอภิปรายและควรลงข้อสรุปได้ว่ารถทดลองเคลื่อนที่ในแนวตรงบนพื้นระดับ ส่วนลูกบอลเคลื่อนที่ในแนวดิ่งซึ่งเป็นแนวตรงเช่นกัน จากนั้นครูสอนตามรายละเอียดในบทเรียน ซึ่งนักเรียนจะรู้จักปริมาณอัตราเร็ว ความเร็ว และความเร่ง ว่าเป็นปริมาณที่เกี่ยวกับการเคลื่อนที่

1.1.1 อัตราเร็วและความเร็ว

ครูทบทวนความรู้เรื่องการเปลี่ยนตำแหน่ง ระยะทางและการกระจัดเพื่อนำเข้าสู่บทเรียนเรื่องอัตราเร็ว ความเร็ว โดยให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายถึงความแตกต่างระหว่างการกระจัดและระยะทาง จากสถานการณ์ต่อไปนี้



ถ้าเดินจาก A ไปยัง B ระยะทางมีค่า 40 เมตร และการกระจัด (ซึ่งเป็นปริมาณเวกเตอร์ ต้องมีทั้งขนาดและทิศ) มีค่า 40 เมตร มีทิศไปทางขวา



แต่ถ้าเดิน จาก A ไปยัง B แล้วหันหลังเดินกลับมายัง C ระยะทางมีค่า 40 + 60 = 100 เมตร แต่การกระจัด มีค่า 40 – 60 เมตร = -20 เมตร มีทิศไปทางซ้ายมือ

เมื่อนักเรียนได้เรียนรู้หรือได้รับการทบทวนเรื่องการกระจัดและระยะทางอย่างถูกต้องแล้ว ครูให้ความรู้เกี่ยวกับอัตราเร็วเฉลี่ยตามรายละเอียดในบทเรียน จนกระทั่งได้ความสัมพันธ์

$$\text{อัตราเร็วเฉลี่ย} = \frac{\text{ระยะทางที่เคลื่อนที่ได้}}{\text{เวลาที่ใช้}}$$

จากนั้นครูให้นักเรียนทำกิจกรรม 1.1 การหาอัตราเร็วเฉลี่ย

กิจกรรม 1.1 การหาอัตราเร็วเฉลี่ย

จุดประสงค์ของกิจกรรม

1. บอกได้ว่าเวลา 1 ช่วงจุดใดๆ บนแถบกระดาษที่ถูกลากผ่านเครื่องเคาะสัญญาณเวลาเท่ากับ $\frac{1}{50}$ วินาที
2. ทดลองหาอัตราเร็วเฉลี่ยของรถทดลองโดยใช้เครื่องเคาะสัญญาณเวลา

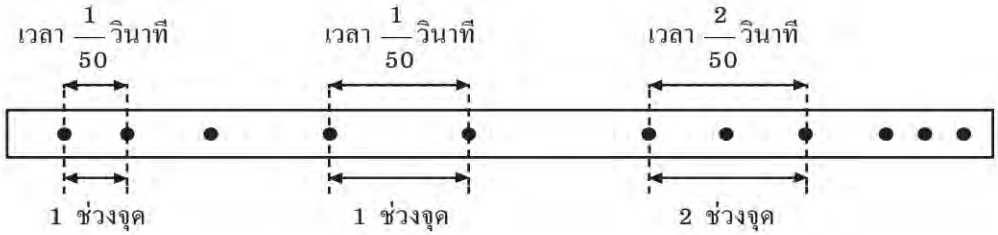
เวลาที่ใช้ 1 ชั่วโมง

วัสดุอุปกรณ์

1. เครื่องเคาะสัญญาณเวลา
2. แถบกระดาษ
3. หม้อแปลงไฟฟ้าโวลต์ต่ำ

ข้อแนะนำก่อนทำกิจกรรม

1. ครูแนะนำจุดประสงค์ของการทำกิจกรรม
2. ครูอธิบายวิธีใช้เครื่องเคาะสัญญาณเวลา พร้อมทั้งอธิบายการทำงานว่าเครื่องเคาะสัญญาณเวลาจะเคาะ 50 ครั้งในเวลา 1 วินาที โดยดึงแถบกระดาษผ่านเครื่องเคาะสัญญาณเวลา (ครูดึงแถบกระดาษประกอบคำอธิบาย) คันเคาะจะเคาะบนกระดาษคาร์บอนที่อยู่บนแถบกระดาษ ทำให้เกิดจุดบนแถบกระดาษ 50 จุด ในเวลา 1 วินาที หรือกล่าวได้ว่าเวลาที่ใช้จากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งที่อยู่ถัดกัน (เรียกว่า 1 ช่วงจุด) จะเท่ากับ $\frac{1}{50}$ วินาที



3. ครูอาจให้นักเรียนอภิปรายว่าระยะห่างระหว่าง 1 ช่วงจุด บางช่วงยาว บางช่วงสั้น เวลาที่ใช้เท่ากันแต่ปริมาณใดที่ต่างกัน (อัตราเร็ว)
4. ตัดกระดาษคาร์บอนให้เป็นแผ่นกลมมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 3 เซนติเมตร ตรงกลางเจาะรูขนาด 2 มิลลิเมตร เมื่อใช้หมุดกดที่รูเพื่อยึดกระดาษคาร์บอนกับแป้นเคาะ ระวังอย่าให้หัวหมุดแนบกับกระดาษคาร์บอนเพื่อให้กระดาษคาร์บอนหมุนรอบหมุดได้ คล่องขณะแถบกระดาษถูกดึงให้เคลื่อนที่

ผลการทำกิจกรรม

อัตราเร็วเฉลี่ยของการเคลื่อนที่หาได้จากการนำระยะทางทั้งหมดที่รถทดลองเคลื่อนที่ได้หารด้วยเวลาที่ใช้ทั้งหมด โดยเวลาในแต่ละช่วงจุดเป็น $\frac{1}{50}$ วินาที

อภิปรายหลังการทำกิจกรรม

ลักษณะของจุดต่างๆ ที่ปรากฏบนแถบกระดาษจะบอกถึงการเคลื่อนที่ของรถทดลอง ถ้าช่วงจุดกว้างรถทดลองจะเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วสูงกว่าในช่วงที่มีช่วงจุดสั้นกว่า จากการสังเกตจุดบนแถบกระดาษที่ได้จากการทดลองจะพบว่ารถทดลองเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วไม่คงตัว อัตราเร็วเฉลี่ยของรถทดลองตลอดการเคลื่อนที่หาได้จากการนำระยะทางทั้งหมดหารด้วยเวลาที่ใช้ทั้งหมด โดยในแต่ละหนึ่งช่วงจุดบนแถบกระดาษใช้เวลาเท่ากันคือ $\frac{1}{50}$ วินาที ไม่ว่าช่วงจุดจะกว้างหรือแคบก็ตาม

จากนั้นครูให้ความรู้เรื่องอัตราเร็วขณะหนึ่งตามรายละเอียดในบทเรียน โดยอัตราเร็วขณะหนึ่งสามารถหาได้จากอัตราเร็วเฉลี่ยในช่วงเวลาสั้นเพราะ "อัตราเร็วเฉลี่ยที่ได้ถือว่าเป็นอัตราเร็วขณะ จุดกึ่งกลางเวลานั้น ครูหาค่าอัตราเร็วขณะหนึ่งโดยใช้ภาพ 1.3 ประกอบ เช่น อัตราเร็วเฉลี่ยระหว่าง 2 ช่วงจุด โดยเริ่มจากเวลา $\frac{1}{50}$ วินาที ถึงเวลา $\frac{3}{50}$ วินาที จะเป็นอัตราเร็วเฉลี่ยที่กึ่งกลางเวลา คือ $\frac{2}{50}$ วินาที นั่นเอง

📖 ให้นักเรียนหาอัตราเร็ว ณ เวลา $\frac{7}{50}$ วินาที จากแถบกระดาษในภาพ 1.3

<u>แนวคำตอบ</u> จากภาพ 1.3 ในหนังสือเรียน พิจารณา 2 ช่วงจุด จากเวลา $\frac{6}{50}$ วินาที ถึงเวลา $\frac{8}{50}$ วินาที วัดระยะทางได้ 4.4 เซนติเมตร (โดยประมาณ)

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

แทนค่า อัตราเร็วเฉลี่ย $= \frac{4.4 \times 10^{-2}\ \text{m}}{\frac{2}{50}\ \text{s}} = 1.1\ \text{m/s}$

อัตราเร็วเฉลี่ยระหว่างเวลา $\frac{6}{50}$ วินาที ถึงเวลา $\frac{8}{50}$ วินาที ถือได้ว่าเป็นอัตราเร็ว ณ จุดกึ่งกลางเวลา

นั่นคือ อัตราเร็ว ณ กึ่งกลางที่เวลา $\frac{7}{50}$ วินาที เท่ากับ 1.1 เมตรต่อวินาที

ครูทบทวนว่าการเคลื่อนที่ของวัตถุจะเคลื่อนที่เร็วอย่างไร สามารถบอกได้ด้วยอัตราเร็ว ซึ่งเป็นปริมาณที่มีแต่ขนาดไม่มีทิศ ซึ่งได้เรียนกันมาแล้ว แต่ยังมีวิธีบอกอีกแบบหนึ่งซึ่งต้องมีทิศเข้ามาเกี่ยวข้อง นักเรียนทราบหรือไม่ว่าจะบอกอย่างไร

จากนั้นครูให้ความรู้เรื่องความเร็วตามรายละเอียดในบทเรียน โดยมีคำถามประกอบ เช่น ถามทบทวนความหมายของการกระจัด ความแตกต่างของระยะทางและการกระจัด เป็นต้น

📖 จากภาพ 1.4 รถเคลื่อนที่ไปทางทิศตะวันออกจากจุด A ไปยังจุด B ในเวลา 20 วินาที ได้ระยะทาง 200 เมตร หรือการกระจัด 200 เมตร ไปทางทิศตะวันออก รถคันนี้มีอัตราเร็วเฉลี่ยและความเร็วเฉลี่ยเท่าใด

<u>แนวคำตอบ</u> อัตราเร็วเฉลี่ย $= \frac{\text{ระยะทาง}}{\text{เวลา}} = \frac{200\ \text{m}}{20\ \text{s}} = 10\ \text{m/s}$

ความเร็วเฉลี่ย $= \frac{\text{การกระจัด}}{\text{เวลา}} = \frac{200\ \text{m}}{20\ \text{s}} = 10\ \text{m/s}$ มีทิศไปทางทิศตะวันออก

- อัตราเร็วและความเร็วเหมือนหรือต่างกันอย่างไร

  แนวคำตอบ อัตราเร็วและความเร็วต่างเป็นปริมาณที่บอกว่าวัตถุเคลื่อนที่เร็วอย่างไร แต่อัตราเร็วเป็นปริมาณสเกลาร์ ส่วนความเร็วเป็นปริมาณเวกเตอร์ ซึ่งต้องบอกทั้งขนาดและทิศทาง

- รถโดยสารปรับอากาศแล่นด้วยอัตราเร็วเฉลี่ย 80 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จากสถานีหมอชิตถึงนครสวรรค์เป็นระยะทาง 240 กิโลเมตร ถ้าออกเดินทางตั้งแต่เวลา 9.00 น. นักเรียนควรจะนัดให้เพื่อนมารับที่ปลายทางเวลาเท่าใด

  แนวคำตอบ $\text{เวลา} = \frac{\text{ระยะทาง}}{\text{อัตราเร็วเฉลี่ย}} = \frac{240\ \text{km}}{80\ \text{km/h}} = 3\ \text{h}$

  เวลาที่ใช้เดินทาง = 3 ชั่วโมง

  ดังนั้นควรนัดเพื่อนมารับเวลา = 9.00 + 3.00 = 12.00 น.

- รถไฟเคลื่อนที่แนวตรงจากสถานี ก ไปยังสถานี ข ได้ระยะทาง 3 กิโลเมตร ในเวลา 3 นาที 20 วินาที รถไฟมีอัตราเร็วเฉลี่ยเท่าใด และมีความเร็วเฉลี่ยเท่าใด

  แนวคำตอบ $\text{อัตราเร็วเฉลี่ย} = \frac{\text{ระยะทาง}}{\text{เวลา}} = \frac{3000\text{m}}{200\text{s}} = 15\ \text{m/s}$

  ความเร็วเฉลี่ย = 15 m/s ในทิศจากสถานี ก ไปสถานี ข

1.1.2 ความเร่ง

ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยนำรถทดลองวางบนโต๊ะแล้วผลักให้รถทดลองเคลื่อนที่ในแนวตรง และให้นักเรียนพิจารณาการเคลื่อนที่ของรถทดลองตั้งแต่เริ่มต้นเคลื่อนที่ จนกระทั่งรถทดลองหยุดเคลื่อนที่ จากนั้นถามนักเรียนว่า

- ความเร็วเริ่มต้นของรถทดลองเป็นเท่าใด (ศูนย์)
- เมื่อรถทดลองเคลื่อนที่ออกจากสภาพหยุดนิ่ง มีการเปลี่ยนความเร็วหรือไม่ (เปลี่ยนจากความเร็วศูนย์เป็นความเร็วที่มากกว่าศูนย์)
- เมื่อรถทดลองหยุดเคลื่อนที่ ความเร็วของรถทดลองเป็นเท่าใด (ศูนย์)

- ก่อนรถทดลองหยุดเคลื่อนที่จนกระทั่งรถทดลองหยุดเคลื่อนที่ มีการเปลี่ยนแปลงความเร็วหรือไม่ (มีการเปลี่ยนความเร็ว จากความเร็วที่มากกว่าศูนย์ แล้วลดค่าลงจนเป็นศูนย์)
- การเคลื่อนที่ของวัตถุที่มีการเปลี่ยนความเร็วเป็นการเคลื่อนที่แบบใด คำถามนี้ให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายเป็นการนำเข้าสู่ความหมายของความเร่ง

ครูให้ความรู้เรื่องความเร่งตามรายละเอียดในบทเรียน ในการให้ความรู้นั้น ครูอาจช่วยให้นักเรียนเข้าใจความเร่งได้ดีขึ้นโดยให้นักเรียนช่วยกันสรุปเกี่ยวกับความเร่งโดยใช้สมการ $a = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1}$ หลังจากศึกษาตัวอย่างการคำนวณจากภาพ 1.6 และภาพ 1.7 ในบทเรียนแล้วควรสรุปได้ดังนี้

1. ถ้า $v_2 > v_1$; $v_2 - v_1$ เป็นค่า + แสดงว่า a ก็เป็น + ซึ่งหมายถึง a มีทิศเดียวกับทิศการเคลื่อนที่ของวัตถุซึ่งวัตถุจะมีความเร็วเพิ่มขึ้น
2. ถ้า $v_2 < v_1$; $v_2 - v_1$ เป็นค่า - แสดงว่า a ก็เป็น – ซึ่งหมายถึง a มีทิศตรงข้ามกับทิศการเคลื่อนที่ของวัตถุ ในกรณีนี้วัตถุจะเคลื่อนที่ช้าลง

📖 ในการแข่งรถจักรยาน นักเรียนจะอธิบายความสัมพันธ์ของความเร็วและความเร่งว่าอย่างไร

แนวคำตอบ ความเร่งเป็นความเร็วที่เปลี่ยนแปลงไปในหนึ่งหน่วยเวลา ความเร่งที่มีค่าลบแสดงถึงวัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็วลดลง โดยความเร็วและความเร่งมีทิศตรงกันข้าม ความเร่งที่มีค่าบวกแสดงถึงวัตถุเคลื่อนที่เร็วขึ้น โดยทั้งความเร็วและความเร่งมีทิศเดียวกัน

ต่อไปครูนำแผนภาพความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วของยานพาหนะและระยะหยุดในบทเรียน ให้นักเรียนศึกษาอย่างละเอียด แล้วร่วมกันอภิปรายพร้อมทั้งตอบคำถามท้ายแผนภาพ

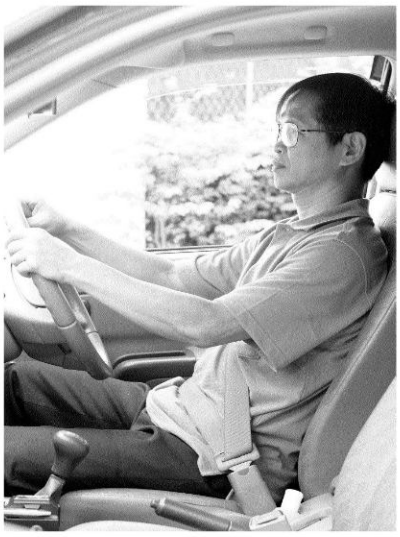
📖 จากแผนภาพ อัตราเร็ว ระยะคิด และระยะเบรกมีความสัมพันธ์กันอย่างไร

แนวคำตอบ ขณะที่พาหนะมีอัตราเร็วสูง ระยะทางที่คนขับใช้สำหรับระยะคิดและระยะเบรกจะยาวกว่าขณะที่พาหนะมีอัตราเร็วต่ำกว่า

- ถ้าถนนเปียก หรือคนขับมีปฏิกิริยาตอบสนองช้า ระยะหยุดจะเปลี่ยนแปลงอย่างไร
  แนวคำตอบ ถ้าถนนเปียกพื้นจะลื่น ทำให้ระยะเบรกมากขึ้น และถ้าคนขับมีปฏิกิริยาตอบสนองช้าจะทำให้ระยะคิดมากขึ้นทั้งสองสถาณการณ์ เป็นผลทำให้ระยะหยุดมีค่ามากขึ้น
- จากข้อมูลในแผนภาพนี้ ถ้านักเรียนขับรถด้วยอัตราเร็ว 72 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ควรจะเว้นระยะให้ห่างจากรถคันหน้าอย่างน้อยเท่าใด จึงจะเป็นระยะปลอดภัยถ้ารถคันหน้าเบรกรถอย่างกะทันหัน
  แนวคำตอบ ประมาณ 49.2 เมตร เนื่องจากระยะหยุดเท่ากับระยะคิดรวมกับระยะเบรก
- ความเร็ว ความเร่ง มีความสำคัญอย่างไรต่อการนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน
  แนวคำตอบ ความเร็วควรมีขนาดที่เหมาะสมตามที่กฎหมายกำหนด เพื่อความปลอดภัยและประหยัดในการขับขี่ การใช้ความเร่งมากเกินไปและอย่างทันทีทันใดเป็นการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงมากกว่าการขับขี่ปกติ และทำให้ชิ้นส่วนต่างๆ ของยานพาหนะสึกหรอมากกว่าการขับขี่แบบปกติ ทั้งยังก่อให้เกิดอันตรายในการขับขี่ได้

จากนั้นครูให้ความรู้เกี่ยวกับการทำงานเข็มขัดนิรภัยและถุงลมนิรภัยตามรายละเอียดในบทเรียน

ความรู้เพิ่มเติม



พาหนะรุ่นใหม่ ไม่ว่าจะเป็นรถยนต์ รถกระบะ รถบรรทุก ล้วนแล้วแต่มีอุปกรณ์เสริม ความปลอดภัยของผู้อยู่ในรถนั้น (รวมผู้โดยสารและผู้ขับขี่) สิ่งนั้นได้แก่ เข็มขัดนิรภัย (Seat belt) และถุงลมนิรภัย (Air bag)

การทำงานของเข็มขัดนิรภัยนั้นสามารถอธิบายด้วยหลักการทางฟิสิกส์เบื้องต้น เมื่อเราคาดเข็มขัดนิรภัยเรียบร้อยแล้ว ถ้ามีการขยับตัวมาข้างหน้าช้าๆ เข็มขัดนิรภัยจะคลายตัวให้เราเคลื่อนที่ได้ แต่ถ้าเราขยับตัวมาข้างหน้าอย่างรวดเร็ว เข็มขัดนิรภัยจะล๊อคไม่ให้ตัวเราขยับ นั่นคือถ้าเราเคลื่อนที่ด้วยความเร่งสูง เข็มขัดนิรภัยจะทำงานทันที เช่น ขณะที่เกิดอุบัติเหตุที่ตัวถังรถจะมีการกระแทกอย่างรุนแรง ทำให้เกิด

ความเร่งสูง ตัวเราจะขยับไปข้างหน้าอย่างรวดเร็ว (ใช้กฎการเคลื่อนที่ข้อหนึ่งของนิวตันอธิบายได้ว่า เมื่อมีแรงลัพธ์ที่ไม่เป็นศูนย์มากระทำ วัตถุจะยังเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัว นั่นคือ ขณะที่เราเคลื่อนที่ไปพร้อมกับรถ ตัวเราจะมีความเร็วเท่ากับรถ แต่เมื่อรถหยุดกระทันหันเพราะไปชนท้ายรถยนต์คันอื่นหรือมีรถพุ่งเข้ามาชนประสานงา ตัวเรายังไม่หยุดตามรถจึงดูเหมือนเราจะเคลื่อนที่ออกจากเบาะนั่งอย่างรวดเร็ว) ถ้าเข็มขัดนิรภัยทำงานถูกต้อง เข็มขัดนิรภัยนั้นจะล๊อคไม่ให้ตัวเราขยับออกไปมากนัก ศีรษะ หน้าอก ใบหน้าก็ไม่ไปกระแทกพวงมาลัยหรือกระจกรถ แต่ถ้าเข็มขัดนิรภัยไม่ทำงาน ตัวเราจะเคลื่อนที่ไปกระแทกพวงมาลัยหรือกระจกรถ ทำให้บาดเจ็บได้ บางครั้งเป็นอันตรายอาจเสียชีวิต

ถ้าเป็นการชนที่ไม่รุนแรงนัก เพียงแค่เข็มขัดนิรภัยที่ทำงานถูกต้องก็สามารถป้องกันหรือลดอันตรายที่จะเกิดขึ้นกับผู้ที่อยู่ในรถได้ แต่ถ้าเป็นการชนที่รุนแรงมาก การเหนี่ยวรั้งของเข็มขัดนิรภัยที่ไม่ให้ร่างกายพุ่งไปข้างหน้าตามกฎการเคลื่อนที่ข้อหนึ่งของนิวตันอาจจะไม่เพียงพอจึงต้องมีระบบป้องกันอีกชั้นหนึ่ง คือ ถุงลมนิรภัย

ถุงลมนิรภัยนี้จะพองตัวทันทีที่มีการชนอย่างรุนแรงเกิดขึ้น มันจะรองรับศีรษะ หน้าอก ใบหน้าไม่ให้ไปสัมผัสกับพวงมาลัยหรือกระจกหน้ารถ ถุงลมนิรภัยนั้นจะต้องพองตัวอย่างรวดเร็วด้วยแรงอันมหาศาลเพื่อให้ทันที่จะรองรับร่างกายผู้อยู่ในรถที่กำลังขยับใกล้เข้ามา โดยมันจะต้องพองตัวเต็มที่ก่อนที่ผู้ใช้บริการจะพุ่งตัวเข้ามา ถ้าทุกอย่างเป็นไปตามที่ควรจะเป็นก็ไม่มีปัญหาใดๆ แต่ถ้าผู้ที่อยู่ในรถอยู่ใกล้เกินไปแรงอันมหาศาลเพื่อให้ถุงลมนิรภัยพองตัวนั้นกลับจะกระแทกให้บาดเจ็บจนถึงตายได้ จากสถิติปี 1998 ของ The National Highway Traffic Safety Administration สหรัฐอเมริกา (http://www.nsc.org/partners/safetips.htm) รายงานว่ามีเด็กบาดเจ็บสาหัสและตายเนื่องจากการพองตัวของถุงลมนิรภัย ถึง 99 คน

ดังนั้นเพื่อไม่ให้เกิดอันตรายจากถุงลมนิรภัย กระดูกซี่โครงของผู้ขับขี่ ต้องอยู่ห่างจากฝาเปิดของถุงลมนิรภัยไม่น้อยกว่า 10 นิ้วหรือ 26 เซนติเมตร เพราะเหตุว่าช่วงที่ถุงลมนิรภัยพองตัวออกมาประมาณ 2-3 นิ้วหรือ 5 - 8 เซนติเมตรนั้น แรงดันของแก๊สภายในถุงลมนิรภัยจะมีค่ามากที่สุด แรงนี้มีค่ามากพอทำให้คนตายได้ แต่เมื่อถุงลมนิรภัยขยายไปถึง 10 นิ้ว หรือ 26 เซนติเมตร แรงจะลดลงจนไม่เป็นอันตราย

ข้อสำคัญผู้ที่อยู่ด้านหน้ารถจะต้องใส่เข็มขัดนิรภัยตลอดเวลา มิฉะนั้นตัวเราจะพุ่งเข้าหาถุงลมนิรภัยเร็วกว่ากำหนด ทำให้อาจได้รับอันตรายจากถุงลมนิรภัย นอกจากนั้นไม่ควรให้ผู้โดยสารที่เป็นเด็กนั่งข้างหน้า ถึงแม้จะรัดด้วยเข็มขัดนิรภัยแล้วก็ตาม โดยเฉพาะอย่างยิ่งไม่ควรให้เด็กนั่งตัก เพราะตัวเด็กจะอยู่ใกล้หรืออยู่ติดกับถุงลมนิรภัยเกินไป

นักเรียนได้ศึกษาการเคลื่อนที่แนวตรงในแนวระดับแล้ว ต่อไปจะศึกษาการเคลื่อนที่แนวตรงในแนวดิ่ง การเคลื่อนที่ในแนวดิ่งมีการเคลื่อนที่อย่างไร ให้ครูนำเข้าสู่บทเรียนดังนี้

ครูปล่อยถุงทรายให้ตกสู่พื้น ให้นักเรียนสังเกตแนวการเคลื่อนที่ของถุงทราย (และอาจทำซ้ำโดยใช้ลูกบอล ลูกเทนนิส ฯลฯ) แล้วให้นักเรียนอภิปรายแนวการเคลื่อนที่พร้อมทั้งสรุปแนวการเคลื่อนที่ได้ว่าเป็นการเคลื่อนที่แนวตรงในแนวดิ่ง ต่อไปครูสาธิตซ้ำให้นักเรียนสังเกตความเร็วของถุงทรายตอนเริ่มตก เปรียบเทียบกับความเร็วก่อนถุงทรายกระทบพื้น แล้วตั้งคำถามถามนักเรียนว่าการเคลื่อนที่ในแนวดิ่งของถุงทรายมีการเปลี่ยนความเร็วหรือไม่ หรือมีความเร่งหรือไม่ นักเรียนจะตอบอย่างไร ครูก็รับฟังไว้ จากนั้นให้นักเรียนได้ตรวจสอบคำตอบของตนเอง จากการสาธิตการปล่อยถุงทราย

การสาธิต ถุงทรายตกแบบเสรี

จุดประสงค์

1. สังเกตและบอกได้ว่าถุงทรายที่เคลื่อนที่ในแนวดิ่งแบบตกเสรีจะเคลื่อนที่โดยมีความเร็วเพิ่มขึ้นหรือมีความเร่ง
2. สังเกตและวิเคราะห์ความเร่งของวัตถุที่ตกเสรีจากแถบกระดาษที่ผ่านเครื่องเคาะสัญญาณเวลา

เวลาที่ใช้ 20 นาที

ข้อแนะนำในการสาธิต

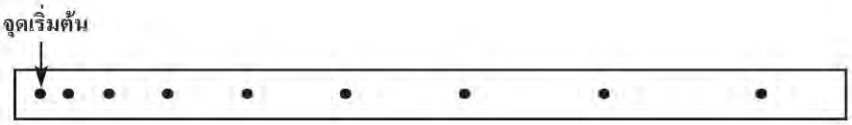
1. ตรวจสอบและปรับให้แผ่นกระดาษคาร์บอนหมุนได้คล่อง และสามารถบันทึกจุดบนแถบกระดาษได้ชัดเจน
2. ตรวจสอบและปรับให้แถบกระดาษผ่านเข้าช่องของเครื่องเคาะสัญญาณเวลาได้สะดวก
3. ไม่ควรใช้วัสดุอื่นๆ แทนถุงทราย

วัสดุอุปกรณ์

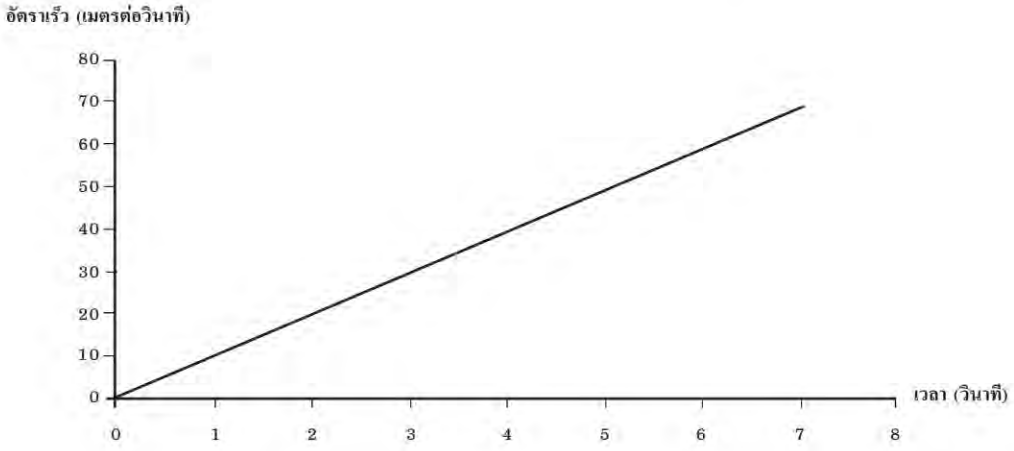
1. ถุงทราย
2. เครื่องเคาะสัญญาณเวลา

3. แถบกระดาษ
4. หม้อแปลงโวลต์ต่ำ

ผลการสาธิต



วิเคราะห์ผลจากแถบกระดาษ จะเห็นว่าจุดที่ปรากฏบนแถบกระดาษแต่ละช่วงจุดนับจากจุดเริ่มต้นจนถึงจุดสุดท้าย มีระยะห่างเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ แสดงว่าการเคลื่อนที่มีความเร็วเพิ่มขึ้น จึงมีการเปลี่ยนความเร็วหรือมีความเร่ง นั่นคือถุงทรายเคลื่อนที่ลงมาในแนวดิ่งด้วยความเร่ง และถ้าหาความเร็วเฉลี่ยจากแถบกระดาษแล้วนำไปเขียนกราฟระหว่างความเร็วเฉลี่ย ซึ่งคือความเร็วขณะหนึ่งกับเวลาจะได้กราฟเส้นตรง ดังภาพ ซึ่งแสดงถึงการเปลี่ยนความเร็วเพิ่มขึ้นอย่างคงตัว จึงกล่าวได้ว่าถุงทรายเคลื่อนที่ลงในแนวดิ่งภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลก เคลื่อนที่ด้วยความเร่งคงตัว



จากนั้นครูสรุปเป็นกรณีทั่วไปว่า วัตถุใดๆ ที่ตกสู่พื้นหรือเคลื่อนที่ลงในแนวดิ่งภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลกโดยไม่คิดแรงต้านอากาศ วัตถุจะเคลื่อนที่ด้วยความเร่งคงตัว ซึ่งเรียกว่าความเร่งโน้มถ่วง ความเร่งโน้มถ่วงมีค่าประมาณ 9.8 เมตรต่อวินาที^{2} และมีทิศสู่ศูนย์กลางโลก และกำหนดให้ g แทนความเร่งโน้มถ่วง

ครูตั้งคำถามเพื่อช่วยให้นักเรียนเข้าใจความเร่งโน้มถ่วงอย่างถูกต้อง และให้นักเรียนตอบคำถาม ดังนี้

- ถุงทรายตกสู่พื้นด้วยความเร่งเท่าใด และมีทิศใด
  <u>แนวคำตอบ</u> ความเร่ง 9.8 m/s^2 ในทิศสู่ศูนย์กลางโลกซึ่งมีทิศเดียวกับทิศการเคลื่อนที่ของถุงทราย
- ถุงทรายตกสู่พื้นด้วยความเร็วที่เปลี่ยนแปลงอย่างไร
  <u>แนวคำตอบ</u> ความเร็วเพิ่มขึ้นอย่างคงตัว โดยเพิ่มขึ้น 9.8 m/s ทุก 1 วินาที
- ถ้าถุงทรายตกถึงพื้นใช้เวลา 5 วินาที ความเร็วของถุงทรายขณะถึงพื้นเป็นเท่าใด
  <u>แนวคำตอบ</u> เริ่มต้นตกสู่พื้น ความเร็วของถุงทรายเท่ากับศูนย์ และทุก 1 วินาที ความเร็วถุงทรายเพิ่มขึ้น 9.8 m/s ดังนั้น ในเวลา 5 วินาที ความเร็วถุงทรายเท่ากับ $5 \times 9.8 = 49$ m/s

ครูให้นักเรียนสรุปการเคลื่อนที่ลงในแนวดิ่งแบบตกเสรีว่า วัตถุใดๆจะเคลื่อนที่ด้วยความเร่งโน้มถ่วงคงตัว 9.8 m/s^2 ในทิศเดียวกับการเคลื่อนที่ของวัตถุ ซึ่งวัตถุจะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วเพิ่มขึ้นวินาทีละ 9.8 m/s

ต่อไปครูให้ความรู้เรื่องการเคลื่อนที่ขึ้นในแนวดิ่งโดยโยนถุงทรายขึ้นในแนวดิ่ง ให้นักเรียนสังเกตแนวการเคลื่อนที่ของถุงทราย แล้วให้นักเรียนอธิบายการเคลื่อนที่ของถุงทราย ซึ่งสรุปได้ว่าถุงทรายเริ่มต้นเคลื่อนที่ขึ้นในแนวดิ่งด้วยความเร็วต้นค่าหนึ่งภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลก โดยจะเคลื่อนที่ช้าลงจนกระทั่งหยุดชั่วขณะและตกลงมาในแนวเดิม จากนั้นครูให้นักเรียนพิจารณาถุงทรายเฉพาะการเคลื่อนที่ในแนวดิ่งขึ้น และอธิบายว่าเหตุที่ถุงทรายเคลื่อนที่ช้าลงเรื่อยๆ จนมีความเร็วเป็นศูนย์ ณ ตำแหน่งสูงสุด เพราะว่าถุงทรายเคลื่อนที่ด้วยความเร่งที่มีทิศตรงข้ามกับการเคลื่อนที่ หรือกล่าวได้ว่าความเร่งมีเครื่องหมายลบ ให้ครูนำสมการ $a = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1}$ ประกอบ คำอธิบาย ในที่นี้ $v_2 = 0$ และ v_1 เป็นความเร็ว ณ ตำแหน่งเริ่มต้น ดังนั้น a เป็น - ด้วย ครูให้ความรู้ต่อไปว่าเนื่องจากถุงทรายเคลื่อนที่ภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลก ความเร่งดังกล่าวจึงเป็นความเร่งโน้มถ่วงมีทิศสู่ศูนย์กลางโลก ซึ่งเป็นทิศที่ตรงข้ามกับการเคลื่อนที่ของถุงทราย จึงทำให้ถุงทรายเคลื่อนที่ช้าลงวินาทีละ 9.8 m/s

จากนั้นครูให้ความรู้ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน โดยให้นักเรียนร่วมอภิปรายและตอบคำถาม

- ให้นักเรียนยกตัวอย่างการเคลื่อนที่แนวตรงที่พบเห็นในชีวิตประจำวันมา 3 ตัวอย่าง และบรรยายลักษณะของการเคลื่อนที่นั้น

  แนวคำตอบ

  1. ผลไม้หล่นจากต้น เป็นการตกอิสระภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลก ความเร็วของผลไม้เริ่มจากศูนย์และเพิ่มขึ้นอย่างคงตัวด้วยความเร่ง 9.8 เมตรต่อวินาที^{2} จนกระทั่งกระทบพื้นดิน ผลไม้ยิ่งตกจากที่สูงเท่าไร ความเร็วเมื่อกระทบพื้นก็ยิ่งมาก
  2. รถแข่งเคลื่อนที่ในแนวตรงที่กำหนดเป็นการเคลื่อนที่ในแนวระดับ เริ่มจากความเร็วต้นเป็นศูนย์และเพิ่มขึ้นตามกำลังของรถคันนั้น
  3. เม็ดฝนที่ตกจากก้อนเมฆสู่พื้น เมื่อไม่คิดแรงต้านจากอากาศก็เป็นการเคลื่อนที่ภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลกเช่นเดียวกับการตกของผลไม้จากต้น โดยมีความเร็วเพิ่มขึ้นวินาทีละ 9.8 เมตรต่อวินาที

- เมื่อลูกบาสเกตบอลกำลังเคลื่อนที่ขึ้นในแนวดิ่งโดยมีความเร็วลดลงอย่างสม่ำเสมอ ความเร่งของการเคลื่อนที่ของลูกบาสเกตบอลเป็นอย่างไร

  แนวคำตอบ ความเร่งของการเคลื่อนที่ของลูกบาสเกตบอลมีค่าคงตัว 9.8 เมตรต่อวินาที^{2} และมีทิศตรงกันข้ามกับทิศการเคลื่อนที่ขึ้นของลูกบาสเกตบอล

- มะม่วงสุกลูกหนึ่งตกจากต้นถึงพื้นดินในเวลา 1 วินาที ความเร็วของมะม่วงขณะกระทบพื้นดินเป็นเท่าไร

  แนวคำตอบ มะม่วงสุกตกจากต้นเริ่มต้นด้วยความเร็วมีค่าเป็นศูนย์ภายใต้ความเร่งโน้มถ่วงของโลกที่มีค่า 9.8 เมตรต่อวินาที^{2} ในทิศดิ่งลงเข้าหาโลก ความเร่งนี้ทำให้ผลไม้มีความเร็วเพิ่มขึ้น 9.8 เมตรต่อวินาที ในทุกๆ 1 วินาที ดังนั้นความเร็วของมะม่วงขณะกระทบพื้นจึงมีค่า 9.8 เมตรต่อวินาที

1.2 การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์

ครูสาธิตกิจกรรมต่อไปนี้ เพื่อนำเข้าสู่บทเรียน

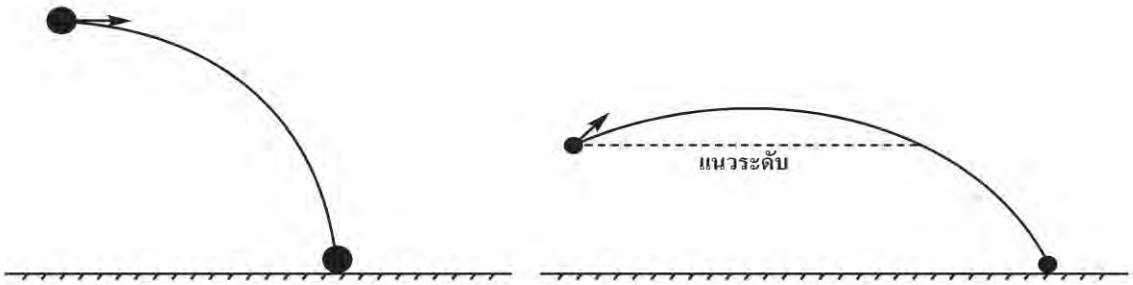
1. ขว้างลูกเทนนิสออกไปในแนวระดับและในทิศทำมุมกับแนวระดับ พร้อมกับให้นักเรียนสังเกตแนวการเคลื่อนที่ของลูกเทนนิส ต่อไปเปลี่ยนเป็นขว้างยางลบ ก้อนดินน้ำมัน และให้นักเรียนสังเกตแนวการเคลื่อนที่ด้วยเช่นกัน

2. นำขวดพลาสติกเปล่า เช่น ขวดน้ำดื่ม มาเจาะรูข้างขวดที่ตำแหน่งใดก็ได้ ใส่น้ำลงในขวดให้ระดับน้ำอยู่เหนือรูที่เจาะขณะใส่น้ำใช้นิ้วปิดรู เมื่อเอานิ้วออกจากรู น้ำจะพุ่งออกจากขวดให้นักเรียนสังเกตแนวการเคลื่อนที่ของลำน้ำ

จากการสาธิตการเคลื่อนที่ของวัตถุควรสรุปแนวการเคลื่อนที่ของวัตถุได้ดังนี้

เมื่อขว้างวัตถุออกไปในแนวระดับ วัตถุจะมีความเร็วต้นในแนวระดับ และเคลื่อนที่เป็นแนวโค้งต่ำลงจากระดับเริ่มต้น จนกระทั่งตกลงบนพื้น ดังภาพ ก

เมื่อขว้างวัตถุในทิศทำมุมกับแนวระดับ วัตถุจะเคลื่อนที่เป็นแนวโค้งเช่นกัน แนวโค้งนั้นจะมีทั้งสูงกว่าและต่ำกว่า ตำแหน่งเริ่มต้นเคลื่อนที่ ดังภาพ ข



ก. ข.

จากนั้นครูให้ความรู้ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน และให้นักเรียนได้วิเคราะห์การเคลื่อนที่ในแนวโค้งของวัตถุ โดยทำกิจกรรม 1.2 การเคลื่อนที่ในแนวโค้ง

กิจกรรม 1.2 การเคลื่อนที่ในแนวโค้ง

จุดประสงค์ของการทำกิจกรรม

1. สังเกตและบอกได้ว่าแนวการเคลื่อนที่ของโลหะกลมเป็นแนวโค้ง
2. บอกได้ว่าเมื่อปล่อยโลหะกลมให้เคลื่อนที่จากตำแหน่งที่สูงกว่า โลหะกลมจะตกถึงพื้นได้ระยะทางในแนวระดับที่ไกลกว่า
3. สรุปจากการเขียนตำแหน่งโลหะกลมบนกระดาษกราฟได้ว่า แนวการเคลื่อนที่ของโลหะกลมเป็นแนวโค้ง

เวลาที่ใช้ 1 ชั่วโมง

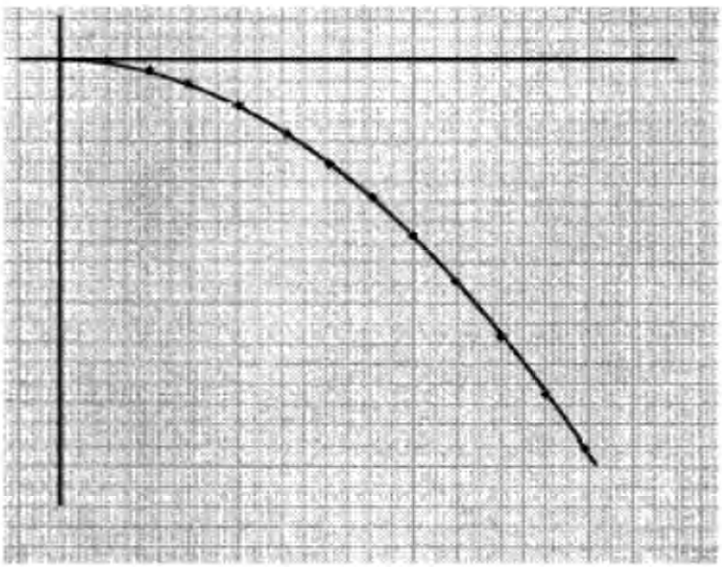
วัสดุอุปกรณ์

1. แป้นไม้พร้อมรางโลหะ
2. ที่กั้นปิดทับด้วยกระดาษขาว และมีกระดาษคาร์บอนปิดทับกระดาษขาว
3. โลหะกลม
4. กระดาษกราฟ

ข้อแนะนำก่อนการทำกิจกรรม

1. ตำแหน่งการวางที่กั้นให้เริ่มจากตำแหน่งชิดปลายราง โดยด้านยาวของที่กั้นทาบบนเส้นทึบของกระดาษกราฟพอดี ครั้งต่อไปเลื่อนที่กั้นออกมา 1 เซนติเมตร และปฏิบัติเช่นนี้จนกระทั่งโลหะกลมไม่กระทบที่กั้น หรือที่กั้นเลยแป้นไม้
2. ทุกครั้งที่โลหะกลมกระทบที่กั้นจะปรากฏจุดบนกระดาษขาว ซึ่งเป็นตำแหน่งที่เกิดการกระทบ
3. เมื่อทดลองเสร็จแล้ว แกะกระดาษกราฟออกจากแป้นไม้ ลากเส้นโยงตำแหน่งที่โลหะกลมกระทบที่กั้นบนกระดาษกราฟ จะได้แนวการเคลื่อนที่ของโลหะกลม

ผลการทำกิจกรรม



อภิปรายหลังการทำกิจกรรม ให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายตามแนวคำถามท้ายกิจกรรม ซึ่งได้ข้อสรุปดังนี้

1. ระยะที่วัตถุตกถึงพื้นโดยวัดในแนวระดับจากตำแหน่งเริ่มปล่อยโลหะกลมถึงตำแหน่งกระทบพื้นจะมีค่ามากเมื่อตำแหน่งที่ปล่อยโลหะกลมอยู่สูง และจะมีค่าน้อยเมื่อตำแหน่งที่ปล่อยโลหะกลมอยู่ต่ำกว่า
2. จากการลากเส้นโยงระหว่างจุดบนกระดาษกราฟ จะได้แนวการเคลื่อนที่ของโลหะกลมเป็นแนวโค้ง

ความรู้เพิ่มเติมสำหรับนักเรียน

การปล่อยโลหะกลมที่ตำแหน่งต่างๆ บนราง แล้วโลหะกลมเคลื่อนที่ตกลงบนพื้นที่ตำแหน่งต่างๆ กัน อธิบายได้ดังนี้ ขณะโลหะกลมอยู่ ณ ตำแหน่งเริ่มต้นบนราง โลหะกลมมีพลังงานศักย์โน้มถ่วงที่ตำแหน่งสูงสุดโลหะกลมจะมีพลังงานศักย์โน้มถ่วงมากที่สุด เมื่อปล่อยโลหะกลมให้เคลื่อนที่ พลังงานศักย์โน้มถ่วงจะเปลี่ยนเป็นพลังงานจลน์ โดยขณะที่โลหะกลมเคลื่อนที่ถึงปากรางโลหะกลมจะมีพลังงานจลน์มากที่สุด ทำให้ความเร็วของโลหะกลมขณะพ้นจากปากรางมากที่สุดด้วย จึงเคลื่อนที่ออกไปเป็นแนวโค้งและตกสู่พื้นที่ตำแหน่งไกลที่สุด ระยะทางในแนวระดับวัดจากตำแหน่งเริ่มต้นถึงตำแหน่งตกถึงพื้น จึงไกลที่สุด

จากนั้นครูให้ความรู้ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน และครูควรเน้นว่าการเคลื่อนที่ของวัตถุที่เป็นแนวโค้งซึ่งเรียกการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์นั้นไม่คิดแรงต้านอากาศ โดยคิดว่ามีแรงโน้มถ่วงของโลกกระทำต่อวัตถุเท่านั้น แนวโค้งดังกล่าวจะเป็นโค้งพาราโบลา

ต่อไปครูให้นักเรียนตอบคำถามจากภาพ 1.12

- จากภาพ 1.12 แนวการเคลื่อนที่ของลูกบาสเกตบอลเป็นอย่างไร
  แนวคำตอบ การเคลื่อนที่ของลูกบาสเกตบอลเป็นแนวโค้งโดยจะเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์
- ให้ยกตัวอย่างการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ในชีวิตประจำวัน พร้อมทั้งอธิบายลักษณะของการเคลื่อนที่
  แนวคำตอบ การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์อย่างหนึ่งที่พบเห็นในชีวิตประจำวัน ได้แก่ การขนถ่ายสิ่งของที่มีขนาดที่มนุษย์สามารถโยนรับส่งกันได้ เช่น ผลไม้ และสิ่งของต่างๆ

ความรู้เพิ่มเติมสำหรับครู

พิจารณาการเคลื่อนที่ของวัตถุที่ถูกขว้างออกไปในแนวระดับ

1. แรงจากมือกระทำต่อวัตถุในช่วงเวลาที่มือสัมผัสวัตถุ เมื่อวัตถุพ้นมือไปแล้วจะมีแต่แรงโน้มถ่วงของโลกในแนวดิ่งกระทำต่อวัตถุเพียงแรงเดียว ดังนั้นความเร็วในแนวระดับจึงคงตัวเป็นไปตามกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 ของนิวตัน
2. ในการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์วัตถุจะเคลื่อนที่ภายใต้แรงดึงดูดของโลกแต่เพียงแรงเดียว จึงทำให้เกิดความเร่งในแนวดิ่งตามกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตัน

1.3 การเคลื่อนที่แบบวงกลม

ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยยกตัวอย่างวัตถุเคลื่อนที่แบบวงกลมหลายๆ ตัวอย่าง จากนั้นครูให้นักเรียนทำกิจกรรม 1.3 การเคลื่อนที่เป็นวงกลมในแนวระดับ

กิจกรรม 1.3 การเคลื่อนที่เป็นวงกลมในแนวระดับ

จุดประสงค์ของการทำกิจกรรม

1. วิเคราะห์ได้ว่าแรงดึงจุกยางต้องเพิ่มขึ้นเมื่อแกว่งจุกยางให้เคลื่อนที่ในแนววงกลมด้วยอัตราเร็วเพิ่มขึ้น โดยความยาวเชือกเท่ากัน
2. วิเคราะห์ได้ว่าเมื่อให้แรงดึงจุกยางคงตัว ถ้าแกว่งจุกยางให้เคลื่อนที่ในแนววงกลมด้วยอัตราเร็วคงตัวที่เพิ่มขึ้น ความยาวเชือกจะเพิ่มขึ้น

เวลาที่ใช้ 1 ชั่วโมง

วัสดุอุปกรณ์

1. ชุดการเคลื่อนที่แบบวงกลม
2. นอต

ข้อแนะนำก่อนทำกิจกรรม

1. ใช้นอตแขวนกับขอเกี่ยว ทำให้เกิดแรงดึงในเส้นเชือกกระทำต่อจุกยาง
2. การตรวจสอบว่าจุกยางเคลื่อนที่เป็นวงกลมในระนาบระดับหรือไม่ ควรให้นักเรียนที่ไม่ได้แกว่งจุกยางช่วยพิจารณา เพราะคนที่แกว่งจะมองไม่ชัดเจน
3. การวัดรัศมีของวงกลมหรือความยาวเชือก ควรวัดระยะห่างระหว่างกึ่งกลางของจุกยางและหลอดพีวีซี (ที่มือจับ)
4. อาจใช้เทปใสติดกับเชือกบริเวณใกล้ๆ ปลายล่างของท่อพีวีซี เพื่อเป็นที่สังเกตเวลาแกว่งจุกยาง ทั้งนี้จะได้แน่ใจว่าเชือกจะไม่มีการเคลื่อนที่ขึ้นลง เพื่อให้รัศมีของการเคลื่อนที่วงกลมมีค่าคงตัว เพราะถ้าเชือกเคลื่อนที่ขึ้นลง รัศมีการเคลื่อนที่จะไม่คงตัว ทำให้การทำกิจกรรมคลาดเคลื่อนได้

ผลการทำกิจกรรม

1. เมื่อความยาวเชือกเท่าเดิม แต่แกว่งจุกยางให้เคลื่อนที่เป็นวงกลมด้วยอัตราเร็วเพิ่มขึ้น จะต้องเพิ่มจำนวนนอตเพื่อให้เกิดแรงดึงในเชือกมากขึ้น
2. เมื่อจำนวนนอตเท่าเดิม แต่แกว่งจุกยางด้วยอัตราเร็วเพิ่มขึ้น ความยาวเส้นเชือกจะมากขึ้น

อภิปรายหลังการทำกิจกรรม

ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายผลการทำกิจกรรม ตามแนวคำถามท้ายกิจกรรม ซึ่งสรุปได้ดังนี้

1. จุกยางเคลื่อนที่ในแนววงกลมได้ ต้องมีแรงที่เชือกดึงจุกยาง อัตราเร็วคงตัวของจุกยางและความยาวเชือก (รัศมีของวงกลม) จะต้องมีความสัมพันธ์กัน ซึ่งเป็นเงื่อนไขในการเคลื่อนที่แบบวงกลม
2. มีแรงดึงเชือกกระทำต่อจุกยาง โดยแรงดึงเชือกนี้เกิดจากนอตที่นำมาแขวนที่ขอเกี่ยว
3. ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วในการเคลื่อนที่ รัศมีการเคลื่อนที่ของจุกยาง และแรงดึงเชือก วิเคราะห์ได้ ดังบันทึกผลการทำกิจกรรม (ดูที่ผลการทำกิจกรรม)

ต่อไปครูให้ความรู้เรื่องแรงสู่ศูนย์กลาง (F_c) โดยใช้ภาพ 1.13 ประกอบคำอธิบาย จากนั้นให้นักเรียนตอบคำถาม

- ในขณะจุกยางเคลื่อนที่แบบวงกลม ถ้าเชือกที่ผูกติดจุกยางขาด จุกยางจะเคลื่อนที่อย่างไร

  แนวคำตอบ ครูอาจให้นักเรียนพิจารณาภาพ 1.13 อีกครั้งหนึ่ง โดยให้นักเรียนพิจารณาทิศของความเร็ว V ของจุกยาง ซึ่งอยู่ในทิศสัมผัสกับเส้นรอบวงตลอดเวลา ดังนั้นถ้าเชือกผูกจุกยางขาด จุกยางจะเคลื่อนที่ออกไปจากแนววงกลมในทิศทางที่เป็นเส้นสัมผัสกับส่วนโค้งวงกลม (หมายเหตุ ถ้าโรงเรียนมีชุดสาธิตรางครึ่งวงกลมอาจนำมาสาธิตดีดลูกเหล็กให้กลิ้งไปตามรางครึ่งวงกลม เมื่อลูกเหล็กหลุดจากรางจะเคลื่อนออกไปในทิศที่เป็นเส้นสัมผัสกับราง)

ต่อไปครูให้ความรู้เรื่องการเคลื่อนที่ของรถยนต์บนถนนโค้งว่า จะต้องมีแรงกระทำต่อรถในทิศเข้าสู่ศูนย์กลางของความโค้ง ซึ่งคือแรงสู่ศูนย์กลาง ซึ่งขณะที่รถยนต์เลี้ยวโค้งบนถนนระดับ แรงสู่ศูนย์กลางที่กระทำต่อรถยนต์ ก็คือ แรงเสียดทานที่พื้นถนนกระทำกับยางรถยนต์ในทิศเข้าสู่ศูนย์กลาง จากนั้นครูให้ความรู้ตามรายละเอียดในบทเรียนและให้นักเรียนตอบคำถาม

- การขับรถบนถนนโค้งในสภาพถนนเปียกลื่น ควรขับรถอย่างไรให้ปลอดภัยมากที่สุด

  แนวคำตอบ การขับรถในสภาพถนนเปียกลื่น ควรขับด้วยความเร็วต่ำกว่าความเร็วที่กำหนดในสภาพถนนแห้ง เนื่องจากแรงสู่ศูนย์กลางที่เกิดจากยางรถยนต์กระทำกับพื้นถนนในสภาพถนนเปียกมีค่าน้อยกว่าแรงสู่ศูนย์กลางที่เกิดขึ้นในสภาพถนนแห้งอย่างมาก
- ในการขับรถเข้าโค้ง จะมีแรงสู่ศูนย์กลาง แรงนี้มาจากไหน

  แนวคำตอบ แรงเสียดทานที่กระทำด้านข้างของล้อรถยนต์ ในทิศเข้าสู่ศูนย์กลางความโค้งของถนน จะเป็นแรงสู่ศูนย์กลาง
- สภาพของยางรถยนต์และถนนมีความสำคัญอย่างไรกับความปลอดภัยในการขับรถยนต์และรถจักรยานยนต์

  แนวคำตอบ สภาพของยาง ยางที่มีผิวเรียบเหมาะกับการใช้กับสภาพถนนแห้งและเรียบ เช่นยางที่ใช้กับรถแข่งสูตร 1 ส่วนยางที่มีดอกยางและขรุขระเหมาะสมในการใช้กับถนนขรุขระหรือถนนเปียก เช่นยางที่ใช้กับรถใช้งานปกติทั่วไปที่ต้องพบกับสภาพถนนทั้งขรุขระและเปียกน้ำ การเลือกใช้ยางแต่ละแบบต้องเลือกให้เหมาะสมกับสภาพของถนนเพื่อให้เกิดแรงเสียดทานระหว่างยางกับพื้นถนนสูงสุด ซึ่งจะส่งผลต่อขนาดของแรงสู่ศูนย์กลางเพื่อความปลอดภัยในการบังคับควบคุมรถในขณะขับขี่ด้วย

ครูให้ความรู้เกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบวงกลมในธรรมชาติ กฎแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตัน คาบ และความถี่ ตามรายละเอียดในหนังสือเรียนพร้อมทั้งให้นักเรียนร่วมกันตอบคำถามโดยช่วยกันวิเคราะห์และอภิปราย

- ทำไมดวงจันทร์จึงโคจรรอบโลกอยู่ได้
  แนวคำตอบ ดวงจันทร์โคจรรอบโลกได้เพราะมีแรงโน้มถ่วงจากโลกดึงดูดดวงจันทร์ซึ่งเป็นแรงสู่ศูนย์กลาง
- ดาวเทียมที่วงโคจรใกล้หรือไกลจากโลก จะมีอัตราเร็วในการโคจรต่างกันอย่างไร
  แนวคำตอบ โดยปกติดาวเทียมจะโคจรรอบโลกโดยจะอยู่ในบริเวณที่อยู่เหนือบริเวณหนึ่งของโลกเสมอ ทั้งนี้ก็เพื่อการรับส่งสัญญาณให้กับพื้นที่ที่กำหนด ดังนั้นดาวเทียมจึงต้องเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วเท่ากับการหมุนรอบตัวเองของโลก ดาวเทียมที่อยู่ไกลจากโลกมากจึงต้องเคลื่อนที่เร็วกว่าดาวเทียมที่อยู่ใกล้ เพราะระยะทางโคจรครบ 1 รอบของดาวเทียมที่อยู่ไกลจากโลก มีค่ามากกว่าระยะทางโคจรครบ 1 รอบของดาวเทียมที่อยู่ใกล้โลกนั่นเอง
- รถมอเตอร์ไซด์ไต่ถังเคลื่อนที่รอบถัง 15 รอบ ในเวลา 1 นาที คาบของการเคลื่อนที่เป็นเท่าไร
  แนวคำตอบ คาบของการเคลื่อนที่ของรถไต่ถังคือ $\frac{60 \text{ วินาที}}{15 \text{ รอบ}} = 4$ วินาที
- ดาวเทียมไทยพัฒน์ ดาวเทียมดวงแรกที่ออกแบบและสร้างด้วยฝีมือคนไทย โคจรรอบโลก 1 รอบ ในเวลา 101 นาที คาบและความถี่ของการเคลื่อนที่เป็นเท่าไร
  แนวคำตอบ คาบของการเคลื่อนที่ของดาวเทียมไทยพัฒน์คือ 101 นาที
  ความถี่ของการเคลื่อนที่ของดาวเทียมไทยพัฒน์คือ $\frac{1}{101}$ รอบต่อนาที

1.4 การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย

ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยนำนอตมาผูกด้วยเส้นเอ็น ห้อยนอตให้อยู่ในแนวดิ่ง จากนั้นดึงนอตออกจากตำแหน่งสมดุล สมมุตินอตอยู่ที่ตำแหน่ง B ดังรูป 1.21 ในหนังสือเรียน แล้วปล่อยให้นอตเคลื่อนที่ นอตจะเคลื่อนที่กลับไปกลับมาซ้ำทางเดิม และผ่านตำแหน่งสมดุล ซึ่งเป็นตำแหน่งที่นอตวางตัวอยู่ในแนวดิ่ง ดังรูป ให้นักเรียนสังเกตการเคลื่อนที่

ต่อไปนี้ครูให้นักเรียนยกตัวอย่างการเคลื่อนที่ของสิ่งต่างๆ ที่มีลักษณะเดียวกับนอต อาจได้ตัวอย่างเช่น การเคลื่อนที่ของชิงช้า การสั่นของสายกีต้าร์ เป็นต้น

ครูให้ความรู้ต่อไปว่า เมื่อพิจารณาเวลาที่นอตใช้เคลื่อนที่ สมมุติเริ่มจากตำแหน่ง B ไป A กลับมาที่ B แล้วไป C และกลับมาที่ B อีกครั้งหนึ่ง เป็นการเคลื่อนที่ครบ 1 รอบ เวลาที่ใช้เคลื่อนที่ครบ 1 รอบ เรียกว่าคาบ (T) มีหน่วยเป็นวินาที และจำนวนรอบของการแกว่งในเวลา 1 วินาที เรียกว่า ความถี่ (f) มีหน่วยเป็นรอบต่อวินาทีหรือเฮิรตซ์ (Hz)

จากนั้นครูให้นักเรียนศึกษาการเคลื่อนที่การแกว่งของนอต จากกิจกรรม 1.4

กิจกรรม 1.4 การเคลื่อนที่แบบแกว่ง

จุดประสงค์

1. หาคาบการแกว่งจากการเคลื่อนที่แบบแกว่งของนอต
2. วิเคราะห์ได้ว่าคาบการแกว่งมีค่าคงตัว ไม่ว่าสายเอ็นที่ผูกนอตจะเบนมาทำมุมเท่าใดกับแนวดิ่ง
3. วิเคราะห์ได้ว่าคาบของการแกว่งคงตัวเมื่อความยาวสายเอ็นคงตัว ถึงแม้ว่ามวลของนอตเปลี่ยนแปลง
4. วิเคราะห์จากกราฟได้ว่า (คาบของการแกว่ง)^2 แปรผันตรงกับความยาวของสายเอ็น

เวลาที่ใช้ทดลอง 30 นาที

วัสดุอุปกรณ์

1. นอต 1.5 เซนติเมตร จำนวน 5 ตัว
2. สายเอ็นแบบอ่อนยาว 1 เมตร
3. ขาตั้งใช้แขวนนอต
4. นาฬิกาข้อมือที่มีเข็มวินาที

ข้อแนะนำก่อนทำกิจกรรม

1. ให้ตำแหน่งเริ่มต้นการแกว่งของนอต เป็นตำแหน่งที่สายเอ็นที่ผูกนอตเอียงทำมุมเล็กๆ กับแนวดิ่งประมาณ 7 – 8 องศา
2. การจับเวลาการแกว่งของนอตเพื่อหาคาบ อาจจับเวลาแต่ละครั้งเมื่อแกว่งมากกว่า 10 รอบก็ได้ เช่น 20 รอบ ซึ่งอาจช่วยให้ความผิดพลาดคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการจับเวลามีค่าน้อยลง

3. ในการทดลองเปลี่ยนค่ามวล (จำนวนนอต) เมื่อความยาวของสายเอ็นคงตัว ควรใช้สายเอ็นความยาว 50 เซนติเมตรตลอดการทดลอง และในกรณีที่มีการเปลี่ยนความยาวของสายเอ็นควรเริ่มต้นจากความยาวของสายเอ็นเป็น 30 เซนติเมตร และเพิ่มขึ้นครั้งละ 10 เซนติเมตร

ข้อเสนอแนะสำหรับครู

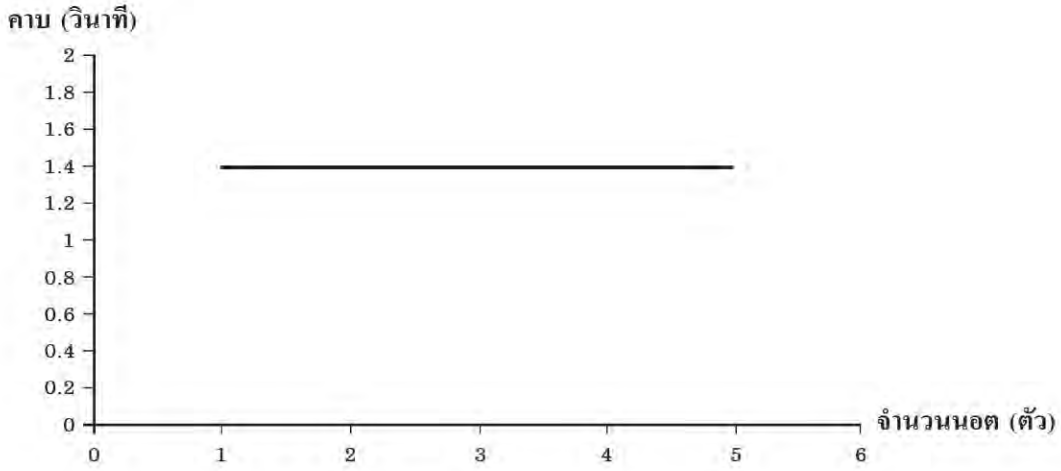
ในการออกแบบการทดลอง ครูควรให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายถึงตัวแปรต่างๆ ในการทดลองว่ามีตัวแปรใดบ้างที่ควรมีผลต่อคาบของการแกว่งของนอต จนได้ข้อสรุปว่าตัวแปรที่ควรมีผลต่อคาบของการแกว่งอาจเป็น ความยาวเชือก มุมที่เส้นเชือกเบนจากแนวดิ่งหรือมวลของนอต ซึ่งครูให้นักเรียนทดลองหาความสัมพันธ์ดังกล่าว

ถ้านักเรียนออกแบบการทดลองไม่ได้ ครูอาจแนะให้ว่าการทำกิจกรรมจะแบ่งเป็น 2 ตอน ดังแสดงในผลการทำกิจกรรม

ผลการทำกิจกรรม

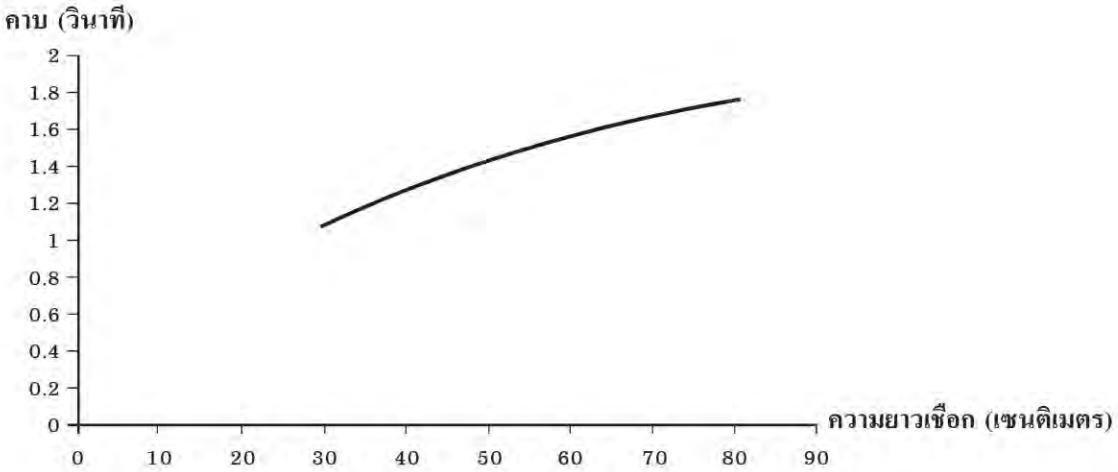
ตอนที่ 1 เมื่อเพิ่มมวล (จำนวนนอต) โดยความยาวสายเอ็น (l) คงตัว = 50 เซนติเมตร

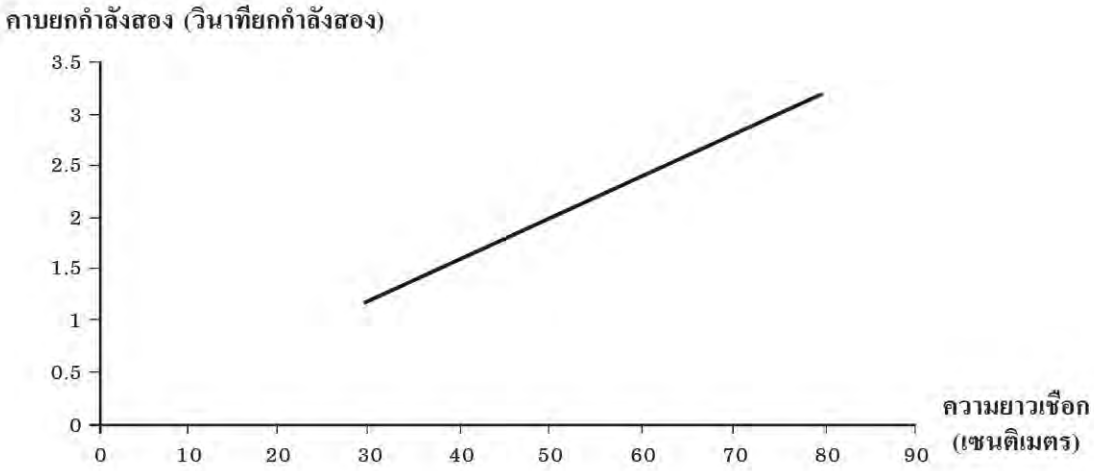
จำนวนนอต (ตัว)	เวลาครบ 20 รอบ (s)	คาบ T (s)
1	28.47	1.42
2	28.22	1.41
3	28.29	1.41
4	28.35	1.42
5	28.42	1.42



ตอนที่ 2 เมื่อมวลคงตัว (นอต 1 ตัว) เปลี่ยนความยาว (l) สายเอ็น

ความยาว l (cm)	เวลาครบ 20 รอบ (s)	คาบ T (s)	T^2 (s^2)
30	21.87	1.09	1.20
40	25.42	1.27	1.62
50	28.21	1.41	1.99
60	30.99	1.55	2.40
70	33.48	1.67	2.80
80	35.68	1.78	3.18





อภิปรายหลังการทำกิจกรรม

ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปราย ผลการทำกิจกรรม โดยพิจารณาจากกราฟ

ตอนที่ 1 เมื่อเพิ่มจำนวนนอตโดยความยาวของสายเอ็นคงตัว พิจารณาจากกราฟสรุปได้ว่า คาบมีค่าคงตัว หมายความว่าเวลาของการแกว่งครบรอบสำหรับนอต 1 ตัว หรือ 2 ตัว หรืออื่นๆ มีค่าเท่ากัน นั่นคือมวลของนอตไม่มีผลต่อคาบของการแกว่ง

ตอนที่ 2 เมื่อจำนวนนอตคงตัว เปลี่ยนความยาวสายเอ็น พิจารณาจากกราฟสรุปได้ว่า คาบยกกำลังสองแปรผันตรงกับความยาวของสายเอ็น

ต่อไปนี้ครูให้ความรู้ว่าการเคลื่อนที่กลับไปกลับมาซ้ำทางเดิมของวัตถุ โดยมุมที่เบนออกจากแนวดิ่งซึ่งเป็นค่าสูงสุดมีค่าน้อยๆ เรียกการเคลื่อนที่นี้ว่า**การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย** จากนั้นครูให้นักเรียนช่วยกันตอบคำถามอาจเป็นลักษณะการอภิปรายหรือตอบลงในสมุดแบบฝึกหัด

- 🕮 การเคลื่อนที่ของชิงช้าแกว่งเป็นการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายหรือไม่ อธิบายประกอบ

  แนวคำตอบ การเคลื่อนที่ของชิงช้าแกว่งที่พบเห็นในชีวิตประจำวันเป็นการเคลื่อนที่แบบแกว่งคล้ายกับการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย แต่การแกว่งของชิงช้าจะมีมุมที่เบนออกจากแนวดิ่งมีค่ามากและมีค่าลดลงตลอดเวลา เนื่องจากแรงต้านของอากาศ
- 🕮 เหตุใดการหาคาบการเคลื่อนที่จึงต้องจับเวลาในการเคลื่อนที่หลายๆ รอบ

  แนวคำตอบ เนื่องจากการทดลองมักมีความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้นเสมอ การทำการทดลองหลายครั้งแล้วหาค่าเฉลี่ยเป็นวิธีการที่จะได้ค่าที่ใกล้เคียงความจริงมากกว่าการทดลองเพียงครั้งเดียว ดังนั้นการหาคาบการเคลื่อนที่จึงต้องจับเวลาในการเคลื่อนที่หลายๆ รอบ แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยสำหรับเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ครบ 1 รอบ
- 🕮 การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย ต่างจากการเคลื่อนที่แบบวงกลมอย่างไร

  แนวคำตอบ ความแตกต่างที่สังเกตได้ง่ายที่สุดคือการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายจะมีการเคลื่อนที่กลับไปกลับมาย้ายตำแหน่งเดิมก่อนการเคลื่อนที่ครบ 1 รอบ ส่วนการเคลื่อนที่แบบวงกลม เมื่อวัตถุเคลื่อนที่ครบ 1 รอบก็จะมาผ่านตำแหน่งเดิม

ข้อแนะนำเพิ่มเติมสำหรับครู

การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายมีการกระจัดคงตัวตลอดเวลา ในกรณีของการแกว่งลูกตุ้ม มุมที่ลูกตุ้มเบนไปจากแนวดิ่งจะต้องคงตัวตลอดเวลาของการเคลื่อนที่โดยมุมที่เบนจากแนวดิ่งต้องเป็นมุมเล็กๆ (ไม่เกิน 10°) ความเร่งของลูกตุ้มจะแปรผันตรงกับการกระจัดจากตำแหน่งสมดุล โดยมีทิศทางตรงกันข้าม

ในการเคลื่อนที่แบบวงกลมวัตถุจะมีแรงเข้าสู่ศูนย์กลางกระทำตลอดเวลาของการเคลื่อนที่ โดยแรงนี้แปรผันตรงกับมวลและความเร็วของวัตถุและรัศมีของวงกลมของการเคลื่อนที่

เฉลยคำถามท้ายบท

1. ถ้ามีเพื่อนพูดว่า "รถแข่งวิ่งบนทางโค้งด้วยความเร็วคงตัว 100 กิโลเมตรต่อชั่วโมง" ซึ่งเป็นการกล่าวที่ไม่ถูกต้อง นักเรียนจะอธิบายให้เพื่อนพูดถูกต้องว่าอย่างไร

   แนวคำตอบ รถที่วิ่งด้วยความเร็วคงตัว 100 กิโลเมตรต่อชั่วโมง แสดงว่ารถวิ่งด้วยความเร็วที่มีขนาด 100 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และทิศที่ไม่เปลี่ยนแปลงตลอดเวลาที่รถเคลื่อนที่ ดังนั้นคำพูดที่ว่า "รถแข่งวิ่งบนทางโค้งด้วยความเร็วคงตัว 100 กิโลเมตรต่อชั่วโมง" จึงไม่ถูกต้อง เพราะรถแข่งมีการเปลี่ยนทิศตลอดเวลาเนื่องจากถนนโค้ง การที่ทิศเปลี่ยนแสดงว่าความเร็วไม่คงตัว ตามสถานการณ์นี้คำพูดที่ถูกต้องควรเป็น "รถแข่งวิ่งบนทางโค้งด้วยอัตราเร็วคงตัว 100 กิโลเมตรต่อชั่วโมง"

2. รถไฟชานเมืองสายกรุงเทพ – หัวตะเข้ มีกำหนดการเดินรถดังตาราง อัตราเร็วเฉลี่ยของรถไฟระหว่างสถานีคลองตันและสถานีหัวหมาก และอัตราเร็วเฉลี่ยทั้งหมดเป็นเท่าใด

สถานี	ระยะทาง (กิโลเมตร)	เวลา (นาฬิกา)
กรุงเทพ	0	15.20
มักกะสัน	5	15.37
คลองตัน	10	15.45
หัวหมาก	15	15.54
บ้านทับช้าง	21	16.03
ลาดกระบัง	27	16.12
พระจอมเกล้า	30	16.17
หัวตะเข้	31	16.20

   แนวคำตอบ

   อัตราเร็วเฉลี่ยระหว่าง สถานีคลองตันและสถานีหัวหมาก

$$= \frac{\text{ระยะทางระหว่างสถานีคลองตันและสถานีหัวหมาก}}{\text{เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่}}$$

ระยะทางระหว่างสถานีทั้งสอง = (15 – 10) กิโลเมตร

= 5 กิโลเมตร

เวลาที่ใช้ระหว่างสถานีทั้งสอง = (15.54 น. – 15.45 น.) = 9 นาที

$= \frac{3}{20}$ ชั่วโมง

ดังนั้น อัตราเร็วเฉลี่ยระหว่างสถานีทั้งสอง $= \frac{5 \text{ km}}{\frac{3}{20} \text{ h}} = 33.3 \text{ km/h}$

อัตราเฉลี่ยทั้งหมด $= \frac{\text{ระยะทางระหว่างสถานีกรุงเทพและสถานีหัวตะเข้}}{\text{เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่}}$

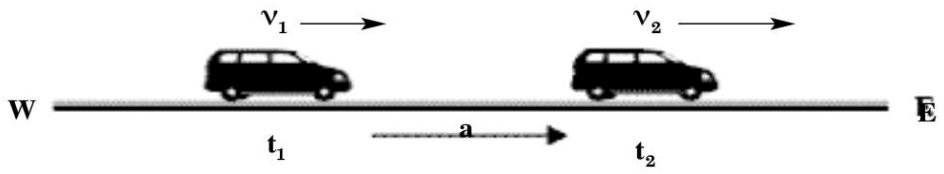
อัตราเร็วเฉลี่ยทั้งหมด $= \frac{31 \text{ km}}{1 \text{h}} = 31 \text{ km/h}$

3. ถ้ารถยนต์คันหนึ่งวิ่งบนทางตรงไปทางทิศตะวันออก รถยนต์คันนี้มีโอกาสที่จะมีความเร่งไปทางทิศตะวันตกหรือไม่ อธิบาย พร้อมยกตัวอย่าง

<u>แนวคำตอบ</u> ได้ ในกรณีที่รถมีความเร็วลดลงเพราะรถยนต์ที่วิ่งตรงไปทางทิศตะวันออก ณ เวลาขณะหนึ่ง อาจจะมีความเร็วอย่างใดอย่างหนึ่ง คือมีความเร็วคงตัว ความเร็วเพิ่มขึ้น หรือความเร็วลดลง ก็ได้

ในกรณีที่รถยนต์มีความเร็วคงตัว ความเร่งของรถยนต์เป็นศูนย์ หรือไม่มีความเร่ง

ในกรณีที่รถยนต์มีความเร็วเพิ่มขึ้น รถยนต์จะมีความเร่งในทิศเดียวกับทิศการเคลื่อนที่คือทิศตะวันออก ดังภาพ

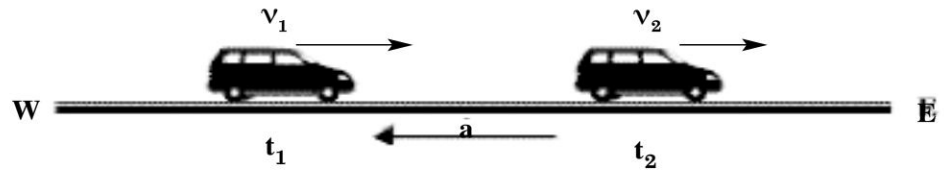


ความเร็วที่เปลี่ยน $= v_2 - v_1$ มีค่าเป็นบวก

เวลาที่ใช้ $= t_2 - t_1$ มีค่าเป็นบวก

ดังนั้น ความเร่ง $a = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1}$ มีค่าเป็นบวก มีทิศเดียวกับความเร็ว คือ มีทิศไปทางทิศตะวันออก

ในกรณีที่รถยนต์มีความเร็วลดลง $v_2 - v_1$ รถยนต์จะมีความเร่งในทิศตะวันตก ดังภาพ

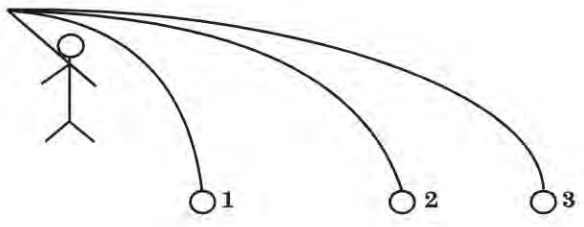


ความเร็วที่เปลี่ยน $= v_2 - v_1$ มีค่าเป็นลบ

เวลาที่ใช้ $= t_2 - t_1$ มีค่าเป็นบวก

ดังนั้น ความเร่ง $a = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1}$ มีค่าเป็นลบ มีทิศตรงข้ามกับความเร็ว คือ มีทิศไปทางทิศตะวันตก

4. ถ้าครูบอกนักเรียนว่า รถยนต์คันหนึ่งเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วคงตัว นักเรียนคิดว่าเป็นไปได้หรือไม่ที่การเคลื่อนที่ของรถยนต์คันดังกล่าวจะเกิดความเร่ง อธิบายและยกตัวอย่างประกอบ
   แนวคำตอบ เป็นไปได้รถยนต์เคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วคงตัว อาจมีความเร่งได้ เช่น รถยนต์ที่วิ่งบนถนนโค้ง ซึ่งมีทิศการเคลื่อนที่เปลี่ยนแปลงตลอดเวลา แสดงว่าความเร็วของรถยนต์เปลี่ยนไปด้วย การที่ความเร็วของรถยนต์เปลี่ยนไป ก็แสดงว่ารถยนต์มีความเร่ง
5. เด็กชายดลวิ่งบนลู่วิ่งทางตรงด้วยความเร่ง 1.6 เมตรต่อวินาที^{2} ถ้าเขาเริ่มต้นจากหยุดนิ่งอีก 5 วินาทีต่อมา เขาจะมีความเร็วเท่าใด
   แนวคำตอบ เด็กชายดลวิ่งบนลู่วิ่งทางตรงด้วยความเร่ง 1.6 เมตรต่อวินาที^{2} หมายความว่าทุกวินาทีที่ผ่านไปความเร็วจะเพิ่มขึ้นวินาทีละ 1.6 เมตรต่อวินาที ดังนั้นถ้าเขาเริ่มต้นจากหยุดนิ่ง เมื่อเวลาผ่านไป 1, 2, 3, 4 และ 5 วินาที ดลจะมีความเร็วเป็น 1.6, 3.2, 4.8, 6.4 และ 8.0 เมตรต่อวินาที ตามลำดับ นั่นคือ เมื่อเวลาผ่านไป 5 วินาที เขาจะมีความเร็ว 8.0 เมตรต่อวินาที
6. เหรียญขนาดเท่ากันสองเหรียญ เหรียญหนึ่งถูกดีดบนพื้นโต๊ะราบ ขณะเหรียญหลุดจากขอบโต๊ะ อีกเหรียญหนึ่งก็ถูกปล่อยจากขอบโต๊ะ นักเรียนคิดว่าเวลาที่เหรียญทั้งสองอยู่ในอากาศแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร
   แนวคำตอบ ระยะเวลาที่เหรียญทั้งสองอยู่ในอากาศเท่ากัน เหรียญทั้งสองเคลื่อนที่ออกจากขอบโต๊ะในเวลาเดียวกัน และจะตกกระทบพื้นในเวลาพร้อมกันด้วย
7. ยิงปืนสองครั้ง แต่ละครั้งตั้งลำกล้องทำมุมยกขึ้น 45 องศากับพื้น ถ้าความเร็วของลูกปืนที่พุ่งออกจากลำกล้องครั้งแรกมากกว่าครั้งหลัง ลูกปืนจะขึ้นสูงจากพื้นเท่ากันหรือไม่ อย่างไร
   แนวคำตอบ ยิงปืนสองครั้ง แต่ละครั้งตั้งลำกล้องทำมุม 45 องศากับพื้น ถ้าความเร็วของลูกปืนที่หลุดออกจากลำกล้องครั้งแรกมากกว่าครั้งหลัง ลูกปืนที่ถูกยิงครั้งแรก จะขึ้นสูงกว่าครั้งหลัง เพราะมีความเร็วต้นมากกว่า
8. นักตกปลาขว้างเบ็ด 3 ครั้ง โดยทิศของความเร็วต้นอยู่ในแนวระดับได้ระยะทางตามภาพด้านล่าง จงเปรียบเทียบความเร็วต้นของการขว้าง เหตุใดการขว้างครั้งที่ 3 จึงไปได้ไกลกว่าครั้งที่ 1 และ 2



แนวคำตอบ การขว้างเบ็ดทั้ง 3 ครั้ง ได้ระยะทางตามแนวราบไม่เท่ากัน แสดงว่าความเร็วต้นของการขว้างแต่ละครั้งไม่เท่ากัน การขว้างครั้งที่ 3 มีความเร็วต้นมากกว่าครั้งที่ 2 และ 1 จึงได้ระยะทางในแนวราบมากกว่า

9. เหตุใดดวงจันทร์ จึงโคจรรอบโลกได้ทั้งที่ไม่มีเชือกผูกดึงไว้

แนวคำตอบ ดวงจันทร์มีการโคจรรอบโลก โดยวงโคจรของดวงจันทร์ถือว่าเป็นรูปวงกลม การเคลื่อนที่ของดวงจันทร์ จึงถือได้ว่าเป็นการเคลื่อนที่แบบวงกลมซึ่งต้องมีแรงสู่ศูนย์กลางกระทำต่อดวงจันทร์ในทิศผ่านศูนย์กลางของโลก แรงสู่ศูนย์กลางดังกล่าวคือแรงที่โลกดึงดูดดวงจันทร์

บทที่ 2
สนามของแรง

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแรงและการเคลื่อนที่ของอนุภาคหรือวัตถุในสนามแม่เหล็ก รวมทั้งยกตัวอย่างการนำไปใช้ประโยชน์
2. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแรงและการเคลื่อนที่ของอนุภาคหรือวัตถุในสนามไฟฟ้า รวมทั้งยกตัวอย่างการนำไปใช้ประโยชน์
3. ทดลองและอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแรงและการเคลื่อนที่ของอนุภาคหรือวัตถุในสนามโน้มถ่วง รวมทั้งยกตัวอย่างการนำไปใช้ประโยชน์

แนวความคิดหลัก

บทเรียนนี้มีจุดมุ่งหมายให้นักเรียนศึกษาเกี่ยวกับสนามแม่เหล็ก สนามไฟฟ้า และสนามโน้มถ่วง ก่อนที่จะศึกษาสนามต่างๆ จะต้องเข้าใจคำนิยามของสนามว่ามีอยู่ในบริเวณที่มีแรงกระทำต่อวัตถุ และอยู่ในบริเวณรอบแหล่งกำเนิดแรง หลังจากนั้นจึงศึกษาลักษณะของสนามแม่เหล็กจากเส้นสนามแม่เหล็กด้วยการทำกิจกรรม รวมทั้งศึกษาผลของสนามแม่เหล็กต่อการเคลื่อนที่ของอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้า และผลของสนามแม่เหล็กต่อการเคลื่อนที่ของตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่าน ซึ่งนักเรียนจะได้ทำกิจกรรมประกอบและนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ นอกจากนี้จะได้ศึกษาสนามแม่เหล็กโลกและประโยชน์ที่สำคัญ

สำหรับสนามไฟฟ้ามีทั้งสนามไฟฟ้าที่เกิดจากประจุบวกและประจุลบ จะศึกษาลักษณะของสนามไฟฟ้าจากเส้นสนามไฟฟ้าซึ่งแบ่งเป็น 2 กรณี คือ กรณีที่ 1 ศึกษาจากเส้นสนามไฟฟ้าระหว่างขั้วโลหะปลายแหลม 2 ปลาย ที่มีประจุต่างชนิดกัน และกรณีที่ 2 เส้นสนามไฟฟ้าระหว่างแผ่นโลหะขนาน 2 แผ่น ที่มีประจุต่างชนิดกัน นอกจากนี้จะได้ศึกษาเกี่ยวกับฟลักซ์ของสนามไฟฟ้า ประจุไฟฟ้าและการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ในการประดิษฐ์คิดค้น

จากนั้นศึกษาการเคลื่อนที่ของวัตถุในสนามโน้มถ่วงของโลก จากกิจกรรมการตกแบบเสรีและน้ำหนัก รวมทั้งการนำความรู้เรื่องสนามโน้มถ่วงของโลกไปประยุกต์ใช้

ครูให้ความรู้เรื่องสนามของแรง โดยการตั้งคำถามประกอบการสาธิต ดังนี้

1. ครูถือลูกปิงปอง แล้วปล่อยลูกปิงปองตกสู่พื้น ทำเช่นนี้หลายๆ ครั้ง ที่ตำแหน่งต่างๆ กัน และถามนักเรียนว่าลูกปิงปองตกสู่พื้นได้เพราะเหตุใด นักเรียนอาจจะตอบโดยใช้ความรู้เดิมว่าเพราะแรงโน้มถ่วงของโลกดึงดูดปิงปอง ครูสรุปว่า แสดงว่าบริเวณนี้มีแรงโน้มถ่วงของโลกกระทำต่อวัตถุ
2. ครูนำแม่เหล็ก อาจเป็นแม่เหล็กขั้วข้าง แม่เหล็กรูปเกือกม้า แม่เหล็กที่มีขั้วอยู่ตรงปลายทั้งสองของแท่งแม่เหล็กวางบนโต๊ะ จากนั้นนำตะปูตัวเล็กๆ หรือเข็มหมุดตัวเล็กๆ หรือลวดหนีบกระดาษวางรอบๆ แท่งแม่เหล็ก สิ่งของเหล่านี้จะถูกดึงดูดเข้าหาแท่งแม่เหล็ก ซึ่งสามารถสรุปว่า แสดงว่าบริเวณรอบแท่งแม่เหล็กก็มีแรงแม่เหล็กกระทำต่อวัตถุ

ครูให้ความรู้ว่าบริเวณใดมีแรงกระทำต่อวัตถุ บริเวณนั้นมีสนามของแรง เราไม่สามารถมองเห็นสนามแต่รู้ได้ว่าบริเวณใดมีสนาม โดยดูจากผลของแรงกระทำ เช่น บริเวณหน้าชั้นเรียนมีสนามของแรง เรียกว่า สนามโน้มถ่วง เพราะลูกปิงปองถูกแรงโน้มถ่วงของโลกดึงดูดตกสู่พื้นห้อง หรือบริเวณรอบแท่งแม่เหล็กก็มีสนามของแรง เรียกว่า สนามแม่เหล็ก เพราะตะปูถูกดึงดูดเข้าหาแม่เหล็ก

2.1 สนามแม่เหล็ก

ครูสอนเรื่องสนามแม่เหล็กตามรายละเอียดในหนังสือเรียน จากนั้นให้นักเรียนศึกษาลักษณะของสนามแม่เหล็ก จากกิจกรรม 2.1 แนวการเรียงตัวของผงเหล็กรอบแท่งแม่เหล็ก

กิจกรรม 2.1 แนวการเรียงตัวของผงเหล็กรอบแท่งแม่เหล็ก

จุดประสงค์

1. เขียนภาพการเรียงตัวของผงเหล็กรอบแท่งแม่เหล็ก จากการโรยผงเหล็กบนกระดาษขาวที่วางอยู่บนแท่งแม่เหล็ก
2. เขียนแผนภาพเส้นสนามแม่เหล็กของแท่งแม่เหล็ก 2 แท่ง ที่วางในลักษณะต่างๆ กัน

เวลาที่ใช้ 1 ชั่วโมง

วัสดุอุปกรณ์

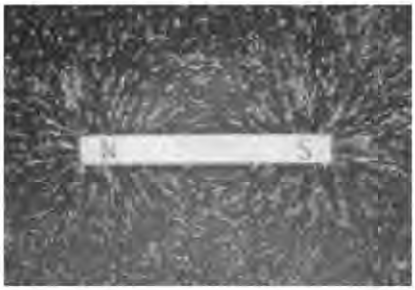
1. แท่งแม่เหล็กขั้วอยู่ปลายแท่ง 2 แท่ง
2. ผงเหล็ก
3. กระดาษขาว

ข้อแนะนำก่อนทำกิจกรรม

1. การโรยผงเหล็ก ควรโรยบางๆ บนแผ่นกระดาษขาวตรง บริเวณรอบๆ แท่งแม่เหล็ก และบริเวณห่างจากแท่งแม่เหล็กพอสมควร โดยคะเนว่ามีแรงแม่เหล็กส่งมาถึง
2. การเคาะแผ่นกระดาษ ให้เคาะบริเวณที่ไม่ได้โรยผงเหล็ก เคาะเบาๆ ไปรอบๆ แท่งแม่เหล็ก จนกระทั่งผงเหล็กเรียงตัวกันเป็นแนวโดยรอบแท่งแม่เหล็ก จึงหยุดเคาะ
3. เมื่อนักเรียนทำกิจกรรมแรกเสร็จสิ้น ครูให้ความรู้ว่าแนวการเรียงตัวของผงเหล็กรอบแท่งเหล็ก เรียกว่าเส้นสนามแม่เหล็ก เพื่อนักเรียนจะได้นำความรู้นี้ไปใช้กับกิจกรรมต่อไป
4. ทบทวนความรู้เกี่ยวกับแรงแม่เหล็กโดยเมื่อแม่เหล็กขั้วเหมือนกันอยู่ใกล้กันจะผลักกัน ขั้วต่างชนิดกันอยู่ใกล้กันจะดึงดูดกัน

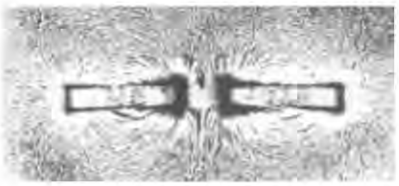
ผลการทำกิจกรรม

1. การเรียงตัวของผงเหล็กรอบแท่งแม่เหล็ก 1 แท่ง

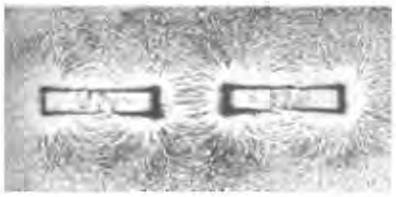


2. ลักษณะเส้นสนามแม่เหล็กของแท่งแม่เหล็ก 2 แท่งที่วางในลักษณะต่างๆ

ก. หันขั้วชนิดเดียวกันเข้าหากัน

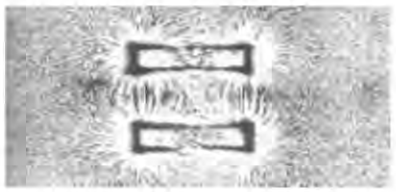


ข. หัวขั้วต่างชนิดเข้าหากัน



ค. วางขนานและหันขั้วชนิดเดียวกันไปทางเดียว

ง. วางขนานและหันขั้วต่างชนิดไปทางเดียว



อภิปรายหลังการทำกิจกรรม

1. การเรียงตัวของผงเหล็กจะเรียงต่อกันจากขั้วแม่เหล็กขั้วหนึ่งไปอีกขั้วหนึ่ง ส่วนบริเวณตรงปลายขั้วจะเรียงตัวกันเป็นแนวจากปลายขั้วออกไปหลายแนว ซึ่งจะเหมือนกันทั้งสองขั้ว ครูให้ความรู้ว่าแนวการเรียงตัวของผงเหล็กรอบๆ แท่งแม่เหล็ก เรียกว่า**เส้นสนามแม่เหล็ก** และจะเห็นว่าเส้นสนามแม่เหล็กมีความหนาแน่นมากที่บริเวณขั้วแม่เหล็กทั้ง N และ S

2. ลักษณะของเส้นสนามแม่เหล็กของแท่งแม่เหล็ก 2 แท่งที่วางในลักษณะต่างๆ

ก. หันขั้วชนิดเดียวกันเข้าหากัน เส้นสนามแม่เหล็กรอบๆ แท่งแม่เหล็กแต่ละแท่งจะเป็นลักษณะเดียวกับข้อ 1 ยกเว้นบริเวณระหว่างขั้วชนิดเดียวกันทั้งสอง จะไม่มีเส้นสนามแม่เหล็ก

ข. หันขั้วต่างชนิดกันเข้าหากัน เส้นสนามแม่เหล็กรอบๆ แท่งแม่เหล็กแต่ละแท่งจะเป็นลักษณะเดียวกับข้อ 1 ส่วนบริเวณระหว่างขั้วต่างชนิดกันมีเส้นสนามแม่เหล็กโยงหากัน

ค. วางขนานและหันขั้วชนิดเดียวกันไปทางเดียวกัน เส้นสนามแม่เหล็กรอบๆ แท่งแม่เหล็กแต่ละแท่งจะเป็นลักษณะเดียวกับข้อ 1 ส่วนบริเวณระหว่างขั้ว N กับขั้ว N และขั้ว S กับขั้ว S จะมีบริเวณหนึ่งที่ ไม่มีเส้นสนามแม่เหล็ก

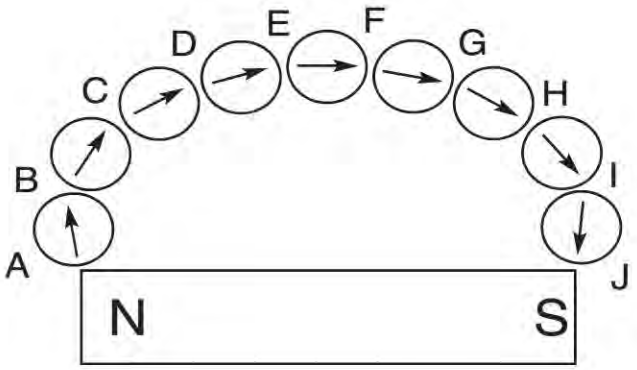
ง. วางขนานและหันขั้วต่างชนิดไปทางเดียวกัน เส้นสนามแม่เหล็กรอบๆ แท่งแม่

เหล็กแต่ละแท่งจะเป็นลักษณะเดียวกับข้อ 1 ส่วนบริเวณระหว่างขั้ว N กับขั้ว S ทั้ง 2 คู่ เส้นสนามแม่เหล็กจะโยงจากขั้วหนึ่งไปหาอีกขั้วหนึ่ง

การหาเส้นสนามแม่เหล็กโดยใช้เข็มทิศ

เมื่อวางเข็มทิศในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็กของแท่งแม่เหล็กแท่งหนึ่ง แนวการวางตัวของเข็มทิศจะอยู่ในแนวของแรงลัพธ์ที่แท่งแม่เหล็กนั้นกระทำต่อเข็มทิศเสมอ

วางเข็มทิศใกล้ปลายแท่งแม่เหล็กที่เป็นขั้วเหนือ (N) ใช้ดินสอจุดที่ปลายทั้งสองของเข็มทิศ คือ จุด A (ขั้วใต้ของเข็มทิศ) และจุด B (ขั้วเหนือของเข็มทิศ) เพื่อแสดงแนวการวางตัวของเข็มทิศดังรูป แล้วเลื่อนเข็มทิศไปจากเดิมเล็กน้อย ให้ขั้วใต้ของเข็มทิศอยู่ตรงกับจุด B และใช้ดินสอจุดที่จุด C เพื่อแสดงการวางตัวครั้งใหม่ของเข็มทิศอีก ทำเช่นนี้ไปเรื่อยๆ จนกระทั่งถึงจุด J ทางขั้วใต้ (S) ของแท่งแม่เหล็ก เมื่อลากเส้นโยงจุด ABC ไปจนถึง J แล้วใส่ลูกศรกำกับเส้นที่โยงนี้ โดยให้หัวลูกศรชี้จากขั้ว N ไปขั้ว S ของแท่งแม่เหล็ก ก็จะได้เส้นสนามแม่เหล็ก ถ้าต้องการได้เส้นสนามแม่เหล็กอื่นๆ รอบแท่งแม่เหล็ก ก็ปฏิบัติเช่นเดิม แต่เปลี่ยนตำแหน่งการวางเข็มทิศ



ภาพ การหาเส้นสนามแม่เหล็กโดยใช้เข็มทิศ

ต่อไปครูให้ความรู้เกี่ยวกับเส้นสนามแม่เหล็กตามรายละเอียดในบทเรียน ครูเน้นว่าตามปกติเส้นสนามแม่เหล็กรอบแท่งแม่เหล็กมีค่าไม่สม่ำเสมอ จะหนาแน่นบริเวณขั้วแม่เหล็ก แต่ในการใช้งานบางอย่างต้องการสนามแม่เหล็กที่มีเส้นสนามแม่เหล็กสม่ำเสมอ สนามแม่เหล็กที่มีค่าคงตัวเป็นอย่างไร ให้นักเรียนศึกษาจากกิจกรรม 2.2

กิจกรรม 2.2 สนามแม่เหล็กสม่ำเสมอ

จุดประสงค์

1. ใช้เข็มทิศหาสนามแม่เหล็กของแม่เหล็กขั้วข้าง และสรุปได้ว่าแนวการวางตัวของเข็มทิศเป็นแนวตรงและขนานกัน โดยขั้ว N ของเข็มทิศจะชี้เข้าหาขั้ว S ของแท่งแม่เหล็กขั้วข้าง และขั้ว S ของเข็มทิศจะชี้เข้าหาขั้ว N ของแม่เหล็กขั้วข้าง

เวลาที่ใช้ 30 นาที

วัสดุอุปกรณ์

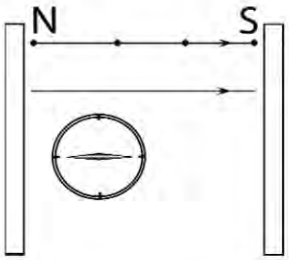
1. แม่เหล็กขั้วข้าง 2 อัน
2. เข็มทิศขนาดเล็ก 1 อัน
3. กระดาษ A4

ข้อแนะนำก่อนทำกิจกรรม

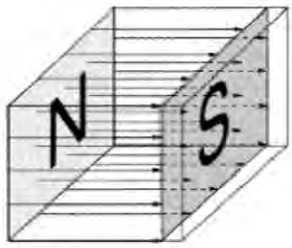
การเขียนเส้นสนามแม่เหล็กให้ใช้วิธีการหาเส้นสนามแม่เหล็กโดยใช้เข็มทิศตามที่กล่าวมาแล้ว

ผลการทำกิจกรรม

1. เส้นสนามแม่เหล็กและแนวการเรียงตัวของเข็มทิศ (มองจากด้านบน)



2. เส้นสนามแม่เหล็กของแม่เหล็กขั้วข้าง



อภิปรายหลังการทำกิจกรรม

เส้นสนามแม่เหล็กของแม่เหล็กขั้วข้าง จะอยู่ในแนวขนานกัน มีทิศจากขั้ว N ไปยังขั้ว S ของแม่เหล็กขั้วข้าง และมีความหนาแน่นเท่ากัน แสดงว่าสนามแม่เหล็กมีค่าสม่ำเสมอ

เมื่อจบกิจกรรม 2.2 แล้ว ครูให้ความรู้เกี่ยวกับสนามแม่เหล็กสม่ำเสมอ ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน

2.1.1 ผลของสนามแม่เหล็กต่อการเคลื่อนที่ของอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้า

ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยทำการสาธิตกิจกรรมสาธิต 2.1

กิจกรรมสาธิต 2.1 ผลของสนามแม่เหล็กต่อการเคลื่อนที่ของลำอิเล็กตรอน

จุดประสงค์

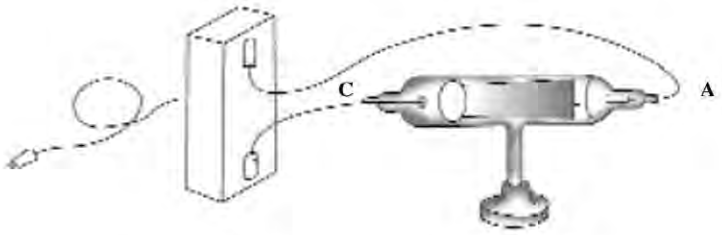
เพื่อให้นักเรียนเห็นว่า ลำอิเล็กตรอนที่เคลื่อนที่ผ่านสนามแม่เหล็กจะเบนออกจากแนวเดิม เพราะมีแรงเนื่องจากสนามแม่เหล็กกระทำ

วัสดุอุปกรณ์

1. หลอดรังสีแคโทด
2. แหล่งจ่ายไฟตรงโวลต์สูง (ในที่นี้ใช้ขดลวดเหนี่ยวนำจากชุดทดลองสเปกตรัม)
3. สายไฟพร้อมปากคีบ 2 เส้น
4. แม่เหล็ก

เวลาที่ใช้ 20 นาที

วิธีสาธิต ต่ออุปกรณ์ดังภาพ



ขดลวดเหนี่ยวนำ หลอดรังสีแคโทด

ข้อควรระวัง

ให้ต่อวงจรเรียบร้อยก่อน แล้วจึงต่อแหล่งจ่ายไฟตรงโวลต์สูง (ขดลวดเหนี่ยวนำ) กับไฟฟ้ากระแสสลับ 220 V และเมื่อต้องการสาธิตจึงเปิดสวิตช์ที่แหล่งจ่ายไฟตรงโวลต์สูง

การสาธิต

เปิดสวิตซ์ที่แหล่งจ่ายไฟตรงโวลต์สูงจะเกิดแถบสว่างในหลอดรังสีแคโทด เพราะอิเล็กตรอนที่ออกจากแคโทด C วิ่งไปหาแอโนด A และจะกระทบฉากเรืองแสงซึ่งฉาบด้วยสารวาวแสง และสารนี้จะวาวแสงให้เห็นได้เมื่ออิเล็กตรอนวิ่งมากระทบ นำแม่เหล็ก (ควรเป็นแม่เหล็กขั้วข้าง) เข้าใกล้หลอดรังสีแคโทดประมาณตรงกลางหลอด แม่เหล็กอาจจะอยู่ด้านหลังฉาก ด้านบนหรือด้านล่าง ระวังอย่าให้มือถูกขั้วแคโทด (C) หรือแอโนด (A)

จากการสาธิต ครูใช้คำถามนำไปสู่ข้อสรุปดังตัวอย่างคำถามต่อไปนี้

- ขณะไม่มีสนามแม่เหล็ก ลำอิเล็กตรอนเคลื่อนที่อย่างไร ทราบได้อย่างไร
  แนวคำตอบ เคลื่อนที่ตรงไป สังเกตได้จากแถบสว่างที่เกิดขึ้นอยู่กลางฉากเรืองแสง
- ขณะมีสนามแม่เหล็กบริเวณใกล้หลอด ลำอิเล็กตรอนเคลื่อนที่อย่างไร
  แนวคำตอบ ลำอิเล็กตรอนเบนไปจากเดิม
- นักเรียนคิดว่า เพราะเหตุใดลำอิเล็กตรอนจึงเบนไปจากแนวเดิมได้
  แนวคำตอบ มีแรงจากสนามแม่เหล็กกระทำต่อลำอิเล็กตรอน

ควรสรุปได้ว่าต้องมีแรงกระทำต่อลำอิเล็กตรอนจึงจะทำให้ลำอิเล็กตรอนเบนไปจากเดิม โดยแรงนี้เกิดจากสนามแม่เหล็ก

ต่อไปครูให้ความรู้เรื่องแรงแม่เหล็กและประโยชน์การเบนของลำอิเล็กตรอนในสนามแม่เหล็ก ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน

2.1.2 ผลของสนามแม่เหล็กต่อการเคลื่อนที่ของตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่าน

ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยทบทวนว่า อิเล็กตรอนเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็กจะมีแรงแม่เหล็กกระทำ แล้วตั้งคำถามว่า ถ้านำลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านไปวางในสนามแม่เหล็ก จะเกิดแรงกระทำต่อลวดตัวนำหรือไม่ จากนั้นให้นักเรียนทำกิจกรรม 2.3

กิจกรรม 2.3 ผลของสนามแม่เหล็กที่มีต่อการเคลื่อนที่ของตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่าน

จุดประสงค์

1. ทดลองและสรุปได้ว่า มีแรงกระทำต่อแถบอะลูมิเนียมฟอยล์ที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านและวางอยู่ในสนามแม่เหล็ก
2. ทดลองและอธิบายได้ว่า ทิศของแรงกระทำต่อแผ่นอะลูมิเนียมฟอยล์ขึ้นอยู่กับทิศของกระแสไฟฟ้าและทิศของสนามแม่เหล็ก

เวลาที่ใช้ 30 นาที

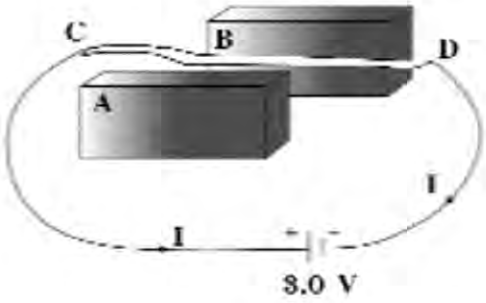
วัสดุอุปกรณ์

1. แบตเตอรี่ 3 V (แบตเตอรี่ขนาด C 1.5 V จำนวน 2 ก้อน ต่ออนุกรมกัน)
2. สายไฟอ่อนพร้อมปากคีบ 2 เส้น
3. แถบอะลูมิเนียมฟอยล์
4. แม่เหล็กขั้วข้าง 2 อัน

ข้อแนะนำก่อนทำกิจกรรม

1. ตัดแถบอะลูมิเนียมฟอยล์กว้างประมาณ 0.5 เซนติเมตร ยาวประมาณ 7 เซนติเมตร
2. ติดตั้งแถบอะลูมิเนียมฟอยล์โดยใช้เข็มหมุดหรือไม้จิ้มฟันที่เสียบบนดินน้ำมัน หรือยางลบ ระวังไม่ให้แถบอะลูมิเนียมฟอยล์ตึงหรือหย่อนเกินไป เพราะจะไม่เห็นการเปลี่ยนแปลง
3. แถบอะลูมิเนียมฟอลย์ต้องอยู่ประมาณตรงกลางแม่เหล็กขั้วข้างและขนานกับแม่เหล็กขั้วข้าง ให้ผู้เรียนออกแบบการวางแถบอะลูมิเนียมฟอยล์เอง
4. การต่อวงจร อาจต่อโดยใช้สายไฟ 2 เส้น หนีบปลายแถบอะลูมิเนียมฟอยล์ ส่วนปลายสายไฟที่เหลือ 2 ปลาย ต่อเข้ากับแบตเตอรี่ 3 V เมื่อยังไม่ทดลองให้ต่อสายไฟกับแบตเตอรี่เพียง 1 เส้น
5. เมื่อทำการทดลองให้นำสายไฟส่วนที่ยังไม่ได้ต่อกับแบตเตอรี่มาแตะแบตเตอรี่ แล้วรีบสังเกตผลที่เกิดขึ้นกับแถบอะลูมิเนียมฟอยล์ พร้อมกับยกสายไฟออกทันที
6. การต่อวงจรตามข้อแนะนำนี้ไม่ต้องใช้สวิตช์ปิดเปิดวงจร (ใช้วิธีแตะและยกสายไฟออกแทนการใช้สวิตช์

ผลการทำกิจกรรม



1. กระแสไฟฟ้ามีทิศจาก C ไป D (ให้สายไฟจาก D ต่อกับขั้วลบของแบตเตอรี่)
   ก. แม่เหล็ก A หันขั้ว N เข้าหาขั้ว S ของแม่เหล็ก B แถบอะลูมิเนียมฟอยล์จะขยับขึ้นในแนวดิ่ง
   ข. แม่เหล็ก A หันขั้ว S เข้าหาขั้ว N ของแม่เหล็ก B แถบอะลูมิเนียมฟอยล์จะขยับลงในแนวดิ่ง
2. กระแสไฟฟ้าจาก D ไป C (ให้สายไฟจาก D ต่อกับขั้วบวกของแบตเตอรี่)
   ก. แม่เหล็ก A หัวขั้ว N เข้าหาขั้ว S ของแม่เหล็ก B แถบอะลูมิเนียมฟอยล์จะขยับลงในแนวดิ่ง
   ข. แม่เหล็ก A หันขั้ว S เข้าหาขั้ว N ของแม่เหล็ก B แถบอะลูมิเนียมฟอยล์จะขยับขึ้นในแนวดิ่ง

อภิปรายหลังการทำกิจกรรม

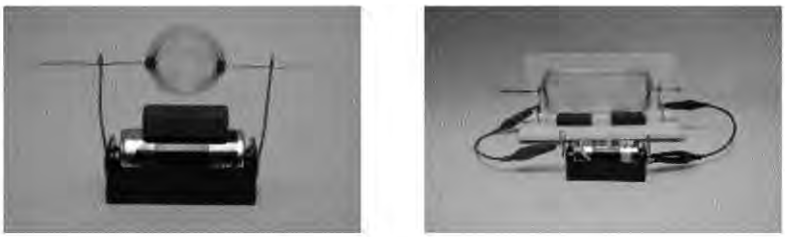
ครูให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อตอบคำถามท้ายกิจกรรม โดยมีแนวคำตอบดังนี้

แถบอะลูมิเนียมฟอยล์ที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านและอยู่ในสนามแม่เหล็กจะเคลื่อนที่ได้ เพราะมีแรงแม่เหล็กกระทำต่อแถบอะลูมิเนียมฟอยล์ แรงแม่เหล็กนี้จะมีทิศใด ขึ้นอยู่กับทิศของกระแสไฟฟ้าที่ผ่านแถบอะลูมิเนียมฟอยล์และทิศของสนามแม่เหล็ก

ต่อไปครูให้ความรู้ว่า ความรู้จากกิจกรรม 2.3 สามารถนำไปใช้สร้างมอเตอร์ไฟฟ้าและเครื่องวัดไฟฟ้าต่างๆ จากนั้นครูให้นักรียนนำความรู้จากกิจกรรม 2.3 มาอธิบายภาพ 2.8 ในหนังสือเรียน ซึ่งแสดงหลักการของมอเตอร์ไฟฟ้า ซึ่งครูอาจสรุปคำอธิบายให้ชัดเจนอีกครั้งหนึ่ง พร้อมกับให้นักเรียนออกแบบสร้างมอเตอร์อย่างง่าย ทำเป็นกิจกรรมนอกเวลาเรียน และส่งเป็นชิ้นงาน

วัสดุอุปกรณ์ใช้สร้างมอเตอร์อย่างง่าย

1. ลวดอาบน้ำยาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 0.5 มิลลิเมตร ยาวประมาณ 1 เมตร
2. แม่เหล็กขั้วข้าง 1 อัน
3. แบตเตอรี่ 1.5 V จำนวน 1 ก้อน
4. สายไฟอ่อน 2 เส้น
5. วัสดุอื่นๆ เช่น แกนหมุน แผ่นไม้ทำฐาน แผ่นเหล็กรูปตัวยูสำหรับติดแม่เหล็กขั้วข้าง เป็นต้น



ภาพ ตัวอย่างมอเตอร์อย่างง่าย

กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำ

ครูทบทวนความรู้ว่า ขดลวดที่อยู่ในสนามแม่เหล็กและมีกระแสไฟฟ้าผ่าน จะเกิดแรงกระทำต่อขวดลวด ทำให้ขดลวดหมุนได้ แล้วตั้งคำถามว่า ถ้าเอาแบตเตอรี่ออกจากวงจร แล้วหมุนขดลวดในสนามแม่เหล็กจะเกิดอะไรขึ้นหรือไม่ จากนั้นให้นักเรียนทำกิจกรรม 2.4

กิจกรรม 2.4 ผลของการเคลื่อนที่ของขดลวดในสนามแม่เหล็ก

จุดประสงค์

ทดลองและสรุปได้ว่า เมื่อขดลวดเคลื่อนที่ตัดสนามแม่เหล็ก จะเกิดกระแสไฟฟ้าในขดลวด

เวลาที่ใช้ 30 นาที

วัสดุอุปกรณ์

1. ลวดอาบน้ำยาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 0.5 มิลลิเมตร
2. แท่งแม่เหล็ก 1 แท่ง

3. แอมมิเตอร์ (ตั้งสเกลวัดที่ 0-2 มิลลิแอมแปร์)
4. สายไฟพร้อมปากคีบ 2 เส้น

ข้อแนะนำก่อนทำกิจกรรม

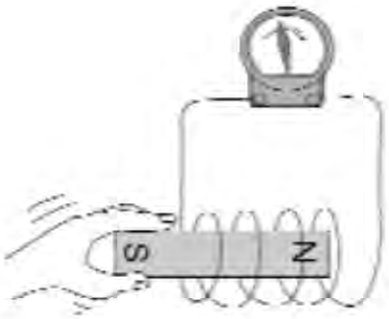
1. ถ้าสถานศึกษามีแกลแวนอมิเตอร์ควรใช้แทนแอมมิเตอร์ เนื่องจากแกลแวนอมิเตอร์เป็นเครื่องวัดกระแสไฟฟ้าปริมาณน้อยๆที่มีขีด 0 อยู่ตรงกลางสเกลวัด
2. ในกิจกรรมนี้อาจใช้ขดลวด 100 รอบ หรือ 200 รอบในชุดทดลองแม่เหล็กไฟฟ้าแทนการใช้ลวดอาบน้ำยา

ผลการทำกิจกรรม

เมื่อเคลื่อนที่แท่งแม่เหล็กเข้าหรือออกจากขดลวด เข็มของแอมมิเตอร์จะเบนไปจากเดิมและเมื่อเคลื่อนที่ขดลวดโดยให้แม่เหล็กอยู่นิ่ง เข็มของแอมมิเตอร์ก็เบนไปเช่นกัน แต่ถ้าทั้งแม่เหล็กและขดลวดอยู่นิ่ง เข็มของแอมมิเตอร์ไม่เบน

อภิปรายหลังการทำกิจกรรม

นักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อตอบคำถามท้ายการกิจกรรม โดยมีแนวคำตอบดังนี้



ภาพ การเกิดกระแสไฟฟ้า

ถ้าถือแท่งแม่เหล็กอยู่นิ่งในขดลวดหรือใกล้ขดลวด สนามแม่เหล็กที่ผ่านขดลวดจะมีค่าไม่เปลี่ยนแปลง เข็มของแอมมิเตอร์จะไม่เบน แสดงว่าไม่เกิดกระแสไฟฟ้าในขดลวด เมื่อแม่เหล็กเคลื่อนที่เข้าออกขดลวดสนามแม่เหล็กที่ผ่านขดลวดมีการเปลี่ยนแปลง ทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าขึ้นใน

ขดลวด เรียกว่า **กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำ** ถ้าให้แท่งแม่เหล็กอยู่นิ่ง แล้วนำขดลวดเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก ก็จะเกิดกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำเช่นกัน แต่ถ้าทั้งขดลวดและแม่เหล็กไม่มีการเคลื่อนที่จะไม่เกิดกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำ

📖 พลังงานที่นำไปใช้ในการหมุนขดลวดตัดสนามแม่เหล็กเพื่อให้เกิดกระแสไฟฟ้าในเครื่องกำเนิดไฟฟ้ามาจากแหล่งพลังงานใดบ้าง

แนวคำตอบ พลังงานที่นำไปใช้ในการหมุนขดลวดตัดสนามแม่เหล็กเพื่อให้เกิดกระแสไฟฟ้าในเครื่องกำเนิดไฟฟ้ามาจากหลายแหล่งพลังงานด้วยกัน ได้แก่

1. พลังงานศักย์โน้มถ่วงของน้ำในอ่างเก็บน้ำเหนือเขื่อน
2. พลังงานจากน้ำมันเชื้อเพลิง
3. พลังงานจากถ่านหิน
4. พลังงานนิวเคลียร์

2.1.3 สนามแม่เหล็กโลก

ครูนำเข้าสู่บทเรียน โดยกล่าวถึงการเกิดพายุสุริยะ เมื่อวันที่ 28 และ 30 ตุลาคม 2546 ซึ่งหนังสือพิมพ์บางฉบับได้เขียนว่า “พายุสุริยะ” มหันตภัยเงียบที่คุกคามโลก พายุสุริยะเป็นกระแสของอนุภาคที่มีประจุ ส่วนใหญ่เป็นโปรตอน พุ่งออกมาจากดวงอาทิตย์ด้วยอัตราเร็วสูงมากประมาณ 8 ล้านกิโลเมตรต่อชั่วโมง แต่โลกของเราก็ปลอดภัย ไม่มีการรายงานความเสียหายที่รุนแรง ทั้งนี้เพราะรอบๆ โลกมีสนามแม่เหล็กโลก ช่วยป้องกันพายุสุริยะไม่ให้เข้ามาก่อความเสียหาย

ต่อไปครูถามนักเรียนว่าจะตรวจสอบได้อย่างไรว่ามีสนามแม่เหล็กโลก จากนั้นให้นักเรียนทำกิจกรรม 2.5

กิจกรรม 2.5 สนามแม่เหล็กโลก

จุดประสงค์

ทดลองและสรุปได้ว่าเมื่อให้แท่งแม่เหล็กหมุนหรือแกว่งได้คล่องในแนวระดับในช่วงเวลาหนึ่งแล้วหยุดนิ่ง ทุกครั้งแท่งแม่เหล็กจะวางตัวในแนวทิศเหนือ- ทิศใต้ โดยขั้ว N ชี้ไปทางทิศเหนือและขั้ว S ชี้ไปทางทิศใต้

เวลาที่ใช้ 15 นาที

ข้อแนะนำก่อนทำกิจกรรม

ในแต่ละตำแหน่ง ควรทดลองซ้ำ 2 - 3 ครั้ง เพื่อเป็นการยืนยันผลการทดลอง

ผลการทำกิจกรรม

ทุกครั้งและทุกตำแหน่งที่แม่เหล็กหยุดนิ่ง แท่งแม่เหล็กจะวางตัวในแนวทิศเหนือ-ทิศใต้ โดยขั้วเหนือของแท่งแม่เหล็กชี้ไปทางทิศเหนือและขั้วใต้ชี้ไปทางทิศใต้

อภิปรายหลังการทำกิจกรรม

การที่แท่งแม่เหล็กหมุนแล้วหยุดนิ่ง โดยขั้วเหนือของแท่งแม่เหล็กชี้ไปทางทิศเหนือ และขั้วใต้ชี้ไปทางทิศใต้ เป็นเช่นนี้ทุกครั้งและทุกตำแหน่ง แสดงว่าต้องมีแรงกระทำต่อแท่งแม่เหล็ก

ครูให้ความรู้ว่าการที่แท่งแม่เหล็กหมุนหรือแกว่งในแนวระดับ ต่อมาหยุดนิ่งทุกครั้งขั้วเหนือของแท่งแม่เหล็กชี้ทิศเหนือ ส่วนขั้วใต้ชี้ทิศใต้ เพราะว่าโลกประพฤติตนเป็นแม่เหล็ก ซึ่งมีสนามแม่เหล็กแผ่คลุมไปทั้งโลก เรียกสนามแม่เหล็กนี้ว่าสนามแม่เหล็กโลก โดยเส้นสนามแม่เหล็กมีทิศจากทางขั้วใต้ภูมิศาสตร์ไปทางขั้วโลกเหนือภูมิศาสตร์ จึงเสมือนว่ามีขั้วเหนือของแม่เหล็กอยู่ทางขั้วใต้ภูมิศาสตร์ และมีขั้วใต้ของแม่เหล็กอยู่ทางขั้วเหนือภูมิศาสตร์ ด้วยเหตุนี้แท่งแม่เหล็กในกิจกรรม 2.5 จึงวางตัวในลักษณะดังกล่าว ครูยกตัวอย่างเข็มทิศเป็นกรณีเพิ่มเติม

จากนั้นครูให้ความรู้ว่าสนามแม่เหล็กโลกมีความสำคัญต่อโลกตามรายละเอียดในหนังสือเรียน

2.2 สนามไฟฟ้า

ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยนำลูกโป่งที่เป่าอากาศเข้าไปจนลูกโป่งพองแล้วมัดปากลูกโป่งให้แน่น จากนั้นใช้ฝ่ามือที่สะอาดและแห้ง (หรือใช้กระดาษทิชชู หรือเศษผ้า ฯลฯ) ถูผิวลูกโป่ง 5 - 10 ครั้ง (แต่ละครั้งถูซ้ำที่บริเวณเดิม) แล้วให้ผิวลูกโป่งที่ถูกถูเข้าใกล้เศษกระดาษชิ้นเล็กๆ บนโต๊ะ เศษกระดาษจะถูกดึงดูดขึ้นมาติดผิวลูกโป่งชั่วขณะ หรืออาจนำไปใกล้ๆ เส้นผมบนศีรษะ (เส้นผมต้องแห้ง) หรือเข้าใกล้สายน้ำเล็กๆ ที่ไหลออกจากก๊อก หรือใบไม้ของต้นไม้ที่ปลูกในกระถาง เส้นผมจะถูกดึงดูดขึ้นมาติดที่ผิวลูกโป่ง สายน้ำจะเบนเข้าหาลูกโป่ง ใบไม้จะสั่นไหวเพราะถูกลูกโป่งดึงดูด หรือครูอาจนำเข้าสู่บทเรียน ตามรายละเอียดในหนังสือเรียนคือการใช้หวีหวีผมแห้งๆ

ลูกโป่งที่ถูกถูจะเกิดประจุไฟฟ้าบนผิวลูกโป่ง หวีที่หวีผมแห้งๆ ก็จะเกิดประจุไฟฟ้าบนหวี และแรงดึงดูดเศษกระดาษจากลูกโป่งหรือหวีเกิดจากประจุไฟฟ้า แรงดึงดูดนี้จึงเป็นแรงไฟฟ้า สำหรับประจุไฟฟ้ามีทั้งประจุบวกและประจุลบ

ต่อไปครูให้ความรู้เรื่องสนามไฟฟ้า เส้นสนามไฟฟ้า และการทำให้ลำอิเล็กตรอนเบนไปจากแนวเดิมด้วยสนามไฟฟ้า ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน

- 🕮 สนามไฟฟ้าของประจุบวกและประจุลบมีลักษณะแตกต่างกันอย่างไร
  แนวคำตอบ สนามไฟฟ้าของประจุบวกมีทิศออกจากประจุบวก ส่วนสนามไฟฟ้าของประจุลบมีทิศเข้าหาประจุลบ
- 🕮 เราจะตรวจสอบสนามไฟฟ้าได้อย่างไร
  แนวคำตอบ การตรวจสอบสนามไฟฟ้า ในทางทฤษฎีอาจทำโดยการนำอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าไปวางในบริเวณที่ต้องการตรวจสอบ ถ้าพบว่ามีแรงกระทำต่ออนุภาคนั้นแสดงว่าบริเวณนั้นมีสนามไฟฟ้า ในทางปฏิบัติอาจทำได้ดังกิจกรรมสาธิต 2.2 ในหนังสือเรียน

กิจกรรมสาธิต 2.2 เส้นสนามไฟฟ้า

วัสดุอุปกรณ์

1. ผงด่างทับทิมที่บดละเอียด
2. กระดาษกรอง (เส้นผ่านศูนย์กลาง 11 เซนติเมตร)
3. เครื่องจ่ายไฟตรงโวลต์สูง (300 V)
4. แผ่นกระจกสำหรับรองแผ่นกระดาษกรอง (จากชุดถาดคลื่น)
5. ขั้วไฟฟ้า 2 ขั้ว (โลหะปลายแหลม 2 ปลาย) ติดอยู่กับฐานแผ่นโลหะ
6. สายไฟพร้อมปากคีบ 2 เส้น

ภาพ ขั้วไฟฟ้า

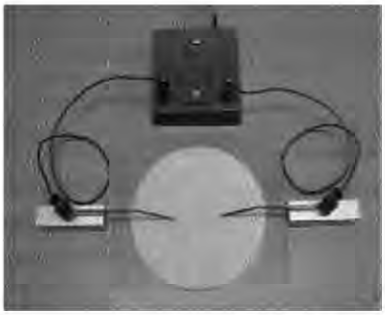
ข้อแนะนำก่อนทำการสาธิต

1. การทำให้กระดาษกรองเปียกน้ำหมาดๆ อาจทำได้โดยฉีดสเปรย์น้ำให้เป็นละอองเล็กๆ แล้วนำกระดาษกรองไปวางบนแผ่นกระจก
2. เมื่อโรยผงด่างทับทิมลงบนกระดาษกรอง เวลาต้องผ่านไปประมาณ 1 - 2 นาที จะเห็นแนวเส้นผงด่างทับทิมชัด แต่ถ้าปล่อยทิ้งไว้นาน ผงด่างทับทิมจะซึมกระดาษกรองจนสีซีดจางทำให้เส้นไม่ชัด
3. ขั้วไฟฟ้าต้องเรียบเสมอกัน ต้องเช็ดหรือขัดขั้วไฟฟ้าให้สะอาด ถ้าสกปรกจะไม่เกิดเส้นสนามไฟฟ้า
4. ขณะทำการสาธิต ห้ามแตะขั้วไฟฟ้า ขณะเครื่องจ่ายไฟตรงโวลต์สูงทำงาน อาจจะเกิดอันตรายได้

การสาธิต

<u>ตอนที่ 1</u> เส้นสนามไฟฟ้าเนื่องจากประจุต่างชนิดกันของขั้วไฟฟ้า 2 ขั้ว (โลหะปลายแหลม)

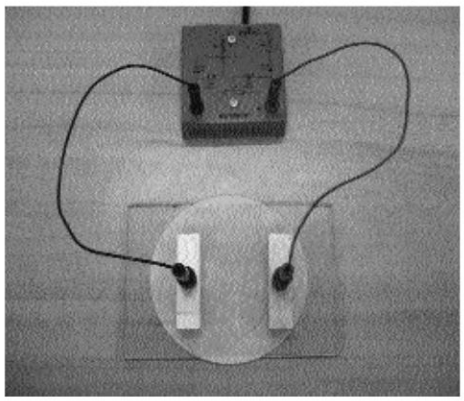
1. วางกระดาษกรองเปียกน้ำหมาดๆ บนแผ่นกระจก จัดกระดาษกรองให้แนบแผ่นกระจก
2. วางขั้วโลหะปลายแหลมโดยให้ปลายแหลมทั้งสองแตะกระดาษกรอง และห่างกัน 5 เซนติเมตร
3. ต่อขั้วโลหะปลายแหลมกับเครื่องจ่ายไฟตรงโวลต์สูง เปิดสวิตช์ ให้เครื่องจ่ายไฟตรงโวลต์สูงทำงาน
4. โรยผงด่างทับทิมอย่างสม่ำเสมอรอบๆและระหว่างปลายแหลมทั้งสอง เมื่อเวลาผ่านไป 1-2 นาที ผงด่างทับทิมปรากฏเป็นเส้นให้เห็นซึ่งเป็นเส้นสนามไฟฟ้าระหว่างและรอบโลหะปลายแหลมทั้งสอง แล้วปิดเครื่องจ่ายไฟตรงโวลต์สูง



ภาพ การจัดอุปกรณ์

ตอนที่ 2 เส้นสนามไฟฟ้าที่เกิดจากประจุต่างชนิดกันของแผ่นตัวนำ 2 แผ่นที่วางขนานกัน

1. จัดตั้งอุปกรณ์เช่นเดียวกับตอนที่ 1 แต่ถอดโลหะปลายแหลมออก ให้เหลือเฉพาะฐานที่เป็นแผ่นโลหะ ซึ่งจะใช้แผ่นโลหะทั้งสองเป็นขั้วไฟฟ้า
2. ทำการสาธิตตามข้อ 1-4 ของตอนที่ 1



ภาพ การจัดอุปกรณ์

ต่อไปครูให้ความรู้เกี่ยวกับแรงกระทำต่อประจุในสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ จากนั้นให้นักเรียนนำความรู้ดังกล่าวไปอภิปราย การทำให้ลำอิเล็กตรอนเบนไปจากแนวเดิมด้วยสนามไฟฟ้าที่มีทิศตั้งฉากกับทิศการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอน และการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน

📖 แรงที่กระทำต่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าอันเนื่องจากสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้า แตกต่างกันอย่างไร

แนวคำตอบ แรงที่กระทำต่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าอันเนื่องจากสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้า แตกต่างกัน ดังนี้

1. เมื่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าอยู่ในสนามแม่เหล็กโดยอยู่นิ่ง หรือเคลื่อนที่ในแนวเดียวกับสนามแม่เหล็ก จะไม่มีแรงเนื่องจากสนามแม่เหล็กกระทำต่ออนุภาคนั้น จะมีแรงกระทำต่อเมื่ออนุภาคมีความเร็วในทิศที่ทำมุมกับสนามแม่เหล็ก
2. สำหรับสนามไฟฟ้าไม่ว่าอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าจะหยุดนิ่งหรือเคลื่อนที่ก็ตาม จะมีแรงเนื่องจากสนามไฟฟ้ากระทำ

ความรู้เพิ่มเติมสำหรับครู

อันตรายจากการช้อตปลา

มีคนไทยไม่น้อยที่นิยมจับปลาด้วยการใช้ส่วนโลหะของปลายสายไฟฟ้าที่ต่อกับไฟฟ้า 220 โวลต์ จุ่มลงในบ่อน้ำ หนอง บึง ปลาหรือสิ่งมีชีวิตที่อยู่ใกล้ปลายสายไฟฟ้าจะสลบหรือตายจากสนามไฟฟ้าที่ออกจากปลายสายไฟฟ้าการกระทำเช่นนี้เป็นอันตรายต่อชีวิตของผู้จับปลาเพราะอาจจะถูกไฟฟ้าดูดได้ง่าย เนื่องจากว่าผู้จับปลาต้องลงไปยืนอยู่ในน้ำ รวมทั้งเผลอใช้มือไปจับปลาที่สลบ เมื่อถูกไฟฟ้าดูด ก็อาจตายทันทีเพราะกระแสไฟฟ้า หรืออาจสลบแล้วล้มลงจมน้ำตาย ครูควรเตือนนักเรียนว่าการช้อตปลาเป็นสิ่งที่ไม่ควรกระทำอย่างยิ่ง รวมทั้งให้นักเรียนกลับไปเตือนผู้ปกครองหรือญาติพี่น้องด้วย

2.3 สนามโน้มถ่วง

ครูนำเข้าสู่บทเรียน โดยทบทวนความรู้เดิมว่าบริเวณรอบๆ โลกมีแรงกระทำต่อวัตถุเพราะมีสนาม สนามดังกล่าวนี้เรียกว่า **สนามโน้มถ่วง** พร้อมทั้งให้ความรู้เรื่อง แรงโน้มถ่วง ตามรายละเอียดในบทเรียน และตอบคำถาม

- นักเรียนจะอธิบายข้อมูลในตาราง 2.1 อย่างไร
  แนวคำตอบ ยิ่งระดับสูงขึ้นจากผิวโลก ค่าของสนามโน้มถ่วงจะลดลง
- เปรียบเทียบการเปลี่ยนค่าของสนามโน้มถ่วง ความหนาแน่นของเส้นสนามโน้มถ่วง ณ ตำแหน่งต่างๆจากผิวโลก
  แนวคำตอบ เมื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนค่าของสนามโน้มถ่วงในตาราง 2.1 และ ความหนาแน่นของเส้นสนามโน้มถ่วง ณ ตำแหน่งต่างๆจากผิวโลกในภาพ 2.22 จะพบว่าบริเวณใกล้ผิวโลกสนามโน้มถ่วงมีค่ามากและเส้นสนามโน้มถ่วงหนาแน่นมาก ยิ่งระดับสูงขึ้นจากผิวโลก สนามโน้มถ่วงจะมีค่าลดลงและเส้นสนามโน้มถ่วงหนาแน่นลดลง

ข้อแนะนำเพิ่มเติม

ครูอธิบายให้นักเรียนเห็นความแตกต่างระหว่างความเร่งโน้มถ่วง และสนามโน้มถ่วง ดังนี้

1. **ความเร่งโน้มถ่วง** เมื่อวัตถุเคลื่อนที่ในแนวดิ่งภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลก วัตถุจะถูกแรงโน้มถ่วงของโลกดึงดูดในทิศเข้าสู่ศูนย์กลางโลกตลอดการเคลื่อนที่ ทำให้วัตถุเกิด

ความเร่งในทิศเข้าสู่ศูนย์กลางโลกด้วย เรียกความเร่งของวัตถุที่เคลื่อนที่ในลักษณะนี้ว่า ความเร่งโน้มถ่วง และใช้สัญลักษณ์ g แทน g มีค่า 9.8 m/s^2 หมายความว่า วัตถุที่เคลื่อนที่ในแนวดิ่งจะมีความเร็วเปลี่ยนไป 1 m/s ทุก 1 วินาที

2. **สนามโน้มถ่วง** สนามโน้มถ่วงเป็นบริเวณที่มีแรงโน้มถ่วงกระทำต่อวัตถุในทิศเข้าสู่ศูนย์กลางโลกและในหนังสือเรียนใช้สัญลักษณ์ g แทน เช่นเดียวกับความเร่งโน้มถ่วง และมีค่า 9.8 เท่ากันด้วย แต่สนามโน้มถ่วง มีหน่วย นิวตันต่อกิโลกรัม (N/kg) ดังนั้น สนามโน้มถ่วงกับความเร่งโน้มถ่วง มีความหมายต่างกัน ดังนี้

สนามโน้มถ่วง = 9.8 N/kg หมายความว่า เมื่อวัตถุมวล 1 กิโลกรัม อยู่ในสนามโน้มถ่วงจะถูกแรงโน้มถ่วง 9.8 นิวตัน กระทำในทิศเข้าสู่ศูนย์กลางโลก

2.3.1 การเคลื่อนที่ของวัตถุในสนามโน้มถ่วง

ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้คำถามในกรอบสี่เหลี่ยมถามนักเรียน พร้อมกับให้ตรวจสอบด้วยการทำกิจกรรม 2.6

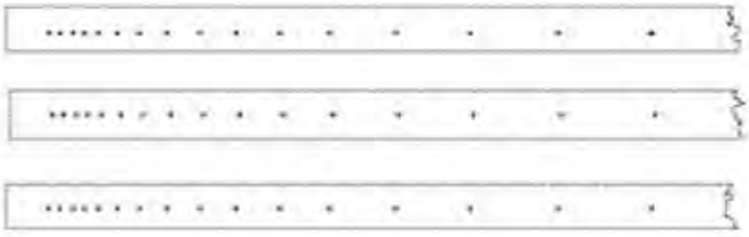
กิจกรรม 2.6 การเคลื่อนที่ของวัตถุในสนามโน้มถ่วงของโลก

จุดประสงค์

1. อธิบายจุดที่ปรากฏบนแถบกระดาษได้ว่า ถุงทราย 1 ถุง 2 ถุง และ 3 ถุง ต่างเคลื่อนที่ด้วยความเร็วเท่ากัน และความเร็วที่เพิ่มเท่ากันด้วย
2. สรุปได้ว่า วัตถุมวลต่างกันเคลื่อนที่ในแนวดิ่งภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลก จะเคลื่อนที่ด้วยความเร่งเท่ากัน

เวลาที่ใช้ 1 ชั่วโมง

ผลการทำกิจกรรม



ถุงทราย 1 ถุง

ถุงทราย 2 ถุง

ถุงทราย 3 ถุง

อภิปรายหลังการทำกิจกรรม

ให้นักเรียนอภิปรายผลการทดลอง ตามแนวคำถามท้ายกิจกรรม ซึ่งสรุปได้ดังนี้

- จากจุดที่ปรากฏบนแถบกระดาษทั้งสามแถบ ถุงทรายในแต่ละกรณีเคลื่อนที่ด้วยความเร็วเท่ากันหรือไม่

  แนวคำตอบ จุดที่ปรากฏบนแถบกระดาษทั้งสามแถบมีลักษณะคล้ายกัน เมื่อพิจารณาจากจุดเริ่มต้นบนแถบกระดาษทั้งสามจะมีระยะห่างเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ และเพิ่มขึ้นเท่าๆ กัน แสดงว่าความเร็วทั้งสามกรณีเพิ่มขึ้นเท่ากัน หรือกล่าวได้ว่าความเร่งของถุงทรายทั้งสามกรณีมีค่าเท่ากัน ความเร่งนี้เรียกว่าความเร่งโน้มถ่วง

- อธิบายและสรุปการเคลื่อนที่จากผลที่ได้ในกิจกรรมนี้

  แนวคำตอบ วัตถุที่มีการเคลื่อนที่ในสนามโน้มถ่วงของโลก จะเคลื่อนที่ด้วยความเร่งโน้มถ่วงที่มีค่าเดียวกัน

จากนั้นครูให้ความรู้เรื่องความเร่งโน้มถ่วง การตกแบบเสรีและน้ำหนัก ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน โดยให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการอภิปราย

ข้อแนะนำเพิ่มเติม

เพื่อให้นักเรียนรู้ที่มาของสมการ ซึ่งใช้หาน้ำหนักของสิ่งต่างๆ ครูอธิบายให้นักเรียนทราบว่าสมการนี้หาได้จากกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตัน ซึ่งกล่าวว่า

"เมื่อมีแรงลัพธ์ซึ่งมีขนาดไม่เป็นศูนย์กระทำต่อวัตถุ จะทำให้วัตถุเกิดความเร่งในทิศเดียวกับแรงลัพธ์ที่มากระทำ และขนาดของความเร่งจะแปรผันตรงกับขนาดของแรงลัพธ์ และจะแปรผกผันกับมวลของวัตถุ"

ถ้า F แทนแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุ

m แทนมวลของวัตถุ

a แทนความเร่งของวัตถุ

จะได้ $F = ma$

จากการตกแบบเสรีในหนังสือเรียน เทียบกับ $F = ma$ แรงโน้มถ่วงของโลก คือแรงลัพธ์ F ที่กระทำต่อวัตถุมวลสมมุติเป็น m วัตถุมวล m จะเกิดความเร่งโน้มถ่วง g คือ a

แทนค่า $F = ma$

แต่แรงโน้มถ่วง หรือ แรงลัพธ์ F คือ น้ำหนัก W ของวัตถุ

จะได้ $W = mg$

ครูให้นักเรียนตอบคำถามท้ายบทเรียน

- การเคลื่อนที่ของวัตถุที่เคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์เป็นการตกแบบเสรีหรือไม่ เพราะเหตุใด

  แนวคำตอบ เป็นการตกแบบเสรี เพราะวัตถุเคลื่อนที่ภายใต้แรงดึงดูดของโลกเพียงแรงเดียว
- การโดดร่มของนักดิ่งพสุธาเป็นการตกแบบเสรีหรือไม่ เพราะเหตุใด

  แนวคำตอบ ไม่เป็นการตกแบบเสรี เพราะมีแรงอื่นกระทำต่อนักดิ่งพสุธาด้วย เช่น แรงต้านของอากาศ
- นักเรียนมีมวลและน้ำหนักเท่าใด

  แนวคำตอบ นักเรียนสามารถหามวลของตนเองโดยการขึ้นชั่งบนเครื่องชั่ง ค่าที่อ่านได้จากเครื่องชั่งก็คือมวลของนักเรียน มีหน่วยเป็นกิโลกรัม ส่วนน้ำหนักของนักเรียนมีหน่วยเป็นนิวตัน หาได้จากมวลที่ชั่งได้คูณด้วย 9.8 เมตรต่อวินาที^{2}
- วัตถุที่กำลังตกแบบเสรีมีน้ำหนักหรือไม่ เพราะเหตุใด

  แนวคำตอบ วัตถุที่กำลังตกแบบเสรีมีน้ำหนัก เนื่องจากอยู่ในสนามโน้มถ่วงของโลกและมีแรงดึงดูดที่โลกกระทำต่อวัตถุ

- นักบินอวกาศที่กำลังลอยตัวในยานอวกาศหรือกำลังปฏิบัติภารกิจนอกยานอวกาศ มีน้ำหนักหรือไม่ เพราะเหตุใด

  แนวคำตอบ เนื่องจากแรงดึงดูดที่โลกกระทำต่อนักบินอวกาศมีค่าน้อย น้ำหนักของนักบินอวกาศจึงมีค่าน้อยด้วย อาจถือได้ว่าน้ำหนักมีค่าเป็นศูนย์หรือไม่มีน้ำหนัก
- วัตถุที่อยู่บนโลกและบนดวงจันทร์ มีน้ำหนักเท่ากันหรือไม่ เพราะเหตุใด

  แนวคำตอบ มีน้ำหนักไม่เท่ากัน น้ำหนักของวัตถุบนดวงจันทร์จะมีน้อยกว่าน้ำหนักของวัตถุนั้นบนโลก เพราะแรงดึงดูดที่ดวงจันทร์กระทำต่อวัตถุน้อยกว่าแรงดึงดูดที่โลกกระทำต่อวัตถุนั้น

จากนั้นครูให้ความรู้เกี่ยวกับการใช้ประโยชน์จากสนามโน้มถ่วง รวมทั้งการเรียนรู้เกี่ยวกับสนามของแรงตามรายละเอียดในหนังสือเรียน

เฉลยคำถามท้ายบท

1. นำโปรตอน อิเล็กตรอนและนิวตรอนไปวางในสนามแม่เหล็ก จะมีแรงแม่เหล็กกระทำต่ออนุภาคเหล่านั้นหรือไม่ เพราะเหตุใด

   แนวคำตอบ โปรตอนเป็นอนุภาคที่มีประจุบวก อิเล็กตรอนเป็นอนุภาคที่มีประจุลบ อนุภาคทั้งสองถูกนำไปวางในสนามแม่เหล็ก ความเร็วของอนุภาคทั้งสองจึงเป็นศูนย์ ดังนั้นจึงไม่มีแรงแม่เหล็กกระทำต่ออนุภาคเหล่านั้น เพราะอนุภาคที่อยู่ในสนามแม่เหล็กและถูกแรงแม่เหล็กกระทำ ก็ต่อเมื่ออนุภาคนั้นมีประจุและกำลังเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว (ยกเว้นในแนวเดียวกับสนามแม่เหล็ก) ส่วนนิวตรอนไม่มีประจุไฟฟ้าและไม่ใช่สารแม่เหล็ก จึงไม่มีแรงแม่เหล็กกระทำ

2. เพราะเหตุใด ถ้านำแท่งแม่เหล็กเข้าใกล้บริเวณหน้าจอ ภาพในโทรทัศน์จึงบิดเบี้ยว

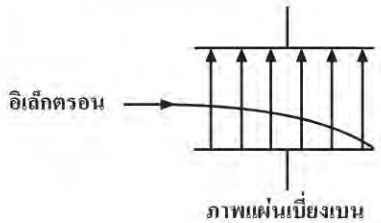
   แนวคำตอบ ภาพที่ปรากฏบนจอภาพของเครื่องรับโทรทัศน์ เกิดจากอิเล็กตรอนเคลื่อนที่ไปตกกระทบจอภาพที่ฉาบด้วยสารฟอสฟอร์ และเกิดเรืองแสงขึ้น เมื่อนำแม่เหล็กเข้าใกล้หน้าจอภาพจะเกิดแรงกระทำต่ออิเล็กตรอนทำให้อิเล็กตรอนเบนไปจากแนวการเคลื่อนที่เดิม จึงทำให้ภาพบิดเบี้ยวไป

3. นำโปรตอน อิเล็กตรอนและนิวตรอนไปวางในสนามไฟฟ้าที่สม่ำเสมอ จะมีแรงกระทำต่ออนุภาคเหล่านั้นหรือไม่ เพราะเหตุใด และอนุภาคทั้งสามจะเคลื่อนที่ในทิศทางใด

   แนวคำตอบ เมื่อนำโปรตอน อิเล็กตรอนและนิวตรอนไปวางในสนามไฟฟ้า จะเกิดแรงกระทำต่อโปรตอนในทิศเดียวกับสนามไฟฟ้า และเกิดแรงกระทำต่ออิเล็กตรอนในทิศตรงกันข้ามกับสนามไฟฟ้า ส่วนนิวตรอนไม่เกิดแรงกระทำเพราะนิวตรอนไม่มีประจุ

4. ภาพแผ่นเบี่ยงเบน บริเวณระหว่างแผ่นมีสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอมีทิศขึ้น เมื่อยิงอิเล็กตรอนเข้าไปในแนวตั้งฉากกับสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ จงเขียนเส้นทางการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอน

   แนวคำตอบ เมื่อยิงอิเล็กตรอนเข้าไปในในแนวตั้งฉากกับสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอที่มีทิศขึ้น จะเกิดแรงกระทำต่ออิเล็กตรอนในทิศตรงกันข้ามกับสนามไฟฟ้า ทำให้แนวเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนเบนลง ดังภาพ



ภาพแผ่นเบี่ยงเบน

5. สนามโน้มถ่วงและสนามไฟฟ้าแตกต่างกันอย่างไร

แนวคำตอบ สนามโน้มถ่วงเป็นสนามที่อยู่รอบวัตถุและมีทิศเข้าหาวัตถุนั้น เมื่อนำวัตถุอื่นที่มีมวล m ไปวาง จะเกิดแรงโน้มถ่วงกระทำต่อวัตถุมวล m ในทิศเข้าหามวลที่ทำให้เกิดสนาม

ส่วนสนามไฟฟ้าเป็นสนามที่อยู่รอบวัตถุที่มีประจุไฟฟ้าโดยวัตถุที่มีประจุไฟฟ้าบวกสนามไฟฟ้ามีทิศออกจากประจุและวัตถุที่มีประจุไฟฟ้าลบ สนามไฟฟ้ามีทิศเข้ามาหาประจุ เมื่อนำวัตถุที่มีมวลไปวางในสนามไฟฟ้าจะไม่เกิดแรงกระทำ แต่ถ้านำวัตถุที่มีประจุไฟฟ้าไปวางจะเกิดแรงไฟฟ้ากระทำต่อประจุนั้น

กล่าวโดยสรุปคือ สนามโน้มถ่วงทำให้เกิดแรงโน้มถ่วงกระทำต่อวัตถุที่มีมวล m แรงโน้มถ่วงเป็นแรงดึงดูด ส่วนสนามไฟฟ้าทำให้เกิดแรงไฟฟ้ากระทำต่อวัตถุที่มีประจุไฟฟ้า แรงไฟฟ้ามีทั้งแรงดึงดูดและแรงผลัก

6. มนุษย์และสรรพสิ่งต่างๆ บนผิวโลกไม่หลุดกระเด็นออกไปนอกโลก เพราะเหตุใด

แนวคำตอบ มนุษย์และสิ่งต่างๆ ที่อยู่บนผิวโลกล้วนมีมวลและอยู่ในสนามโน้มถ่วงของโลก จึงถูกแรงโน้มถ่วงกระทำ แรงนี้มีทิศเข้าสู่ศูนย์กลางของโลก ทำหน้าที่เป็นแรงดึงดูดสิ่งต่างๆ บนผิวโลก จึงไม่หลุดกระเด็นออกไปนอกโลก

7. น้ำไหลจากที่สูงสู่ที่ต่ำ ปรากฏการณ์นี้เกี่ยวข้องกับแรงโน้มถ่วงหรือไม่

แนวคำตอบ เมื่อปล่อยวัตถุในบริเวณสนามโน้มถ่วงของโลก จะเกิดแรงโน้มถ่วงซึ่งเป็นแรงดึงดูดกระทำต่อวัตถุให้เคลื่อนที่จากที่สูงสู่ที่ต่ำกว่า น้ำตกหรือการไหลของน้ำในแม่น้ำเป็นการเคลื่อนที่ของน้ำจากที่สูงสู่ที่ต่ำ จึงเป็นปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับแรงโน้มถ่วง การที่น้ำในแม่น้ำบางแห่งไหลจากทิศใต้ขึ้นสู่ทิศเหนือ แสดงว่าบริเวณต้นน้ำ ซึ่งอยู่ทางทิศใต้อยู่สูงกว่าบริเวณปากแม่น้ำทางทิศเหนือ

8. ปล่อยวัตถุจากยอดตึกสูง เมื่อเวลาผ่านไป 5 วินาที วัตถุมีความเร็วเท่าใด

แนวคำตอบ วัตถุที่เคลื่อนที่ในแนวดิ่ง บริเวณผิวโลกภายใต้สนามโน้มถ่วงของโลกจะมีความเร่งคงตัว เรียกว่าความเร่งโน้มถ่วง มีค่า 9.8 เมตรต่อวินาที^{2} ดังนั้นถ้าปล่อยวัตถุจากยอดตึกสูง (ความเร็วต้นเป็นศูนย์) เมื่อเวลาผ่านไปแต่ละวินาที ความเร็วของวัตถุจะเพิ่มขึ้นวินาทีละ 9.8 เมตรต่อวินาที ดังนั้นเมื่อเวลาผ่านไป 5 วินาที วัตถุจะมีความเร็วเท่ากับ 5×9.8 เมตรต่อวินาที หรือ 49 เมตรต่อวินาที

9. ยิงก้อนหินในแนวดิ่งด้วยความเร็ว 49 เมตรต่อวินาที นานเท่าใดก้อนหินจะเคลื่อนที่ถึงจุดสูงสุด

แนวคำตอบ การยิงก้อนหินขึ้นไปในแนวดิ่ง การเคลื่อนที่ของก้อนหินเป็นการเคลื่อนที่ภายใต้สนามโน้มถ่วงของโลก โดยมีความเร่งคงตัว คือ ความเร่งโน้มถ่วง ซึ่งมีค่า 9.8 เมตรต่อวินาที^{2}

โดยที่ความเร็วของก้อนหินจะลดลงวินาทีละ 9.8 เมตรต่อวินาที เมื่อเวลาผ่านไป 1, 2, 3, 4 และ 5 วินาที ก้อนหินจะมีความเร็วเท่ากับ 39.2, 29.4, 19.6, 9.8 และ 0 เมตรต่อวินาที ตามลำดับ ดังนั้นก้อนหินจะเคลื่อนที่ถึงจุดสูงสุดในเวลา 5 วินาที

10. โยนก้อนหินขึ้นในแนวดิ่ง ความเร็วและความเร่งของก้อนหินที่จุดสูงสุดมีเท่าใด ก่อนก้อนหินจะกระทบพื้นมีความเร่งเท่าใด

    แนวคำตอบ วัตถุที่เคลื่อนที่ในแนวดิ่ง ทั้งขึ้นและลงจะมีความเร่งเท่ากันตลอดการเคลื่อนที่ คือ 9.8 เมตรต่อวินาที^{2} และมีทิศลงในแนวดิ่ง แต่ขนาดความเร็วจะเปลี่ยนตลอดการเคลื่อนที่ ในสถานการณ์นี้ ณ จุดสูงสุด ก้อนหินมีความเร็วเป็นศูนย์ และมีความเร่ง 9.8 เมตรต่อวินาที^{2} ก่อนกระทบพื้นก้อนหินยังคงมีความเร่งเท่ากับ 9.8 เมตรต่อวินาที^{2}

11. ปล่อยลูกปิงปองจากระเบียงชั้นสี่ของตึกให้ตกสู่พื้น การเคลื่อนที่ของลูกปิงปองเป็นการตกแบบเสรีหรือไม่ เพราะเหตุใด

    แนวคำตอบ การตกแบบเสรีเป็นการเคลื่อนที่ภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลกเพียงแรงเดียว ในกรณีการเคลื่อนที่ของลูกปิงปองมีแรงเสียดทานหรือแรงต้านทานจากอากาศกระทำต่อลูกปิงปองด้วย ทำให้การเคลื่อนที่ของลูกปิงปองไม่เป็นการตกแบบเสรี

12. ปล่อยแผ่นกระดาษกับเหรียญบาทพร้อมกันให้ตกในท่อที่สูบอากาศออกหมด วัสดุทั้งสองจะถึงพื้นท่อพร้อมกันหรือไม่ เพราะเหตุใด

    แนวคำตอบ เมื่อปล่อยแผ่นกระดาษหรือเหรียญบาทพร้อมกันในท่อที่สูบอากาศออกหมด วัสดุทั้งสองจะตกถึงพื้นท่อพร้อมกันเพราะตกแบบเสรี เนื่องจากมีแรงโน้มถ่วงของโลกกระทำเพียงแรงเดียว โดยไม่มีแรงต้านทานจากอากาศ

13. ในชีวิตประจำวัน คนทั่วไปพูดว่า "ส้มมีน้ำหนัก 1 กิโลกรัม" คำพูดนี้หมายความว่าอย่างไร

    แนวคำตอบ ส้มมีน้ำหนัก 1 กิโลกรัม คำพูดนี้ถูกต้องในชีวิตประจำวัน แต่ในทางวิทยาศาสตร์ คำพูดนี้ไม่ถูกต้อง เพราะกิโลกรัมเป็นหน่วยของมวล ส่วนน้ำหนักเป็นแรงที่โลกดึงดูดส้ม มีหน่วยนิวตัน ดังนั้น คำพูดที่ถูกต้อง คือ ส้มมีมวล 1 กิโลกรัม (หรือ ส้มมีน้ำหนัก 9.8 นิวตัน)

14. ถ้าเราเดินทางห่างจากโลกเรื่อยๆ น้ำหนักของเราจะเปลี่ยนแปลงหรือไม่ เพราะเหตุใด

    แนวคำตอบ น้ำหนักของเราจะเปลี่ยนแปลง กล่าวคือน้ำหนักจะลดลง เพราะน้ำหนักของเราที่ผิวโลก = มวล × ความเร่งโน้มถ่วง ณ ตำแหน่งที่อยู่สูงจากผิวโลกมากๆ ความเร่งโน้มถ่วงจะมีค่าลดลง น้ำหนักของเราจึงลดลงด้วย (แต่มวลยังคงเดิม)

15. ก้อนหินก้อนหนึ่งบนดวงจันทร์มีมวล 5 กิโลกรัม และมีน้ำหนัก 8.1 นิวตัน ความเร่งโน้มถ่วงที่ผิวดวงจันทร์มีค่าเท่าใด ถ้านักบินอวกาศนำก้อนหินนี้กลับโลก ก้อนหินจะมีน้ำหนักเท่าใด

<u>แนวคำตอบ</u> ความเร่งโน้มถ่วงที่ผิวดาวต่างๆ และบนโลกมีค่าไม่เท่ากัน น้ำหนักและความเร่งโน้มถ่วงที่ผิวดาวใดๆ มีความสัมพันธ์กันดังสมการ $W = mg$ ดังนั้น

ความเร่งโน้มถ่วงที่ผิวดวงจันทร์ หาได้จาก $W = mg_{moon}$

$$8.1 \text{ N} = 5 \text{ kg} \times g_{moon}$$

$$g_{moon} = 1.6 \text{ m/s}^2$$

น้ำหนักของก้อนหินบนโลก หาได้จาก $W = mg_{earth}$

$$= 5 \text{ kg} \times 9.8 \text{ m/s}^2$$

$$= 49.0 \text{ N}$$

<u>ตอบ</u> ความเร่งโน้มถ่วงที่ผิวดวงจันทร์เท่ากับ 1.6 เมตรต่อวินาที^{2} (หรือประมาณ $\frac{1}{6}$ เท่าของความเร่งโน้มถ่วงที่ผิวโลก) และน้ำหนักของก้อนหินบนผิวโลกเท่ากับ 49 นิวตัน

บทที่ 3
คลื่น

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. ทดลองพร้อมทั้งอธิบายการเกิดคลื่นกลในลวดสปริง และสรุปได้ว่าคลื่นที่เกิดจากการสะบัดลวดสปริงแตกต่างกับคลื่นที่เกิดจากการอัดลวดสปริง
2. อธิบายความแตกต่างของคลื่นตามยาวและคลื่นตามขวาง พร้อมทั้งระบุองค์ประกอบของคลื่นทั้งสอง
3. สามารถอธิบายความหมายของ ความยาวคลื่น คาบ ความถี่ แอมพลิจูด
4. หาความสัมพันธ์ระหว่างความถี่กับคาบ และอัตราเร็ว ความถี่ และความยาวคลื่น
5. สรุปจากการสาธิตคลื่นผิวน้ำในถาดคลื่นได้ว่าคลื่นมีสมบัติการสะท้อน การหักเห การแทรกสอด และการเลี้ยวเบน
6. อธิบายความหมายของบีตส์จากกิจกรรมสาธิตการเกิดบีตส์และยกตัวอย่างการนำบีตส์ไปใช้ประโยชน์
7. อธิบายความหมายของความดันเสียง ระดับเสียง ความเข้มเสียง มลภาวะของเสียง คุณภาพเสียง พร้อมทั้งบอกประโยชน์หรือโทษ
8. อธิบายความแตกต่างระหว่างคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและคลื่นกล

แนวความคิดหลัก

คลื่นที่จะศึกษาในบทเรียนนี้ได้แก่ คลื่นกล ซึ่งเป็นคลื่นที่อาศัยตัวกลางในการถ่ายโอนพลังงาน เช่น คลื่นผิวน้ำ คลื่นเสียง คลื่นแผ่นดินไหว เป็นต้น และยังศึกษาคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าซึ่งเป็นคลื่นที่ไม่ต้องอาศัยตัวกลางในการเคลื่อนที่ เช่น แสง คลื่นวิทยุ คลื่นไมโครเวฟ เป็นต้น

ในการศึกษาคลื่นกลจะเริ่มจากการทำกิจกรรมสะบัด[illegible] ว่ามีทั้งคลื่นตามขวางและคลื่นตามยาว จากนั้นศึกษาองค์ประก[illegible] สันคลื่น ท้องคลื่น แอมพลิจูด และความยาวคลื่น ส่วนองค์ประกอบของคลื่นตามยาวมีส่วนอัด ส่วนขยาย ความยาวคลื่น จากนั้นเป็นการศึกษาสมบัติของคลื่นจากกิจกรรมสาธิตคลื่นผิวน้ำในถาดคลื่น กิจกรรมสาธิตการเกิดบีตส์ของเสียง เสียงและการได้ยิน ซึ่งกล่าวถึงการเกิดเสียง ระดับเสียง ความดัง มลภาวะของเสียง คุณภาพเสียง รวมถึงการนำความรู้เรื่องเสียงไปใช้ประโยชน์และป้องกันอันตรายจากมลภาวะของเสียง

สำหรับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า จะศึกษาสเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า โดยเน้นที่คลื่นวิทยุ ซึ่งมีประโยชน์มากในชีวิตประจำวัน

ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยให้นักเรียนสังเกตภาพในหนังสือเรียน จะเห็นเด็กหญิงนั่งอยู่ริมสระน้ำ ผิวน้ำในสระข้างหน้าเด็กหญิงกระเพื่อมขึ้นลงและแผ่ออกไปเป็นวงกลม ผู้สอนอาจตั้งคำถามว่า เหตุใดจึงเกิดปรากฏการณ์นี้ และเรียกการกระเพื่อมขึ้นลงของน้ำและแผ่ออกไปว่าอะไร เป็นการนำเข้าสู่บทเรียน จากนั้นครูให้ความรู้ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน

3.1 คลื่นกล

ครูให้ความรู้เรื่องคลื่นกลตามรายละเอียดในหนังสือเรียน และให้ทำกิจกรรม 3.1 ลักษณะของคลื่น

กิจกรรม 3.1 ลักษณะของคลื่น

จุดประสงค์ของกิจกรรม

1. อธิบายได้ว่าการสะบัดสปริงไปมาในแนวระดับบนพื้นราบ จะเกิดคลื่นในลวดสปริง เคลื่อนที่จากปลายที่ถูกสะบัดไปหาอีกปลายหนึ่งที่อยู่กับที่ ส่วนตัวสปริงจะเคลื่อนที่กลับไปกลับมาในทิศตั้งฉากกับทิศการเคลื่อนที่ของคลื่น
2. อธิบายได้ว่าการอัดลวดสปริงเข้าออกบนพื้นราบ จะเกิดคลื่นในลวดสปริงเคลื่อนที่จากปลายที่ถูกอัดไปทางปลายที่ถูกยึดอยู่กับที่ ส่วนสปริงจะเคลื่อนที่กลับไปกลับมา (อัด - ขยาย) ในทิศเดียวกับทิศการเคลื่อนที่ของคลื่น

เวลาที่ใช้ 30 นาที

ข้อแนะนำก่อนทำการทดลอง

1. การสะบัดสปริงไปมาในแนวระดับ จะทำให้ลวดสปริงเป็นส่วนนูนส่วนเว้าซึ่งเป็นการเกิดคลื่น และส่วนนูนส่วนเว้าจะปรากฏถัดไปเรื่อยๆ จนถึงอีกปลายหนึ่ง กล่าวได้ว่าเป็นการเคลื่อนที่ของคลื่นโดยการถ่ายโอนพลังงานผ่านลวดสปริง
2. การอัดลวดสปริงจะทำให้ลวดสปริงเป็นส่วนอัดส่วนขยาย ซึ่งเป็นการเกิดคลื่นเช่นกัน ส่วนอัดส่วนขยายจะปรากฏถัดไปเรื่อยๆ จนถึงอีกปลายหนึ่ง กล่าวได้ว่าเป็นการเคลื่อนที่ของคลื่นโดยการถ่ายโอนพลังงานของคลื่นผ่านลวดสปริง

3. เส้นด้ายที่ผูกสปริงจะช่วยแสดงตำแหน่งบนขดลวดสปริง เพื่อช่วยในการสังเกต
4. ในการดึงขดลวดสปริง จะต้องดึงให้ขดสวดสปริงยืดพอสมควร ถ้าดึงน้อยไป เมื่อสะบัดขดลวดสปริงให้เกิดคลื่น ขดลวดสปริงอาจจะเลื่อนไปมาไม่กลับที่เดิม

อภิปรายหลังการทดลอง

ครูและนักเรียนอภิปรายตามแนวคำถามท้ายกิจกรรม

ตอนที่ 1 สะบัดปลายสปริงไปมาในแนวระดับ

คลื่นในลวดสปริงจะเคลื่อนที่จากปลายที่สะบัดไปยังปลายลวดสปริงที่ถูกยึด ส่วนการเคลื่อนที่ของลวดสปริงซึ่งสังเกตจากการเคลื่อนที่ของด้ายสีจะเคลื่อนที่กลับไปกลับมาในทิศตั้งฉากกับทิศการเคลื่อนที่ของคลื่น

ตอนที่ 2 อัดปลายสปริงเข้าออกในแนวระดับ

คลื่นในลวดสปริงจะเคลื่อนที่จากปลายที่อัดเข้าออกไปยังปลายลวดสปริงที่ถูกยึด และจากการเคลื่อนที่ของด้ายสี สรุปได้ว่าลวดสปริงเคลื่อนที่ไปกลับในแนวเดียวกับทิศการเคลื่อนที่ของคลื่น

จากนั้นครูให้ความรู้เกี่ยวกับคลื่นตามขวาง คลื่นตามยาว องค์ประกอบของคลื่น ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน โดยนักเรียนมีส่วนร่วมในการอภิปรายหรือตอบคำถาม พร้อมทั้งตอบคำถามในหนังสือเรียน

3.2 องค์ประกอบของคลื่น

ครูให้ความรู้เกี่ยวกับองค์ประกอบของคลื่น คาบ ความถี่ ตลอดจนส่วนอัดและส่วนขยาย ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน

📖 คลื่นตามขวางในภาพ 3.4 มีแอมพลิจูด ความยาวคลื่น ความถี่ คาบ และอัตราเร็ว เท่าใด

<u>แนวคำตอบ</u> สมมติให้คลื่นเคลื่อนที่จาก A ถึง B ใช้เวลา 1 วินาที
คลื่นในภาพ 3.4 มี แอมพลิจูด 0.5 เซนติเมตร
ความยาวคลื่น 2.4 เซนติเมตร
ความถี่ 4 เฮิรตซ์
คาบ 0.25 วินาที
อัตราเร็ว 9.6 เซนติเมตรต่อวินาที

3.3 สมบัติของคลื่น

ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยถามนักเรียนว่า ขณะทำกิจกรรม 3.1 เมื่อสปริงเคลื่อนที่ไปถึงปลายที่ถูกยึด กล่าวได้ว่าคลื่นในสปริงไปกระทบสิ่งกีดขวาง นักเรียนสังเกตหรือไม่ว่าเมื่อคลื่นในสปริงกระทบกับมือ การเคลื่อนที่ต่อไปของสปริงเป็นอย่างไร นักเรียนหลายคนอาจตอบถูกต้องว่าคลื่นสะท้อนกลับมา จากนั้นครูทำการสาธิตกิจกรรมสาธิต 3.1 เพื่อให้นักเรียนตรวจสอบคำตอบและศึกษาการที่คลื่นเคลื่อนที่ไปพบสิ่งกีดขวาง หรือเคลื่อนที่เข้าไปในตัวกลางอื่น คลื่นจะมีลักษณะอย่างไร

กิจกรรมสาธิต 3.1 สมบัติของคลื่น

จุดประสงค์

เพื่อให้นักเรียนได้ศึกษาสมบัติการสะท้อน การหักเห การเลี้ยวเบน และการแทรกสอดของคลื่นผิวน้ำบนถาดคลื่น

เวลาที่ใช้สาธิต 1 ชั่วโมง

วัสดุอุปกรณ์

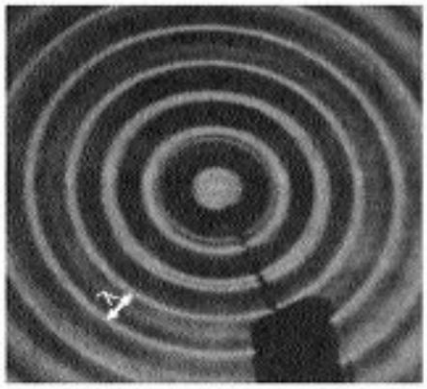
1. ชุดถาดคลื่น
2. หม้อแปลงโวลต์ต่ำ
3. กระดาษขาว

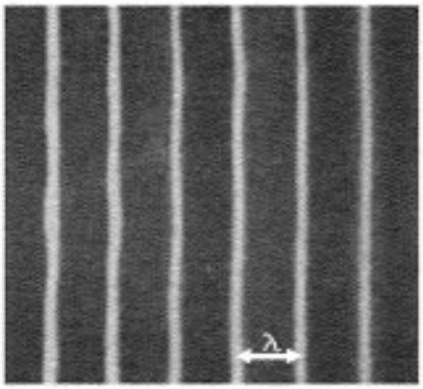
ข้อแนะนำก่อนทำการสาธิต

1. การศึกษาสมบัติของคลื่นผิวน้ำ ไม่ได้ดูจากผิวน้ำที่กระเพื่อมขึ้นลงโดยตรง แต่จะดูจากภาพที่เป็นแถบมืด แถบสว่าง บนกระดาษขาวซึ่งอยู่บนพื้นโต๊ะใต้ถาดคลื่น การสาธิตโดยศึกษาภาพที่กระดาษขาวอาจไม่สะดวก เพราะนักเรียนมาล้อมดูครั้งละ 7 - 8 คน ครูต้องสาธิตหลายรอบ
2. นักเรียนสามารถศึกษาสมบัติของคลื่นผิวน้ำพร้อมกันทั้งชั้นเรียนได้ โดยครูวางถาดคลื่นบนเครื่องฉายข้ามศีรษะ และใช้ไฟจากเครื่องฉายข้ามศีรษะแทนหลอดไฟบนถาดคลื่น ภาพของคลื่นผิวน้ำจะปรากฏบนจอ

3. คลื่นผิวน้ำมีทั้งคลื่นหน้าตรงและคลื่นหน้าวงกลม ครูใช้ขอบด้านยาวของไม้โปรแตรกเตอร์แตะผิวน้ำจะเกิดคลื่นหน้าตรง และใช้ปลายดินสอแตะผิวน้ำจะเกิดคลื่นหน้าวงกลม
4. การทำให้เกิดคลื่นตรงในถาดคลื่น อาจใช้คานกำเนิดคลื่นตรงหรือใช้สันไม้บรรทัดจุ่มขึ้นลงที่ผิวน้ำก็ได้ จะเป็นแถบมืดสลับกับแถบสว่างบนฉาก แถบเหล่านี้แทนหน้าคลื่นจริง แถบมืดตรงกับท้องคลื่น แถบสว่างตรงกับสันคลื่น แถบมืดและแถบสว่างเหล่านี้เกิดจากการรวมหรือกระจายของแสง โดยสันคลื่นทำหน้าที่เป็นเลนส์นูน (รวมแสง) และท้องคลื่นทำหน้าที่เป็นเลนส์เว้า (กระจายแสง) ดังนั้นฉากรับภาพควรอยู่ที่ตำแหน่งโฟกัสพอดี

   ระยะระหว่างแถบสว่างแถบหนึ่งไปยังแถบสว่างอีกแถบหนึ่งที่ถัดกันเท่ากับหนึ่งความยาวคลื่น (λ)





5. การทำให้เกิดคลื่นดลหน้าวงกลม ให้ใช้ปลายดินสอจุ่มที่ผิวน้ำ 1 ครั้ง แต่ถ้าต้องการให้เกิดคลื่นต่อเนื่อง ให้จุ่มปลายดินสอที่ผิวน้ำเป็นจังหวะติดต่อกันไป หรือใช้ปุ่มที่ติดอยู่กับคานกำเนิดคลื่นหน้าตรง แต่ต้องยกคานกำเนิดคลื่นตรงพ้นจากน้ำ ให้มีแต่ปุ่มเท่านั้นที่แตะผิวน้ำ จากนั้นเปิดสวิตซ์ให้มอเตอร์ทำงาน ปุ่มจะสั่นทำให้เกิดคลื่นหน้าวงกลมต่อเนื่อง
6. การที่จะทำให้เห็นภาพชัด ควรปฏิบัติดังนี้
   ก. ถาดและน้ำควรสะอาด ต้องทำความสะอาดถาดก่อนใส่น้ำ
   ข. ควรใส่น้ำให้ระดับน้ำสูงประมาณกึ่งกลางของขอบถาด

ค. เพื่อป้องกันการสะท้อนของคลื่นจากขอบถาด น้ำควรจะนิ่งเรียบ ไม่ควรมีพัดลมหรือลมพัดแรงบริเวณทดลอง

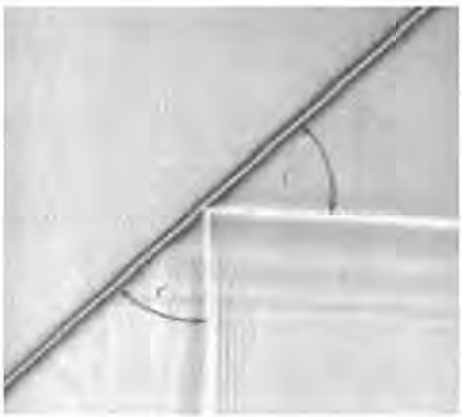
ง. หากภาพไม่ชัด อาจเนื่องจากฉากไม่อยู่ที่โฟกัส แก้ไขได้โดยเลื่อนขาถาด ขึ้นลง เพื่อปรับระยะจากถาดถึงฉาก หรืออาจเนื่องจากความถี่ไม่พอเหมาะ แก้ไขโดยปรับความถี่ของคลื่น

7. การสาธิตการสะท้อน การหักเห และการเลี้ยวเบน ควรใช้คลื่นหน้าตรง เพราะจะสังเกตเห็นผลได้ชัดกว่าคลื่นหน้าวงกลม

ผลการสาธิต

ตอนที่ 1 การสะท้อน

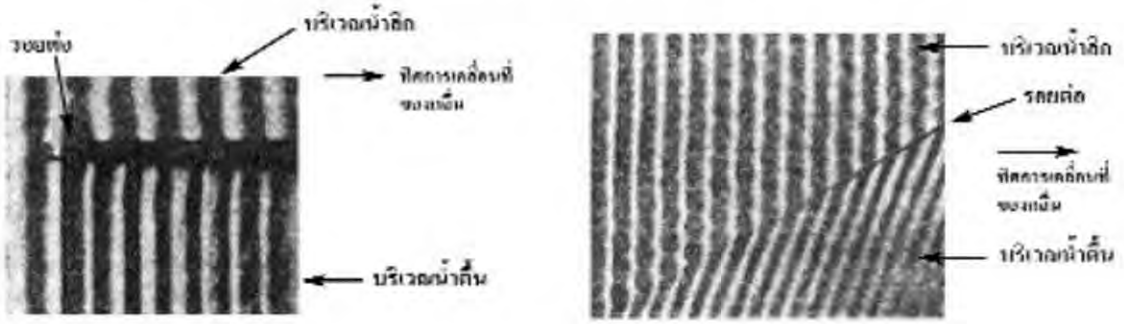
ถ้าใช้คลื่นดลหน้าตรงจะมองเห็นการเคลื่อนที่ของคลื่นที่เข้ามากระทบและสะท้อนออกได้ง่ายกว่าคลื่นต่อเนื่องที่จะเห็นสานกันเป็นร่างแห



ตอนที่ 2 การหักเห

- ถ้าวางแผ่นกระจกใสขนานกับหน้าคลื่น ปรากฏว่าความยาวคลื่นบริเวณน้ำตื้นสั้นกว่าขณะที่อยู่ในบริเวณน้ำลึก แต่ทิศทางการเคลื่อนที่ยังอยู่ในทิศเดิม ดังรูป และเมื่อคลื่นเคลื่อนที่เข้าสู่บริเวณน้ำลึกอีกครั้งหนึ่ง ความยาวคลื่นจะมีค่าเท่ากับเมื่อก่อนเข้าสู่บริเวณน้ำตื้นนั้น

- ถ้าให้แผ่นกระจกใสทำมุมแหลมกับหน้าคลื่น นอกจากจะเห็นความยาวคลื่นในน้ำตื้นสั้นกว่าในน้ำลึกแล้ว ทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นเปลี่ยนจากเดิมด้วย



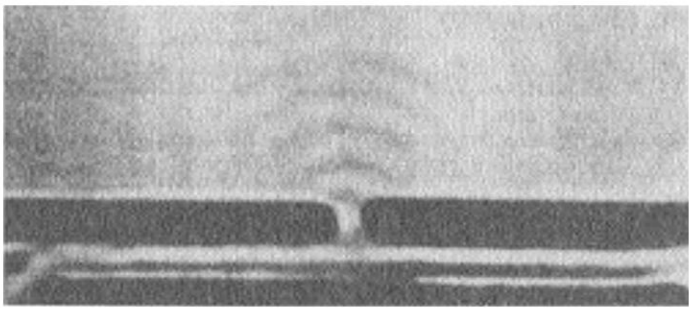
สรุปได้ว่า อัตราเร็วของคลื่นในน้ำลึกมากกว่าอัตราเร็วของคลื่นในน้ำตื้น เนื่องจากความยาวคลื่นในน้ำลึกมากกว่าในน้ำตื้น และคลื่นในน้ำลึกและในน้ำตื้นมีความถี่เท่ากัน จาก $v = f\lambda$ ดังนั้นอัตราเร็วซึ่งเป็นผลคูณของความถี่กับความยาวคลื่นในน้ำลึกจึงมีค่ามากกว่า

ตอนที่ 3 การเลี้ยวเบน

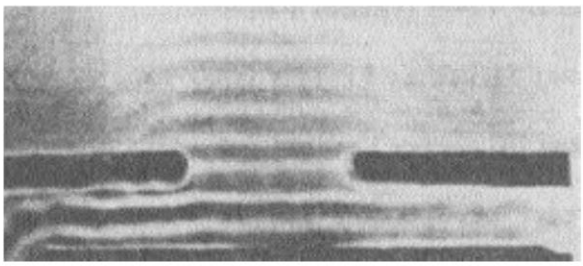
สิ่งที่สังเกตเห็นจะได้ดังรูป ครูควรชี้บนฉากให้นักเรียนสังเกตโดย

สังเกตบริเวณที่อยู่ด้านหลังแผ่นกั้น มีแถบมืด แถบสว่าง แต่ไม่สว่างเท่าแถบสว่างที่ผ่านแผ่นกั้นตรงไป แสดงว่าเมื่อคลื่นเคลื่อนที่มาถึงแผ่นกั้น จะมีคลื่นเคลื่อนจากขอบแผ่นกั้นไปด้านหลังแผ่นกั้นนั้นได้ ปรากฏการณ์นี้เรียกว่า**การเลี้ยวเบนของคลื่น**

ครูควรสาธิตเพิ่มเติม โดยใช้แผ่นกั้น 2 แผ่น กั้นเป็นช่องดังรูป สังเกตว่าขนาดของช่องแคบกับความยาวคลื่น มีผลต่อกันอย่างไร



เมื่อช่องแคบมีความกว้างประมาณเท่ากับความยาวคลื่นหรือน้อยกว่าความยาวคลื่นเล็กน้อย จะปรากฏว่าคลื่นมีการเลี้ยวเบนได้ดี คล้ายๆ กับช่องแคบนั้นเป็นแหล่งกำเนิดคลื่นเป็นจุด หน้าคลื่นตรงที่ผ่านช่องแคบเกือบจะเป็นส่วนโค้งครึ่งวงกลมดังรูป ถ้าช่องแคบมีความกว้างมากความยาวคลื่นคลื่นที่ผ่านช่องแคบจะมีหน้าคลื่นเป็นเส้นตรง ยกเว้นบริเวณขอบจะมีความโค้งเล็กน้อย ดังรูป



ตอนที่ 4 การแทรกสอด

จากภาพจะเห็นแนว 2 ชนิดสลับกัน คือ มีแนวซึ่งเป็นแถบสว่างสลับกับแถบมืด และแนวสว่างมัวๆ ทั้งแนว สำหรับแนวที่อยู่ตรงกลางเป็นแนวที่มีแถบสว่างสลับกับแถบมืด แถบสว่างเป็นสันคลื่น แถบมืดเป็นท้องคลื่น ส่วนแนวสว่างมัวๆ ทั้งแนวเป็นบริเวณผิวน้ำที่เรียบ ดังภาพ 3.13 ในหนังสือเรียน

ต่อไปครูให้ความรู้เรื่องการสะท้อน การหักเห การเลี้ยวเบน และการแทรกสอด ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน โดยเน้นว่าสมบัติทั้งสี่ประการที่นักเรียนได้ศึกษาจากคลื่นน้ำ จะเป็นสมบัติของคลื่นชนิดอื่นด้วย ไม่ว่าจะเป็น แสง เสียง และอื่นๆ ซึ่งนักเรียนจะได้ศึกษาต่อไป

จากนั้นครูให้ความรู้เรื่องการแทรกสอดของคลื่นในถาดคลื่นเพิ่มเติมว่า แหล่งกำเนิดคลื่นผิวน้ำทั้งสอง ให้คลื่นที่มีลักษณะการเคลื่อนที่เหมือนกัน และมีความถี่เท่ากัน การแทรกสอดแบบเสริมกันคือแนวที่เป็นแถบมืดและแถบสว่าง แถบมืดเกิดจากท้องคลื่นกับท้องคลื่นมารวมกัน แถบสว่างเกิดจากสันคลื่นกับสันคลื่นมารวมกัน ส่วนการแทรกสอดแบบหักล้างกันคือแนวสว่างมัวๆ ทั้งแนว เกิดจากสันคลื่นกับท้องคลื่นมารวมกัน จึงทำให้ผิวน้ำเรียบ

ครูให้ความรู้ต่อไปว่าในทำนองเดียวกับแหล่งกำเนิดคลื่นน้ำ แต่เป็นแหล่งกำเนิดคลื่นเสียง 2 แหล่ง ปล่อยคลื่นเสียงออกมา ก็จะเกิดการแทรกสอดกัน คือเกิดเสียงดังและเงียบสลับกัน จากนั้นครูตั้งคำถามว่า ถ้าคลื่นเสียงจากแหล่งกำเนิด 2 แหล่งที่มีความถี่ต่างกันเล็กน้อย เมื่อเคลื่อนที่มาพบกัน จะเกิดปรากฏการณ์อย่างไร เป็นคำถามนำเข้าสู่กิจกรรมสาธิต 3.2

กิจกรรมสาธิต 3.2 การเกิดบีตส์

จุดประสงค์

เพื่อศึกษาการเกิดบีตส์ของเสียง

เวลาที่ใช้ 1 ชั่วโมง

วัสดุอุปกรณ์

1. ขลุ่ยพลาสติก 2 เลา (ถ้าโรงเรียนมีอุปกรณ์อื่น เช่น กีตาร์ ก็สามารถนำมาใช้ได้)
2. ออสซิลโลสโคป และ ไมโครโฟน

วิธีการสาธิต

1. เป่าขลุ่ยเลาแรกที่โน้ต A
2. เป่าขลุ่ยเลาที่สองที่โน้ต A จากนั้นปรับความยาวของตัวขลุ่ยเล็กน้อย (ขลุ่ย เป็นขลุ่ย 2 ท่อน ที่สามารถปรับความยาวของตัวขลุ่ยให้ยาวขึ้นหรือสั้นลงได้เล็กน้อย โดยการบิดทีละน้อย)

3. เป่าขลุ่ย 2 เลาพร้อมกัน ถ้าการปรับความยาวของตัวขลุ่ยเลาที่สองถูกต้อง จะได้ยินเสียงบีตส์อย่างชัดเจน ถ้ายังไม่ได้ยินให้ปรับความยาวของตัวขลุ่ยเลาที่สองอีกเล็กน้อย
4. เมื่อได้ยินเสียงบีตส์ชัดเจนแล้ว โรงเรียนที่มี ออสซิลโลสโคป และ ไมโครโฟนสามารถต่ออุปกรณ์ เพื่อดูรูปคลื่น (waveform) ของคลื่นเสียงจากขลุ่ยทั้ง 2 เลา ซึ่งจะเห็นสัญญาณบีตส์ของเสียงดังนี้

รูปคลื่นของคลื่นเสียงจากขลุ่ยทั้ง 2 เลา

ผลการสาธิต

เมื่อปรับให้ขลุ่ยทั้งสองเลามีความถี่ต่างกันเล็กน้อย เช่น 440 Hz กับ 447 Hz จะได้ยินเสียงดังค่อยสลับกัน ปรากฏการณ์ของเสียงดังค่อยที่ได้ยินเรียกว่า บีตส์

หลังจากนั้นครูให้ความรู้เรื่องบีตส์ของเสียงโดยนำความรู้ที่ได้จากการทำกิจกรรมสาธิต 3.2 และการนำหลักการการเกิดบีตส์ไปใช้ประโยชน์ ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน

3.4 เสียงและการได้ยิน

3.4.1 เสียงเกิดขึ้นได้อย่างไร

ครูนำเข้าสู่บทเรียนด้วยการเคาะส้อมเสียง เสียงที่เกิดจากส้อมเสียงที่ถูกเคาะจะดังเป็นเวลาหลายวินาที ขณะเสียงเริ่มดัง ครูรีบยื่นส้อมเสียงไปแตะแขนนักเรียน แล้วถามความรู้สึกของนักเรียน คำตอบคือส้อมเสียงสั่น หรือครูอาจให้นักเรียนวางไม้บรรทัดพลาสติกที่ขอบโต๊ะ ไม้บรรทัดยื่นจากขอบโต๊ะประมาณ 10 เซนติเมตร ใช้มือข้างหนึ่งกดไม้บรรทัดตรงบริเวณขอบโต๊ะให้แน่น

ใช้อีกมือหนึ่งดีดปลายไม้บรรทัดที่ยื่นพ้นขอบโต๊ะ ให้นักเรียนสังเกตการสั่นของไม้บรรทัดพร้อมกับยื่นหูเข้าใกล้ จะได้ยินเสียงจากการสั่นของไม้บรรทัด จากนั้นให้นักเรียนอภิปรายความสัมพันธ์ระหว่างเสียงกับการสั่นของส้อมเสียงและไม้บรรทัด พร้อมทั้งสรุปผล

ให้ความรู้ในหัวข้อเสียงเกิดขึ้นได้อย่างไร ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน ทั้งนี้นักเรียนมีส่วนร่วมในการอภิปราย

(1) เนื่องจากมีคำถามในหนังสือเรียนถามว่า "คลื่นเสียงเป็นคลื่นชนิดใด" ครูให้ความรู้ว่า "คลื่นเสียงเป็นคลื่นตามยาว" เพราะเมื่อเสียงเคลื่อนที่ผ่านโมเลกุลอากาศ โมเลกุลของอากาศจะสั่นเกิดเป็นส่วนอัด ส่วนขยาย ในทิศเดียวกับการเคลื่อนที่ของคลื่นเสียง ซึ่งเปรียบเทียบได้กับคลื่นตามยาวในลวดสปริง

(2) จากภาพ 3.18 ในหนังสือเรียน ครูให้ความรู้ว่าจุดตัดของแกนตั้งและแกนนอน (จุดกำเนิด) คือความดันปกติของอากาศ

(3) ถ้ามีเวลาเพียงพอ ครูอาจทำการสาธิตเสียงเป็นคลื่นตามยาว

3.4.2 ธรรมชาติของเสียง

ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยให้นักเรียนที่มีความสามารถในการเล่นดนตรี เล่นดนตรีชนิดใดชนิดหนึ่ง อาจเป่าขลุ่ย หรือ เม้าท์ออร์แกน หรืออื่นๆ โดยเป่าเป็นตัวโน้ตต่างๆ หรือครูอาจนำเข้าสู่บทเรียนโดยเปิดเทปเพลงร้อง หรือการบรรเลง และให้นักเรียนอภิปรายความแตกต่างของเสียงที่ได้ยิน (ตามความรู้สึกและความคิดของผู้เรียน) จากนั้นครูให้ความรู้เกี่ยวกับธรรมชาติของเสียง

ระดับเสียง

ครูให้ความรู้เกี่ยวกับเสียงแหลม เสียงทุ้ม จากนั้นครูอาจย้อนกลับไปยังขั้นตอนนำเข้าสู่บทเรียน เพื่อให้นักเรียนระบุว่าเสียงใดบ้างเป็นเสียงแหลม เสียงใดบ้างเป็นเสียงทุ้ม จากนั้นให้นักเรียนศึกษาภาพ 3.20 ในหนังสือเรียน แล้วตอบคำถาม

📖 มีเสียงในช่วงความถี่ใดบ้างที่คนได้ยินแต่สัตว์ไม่ได้ยิน หรือสัตว์ได้ยินแต่คนไม่ได้ยิน จะนำความรู้นี้มาใช้ประโยชน์ได้อย่างไร

แนวคำตอบ ใช้ภาพ 3.20 ในการตอบคำถาม พร้อมทั้งยกตัวอย่างถึงประโยชน์ของเสียงในช่วงความถี่ที่มนุษย์ไม่ได้ยิน เช่น การใช้นกหวีดควบคุมการทำงานของสุนัข และปลาโลมา เป็นต้น

ต่อไปครูให้ความรู้เรื่องอินฟราซาวด์และอัลตราซาวด์ ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน พร้อมทั้งตอบคำถาม

- 🕮 เราสามารถใช้อัลตราซาวด์สำรวจความลึกของมหาสมุทรและแหล่งปลาด้วยวิธีใด (คำแนะนำ : ในการตอบคำถาม เพื่อให้ผู้เรียนเกิดจินตนาการ ผู้สอนแนะให้ผู้เรียนพิจารณาภาพ 2.1 ก และ ข ในบทเรียน ประกอบการตอบคำถาม)
  แนวคำตอบ เครื่องมือจะทำหน้าที่ส่งคลื่นอัลตราซาวด์ไปยังพื้นมหาสมุทรหรือบริเวณที่คาดว่าจะมีฝูงปลา แล้วนับเวลาที่คลื่นใช้เวลาในการเคลื่อนที่ จากการทราบถึงความเร็วคลื่นในมหาสมุทรและเวลาที่คลื่นใช้เดินทาง ก็สามารถนำระยะทาง ความลึกของมหาสมุทร และบริเวณที่มีแหล่งปลาได้

ความรู้เพิ่มเติม

- ความเข้มเสียงต่ำสุดที่หูรับฟังเฉลี่ยประมาณ 10^{-12} วัตต์ต่อตารางเมตร (สำหรับความถี่ 100 เฮิรตซ์ และความเข้มเสียงค่านี้เรียกว่า**ขีดเริ่มของการได้ยิน** (threshold of hearing)
- ความเข้มเสียงสูงสุดที่หูทนฟังได้โดยเฉลี่ย 1 วัตต์ต่อตารางเมตร และความเข้มเสียงนี้เรียกว่า**ขีดเริ่มของความเจ็บปวด** (threshold of pain)

เนื่องจากความเข้มเสียงมีช่วงกว้างมาก คือจาก 10^{-12} ถึง 1 วัตต์ต่อตารางเมตร ไม่สะดวกในการวัด ด้วยเหตุนี้นิยมวัดความเข้มเสียงในรูประดับความเข้มเสียงที่มีหน่วยเป็น**เบล** เครื่องมือวัดระดับความเข้มเสียงเรียกว่า **sound level meter** ระดับความเข้มเสียงในช่วงขีดเริ่มการได้ยิน ถึงระดับความเข้มเสียงในช่วงความเจ็บปวด จะมีค่าระหว่าง 0 – 120 เดซิเบล

ความดัง

ครูนำเข้าสู่บทเรียนด้วยการพูดถึงเรื่องที่จะสอน จากนั้นพูดซ้ำในลักษณะเดิม แต่สลับที่นั่งนักเรียนที่นั่งหน้าสุดใกล้ครูกับนักเรียนที่นั่งอยู่หลังสุด จากนั้นครูถามนักเรียนทั้งสองว่า แต่ละกรณีได้ยินเสียงครูพูดเป็นอย่างไร คำตอบควรจะได้ว่า นั่งอยู่ข้างหน้าได้ยินเสียงดังกว่าเมื่อนั่งอยู่หลังห้อง จากนั้นครูตั้งคำถามอีกว่า ความดังของเสียงขึ้นอยู่กับอะไร แล้วครูให้ความรู้เรื่องความเข้มเสียง ระดับความเข้มเสียง โดยศึกษาตาราง 3.1 ประกอบ พร้อมทั้งให้นักเรียนตอบคำถาม และให้นักเรียนทำกิจกรรม 3.2 ซึ่งเป็นการสืบค้นข้อมูลและนำเสนอ

📖 จากตาราง 3.1 ถ้าเราได้ยินเสียงความเข้มมากติดต่อกันเป็นเวลานาน จะเป็นอันตรายต่อหูหรือไม่

แนวคำตอบ ถ้าเราได้ยินเสียงความเข้มมากติดต่อกันเป็นเวลานาน จะก่อให้เกิดอันตรายต่อหูได้

คุณภาพเสียง

ครูอาจนำเข้าสู่บทเรียนโดยให้นักเรียนคนหนึ่งเป่าขลุ่ย คนหนึ่งเป่าเม้าท์ออร์แกน คนหนึ่งดีดกีตาร์ โดยเล่นโน้ตดนตรีตัวเดียวกันในเวลาเดียวกัน และครูถามนักเรียนว่าสามารถแยกเสียงได้หรือไม่ว่าเสียงใดเป็นเสียงเครื่องดนตรีชนิดใด นักเรียนอาจตอบว่าสามารถแยกได้ ครูถามต่อว่าเหตุใดเราจึงสามารถแยกเสียงได้ จะได้ศึกษากันต่อไป โดยครูทำกิจกรรมสาธิต 3.3 ให้นักเรียนศึกษาจากเครื่องออสซิลโลสโคป

กิจกรรมสาธิต 3.3 รูปคลื่นเสียงจากแหล่งกำเนิดต่างๆ

จุดประสงค์

บอกได้ว่ารูปคลื่นเสียงของเครื่องดนตรีทั้ง 2 ชนิด ที่ปรากฏในจอของออสซิลโลสโคปไม่เหมือนกัน ทั้งๆ ที่เล่นโน้ตตัวเดียวกัน

เวลาที่ใช้ 30 นาที

ต่อไปครูให้ความรู้เรื่องคุณภาพเสียง โดยให้นักเรียนนำรูปคลื่นเสียงจากกิจกรรมสาธิต 3.3 มาประกอบการศึกษา

3.5 คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยตั้งคำถามเกี่ยวกับคลื่นกลว่าเป็นคลื่นแบบใด พร้อมกับให้ยกตัวอย่างคลื่นกล เป็นการทบทวนความรู้เดิมของนักเรียน และถามนักเรียนต่อไปว่า ทราบหรือไม่ว่ามีคลื่นอีกชนิดหนึ่งที่เคลื่อนที่โดยไม่ต้องอาศัยตัวกลางเหมือนคลื่นกล จากนั้นครูให้ความรู้เรื่องคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าตามรายละเอียดในบทเรียน โดยครูควรมีคำถามถามให้นักเรียนคิดและร่วมอภิปราย

ข้อเสนอแนะ

ครูให้ความรู้เกี่ยวกับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าว่า จัดเป็นคลื่นตามขวางโดยพิจารณาจากการที่สนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้ามีทิศตั้งฉากกันเสมอ และทั้งสองสนามมีทิศตั้งฉากกับทิศการเคลื่อนที่ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าด้วย จากคำนิยามของคลื่นตามขวางที่กล่าวไว้ในตอนต้น คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจึงเป็นคลื่นตามขวาง

ต่อไปให้นักเรียนตอบคำถาม จากนั้นให้ทำกิจกรรม 3.3 สืบค้นข้อมูลเรื่องคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

- คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นคลื่นชนิดใด

  แนวคำตอบ คลื่นตามขวาง

- สถานีวิทยุกรีนเวฟส่งกระจายคลื่นด้วยความถี่ 106.5 เมกะเฮิรตซ์ จะมีความยาวคลื่นเท่าใด

  แนวคำตอบ จากสมการ $v = f\lambda$

  v เป็นความเร็วคลื่นวิทยุ (ความเร็วเท่าแสง) $= 3 \times 10^8$ m/s

  f เป็นความถี่คลื่นวิทยุ $= 106.5$ MHz

  $= 106.5 \times 10^6$ Hz

  λ เป็นความยาวคลื่น

  แทนค่า 3×10^8 m/s $= (106.5 \times 10^6 \text{ Hz})\ \lambda$

  $$\lambda = \frac{3 \times 10^8}{106.5 \times 10^6} \text{ m}$$

  ความยาวคลื่น $= 2.82$ m

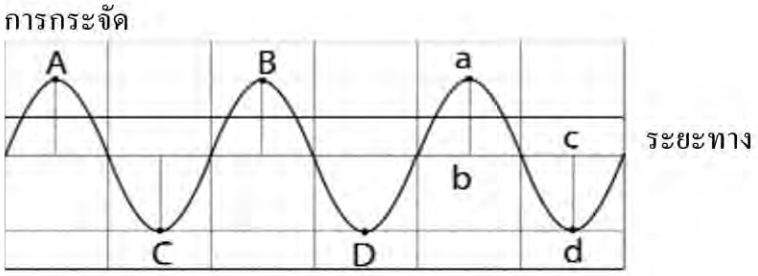
เฉลยคำถามท้ายบท

1. ขวัญและเรียมกำลังเล่นบอลอยู่ในสวนสาธารณะ ต่อมาลูกบอลตกลงไปกลางสระน้ำ ซึ่งไม่สามารถเอื้อมถึงได้

   ขวัญคิดว่า ถ้าใช้เท้าตีผิวน้ำสม่ำเสมอเพื่อทำให้น้ำเกิดคลื่น คลื่นจะผลักลูกบอลให้น้ำเข้าฝั่งตรงข้ามส่วนเรียมบอกว่า ถ้าขว้างไม้ไปถูกลูกบอลที่จุด A ลูกบอลจะเคลื่อนที่เข้าหาฝั่งด้านตรงข้าม ความคิดของใครถูก เพราะเหตุใด

   แนวคำตอบ ขวัญใช้เท้าตีผิวน้ำทำให้เกิดคลื่นผิวน้ำ ซึ่งเป็นคลื่นตามขวาง โดยอนุภาคตัวกลาง (คือน้ำ) เคลื่อนที่ขึ้นลงในทิศตั้งฉากกับทิศการเคลื่อนที่ของคลื่น การตีน้ำจึงทำให้ลูกบอลขยับขึ้นลง แต่ไม่ทำให้ลูกบอลเคลื่อนเข้ามาฝั่งตรงข้ามได้ ส่วนเรียมใช้ไม้พุ่งไปที่จุด A ของลูกบอล ซึ่งทำให้เกิดแรงกระทำต่อลูกบอลให้เคลื่อนที่ไปยังฝั่งตรงข้ามได้ ดังนั้น ความคิดของเรียมถูกต้อง

2. จากภาพ แสดงคลื่นขบวนหนึ่ง



   ก. จงทำเครื่องหมายเพื่อแสดงความยาวคลื่นและแอมพลิจูดของคลื่น

   ข. ถ้าคลื่นนี้ใช้เวลาในการเคลื่อนที่ 0.15 วินาที จงหาคาบ

   ค. จงหาความถี่ของคลื่นนี้

   แนวคำตอบ

   ก. ความยาวระหว่างสันคลื่นถึงสันคลื่นหรือท้องคลื่นถึงท้องคลื่น เรียกว่า ความยาวคลื่น
   จากภาพ ตัวอย่างความยาวคลื่น ได้แก่ ระยะ AB และระยะ CD
   ความยาวจากแนวสมดุลถึงสันคลื่นหรือท้องคลื่น เรียกว่า แอมพลิจูด
   จากภาพ ตัวอย่างแอมพลิจูด ได้แก่ ระยะ ab และระยะ cd

ข. เนื่องจาก คาบ หมายถึง ช่วงเวลาที่คลื่นหนึ่งลูกเคลื่อนที่ผ่านจุดๆ หนึ่ง
จากภาพ มีจำนวนคลื่นทั้งหมด 3.0 ลูก ซึ่งเคลื่อนที่ผ่านจุดๆ หนึ่งในเวลา 0.15 วินาที ดังนั้น คลื่น 1 ลูก เคลื่อนที่ผ่านจุดนั้น จะใช้เวลา $\frac{0.15}{3.0}$ วินาที นั่นคือ คาบของคลื่น (T) เท่ากับ 0.05 วินาที

ค. เนื่องจาก ความถี่ หมายถึง จำนวนคลื่นที่เคลื่อนที่ผ่านจุดๆ หนึ่ง ในหนึ่งหน่วยเวลา
จากภาพ ในเวลา 0.15 วินาที มีจำนวนคลื่นผ่านจุดหนึ่ง 3 ลูก ดังนั้น ในเวลา 1 วินาที จะมีจำนวนคลื่นผ่านจุดนั้น 20 ลูก นั่นคือความถี่ของคลื่น (f) เท่ากับ 20 เฮิรตซ์ หรือ อาจหาจากความสัมพันธ์

$$f = \frac{1}{T}$$

$$= \frac{1}{0.05} = 20\ s^{-1} \text{ หรือ } 20\ Hz$$

ความถี่ของคลื่น (f) เท่ากับ 20 เฮิรตซ์

3. ภาพ ก และ ข แสดงภาพคลื่นกำลังเคลื่อนที่บนผิวน้ำ

ก. คลื่นในภาพ ก เป็นคลื่นตามขวางหรือคลื่นตามยาว

ข. ถ้าคลื่นในภาพ ก 2 ลูก เคลื่อนที่ผ่านธงทุก 1 วินาที ความถี่ของคลื่นมีค่าเท่าใด

ค. จงใช้สมการ $v = f\lambda$ หาอัตราเร็วของคลื่นในภาพ ก

ง. ถ้าคลื่นในภาพ ข มีอัตราเร็วเท่ากับคลื่นในภาพ ก ความถี่ของคลื่นในภาพ ข จะมีค่าเท่าใด

แนวคำตอบ

ก. คลื่นในภาพ ก เป็นคลื่นตามขวาง

ข. ถ้าคลื่นในภาพ ก 2 ลูก เคลื่อนที่ผ่านธงทุกๆ 1 วินาที ความถี่ของคลื่นเท่ากับ 2 เฮิรตซ์

ค. หาอัตราเร็วของคลื่นในภาพ ก จากสมการ $v = f\lambda$

จากภาพ ความยาวคลื่น $\lambda = 2\ m$

จากข้อ ข ความถี่ของคลื่น $f = 2\ Hz$

แทนค่าจะได้ อัตราเร็วของคลื่น $v = 2\ Hz \times 2\ m = 4\ m/s$

ดังนั้น อัตราเร็วคลื่นในภาพ ก เท่ากับ 4 เมตรต่อวินาที

ง. หาความถี่ของคลื่นในภาพ ข จากสมการ $v = f\lambda$

ในที่นี้ อัตราเร็วของคลื่น $v = 4\ m/s$

ความยาวคลื่น $\lambda = 4\ m$

แทนค่าจะได้ $4 \text{ m/s} = f \times 4 \text{ m}$

$f = 1 \text{ Hz}$

ดังนั้น ความถี่ของคลื่นในภาพ ข เท่ากับ 1 เฮิรตซ์

4. เมื่อคลื่นเคลื่อนที่จากตัวกลางหนึ่งเข้าไปอีกตัวกลางหนึ่ง ปริมาณใดต่อไปนี้ คงเดิมและปริมาณใดเปลี่ยนไป ความยาวคลื่น ความถี่ และอัตราเร็วของคลื่น

แนวคำตอบ จากการสังเกตคลื่นผิวน้ำในถาดคลื่นขณะเกิดการหักเห จะพบว่า แหล่งกำเนิดคลื่นยังคงสั่นด้วยความถี่เดิม แสดงว่าความถี่ (f) ของคลื่นผิวน้ำคงเดิม เมื่อคลื่นผิวน้ำเคลื่อนที่เข้าไปในตัวกลางใหม่ พบว่าความยาวคลื่น (λ) เปลี่ยนไป (อาจเพิ่มหรือลด) โดยอาศัยความสัมพันธ์ $v = f\lambda$ ดังนั้นอัตราเร็วของคลื่นเปลี่ยนด้วย จึงสรุปได้ว่าความถี่มีค่าคงเดิม ส่วนความยาวคลื่นและอัตราเร็วของคลื่นเปลี่ยน

5. จากภาพ แสดงคลื่นกำลังเคลื่อนที่เข้าหาแนวกำแพงหินของท่าเรือแห่งหนึ่ง จะเกิดอะไรขึ้นเมื่อ
   ก. คลื่นเคลื่อนที่เข้าหาเนินทรายท้องน้ำที่บริเวณ A
   ข. คลื่นเคลื่อนที่ผ่านขอบแนวกำแพงหินที่ตำแหน่ง B

   แนวคำตอบ
   ก. เมื่อคลื่นเคลื่อนที่เข้าหาเนินทรายบริเวณ A คลื่นจะเกิดการหักเห
   ข. เมื่อคลื่นเคลื่อนที่ผ่านขอบกำแพงหินที่ตำแหน่ง B คลื่นจะเกิดการเลี้ยวเบน

6. จงยกตัวอย่างที่แสดงให้เห็นว่า สิ่งต่อไปนี้เกิดขึ้นได้จริง
   ก. เสียงสามารถเคลื่อนที่ผ่านแก๊สได้
   ข. เสียงสามารถเคลื่อนที่ผ่านของเหลวได้
   ค. เสียงสามารถเคลื่อนที่ผ่านของแข็งได้

   แนวคำตอบ
   ก. เสียงสามารถเคลื่อนที่ผ่านแก๊สได้
      - ตัวอย่างที่พบเห็น และสัมผัสในชีวิตประจำวันคือ เสียงที่เราได้ยินจากการพูดคุยกัน อากาศ (มีสถานะเป็นแก๊ส) จะเป็นตัวกลางที่ทำให้เสียงสามารถเคลื่อนที่ผ่านไปได้

   ข. เสียงสามารถเคลื่อนที่ผ่านของเหลวได้
      - ตัวอย่างที่พบได้ คือ ถ้าเราไปดำน้ำเล่นกับเพื่อน ขณะที่เราดำน้ำอยู่ เราจะสามารถได้ยินเสียงของเพื่อนเราได้

ค. เสียงสามารถเคลื่อนที่ผ่านของแข็งได้

- สิ่งที่สามารถทดลองได้ง่าย คือ ใช้หูแนบกับราวบันไดที่ปลายหนึ่ง แล้วให้เพื่อนเคาะบันไดอีกปลายหนึ่ง เราก็สามารถได้ยินเสียงที่ผ่านราวบันไดได้ชัดเจน

7. คนทั่วไปจะได้ยินเสียงที่มีความถี่ 10 เฮิรตซ์ และระดับความเข้มของเสียง 80 เดซิเบล ได้หรือไม่เพราะเหตุใด

แนวคำตอบ คนทั่วไปจะไม่ได้ยินเสียงดังกล่าว เพราะเสียงมีความถี่ 10 เฮิรตซ์ ซึ่งต่ำกว่าความถี่ต่ำสุดของการได้ยินของมนุษย์ซึ่งมีค่า 20 เฮิรตซ์

8. คนปกติจะได้ยินเสียงที่มีความถี่ 20 เฮิรตซ์ เสมอไปหรือไม่ เพราะเหตุใด

แนวคำตอบ คนปกติจะได้ยินเสียงที่มีความถี่ 20 – 20000 เฮิรตซ์ แต่การได้ยินยังต้องอาศัยองค์ประกอบอื่น คือเสียงนั้นต้องมีความดัง (ในทางวิทยาศาสตร์บอกด้วยปริมาณที่เรียกว่าระดับความเข้มเสียง) พอเหมาะ

9. บริเวณใกล้สนามบินมักมีเสียงดังมากซึ่งเป็นมลภาวะทางเสียง ถ้าผู้เรียนมีบ้านอยู่ใกล้สนามบินจะมีวิธีลดปัญหานี้อย่างไร

แนวคำตอบ ถ้าผู้เรียนมีบ้านอยู่ใกล้แหล่งกำเนิดเสียงที่ให้เสียงที่เป็นมลภาวะทางเสียง อาจลดมลภาวะทางเสียง ได้ 3 วิธี

1. ที่แหล่งกำเนิดเสียง
2. แนวทางที่เสียงเคลื่อนที่ผ่าน
3. ที่ตัวผู้ฟังเอง

ในสถานการณ์นี้ แหล่งกำเนิดเสียงคือเครื่องบินซึ่งมีการเคลื่อนที่ จึงไม่สามารถลดมลภาวะที่แหล่งกำเนิดเสียงได้ แต่สำหรับผู้ฟัง อาจใส่ที่อุดหู ซึ่งไม่สะดวก เพราะมลภาวะทางเสียงเกิดขึ้นเป็นครั้งคราวไม่ต่อเนื่อง วิธีที่เป็นไปได้ คือ การลดมลภาวะตามแนวทางที่เสียงเคลื่อนที่ผ่าน เช่น การปลูกต้นไม้เป็นแนวที่เสียงจะผ่านเข้าบ้าน หรือการดัดแปลงผนังบ้านโดยใช้วัสดุที่มีสมบัติดูดซับเสียงหรือสะท้อนเสียงได้ดี

10. เหตุใดเราจึงไม่สามารถเลียนเสียงนักร้องที่เราชอบได้

แนวคำตอบ เสียงจากแหล่งกำเนิดต่างๆ เช่น เสียงจากยานพาหนะต่างๆ เสียงจากเครื่องดนตรีต่างชนิดกัน เสียงของแต่ละคน เป็นต้น เสียงเหล่านี้จะมีลักษณะเฉพาะตัวที่แตกต่างกันหรือมีคุณภาพเสียงต่างกัน การที่เสียงจากแหล่งกำเนิดต่างๆ มีคุณภาพเสียงต่างกันช่วยให้เราจำแนกหรือระบุเสียงว่ามาจากแหล่งใดได้

11. คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าแตกต่างจากคลื่นกลอย่างไร

แนวคำตอบ

- คลื่นกลต้องอาศัยตัวกลางในการเคลื่อนที่
- คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ไม่ต้องอาศัยตัวกลางในการเคลื่อนที่
- คลื่นกล มีทั้งคลื่นตามยาวและคลื่นตามขวาง
- คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นคลื่นตามขวาง

12. จงเรียงลำดับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าต่อไปนี้จากคลื่นที่มีความยาวคลื่นน้อยไปมาก รังสีอินฟราเรด คลื่นวิทยุ รังสีอัตราไวโอเลต รังสีแกมมา แสงที่มองเห็นได้ รังสีเอกซ์ และไมโครเวฟ

แนวคำตอบ รังสีแกมมา รังสีเอกซ์ รังสีอัลตราไวโอเลต แสงที่มองเห็นได้ รังสีอินฟราเรด ไมโครเวฟและคลื่นวิทยุ ตามลำดับ

13. สถานีวิทยุเอเอ็มแห่งหนึ่งส่งกระจายเสียงคลื่นวิทยุที่มีความถี่ 1000 กิโลเฮิรตซ์ จงหาความถี่ในหน่วยเฮิรตซ์และความยาวคลื่น

แนวคำตอบ คลื่นวิทยุความถี่ 1000 kHz = 1000×1000 Hz = 1 000 000 Hz = 10^6 Hz

หาความยาวคลื่นได้จากสมการ $v = f\lambda$

ในที่นี้ v = อัตราเร็วของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า = 3×10^8 m/s

f = ความถี่ของคลื่น = 10^6 Hz

แทนค่า 3×10^8 m/s = 10^6 Hz $\times \lambda$

λ = 300 m

ดังนั้นความยาวคลื่นของคลื่นวิทยุเท่ากับ 300 เมตร

บทที่ 4
กัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายความหมายของกัมมันตภาพรังสี ธาตุกัมมันตรังสี ไอโซโทปเสถียร ไอโซโทปกัมมันตรังสี การสลายกัมมันตรังสี และครึ่งชีวิต
2. ทดลองสถานการณ์จำลองการสลายกัมมันตรังสีและสรุปผลการทดลองให้สัมพันธ์กับการสลายกัมมันตรังสีจริงได้
3. ยกตัวอย่างการนำไอโซโทปกัมมันตรังสีประดิษฐ์ไปใช้ประโยชน์
4. สรุปจากกิจกรรมสาธิตรังสีในสิ่งแวดล้อมได้ว่ามีรังสีในสิ่งแวดล้อมจริง
5. อธิบายอันตรายที่เกิดจากกัมมันตภาพรังสีและวิธีป้องกัน
6. อธิบายความหมายของแรงนิวเคลียร์ ฟิชชัน พลังงานนิวเคลียร์ และปฏิกิริยาลูกโซ่
7. ยกตัวอย่างการนำพลังงานนิวเคลียร์ไปใช้ประโยชน์
8. สืบค้นข้อมูลและบรรยายเกี่ยวกับการใช้พลังงานนิวเคลียร์ในทางสันติ
9. อธิบายความหมายของฟิวชันและประโยชน์ของฟิวชัน

แนวความคิดหลัก

บทเรียนนี้เริ่มต้นด้วยการค้นพบกัมมันตภาพรังสีของเบ็กเคอเรล จากนั้นจะศึกษาสมบัติของรังสีทั้ง 3 ชนิด ที่ธาตุกัมมันตรังสีแผ่ออกมา และศึกษาโครงสร้างของนิวเคลียส ทำให้ทราบว่าธาตุหนึ่งๆ มีหลายไอโซโทป จากนั้นศึกษาการสลายกัมมันตรังสีพร้อมกับทำกิจกรรมสถานการณ์จำลองสลายกัมมันตรังสี ซึ่งให้เข้าใจความหมายของครึ่งชีวิต ต่อไปศึกษาการนำไอโซโทปประดิษฐ์ไปใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ และศึกษารังสีกับมนุษย์ ซึ่งกล่าวถึง[illegible]ธรรมชาติที่มนุษย์ได้รับจากสิ่งแวดล้อม อันตรายจากรังสี การกำจัดกากกัมมันตรังสี

สุดท้ายศึกษาพลังงานนิวเคลียร์ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยานิวเคลียร์แบบฟิชชัน และแบบฟิวชัน การนำพลังงานนิวเคลียร์ไปใช้ประโยชน์ พร้อมทั้งการระมัดระวังอันตรายที่อาจเกิดขึ้นจากการใช้

เนื่องจากบทนี้จะเป็นลักษณะการบรรยายและการอภิปรายเป็นส่วนใหญ่ แต่การสอนด้วยการบรรยายเพียงอย่างเดียว นักเรียนอาจเกิดความเบื่อหน่าย กิจกรรมการสอนในรูปแบบต่อไปนี้อาจช่วยให้การเรียนเรื่องกัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์น่าสนใจขึ้น เช่น

ก. แบ่งกลุ่มให้นักเรียนไปค้นหาประวัติการค้นพบกัมมันตภาพรังสี ประวัติเบ็กเคอเรล ประวัติมารี คูรี แล้วนำเสนอในรูปละคร หรือทำเป็นวีดิทัศน์ หรือในรูปแบบที่นักเรียนถนัด

ข. พานักเรียนไปศึกษาที่พิพิธภัณฑ์วิทยาศาสตร์

ค. พานักเรียนไปสำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ หรือเชิญวิทยากรด้านกัมมันตรังสีมาให้ความรู้

ง. หาวีดิทัศน์เรื่องกัมมันตรังสี ระเบิดปรมาณู ฯลฯ ที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาที่เรียนมาฉายให้นักเรียนชม

จ. ให้นักเรียนหาข่าวเรื่องโคบอลต์ 60 มานำเสนอ หรือจัดบอร์ด

ฉ. ผู้สอนอาจเล่าประวัติการค้นพบกัมมันตภาพรังสีของเบ็กเคอเรล

4.1 กัมมันตภาพรังสี

ครูอาจให้นักเรียนไปสืบค้นประวัติของเบ็กเคอเรลและมาดามคูรี มานำเสนอหน้าชั้นเรียน จากนั้นครูให้ความรู้ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน โดยมีนักเรียนร่วมอภิปรายและตอบคำถาม พร้อมทั้งสรุปสาระสำคัญดังนี้

- สารประกอบยูเรเนียมทุกชนิดจะปล่อยรังสียูเรนิก
- ยังมีธาตุอื่นๆ อีกที่มีการแผ่รังสีได้เช่นเดียวกับยูเรเนียม เช่น พอโลเนียม เรเดียม เป็นต้น ธาตุที่มีการแผ่รังสีได้เองเรียกว่าธาตุกัมมันตรังสี และปรากฏการณ์การแผ่รังสีได้เองอย่างต่อเนื่องเรียกว่า**กัมมันตภาพรังสี**
- รังสีที่ธาตุกัมมันตรังสีแผ่ออกมามี 3 ชนิด คือ รังสีแอลฟา รังสีบีตา และรังสีแกมมา ซึ่งแผ่ออกมาจากนิวเคลียส และมีสมบัติต่างกัน
- ธาตุแต่ละชนิดประกอบด้วยอะตอม มีนิวเคลียสอยู่เป็นแกนกลาง และอิเล็กตรอนโคจรรอบๆ
- ทุกๆ นิวเคลียสจะมีโปรตอนและนิวตรอนอยู่ภายใน
- นิวเคลียสของธาตุชนิดเดียวกัน มีจำนวนโปรตอนเท่ากัน แต่อาจมีจำนวนนิวตรอนต่างกัน เรียกว่า**ไอโซโทป**

📖 นิวเคลียสของโปรเทียม ดิวเทอเรียม และทรีเทียม มีโปรตอนและนิวตรอนอย่างละเท่าใด และเขียนสัญลักษณ์นิวเคลียสอย่างไร

<u>แนวคำตอบ</u>

นิวเคลียสของโปรเทียมมีโปรตอน 1 ตัว ไม่มีนิวตรอน สัญลักษณ์คือ ${}_{1}^{1}H$
นิวเคลียสของดิวเทอเรียม มีโปรตอน 1 ตัว และนิวตรอน 1 ตัว สัญลักษณ์คือ ${}_{1}^{2}H$
นิวเคลียสของทริเทียม มีโปรตอน 1 ตัว และนิวตรอน 2 ตัว สัญลักษณ์คือ ${}_{1}^{3}H$

- นิวเคลียสกัมมันตรังสีเป็นนิวเคลียสไม่เสถียร เมื่อมีการแผ่รังสีออกมาจะทำให้เกิดนิวเคลียสใหม่ กระบวนการนี้เรียกว่า**การสลายกัมมันตรังสี**

เมื่อนักเรียนได้ศึกษาการสลายกัมมันตรังสีแล้ว ให้นักเรียนทำกิจกรรม 4.1 สถานการณ์จำลองการสลายกัมมันตรังสี เพื่อศึกษาลักษณะการสลายกัมมันตรังสี และปัจจัยในการสลาย

กิจกรรม 4.1 สถานการณ์จำลองการสลายกัมมันตรังสี

จุดประสงค์

1. เปรียบเทียบจำนวนลูกเต๋า จำนวนครั้งที่ทอด จำนวนลูกเต๋าที่เหลือจากการทอดแต่ละครั้ง และจำนวนลูกเต๋าที่ถูกคัดออก กับปริมาณต่างๆ ในการสลายของธาตุกัมมันตรังสี
2. อธิบายได้ว่ากราฟระหว่างจำนวนลูกเต๋าที่เหลือ N กับจำนวนครั้งที่ทอด n เป็นกราฟที่แทนกราฟการสลายของธาตุกัมมันตรังสี หรือได้ว่า N คือจำนวนนิวเคลียสของธาตุกัมมันตรังสีที่เหลืออยู่หลังจากเวลาผ่านไป n
3. ถ้าเดิมมีลูกเต๋า N_o ลูก ค่าเฉลี่ย n ที่ทำให้จำนวนลูกเต๋า N ลดลงจาก N_o เป็น $N_o/2$ หรือ ลดลงจาก $N_o/2$ เป็น $N_o/4$... จะเสมือนเป็นเวลาครึ่งชีวิต ($n_{1/2}$) ของกัมมันตภาพรังสี

อุปกรณ์

1. ลูกเต๋าแต้มสี 1 หน้า 40 ลูก และลูกเต๋าที่มีแต้มสี 2 หน้า 40 ลูก
2. กล่องใส่ลูกเต๋า
3. กระดาษกราฟ

ผลการทดลอง

จำนวนครั้งที่ทอด	จำนวนลูกเต๋าที่เหลือ			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย
0	40	40	40	40
1	34	32	34	33.3
2	29	28	29	28.7
3	25	24	23	24.0
4	21	21	19	20.3
5	18	19	15	17.3
6	15	16	11	14.0
7	12	13	10	11.7
8	11	11	9	10.3
9	10	8	8	8.7
10	7	5	6	6.0
11	5	4	6	5.0
12	4	4	5	4.3

วิเคราะห์ผลการทดลอง

ให้นักเรียนวิเคราะห์ผลการทดลองโดยพิจารณาจากคำถามท้ายกิจกรรม ได้ผลดังนี้

1. จำนวนลูกเต๋าทั้งหมดเมื่อยังไม่ถูกทอด เทียบได้กับจำนวนนิวเคลียสกัมมันตรังสีเริ่มต้น (N_0)
2. จำนวนครั้งที่ทอด n เปรียบได้กับเวลาที่ผ่านไป
3. จำนวนลูกเต๋าที่เหลืออยู่จากการทอดแต่ละครั้ง เปรียบได้กับจำนวนนิวเคลียสที่ยังไม่สลาย
4. จำนวนลูกเต๋าที่ถูกคัดออก เทียบได้กับนิวเคลียสที่สลายหรือเกิดใหม่
5. กราฟที่ได้จากการทอดลูกเต๋า จะได้กราฟเอกซ์โพเนนเชียล
6. จากกราฟจะได้ค่า $n_{1/2}$ 3 ค่า คือ 4.0, 3.9, และ 3.5 ค่าเฉลี่ยหรือเวลาครึ่งชีวิตคือ 3.8 ค่า $n_{1/2}$ ที่ได้ทั้งสามไม่เท่ากัน แสดงว่าการทดลองมีความคลาดเคลื่อนเล็กน้อย

กิจกรรมเพิ่มเติม

ข้อแนะนำก่อนทำกิจกรรม

1. นำลูกเต๋าที่ใช้ทดลองมาแต้มสีเพิ่มขึ้น 1 หน้า (ควรใช้สีที่ล้างออกง่ายหรือใช้ชอล์กสี) โดยแต้มหน้าที่อยู่ตรงข้ามกับหน้าแต้มสีเดิม
2. การเขียนกราฟระหว่าง n' (จำนวนครั้งที่ทอด) กับ N' จำนวนลูกเต๋าที่เหลือ ควรใช้สเกลเดียวกันกับกิจกรรม 3.1 เพื่อง่ายต่อการเปรียบเทียบลักษณะกราฟทั้งสองกิจกรรม
3. ลูกเต๋าแต้มสี 1 หน้า โอกาสจะหงายหน้าแต้มสีเป็น 1 ใน 6 ลูกเต๋าแต้มสี 2 หน้า โอกาสจะหงายหน้าแต้มสีเป็น 2 ใน 6 จึงเปรียบเสมือนลูกเต๋าทั้งสองแบบเป็นนิวเคลียสกัมมันตรังสีคนละชนิด ที่มีอัตราการสลายต่างกัน 2 เท่า

วิเคราะห์ผลการทดลอง

1. กราฟที่ได้เป็นกราฟเอกซ์โพเนนเชียลเช่นเดียวกับกราฟในกรณีลูกเต๋าแต้มสีหน้าเดียว
2. หาเวลาครึ่งชีวิต ($n'_{1/2}$) สำหรับกรณีลูกเต๋าแต้มสี 2 หน้า เช่นในกรณีก่อน
3. พบว่าอัตราส่วน $n_{1/2}$ / $n'_{1/2}$ มีค่าประมาณ 2

เมื่อนักเรียนทำกิจกรรมและวิเคราะห์ผลการทดลองแล้ว ครูให้ความรู้ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน โดยให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการอภิปราย ครูอาจนำกราฟที่ได้จากกิจกรรม 4.1 เปรียบเทียบกับกราฟในภาพ 4.7 ในหนังสือเรียน จากนั้นครูเฉลยคำถามโดยให้นักเรียนร่วมอภิปราย

📖 ฟอสฟอรัส–32 มีครึ่งชีวิต 14 วัน จะใช้เวลานานเท่าใดจึงจะเหลือฟอสฟอรัสร้อยละ 25 ของจำนวนเดิม

แนวคำตอบ

สมมุติฟอสฟอรัส–32 มีจำนวน 100 นิวเคลียส

จากจำนวน 100 เหลือ 50 ใช้เวลา 14 วัน

จากจำนวน 50 เหลือ 25 ใช้เวลา 14 วัน

ดังนั้น จากจำนวน 100 เหลือ 25 ใช้เวลา = 14 วัน + 14 วัน

= 28 วัน

สำหรับการให้ความรู้เรื่องประโยชน์ของกัมมันตภาพรังสีทาง

ก. ด้านการแพทย์

ข. ด้านอุตสาหกรรม

ค. ด้านการเกษตร

ง. ด้านโบราณคดี และธรณีวิทยา

ควรให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลการนำกัมมันตรังสีไปใช้ประโยชน์ทั้ง 4 ด้าน แล้วนำเสนอในชั้นเรียน ในการสืบค้นทั้ง 4 ด้าน ครูอาจจะตั้งคำถามเพื่อให้ผู้เรียนหาคำตอบเป็นความรู้เพิ่มเติม เช่น

- เราทราบอายุกระดูกไดโนเสาร์ที่ขุดค้นพบในจังหวัดของภาคอีสานได้ด้วยวิธีการอย่างไร
- ปัจจุบันมีแหนมฉายรังสีขาย ให้นักเรียนค้นหาว่ารังสีที่ใช้คือรังสีใด ฉายรังสีแหนมไปเพื่อเหตุผลใด (ครูอาจหาแหนมที่ฉายรังสีกับแหนมธรรมดา มาให้นักเรียนสังเกตและเปรียบเทียบก็ได้)

4.2 รังสีกับมนุษย์

ครูนำเข้าสู่บทเรียน โดยถามนักเรียนว่าสิ่งแวดล้อมรอบตัวเรามีรังสีหรือไม่ เพื่อจะได้ทำการตรวจสอบ

จากนั้นครูนำเครื่องตรวจรังสีแสดงให้ดู พร้อมทั้งอธิบายการทำงานของเครื่องวัดรังสี จากนั้นให้นักเรียนใช้เครื่องวัดรังสีเพื่อตรวจรังสีในสิ่งแวดล้อมโดยทำกิจกรรมสาธิต 4.1

กิจกรรมสาธิต 4.1 รังสีในสิ่งแวดล้อม

ผลของการทดลอง

จำนวนครั้งที่เสียงจากเครื่องตรวจรังสีดังขึ้นในช่วง 1 นาที ในแต่ละสถานที่อาจแตกต่างกันตามปริมาณรังสีที่เครื่องตรวจรังสีตรวจจับได้

เมื่อนักเรียนได้ศึกษารังสีในสิ่งแวดล้อมจากกิจกรรมสาธิต 4.1 และลงข้อสรุปแล้ว ครูให้ความรู้เกี่ยวกับปริมาณรังสีที่แต่ละบุคคลรับได้ในหนึ่งปีตามรายละเอียดในหนังสือเรียน แล้วให้นักเรียนทำกิจกรรม 4.2 สืบค้นข้อมูลเรื่องสารกัมมันตรังสีกับมนุษย์ อาจทำเป็นรายงานนำเสนอหน้าชั้นเรียน

📖 จากตาราง 4.3 หาปริมาณรังสีที่นักเรียนได้รับใน 1 ปี ปริมาณรังสีที่คำนวณได้มีค่ามากหรือน้อยกว่า 5 มิลลิซีเวิร์ตต่อปี

แนวคำตอบ คำตอบที่ได้จากนักเรียนแต่ละคนอาจแตกต่างกัน เนื่องจากการทำกิจกรรมต่างๆ ในตาราง 4.3 แตกต่างกัน เช่น ได้รับการเอกซเรย์แตกต่างกัน เป็นต้น

- ถ้านักเรียนพบกล่องหรือภาชนะที่มีเครื่องหมายดังภาพ 4.12 ควรปฏิบัติอย่างไร
  แนวคำตอบ นักเรียนไม่ควรเข้าใกล้บริเวณภาชนะที่มีเครื่องหมายดังภาพ 4.12 ควรแจ้งให้ครูหรือผู้ปกครอบทราบโดยทันที
- ถ้ามนุษย์ได้รังสีมาก จะมีผลต่อร่างกายอย่างไร
  แนวคำตอบ ถ้ามนุษย์ได้รับรังสีมากเกินไป เซลล์ต่างๆ ในร่างกายอาจถูกทำลายและอาจก่อให้เกิดโรคต่างๆ เช่น มะเร็งได้

ความรู้เพิ่มเติม

ร่างกายอาจได้รับรังสีจากภายนอกร่างกาย โดยรังสีบางชนิดสามารถทะลุผ่านผิวหนังเข้าไปในร่างกาย หรืออาจจะได้รับรังสีที่ติดมากับอาหารหรือการหายใจ รังสีที่ร่างกายได้รับส่วนใหญ่จะเป็นรังสีแกมมาเพราะสามารถทะลุผิวหนังได้ ในการป้องกันรังสีสำหรับบุคคลที่ทำงานเกี่ยวกับรังสีจะมีเครื่องมือวัดรังสีขนาดเล็กติดตัวเป็นประจำ เรียกว่า Film badge โดยอาศัยหลักว่าเมื่อปฏิบัติงานเกี่ยวกับรังสีไประยะหนึ่งแล้ว นำเครื่องวัดมาทำการตรวจดูว่าได้รับปริมาณรังสีไปมากน้อยเพียงใด เพื่อเป็นการป้องกันไม่ให้รังสีมากเกินควร Film badge เป็นแผ่นฟิล์มที่เมื่อถูกรังสีแล้วนำฟิล์มไปล้างจะปรากฏเป็นรอยดำบนฟิล์ม แสดงว่าได้รับรังสีมากหรือน้อย

- จากการศึกษาตาราง 4.3 เราจะมีวิธีการป้องกันอย่างไรที่ไม่ให้รับรังสีเพิ่มขึ้นจนเป็นอันตราย
  แนวคำตอบ ควรหลีกเลี่ยงกิจกรรมที่ได้รับรังสีปริมาณมากๆ เช่น การทำเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ส่วนต่างๆ ของร่างกายถ้าไม่จำเป็นจริงๆ

4.3 พลังงานนิวเคลียร์

ครูให้ความรู้ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน โดยให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการอภิปราย นอกจากนี้อาจให้นักเรียนได้ไปศึกษาเพิ่มเติมจากแหล่งความรู้ เช่น สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ พิพิธภัณฑ์วิทยาศาสตร์คลอง 5 จังหวัดปทุมธานี เป็นต้น

- การที่อนุภาคในนิวเคลียสอยู่กันแน่นมาก นิวเคลียสจะแตกหรือรวมกันได้หรือไม่
  แนวคำตอบ นิวเคลียสขนาดใหญ่สามารถแตกออกได้ถ้ามีการยิงอนุภาคที่เหมาะสมเข้าไปยังนิวเคลียสนี้ ซึ่งจะทำให้เกิดธาตุใหม่สองชนิดที่มวลลดลง เช่น การยิงนิวตรอนเข้าไปยังนิวเคลียสของยูเรเนียม ในทำนองเดียวกันนิวเคลียสของธาตุเบาสองชนิดก็สามารถมารวมกันเป็นนิวเคลียสของธาตุหนักอีกธาตุหนึ่งได้

เฉลยคำถามท้ายบท

1. จงเปรียบเทียบความสามารถของรังสีแอลฟา รังสีบีตา และรังสีแกมมา ในการทำให้เกิดการแตกตัวเป็นไอออนในสารที่รังสีผ่านไป

   แนวคำตอบ ความสามารถในการทำให้เกิดการแตกตัวเป็นไอออนในสารที่รังสีผ่านเข้าไปจากมากไปน้อย คือ รังสีแอลฟา รังสีบีตา และรังสีแกมมา ตามลำดับ

2. สมบัติต่อไปนี้เป็นของรังสีชนิดใด

   ก. ถูกดูดกลืนโดยกระดาษ

   ข. เป็นนิวเคลียสของฮีเลียม

   ค. มีอำนาจทะลุผ่านสูงสุด

   ง. เป็นอิเล็กตรอนความเร็วสูงมาก

   จ. มีประจุไฟฟ้าบวก

   ฉ. ทำให้อากาศแตกตัวเป็นไอออนได้มากที่สุด

   แนวคำตอบ

   ก. รังสีแอลฟา

   ข. รังสีแอลฟา

   ค. รังสีแกมมา

   ง. รังสีบีตา

   จ. รังสีแอลฟา

   ฉ. รังสีแอลฟา

3. นักวิทยาศาสตร์ผลิตไอโซโทปกัมมันตรังสีอย่างไร

   แนวคำตอบ นักวิทยาศาสตร์สามารถผลิตไอโซโทปกัมมันตรังสีได้หลายวิธี เช่น ยิงอนุภาคนิวตรอนไปยังนิวเคลียสที่เสถียร ทำให้นิวเคลียสมีจำนวนนิวตรอนเปลี่ยนไปกลายเป็นไอโซโทปที่ไม่เสถียรหรือไอโซโทปกัมมันตรังสี ซึ่งสามารถแผ่รังสีออกมาได้

4. นิวเคลียสต่อไปนี้ ${}^{4}_{2}\mathrm{He}$ ${}^{13}_{6}\mathrm{C}$ ${}^{208}_{82}\mathrm{Pb}$ และ ${}^{234}_{90}\mathrm{Th}$ มีจำนวนโปรตอนและนิวตรอนอย่างละเท่าใด

   แนวคำตอบ

   ${}^{4}_{2}\mathrm{He}$ เป็นนิวเคลียสของฮีเลียม มีโปรตอน 2 ตัว และนิวตรอน $4 - 2 = 2$ ตัว

   ${}^{13}_{6}\mathrm{C}$ เป็นนิวเคลียสของคาร์บอน มีโปรตอน 6 ตัว และนิวตรอน $13 - 6 = 7$ ตัว

   ${}^{208}_{82}\mathrm{Pb}$ เป็นนิวเคลียสของตะกั่ว มีโปรตอน 82 ตัว และนิวตรอน $208 - 82 = 126$ ตัว

   ${}^{234}_{90}\mathrm{Th}$ เป็นนิวเคลียสของธอเรียม มีโปรตอน 90 ตัว และนิวตรอน $234 - 90 = 144$ ตัว

5. ถ้านิวเคลียสหนึ่งมีการสลายให้รังสีแอลฟา จำนวนโปรตอนและนิวตรอนในนิวเคลียสใหม่ที่ได้เปลี่ยนแปลงอย่างไร

   แนวคำตอบ รังสีแอลฟาคือ นิวเคลียสของฮีเลียม ประกอบด้วยโปรตอน 2 ตัว และนิวตรอน 2 ตัว ถ้านิวเคลียสของธาตุกัมมันรังสีมีการสลายให้รังสีแอลฟาออกมา นิวเคลียสใหม่จะมีจำนวนโปรตอนน้อยกว่านิวเคลียสเดิม 2 ตัว และจำนวนนิวตรอนน้อยกว่านิวเคลียสเดิม 2 ตัว ตัวอย่าง เช่น $^{235}_{92}\mathrm{U} \rightarrow {}^{231}_{90}\mathrm{Th} + {}^{4}_{2}\mathrm{He}$

6. นิวเคลียสของเรเดียม-226 มีการสลายให้รังสีแอลฟา นิวเคลียสใหม่จะมีเลขอะตอมและเลขมวลเป็นเท่าใด

   แนวคำตอบ สัญลักษณ์นิวเคลียสของเรเดียม-226 คือ $^{226}_{88}\mathrm{Ra}$ สลายให้รังสีแอลฟา ซึ่งก็คือนิวเคลียสของฮีเลียม หรือ $^{4}_{2}\mathrm{He}$ ทำให้เกิดนิวเคลียสใหม่ ซึ่งมีเลขอะตอม (Z) เท่ากับ 88 – 2 = 86 และเลขมวล (A) เท่ากับ 226 – 4 = 222 (นิวเคลียสใหม่นี้ คือ นิวเคลียสของเรดอน ซึ่งมีสัญลักษณ์นิวเคลียส $^{226}_{86}\mathrm{Rn}$) ดังสมการ $^{226}_{88}\mathrm{Ra} \rightarrow {}^{222}_{86}\mathrm{Rn} + {}^{4}_{2}\mathrm{He}$

7. ถ้านิวเคลียสหนึ่งมีการสลายให้รังสีแกมมา เลขอะตอมและเลขมวลจะเปลี่ยนแปลงอย่างไร

   แนวคำตอบ รังสีแกมมาเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ดังนั้น ถ้านิวเคลียสที่ไม่เสถียรมีการสลายให้รังสีแกมมาออกมา เลขอะตอมและเลขมวลของนิวเคลียสนั้นจะไม่เปลี่ยนแปลง

8. ทริเทียมเป็นไอโซโทปกัมมันตรังสี มีครึ่งชีวิต 12.5 ปี เมื่อเวลาผ่านไป 25 ปี จะเหลือทริเทียมร้อยละเท่าใดของปริมาณเดิม

   แนวคำตอบ ครึ่งชีวิต หมายถึง ช่วงเวลาที่ธาตุกัมมันตรังสีมีการสลายจนเหลือครึ่งหนึ่งของจำนวนเดิม สมมติเริ่มต้นมีทริเทียมเท่ากับ N (กรัมหรือนิวเคลียส) เมื่อเวลาผ่านไป 12.5 ปี จะเหลือทริเทียม $\frac{1}{2}N$ เวลาผ่านไปอีก 12.5 ปี (รวมเป็น 25 ปี) จะเหลือทริเทียม $\frac{1}{4}N$ หรือร้อยละ 25 ของปริมาณที่มีอยู่เดิม

9. รังสีเอกซ์ที่ใช้ในการถ่ายภาพอวัยวะในร่างกายมีความแตกต่างจากรังสีที่แผ่ออกมาจากนิวเคลียสกัมมันตรังสีหรือไม่อย่างไร

   แนวคำตอบ รังสีเอกซ์เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าความถี่สูง ผลิตจากหลอดรังสีเอกซ์ รังสีเอกซ์สามารถทะลุผ่านสิ่งกีดขวางต่างๆ ได้ไม่เท่ากัน จึงมีการใช้ในการถ่ายภาพอวัยวะในร่างกาย ส่วนรังสีที่แผ่ออกมาจากนิวเคลียสกัมมันตรังสีมี 3 ชนิด ได้แก่ รังสีแอลฟา รังสีบีตา และรังสีแกมมา โดยรังสีแอลฟาและรังสีบีตาเป็นอนุภาค ส่วนรังสีแกมมาเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความถี่สูงกว่ารังสีเอกซ์

10. มวลและพลังงานมีความสัมพันธ์กันหรือไม่อย่างไร

แนวคำตอบ มวลและพลังงานมีความสัมพันธ์กัน โดยมวลสามารถเปลี่ยนเป็นพลังงานได้ พลังงานนี้หาได้จาก $E = mc^2$ เมื่อ E เป็นพลังงาน (มีหน่วยเป็นจูล) m เป็นมวล (มีหน่วยกิโลกรัม) และ c เป็นอัตราเร็วแสง (มีค่า 3.00×10^8 เมตรต่อวินาที)

11. อธิบายความแตกต่างระหว่างปฏิกิริยาลูกโซ่ในระเบิดปรมาณูและในเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์

แนวคำตอบ ฟิชชันเป็นปฏิกิริยาที่นิวเคลียสของธาตุที่มีเลขมวลมากแตกตัว ตัวอย่างเช่น นิวเคลียสของธาตุที่มีเลขมวลมากถูกยิงด้วยนิวตรอน จะแตกออกเป็น 2 นิวเคลียสที่มีเลขมวลลดลงพร้อมกับให้นิวตรอน 2 - 3 ตัว นิวตรอนที่เกิดใหม่ทั้งสามหลังจากถูกหน่วงให้มีความเร็วพอเหมาะจะพุ่งชนนิวเคลียสของธาตุที่มีเลขมวลมากที่อยู่ใกล้เคียง ทำให้เกิดฟิชชันขึ้นอีก นิวตรอนจากฟิชชันที่สองจะทำให้เกิดฟิชชันที่สาม และต่อไปเรื่อยๆ เป็นผลให้นิวเคลียสมีการแตกตัวอย่างต่อเนื่อง เรียกว่าปฏิกิริยาลูกโซ่

ปฏิกิริยาลูกโซ่ในระเบิดปรมาณูและเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์เกิดจากกระบวนการดังกล่าวข้างต้นเช่นเดียวกัน แต่ปฏิกิริยาลูกโซ่ในระเบิดปรมาณูจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยไม่มีการควบคุมปฏิกิริยา ทำให้เกิดพลังงานมหาศาลทำลายล้างสิ่งต่างๆ ได้ ส่วนเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์มีวิธีการซึ่งทำหน้าที่ควบคุมปฏิกิริยาลูกโซ่ให้เกิดอย่างพอเหมาะ จึงสามารถนำพลังงานที่เกิดขึ้นไปใช้ในทางสันติ เช่น นำมาใช้ผลิตพลังงานไฟฟ้าได้

12. จงเปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์และโรงไฟฟ้าที่ใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล

แนวคำตอบ ข้อดีและข้อเสียของโรงไฟฟ้าทั้งสองประเภทอาจแตกต่างกันไปในแต่ละประเทศ สำหรับประเทศไทย อาจมีข้อดีและข้อเสีย ดังตัวอย่างต่อไปนี้

โรงไฟฟ้านิวเคลียร์

ข้อดี
- ต้นทุนการผลิตต่ำเมื่อคิดในระยะยาว
- ทำให้เกิดมลภาวะน้อยกว่าเชื้อเพลิงฟอสซิล โดยเฉพาะถ่านหิน

ข้อเสีย
- ไม่สามารถผลิตเชื้อเพลิงนิวเคลียร์ได้เอง ต้องซื้อจากต่างประเทศ
- กากกัมมันตรังสีซึ่งเป็นสิ่งที่เหลือจากกระบวนการผลิต มีอันตรายและกำจัดได้ลำบาก
- ต้องพึ่งเทคโนโลยีนิวเคลียร์ ซึ่งเป็นเทคโนโลยีระดับสูง รวมทั้งบุคลากรด้านนี้จากต่างประเทศ
- หากเกิดอุบัติภัยทางนิวเคลียร์จะทำให้เกิดความเสียหายต่อสิ่งแวดล้อมและสิ่งมีชีวิตมาก

โรงไฟฟ้าที่ใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล

ข้อดี - เทคโนโลยีของโรงไฟฟ้าประเภทนี้ไม่สูงมาก มีบุคลากรเพียงพอ
- เชื้อเพลิงฟอสซิลบางชนิด เช่น ถ่านหิน และแก๊สธรรมชาติ มีในประเทศหรือหาซื้อได้ง่ายกว่าเชื้อเพลิงนิวเคลียร์

ข้อเสีย - ทำให้เกิดมลภาวะทางอากาศ โดยเฉพาะโรงไฟฟ้าที่ใช้ถ่านหิน ถ้าไม่มีการกำจัดแก๊สและฝุ่นละอองจากกระบวนการผลิตอย่างมีประสิทธิภาพ
- ทำให้เกิดคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ปล่อยสู่บรรยากาศ ซึ่งจะทำให้เกิดสภาวะโลกร้อนในอนาคต

13. แผนภูมิต่อไปนี้แสดงการเปลี่ยนแปลงรูปของพลังงานในโรงงานไฟฟ้านิวเคลียร์ จงระบุชนิดของพลังงานในแต่ละขั้นตอน

เชื้อเพลิงนิวเคลียร์ → เครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ → กังหัน → เครื่องกำเนิดไฟฟ้า → สายส่ง

แนวคำตอบ พลังงานนิวเคลียร์ พลังงานความร้อน พลังงานกล และพลังงานไฟฟ้า ตามลำดับ

14. ทำไมกัมมันตภาพรังสีจึงทำลายเซลล์มะเร็งได้ดีกว่าเซลล์ปกติ

แนวคำตอบ กัมมันตภาพรังสีทำลายเซลล์ซึ่งแบ่งตัวใหม่ๆ ได้ดี เซลล์มะเร็งแบ่งตัวรวดเร็วตลอดเวลา จึงถูกกัมมันภาพรังสีทำลายได้ง่ายกว่าเซลล์ปกติ

15. คำกล่าวที่ว่าทุกนิวเคลียสมีทั้งโปรตอนและนิวตรอนมีข้อยกเว้นหรือไม่

แนวคำตอบ นิวเคลียสของโปรเทียม (^1_1H) มีแต่โปรตอน ไม่มีนิวตรอน

16. จงยกตัวอย่างนิวเคลียสเสถียรที่มีโปรตอนมากกว่านิวตรอน

แนวคำตอบ นิวเคลียส ^1_1H และ ^3_2He มีโปรตอนมากกว่านิวตรอน

17. สมการแสดงการสลายของกัมมันตภาพรังสี

$$^{238}_{92}U \rightarrow {}^{234}_{90}Th + {}^{4}_{2}He$$

มีกฎเกณฑ์เกี่ยวกับเลขมวลและเลขอะตอมอย่างไร

แนวคำตอบ ในสมการปฏิกิริยานิวเคลียร์ ผลรวมของเลขมวลและเลขอะตอมทางซ้ายและขวาของสมการต้องเท่ากัน ตัวอย่างเช่น

$$^{238}_{92}U \rightarrow {}^{234}_{90}Th + {}^{4}_{2}He$$

สังเกตได้ว่า $238 = 234 + 4$

$92 = 90 + 2$

18. จงเขียนสมการนิวเคลียร์ของปฏิกิริยาฟิวชันในภาพ 4.24 ในหนังสือเรียน

แนวคำตอบ ปฏิกิริยาฟิวชันในภาพ 4.24 คือ

$$^{2}_{1}\mathrm{H} + {}^{2}_{1}\mathrm{H} \rightarrow {}^{3}_{2}\mathrm{He} + {}^{1}_{0}\mathrm{n} + \text{พลังงาน}$$

19. เพราะเหตุใดจึงควรหลีกเลี่ยง การใช้รังสีเอกซ์กับหญิงมีครรภ์ที่อายุครรภ์ต่ำกว่า 3 เดือน

แนวคำตอบ รังสีเอกซ์อาจเข้าไปเปลี่ยนรหัสพันธุกรรมของทารก ซึ่งถ้าอายุครรภ์ต่ำกว่า 3 เดือน อวัยวะต่างๆ ของ ทารกยังสร้างขึ้นไม่ครบ ดังนั้นทารกอาจเกิดมาพิการได้

ภาคผนวก

- รายการวัสดุอุปกรณ์และสารเคมี
- คำศัพท์
- รายการหนังสือที่แนะนำให้อ่านเพิ่มเติม
- คณะกรรมการพัฒนาหนังสือเรียน

รายการวัสดุอุปกรณ์

รายการ	ปริมาณต่อ 10 กลุ่ม
1. หม้อแปลงโวลต์ต่ำ 2 - 12 โวลต์	10 เครื่อง
2. เครื่องเคาะสัญญาณเวลา	10 เครื่อง
3. แถบกระดาษ	30 เมตร
4. รถทดลอง	10 คัน
5. ชุดการทดลองการเคลื่อนที่แนวโค้ง	10 ชุด
6. กระดาษกราฟ	10 แผ่น
7. กระดาษคาร์บอน	2 แผ่น
8. ชุดการเคลื่อนที่แบบวงกลม	10 ชุด
9. ขาตั้งและที่จับหลอดทดลอง	10 ชุด
10. นอตขนาด $\varnothing$ 1.5 - 2 เซนติเมตร	30 ตัว
11. เชือกยาว 50 เซนติเมตร (ใช้แขวนนอต)	10 เส้น
12. ผงตะไบเหล็ก 50 cc	10 ชุด
13. แม่เหล็กชุดละ 2 แท่ง	10 ชุด
14. แม่เหล็กขั้วข้าง ชุดละ 2 แท่ง	10 ชุด
15. เข็มทิศขนาดเล็ก	10 อัน
16. หลอดรังสีแคโทด	1 หลอด
17. แหล่งจ่ายไฟตรงโวลต์สูง	1 ชุด
18. สายไฟพร้อมคลิปปากจระเข้ ชุดละ 2 เส้น	10 ชุด
19. แผ่นอะลูมิเนียมฟอยล์ ขนาด 1 เซนติเมตร × 5 เซนติเมตร	10 แผ่น
20. แบตเตอรี่ 1.5 โวลต์ 4 ก้อน พร้อมกล่อง	10 ชุด
21. กระดาษกรอง	5 แผ่น
22. เครื่องจ่ายไฟตรงโวลต์สูง	1 เครื่อง
23. แผ่นกระจก ขนาด 10 เซนติเมตร × 10 เซนติเมตร	1 แผ่น
24. ผงด่างทับทิมบดละเอียด	20 กรัม

รายการ	ปริมาณต่อ 10 กลุ่ม
25. ขั้วไฟฟ้าบวกและขั้วไฟฟ้าลบ	1 ชุด
26. ถุงทราย 500 กรัม ชุดละ 3 ถุง	10 ชุด
27. ขดลวดสปริง	10 ขด
28. ด้ายสีสะดุดตายาว 10 เซนติเมตร	10 เส้น
29. ชุดถาดคลื่น	1 ชุด
30. ขลุ่ยพลาสติก (recorder)	1 ชุด
31. ออสซิลโลสโคป	1 เครื่อง
32. ไมโครโฟน	1 ตัว
33. เครื่องดนตรีอย่างน้อย 2 ชนิด	1 ชุด
34. ลูกเต๋าชุดละ 40 ลูก	10 ชุด
35. เครื่องตรวจวัดรังสี	1 เครื่อง

คำศัพท์

กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำ	induced current
กัมมันตภาพรังสี	radioactivity
กากกัมมันตรังสี	radioactive waste
การเคลื่อนที่แบบวงกลม	circular motion
การเคลื่อนที่แนวตรง	linear motion
การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์	projectile motion
การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย	simple harmonic motion
การตกแบบเสรี	free fall
การแทรกสอด	interference
การเลี้ยวเบน	diffraction
การสลายกัมมันตรังสี	radioactive decay
การสะท้อน	reflection
การหักเห	refraction
ครึ่งชีวิต	half life
คลื่นกล	mechanical wave
คลื่นตามขวาง	transverse wave
คลื่นตามยาว	longitudinal wave
คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า	electromagnetic wave
คลื่นวิทยุ	radio wave
ความเข้มเสียง	sound intensity
ความถี่	frequency
ความยาวคลื่น	wavelength
ความเร่ง	acceleration
ความเร่งโน้มถ่วง	gravitational acceleration
ความเร็ว	velocity
คาบ	period
เครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์	nuclear reactor

เครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ฟิวชัน	fusion reactor
ธาตุกัมมันตรังสี	radioactive element
นิวเคลียสกัมมันตรังสี	radioactive nucleus
บีตส์	beats
ปฏิกิริยาลูกโซ่	chain reaction
ปืนอิเล็กตรอน	electron gun
พลังงานนิวเคลียร์	nuclear energy
ฟิชชัน	fission
ฟิวชัน	fusion
มลภาวะของเสียง	noise pollution
ระดับความเข้มเสียง	sound intensity level
รังสีพื้นฐาน	background radiation
แรงนิวเคลียร์	nuclear force
แรงโน้มถ่วง	gravitational force
แรงสู่ศูนย์กลาง	centripetal force
ลมสุริยะ	solar wind
สนามโน้มถ่วง	gravitational field
สนามไฟฟ้า	electric field
สนามแม่เหล็ก	magnetic field
เส้นสนามไฟฟ้า	electric field line
เส้นสนามแม่เหล็ก	magnetic field line
หลอดรังสีแคโทด	cathode ray tube
อัตราเร็ว	speed
อัลตราซาวด์	ultrasound
อินฟราซาวด์	infrasound
แอมพลิจูด	amplitude
ไอโซโทป	isotope
ไอโอโนสเฟียร์	ionosphere

รายการหนังสือที่แนะนำให้อ่านเพิ่มเติม

ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, สถาบัน. **หนังสือเรียนวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพ ชีวภาพ แสงอาทิตย์และพลังงาน.** กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว. 2542.

ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, สถาบัน. **หนังสือเรียนวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพ ชีวภาพ เสียงในชีวิตประจำวัน.** กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว. 2543.

ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, สถาบัน. **หนังสือเรียนวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพ ชีวภาพ รังสีที่เรามองไม่เห็น.** กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว. 2544.

ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, สถาบัน. **หนังสือเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ 2 รหัสวิชา 20001402.** กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว. 2542.

ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, สถาบัน. **หนังสือเรียนวิชาฟิสิกส์ เล่ม 1 ว 421.** กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว. 2545.

ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, สถาบัน. **หนังสือเรียนวิชาฟิสิกส์ เล่ม 2 ว 021.** กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว. 2545.

ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, สถาบัน. **หนังสือเรียนวิชาฟิสิกส์ เล่ม 4 ว 023.** กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว. 2544.

ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, สถาบัน. **หนังสือเรียนวิชาฟิสิกส์ เล่ม 5 ว 024.** กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว. 2544.

ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, สถาบัน. **หนังสือเรียนวิชาฟิสิกส์ เล่ม 6 ว 025.** กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว. 2545.

ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, สถาบัน. **หนังสือเรียนวิชาฟิสิกส์ 1 ว 422.** กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว. 2541.

Hewitt, P.G., Suchocki, J. and Hewitt, L.A. **Conceptual Physical Science.** Menlo Park. California : Addison Wesley Longman, 1999.

Jardine, J. **Physics Through Applications.** Oxford : Oxford University Press, 1989.

Jewitt, J.W. **The World of Physics : Mysteries Magic and Myth.** Brooks/Cole, 2001.

Life Science Library. **Sound and Hearing.** Time-Books, 1980.

Pople, S. **Complete Physics.** Oxford : Oxford University Press, 1999.

Pople, S. and Whitehead, P. **Co-Ordinated Science : Physics.** Oxford : Oxford University Press, 1996.

Serway, R.A. and Faughn, J.S. **Holt Physics.** Austin : Holt, Rinehart and Winston, 1999.

Storen, A. and Martine, R. **Physics for Senior Students.** Books Nelson, 1992.

คณะกรรมการพัฒนาคู่มือครูวิทยาศาสตร์พื้นฐาน
(หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544)

คณะกรรมการดำเนินงาน

นางดวงสมร คล่องสารา	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
นายไชยยันต์ ศิริโชติ	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
นายรังสรรค์ ศรีสาคร	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
ดร.โชคชัย อัศวินชัย	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
นางสาวรัชนี วุฒิภักดี	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
นางเบ็ญจวรรณ ศรีเจริญ	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
นางสุจิตรา ศิริสวัสดิ์พิพัฒน์	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
นายวัฒน วัฒนากูล	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
นางสาวธนพรรณ ชาลี	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
นายไพรัตน์ วรภักดี	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
นางสาวสติยา ลังการ์พินธุ์	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ที่ปรึกษา

รศ.ดร.ฟียา อมตวิวัฒน์	ที่ปรึกษาสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
ดร.พิศาล สร้อยธุหร่ำ	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
ดร.สุนีย์ คล้ายนิล	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
ดร.ประมวล ศิริผันแก้ว	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
นางนันทิยา บุญเคลือบ	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

คณะบรรณาธิการ

รศ.ดร. ฟียา อมตวิวัฒน์	ที่ปรึกษาสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
ดร.ประมวล ศิริผันแก้ว	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
นางนันทิยา บุญเคลือบ	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
นางดวงสมร คล่องสารา	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

คณะกรรมการพัฒนาคู่มือครูรายวิชาพื้นฐาน ฟิสิกส์
(หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551)

คณะกรรมการดำเนินงาน

รศ.ดร. อนันตสิน เตชะกำพุช	ผู้เชี่ยวชาญ (พนักงานสมทบ)
นายบุญชัย ตันไถง	ผู้ชำนาญ (พนักงานสมทบ)
นางกิ่งแก้ว คูอมรพัฒนะ	ผู้ชำนาญ (พนักงานสมทบ)
นายสุมิตร สวนสุข	โรงเรียนสวนกุหลาบ
ดร.บุรินทร์ อัศวพิภพ	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
นายไชยยันต์ ศิริโชติ	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
นายราม ติวารี	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
นางสาวนันท์นภัส ลิ้มสันติธรรม	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
นายวินัย เลิศเกษมสันต์	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
นางสาวศิขริน ดอนขำไพร	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

คณะที่ปรึกษา

ดร.พรพรรณ ไวทยางกูร	ผู้อำนวยการ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
นายณรงค์ศิลป์ ธูปพนม	ผู้ช่วยผู้อำนวยการ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

คณะบรรณาธิการ

รศ.ดร.อนันตสิน เตชะกำพุช	ผู้เชี่ยวชาญ (พนักงานสมทบ)
ผศ.ดร.วุทธิพันธุ์ ปรัชญพฤทธิ์	นักวิชาการอิสระ
นางกิ่งแก้ว คูอมรพัฒนะ	ผู้ชำนาญ (พนักงานสมทบ)
นายไชยยันต์ ศิริโชติ	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

คำสำคัญในการสืบค้น

คำศัพท์	หน้า
กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำ	64
กัมมันตภาพรังสี	100
กากกัมมันตรังสี	100
การเคลื่อนที่แบบวงกลม	41
การเคลื่อนที่แนวตรง	26
การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์	37
การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย	44
การตกแบบเสรี	34
การแทรกสอด	87
การเลี้ยวแบน	86
การสลายกัมมันตรังสี	101
การสะท้อน	85
การหักเห	85
ครึ่งชีวิต	101
คลื่นกล	81
คลื่นตามขวาง	82
คลื่นตามยาว	82
คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า	92
คลื่นวิทยุ	98
ความเข้มเสียง	92
ความถี่	82

คำสำคัญในการสืบค้น

คำศัพท์	หน้า
ควายยาวคลื่น	82
ความเร่ง	30
ความเร่งโน้มถ่วง	35
ความเร็ว	26
คาบ	82
เครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์	108
เครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ฟิวชัน	109
ธาตุกัมมันตรังสี	100
นิวเคลียสกัมมันตรังสี	101
บีตส์	88
ปฏิกิริยาลูกโซ่	108
พลังงานนิวเคลียร์	105
ฟิชชัน	108
ฟิวชัน	110
มลภาวะของเสียง	97
ระดับความเข้มเสียง	91
แรงโน้มถ่วง	35
แรงสู่ศูนย์กลาง	43
ลมสุริยะ	66
สนามโน้มถ่วง	71
สนามไฟฟ้า	67

คำสำคัญในการสืบค้น

คำศัพท์	หน้า
สนามแม่เหล็ก	55
เส้นสนามไฟฟ้า	68
หลอดรังสีแคโทด	60
อัตราเร็ว	26
อัตราเร่ง	91
อินฟราซาวด์	91
แอมพลิจูด	82
ไอโซโทป	100

สสวท

สสวท

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ศึกษาภัณฑ์พาณิชย์
พิมพ์ที่โรงพิมพ์ สกสค. ลาดพร้าว
นายชินภัทร ภูมิรัตน ผู้พิมพ์และโฆษณา
๕๓๐๐๑๐๕

องค์การค้าของ สกสค.

www.suksapan.or.th