

คำนำ

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ร่วมกับ สถาบันพัฒนาครู คณาจารย์ และบุคลากรทางการศึกษา (สคบศ.) ดำเนินการพัฒนาชุดการอบรมครูผู้ช่วยหรือครูบรรจุใหม่ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ระดับประถมศึกษาถึงระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ตามโครงการพัฒนาชุดการอบรมครูผู้ช่วยหรือครูบรรจุใหม่ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ระดับประถมศึกษาถึงระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่เน้นกระบวนการคิดวิเคราะห์แก้ปัญหา โดยเริ่มโครงการระหว่างปีงบประมาณ 2555 – 2557

เพื่อให้การอบรมครูผู้ช่วยหรือครูบรรจุใหม่ดำเนินตามนโยบาย เป้าหมาย และวัตถุประสงค์ สสวท. จึงได้จัดทำชุดการอบรมครูผู้ช่วยหรือครูบรรจุใหม่ จำนวน 13 ชุด ได้แก่ (1) วิชาวิทยาศาสตร์ประถมศึกษา (2) วิชาวิทยาศาสตร์มัธยมศึกษาตอนต้น (3) วิชาเคมีมัธยมศึกษาตอนปลาย (4) วิชาชีววิทยามัธยมศึกษาตอนปลาย (5) วิชาฟิสิกส์มัธยมศึกษาตอนปลาย (6) วิชาโลก ดาราศาสตร์และอวกาศมัธยมศึกษาตอนปลาย (7) วิชาคณิตศาสตร์ประถมศึกษาตอนต้น (8) วิชาคณิตศาสตร์ประถมศึกษาตอนปลาย (9) วิชาคณิตศาสตร์มัธยมศึกษาตอนต้น (10) วิชาคณิตศาสตร์มัธยมศึกษาตอนปลาย (11) วิชาเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารประถมศึกษา (12) วิชาเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารมัธยมศึกษาตอนต้น (13) วิชาเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารมัธยมศึกษาตอนปลาย แต่ละชุดประกอบด้วย แผนการอบรม เอกสารสำหรับผู้เข้ารับการอบรม เอกสารสำหรับวิทยากร และสื่อประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อมอบให้กับสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาและหน่วยงานที่มีส่วนเกี่ยวข้องดำเนินการอบรมครูผู้ช่วยหรือครูบรรจุใหม่ในสังกัดต่อไป

สสวท. ขอขอบพระคุณคณะผู้เชี่ยวชาญ คุณครู และคณะกรรมการทุกท่าน ที่ให้ความร่วมมือในการพัฒนาหลักสูตร และจัดทำเอกสาร หวังเป็นอย่างยิ่งว่า เอกสารเล่มนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้เกี่ยวข้องทุกฝ่าย หากมีข้อเสนอแนะโปรดแจ้งแก่ คณะทำงานโครงการพัฒนาชุดการอบรมครูผู้ช่วยหรือครูบรรจุใหม่ สสวท. ทราบด้วย จักขอบคุณยิ่ง

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

กันยายน 2557



สารบัญ

	หน้า
หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 การออกแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ วิชาฟิสิกส์	1
เรื่อง การเคลื่อนที่แนวตรง	3
แผนการอบรม	5
เอกสารประกอบแผนการอบรม	15
เฉลยใบบันทึกกิจกรรมและแบบตรวจสอบความเข้าใจและสรุปลงค์ความรู้	20
เรื่อง การเคลื่อนที่แนวโค้ง	23
แผนการอบรม	25
เอกสารประกอบแผนการอบรม	31
เฉลยใบบันทึกกิจกรรมและแบบตรวจสอบความเข้าใจและสรุปลงค์ความรู้	36
เรื่อง แรงแม่เหล็ก	39
แผนการอบรม	41
เอกสารประกอบแผนการอบรม	51
เฉลยใบบันทึกกิจกรรมและแบบตรวจสอบความเข้าใจและสรุปลงค์ความรู้	57
เรื่อง แรงไฟฟ้า	61
แผนการอบรม	63
เอกสารประกอบแผนการอบรม	71
เฉลยใบบันทึกกิจกรรมและแบบตรวจสอบความเข้าใจและสรุปลงค์ความรู้	76
เรื่อง แม่เหล็ก	79
แผนการอบรม	81
เอกสารประกอบแผนการอบรม	89
เฉลยใบบันทึกกิจกรรมและแบบตรวจสอบความเข้าใจและสรุปลงค์ความรู้	98



สารบัญ

	หน้า
เรื่อง ไฟฟ้าและแม่เหล็ก	101
แผนการอบรม	103
เอกสารประกอบแผนการอบรม	111
เฉลยใบบันทึกกิจกรรมและแบบตรวจสอบความเข้าใจและสรุปลงค์ความรู้	122
เรื่อง คลื่นพิน้ำและองค์ประกอบ	125
แผนการอบรม	127
เอกสารประกอบแผนการอบรม	133
เฉลยใบบันทึกกิจกรรมและแบบตรวจสอบความเข้าใจและสรุปลงค์ความรู้	140
เรื่อง สมบัติของคลื่น	143
แผนการอบรม	145
เอกสารประกอบแผนการอบรม	153
เฉลยใบบันทึกกิจกรรมและแบบตรวจสอบความเข้าใจและสรุปลงค์ความรู้	160
เรื่อง กัมมันตภาพรังสี	163
แผนการอบรม	165
เอกสารประกอบแผนการอบรม	173
เฉลยใบบันทึกกิจกรรมและแบบตรวจสอบความเข้าใจและสรุปลงค์ความรู้	186
เรื่อง การสร้างสื่ออุปกรณ์อย่างง่าย	189
แผนการอบรม	191
เอกสารประกอบแผนการอบรม	197
แบบกรอกคะแนน	201
รายการอุปกรณ์และวัสดุสิ้นเปลือง	209
คำชี้แจงและแนวทางปฏิบัติสำหรับวิทยากร	215



หน่วยการเรียนรู้ที่ 6

การออกแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้
วิชาฟิสิกส์ ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

เรื่อง การเคลื่อนที่แนวตรง

แผนการอบรม

แผนการอบรมครูฟิสิกส์ ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย สำหรับครูผู้ช่วยหรือครูบรรจุใหม่
เรื่อง การเคลื่อนที่แนวตรง

เวลา 2 ชั่วโมง 30 นาที

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายลักษณะการเคลื่อนที่แนวตรง
2. อธิบายการบอกตำแหน่งของวัตถุในแนวตรง ระยะทางและการกระจัด
3. อธิบายความหมายของอัตราเร็ว ความเร็ว และความเร่ง และหาปริมาณเหล่านั้นได้
4. ทดลองหาอัตราเร็วเฉลี่ยและอัตราเร็วขณะหนึ่งของวัตถุที่เคลื่อนที่ในแนวตรงโดยใช้เครื่องเคาะสัญญาณเวลาได้
5. วิเคราะห์และประยุกต์ความรู้เพื่ออธิบายการเคลื่อนที่แนวตรงในชีวิตประจำวันได้

สาระสำคัญ

การบอกตำแหน่งของวัตถุในแนวตรงต้องบอกเทียบกับจุด ๆ หนึ่งในการเคลื่อนที่ เรียกว่า **จุดอ้างอิง** เมื่อวัตถุมีการเคลื่อนที่ ตำแหน่งของวัตถุนั้นจะเปลี่ยนไป การเปลี่ยนตำแหน่งของวัตถุ เรียกว่า **การกระจัด** (displacement) ความยาวตามเส้นทางที่วัตถุเคลื่อนที่ เรียกว่า **ระยะทาง** (distance) การกระจัดเป็นปริมาณเวกเตอร์จึงต้องระบุทั้งขนาดและทิศทาง ส่วนระยะทางเป็นปริมาณสเกลาร์

ปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ นอกจากการกระจัดและระยะทางแล้ว ยังมีอัตราเร็ว ความเร็ว และความเร่ง สำหรับการเคลื่อนที่แนวตรง (linear motion) เช่น แนวระดับหรือแนวตั้งของวัตถุ มีการกระจัด ความเร็วและความเร่งอยู่ในแนวเส้นตรงเดียวกัน โดยอัตราเร็ว (speed) หาได้จากระยะทางที่วัตถุเคลื่อนที่ได้ในหนึ่งหน่วยเวลา อัตราเร็วเป็นปริมาณสเกลาร์ มีหน่วยเมตรต่อวินาที **ความเร็ว** (velocity) หาได้จากการกระจัดของวัตถุในหนึ่งหน่วยเวลา ความเร็วเป็นเวกเตอร์ มีหน่วยเมตรต่อวินาที วัตถุที่มีความเร็วคงตัว หมายถึง วัตถุที่เคลื่อนที่โดยมีขนาดและทิศทางของความเร็วไม่เปลี่ยนแปลง วัตถุที่เคลื่อนที่โดยมีความเร็วเปลี่ยนไป เรียกว่าวัตถุมี**ความเร่ง** (acceleration) ความเร่งหาได้จากความเร็วที่เปลี่ยนไปในหนึ่งหน่วยเวลา ความเร่งเป็นเวกเตอร์



ปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่แนวตรงมีความหมายดังนี้

- วัตถุที่เคลื่อนที่จากที่หนึ่งไปอีกที่หนึ่ง ความยาวตามเส้นทางการเคลื่อนที่ คือ ระยะทาง ระยะทางเป็นปริมาณสเกลาร์ คือ ปริมาณที่บอกแต่ขนาด
- วัตถุที่เปลี่ยนตำแหน่งจากตำแหน่งหนึ่งไปยังอีกตำแหน่งหนึ่ง ความยาวตามแนวเส้นตรงจากตำแหน่งเดิมไปยังตำแหน่งใหม่ เรียกว่า ขนาดการกระจัด การกระจัดเป็นปริมาณเวกเตอร์มีทิศทางชี้จากตำแหน่งเดิมไปตำแหน่งใหม่
- อัตราเร็วเฉลี่ย เป็นอัตราส่วนระหว่างระยะทางที่วัตถุเคลื่อนที่ได้กับช่วงเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ และเป็นปริมาณสเกลาร์
- อัตราเร็วขณะหนึ่ง เป็นอัตราเร็วเฉลี่ยในช่วงเวลาที่สั้นมาก ๆ และเป็นปริมาณสเกลาร์
- ความเร็วเฉลี่ย เป็นอัตราส่วนระหว่างการกระจัดของวัตถุกับช่วงเวลาของการกระจัดนั้น และเป็นปริมาณเวกเตอร์
- ความเร็วขณะหนึ่ง เป็นความเร็วเฉลี่ยในช่วงเวลาสั้นมาก ๆ และเป็นปริมาณเวกเตอร์
- วัตถุที่มีความเร่ง คือ วัตถุที่มีการเปลี่ยนแปลงขนาดของความเร็วหรือทิศทางของความเร็ว หรือ ทั้งขนาดและทิศทางของความเร็วในช่วงเวลาหนึ่ง
- ความเร่งเฉลี่ย คือ อัตราการเปลี่ยนความเร็วในช่วงเวลาหนึ่ง
- ความเร่งขณะหนึ่ง คือ อัตราการเปลี่ยนความเร็วในช่วงเวลาที่สั้นมาก

ความรู้พื้นฐาน

ปริมาณสเกลาร์ ปริมาณเวกเตอร์ การบวกลบเวกเตอร์ การหาขนาดและทิศทางของเวกเตอร์ลัพธ์ การใช้เครื่องเคาะสัญญาณเวลา หม้อแปลงโวลต์ต่ำ เครื่องวัดความยาวและการบันทึกผลการวัด

ความเข้าใจคลาดเคลื่อน

ความเข้าใจคลาดเคลื่อน	ความเข้าใจที่ถูกต้อง
1. ระยะทางกับการกระจัด คือ สิ่งเดียวกัน	1. ระยะทางกับการกระจัดเป็นปริมาณที่ต่างกัน โดยระยะทางเป็นความยาวตามเส้นทางการเคลื่อนที่จริงของวัตถุ และเป็นปริมาณสเกลาร์ ส่วนการกระจัดเป็นความยาวตามแนวเส้นตรงจากตำแหน่งเริ่มต้นไปยังตำแหน่งสุดท้าย และเป็นปริมาณเวกเตอร์
2. อัตราเร็วกับความเร็ว คือ สิ่งเดียวกัน	2. อัตราเร็วกับความเร็วเป็นปริมาณที่ต่างกัน โดยอัตราเร็วขึ้นกับระยะทางตามเส้นทางการเคลื่อนที่ของวัตถุกับช่วงเวลานั้น และเป็นปริมาณสเกลาร์ ส่วนความเร็วขึ้นกับการกระจัดของวัตถุกับช่วงเวลานั้นเช่นกัน และเป็นปริมาณเวกเตอร์

ความเข้าใจคลาดเคลื่อน	ความเข้าใจที่ถูกต้อง
3. วัตถุที่มีความเร่ง คือ วัตถุที่มีขนาดความเร็วเพิ่มขึ้นเท่านั้น	3. วัตถุที่มีความเร่งไม่จำเป็นต้องมีขนาดความเร็วเพิ่มขึ้นก็ได้ เพราะเปลี่ยนความเร็วนั้นอาจจะมีการเปลี่ยนทิศทางการเคลื่อนที่ หรือเปลี่ยนขนาดของความเร็ว หรือเปลี่ยนทั้งขนาดและทิศทางของความเร็วก็ได้
4. ความเร่งจะมีทิศทางเดียวกับการเคลื่อนที่ของวัตถุเสมอ	4. วัตถุที่มีความเร่งไม่จำเป็นต้องมีทิศทางเดียวกับการเคลื่อนที่ของวัตถุเสมอ เช่น กรณีวัตถุเคลื่อนที่เป็นวงกลมสม่ำเสมอ ทิศทางของความเร็วและความเร่งจะตั้งฉากกัน
5. ถ้าวัตถุมีความเร็วเป็นศูนย์ วัตถุนั้นจะไม่มี ความเร่ง	5. วัตถุที่มีความเร็วเป็นศูนย์ อาจมีความเร่งหรือไม่มีก็ได้ กรณีที่มีความเร่ง เช่น เมื่อโยนวัตถุขึ้นในแนวตั้ง เมื่อถึงจุดสูงสุด วัตถุจะมีความเร็วในแนวตั้งเป็นศูนย์ แต่ความเร่งมีค่าเท่ากับความเร่งโน้มถ่วงของโลกตลอดการเคลื่อนที่

สื่อการเรียนรู้

- เอกสารประกอบการอบรม 1: ใบกิจกรรม เรื่อง อัตราเร็วเฉลี่ยและอัตราเร็วขณะหนึ่ง
- เอกสารประกอบการอบรม 2: ใบบันทึกกิจกรรม เรื่อง อัตราเร็วเฉลี่ยและอัตราเร็วขณะหนึ่ง
- เอกสารประกอบการอบรม 3: แบบตรวจสอบความเข้าใจและสรุปองค์ความรู้
เรื่อง การเคลื่อนที่แนวตรง
- สื่อสำหรับวิทยากร 1: ไฟล์ภาพการเคลื่อนที่ของสิ่งต่าง ๆ ไฟล์ตารางข้อมูลการวิ่ง
- หนังสือเรียน รายวิชาพื้นฐาน ฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 – 6
- อุปกรณ์ประกอบกิจกรรม:
 - แผนที่ประเทศไทย เส้นด้าย ไม้บรรทัด ไมโครเมตร
 - อัตราเร็วเฉลี่ยและอัตราเร็วขณะหนึ่ง (เครื่องเคาะสัญญาณเวลา หม้อแปลงโวลต์ต่ำ สายไฟ รถทดลอง และแถบกระดาษ)

แนวทางการจัดกิจกรรม

กิจกรรม	สื่อ/ เอกสาร	วัดและประเมินผล										
1. กิจกรรมนำเข้าสู่การอบรม 1.1 นำภาพการเคลื่อนที่ของสิ่งต่าง ๆ (อาจเป็นภาพนิ่งหรือวิดีโอ) เช่น การแกว่งของชิงช้า คนวิ่งแข่ง 100 เมตร รถวิ่งตามถนนตรง รถเลี้ยวโค้ง รถไถ่ถึง ชิงช้าสวรรค์ ลูกตุ้ม นาฬิกา ดาวเทียมโคจรรอบโลกและการเคลื่อนที่ของลูกบาสเกตบอล ให้จำแนกว่า ภาพใดเป็นการเคลื่อนที่แนวตรง จากนั้น ร่วมกันอภิปรายว่า เพื่อนำไปสู่ความเข้าใจลักษณะของการเคลื่อนที่แนวตรงว่า การเคลื่อนที่แนวตรงเป็นการเคลื่อนที่ที่มีเส้นทางการเคลื่อนที่อยู่ในแนวเส้นตรง 1.2 ทบทวนความรู้เกี่ยวกับการบอกตำแหน่งระยะทาง และการกระจัด โดยให้วัดระยะทางระหว่างกรุงเทพ ฯ ถึงจังหวัดที่สนใจในแผนที่ประเทศไทย และวัดการกระจัดระหว่างกรุงเทพและจังหวัดนั้น พร้อมทั้งระบุทิศทางแล้ว ร่วมอภิปรายจนสรุปได้ว่า การเคลื่อนที่แนวตรงมีระยะทาง และการกระจัดอยู่ในแนวเส้นตรงเดียวกัน	- ไฟล์ภาพการเคลื่อนที่ของสิ่งต่าง ๆ - อุปกรณ์ประกอบกิจกรรม (ข้อ 6.1)	- การมีส่วนร่วม										
2. กิจกรรมระหว่างการอบรม 2.1 แสดงตารางเวลาการวิ่ง 100 เมตรชาย แล้วตั้งคำถามว่า นักวิ่งคนใดวิ่งเร็วที่สุด ตาราง 2.1 เวลาที่ใช้ในการวิ่ง 100 เมตรชาย <table><tr><th>ชื่อนักวิ่ง</th><th>เวลาที่ใช้ในการวิ่ง 100 เมตร (วินาที)</th></tr><tr><td>วินัย</td><td>12.28</td></tr><tr><td>สมศักดิ์</td><td>11.69</td></tr><tr><td>ประพจน์</td><td>11.77</td></tr><tr><td>กฤษณะ</td><td>11.80</td></tr></table> อภิปรายร่วมกันเพื่อสรุปว่า ในกรณีที่วัตถุเคลื่อนที่ได้ระยะทางเท่ากัน เราสามารถบอกว่า วัตถุใดเคลื่อนที่เร็วกว่ากัน โดยดูจากเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ ถ้าเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่มาก แสดงว่าวัตถุนั้นเคลื่อนที่ช้ากว่าวัตถุที่ใช้	ชื่อนักวิ่ง	เวลาที่ใช้ในการวิ่ง 100 เมตร (วินาที)	วินัย	12.28	สมศักดิ์	11.69	ประพจน์	11.77	กฤษณะ	11.80	- ไฟล์ตารางข้อมูลการวิ่ง - ใบกิจกรรม เรื่อง อัตราเร็วเฉลี่ยและอัตราเร็วขณะหนึ่ง - อุปกรณ์ประกอบกิจกรรม (ข้อ 6.2) - ใบบันทึกกิจกรรม เรื่อง อัตราเร็วเฉลี่ยและอัตราเร็วขณะหนึ่ง	- การมีส่วนร่วม - การนำเสนอผลงาน 1 กลุ่ม (หมุนเวียน) - ชิ้นงาน (ใบบันทึกกิจกรรม เรื่อง อัตราเร็วเฉลี่ยและอัตราเร็วขณะหนึ่ง)
ชื่อนักวิ่ง	เวลาที่ใช้ในการวิ่ง 100 เมตร (วินาที)											
วินัย	12.28											
สมศักดิ์	11.69											
ประพจน์	11.77											
กฤษณะ	11.80											

กิจกรรม	สื่อ/ เอกสาร	วัดและประเมินผล																												
เวลาน้อย 2.2 แสดงตารางระยะทางที่นักวิ่งวิ่งได้ในเวลา 10 วินาที แล้วตั้งคำถามว่า นักวิ่งคนใดวิ่งเร็วที่สุด ตาราง 2.2 ระยะทางที่นักวิ่งแต่ละคนวิ่งได้ในเวลา 10 วินาที <table><tr><th>ชื่อนักวิ่ง</th><th>ระยะทางที่วิ่งได้ใน 10 วินาที (เมตร)</th></tr><tr><td>วรวิทย์</td><td>85.5</td></tr><tr><td>พลณพ</td><td>80.1</td></tr><tr><td>ประพฤทธิ์</td><td>83.2</td></tr><tr><td>คามินทร์</td><td>87.0</td></tr></table> อภิปรายร่วมกันเพื่อสรุปว่า วัตถุที่เคลื่อนที่ในเวลาเท่ากัน เราสามารถบอกว่าวัตถุใดเคลื่อนที่เร็วกว่ากัน โดยดูจากระยะทางที่ใช้ในการเคลื่อนที่ ถ้าได้ระยะทางมาก แสดงว่าวัตถุนั้นเคลื่อนที่เร็วกว่าวัตถุที่เคลื่อนที่ได้ระยะทางน้อย 2.3 แสดงตารางเวลาที่ใช้ในการวิ่งแต่ละประเภทของนักวิ่งหญิงแต่ละคน และตั้งคำถามว่า นักวิ่งคนใดวิ่งเร็วที่สุด ตาราง 2.3 เวลาที่ใช้ในการวิ่งแต่ละประเภทของนักวิ่งหญิง 5 คน <table><tr><th>ชื่อนักวิ่ง</th><th>ระยะทาง (เมตร)</th><th>เวลาที่ใช้ (วินาที)</th></tr><tr><td>สุรีย์</td><td>100</td><td>12.82</td></tr><tr><td>สมศรี</td><td>200</td><td>25.07</td></tr><tr><td>ปวีณา</td><td>400</td><td>58.54</td></tr><tr><td>ปรีศนา</td><td>800</td><td>134.21</td></tr><tr><td>สุภาภรณ์</td><td>1500</td><td>293.15</td></tr></table> อภิปรายร่วมกันเพื่อสรุปว่า วัตถุที่เคลื่อนที่ในระยะทางที่ต่างกันและใช้เวลาต่างกัน เราสามารถบอกว่าวัตถุใดเร็วกว่ากัน โดยใช้อัตราเร็วเฉลี่ยเป็นตัวเปรียบเทียบ ซึ่งก็คือการเปรียบเทียบระยะทางที่วัตถุเคลื่อนที่ได้ในเวลา 1 วินาที	ชื่อนักวิ่ง	ระยะทางที่วิ่งได้ใน 10 วินาที (เมตร)	วรวิทย์	85.5	พลณพ	80.1	ประพฤทธิ์	83.2	คามินทร์	87.0	ชื่อนักวิ่ง	ระยะทาง (เมตร)	เวลาที่ใช้ (วินาที)	สุรีย์	100	12.82	สมศรี	200	25.07	ปวีณา	400	58.54	ปรีศนา	800	134.21	สุภาภรณ์	1500	293.15		
ชื่อนักวิ่ง	ระยะทางที่วิ่งได้ใน 10 วินาที (เมตร)																													
วรวิทย์	85.5																													
พลณพ	80.1																													
ประพฤทธิ์	83.2																													
คามินทร์	87.0																													
ชื่อนักวิ่ง	ระยะทาง (เมตร)	เวลาที่ใช้ (วินาที)																												
สุรีย์	100	12.82																												
สมศรี	200	25.07																												
ปวีณา	400	58.54																												
ปรีศนา	800	134.21																												
สุภาภรณ์	1500	293.15																												

กิจกรรม	สื่อ/ เอกสาร	วัดและประเมินผล
อัตราเร็วเฉลี่ย = $\frac{\text{ระยะทางการเคลื่อนที่}}{\text{เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่}}$ จากนั้นชี้ให้เห็นว่า อัตราเร็วเฉลี่ยเป็นค่าเฉลี่ยของ อัตราเร็วตลอดระยะทางการวิ่ง ไม่ได้หมายความว่า นักวิ่ง วิ่งด้วยอัตราเร็วนี้ตลอดเวลา บางช่วงอาจวิ่งด้วยอัตราเร็ว มากกว่าอัตราเร็วเฉลี่ย บางช่วงอาจน้อยกว่าอัตราเร็วเฉลี่ย ถ้าต้องการทราบว่า ณ ขณะหนึ่ง วัตถุกำลังเคลื่อนที่ด้วย อัตราเร็วเท่าใด เราจะทราบได้อย่างไรให้ศึกษาจากกิจกรรม ต่อไปนี้ ก่อนทำกิจกรรม ควรแนะนำการทำงานของเครื่อง เคาะสัญญาณเวลาซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ใช้หาอัตราเร็วของวัตถุ ตามรายละเอียดในใบความรู้ เรื่อง เครื่องเคาะสัญญาณเวลา 2.4 ทำกิจกรรม เรื่อง อัตราเร็วเฉลี่ยและอัตราเร็ว ขณะหนึ่ง แล้วนำเสนอผล 2.4.1 ร่วมกันอภิปรายผลการทำกิจกรรม สรุป ได้ว่า จากลักษณะของจุดต่าง ๆ ที่ปรากฏบนแถบกระดาษ บ่งบอกถึงการเคลื่อนที่ของรถทดลอง ถ้าช่วงจุดกว้าง รถทดลองจะเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วสูงกว่าในช่วงที่มีช่วงจุด แคบกว่า เนื่องจากแต่ละช่วงจุดใช้เวลาเท่ากัน ถ้าระยะ ระหว่างจุดมากแสดงว่าระยะทางมาก อัตราเร็วเฉลี่ยก็จะมี ค่ามากด้วยเช่นกัน จากการสังเกตจุดบนแถบกระดาษ จะพบว่า รถทดลองเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วไม่คงตัว การหาอัตราเร็ว เฉลี่ยของรถทดลองตลอดการเคลื่อนที่ทำได้จากการนำ ระยะทางทั้งหมดหารด้วยเวลาที่ใช้ โดยในแต่ละช่วงจุดบน แถบกระดาษใช้เวลาเท่ากัน คือ 1/50 วินาที ไม่ว่าช่วงจุด จะกว้างหรือแคบก็ตาม 2.4.2 ให้ความรู้เรื่อง อัตราเร็วขณะหนึ่ง ว่า อัตราเร็วขณะหนึ่งเป็นอัตราเร็ว ณ เวลาหนึ่ง หาได้จาก		

กิจกรรม	สื่อ/ เอกสาร	วัดและประเมินผล
อัตราเร็วเฉลี่ยในช่วงเวลาสั้น ๆ ซึ่งจากข้อมูลการเคลื่อนที่บนแถบกระดาษ ถ้าวัดระยะ 2 ช่วงจุดที่ติดกัน (จุด 3 จุด) ใช้เวลา 2/50 วินาที อัตราเร็วเฉลี่ยที่ได้ถือว่าเป็นอัตราเร็ว ณ จุดกึ่งกลางเวลานั้น ซึ่งเรียกว่า อัตราเร็วขณะหนึ่ง 2.4.3 ให้ความรู้เรื่อง ความเร็วเฉลี่ยเป็นอัตราส่วนระหว่างการจัดของวัตถุกับช่วงเวลาของการจัดนั้น และความเร็วเฉลี่ยเป็นปริมาณเวกเตอร์ ส่วนความเร็วขณะหนึ่งเป็นความเร็วเฉลี่ยในช่วงเวลาสั้น ๆ และเป็นปริมาณเวกเตอร์ 2.5 ให้ความรู้เกี่ยวกับความเร่ง ดังนี้ 2.5.1 ความเร่ง คือ ความเร็วที่เปลี่ยนไปในหนึ่งหน่วยเวลา โดยเน้นว่าการเปลี่ยนความเร็วเปลี่ยนได้ทั้งขนาดและทิศทาง ยกตัวอย่างการเปลี่ยนขนาดของความเร็วจากการเร่งเครื่องยนต์ เติมเบนมาตรงอัตราเร็วของรถยนต์ ชี้อ่ามากขึ้นเรื่อย ๆ หรือขณะเบรก ขนาดของความเร็วจะลดลง เติมช้าลงเรื่อย ๆ การเลี้ยวรถก็ทำให้ความเร็วเปลี่ยนเนื่องจากทิศทางของความเร็วเปลี่ยน 2.5.2 ความเร่งเฉลี่ย คือ ความเร็วที่เปลี่ยนไปในช่วงเวลาหนึ่ง ส่วนความเร่งขณะหนึ่ง คือ ความเร็วที่เปลี่ยนไปในช่วงเวลาสั้น ๆ (เช่น ช่วงเวลา 2/50 วินาที) จากนั้นร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับการหาความเร่ง จากข้อมูลการเคลื่อนที่บนแถบกระดาษ		
3. กิจกรรมหลังการอบรม ให้ผู้เข้ารับการอบรมทำแบบตรวจสอบความเข้าใจและสรุปองค์ความรู้	- แบบตรวจสอบความเข้าใจและสรุปองค์ความรู้	- การตรวจสอบความเข้าใจและการสรุปองค์ความรู้

การประเมินผล

รายการประเมิน	เกณฑ์การให้คะแนน	เครื่องมือ
1. การมีส่วนร่วมในกิจกรรม (งานกลุ่ม) ประเมินแบบภาพรวม จาก ความสนใจ ความมุ่งมั่น การทำงานร่วมกัน ทักษะปฏิบัติ การอภิปรายและรับฟังความ คิดเห็น การแก้ปัญหา ฯ	คะแนนเต็ม 4 4 : ดี 3 : ปานกลาง 2 : พอใช้	- การสังเกตการมี ส่วนร่วมในกิจกรรม
2. การนำเสนอผลงานกลุ่ม (งานกลุ่ม 1 ครั้ง) ประเมินแบบภาพรวม จากการ รายงานผลการทำกิจกรรม การสื่อความหมาย รูปแบบการ นำเสนอ การตอบคำถาม ฯ	คะแนนเต็ม 6 6 : ดี 5 : ปานกลาง 4 : พอใช้	- การสังเกตการนำเสนอ ผลงานกลุ่ม
3. ชิ้นงาน (งานเดี่ยว) ประเมินจากการตรวจใบบันทึก กิจกรรม เรื่อง อัตราเร็วเฉลี่ย และอัตราเร็วขณะหนึ่ง	คะแนนเต็ม 2 2 : ถูกต้อง 80% ขึ้นไป 1 : ถูกต้อง 50% - 80% 0 : ถูกต้องน้อยกว่า 50%	- ใบบันทึกกิจกรรม เรื่อง อัตราเร็วเฉลี่ยและ อัตราเร็วขณะหนึ่ง
4. การสรุปองค์ความรู้ (งานเดี่ยว) ประเมินจากการตรวจให้ คะแนน 4 ข้อ 10 คะแนน แล้ว นำคะแนนที่ได้หารด้วย 10	คะแนนเต็ม 1	- แบบตรวจสอบความ เข้าใจและสรุป องค์ความรู้ เรื่อง การเคลื่อนที่แนวตรง

เอกสารประกอบแผนการอบรม

ใบกิจกรรม

เรื่อง อัตราเร็วเฉลี่ยและอัตราเร็วขณะหนึ่ง

จุดประสงค์

หาอัตราเร็วเฉลี่ยและอัตราเร็วขณะหนึ่งของรถทดลอง

สื่อ – อุปกรณ์

เครื่องเคาะสัญญาณเวลา หม้อแปลงโวลต์ต่ำ สายไฟ รถทดลอง และแถบกระดาษ

วิธีการ

1. ต่อเครื่องเคาะสัญญาณเวลากับหม้อแปลงโวลต์ต่ำที่มีความต่างศักย์ 4 – 6 โวลต์
2. ติดปลายหนึ่งของแถบกระดาษกับรถทดลอง สอดอีกปลายของแถบกระดาษผ่านใต้กระดาษคาร์บอนของเครื่องเคาะสัญญาณเวลา
3. เปิดสวิตช์หม้อแปลงโวลต์ต่ำ ผลักรถทดลองให้เคลื่อนที่ซึ่งจะดึงแถบกระดาษผ่านคันเคาะของเครื่องเคาะสัญญาณเวลา
4. เลือกจุดเริ่มต้น ($t = 0$) และจุดสุดท้ายบนแถบกระดาษที่สามารถวัดระยะทางได้สะดวก (มากกว่า 7 จุด)
5. หาอัตราเร็วเฉลี่ยระหว่างจุดที่เลือกใช้ในข้อ 4
6. หาอัตราเร็วขณะหนึ่ง (เช่นที่ $t = \frac{6}{50}$ s)
 - ☐ ระยะทางระหว่างจุดเริ่มต้นและจุดสุดท้ายเป็นเท่าใด และมีกี่ช่วงจุด
 - ☐ ช่วงเวลาระหว่างจุดเริ่มต้นและจุดสุดท้าย เป็นเท่าใด
 - ☐ อัตราเร็วเฉลี่ยของรถทดลองในช่วงดังกล่าว เป็นเท่าใด
 - ☐ ระยะทางระหว่างจุดที่ 5 และจุดที่ 7 เป็นเท่าใด และมีกี่ช่วงจุด
 - ☐ ช่วงเวลาระหว่างจุดที่ 5 และจุดที่ 7 เป็นเท่าใด
 - ☐ อัตราเร็วขณะหนึ่งของรถทดลองที่ $t = \frac{6}{50}$ s เป็นเท่าใด



ใบบันทึกกิจกรรม เรื่อง อัตราเร็วเฉลี่ยและอัตราเร็วขณะหนึ่ง

จากการทำกิจกรรม จงตอบคำถามต่อไปนี้

- เมื่อผลักรถทดลองที่ติดแถบกระดาษให้เคลื่อนที่ จุดบนแถบกระดาษที่เคลื่อนที่ผ่านเครื่องเคาะ
สัญญาณเวลามีลักษณะเป็นอย่างไร

.....
.....

- ระยะทางระหว่างจุดเริ่มต้น และจุดสุดท้ายเป็นเท่าใด และมีกี่ช่วงจุด

.....

- ช่วงเวลาระหว่างจุดเริ่มต้น และจุดสุดท้ายเป็นเท่าใด

.....

- อัตราเร็วเฉลี่ยของรถทดลองในช่วงดังกล่าวเป็นเท่าใด

.....
.....

- ระยะทางระหว่างจุดที่ 5 และจุดที่ 7 เป็นเท่าใด และมีกี่ช่วงจุด

.....

- ช่วงเวลาระหว่างจุดที่ 5 และจุดที่ 7 เป็นเท่าใด

.....

- อัตราเร็วขณะหนึ่งของรถทดลองที่ $t = \frac{6}{50}$ s เป็นเท่าใด

.....
.....

- สรุปผลการทำกิจกรรมได้อย่างไร

.....
.....
.....
.....

แบบตรวจสอบความเข้าใจและสรุปองค์ความรู้
เรื่อง การเคลื่อนที่แนวตรง

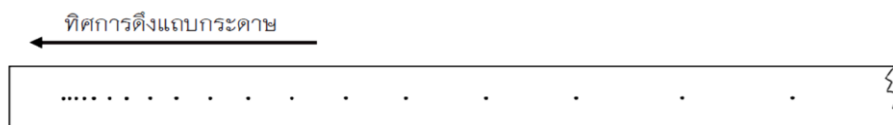
เวลา 15 นาที

จงตอบคำถามต่อไปนี้

1. นายไกรศักดิ์วิ่งรอบสนามแห่งหนึ่งซึ่งมีระยะทางทั้งหมด 400 เมตร ใช้เวลาในการวิ่งครบ 1 รอบ (กลับมาที่จุดเริ่มต้น) เท่ากับ 60 วินาที อัตราเร็วเฉลี่ยและความเร็วเฉลี่ยในการวิ่งของนายไกรศักดิ์เป็นเท่าใด

คำตอบ

2. จากภาพแถบกระดาษ อัตราเร็วเฉลี่ยตลอดการเคลื่อนที่มีค่าเท่าใด



คำตอบ

3. จากแถบกระดาษในข้อ 2 อัตราเร็ว ณ จุดที่ 12 บนแถบกระดาษ มีค่าเท่าใด

คำตอบ

4. สรุปองค์ความรู้จากการอบรม



เฉลย ใบบันทึกกิจกรรม เรื่อง อัตราเร็วเฉลี่ยและอัตราเร็วขณะหนึ่ง

จากการทำกิจกรรม จงตอบคำถามต่อไปนี้

1. เมื่อผลักรถทดลองที่ติดแถบกระดาษให้เคลื่อนที่ จุดบนแถบกระดาษที่เคลื่อนที่ผ่านเครื่องเคาะ
สัญญาณเวลามีลักษณะเป็นอย่างไร
แนวคำตอบ มีจุดปรากฏบนแถบกระดาษเรียงต่อเนื่องกัน ซึ่งบ่งบอกระยะทางและเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ โดยระยะทางแต่ละช่วงจุดมีค่าต่าง ๆ กัน แต่ใช้เวลาในแต่ละช่วงเท่ากัน คือ $1/50$ วินาที
2. ระยะทางระหว่างจุดเริ่มต้นและจุดสุดท้ายเป็นเท่าใด และมีกี่ช่วงจุด
แนวคำตอบ – ระยะทางที่วัดได้ขึ้นกับการกำหนดจุดเริ่มต้นและจุดสุดท้ายของแต่ละกลุ่ม
3. ช่วงเวลาระหว่างจุดเริ่มต้นและจุดสุดท้ายเป็นเท่าใด
แนวคำตอบ – จำนวนช่วงจุดในข้อ 2 คูณด้วย $1/50$ วินาที
4. อัตราเร็วเฉลี่ยของรถทดลองในช่วงดังกล่าวเป็นเท่าใด
แนวคำตอบ อัตราเร็วเฉลี่ยเท่ากับระยะทางในข้อ 2 หารด้วยเวลาในข้อ 3
5. ระยะทางระหว่างจุดที่ 5 และจุดที่ 7 เป็นเท่าใด และมีกี่ช่วงจุด
แนวคำตอบ – ระยะทางที่วัดได้ขึ้นกับแต่ละกลุ่ม
6. ช่วงเวลาระหว่างจุดที่ 5 และจุดที่ 7 เป็นเท่าใด
แนวคำตอบ $2/50$ วินาที
7. อัตราเร็วขณะหนึ่งของรถทดลองที่ $t = \frac{6}{50}$ s เป็นเท่าใด
แนวคำตอบ อัตราเร็วขณะหนึ่งเท่ากับระยะทางในข้อ 5 หารด้วยเวลาในข้อ 6
8. สรุปผลการทำกิจกรรมได้อย่างไร
แนวคำตอบ ผลการทำกิจกรรมสรุปได้ว่า ลักษณะของจุดต่างๆ ที่ปรากฏบนแถบกระดาษบ่งบอกถึง การเคลื่อนที่ของรถทดลอง ถ้าช่วงจุดกว้าง รถทดลองจะเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วสูงกว่าในช่วงที่มีช่วงจุดแคบกว่า โดยแต่ละช่วงจุดใช้เวลาเท่ากัน คือ $1/50$ วินาที ไม่ว่าช่วงจุดจะกว้างหรือแคบก็ตาม อัตราเร็วเฉลี่ยของรถทดลองตลอดการเคลื่อนที่หาได้จากการนำระยะทางทั้งหมดหารด้วยเวลาที่ใช้ โดยในแต่ละช่วงจุดบนแถบกระดาษใช้เวลาเท่ากัน คือ $1/50$ วินาที ส่วนอัตราเร็วขณะหนึ่งของรถทดลองหาได้จากการนำระยะทาง 2 ช่วงจุดหารด้วยเวลาที่ใช้ คือ $2/50$ วินาที

เฉลย แบบตรวจสอบความเข้าใจและสรุปองค์ความรู้
เรื่อง การเคลื่อนที่แนวตรง

เวลา 15 นาที [10 คะแนน]

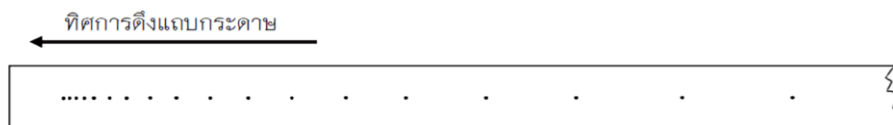
จงตอบคำถามต่อไปนี้

1. นายไกรศักดิ์วิ่งรอบสนามแห่งหนึ่งซึ่งมีระยะทางทั้งหมด 400 เมตร ใช้เวลาในการวิ่งครบ 1 รอบ (กลับมาที่จุดเริ่มต้น) เท่ากับ 60 วินาที อัตราเร็วเฉลี่ยและความเร็วเฉลี่ยในการวิ่งของนายไกรศักดิ์เป็นเท่าใด

แนวคำตอบ อัตราเร็วเฉลี่ยเท่ากับ 6.67 เมตรต่อวินาที [1]

ความเร็วเฉลี่ยเท่ากับ 0 [1]

2. จากภาพแถบกระดาษ อัตราเร็วเฉลี่ยตลอดการเคลื่อนที่มีค่าเท่าใด



แนวคำตอบ

วัดระยะทางทั้งหมดได้เท่ากับ 9.7 cm และช่วงเวลาระหว่างจุดเริ่มต้นและจุดสุดท้ายเท่ากับ 17/50 s [1]

ดังนั้นอัตราเร็วเฉลี่ยตลอดการเคลื่อนที่มีค่าเท่ากับ 28.5 cm/s [1]

3. จากแถบกระดาษในข้อ 2 อัตราเร็ว ณ จุดที่ 12 บนแถบกระดาษ มีค่าเท่าใด

แนวคำตอบ

วัดระยะทางระหว่างจุดที่ 11 และ 13 เท่ากับ 1.3 cm และช่วงเวลาระหว่างจุดทั้งสองเท่ากับ 2/50 s [1]

ดังนั้นอัตราเร็ว ณ จุดที่ 12 เท่ากับ 32.5 cm/s [1]

4. สรุปองค์ความรู้จากการอบรม [4]

แนวคำตอบ

การเคลื่อนที่แนวตรงเป็นการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงในแนวใดแนวหนึ่ง เช่น แนวระดับหรือแนวตั้งของวัตถุ มีการกระจัด ความเร็วและความเร่งอยู่ในแนวเส้นตรงเดียวกัน [1] โดยอัตราเร็วเฉลี่ยหาได้จากระยะทางที่วัตถุเคลื่อนที่ได้ในหนึ่งหน่วยเวลา อัตราเร็วขณะหนึ่งเป็นอัตราเร็วเฉลี่ยในช่วงเวลานั้น ๆ [1] ความเร็วหาได้จากการกระจัดของวัตถุในหนึ่งหน่วยเวลา วัตถุที่มีความเร็วคงตัว หมายถึงวัตถุที่เคลื่อนที่โดยมีขนาดและทิศทางของความเร็วไม่เปลี่ยนแปลง [1] วัตถุที่เคลื่อนที่โดยมีความเร็วเปลี่ยนไป เรียกว่าวัตถุมีความเร่ง ความเร่งหาได้จากความเร็วที่เปลี่ยนไปในหนึ่งหน่วยเวลา [1]



เรื่อง การเคลื่อนที่แนวโค้ง

แผนการอบรม

แผนการอบรมครูฟิสิกส์ ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย สำหรับครูผู้ช่วยหรือครูบรรจุใหม่ เรื่อง การเคลื่อนที่แนวโค้ง

เวลา 1 ชั่วโมง 30 นาที

จุดประสงค์การเรียนรู้

- อธิบายลักษณะการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ ปริมาณที่เกี่ยวข้องในแนวระดับและแนวตั้ง และบอกได้ว่าวัตถุเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์เมื่อกำหนดสถานการณ์ให้
- ทดลองการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ และยกตัวอย่างการนำไปใช้ประโยชน์

สาระสำคัญ

ในชีวิตประจำวันพบการเคลื่อนที่ในแนวโค้ง เช่น ลูกบอล หรือลูกเทนนิสเคลื่อนที่ การร่อนน้ำตื้นไม้ ลักษณะการเคลื่อนที่เป็นแนวโค้ง จากการวิเคราะห์ปริมาณที่เกิดจากการเคลื่อนที่ พิจารณาความเร็วของวัตถุแยกเป็นสองแนว คือ ในแนวระดับและในแนวตั้ง วัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็วต้นที่มีค่ามากจะเคลื่อนที่ได้ไกล แนวการเคลื่อนที่เป็นแนวโค้งพาราโบลาที่มีความเร่งคงตัวในแนวตั้ง ในแนวระดับมีความเร็วคงตัว เรียกการเคลื่อนที่นี้ว่า การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ (projectile motion) และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการกำหนดระยะทางทำให้วัตถุเคลื่อนที่ได้ไกลขึ้น เช่น การร่อนน้ำตื้นไม้ การโยนลูกบอล

ความรู้พื้นฐาน

การเคลื่อนที่แนวตรง การเคลื่อนที่แนวระดับ การเคลื่อนที่แนวตั้ง การตกแบบเสรี

ความเข้าใจคลาดเคลื่อน

ความเข้าใจคลาดเคลื่อน	ความเข้าใจที่ถูกต้อง
1. ความเร็วของวัตถุที่จุดสูงสุดของการเคลื่อนที่เป็นศูนย์	1. ความเร็วในแนวระดับที่จุดสูงสุดมีค่าไม่เป็นศูนย์ แต่ความเร็วในแนวตั้งที่จุดสูงสุดเป็นศูนย์ ที่จุดนี้ ความเร็วของวัตถุในแนวการเคลื่อนที่เท่ากับความเร็วในแนวระดับ
2. ความเร็วของวัตถุในแนวระดับไม่คงตัว มีความเร่งในแนวระดับ	2. ความเร็วในแนวระดับมีค่าคงตัวตลอดการเคลื่อนที่ ความเร่งในแนวระดับเป็นศูนย์
3. ความเร่งของวัตถุที่จุดสูงสุดของการเคลื่อนที่เป็นศูนย์	3. ความเร่งของวัตถุที่จุดสูงสุดเท่ากับความเร่งโน้มถ่วงของโลกตลอดการเคลื่อนที่

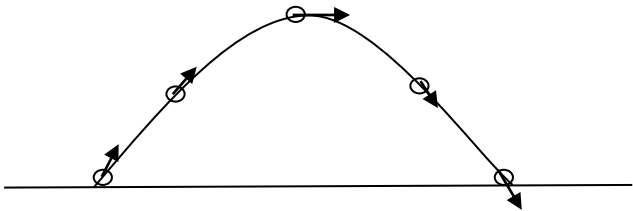
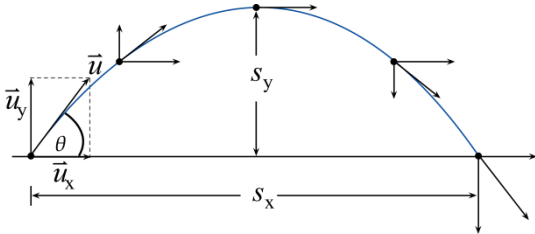


สื่อการเรียนรู้

1. เอกสารประกอบการอบรม 1: ใบกิจกรรม เรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์
2. เอกสารประกอบการอบรม 2: ใบบันทึกกิจกรรม เรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์
3. เอกสารประกอบการอบรม 3: แบบตรวจสอบความเข้าใจและสรุปองค์ความรู้
เรื่อง การเคลื่อนที่แนวโค้ง
4. สื่อสำหรับวิทยากร 1: ไฟล์ภาพ ความเร็วของวัตถุที่มีการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์
5. หนังสือเรียน รายวิชาพื้นฐาน ฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 – 6
6. อุปกรณ์ประกอบกิจกรรม:
 - 6.1 วัตถุ เช่น ยางลบ ดินน้ำมัน
 - 6.2 ชุดการเคลื่อนที่แนวโค้ง กระดาษคาร์บอน กระดาษกราฟ

แนวทางการจัดกิจกรรม

กิจกรรม	สื่อ/ เอกสาร	วัดและประเมินผล
1. กิจกรรมนำเข้าสู่การอบรม ขว้างวัตถุ เช่น ยางลบ ลูกเทนนิส ดินน้ำมัน (หรือใช้ ปืนเด็กเล่นยิงให้กระสุนออกไป) ในแนวระดับและในทิศทาง ทำมุมกับแนวระดับ ด้วยอัตราเร็วและมุมที่ทำกับแนวระดับ ต่าง ๆ สังเกตแนวการเคลื่อนที่ ปริมาณต่าง ๆ เช่น ระยะทาง ความสูง มีความสัมพันธ์กันหรือไม่ เพื่อนำเข้าสู่กิจกรรม	- อุปกรณ์ประกอบ กิจกรรม (ข้อ 6.1)	
2. กิจกรรมระหว่างการอบรม 2.1 แนะนำ ชุดการเคลื่อนที่แนวโค้ง 2.2 ทำ กิจกรรม เรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ แล้วนำเสนอผล และร่วมกันอภิปราย จนสรุปได้ว่า - เมื่อความเร็วต้นของวัตถุเพิ่มขึ้น วัตถุจะเคลื่อนที่ ไกลกว่าเดิม - แนวการเคลื่อนที่ของวัตถุเป็นเส้นโค้งพาราโบลา 2.3 ร่วมกันพิจารณาภาพ แล้วอภิปรายเกี่ยวกับ ความเร็วของวัตถุที่มีการเคลื่อนที่ในแนวโค้ง จนสรุปได้ดังนี้ ณ เวลาต่าง ๆ ความเร็วของวัตถุจะอยู่ในแนวสัมผัสกับเส้น โค้งรูปพาราโบลา	- ใบกิจกรรม เรื่อง การเคลื่อนที่แบบ โพรเจกไทล์ - อุปกรณ์ประกอบ กิจกรรม (ข้อ 6.2) - ใบบันทึกกิจกรรม เรื่อง การเคลื่อนที่แบบ โพรเจกไทล์ - ไฟล์ภาพความเร็วของ วัตถุ	- การมีส่วนร่วมใน กิจกรรม - การนำเสนอผลงาน กลุ่ม - ชิ้นงาน (ใบบันทึก กิจกรรม เรื่อง การเคลื่อนที่แบบ โพรเจกไทล์)

กิจกรรม	สื่อ/ เอกสาร	วัดและประเมินผล
 ภาพ ความเร็วของวัตถุตามแนวเส้นโค้ง • ความเร็วตามแนวสัมผัสกับเส้นโค้งประกอบด้วย ความเร็วในแนวระดับและแนวตั้ง ดังภาพ  ภาพ ความเร็วของวัตถุในแนวระดับและในแนวตั้ง • ความเร็วในแนวระดับมีค่าคงตัวเนื่องจากไม่มีแรงกระทำ ส่วนความเร็วในแนวตั้งมีค่าเปลี่ยนแปลงเหมือน การเคลื่อนที่ของวัตถุในแนวตั้งแบบเสรี คือ มีความเร่ง 9.8 เมตรต่อวินาที² เท่ากับความเร่งโน้มถ่วงของโลก 3.2 อภิปราย จนสรุปได้ว่า การเคลื่อนที่ของวัตถุเป็น แนวโค้งพาราโบลา โดยมีความเร็วในแนวระดับคงตัวและมีความเร่งในแนวตั้งคงตัว เรียกว่า การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์		
3. กิจกรรมหลังการอบรม 3.1 ให้ผู้เข้ารับการอบรมทำแบบตรวจสอบความเข้าใจและสรุปองค์ความรู้	- แบบตรวจสอบความเข้าใจและสรุปองค์ความรู้	- การตรวจสอบความเข้าใจและการสรุปองค์ความรู้

การประเมินผล

รายการประเมิน	เกณฑ์การให้คะแนน	เครื่องมือ
1. การมีส่วนร่วมในกิจกรรม (งานกลุ่ม) ประเมินแบบภาพรวม จาก ความสนใจ ความมุ่งมั่น การทำงานร่วมกัน ทักษะ ปฏิบัติ การอภิปรายและรับฟัง ความคิดเห็น การแก้ปัญหา ฯ	คะแนนเต็ม 4 4 : ดี 3 : ปานกลาง 2 : พอใช้	- การสังเกตการณ์ มีส่วนร่วมในกิจกรรม
2. การนำเสนอผลงานกลุ่ม (งานกลุ่ม 1 ครั้ง) ประเมินแบบภาพรวม จากการ รายงานผลการทำกิจกรรม การสื่อความหมาย รูปแบบการ นำเสนอ การตอบคำถาม ฯ	คะแนนเต็ม 6 6 : ดี 5 : ปานกลาง 4 : พอใช้	- การสังเกตการนำเสนอ ผลงานกลุ่ม
3. ชิ้นงาน (งานเดี่ยว) ประเมินจากการตรวจใบบันทึก กิจกรรม เรื่อง การเคลื่อนที่ แบบโพรเจกไทล์	คะแนนเต็ม 2 2 : ถูกต้อง 80% ขึ้นไป 1 : ถูกต้อง 50% - 80% 0 : ถูกต้องน้อยกว่า 50%	- ใบบันทึกกิจกรรม เรื่อง การเคลื่อนที่แบบ โพรเจกไทล์
4. การสรุปองค์ความรู้ (งานเดี่ยว) ประเมินจากการตรวจให้ คะแนน 4 ข้อ 10 คะแนน แล้ว นำคะแนนที่ได้หารด้วย 10	คะแนนเต็ม 1	- แบบตรวจสอบ ความเข้าใจและสรุป องค์ความรู้ เรื่อง การเคลื่อนที่แนวโค้ง

เอกสารประกอบแผนการอบรม

ใบกิจกรรม เรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์

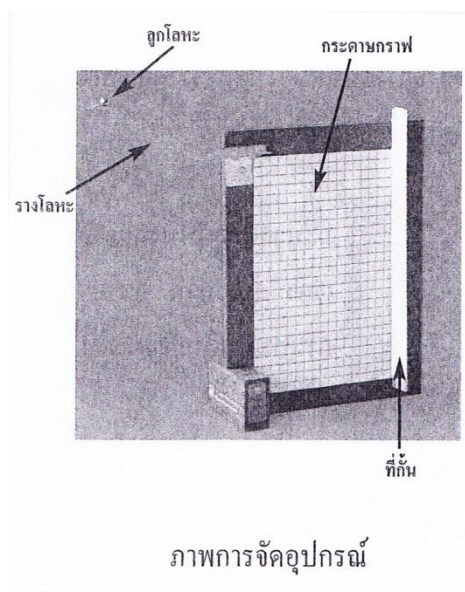
จุดประสงค์

ศึกษาลักษณะการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์

สื่อ – อุปกรณ์ ชุดการเคลื่อนที่แนวโค้ง

วิธีการ

1. ปล่อยโลหะกลมบนรางที่ระดับความสูงต่างกัน แล้วสังเกตแนวการเคลื่อนที่ของวัตถุหลังจากที่หลุดจากรางในแนวระดับ บันทึกตำแหน่งที่วัตถุตกลงบนพื้น
2. ปล่อยโลหะกลม ณ ตำแหน่งหนึ่ง แล้วใช้ที่กั้นวางดักไว้ดังภาพ เนื่องจากที่กั้นมีกระดาษคาร์บอนติดอยู่ จึงปรากฏรอยกระแทกบนที่กั้น ทำเครื่องหมายบนกระดาษกราฟให้ตรงกับรอยกระแทกของโลหะกลมบนที่กั้น



3. ปล่อยโลหะกลม ณ ตำแหน่งเดิมอีก 6 – 8 ครั้ง ในแต่ละครั้ง เลื่อนที่กั้นให้ห่างออกไป 1 เซนติเมตร แล้วบันทึกตำแหน่งที่โลหะกลมกระแทกที่กั้นบนกระดาษกราฟ
- ระยะที่วัตถุตกถึงพื้นจะใกล้หรือไกลขึ้นอยู่กับอะไร
 - ลากเส้นต่อระหว่างจุดแสดงตำแหน่งของโลหะกลม ณ เวลาต่าง ๆ หลังการตก และบรรยายลักษณะแนวการเคลื่อนที่ของวัตถุ
 - สรุปผลการทำกิจกรรมได้อย่างไร

ใบบันทึกกิจกรรม เรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์

จากการทำกิจกรรม จงตอบคำถามต่อไปนี้

1. ปลอยโลหะกลมบนราง แนวการเคลื่อนที่ของวัตถุหลังจากที่วัตถุหลุดจากรางในแนวระดับจะเป็นอย่างไร

.....

.....

2. เมื่อปลอยโลหะกลมบนรางที่ระดับความสูงต่าง ๆ กัน ระยะที่วัตถุตกถึงพื้นแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร

.....

.....

.....

3. ปลอยโลหะกลม ณ ตำแหน่งหนึ่ง ทำให้ปรากฏรอยกระแทกบนที่กั้น เมื่อลากเส้นต่อระหว่างจุดแสดงตำแหน่งของโลหะกลมบนที่กั้นแต่ละครั้ง หลังการกระแทกที่กั้น บนกระดาษกราฟ จะได้เส้นกราฟมีลักษณะเป็นอย่างไร

.....

.....

4. สรุปผลการทำกิจกรรมได้อย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

แบบตรวจสอบความเข้าใจและสรุปองค์ความรู้
เรื่อง การเคลื่อนที่แนวโค้ง

เวลา 15 นาที

จงตอบคำถามต่อไปนี้

1. การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ประกอบด้วยการเคลื่อนที่ในแนวดิ่งและแนวระดับแยกกัน การเคลื่อนที่ทั้งสองแนวมีลักษณะอย่างไร

คำตอบ

2. วินัยยังร่อนออกไปในแนวระดับไปยังเป้า ลูกธนูมีการเคลื่อนที่แนวตรงหรือการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ให้เหตุผล

คำตอบ

3. ขณะที่วินัยกำลังถีบรถจักรยานด้วยความเร็วคงตัว ก็ปล่อยเหรียญบาทให้ตกสู่พื้นถนน แนวทางเดินของเหรียญบาทที่สังเกตโดยวินัยจะเป็นอย่างไร และผู้ที่ยืนอยู่ฝั่งตรงข้ามของถนนจะเห็นแนวทางเดินของเหรียญบาทเป็นอย่างไร เหมือนวินัยเห็นหรือไม่

คำตอบ

4. สรุปองค์ความรู้จากการอบรม



เฉลย ใบบันทึกกิจกรรม เรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์

จากการทำกิจกรรม จงตอบคำถามต่อไปนี้

1. ปลอยโลหะกลมบนราง แนวการเคลื่อนที่ของวัตถุหลังจากที่วัตถุหลุดจากรางในแนวระดับจะเป็นอย่างไร
แนวคำตอบ แนวการเคลื่อนที่ของวัตถุหลังจากที่วัตถุหลุดจากรางในแนวระดับจะเป็นแนวโค้ง
2. เมื่อปลอยโลหะกลมบนรางที่ระดับความสูงต่าง ๆ กัน ระยะที่วัตถุตกถึงพื้นแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร
แนวคำตอบ ระยะที่วัตถุตกถึงพื้นแตกต่างกัน โลหะกลมบนรางที่ถูกปล่อยจากระดับความสูงกว่าจะตกถึงพื้นไกลกว่า
3. ปลอยโลหะกลม ณ ตำแหน่งหนึ่ง ทำให้ปรากฏรอยกระแทกบนที่กั้น เมื่อลากเส้นต่อระหว่างจุดแสดงตำแหน่งของโลหะกลมบนที่กั้นแต่ละครั้ง หลังการกระแทกที่กั้น บนกระดาษกราฟ จะได้เส้นกราฟมีลักษณะเป็นอย่างไร
แนวคำตอบ กราฟมีลักษณะเป็นเส้นโค้งพาราโบลา
4. สรุปผลการทำกิจกรรมได้อย่างไร
แนวคำตอบ ผลการทำกิจกรรมสรุปได้ว่า เมื่อปล่อยวัตถุที่ความสูงเพิ่มขึ้น ความเร็วต้นของวัตถุในแนวระดับจะเพิ่มขึ้น วัตถุจะเคลื่อนที่ไกลกว่าเดิม โดยมีแนวการเคลื่อนที่ของวัตถุเป็นเส้นโค้งพาราโบลา

เฉลย แบบตรวจสอบความเข้าใจและสรุปองค์ความรู้ เรื่อง การเคลื่อนที่แนวโค้ง

เวลา 15 นาที [10 คะแนน]

จงตอบคำถามต่อไปนี้

1. การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ประกอบด้วย การเคลื่อนที่ในแนวดิ่งและแนวระดับแยกกัน การเคลื่อนที่ทั้งสองแนวมีลักษณะอย่างไร [2]

แนวคำตอบ การเคลื่อนที่ในแนวระดับ วัตถุมีความเร็วคงตัว [1]

การเคลื่อนที่ในแนวดิ่ง วัตถุมีความเร่งคงตัว [1]

2. วินัยยังธนูออกไปในแนวระดับไปยังเป้า ลูกธนูมีการเคลื่อนที่แนวตรงในแนวระดับหรือการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ ให้เหตุผล [2]

แนวคำตอบ ลูกธนูมีการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ [1] เนื่องจากแรงโน้มถ่วง/ แรงดึงดูดของโลก [1]

3. ขณะที่วินัยกำลังถีบรถจักรยานด้วยความเร็วคงตัว ก็ปล่อยเหรียญบาทให้ตกสู่พื้นถนน แนวทางเดินของเหรียญบาทที่สังเกตโดยวินัยจะเป็นอย่างไร และผู้ที่ยืนอยู่ฝั่งตรงข้ามของถนนจะเห็นแนวทางเดินของเหรียญบาทเป็นอย่างไร เหมือนวินัยเห็นหรือไม่ [2]

แนวคำตอบ แนวทางเดินของเหรียญบาทที่สังเกตโดยวินัยเป็นแนวดิ่ง [1] ผู้ที่ยืนอยู่ฝั่งตรงข้ามของถนนจะเห็นแนวทางเดินของเหรียญบาทเป็นแนวโค้งพาราโบลา ไม่เหมือนกับที่วินัยเห็น [1]

4. สรุปองค์ความรู้จากการอบรม [4]

แนวคำตอบ เมื่อปล่อยวัตถุให้เคลื่อนที่ในแนวระดับ แนวการเคลื่อนที่ของวัตถุเป็นเส้นโค้งพาราโบลา โดยมีความเร็วในแนวระดับคงตัว และมีความเร่งในแนวดิ่งคงตัว เรียกว่า การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์



เรื่อง แรงโน้มถ่วง

แผนการอบรม

แผนการอบรมครูฟิสิกส์ ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย สำหรับครูผู้ช่วยหรือครูบรรจุใหม่ เรื่อง แรงโน้มถ่วง

เวลา 2 ชั่วโมง

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายความหมายของสนามโน้มถ่วงและแรงโน้มถ่วง
2. ทดลองและอธิบายการตกแบบเสรี ซึ่งเป็นการเคลื่อนที่ของวัตถุในสนามโน้มถ่วงของโลก
3. อธิบายความแตกต่างระหว่างมวลและน้ำหนัก และหาน้ำหนักของวัตถุได้
4. อธิบายความสำคัญของสนามโน้มถ่วงที่มีต่อมนุษย์

สาระสำคัญ

โลกมีสนามโน้มถ่วง (gravitational field) ซึ่งทำให้เกิดแรงดึงดูดกระทำต่อมวลของวัตถุ แรงดึงดูดนี้เรียกว่า **แรงโน้มถ่วง** (gravitational force) กำหนดว่า สนามโน้มถ่วงที่ตำแหน่งใดเท่ากับแรงโน้มถ่วงที่กระทำต่อมวลหนึ่งหน่วย ณ ตำแหน่งนั้น สนามโน้มถ่วงเป็นปริมาณเวกเตอร์ มีทิศทางสู่ศูนย์กลางของโลก แทนด้วยสัญลักษณ์ $\vec{g}$ และมีหน่วย นิวตันต่อกิโลกรัม (N/kg) สนามโน้มถ่วงที่ผิวโลกมีค่าประมาณ 9.8 นิวตันต่อกิโลกรัม การที่โลกดึงดูดวัตถุใดแสดงว่าวัตถุนั้นอยู่ในสนามโน้มถ่วงของโลก

การเคลื่อนที่ลงหรือขึ้นของวัตถุในสนามโน้มถ่วงภายใต้แรงโน้มถ่วงหรือแรงดึงดูดของโลกเพียงแรงเดียว เรียกว่า **การตกแบบเสรี** (free fall) วัตถุที่มีการตกแบบเสรีที่บริเวณใกล้ผิวโลกจะเคลื่อนที่ในสนามโน้มถ่วงที่มีค่าคงตัวด้วยความเร่งคงตัว เรียกว่า **ความเร่งโน้มถ่วง** (gravitational acceleration) ความเร่งโน้มถ่วงเป็นปริมาณเวกเตอร์ แทนด้วยสัญลักษณ์ $\vec{g}$ และมีหน่วย เมตรต่อวินาที² ความเร่งโน้มถ่วงบริเวณผิวโลกมีค่า (โดยประมาณ) เท่ากับ 9.8 เมตรต่อวินาที²

สนามโน้มถ่วงทำให้วัตถุที่มี**น้ำหนัก** (weight) กำหนดว่า น้ำหนักของวัตถุเป็นแรงที่โลกดึงดูดวัตถุ นั้น น้ำหนักของวัตถุที่มีมวล m ได้จากผลคูณระหว่างมวล (m) และสนามโน้มถ่วง (g) น้ำหนักเป็นเวกเตอร์ แทนด้วยสัญลักษณ์ $\vec{W}$ และมีหน่วย นิวตัน (N)

ความโน้มถ่วง (gravity) จะเกี่ยวข้องกับผลหรือปรากฏการณ์ที่เกิดจากสนามโน้มถ่วง เช่น การที่สิ่งต่าง ๆ มีน้ำหนัก สิ่งของตกสู่พื้น วัตถุที่ตกแบบเสรีและวัตถุที่มีการเคลื่อนที่แบบโปรเจกไทล์ ความโน้มถ่วงยังส่งผลกระทบต่อเราทั้งทางตรงและทางอ้อม สนามโน้มถ่วงมีผลต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิต เช่น ทำให้เกิดวัฏจักรของน้ำ ใช้ในการผลิตไฟฟ้าพลังน้ำ



ความรู้พื้นฐาน

แรงและการเคลื่อนที่ แรงสัมผัสและแรงไม่สัมผัส ปริมาณเวกเตอร์

การใช้เครื่องเคาะสัญญาณเวลา หม้อแปลงโวลต์ต่ำ และการบันทึกผลการวัด

ความเข้าใจคลาดเคลื่อน

ความเข้าใจคลาดเคลื่อน	ความเข้าใจที่ถูกต้อง
1. สนาม หมายถึง บริเวณหรือพื้นที่โล่ง	1. สนามในความหมายของคนทั่วไป หมายถึง บริเวณหรือพื้นที่สำหรับทำกิจกรรมต่าง ๆ ซึ่งเป็นรูปธรรม แต่สนามในทางวิทยาศาสตร์เป็นนามธรรมที่มองไม่เห็น แต่ทำให้เกิดแรงกระทำต่อวัตถุได้ ซึ่งกล่าวได้ว่า บริเวณใดที่มีแรงกระทำต่อวัตถุ บริเวณนั้นมีสนาม เรามองไม่เห็นสนาม แต่รู้ได้ว่า บริเวณใดมีสนาม โดยดูจากผลของแรงที่เกิดขึ้น
2. เมื่อปล่อยวัตถุที่มีมวลต่างกันจากที่สูงเท่ากันให้ตกแบบเสรีพร้อมกัน วัตถุที่มีมวลมากกว่าตกลงถึงพื้นก่อน	2. เมื่อปล่อยวัตถุที่มีมวลต่างกันจากที่สูงเท่ากันให้ตกแบบเสรีพร้อมกัน วัตถุที่มีมวลต่างกันนั่นตกถึงพื้นพร้อมกัน
3. วัตถุที่กำลังเคลื่อนที่ขึ้นในแนวตั้งแบบเสรี มีแรงนอกเหนือจากแรงโน้มถ่วงกระทำด้วย เช่น แรงกระทำจากมือทำให้วัตถุเคลื่อนที่ขึ้น	3. ถ้าไม่คิดแรงต้านของอากาศ วัตถุที่กำลังเคลื่อนที่ขึ้นในแนวตั้งมีแรงดึงดูดหรือแรงโน้มถ่วงกระทำเพียงแรงเดียว เช่นเดียวกับการเคลื่อนที่ขึ้นลงในแนวตั้งแบบเสรี
4. ความเร่งโน้มถ่วงของโลกมีค่าคงตัวเสมอ คือ มีค่าเท่ากับ 9.8 เมตรต่อวินาที ²	4. ความเร่งโน้มถ่วงที่บริเวณผิวโลกมีค่าต่างกันเล็กน้อย เนื่องจากโลกไม่เป็นทรงกลมสมบูรณ์ บริเวณที่อยู่ห่างจากศูนย์กลางของโลกมาก (เช่น บริเวณเส้นศูนย์สูตร) จะมีความเร่งโน้มถ่วงน้อยกว่าบริเวณที่อยู่ใกล้ศูนย์กลางโลก (เช่นบริเวณใกล้ขั้วโลก) ในการคำนวณโดยประมาณจึงกำหนดให้ความเร่งโน้มถ่วงที่บริเวณผิวโลกมีค่าคงตัวเท่ากับ 9.8 เมตรต่อวินาที ²
5. มวลและน้ำหนักเป็นปริมาณเดียวกัน ใช้แทนกันได้	5. มวล (m) เป็นปริมาณสเกลาร์ มีหน่วยกิโลกรัม ส่วนน้ำหนัก ($\vec{W}$) เป็นปริมาณเวกเตอร์ มีหน่วยนิวตัน มวลของวัตถุหนึ่งมีค่าคงเดิม แต่น้ำหนักจะเปลี่ยนเมื่อไปอยู่ในที่มีสนามโน้มถ่วง ($\vec{g}$) ต่างกัน โดยหาได้จาก $\vec{W} = m\vec{g}$

สื่อการเรียนรู้

- เอกสารประกอบการอบรม 1: ใบกิจกรรม เรื่อง การเคลื่อนที่ของวัตถุที่ตกในสนามโน้มถ่วงของโลก
- เอกสารประกอบการอบรม 2: ใบบันทึกกิจกรรม เรื่อง การเคลื่อนที่ของวัตถุที่ตกในสนามโน้มถ่วงของโลก
- เอกสารประกอบการอบรม 3: แบบตรวจสอบความเข้าใจและสรุปองค์ความรู้ เรื่อง แรงโน้มถ่วงและสนามโน้มถ่วง
- สื่อสำหรับวิทยากร 1: ไฟล์ภาพเกี่ยวกับสนามโน้มถ่วง ตารางสนามโน้มถ่วงของโลกที่บางตำแหน่ง
- หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐาน ฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 – 6
- อุปกรณ์ประกอบกิจกรรม:
 - 6.1 เครื่องเคาะสัญญาณเวลา หม้อแปลงโวลต์ต่ำ สายไฟ แถบกระดาษ และถุงทราย

แนวทางการจัดกิจกรรม

กิจกรรม	สื่อ/ เอกสาร	วัดและประเมินผล
1. กิจกรรมนำเข้าสู่การอบรม 1.1 อภิปรายความคิดเกี่ยวกับ “สนาม” แล้วเขียนตัวอย่างของสนามตามแนวความคิดของตน 1.2 ตั้งคำถามประกอบสาธิตการปล่อยวัตถุ เช่น ถุงทราย ถุงทรายมีการเคลื่อนที่อย่างไร จนสรุปได้ว่ามีแรงดึงดูดหรือแรงโน้มถ่วงกระทำต่อถุงทราย จากนั้นตั้งคำถามว่า แรงดึงดูดหรือแรงโน้มถ่วงของโลกกระทำต่อถุงทรายเกิดขึ้นได้อย่างไร 1.3 อภิปรายจนมีความเข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับความหมายทางวิทยาศาสตร์ของ “สนาม” ว่า บริเวณใดที่มีแรงกระทำต่อวัตถุ บริเวณนั้นมีสนาม เรามองไม่เห็นสนาม แต่รู้ว่าบริเวณใดมีสนาม โดยดูจากผลของแรงที่เกิดขึ้น	- ถุงทราย	
2. กิจกรรมระหว่างการอบรม 2.1 ให้ความรู้เกี่ยวกับสนามโน้มถ่วงของโลก สรุปได้ดังนี้ บริเวณรอบ ๆ โลก (ซึ่งมีมวลมาก) มีสนามโน้มถ่วง สนามโน้มถ่วงเป็นปริมาณเวกเตอร์ มีทิศทางสู่ศูนย์กลางของโลก ทำให้เกิดแรงโน้มถ่วงกระทำต่อวัตถุ และมีทิศทาง	- ใบกิจกรรม เรื่องการเคลื่อนที่ของวัตถุที่ตกในสนามโน้มถ่วงของโลก	- การมีส่วนร่วม - การนำเสนอผลงาน - ชิ้นงาน (ใบบันทึกกิจกรรม เรื่อง การเคลื่อนที่



กิจกรรม	สื่อ/ เอกสาร	วัดและประเมินผล
เดียวกับสนามโน้มถ่วง สนามโน้มถ่วง (g) แรงโน้มถ่วง ($\vec{F}$) และมวล (m) มีความสัมพันธ์ดังสมการ $\vec{g} = \frac{\vec{F}}{m}$ และอภิปรายเพิ่มเติมจนสรุปได้ว่า สนามโน้มถ่วง ณ ตำแหน่งหนึ่ง ๆ บนผิวโลกมีค่าคงตัว (9.8 N/kg) จากนั้นตั้งคำถามว่า สนามโน้มถ่วงมีความสัมพันธ์กับการเคลื่อนที่ของวัตถุหรือไม่ อย่างไร 2.2 ทำกิจกรรม เรื่อง การเคลื่อนที่ของวัตถุที่ตกในสนามโน้มถ่วงของโลก แล้วนำเสนอผล จากนั้นร่วมกันอภิปรายจนสรุปได้ว่า วัตถุใด ๆ ที่ตกสู่พื้นหรือเคลื่อนที่ลงในสนามโน้มถ่วงภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลกเพียงแรงเดียวโดยไม่คิดแรงต้านอากาศ วัตถุจะเคลื่อนที่ด้วยความเร่งคงตัวเรียกว่า ความเร่งโน้มถ่วง ซึ่งมีค่าประมาณ 9.8 เมตรต่อวินาที² และมีทิศทางสู่ศูนย์กลางโลก และนิยมให้ g แทนความเร่งโน้มถ่วง 2.3 ให้ความรู้เกี่ยวกับความแตกต่างระหว่างสนามโน้มถ่วงและความเร่งโน้มถ่วง ซึ่งใช้สัญลักษณ์เหมือนกันคือ g แต่ไม่ใช่ปริมาณเดียวกัน กล่าวคือ ณ ตำแหน่งเดียวกัน เช่น ที่ผิวโลก สนามโน้มถ่วงมีค่า 9.8 นิวตันต่อกิโลกรัม ส่วนความเร่งโน้มถ่วงมีค่า 9.8 เมตรต่อวินาที² 2.4 ให้ความรู้เกี่ยวกับสนามโน้มถ่วงของโลก ที่ตำแหน่งห่างจากผิวโลกออกไป สนามโน้มถ่วงมีค่าลดลงอย่างรวดเร็ว ดังตาราง	- อุปกรณ์ประกอบกิจกรรม (ข้อ 6.1) - ใบบันทึกกิจกรรม เรื่อง การเคลื่อนที่ของวัตถุที่ตกในสนามโน้มถ่วงของโลก - ตารางสนามโน้มถ่วงของโลกที่บางตำแหน่งเหนือผิวโลก - ภาพถ่ายเกี่ยวกับสนามโน้มถ่วง - เชื้อน เครื่องเล่น - ตารางสนามโน้มถ่วงที่ผิวดาวต่าง ๆ - ทางเดินแสง ผ่านมวลขนาดใหญ่ (เป็นแนวโค้ง) - หนังสือเล่มเล็กและเล่มโต	ของวัตถุที่ตกในสนามโน้มถ่วงของโลก)

กิจกรรม	สื่อ/ เอกสาร	วัดและประเมินผล																					
ตาราง สนามโน้มถ่วงของโลกที่บางตำแหน่งเหนือผิวโลก <table border="1" data-bbox="236 405 877 943"> <thead> <tr> <th>ระยะทางจากผิวโลก h (km)</th><th>สนามโน้มถ่วง g (N/kg)</th><th>หมายเหตุ</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ที่ผิวโลก</td><td>9.80</td><td>ที่อยู่อาศัยของสิ่งมีชีวิต</td></tr> <tr> <td>10</td><td>9.77</td><td>เพดานบินของเครื่องบินโดยสาร</td></tr> <tr> <td>350</td><td>8.83</td><td>วงโคจรสถานีอวกาศนานาชาติ ยานขนส่งอวกาศ</td></tr> <tr> <td>780</td><td>7.80</td><td>วงโคจรระดับต่ำของ กลุ่มดาวเทียมสื่อสารอิริเดียม</td></tr> <tr> <td>35,700</td><td>0.225</td><td>วงโคจรสถิตของ ดาวเทียมสื่อสารโทรคมนาคม</td></tr> <tr> <td>384,000</td><td>0.0026</td><td>ระยะทางเฉลี่ยระหว่างโลกและดวงจันทร์</td></tr> </tbody> </table> 2.5 ให้ผู้เข้ารับการอบรมลองหยิบหนังสือเล่มโตและเล่มเล็ก ให้เคลื่อนที่ แล้วอภิปรายจนสรุปได้ว่า หนังสือเล่มโตด้านการเปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่มากกว่าหนังสือเล่มเล็ก ปริมาณที่บอกเกี่ยวกับการต้านการเปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่ คือ มวล โดยวัตถุที่มีมวลมากจะต้านการเปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่มาก วัตถุที่มีมวลน้อยจะต้านการเปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่น้อย มวลเป็นปริมาณสเกลาร์ มีหน่วยกิโลกรัม จากนั้นให้ความรู้เกี่ยวกับน้ำหนักว่า น้ำหนักของวัตถุเป็นแรงที่โลกดึงดูดวัตถุนั้น หาน้ำหนักของวัตถุที่มีมวล m ได้จากผลคูณระหว่างมวลและสนามโน้มถ่วง หรือ $\vec{W} = m\vec{g}$ น้ำหนักเป็นปริมาณเวกเตอร์ มีหน่วย นิวตัน (N) 2.6 อภิปรายร่วมกันเพื่อให้เห็นถึงความสำคัญและผลของสนามโน้มถ่วงที่มีต่อมนุษย์ เช่น การสร้างเขื่อนเก็บกักน้ำเพื่อผลิตไฟฟ้า เครื่องเล่นบางชนิดในสวนสนุก การออกแบบรถ (ศูนย์ถ่วงต่ำ) กีฬาปีนหน้าผา อุปกรณ์ที่ทำงานโดยให้หลักการเกี่ยวกับสนามโน้มถ่วง เช่น ลูกดิ่ง (ของช่างก่อสร้าง)	ระยะทางจากผิวโลก h (km)	สนามโน้มถ่วง g (N/kg)	หมายเหตุ	ที่ผิวโลก	9.80	ที่อยู่อาศัยของสิ่งมีชีวิต	10	9.77	เพดานบินของเครื่องบินโดยสาร	350	8.83	วงโคจรสถานีอวกาศนานาชาติ ยานขนส่งอวกาศ	780	7.80	วงโคจรระดับต่ำของ กลุ่มดาวเทียมสื่อสารอิริเดียม	35,700	0.225	วงโคจรสถิตของ ดาวเทียมสื่อสารโทรคมนาคม	384,000	0.0026	ระยะทางเฉลี่ยระหว่างโลกและดวงจันทร์		
ระยะทางจากผิวโลก h (km)	สนามโน้มถ่วง g (N/kg)	หมายเหตุ																					
ที่ผิวโลก	9.80	ที่อยู่อาศัยของสิ่งมีชีวิต																					
10	9.77	เพดานบินของเครื่องบินโดยสาร																					
350	8.83	วงโคจรสถานีอวกาศนานาชาติ ยานขนส่งอวกาศ																					
780	7.80	วงโคจรระดับต่ำของ กลุ่มดาวเทียมสื่อสารอิริเดียม																					
35,700	0.225	วงโคจรสถิตของ ดาวเทียมสื่อสารโทรคมนาคม																					
384,000	0.0026	ระยะทางเฉลี่ยระหว่างโลกและดวงจันทร์																					

กิจกรรม	สื่อ/ เอกสาร	วัดและประเมินผล																						
2.7 ให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับ • สนามโน้มถ่วงของดาวเคราะห์ที่พื้นผิวแปรผันตรงกับมวลและรัศมีกำลังลบสอง ($g \propto Mr^{-2}$) ตัวอย่างตาราง สนามโน้มถ่วงที่ผิวดาวต่าง ๆ <table><tr><th>ดาว</th><th>สนามโน้มถ่วง g (N/kg)</th></tr><tr><td>ดวงอาทิตย์</td><td>273.70</td></tr><tr><td>พุธ</td><td>3.74</td></tr><tr><td>ศุกร์</td><td>8.83</td></tr><tr><td>โลก</td><td>9.81</td></tr><tr><td>ดวงจันทร์</td><td>1.62</td></tr><tr><td>อังคาร</td><td>3.73</td></tr><tr><td>พฤหัสบดี</td><td>25.93</td></tr><tr><td>เสาร์</td><td>11.37</td></tr><tr><td>ยูเรนัส</td><td>10.89</td></tr><tr><td>เนปจูน</td><td>11.87</td></tr></table> • ผลของสนามโน้มถ่วงที่มีต่อแนวทางการเดินแสง ทำให้แนวทางการเดินแสงโค้งเมื่อผ่านดาวที่มีมวลมาก ๆ ได้	ดาว	สนามโน้มถ่วง g (N/kg)	ดวงอาทิตย์	273.70	พุธ	3.74	ศุกร์	8.83	โลก	9.81	ดวงจันทร์	1.62	อังคาร	3.73	พฤหัสบดี	25.93	เสาร์	11.37	ยูเรนัส	10.89	เนปจูน	11.87		
ดาว	สนามโน้มถ่วง g (N/kg)																							
ดวงอาทิตย์	273.70																							
พุธ	3.74																							
ศุกร์	8.83																							
โลก	9.81																							
ดวงจันทร์	1.62																							
อังคาร	3.73																							
พฤหัสบดี	25.93																							
เสาร์	11.37																							
ยูเรนัส	10.89																							
เนปจูน	11.87																							
3. กิจกรรมหลังการอบรม ให้ผู้เข้ารับการอบรมทำแบบตรวจสอบความเข้าใจและสรุปองค์ความรู้	- แบบตรวจสอบความเข้าใจและสรุปองค์ความรู้	- การตรวจสอบความเข้าใจและการสรุปองค์ความรู้																						

การประเมินผล

รายการประเมิน	เกณฑ์การให้คะแนน	เครื่องมือ
1. การมีส่วนร่วมในกิจกรรม (งานกลุ่ม) ประเมินแบบภาพรวม จาก ความสนใจ ความมุ่งมั่น การทำงานร่วมกัน ทักษะ ปฏิบัติ การอภิปรายและรับฟัง ความคิดเห็น การแก้ปัญหา ฯ	คะแนนเต็ม 4 4 : ดี 3 : ปานกลาง 2 : พอใช้	- การสังเกตการณ์ มีส่วนร่วมในกิจกรรม
2. การนำเสนอผลงานกลุ่ม (งานกลุ่ม 1 ครั้ง) ประเมินแบบภาพรวม จาก การรายงานผลการทำกิจกรรม การสื่อความหมาย รูปแบบการ นำเสนอ การตอบคำถาม ฯ	คะแนนเต็ม 6 6 : ดี 5 : ปานกลาง 4 : พอใช้	- การสังเกตการนำเสนอ ผลงานกลุ่ม
3. ชิ้นงาน (งานเดี่ยว) ประเมินจากการตรวจใบบันทึก กิจกรรม เรื่อง การเคลื่อนที่ ของวัตถุที่ตกในสนามโน้มถ่วง ของโลก	คะแนนเต็ม 2 2 : ถูกต้อง 80% ขึ้นไป 1 : ถูกต้อง 50% - 80% 0 : ถูกต้องน้อยกว่า 50%	- ใบบันทึกกิจกรรม เรื่อง การเคลื่อนที่ของวัตถุที่ ตกในสนามโน้มถ่วงของ โลก
4. การสรุปองค์ความรู้ (งานเดี่ยว) ประเมินจากการตรวจให้ คะแนน 4 ข้อ 12 คะแนน แล้ว นำคะแนนที่ได้หารด้วย 10	คะแนนเต็ม 1.2	- แบบตรวจสอบ ความเข้าใจและสรุป องค์ความรู้ เรื่อง แรงโน้มถ่วง

เอกสารประกอบแผนการอบรม

ใบกิจกรรม

เรื่อง การเคลื่อนที่ของวัตถุที่ตกในสนามโน้มถ่วงของโลก

จุดประสงค์

ศึกษาความเร่งของวัตถุที่ตกในแนวตั้ง

สื่อ – อุปกรณ์

เครื่องเคาะสัญญาณเวลา หม้อแปลงโวลต์ต่ำ แลปกระดาษ ถุงทราย กระดาษคาร์บอนและสายไฟ

วิธีการ

ตอนที่ 1

1. ปลอ่ยถุงทราย 1 ถุง ซึ่งติดกับแลปกระดาษที่สอดผ่านเครื่องเคาะสัญญาณเวลาที่ต่อกับหม้อแปลงโวลต์ต่ำที่อยู่สูงจากพื้นประมาณ 1 เมตร

2. ทำซ้ำ โดยเพิ่มถุงทรายเป็น 2 ถุงและ 3 ถุง ตามลำดับ

3. นำแลปกระดาษทั้งสามแถบมาเปรียบเทียบ โดยให้จุดเริ่มต้นอยู่ในแนวเดียวกัน จากนั้นพิจารณาระยะทางของจุดบนแลปกระดาษทั้งสามจากจุดเริ่มต้นเพื่อเปรียบเทียบการเคลื่อนที่

□ จากจุดที่ปรากฏบนแลปกระดาษทั้งสามแถบ ถุงทราย 1 ถุง 2 ถุง และ 3 ถุง เคลื่อนที่ด้วยความเร็วเท่ากันหรือไม่

□ ถุงทราย 1 ถุง 2 ถุง และ 3 ถุง เคลื่อนที่ด้วยความเร่งเท่ากันหรือไม่

ตอนที่ 2

1. เลือกแลปกระดาษจากตอนที่ 1 หนึ่งแถบ เพื่อมาวิเคราะห์หาความเร็วขณะหนึ่ง ณ เวลากึ่งกลางของแลปกระดาษในช่วงนั้น บันทึกผลการคำนวณในตาราง

2. เขียนกราฟระหว่างขนาดความเร็วเฉลี่ย v กับเวลากึ่งกลาง t โดยให้ v อยู่บนแกนตั้งและ t อยู่บนแกนนอน

ตารางบันทึกผลการทดลอง

แลปกระดาษ ช่วงที่	ระยะทางใน 2 ช่วงจุด s (cm)	เวลาใน 2 ช่วงจุด (s)	ขนาดความเร็วเฉลี่ยใน 2 ช่วงจุด v (cm/s)	เวลากึ่งกลาง แต่ละช่วง t (s)
1		$\frac{2}{50}$		$\frac{1}{50}$
2		$\frac{2}{50}$		$\frac{3}{50}$
3		$\frac{2}{50}$		$\frac{5}{50}$
4		$\frac{2}{50}$		$\frac{7}{50}$
5		$\frac{2}{50}$		$\frac{9}{50}$



- กราฟที่ได้มีลักษณะอย่างไร
- จากลักษณะของกราฟ ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดความเร็วขณะหนึ่งกับเวลาเป็นอย่างไร
- ความชันของกราฟมีค่าเท่าใด และค่านี้แทนปริมาณอะไร

ใบบันทึกกิจกรรม
เรื่อง การเคลื่อนที่ของวัตถุที่ตกในสนามโน้มถ่วงของโลก

จากการทำกิจกรรม จงตอบคำถามต่อไปนี้

ตอนที่ 1

1. จุดที่ปรากฏบนแถบกระดาษทั้งสามแถบ มีลักษณะเป็นอย่างไร

2. เมื่อเปรียบเทียบจุดที่ปรากฏบนแถบกระดาษทั้งสามแถบ ถูกรายในแต่ละกรณีเคลื่อนที่ด้วยความเร็วเท่ากันหรือไม่

3. ถูกรายในแต่ละกรณีเคลื่อนที่ด้วยความเร่งเท่ากันหรือไม่

ตอนที่ 2

1. กราฟที่ได้มีลักษณะอย่างไร

2. จากลักษณะของกราฟ แสดงว่าความสัมพันธ์ระหว่างขนาดความเร็วขณะหนึ่งกับเวลาเป็นอย่างไร

3. ความชันของกราฟมีค่าเท่าใด และค่านี้แทนปริมาณอะไร

4. สรุปผลการทำกิจกรรมได้อย่างไร



แบบตรวจสอบความเข้าใจและสรุปองค์ความรู้ เรื่อง แรงโน้มถ่วง

เวลา 15 นาที

จงตอบคำถามต่อไปนี้

1. โยนเหรียญขึ้นในแนวดิ่ง ขณะที่เหรียญกำลังเคลื่อนที่ขึ้น
 - ก. ความเร็วและความเร่งของเหรียญเปลี่ยนแปลงอย่างไร
 - ข. แรงโน้มถ่วงที่กระทำต่อเหรียญเปลี่ยนแปลงหรือไม่ อย่างไร

คำตอบ

2. หินก้อนหนึ่งบนดวงจันทร์มีมวล 5 กิโลกรัม และมีน้ำหนัก 8.1 นิวตัน
 - ก. สนามโน้มถ่วงที่ผิวดวงจันทร์มีค่าเท่าใด
 - ข. ถ้านำหินก้อนนี้กลับมาที่โลก จะมีน้ำหนักเท่าใด

คำตอบ

3. ตารางต่อไปนี้ แสดงข้อมูลมวลและน้ำหนักของนักบินอวกาศสามคน คือ a b และ c ที่อยู่บนดาวเคราะห์ A B และ C ตามลำดับ

ดาวเคราะห์	นักบินอวกาศ	มวล (กิโลกรัม)	น้ำหนัก (นิวตัน)
A	a	72	706
B	b	90	333
C	c	60	642

- ก. นักบินอวกาศคนใดอยู่บนโลก
- ข. นักบินอวกาศคนใดอยู่บนดาวเคราะห์ที่มีสนามโน้มถ่วงน้อยที่สุด
- ค. นักบินอวกาศคนใดอยู่บนดาวเคราะห์ที่มีสนามโน้มถ่วงมากที่สุด
- ง. จงลำดับดาวเคราะห์ที่มีความเร่งโน้มถ่วงมากที่สุดไปน้อยที่สุด

คำตอบ

4. สรุปองค์ความรู้จากการอบรม

เฉลย ใบบันทึกกิจกรรม เรื่อง การเคลื่อนที่ของวัตถุที่ตกในสนามโน้มถ่วงของโลก

จากการทำกิจกรรม จงตอบคำถามต่อไปนี้

ตอนที่ 1

1. จุดที่ปรากฏบนแถบกระดาษทั้งสามแถบ มีลักษณะเป็นอย่างไร
แนวคำตอบ จุดที่ปรากฏบนแถบกระดาษทั้งสามแถบ มีระยะห่างเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ เหมือนกันทั้ง 3 แถบ
2. เมื่อเปรียบเทียบจุดที่ปรากฏบนแถบกระดาษทั้งสามแถบ ถูกรายในแต่ละกรณีเคลื่อนที่ด้วยความเร็วเท่ากันหรือไม่
แนวคำตอบ ถูกรายในแต่ละกรณีเคลื่อนที่ด้วยความเร็วเท่ากัน แต่ไม่คงตัว
3. ถูกรายในแต่ละกรณีเคลื่อนที่ด้วยความเร่งเท่ากันหรือไม่
แนวคำตอบ ถูกรายในแต่ละกรณีเคลื่อนที่ด้วยความเร่งเท่ากัน

ตอนที่ 2

1. กราฟที่ได้มีลักษณะอย่างไร
แนวคำตอบ กราฟเป็นเส้นตรง ผ่านจุดกำเนิด ถ้าเส้นกราฟไม่ผ่านจุดกำเนิด แสดงว่า ณ เวลาเริ่มต้น อัตราเร็วต้นไม่เป็นศูนย์
2. จากลักษณะของกราฟ แสดงว่าความสัมพันธ์ระหว่างขนาดความเร็วขณะหนึ่งกับเวลาเป็นอย่างไร
แนวคำตอบ กราฟเป็นเส้นตรง แสดงว่าขนาดความเร็วขณะหนึ่งแปรผันตรงกับเวลา
3. ความชันของกราฟมีค่าเท่าใด และค่านี้แทนปริมาณอะไร
แนวคำตอบ ความชันของมีค่า $(9.8 \pm 0.6) \text{ m/s}^2$ หน่วยของความชัน คือ เมตรต่อวินาที² ซึ่งเป็นหน่วยของความเร่ง แสดงว่าค่านี้แทนความเร่ง
4. สรุปผลการทำกิจกรรมได้อย่างไร
แนวคำตอบ ผลการทำกิจกรรมสรุปได้ว่า วัตถุที่ตกในแนวตั้งในสนามโน้มถ่วงของโลกภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลกเพียงแรงเดียว วัตถุจะเคลื่อนที่ด้วยความเร่งคงตัว เรียกว่า ความเร่งโน้มถ่วงมีค่า 9.8 m/s^2 และทิศทางสู่ศูนย์กลางโลก



เฉลย แบบตรวจสอบความเข้าใจและสรุปองค์ความรู้ เรื่อง แรงโน้มถ่วง

เวลา 15 นาที [12 คะแนน]

จงตอบคำถามต่อไปนี้

- โยนเหรียญขึ้นในแนวดิ่ง ขณะที่เหรียญกำลังเคลื่อนที่ขึ้น
 - ความเร็วและความเร่งของเหรียญเปลี่ยนแปลงอย่างไร
 - แรงโน้มถ่วงที่กระทำต่อเหรียญเปลี่ยนแปลงหรือไม่ อย่างไร

แนวคำตอบ ก. ความเร็วลดลง ความเร่งคงตัว [1] ข. ไม่เปลี่ยนแปลง มีทิศทางลงและขนาด mg [1]

- หินก้อนหนึ่งบนดวงจันทร์มีมวล 5 กิโลกรัม และมีน้ำหนัก 8.1 นิวตัน
 - สนามโน้มถ่วงที่ผิวดวงจันทร์มีค่าเท่าใด
 - ถ้านำหินก้อนนี้กลับมาที่โลกจะมีน้ำหนักเท่าใด

แนวคำตอบ ก. 1.62 N/kg [1] ข. 49.0 N [1]

- ตารางต่อไปนี้ แสดงข้อมูลมวลและน้ำหนักของนักบินอวกาศสามคน คือ a b และ c ที่อยู่บนดาวเคราะห์ A B และ C ตามลำดับ

ดาวเคราะห์	นักบินอวกาศ	มวล (กิโลกรัม)	น้ำหนัก (นิวตัน)
A	a	72	706
B	b	90	333
C	c	60	642

- นักบินอวกาศคนใดอยู่บนโลก
 - นักบินอวกาศคนใดอยู่บนดาวเคราะห์ที่มีสนามโน้มถ่วงน้อยที่สุด
 - นักบินอวกาศคนใดอยู่บนดาวเคราะห์ที่มีสนามโน้มถ่วงมากที่สุด
 - จงลำดับดาวเคราะห์ที่มีความเร่งโน้มถ่วงมากที่สุดไปน้อยที่สุด
- แนวคำตอบ** ก. a [1] ข. b [1] ค. c [1] ง. C, A, B [1]

- สรุปองค์ความรู้จากการอบรม [4]

แนวคำตอบ

โลกมีสนามโน้มถ่วง ซึ่งทำให้เกิดแรงดึงดูดกระทำต่อมวลของวัตถุ เรียกว่า แรงโน้มถ่วง สนามโน้มถ่วงที่ตำแหน่งใดเท่ากับแรงโน้มถ่วงที่กระทำต่อมวลหนึ่งหน่วย ณ ตำแหน่งนั้น สนามโน้มถ่วงที่ผิวโลกมีค่าประมาณ 9.8 นิวตันต่อกิโลกรัม [1]

การเคลื่อนที่ลงหรือขึ้นของวัตถุในสนามโน้มถ่วงภายใต้แรงโน้มถ่วงหรือแรงดึงดูดของโลกเพียงแรงเดียว เรียกว่า การตกแบบเสรี วัตถุที่มีการตกแบบเสรีที่บริเวณใกล้ผิวโลกจะเคลื่อนที่ในสนามที่มี

ค่าคงตัวด้วยความเร่งคงตัว เรียกว่า ความเร่งโน้มถ่วง ความเร่งโน้มถ่วงบริเวณผิวโลกมีค่าเท่ากับ 9.8 เมตรต่อวินาที² [1]

สนามโน้มถ่วงทำให้วัตถุมีน้ำหนัก น้ำหนักของวัตถุเป็นแรงที่โลกดึงดูดวัตถุนั้น หาน้ำหนักของวัตถุที่มีมวล m ได้จากผลคูณระหว่างมวล (m) และสนามโน้มถ่วง (g) [1]

ความโน้มถ่วงเกี่ยวข้องกับผลหรือปรากฏการณ์ที่เกิดจากสนามโน้มถ่วง สนามโน้มถ่วงมีผลต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตทั้งทางตรงและทางอ้อม [1]

เรื่อง แรงไฟฟ้า

แผนการอบรม

แผนการอบรมครูฟิสิกส์ ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย สำหรับครูผู้ช่วยหรือครูบรรจุใหม่ เรื่อง แรงไฟฟ้า

เวลา 1 ชั่วโมง 30 นาที

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายชนิดของประจุไฟฟ้าและแรงระหว่างประจุไฟฟ้า
2. อธิบายความหมายของสนามไฟฟ้า และลักษณะแตกต่างของสนามไฟฟ้าของประจุบวกและประจุลบ
3. อธิบายสนามไฟฟ้า ณ ตำแหน่งต่าง ๆ ที่อยู่ห่างจากประจุที่ทำให้เกิดสนามไฟฟ้าได้
4. อธิบายผลของแรงไฟฟ้าที่มีต่อการเคลื่อนที่ของอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าในสนามไฟฟ้า และการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระสำคัญ

ประจุไฟฟ้ามีสองชนิด คือ **ประจุไฟฟ้าบวก** และ **ประจุไฟฟ้าลบ** หรือเรียกสั้น ๆ ว่า **ประจุบวก** และ **ประจุลบ** ประจุชนิดเดียวกันผลักกัน และประจุต่างชนิดกันดึงดูดกัน

วัตถุหรืออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าจะมี**สนามไฟฟ้า** (electric field) แผ่กระจายโดยรอบ สนามไฟฟ้าของวัตถุหรืออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้า ทำให้เกิดแรงไฟฟ้ากระทำต่อวัตถุหรืออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าอื่นที่อยู่ในสนามไฟฟ้า สนามไฟฟ้า ณ ตำแหน่งใด หมายถึง แรงไฟฟ้าที่กระทำต่อประจุหนึ่งหน่วยที่วาง ณ ตำแหน่งนั้น

$$\text{ดังสมการ } \vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$$

สนามไฟฟ้าแสดงให้เห็นได้ด้วย**เส้นสนามไฟฟ้า** (electric field lines) โดยมีทิศทางพุ่งออกจากประจุบวก และพุ่งเข้าหาประจุลบ ทิศทางของเส้นสนามไฟฟ้าคือทิศทางของแรงที่กระทำต่อประจุบวกที่ตำแหน่งนั้น

ความรู้เรื่องสนามไฟฟ้าและไฟฟ้าสถิตนำมาประยุกต์สร้างเครื่องมือและอุปกรณ์หลายอย่าง เช่น ระบบการพ่นสี การกำจัดฝุ่นในโรงงานอุตสาหกรรม เป็นต้น

ความรู้พื้นฐาน

แรงและการเคลื่อนที่ แรงสัมผัสและแรงไม่สัมผัส ปริมาณเวกเตอร์ การทำให้เกิดประจุโดยการขัดสี



ความเข้าใจคลาดเคลื่อน

ความเข้าใจคลาดเคลื่อน	ความเข้าใจที่ถูกต้อง
อนุภาคที่มีประจุจะต้องเคลื่อนที่ภายใต้แรงไฟฟ้าที่มากกระทำ ซึ่งเกี่ยวข้องกับสนามไฟฟ้าเสมอ	มีบางกรณีที่วัตถุอาจถูกกระทำให้เคลื่อนที่โดยแรงที่ไม่เกี่ยวข้องกับสนามก็ได้ เช่น แรงผลักจากคน กระแสลม

สื่อการเรียนรู้

- เอกสารประกอบการอบรม 1: ใบกิจกรรม เรื่อง ชนิดของประจุไฟฟ้า
- เอกสารประกอบการอบรม 2: ใบบันทึกกิจกรรม เรื่อง ชนิดของประจุไฟฟ้า
- เอกสารประกอบการอบรม 3: แบบตรวจสอบความเข้าใจและสรุปองค์ความรู้ เรื่อง แรงไฟฟ้า
- สื่อสำหรับวิทยากร 1: วีดิทัศน์ เส้นสนามไฟฟ้า
- สื่อสำหรับวิทยากร 2: PowerPoint สนามไฟฟ้า
- หนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 – 6
- อุปกรณ์ประกอบกิจกรรม:
 - วัสดุต่าง ๆ เช่น ลูกโป่ง หวีพลาสติก ผ้า กระดาษเยื่อ
 - ชนิดของประจุไฟฟ้า (ขวดพลาสติกที่มีฝาเป็นผิวไค่งนูน แท่งแก้วคนสาร ไม้บรรทัดพลาสติก กระดาษเยื่อ)

แนวทางการจัดกิจกรรม

กิจกรรม	สื่อ/ เอกสาร	วัดและประเมินผล
1. กิจกรรมนำเข้าสู่บทเรียน ทบทวนการทำให้เกิดประจุโดยการขัดสี โดยเตรียมวัสดุต่าง ๆ เช่น ลูกโป่ง หวีพลาสติก ผ้า กระดาษเยื่อ มาให้ผู้เข้ารับการอบรมได้ขัดสีและสังเกตผลที่เกิดขึ้น เพื่อสรุปว่าวัตถุที่ผ่านการขัดสี มีประจุไฟฟ้าและสามารถดึงดูดสิ่งเบา ๆ ได้ จากนั้นตั้งคำถามว่า ประจุที่เกิดขึ้นบนวัสดุเป็นประจุชนิดเดียวกันหรือไม่ ศึกษาจากกิจกรรม	- อุปกรณ์ประกอบกิจกรรม (ข้อ 7.1)	
2. กิจกรรมระหว่างการเรียนรู้ 2.1 ทำกิจกรรม เรื่อง ชนิดของประจุไฟฟ้า แล้วนำเสนอผล จากนั้นอภิปรายซึ่งสรุปได้ว่า ประจุมีสองชนิด ประจุชนิดเดียวกัน ผลักกัน และประจุต่างชนิดกัน ดึงดูดกัน	- ใบกิจกรรม เรื่อง ชนิดของประจุไฟฟ้า - อุปกรณ์ประกอบ	- การมีส่วนร่วม - การนำเสนอผลงาน 1 กลุ่ม (หมุนเวียน)

กิจกรรม	สื่อ/ เอกสาร	วัดและประเมินผล
ประจักษ์ทั้งสองชนิดนี้มีชื่อว่า ประจุไฟฟ้าบวก และประจุไฟฟ้าลบ 2.2 ทบทวนสนามโน้มถ่วงที่ได้ศึกษาแล้วว่า โลกซึ่งมีมวลมหาศาลมีสนามโน้มถ่วงโดยรอบ มีทิศทางเข้าหาศูนย์กลางของโลก และสนามโน้มถ่วงทำให้เกิดแรงโน้มถ่วงซึ่งเป็นแรงดึงดูดกระทำต่อวัตถุที่มีมวล โดยสนามโน้มถ่วงและแรงโน้มถ่วงมีทิศทางเดียวกัน จากนั้นให้ความรู้ที่อนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าก็มีสนามไฟฟ้าแผ่กระจายโดยรอบในทุกทิศทางเช่นกัน เช่น สนามไฟฟ้าของอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าบวกมีทิศทางพุ่งออก ส่วนสนามไฟฟ้าของอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าลบมีทิศทางพุ่งเข้า จากนั้นตั้งคำถามว่า เราจะตรวจสอบสนามไฟฟ้าของอนุภาคหรือวัตถุที่มีประจุไฟฟ้าได้อย่างไร 2.3 ศึกษา วิถีทัศน เส้นสนามไฟฟ้า ให้สังเกตและบันทึกผล จากนั้นอภิปรายร่วมกัน สรุปได้ว่า เมื่อเปิดเครื่องจ่ายไฟตรงโวลต์สูงให้ทำงาน ผงต่างที่บดละเอียดจะแผ่กระจายเป็นแนวต่าง ๆ ให้เห็นชัดเจน เรียกว่า เส้นสนามไฟฟ้า ซึ่งเป็นเส้นที่แสดงลักษณะสนามไฟฟ้า โดยเส้นสนามไฟฟ้าระหว่างขั้วไฟฟ้าโลหะปลายแหลมสองปลายที่มีประจุต่างชนิดกัน และแผ่นโลหะขนานสองแผ่นที่มีประจุต่างชนิดกัน มีลักษณะที่แตกต่างกัน บริเวณที่มีเส้นสนามไฟฟ้าหนาแน่นมาก บริเวณนั้นสนามไฟฟ้ามีค่ามาก บริเวณที่มีเส้นสนามไฟฟ้าหนาแน่นน้อย บริเวณนั้นสนามไฟฟ้ามีค่าน้อย และบริเวณที่มีเส้นสนามไฟฟ้าห่างกันคงตัว บริเวณนั้นมีสนามไฟฟ้าหนาแน่นสม่ำเสมอ มีสนามไฟฟ้าขนาดคงตัว 2.4 ตั้งคำถามว่า การแผ่กระจายของผงต่างที่บดละเอียดเกิดขึ้นได้อย่างไร จากนั้นอภิปรายร่วมกัน จนสรุปได้ว่า วัตถุ (ขั้วไฟฟ้า) ซึ่งมีประจุไฟฟ้าจะมีสนามไฟฟ้า เมื่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้า (ไอออน) อยู่ในสนามไฟฟ้า จะเกิดแรงไฟฟ้ากระทำต่ออนุภาคนั้น ทำให้อนุภาคนั้นเคลื่อนที่	กิจกรรม (ข้อ 7.2) - ใบบันทึกกิจกรรม เรื่อง ชนิดของประจุไฟฟ้า - วิถีทัศนเส้นสนามไฟฟ้า - PowerPoint สนามไฟฟ้า	- ชิ้นงาน (ใบบันทึกกิจกรรม เรื่อง ชนิดของประจุไฟฟ้า)



กิจกรรม	สื่อ/ เอกสาร	วัดและประเมินผล
เน้นว่า ผลที่เกิดขึ้นนี้เกี่ยวข้องกับสนามไฟฟ้า ($\vec{E}$) แรงไฟฟ้า ($\vec{F}$) และประจุไฟฟ้า (q) ปริมาณทั้งสามนี้มีความสัมพันธ์กันหรือไม่ อย่างไร 2.5 ให้ความรู้เพื่อสรุปได้ว่า วัตถุที่มีประจุไฟฟ้าจะแผ่สนามไฟฟ้าออกโดยรอบ เมื่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าเข้าไปอยู่ในสนามไฟฟ้า จะเกิดแรงไฟฟ้ากระทำต่ออนุภาคนั้น โดยสนามไฟฟ้า แรงไฟฟ้า และประจุไฟฟ้า มีความสัมพันธ์กัน ดังสมการ $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$ 2.6 ให้ความรู้เกี่ยวกับแรงไฟฟ้าที่กระทำต่ออิเล็กตรอนซึ่งเป็นอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าลบในสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ ซึ่งทำให้อิเล็กตรอนเปลี่ยนแนวการเคลื่อนที่ได้ จากนั้นอภิปรายการนำความรู้เกี่ยวกับการเบนของอิเล็กตรอนไปใช้ประโยชน์ต่าง ๆ 2.7 ให้ชม PowerPoint สนามไฟฟ้า		
3. กิจกรรมหลังการเรียนรู้การสอน ให้ผู้เข้ารับการอบรมทำแบบตรวจสอบความเข้าใจ และสรุปองค์ความรู้	- แบบตรวจสอบความเข้าใจและสรุปองค์ความรู้	- การตรวจสอบความเข้าใจและการสรุปองค์ความรู้

การประเมินผล

รายการประเมิน	เกณฑ์การให้คะแนน	เครื่องมือ
1. การมีส่วนร่วมในกิจกรรม (งานกลุ่ม) ประเมินแบบภาพรวม จาก ความสนใจ ความมุ่งมั่น การทำงานร่วมกัน ทักษะ ปฏิบัติ การอภิปรายและรับฟัง ความคิดเห็น การแก้ปัญหา ฯ	คะแนนเต็ม 4 4 : ดี 3 : ปานกลาง 2 : พอใช้	- การสังเกตการณ์ มีส่วนร่วมในกิจกรรม
2. การนำเสนอผลงานกลุ่ม (งานกลุ่ม 1 ครั้ง) ประเมินแบบภาพรวม จาก การรายงานผลการทำกิจกรรม การสื่อความหมาย รูปแบบการ นำเสนอ การตอบคำถาม ฯ	คะแนนเต็ม 6 6 : ดี 5 : ปานกลาง 4 : พอใช้	- การสังเกตการณ์นำเสนอ ผลงานกลุ่ม
3. ชิ้นงาน (งานเดี่ยว) ประเมินจากการตรวจใบบันทึก กิจกรรม เรื่อง ชนิดของประจุ ไฟฟ้า	คะแนนเต็ม 2 2 : ถูกต้อง 80% ขึ้นไป 1 : ถูกต้อง 50% - 80% 0 : ถูกต้องน้อยกว่า 50%	- ใบบันทึกกิจกรรม เรื่อง ชนิดของประจุไฟฟ้า
4. การสรุปองค์ความรู้ (งานเดี่ยว) ประเมินจากการตรวจให้ คะแนน 4 ข้อ 10 คะแนน แล้ว นำคะแนนที่ได้หารด้วย 10	คะแนนเต็ม 1	- แบบตรวจสอบ ความเข้าใจและสรุป องค์ความรู้ เรื่อง แรงไฟฟ้า

เอกสารประกอบแผนการอบรม

ใบกิจกรรม เรื่อง ชนิดของประจุไฟฟ้า

จุดประสงค์

ศึกษาชนิดของประจุไฟฟ้า

สื่อ – อุปกรณ์

ไม้บรรทัดพลาสติก แท่งแก้วคนสาร กระดาษเยื่อ (ทิชชู) ขวดพลาสติกที่มีฝาโค้งมน

วิธีการ

1. ให้นำไม้บรรทัดพลาสติกด้วยกระดาษเยื่อเพื่อให้มีประจุ แล้ววางบนฝาโค้งมนของขวดพลาสติก
2. ให้นำไม้บรรทัดพลาสติกอีกอันด้วยกระดาษเยื่อเพื่อให้มีประจุ จากนั้นนำไปใกล้ด้านที่มีประจุของไม้บรรทัดพลาสติกอันแรก สังเกตและบันทึกการเปลี่ยนแปลง
3. ทำการทดลองซ้ำ แต่วัสดุที่นำเข้าไปใกล้เป็นแท่งแก้วที่มีประจุ (แท่งแก้วคนสารที่ถูด้วยกระดาษเยื่อจนมีประจุแล้ว) สังเกตและบันทึกการเปลี่ยนแปลง

- ☐ ในการทำกิจกรรมแต่ละครั้ง วัสดุที่มีประจุและวางบนฝาโค้งมนของขวดพลาสติก จะเบนอย่างไร เมื่อนำวัสดุที่มีประจุเข้าใกล้
- ☐ สรุปผลการทำกิจกรรมนี้ได้อย่างไร



ใบบันทึกกิจกรรม เรื่อง ชนิดของประจุไฟฟ้า

จากการทำกิจกรรม จงตอบคำถามต่อไปนี้

1. ตามวิธีการข้อ 2 ในใบกิจกรรม ไม้บรรทัดพลาสติกบนฝาโด้งนูนของขวดพลาสติก มีการเคลื่อนที่อย่างไร

.....

.....

2. ตามวิธีการข้อ 3 ในใบกิจกรรม ไม้บรรทัดพลาสติกบนฝาโด้งนูนของขวดพลาสติก มีการเคลื่อนที่อย่างไร

.....

.....

3. สรุปผลการทำกิจกรรมได้อย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

แบบตรวจสอบความเข้าใจและสรุปองค์ความรู้ เรื่อง แรงไฟฟ้า

เวลา 15 นาที

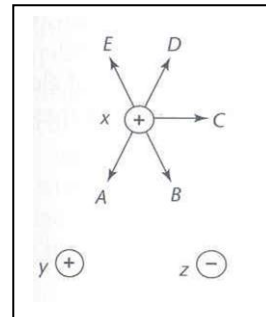
จงตอบคำถามต่อไปนี้

1. A B และ C เป็นแผ่นวัสดุสามชนิดที่ทำให้มีประจุไฟฟ้าโดยการถู ซึ่งได้ผลดังนี้ A และ B ดึงดูดกัน A และ C ผลักกัน ชนิดของประจุบนวัสดุทั้งสามอาจเป็นดังข้อใด

ก. A และ C มีประจุบวก แต่ B มีประจุลบ	ข. A และ B มีประจุลบ แต่ C มีประจุบวก
ค. A และ C มีประจุลบ แต่ B มีประจุบวก	ง. B และ C มีประจุลบ แต่ A มีประจุบวก

คำตอบ

2. ทรงกลมสามอันมีปริมาณประจุเท่ากันแต่ชนิดของประจุต่างแสดงในภาพ ทรงกลม y และ z อยู่กับที่ ส่วนทรงกลม x เคลื่อนที่ได้ อย่างเสรี ถ้าตอนเริ่มต้นทรงกลม x อยู่ห่างจากทรงกลม y และ z เท่ากัน ทรงกลม x จะเคลื่อนที่ไปทางอักษรใด



คำตอบ

3. จงเปรียบเทียบอิเล็กตรอน โปรตอนและนิวตรอนที่เริ่มต้นอยู่นิ่งในสนามไฟฟ้า ในประเด็นต่อไปนี้

ก. แรงไฟฟ้าที่กระทำต่ออนุภาคทั้งสาม
ข. การเคลื่อนที่ของอนุภาคทั้งสาม

คำตอบ

4. สรุปองค์ความรู้จากการอบรม



เฉลย ใบบันทึกกิจกรรม เรื่อง ชนิดของประจุไฟฟ้า

จากการทำกิจกรรม จงตอบคำถามต่อไปนี้

1. ตามวิธีการข้อ 2 ในใบกิจกรรม ไม้บรรทัดพลาสติกบนฝาโด้งนูนของขวดพลาสติก มีการเคลื่อนที่อย่างไร
แนวคำตอบ ไม้บรรทัดพลาสติกบนฝา เคลื่อนที่ออกห่างไม้บรรทัดพลาสติกอีกอันที่นำไปจ่อใกล้
2. ตามวิธีการข้อ 3 ในใบกิจกรรม ไม้บรรทัดพลาสติกบนฝาโด้งนูนของขวดพลาสติก มีการเคลื่อนที่อย่างไร
แนวคำตอบ ไม้บรรทัดพลาสติกบนฝา เคลื่อนที่เข้าหาแท่งแก้ว
3. สรุปผลการทำกิจกรรมได้อย่างไร
แนวคำตอบ ผลการทำกิจกรรมสรุปได้ว่า การขีดสีไม้บรรทัดพลาสติกทั้งสองด้วยกระดาษเยื่อ ทำให้เกิดประจุไฟฟ้าชนิดเดียวกัน เมื่อนำมาใกล้กัน จะเกิดแรงผลัก ส่วนการขีดสีไม้บรรทัดพลาสติกและแท่งแก้วด้วยกระดาษเยื่อ ทำให้เกิดประจุไฟฟ้าต่างชนิดกัน เมื่อนำมาใกล้กัน จะเกิดแรงดึงดูด

เฉลย แบบตรวจสอบความเข้าใจและสรุปองค์ความรู้ เรื่อง แรงไฟฟ้า

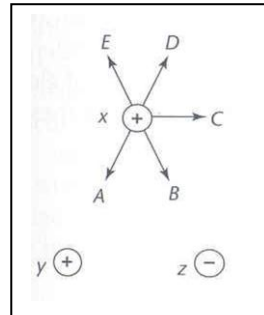
เวลา 15 นาที [10 คะแนน]

จงตอบคำถามต่อไปนี้

1. A B และ C เป็นแผ่นวัสดุสามชนิดที่ทำให้มีประจุไฟฟ้าโดยการถู ซึ่งได้ผลดังนี้ A และ B ดึงดูดกัน A และ C ผลักกัน ชนิดของประจุบนวัสดุทั้งสามอาจเป็นดังข้อใด
 ก. A และ C มีประจุบวก แต่ B มีประจุลบ ข. A และ B มีประจุลบ แต่ C มีประจุบวก
 ค. A และ C มีประจุลบ แต่ B มีประจุบวก ง. B และ C มีประจุลบ แต่ A มีประจุบวก

แนวคำตอบ ก [1], ค [1], ก และ ค [2]

2. ทรงกลมสามอันมีปริมาณประจุเท่ากันแต่ชนิดของประจุดังแสดงในภาพ ทรงกลม y และ z อยู่กับที่ ส่วนทรงกลม x เคลื่อนที่ได้ อย่างเสรี ถ้าตอนเริ่มต้นทรงกลม x อยู่ห่างจากทรงกลม y และ z เท่ากัน ทรงกลม x จะเคลื่อนที่ไปทางอักษรใด



แนวคำตอบ C [2]

3. จงเปรียบเทียบอิเล็กตรอน โปรตอนและนิวตรอนที่เริ่มต้นอยู่นิ่งในสนามไฟฟ้า ในประเด็นต่อไปนี้
 ก. แรงไฟฟ้าที่กระทำต่ออนุภาคทั้งสาม
 ข. การเคลื่อนที่ของอนุภาคทั้งสาม

แนวคำตอบ ก. เกิดแรงไฟฟ้ากระทำต่ออิเล็กตรอนและโปรตอน ไม่มีแรงไฟฟ้ากระทำต่อนิวตรอน [1]

ข. อิเล็กตรอนเคลื่อนที่ในทิศทางตรงข้ามกับสนามไฟฟ้า โปรตอนเคลื่อนที่ในทิศทางเดียวกับสนามไฟฟ้า ส่วนนิวตรอนไม่เคลื่อนที่ [1]

4. สรุปองค์ความรู้จากการอบรม [4]

แนวคำตอบ

ประจุไฟฟ้ามีสองชนิด คือ ประจุบวกและประจุลบ ประจุชนิดเดียวกันผลักกัน ประจุต่างชนิดกันดึงดูดกัน [1]

วัตถุหรืออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าจะมีสนามไฟฟ้าโดยรอบ ซึ่งทำให้เกิดแรงไฟฟ้ากระทำต่อวัตถุหรืออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าอื่นที่อยู่ในสนามไฟฟ้า สนามไฟฟ้า ณ ตำแหน่งใด หมายถึง แรงไฟฟ้าที่กระทำต่อประจุหนึ่งหน่วยที่วาง ณ ตำแหน่งนั้น [1]



สนามไฟฟ้าแทนได้ด้วยเส้นสนามไฟฟ้า โดยออกจากประจุบวกและพุ่งเข้าหาประจุลบ ทิศทางของเส้นสนามไฟฟ้า คือ ทิศทางของแรงที่กระทำต่อประจุบวกที่ตำแหน่งนั้น [1]

ความรู้เรื่องสนามไฟฟ้าและไฟฟ้าสถิตนำมาประยุกต์สร้างเครื่องมือและอุปกรณ์หลายอย่าง เช่น ระบบการพ่นสี การกำจัดฝุ่นในโรงงานอุตสาหกรรม [1]

เรื่อง แรงแม่เหล็ก

แผนการอบรม

แผนการอบรมครูฟิสิกส์ ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย สำหรับครูผู้ช่วยหรือครูบรรจุใหม่ เรื่อง แม่เหล็ก

เวลา 1 ชั่วโมง 30 นาที

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายแม่เหล็กและสนามแม่เหล็ก
2. อธิบายความหมายของสนามแม่เหล็กโลกและประโยชน์ที่มีต่อมนุษย์
3. อธิบายการเคลื่อนที่ของอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าในสนามแม่เหล็ก และการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระสำคัญ

แม่เหล็ก (magnets) เป็นวัสดุที่ดึงดูดวัสดุบางอย่างได้ วัสดุที่ถูกแม่เหล็กดึงดูดและทำให้เป็นแม่เหล็กได้ เรียกว่า **วัสดุแม่เหล็ก** เมื่อวางวัสดุแม่เหล็กใกล้แม่เหล็กจะมีแรงกระทำต่อวัสดุเหล่านั้น เรียกว่า **แรงแม่เหล็ก** (magnetic force) แรงแม่เหล็กเกิดจาก**สนามแม่เหล็ก** (magnetic field) เส้นสมมติที่ใช้แทนสนามแม่เหล็ก เรียกว่า **เส้นสนามแม่เหล็ก** (magnetic field lines) เส้นสนามแม่เหล็กของแม่เหล็กแท่งมีความหนาแน่นมากที่สุดบริเวณขั้ว และเส้นสนามแม่เหล็กของแม่เหล็กแท่งสองแท่งที่วางใกล้กัน จะมีลักษณะต่าง ๆ ขึ้นอยู่กับการจัดวางแม่เหล็กทั้งสอง

โลกมีสนามแม่เหล็ก เรียกว่า **สนามแม่เหล็กโลก** (earth's magnetic field) โลกจึงประพฤติเสมือนมีแม่เหล็กขนาดใหญ่ฝังอยู่ภายใน โดยขั้วเหนือของแม่เหล็กโลกอยู่ใกล้ขั้วใต้ภูมิศาสตร์ และขั้วใต้ของแม่เหล็กโลกอยู่ใกล้ขั้วเหนือภูมิศาสตร์ แม่เหล็กแท่งชิ้นเล็ก ๆ วางตัวในแนวระดับอย่างอิสระ จะวางตัวในแนวทิศเหนือ – ใต้เสมอ ใช้บอกทิศเหนือ – ใต้ได้ เรียกว่า **เข็มทิศ** (compass) สนามแม่เหล็กโลกป้องกันอันตรายจากลมสุริยะที่มาจากดวงอาทิตย์

เมื่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ตัดฉากกับสนามแม่เหล็ก จะเกิดแรงกระทำต่ออนุภาคนั้น หากทิศทางการเคลื่อนที่เคลื่อนที่ขึ้นโดยใช้มือขวา ความรู้เกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าในสนามแม่เหล็กใช้อธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติบางอย่างและนำไปประยุกต์สร้างหลอดภาพ

ความรู้พื้นฐาน

แรงและการเคลื่อนที่ แรงสัมผัสและแรงไม่สัมผัส ปริมาณเวกเตอร์ การต่อวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย
ทิศทางของกระแสไฟฟ้าในวงจร สนามโน้มถ่วงและสนามไฟฟ้า



ความเข้าใจคลาดเคลื่อน

ความเข้าใจคลาดเคลื่อน	ความเข้าใจที่ถูกต้อง
1. สนามแม่เหล็กมีรูปร่างเป็นเส้นโค้งรอบ ๆ แท่งแม่เหล็กแบบเดียวกันเท่านั้น	1. สนามแม่เหล็กมีรูปแบบต่าง ๆ กัน ขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่น เช่น รูปร่างของแม่เหล็ก
2. สนามแม่เหล็กมีสองมิติ	2. สนามแม่เหล็กมีสามมิติ
3. แรงเนื่องจากสนามแม่เหล็กมีลักษณะเดียวกับแรงเนื่องจากสนามไฟฟ้าและสนามทั้งสองจะทำให้เกิดแรงกระทำต่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าให้เคลื่อนที่ในลักษณะเดียวกัน โดยขนาดของแรงขึ้นกับประจุและสนามในลักษณะเดียวกัน	3. แรงแม่เหล็กและแรงไฟฟ้ากระทำต่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าในลักษณะต่างกัน โดยแรงไฟฟ้าจะมีทิศทางอยู่ในแนวเดียวกับสนามไฟฟ้า ส่วนแรงแม่เหล็กจะมีทิศทางอยู่ในแนวตั้งฉากกับทิศทางของสนามแม่เหล็ก ส่วนขนาดของแรงทั้งสองจะขึ้นกับขนาดประจุอย่างไร ในระดับนี้ยังไม่พิจารณา

สื่อการเรียนรู้

- เอกสารประกอบการอบรม 1: ใบความรู้ เรื่อง สนามแม่เหล็กโลก
- เอกสารประกอบการอบรม 2: ใบกิจกรรม การสาธิต เรื่อง ผลของสนามแม่เหล็กต่อการเคลื่อนที่ของลำอิเล็กตรอน
- เอกสารประกอบการอบรม 3: ใบบันทึกกิจกรรม การสาธิต เรื่อง ผลของสนามแม่เหล็กต่อการเคลื่อนที่ของลำอิเล็กตรอน
- เอกสารประกอบการอบรม 4: แบบตรวจสอบความเข้าใจและสรุปองค์ความรู้ เรื่อง แรงแม่เหล็ก
- สื่อสำหรับวิทยากร 1: วีดิทัศน์ เส้นสนามแม่เหล็ก
- หนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6
- อุปกรณ์ประกอบกิจกรรม:
 - 7.1 การสาธิต การวางตัวของแม่เหล็กแท่ง (แม่เหล็กแท่ง ด้าย ขาดั่ง)
 - 7.2 การสาธิต ผลของสนามแม่เหล็กต่อการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอน (แม่เหล็กขั้วข้าง หลอดรังสีแคโทด แหล่งจ่ายไฟตรงโวลต์สูง)

แนวทางการจัดกิจกรรม

กิจกรรม	สื่อ/ เอกสาร	วัดและประเมินผล
1. กิจกรรมนำเข้าสู่การอบรม ทบทวนสนามโน้มถ่วงและสนามไฟฟ้าที่ได้ศึกษาแล้วว่า วัตถุที่มีมวลทั้งหลายจะมีสนามโน้มถ่วงโดยรอบ มีทิศทางเข้าหาศูนย์กลางของวัตถุ และทำให้เกิดแรงโน้มถ่วงซึ่งเป็นแรงดึงดูดที่มีทิศทางเดียวกับสนามโน้มถ่วง แต่ถ้าวัตถุใดมีประจุไฟฟ้า วัตถุนั้นจะมีสนามไฟฟ้า ซึ่งอาจมีทิศทางพุ่งเข้าหรือพุ่งออกจากวัตถุก็ได้ ขึ้นอยู่กับชนิดของประจุของวัตถุ และทำให้เกิดแรงไฟฟ้าซึ่งมีทั้งแรงดึงดูดหรือแรงผลักรหว่างวัตถุหรืออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าที่อยู่ในสนามไฟฟ้า		
2. กิจกรรมระหว่างการอบรม 2.1 ทบทวนความรู้เกี่ยวกับแม่เหล็กว่า เมื่อนำเข็มทิศหรือวัสดุแม่เหล็กไปวางใกล้แม่เหล็กจะมีแรงมากระทำต่อวัสดุเหล่านั้น เรียกว่า แรงแม่เหล็ก บริเวณที่มีแรงแม่เหล็กกระทำ บริเวณนั้นมีสนามแม่เหล็ก ลักษณะสนามแม่เหล็กของแม่เหล็กแท่งเป็นอย่างไร ศึกษาได้จาก วีดิทัศน์ เส้นสนามแม่เหล็ก จะพบว่า สนามแม่เหล็กของแม่เหล็กแท่งซึ่งแสดงด้วยเส้นสนามแม่เหล็กมีความหนาแน่นมากที่บริเวณขั้ว และเส้นสนามแม่เหล็กของแม่เหล็กสองแท่งที่วางใกล้กัน จะมีลักษณะต่าง ๆ ขึ้นอยู่กับการวางแม่เหล็กทั้งสอง (ชี้แจงให้ผู้เข้ารับการอบรมว่าในการอบรมครั้งนี้จะมีกิจกรรมการสร้างสื่อเส้นสนามแม่เหล็ก) จากนั้น เน้นว่าสนามแม่เหล็กจากการขมวีดิทัศน์มีสองมิติ แต่ในสภาพจริงสนามแม่เหล็กมีสามมิติ ซึ่งแสดงให้เห็นโดยใช้สื่อวีดิทัศน์หรือสื่ออุปกรณ์จริง เช่น ใช้แม่เหล็กแท่งดึงดูดผงเหล็ก 2.2 ตั้งคำถามว่า จากการศึกษเส้นสนามแม่เหล็กของแม่เหล็ก มีบริเวณใดที่สนามแม่เหล็กสม่ำเสมอ (ไม่มีบริเวณใดที่สนามแม่เหล็กสม่ำเสมอ) สนามแม่เหล็กสม่ำเสมอเป็นอย่างไร จากนั้นให้ความรู้ที่ เส้นสนามแม่เหล็กระหว่างแม่เหล็กขั้วข้างสองแผ่น อยู่ในแนวขนานกันและมีทิศทาง	- วีดิทัศน์ เส้นสนามแม่เหล็กของแม่เหล็กแท่ง 1 แท่ง - อุปกรณ์ประกอบกิจกรรม (ข้อ 7.1) - ใบความรู้ เรื่องสนามแม่เหล็กโลก - ใบกิจกรรม การสาธิตเรื่อง ผลของสนามแม่เหล็กต่อการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอน - อุปกรณ์ประกอบกิจกรรม (ข้อ 7.2) - ใบบันทึกกิจกรรมการสาธิตเรื่อง ผลของสนามแม่เหล็กต่อการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอน	- การมีส่วนร่วม - การนำเสนอผลงาน 1 กลุ่ม (หมุนเวียน) - ชิ้นงาน (ใบบันทึกกิจกรรม การสาธิต เรื่องผลของสนามแม่เหล็กต่อการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอน)

กิจกรรม	สื่อ/ เอกสาร	วัดและประเมินผล
เดียวกัน ซึ่งเป็นสนามแม่เหล็กที่มีค่าคงตัวหรือสนามแม่เหล็กสม่ำเสมอ 2.3 ตั้งคำถาม เหตุใด เข็มทิศซึ่งเป็นแม่เหล็กขนาดจิ๋วจึงวางตัวในแนวเหนือ-ใต้ตลอดเวลา เพื่อให้เห็นการวางตัวที่ชัดเจน ให้ทำการ<u>สาธิต การวางตัวของแม่เหล็กแท่ง</u> โดยแขวนแม่เหล็กแท่งที่บริเวณต่าง ๆ 2-3 ตำแหน่ง ที่ห่างกันพอสมควร ให้แม่เหล็กแท่งวางตัวอยู่ในแนวระดับและสามารถหมุนได้คล่อง ทั้งไว้สักครู่ จนแม่เหล็กแท่งหยุดนิ่งสังเกตการวางตัวของแม่เหล็กแท่ง จะพบว่าแม่เหล็กวางตัวในแนวเหนือ-ใต้ ซึ่งอธิบายได้ว่า โลกมีสนามแม่เหล็กเรียกว่า สนามแม่เหล็กโลก มีทิศทางพุ่งออกจากบริเวณใกล้ขั้วโลกใต้ภูมิศาสตร์ไปยังบริเวณใกล้ขั้วโลกเหนือภูมิศาสตร์ทำให้เกิดแรงกระทำต่อแม่เหล็กให้วางตัวในแนวเหนือ-ใต้เสมอ หลักการนี้นำไปสร้างเข็มทิศ จากนั้นอภิปรายประโยชน์จากสนามแม่เหล็กโลก ทำหน้าที่ป้องกันสิ่งมีชีวิตบนโลกให้พ้นอันตรายจากลมสุริยะตามรายละเอียดในใบความรู้ เรื่อง สนามแม่เหล็กโลก 2.5 ตั้งคำถามว่า ถ้าให้อนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ด้วยความเร็วในสนามแม่เหล็กจะมีแรงกระทำต่ออนุภาคนั้นเหมือนกับสนามแม่เหล็กโลกมีผลต่อลมสุริยะซึ่งประกอบด้วยอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้า หรือไม่ ศึกษาจากกิจกรรม (การสาธิต) เรื่อง ผลของสนามแม่เหล็กต่อการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอน โดยใช้หลอดรังสีแคโทด ต่อไปนี้ 2.6 ศึกษา<u>กิจกรรม การสาธิต เรื่อง ผลของสนามแม่เหล็กต่อการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอน</u> นำเสนอผลและอภิปรายร่วมกัน สรุปได้ว่า สนามแม่เหล็กทำให้เกิดแรงแม่เหล็กกระทำต่ออิเล็กตรอน และทำให้แนวทางการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนเปลี่ยนไป อภิปรายการหาทิศทางของแรงแม่เหล็กที่กระทำต่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้า โดยใช้มือขวา จากนั้น อภิปรายการ		

กิจกรรม	สื่อ/ เอกสาร	วัดและประเมินผล
นำความรู้เรื่องการเบนของอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าในสนามแม่เหล็กนำไปใช้ประโยชน์ในโทรทัศน์ที่ใช้หลอดภาพ		
3. กิจกรรมหลังการอบรม ให้ผู้เข้ารับการอบรมทำแบบตรวจสอบความเข้าใจและสรุปองค์ความรู้	- แบบตรวจสอบความเข้าใจและสรุปองค์ความรู้	- การตรวจสอบความเข้าใจและการสรุปองค์ความรู้

การประเมินผล

รายการประเมิน	เกณฑ์การให้คะแนน	เครื่องมือ
1. การมีส่วนร่วมในกิจกรรม (งานกลุ่ม) ประเมินแบบภาพรวม จาก ความสนใจ ความมุ่งมั่น การทำงานร่วมกัน ทักษะ ปฏิบัติ การอภิปรายและรับฟังความคิดเห็น การแก้ปัญหา ฯ	คะแนนเต็ม 4 4 : ดี 3 : ปานกลาง 2 : พอใช้	การสังเกต การมีส่วนร่วมในกิจกรรม
2. การนำเสนอผลงานกลุ่ม (งานกลุ่ม 1 ครั้ง) ประเมินแบบภาพรวม จาก การรายงานผลการทำกิจกรรม การสื่อความหมาย รูปแบบการนำเสนอ การตอบคำถาม ฯ	คะแนนเต็ม 6 6 : ดี 5 : ปานกลาง 4 : พอใช้	การสังเกต การนำเสนอผลงานกลุ่ม
3. ชิ้นงาน (งานเดี่ยว) ประเมินจากการตรวจ ใบบันทึกกิจกรรม การสาธิต เรื่อง ผลของสนามแม่เหล็กต่อการเคลื่อนที่ของลำอิเล็กตรอน	คะแนนเต็ม 2 2 : ถูกต้อง 80% ขึ้นไป 1 : ถูกต้อง 50% - 80% 0 : ถูกต้องน้อยกว่า 50%	ใบบันทึกกิจกรรม การสาธิต เรื่อง ผลของสนามแม่เหล็กต่อการเคลื่อนที่ของลำอิเล็กตรอน

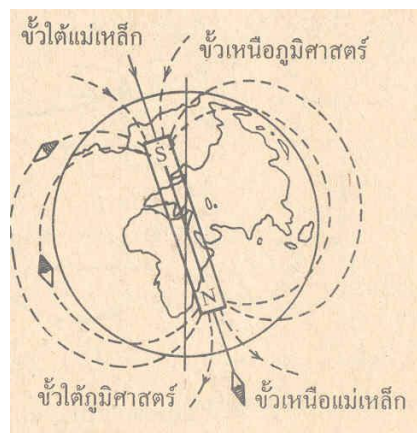


รายการประเมิน	เกณฑ์การให้คะแนน	เครื่องมือ
4. การสรุปองค์ความรู้ (งานเดี่ยว) ประเมินจากการตรวจให้ คะแนน 5 ข้อ 12 คะแนน แล้ว นำคะแนนที่ได้หารด้วย 10	คะแนนเต็ม 1.2	แบบตรวจสอบความเข้าใจ และสรุปองค์ความรู้ เรื่อง แรงแม่เหล็ก

เอกสารประกอบแผนการอบรม

ใบความรู้ เรื่อง สนามแม่เหล็กโลก

เราทราบแล้วว่า เข็มทิศซึ่งเป็นแม่เหล็กขนาดเล็กวางตัวอยู่ในแนวเหนือใต้เสมอ แสดงว่าโลกมีสนามแม่เหล็ก เรียกว่า **สนามแม่เหล็กโลก** (earth's magnetic field) ซึ่งสนามแม่เหล็กโลกทำให้เกิดแรงกระทำต่อแม่เหล็กของเข็มทิศให้วางตัวในแนวเหนือใต้ สนามแม่เหล็กโลกมีทิศทางพุ่งออกจากบริเวณใกล้ขั้วใต้ภูมิศาสตร์ไปยังบริเวณใกล้ขั้วเหนือภูมิศาสตร์ ดังนั้นจึงเสมือนโลกมีแม่เหล็กขนาดใหญ่ฝังอยู่ภายใน เรียกว่า **แม่เหล็กโลก** โดยขั้วเหนือแม่เหล็กโลกอยู่ใกล้ขั้วใต้ภูมิศาสตร์ และขั้วใต้แม่เหล็กโลกอยู่ใกล้ขั้วเหนือภูมิศาสตร์ สนามแม่เหล็กโลกมีความสำคัญอย่างไร



ภาพ แม่เหล็กโลกและสนามแม่เหล็กโลก

เข็มทิศ

มนุษย์ใช้ประโยชน์จากสนามแม่เหล็กโลก หลังจากได้พบว่า เมื่อแขวนแม่เหล็กแท่งให้หมุนในแนวระดับ พบว่าแม่เหล็กจะวางตัวในแนวเหนือ-ใต้เสมอ จึงนำสมบัตินี้มาสร้าง**เข็มทิศ** (compass) โดยใช้แม่เหล็กแท่งชิ้นเล็กๆ วางบนแกนให้หมุนในแนวระดับได้อย่างอิสระ เพื่อใช้บอกทิศ เข็มทิศเป็นอุปกรณ์สำคัญของนักเดินทางและนักสำรวจในหลายศตวรรษที่ผ่านมาและยังคงใช้อยู่ในปัจจุบัน



สนามแม่เหล็กโลกปกป้องโลก

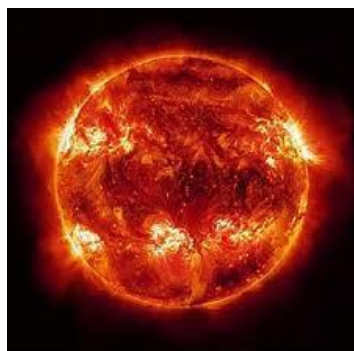
สนามแม่เหล็กโลกทำหน้าที่ป้องกันสิ่งมีชีวิตบนโลกให้พ้นอันตรายจากลมสุริยะ (solar wind) ซึ่งเป็นกระแสอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าพลังงานสูง (ส่วนใหญ่เป็นโปรตอนและอิเล็กตรอน) ที่ออกมาจากโคโรนา (corona) ซึ่งเป็นบรรยากาศชั้นนอกสุดของดวงอาทิตย์ ไม่ให้อนุภาคเหล่านั้นผ่านชั้นบรรยากาศของโลกและทำให้เกิดอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตได้



ภาพ โคโรนาขณะเกิดสุริยุปราคาเต็มดวง

พายุสุริยะ

พายุสุริยะ (solar flare) เป็นลมสุริยะมีความเร็วและรุนแรงกว่าปกติหลายเท่า เป็นผลมาจากการระเบิดอย่างรุนแรงที่บรรยากาศชั้นโครโมสเฟียร์ของดวงอาทิตย์ [การระเบิดนี้เรียกว่า แฟลร์ (flare)] ทำให้พลังงานและอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าจำนวนมากถูกปล่อยออกมาอย่างรวดเร็ว ทำให้ลมสุริยะกลายเป็นพายุสุริยะ และสามารถเดินทางมาถึงโลกภายในเวลาไม่กี่สัปดาห์ที่เมื่ออนุภาคเหล่านี้มาถึงโลกจะรบกวนระบบการสื่อสารต่าง ๆ ทำให้สัญญาณในการสื่อสารขัดข้อง เช่น วิทยุ โทรทัศน์ โทรศัพท์ระบบนำทางของเรือเดินทะเลเครื่องบิน รวมทั้งดาวเทียม ยานอวกาศและสถานีอวกาศที่โคจรรอบโลกที่อาจเกิดประจุไฟฟ้าหรือไฟฟ้าสถิตที่ตัวยาน ซึ่งอาจทำให้วงจรไฟฟ้าทำงานผิดปกติหรือเสียหายได้ นอกจากนี้พายุสุริยะยังเป็นอันตรายต่อนักบินอวกาศที่ทำงานอยู่บนสถานีอวกาศหรือยานอวกาศด้วย ไม่เพียงแต่อนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าเท่านั้น แต่ยังมีการปล่อยพลังงานสูงอีกหลายชนิดที่มาพร้อมกับพายุสุริยะด้วย



ภาพ พายุสุริยะ

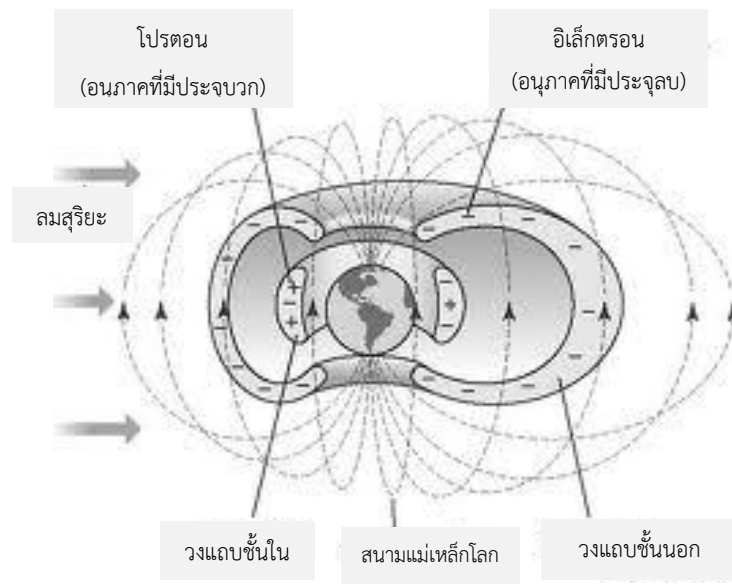
แสงออโรรา งานศิลป์บนท้องฟ้า

ลมสุริยะที่มาปะทะสนามแม่เหล็กโลก อนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าบางส่วนสามารถเข้าสู่บรรยากาศของโลก และถูกแรงเนื่องจากสนามแม่เหล็กโลกบังคับให้เคลื่อนที่ไปยังบริเวณขั้วแม่เหล็กโลก ภายในบริเวณที่เรียกว่า **วงแถบรังสีแวนแอลเลน** (van allen radiation belts) เมื่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าเหล่านี้ชนกับโมเลกุลของออกซิเจนและไนโตรเจนในบรรยากาศก็จะปล่อยแสงสีแดง เขียวและน้ำเงินออกมา เรียกว่า **แสงออโรรา** (aurora) มีลักษณะคล้ายผ้าม่านที่เป็นริ้วสลับไปมา แสงออโรราที่เกิดบริเวณขั้วโลกเหนือ เรียกว่า **แสงออโรราเหนือ** (northern lights หรือ aurora borealis) ถ้าเกิดบริเวณขั้วโลกใต้ เรียกว่า **แสงออโรราใต้** (southern lights หรือ aurora australis)



ภาพ แสงออโรรา

วงแถบรังสีแวนแอลเลน



ภาพ วงแถบรังสีและสนามแม่เหล็กโลก

ในอวกาศเหนือผิวโลกมีวงแถบรังสีที่ล้อมโลกไว้ วงแถบรังสีรอบโลกประกอบด้วยอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าพลังงานสูงที่มาจากดวงอาทิตย์และถูกกักไว้ในสนามแม่เหล็กโลก วงแถบรังสีรอบโลกมีสองวง วงแถบชั้นนอกอยู่ที่ความสูง 15,000 – 20,000 กิโลเมตร วงแถบชั้นในอยู่ที่ความสูง 500 – 5,500 กิโลเมตร แสงออโรราเกิดในวงแถบชั้นใน

วงแถบรังสีรอบโลกค้นพบโดย แวน แอลเลน (James van Allen) นักฟิสิกส์ชาวอเมริกัน ในปี ค.ศ. 1958 โดยใช้ข้อมูลจากดาวเทียมเอกซ์พลอเรอร์ 1 (explorer 1) เขาแสดงให้เห็นว่า รอบโลกมีวงแถบรังสีสองวง ต่อมาเรียกว่า วงแถบรังสีแวนแอลเลน (van allen radiation belts)

นกรู้เส้นทางอพยพได้อย่างไร



ภาพ ฝูงนกอพยพ

มนุษย์ใช้เข็มทิศ แผนที่หรือจีพีเอสในการเดินทาง สำหรับสัตว์ เช่น นก ในช่วงเปลี่ยนฤดู นกจะมีการอพยพย้ายถิ่นเป็นระยะทางไกลหลายพันกิโลเมตรโดยมีเส้นทางและจุดหมายที่แน่นอน นกรู้เส้นทางอพยพได้อย่างไร นักวิทยาศาสตร์พบว่า นกเดินทางโดยใช้สนามแม่เหล็กโลกนำทาง แต่นกสามารถตรวจจับหรือมองเห็นสนามแม่เหล็กโลกได้อย่างไร ทั้ง ๆ ที่สนามแม่เหล็กโลกมีค่าน้อยมาก ประมาณ 0.00005 เทสลา เท่านั้น ปัจจุบันนักวิทยาศาสตร์ได้พบกลไกในการรับรู้สนามแม่เหล็กโลกของนก โดยนกมีเซลล์ที่ไวต่อสนามแม่เหล็กอยู่ในสมองส่วนที่เกี่ยวกับการมองเห็น นอกจากการรับรู้สนามแม่เหล็กโลกแล้ว นกยังใช้แสงอาทิตย์ สภาพภูมิศาสตร์ ดวงดาว การถ่ายทอดทางพันธุกรรมและอื่น ๆ ในการนำทางด้วย

ใบกิจกรรม

การสาธิต เรื่อง ผลของสนามแม่เหล็กต่อการเคลื่อนที่ของลำอิเล็กตรอน

จุดประสงค์

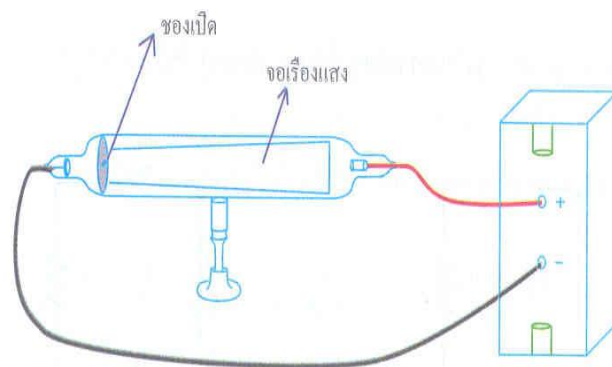
ศึกษาการเบนของอิเล็กตรอนเมื่อเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก

สื่อ-อุปกรณ์

หลอดรังสีแคโทด แหล่งจ่ายไฟโวลต์สูง (12,000 – 15,000 โวลต์) สายไฟ แม่เหล็ก

วิธีการ

1. ต่อขั้วแอโนดและขั้วแคโทดของหลอดรังสีแคโทดเข้ากับขั้วที่มีศักย์ไฟฟ้าสูงและขั้วที่มีศักย์ไฟฟ้าต่ำของแหล่งจ่ายไฟโวลต์สูง (12,000 – 15,000 โวลต์) ตามลำดับ ดังภาพ



☒ ข้อควรระวัง ไม่ให้ส่วนใดของร่างกายและโลหะเข้าใกล้ขั้วหลอดจะเป็นอันตรายได้

ภาพ การจัดอุปกรณ์

2. เปิดสวิตช์ของแหล่งจ่ายไฟโวลต์สูง สังเกตสิ่งที่เกิดขึ้น
3. นำขั้วเหนือของแม่เหล็กเข้าใกล้หลอด จากนั้นสลับขั้ว ให้ขั้วใต้ของแม่เหล็กเข้าใกล้หลอด สังเกตการเปลี่ยนแปลง

- ☐ เมื่อหลอดรังสีแคโทดทำงาน สังเกตเห็นอะไร
- ☐ ขณะขั้วเหนือของแม่เหล็กอยู่ใกล้หลอด ทิศทางของสนามแม่เหล็กเป็นอย่างไร
- ☐ ขณะขั้วใต้ของแม่เหล็กอยู่ใกล้หลอด ทิศทางของสนามแม่เหล็กเป็นอย่างไร
- ☐ การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น เกิดได้อย่างไร

ใบบันทึกกิจกรรม

การสาธิต เรื่อง ผลของสนามแม่เหล็กต่อการเคลื่อนที่ของลำอิเล็กตรอน

จากการสาธิต จงตอบคำถามต่อไปนี้

1. ขณะไม่มีสนามแม่เหล็ก ลำอิเล็กตรอนเคลื่อนที่อย่างไร

.....

.....

.....

.....

2. ขณะมีสนามแม่เหล็กบริเวณใกล้หลอด ลำอิเล็กตรอนเคลื่อนที่อย่างไร

.....

.....

.....

.....

3. เพราะเหตุใด ลำอิเล็กตรอนจึงเบนไปจากแนวเดิมได้

.....

.....

.....

.....

4. สรุปผลการทำกิจกรรมได้อย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

แบบตรวจสอบความเข้าใจและสรุปองค์ความรู้ เรื่อง แรงแม่เหล็ก

เวลา 15 นาที

จงตอบคำถามต่อไปนี้

1. เราทราบได้อย่างไรว่า โลกมีสนามแม่เหล็ก และสนามแม่เหล็กโลกมีลักษณะอย่างไร

คำตอบ

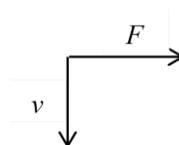
2. อิเล็กตรอนตัวหนึ่งหยุดนิ่ง ถ้าจะทำให้อิเล็กตรอนตัวนี้เคลื่อนที่ควรใช้สนามไฟฟ้าหรือสนามแม่เหล็ก เพราะเหตุใด

คำตอบ

3. สมมติลำโปรตอนเคลื่อนที่ในแนวระดับขนานกับหน้ากระดานของห้องเรียนจากซ้ายมือไปทางขวามือ ถ้าใส่สนามแม่เหล็กในทิศทางขึ้น จงหาทิศทางของแรงแม่เหล็กที่กระทำต่อลำโปรตอนและอธิบายวิธีการหาทิศทางของแรงแม่เหล็ก

คำตอบ

4. จากภาพ แสดงความเร็ว (v) ของอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าลบเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็กและแรง (F) เนื่องจากสนามแม่เหล็กที่กระทำต่ออนุภาค จงหาทิศทางของสนามแม่เหล็ก



คำตอบ

5. สรุปองค์ความรู้ที่ได้จากการอบรม



เฉลย ใบบันทึกกิจกรรม
การสาธิต เรื่อง ผลของสนามแม่เหล็กต่อการเคลื่อนที่ของลำอิเล็กตรอน

จากการสาธิต จงตอบคำถามต่อไปนี้

1. ขณะไม่มีสนามแม่เหล็ก ลำอิเล็กตรอนเคลื่อนที่อย่างไร

แนวคำตอบ ลำอิเล็กตรอนเคลื่อนที่เป็นแนวตรง

2. ขณะมีสนามแม่เหล็กบริเวณใกล้หลอด ลำอิเล็กตรอนเคลื่อนที่อย่างไร

แนวคำตอบ ลำอิเล็กตรอนเบนไปจากแนวตรง ถ้านำขั้วเหนือเข้าใกล้หลอด (ทางด้านหลังหลอด)

ลำอิเล็กตรอนจะเบนโค้งขึ้น ถ้านำขั้วใต้เข้าใกล้หลอด (ทางด้านหลังหลอด) ลำอิเล็กตรอนจะเบนโค้งลง

3. เพราะเหตุใด ลำอิเล็กตรอนจึงเบนไปจากแนวเดิมได้

แนวคำตอบ การที่ลำอิเล็กตรอนจึงเบนไปจากแนวเดิมได้ เพราะมีแรงเนื่องจากสนามแม่เหล็กกระทำต่ออิเล็กตรอน

4. สรุปผลการทำกิจกรรมได้อย่างไร

แนวคำตอบ ผลการทำกิจกรรมสรุปได้ว่า เมื่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่เข้าไปในสนามแม่เหล็ก จะเกิดแรงแม่เหล็กกระทำ ทำให้แนวทางเดินเปลี่ยนไปจากเดิม

เฉลย แบบตรวจสอบความเข้าใจและสรุปองค์ความรู้ เรื่อง แรงแม่เหล็ก

เวลา 20 นาที [12 คะแนน]

จงตอบคำถามต่อไปนี้

1. เราทราบได้อย่างไรว่า โลกมีสนามแม่เหล็ก และสนามแม่เหล็กโลกมีมีลักษณะอย่างไร

แนวคำตอบ โลกมีสนามแม่เหล็ก ทำให้แม่เหล็กในเข็มทิศเบน [1] สนามแม่เหล็กโลกคล้าย
สนามแม่เหล็กของแม่เหล็กแท่ง พุ่งออกจากบริเวณใกล้ขั้วโลกใต้เข้าหาบริเวณใกล้ขั้วโลกเหนือ [1]

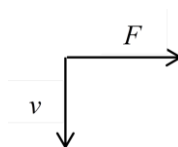
2. อิเล็กตรอนตัวหนึ่งหยุดนิ่ง ถ้าจะทำให้อิเล็กตรอนตัวนี้เคลื่อนที่ควรใช้สนามไฟฟ้าหรือสนามแม่เหล็ก
เพราะเหตุใด

แนวคำตอบ สนามไฟฟ้า [1] เพราะสนามไฟฟ้าจะทำให้เกิดแรงไฟฟ้ากระทำต่ออิเล็กตรอนให้เคลื่อนที่
ในแนวเดียวกับสนามไฟฟ้า [1] แต่ถ้าเป็นสนามแม่เหล็ก อิเล็กตรอนจะไม่เคลื่อนที่ [1]

3. สมมติลำโปรตอนเคลื่อนที่ในแนวระดับขนานกับหน้ากระดาษของห้องเรียนจากซ้ายมือไปทางขวามือ
ถ้าใส่สนามแม่เหล็กในทิศทางขึ้น จงหาทิศทางของแรงแม่เหล็กที่กระทำต่อลำโปรตอนและอธิบาย
วิธีการหาทิศทางของแรงแม่เหล็ก

แนวคำตอบ แรงแม่เหล็กมีทิศทางพุ่งออกและตั้งฉากกับกระดาษ [1] หาโดยใช้มือขวา แบ่มือขวาให้
นิ้วชี้ชี้ในทิศทางของความเร็ว นิ้วหัวแม่มือจะชี้ทิศทาง
ของแรงแม่เหล็ก [1]

4. จากภาพ แสดงความเร็ว (v) ของอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าลบเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็กและแรง (F)
เนื่องจากสนามแม่เหล็กที่กระทำต่ออนุภาค จงหาทิศทางของสนามแม่เหล็ก



แนวคำตอบ สนามแม่เหล็กมีทิศทางพุ่งออกและตั้งฉากกับกระดาษ [1]

5. สรุปองค์ความรู้ที่ได้จากการอบรม [4]

แนวคำตอบ

แม่เหล็กเป็นวัสดุที่ดึงดูดวัสดุบางอย่างได้ เมื่อนำเข็มทิศหรือวัสดุแม่เหล็กไปวางใกล้แม่เหล็กจะมี
แรงมากกระทำต่อวัสดุเหล่านั้น เรียกว่า แรงแม่เหล็ก บริเวณที่มีแรงแม่เหล็กกระทำ บริเวณนั้นมี
สนามแม่เหล็ก เส้นสมมติที่ใช้แสดงสนามแม่เหล็ก เรียกว่า เส้นสนามแม่เหล็ก [1]



โลกมีสนามแม่เหล็ก เรียกว่า สนามแม่เหล็กโลก โลกจึงเสมือนมีแม่เหล็กขนาดใหญ่ฝังอยู่ภายใน โดยขั้วเหนือของแม่เหล็กโลกอยู่ใกล้ขั้วใต้ภูมิศาสตร์ และขั้วใต้ของแม่เหล็กโลกอยู่ใกล้ขั้วเหนือ ภูมิศาสตร์ สนามแม่เหล็กโลกป้องกันอันตรายจากลมสุริยะที่มาจากดวงอาทิตย์ [1]

เมื่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ตัดฉากกับสนามแม่เหล็ก จะเกิดแรงกระทำต่ออนุภาคนั้น หาทิศทางของแรงที่เกิดขึ้นโดยใช้มือขวา ความรู้เกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าใน สนามแม่เหล็กใช้อธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติบางอย่างและนำไปประยุกต์สร้างหลอดภาพ [2]

เรื่อง ไฟฟ้าและแม่เหล็ก

แผนการอบรม

แผนการอบรมครูฟิสิกส์ ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย สำหรับครูผู้ช่วยหรือครูบรรจุใหม่ เรื่อง ไฟฟ้าและแม่เหล็ก

เวลา 3 ชั่วโมง

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายสนามแม่เหล็กจากลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่าน
2. ทดลองและอธิบายผลที่เกิดขึ้นกับลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าและอยู่ในสนามแม่เหล็ก
3. อธิบายการหมุนของขดลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าที่วางในสนามแม่เหล็ก และหลักการของมอเตอร์ไฟฟ้า
4. ทดลองและอธิบายผลที่เกิดขึ้นเมื่อเคลื่อนขดลวดตัวนำตัดสนามแม่เหล็ก และหลักการของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

สาระสำคัญ

กระแสไฟฟ้าทำให้เกิดสนามแม่เหล็กได้ เมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำจะเกิดสนามแม่เหล็กรอบลวดตัวนำ กระแสไฟฟ้าผ่านโซเลนอยด์ที่มีเหล็กอ่อนเป็นแกนจะทำให้เหล็กอ่อนเป็นแม่เหล็กไฟฟ้า สนามแม่เหล็กทำให้เกิดแรงกระทำต่อลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านและวางในสนามแม่เหล็ก โดยหาทิศทางของแรงที่กระทำต่อลวดตัวนำได้

ถ้าตัดลวดตัวนำให้เป็นขดลวดรูปสี่เหลี่ยมวางตัวในสนามแม่เหล็ก เมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่านขดลวดจะเกิดแรงกระทำต่อขดลวด ทำให้ขดลวดหมุนได้ หลักการนี้นำไปสร้างมอเตอร์ไฟฟ้า

เมื่อเคลื่อนขดลวดตัวนำตัดกับสนามแม่เหล็กหรือเคลื่อนแม่เหล็กให้สนามแม่เหล็กตัดกับขดลวดตัวนำ จะเกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าในขดลวดตัวนำ ผลที่เกิดขึ้นนี้เรียกว่า การเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า (electromagnetic induction) ความรู้เกี่ยวกับการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้านำไปสร้างเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

ความรู้พื้นฐาน

แรงและการเคลื่อนที่ แรงสัมผัสและแรงไม่สัมผัส โซเลนอยด์ ปริมาณเวกเตอร์
การต่อวงจรไฟฟ้าอย่างประกอบด้วยแบตเตอรี่ ตัวต้านทานและสวิตช์
ทิศทางของกระแสไฟฟ้าในวงจร การใช้แอมมิเตอร์ และสนามแม่เหล็ก



ความเข้าใจคลาดเคลื่อน

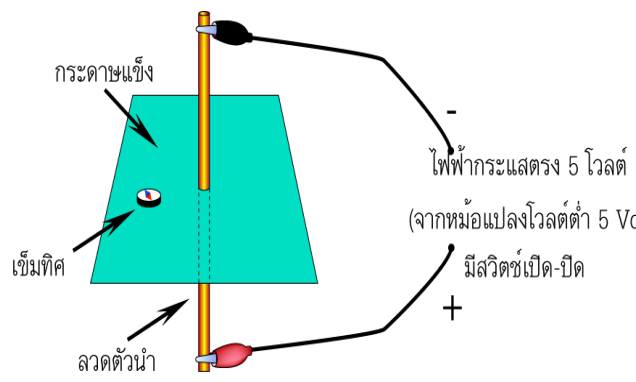
ความเข้าใจคลาดเคลื่อน	ความเข้าใจที่ถูกต้อง
การเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้าเกิดขึ้นเมื่อมีการเคลื่อนที่ของแม่เหล็กให้สนามแม่เหล็กตัดกับขดลวดเท่านั้น	การเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้าเกิดขึ้นเมื่อเคลื่อนขดลวดตัดกับสนามแม่เหล็ก หรือเคลื่อนแม่เหล็กให้สนามแม่เหล็กตัดกับขดลวด หรือเคลื่อนที่ทั้งแม่เหล็กและขดลวดก็ได้ แต่ทุกกรณีต้องมีการเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็กขณะผ่านขดลวด

สื่อการเรียนรู้

- เอกสารประกอบการอบรม 1: ใบกิจกรรมที่ 1 เรื่อง ผลของสนามแม่เหล็กต่อลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่าน
- เอกสารประกอบการอบรม 2: ใบบันทึกกิจกรรมที่ 1 เรื่อง ผลของสนามแม่เหล็กต่อลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่าน
- เอกสารประกอบการอบรม 3: ใบกิจกรรมที่ 2 เรื่อง การเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า
- เอกสารประกอบการอบรม 4: ใบบันทึกกิจกรรมที่ 2 เรื่อง การเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า
- เอกสารประกอบการอบรม 5: ใบความรู้ เรื่อง การประยุกต์ทางไฟฟ้าและแม่เหล็ก
- เอกสารประกอบการอบรม 6: แบบตรวจสอบความเข้าใจและสรุปองค์ความรู้ เรื่อง ไฟฟ้าและแม่เหล็ก
- สื่อสำหรับวิทยากร:
 - ไฟล์ภาพ สนามแม่เหล็กของลวดตัวนำวงกลม โซเลนอยด์และทอรรอยด์
 - ไฟล์ภาพ การใช้มือขวาหาทิศทางของแรง
 - ไฟล์ภาพ หลักการของมอเตอร์ไฟฟ้า (ขดลวดสี่เหลี่ยมในสนามแม่เหล็กแสดงกระแสไฟฟ้า สนามแม่เหล็กและแรงคู่ควบ)
- หนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6
- อุปกรณ์ประกอบกิจกรรม:
 - การสาธิต แม่เหล็กไฟฟ้า (ขดลวดพันรอบตะปู แบตเตอรี่ 3V พร้อมขั้ว ลวดเสียบกระดาศ)
 - การสาธิต สนามแม่เหล็กที่เกิดจากกระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำตรง (ลวดทองแดงอาบน้ำยา (เบอร์ 15-18 ยาวประมาณ 20 เซนติเมตร) สายไฟพร้อมปากคีบ เข็มทิศ แบตเตอรี่ 6 โวลต์ และกระดาศแข็ง)
 - ผลของสนามแม่เหล็กที่มีต่อลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่าน (แผ่นเหล็กรูปตัวยู แม่เหล็กขั้วข้าง แบตเตอรี่ 3V พร้อมขั้ว ลวดโลหะ (อะลูมิเนียม) ลวดเสียบกระดาศ)
 - การเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า (แอมมิเตอร์ ขดลวด แม่เหล็กแท่ง)



แนวทางการจัดกิจกรรม

กิจกรรม	สื่อ/ เอกสาร	วัดและประเมินผล
1. กิจกรรมนำเข้าสู่การอบรม 1.1 ตั้งคำถาม เราเคยได้ยินคำว่า ไฟฟ้า-แม่เหล็ก แม่เหล็กไฟฟ้า ไฟฟ้าและแม่เหล็กมีความสัมพันธ์กันหรือไม่ อย่างไร จากนั้นทำการสาธิต แม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งเป็นขดลวดพันรอบเหล็กแท่ง (ตะปู) ต่อกับแบตเตอรี่ ตะปูสามารถดึงดูดลวดเสียบกระดาดได้ แสดงว่า กระแสไฟฟ้าทำให้เกิดสนามแม่เหล็กได้ จากนั้นให้ความรู้เกี่ยวกับโซเลนอยด์ (solenoid) และแม่เหล็กไฟฟ้า (electromagnet) 1.2 ตั้งคำถามว่า สนามแม่เหล็กที่เกิดจากกระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำมีลักษณะอย่างไร ศึกษาจากการสาธิตต่อไปนี้	- อุปกรณ์ประกอบกิจกรรม (ข้อ 9.1)	
2. กิจกรรมระหว่างการอบรม 2.1 ทำการสาธิต <u>สนามแม่เหล็กที่เกิดจากกระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำตรง</u> โดยจัดอุปกรณ์ดังภาพ  จะพบว่า ขณะมีกระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำตรง จะเกิดสนามแม่เหล็กรอบลวดตัวนำตรง และหาทิศทางของสนามแม่เหล็กที่เกิดรอบลวดตัวนำตรงได้โดยใช้เข็มทิศเล็ก ๆ หรือใช้มือขวากำหนดลวดตัวนำตรงให้หัวแม่มือชี้ในทิศทางของกระแสไฟฟ้า ทิศทางการวนของนิ้วทั้งสี่ คือ ทิศทางของสนามแม่เหล็ก เมื่อกลับทิศทางของกระแสไฟฟ้า	- อุปกรณ์ประกอบกิจกรรม (ข้อ 9.2) - ไฟล์ภาพสนามแม่เหล็กของลวดตัวนำรูปร่างต่าง ๆ - ใบกิจกรรมที่ 1 เรื่อง ผลของสนามแม่เหล็กต่อลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่าน - อุปกรณ์ประกอบกิจกรรม (ข้อ 9.3) - ใบบันทึกกิจกรรมที่ 1 เรื่อง ผลของสนามแม่เหล็กต่อลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่าน - ไฟล์ภาพการใช้มือขวาหาทิศทางของแรง - ไฟล์ภาพ มอเตอร์ไฟฟ้า	- การมีส่วนร่วม - การนำเสนอผลงาน 1 กลุ่ม (หมุนเวียน) - ชิ้นงาน (ใบบันทึกกิจกรรมที่ 1 เรื่อง ผลของสนามแม่เหล็กต่อลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่าน และใบบันทึกกิจกรรมที่ 2 เรื่อง การเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า)

กิจกรรม	สื่อ/ เอกสาร	วัดและประเมินผล
ทิศทางของสนามแม่เหล็กจะเปลี่ยนไปด้วย จากนั้นให้ความรู้ว่า สนามแม่เหล็กของลวดตัวนำรูปร่างอื่น มีรูปร่างต่างกัน ดังภาพสนามแม่เหล็กของลวดตัวนำวงกลม โซเลนอยด์และทอรรอยด์ 2.2 ชี้ให้เห็นว่า กระแสไฟฟ้าทำให้เกิดสนามแม่เหล็ก ดังนั้น ถ้านำลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านไปวางในสนามแม่เหล็กจะมีการเปลี่ยนแปลงใดเกิดขึ้นหรือไม่ และจะนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ได้อย่างไร ศึกษาจากกิจกรรมต่อไปนี้ 2.3 <u>ทำกิจกรรม เรื่อง ผลของสนามแม่เหล็กต่อลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่าน</u> นำเสนอผล จากนั้นอภิปรายจนสรุปได้ว่า เมื่อนำลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านไปวางในสนามแม่เหล็ก จะเกิดแรงกระทำต่อลวดตัวนำ ทำให้ลวดตัวนำเคลื่อนที่ ทิศทางของแรงหาได้จากมือขวา โดยวางมือให้นิ้วทั้งสี่ชี้ไปทางทิศทางของกระแสไฟฟ้า นิ้วหัวแม่มือจะชี้เข้าหาทิศทางของสนามแม่เหล็ก นิ้วหัวแม่มือจะแสดงทิศทางของแรง 2.4 ตั้งคำถามว่า ถ้านำลวดตัวนำมาขดเป็นรูปสี่เหลี่ยมให้ขดลวดมีกระแสไฟฟ้าผ่านและอยู่ในสนามแม่เหล็ก ขดลวดจะเคลื่อนที่หรือไม่ อย่างไร และอภิปรายร่วมกันโดยอาศัยภาพประกอบ จนสรุปได้ว่า ขดลวดตัวนำรูปสี่เหลี่ยม จะถูกแรงคู่ควบกระทำให้หมุนในสนามแม่เหล็กได้ หลักการนี้นำไปประดิษฐ์มอเตอร์ไฟฟ้าซึ่งเป็นอุปกรณ์สำคัญในเครื่องใช้ไฟฟ้าหลายอย่าง (จากนั้นแจ้งให้ผู้เข้ารับการอบรมทราบว่า จะมีการประดิษฐ์มอเตอร์อย่างง่ายในช่วงค่ำ) 2.5 ชี้ให้เห็นว่า กระแสไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กมีความสัมพันธ์กัน โดยกระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำทำให้เกิดสนามแม่เหล็ก แล้วตั้งคำถามว่า ในทางกลับกัน สนามแม่เหล็กจะทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำ	- ใบกิจกรรมที่ 2 เรื่อง การเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า - อุปกรณ์ประกอบกิจกรรม (ข้อ 9.4) - ใบบันทึกกิจกรรมที่ 2 เรื่อง การเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า - ใบความรู้ เรื่อง การประยุกต์ทางไฟฟ้าและแม่เหล็ก	

กิจกรรม	สื่อ/ เอกสาร	วัดและประเมินผล
ได้หรือไม่ ศึกษาจากกิจกรรมต่อไปนี้ 2.6 ทำกิจกรรม เรื่อง การเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า นำเสนอผล จากนั้นอภิปรายจนสรุปได้ว่า เมื่อขดลวดตัวนำ ตัดกับสนามแม่เหล็ก จะเกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าขึ้นในขดลวด ถ้าต่อกับแอมมิเตอร์ เข็มของแอมมิเตอร์จะเบน แสดงว่า สนามแม่เหล็กทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำได้ จากนั้นให้ความรู้ว่าการทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำโดยเคลื่อนลวดตัวนำตัดกับสนามแม่เหล็ก หรือเคลื่อนแม่เหล็กให้สนามแม่เหล็กตัดกับลวดตัวนำ เรียกว่า การเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า หลักการนี้นำไปประยุกต์ ดังรายละเอียดในใบความรู้ เรื่อง การประยุกต์ทางไฟฟ้า และแม่เหล็ก		
3. กิจกรรมหลังการอบรม ให้ผู้เข้ารับการอบรมทำแบบตรวจสอบความเข้าใจ และสรุปองค์ความรู้	- แบบตรวจสอบความเข้าใจและสรุปองค์ความรู้	- การตรวจสอบความเข้าใจและการสรุปองค์ความรู้

การประเมินผล

รายการประเมิน	เกณฑ์การให้คะแนน	เครื่องมือ
1. การมีส่วนร่วมในกิจกรรม (งานกลุ่ม) ประเมินแบบภาพรวม จาก ความสนใจ ความมุ่งมั่น การทำงานร่วมกัน ทักษะ ปฏิบัติ การอภิปรายและรับฟัง ความคิดเห็น การแก้ปัญหา ฯ	คะแนนเต็ม 4 4 : ดี 3 : ปานกลาง 2 : พอใช้	การสังเกต การมีส่วนร่วมในกิจกรรม
2. การนำเสนอผลงานกลุ่ม (งานกลุ่ม 1 ครั้ง) ประเมินแบบภาพรวม จาก การรายงานผลการทำกิจกรรม การสื่อความหมาย รูปแบบการ นำเสนอ การตอบคำถาม ฯ	คะแนนเต็ม 6 6 : ดี 5 : ปานกลาง 4 : พอใช้	การสังเกต การนำเสนอผลงานกลุ่ม
3. ชิ้นงาน (งานเดี่ยว) ประเมินจากการตรวจ 1. ใบบันทึกกิจกรรมที่ 1 เรื่อง ผลของสนามแม่เหล็กต่อลวด ตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่าน 2. ใบบันทึกกิจกรรมที่ 2 เรื่อง การเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า	คะแนนเต็ม 4 กิจกรรมละ 2 คะแนน 2 : ถูกต้อง 80% ขึ้นไป 1 : ถูกต้อง 50% - 80% 0 : ถูกต้องน้อยกว่า 50%	- ใบบันทึกกิจกรรมที่ 1 เรื่อง ผลของ สนามแม่เหล็กต่อลวด ตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้า ผ่าน - ใบบันทึกกิจกรรมที่ 2 เรื่อง การเหนี่ยวนำ แม่เหล็กไฟฟ้า
4. การสรุปองค์ความรู้ (งานเดี่ยว) ประเมินจากการตรวจให้ คะแนน 5 ข้อ 12 คะแนน แล้ว นำคะแนนที่ได้หารด้วย 10	คะแนนเต็ม 1.2	แบบตรวจสอบความเข้าใจ และสรุปองค์ความรู้ เรื่อง ไฟฟ้าและแม่เหล็ก

เอกสารประกอบแผนการอบรม

ใบกิจกรรมที่ 1

เรื่อง ผลของสนามแม่เหล็กต่อลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่าน

จุดประสงค์

ศึกษาผลของสนามแม่เหล็กต่อการเคลื่อนที่ของตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่าน

สื่อ-อุปกรณ์

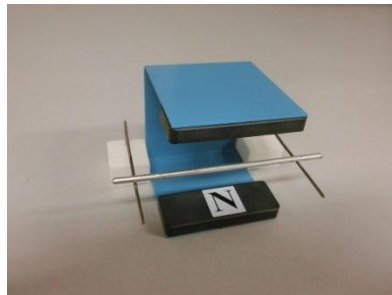
แม่เหล็กขั้วข้าง แผ่นเหล็กรูปตัวยู แบตเตอรี่ AA 3 V พร้อมรังและขั้ว

ลวดอะลูมิเนียมหรือทองแดง (ความยาวประมาณ 8 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 1 มิลลิเมตร

ลวดเสียบกระดาษ ยางลบ

วิธีการ

1. นำแม่เหล็กขั้วข้างสองอัน ไปติดที่แผ่นเหล็กรูปตัวยู โดยหันขั้วต่างชนิดเข้าหากันให้สนามแม่เหล็กมีทิศทางขึ้น
2. ดัดลวดเสียบกระดาษสองตัว (เป็นรูปตัว L) แล้วนำไปติดตั้งข้างแผ่นเหล็กรูปตัวยู (ใช้อย่างลบเป็นฐาน) นำลวดอะลูมิเนียมไปวางบนลวดเสียบกระดาษ ให้อยู่ระหว่างแม่เหล็กขั้วข้าง ดังภาพ



ภาพ การจัดอุปกรณ์

3. นำขั้วที่ต่อกับแบตเตอรี่ไปแตะลวดเสียบกระดาษ โดยให้กระแสไฟฟ้าเคลื่อนที่จากซ้ายไปขวา สังเกตการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับลวดอะลูมิเนียม
4. ทำซ้ำ โดยกลับทิศทางของกระแสไฟฟ้า สังเกตผลที่เกิดขึ้น เปรียบเทียบกับผลในข้อ 3
5. ทำซ้ำ โดยกลับทิศทางของสนามแม่เหล็ก สังเกตและบันทึกผล

□ อธิบายและสรุปผลของสนามแม่เหล็กในกิจกรรมนี้

ใบบันทึกกิจกรรมที่ 1

เรื่อง ผลของสนามแม่เหล็กต่อลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่าน

จากการทำกิจกรรม จงตอบคำถามต่อไปนี้

1. เมื่อมีกระแสไฟฟ้าในลวดอะลูมิเนียม ทิศทางจากซ้ายไปขวา จะเกิดอะไรขึ้นกับลวดอะลูมิเนียม

.....

.....

.....

2. เมื่อมีกระแสไฟฟ้าในลวดอะลูมิเนียม ทิศทางจากขวาไปซ้าย จะเกิดอะไรขึ้นกับลวดอะลูมิเนียม

.....

.....

.....

.....

3. ทิศทางของสนามแม่เหล็ก มีความสัมพันธ์กับกระแสไฟฟ้าและแรงแม่เหล็กหรือไม่ อย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4. สรุปผลการทำกิจกรรมได้อย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

ใบกิจกรรมที่ 2

เรื่อง การเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า

จุดประสงค์

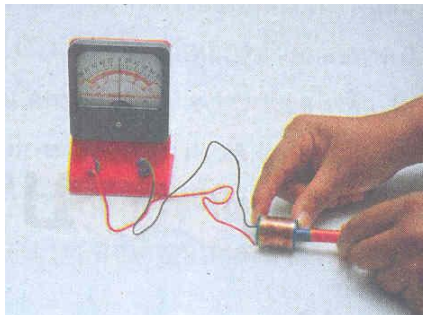
ศึกษาการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า

สื่อ-อุปกรณ์

แอมมิเตอร์ ขดลวดตัวนำ สายไฟ แม่เหล็กแท่ง

วิธีการ

1. ต่อขดลวดตัวนำกับแอมมิเตอร์ ให้ขดลวดตัวนำอยู่กับที่ แต่เคลื่อนแม่เหล็กแท่งให้สนามแม่เหล็กตัดกับขดลวด สังเกตการเบนของเข็มแอมมิเตอร์



รูป การจัดอุปกรณ์

2. จับแม่เหล็กแท่งให้อยู่นิ่ง เคลื่อนขดลวดตัวนำให้เคลื่อนที่ตัดสนามแม่เหล็ก สังเกตการเบนของเข็มแอมมิเตอร์

- ☐ อัตราเร็วในการเคลื่อนที่ขดลวดหรือแม่เหล็กแท่ง มีผลต่อการเบนของเข็มแอมมิเตอร์หรือไม่
- ☐ ถ้าขดลวดและแม่เหล็กแท่งอยู่นิ่ง เข็มแอมมิเตอร์เบนหรือไม่
- ☐ สรุปผลการทำกิจกรรมนี้ได้อย่างไร

ใบบันทึกกิจกรรมที่ 2

เรื่อง การเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า

จากการทำกิจกรรม จงตอบคำถามต่อไปนี้

1. เมื่อสอดปลายแม่เหล็กแท่งเข้าไปในขดลวด แล้วดึงแม่เหล็กแท่งออกจากขดลวด ผลที่สังเกตได้เป็นอย่างไร

.....

.....

.....

2. ถือแม่เหล็กแท่งให้อยู่นิ่งในขดลวด จากนั้นเคลื่อนขดลวด ผลที่สังเกตได้เป็นอย่างไร

.....

.....

.....

3. เมื่อทั้งแม่เหล็กแท่งและขดลวดอยู่นิ่ง ผลที่สังเกตได้เป็นอย่างไร

.....

.....

.....

4. สรุปผลการทำกิจกรรมได้อย่างไร

.....

.....

.....

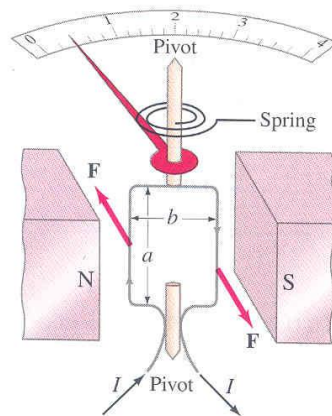
.....

ใบความรู้ เรื่อง การประยุกต์ทางแม่เหล็กและไฟฟ้า

แม่เหล็กและไฟฟ้ามีความสัมพันธ์ที่ส่งผลถึงกันและกัน ความรู้เกี่ยวกับแม่เหล็กและไฟฟ้าทำให้เกิดสิ่งประดิษฐ์ต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิต เช่น เครื่องวัดทางไฟฟ้า ไมโครโฟน ลำโพง อะแดปเตอร์ เต้าหื่นี้นวน้ำ เอ็มอาร์ไอ เอ็มอีจี อุปกรณ์เหล่านี้มีหลักการทำงานอย่างไร

1. เครื่องวัดทางไฟฟ้า

เครื่องวัดทางไฟฟ้า เช่น แอมมิเตอร์ โวลต์มิเตอร์ มีส่วนประกอบที่สำคัญ คือ แกลแวนอมิเตอร์ซึ่งประกอบด้วยขดลวดเคลื่อนน้ำยารูปสี่เหลี่ยม (กว้าง a ยาว b) ที่มีแกนหมุนในสนามแม่เหล็ก ปลายข้างหนึ่งของแกนหมุนติดสปริงและเข็มชี้ ดังภาพ



ภาพ องค์ประกอบของแกลแวนอมิเตอร์ เมื่อมีกระแสไฟฟ้าเข้าไปในขดลวด จะทำให้เข็มชี้เบนไป เมื่อไม่มีกระแสไฟฟ้า เข็มชี้จะกลับมามาที่เดิม

แกลแวนอมิเตอร์มีหลักการทำงานดังนี้ เมื่อกระแสไฟฟ้า (I) ผ่านขดลวดจะเกิดแรงคู่ควบ (F) กระทำต่อขดลวดให้หมุนไปเล็กน้อย ทำให้เข็มชี้เบนตาม พร้อมกับทำให้สปริงหดตัวด้วย โดยมุมที่เข็มชี้เบนไปแปรผันตรงกับกระแสไฟฟ้าที่ผ่านขดลวด และเมื่อไม่มีกระแสไฟฟ้าในขดลวด สปริงจะคลายตัวทำให้ขดลวดและเข็มชี้กลับมามาอยู่ที่ตำแหน่งเริ่มต้น

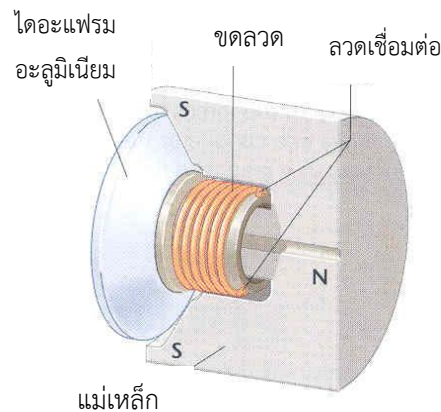
แกลแวนอมิเตอร์สามารถวัดกระแสไฟฟ้าที่มีค่าน้อยและถูกแปลงเป็นเครื่องวัดทางไฟฟ้าอื่น ๆ ได้

2. ไมโครโฟน

ไมโครโฟน (microphone) เป็นอุปกรณ์ที่เปลี่ยนพลังงาน (สัญญาณ) เสียงให้เป็นพลังงาน (สัญญาณ) ไฟฟ้า ผ่านเครื่องขยายสัญญาณ (amplifier) แล้วส่งไปยังลำโพงเพื่อเปลี่ยนสัญญาณไฟฟ้ากลับเป็นสัญญาณเสียงอีกครั้ง



ไมโครโฟนมีโครงสร้างคล้ายลำโพง ไมโครโฟนมีไดอะแฟรมติดกับขดลวดที่เคลื่อนที่ได้อย่างอิสระในสนามแม่เหล็ก เมื่อคลื่นเสียงเข้ามาที่ไมโครโฟน ไดอะแฟรมจะสั่นทำให้ขดลวดขยับไปมาในสนามแม่เหล็ก มีผลให้เกิดการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้าในขดลวด คลื่นเสียงจึงถูกเปลี่ยนเป็นสัญญาณไฟฟ้า ซึ่งแรงดันที่เกิดขึ้นมีค่าน้อยมาก จึงถูกขยายด้วยเครื่องขยายสัญญาณก่อนถูกส่งต่อไปลำโพงเพื่อเปลี่ยนกลับเป็นสัญญาณเสียงที่มีความดังมากกว่าเดิม

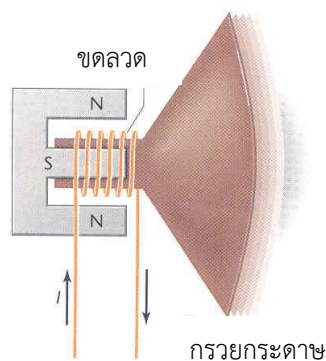


ภาพ องค์ประกอบของไมโครโฟน

3. ลำโพง

ลำโพง (loudspeaker) เป็นอุปกรณ์ที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานเสียง ลำโพงประกอบด้วยขดลวดที่ทำจากลวดเส้นเล็กมาก ติดบนกรวยกระดาษ (หรือพลาสติก) เรียกว่า **ไดอะแฟรม** (diaphragm) ขดลวดนี้อยู่ในสนามแม่เหล็กของแม่เหล็กถาวร เมื่อสัญญาณไฟฟ้า (ที่แปลงมาจากสัญญาณเสียงโดยไมโครโฟน) มาเข้าขดลวดจะเกิดแรงกระทำต่อขดลวดให้เคลื่อนที่เข้า-ออกตามสัญญาณไฟฟ้า มีผลให้กรวยกระดาษสั่นด้วยความถี่ของสัญญาณไฟฟ้าที่เข้ามา และทำให้เกิดคลื่นเสียงที่มีความดังมากกว่าเดิม

หูฟัง (earpieces) เป็นอุปกรณ์สำหรับรับฟังเสียงที่ใช้กันแพร่หลายมากในปัจจุบัน มีหลักการและหน้าที่คล้ายลำโพงแต่มีขนาดเล็กกว่ามาก จะได้ยินเสียงเมื่อนำไปติดที่หูชั้นนอก ใช้ฟังเสียงจากโทรศัพท์เคลื่อนที่ เครื่องเล่นเพลงพกพา การใช้ต้องระวังไม่ปรับเสียงให้มีความดังเกินไปเพราะอาจเกิดอันตรายต่อหูชั้นในได้ในระยะยาว



ภาพ องค์ประกอบของลำโพง



ภาพ หูฟังในโทรศัพท์เคลื่อนที่

4. อะแดปเตอร์

อะแดปเตอร์ (adaptor) เป็นชื่อเรียกอุปกรณ์ลดความต่างศักย์ของไฟฟ้าในบ้านเรือน (110 -220 โวลต์) ให้มีความต่างศักย์ลดลงเหมาะกับเครื่องใช้ไฟฟ้านั้น ๆ โดยอาศัยหลักการของหม้อแปลง นอกจากนี้ในอะแดปเตอร์อาจมีวงจรแปลงไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรงสำหรับเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ใช้ไฟฟ้ากระแสตรงที่มีความต่างศักย์ค่าน้อย โดยทั่วไปแล้ว อะแดปเตอร์จะถูกออกแบบสำหรับเครื่องใช้ไฟฟ้านั้นโดยเฉพาะ เช่น โน้ตบุ๊ก นอกจากนี้ยังป็นเครื่องประจุแบตเตอรี่ (battery charger) สำหรับอุปกรณ์ไฮเทค เช่น โทรศัพท์เคลื่อนที่ กล้องดิจิทัล สมาร์ทโฟน



ภาพ อะแดปเตอร์แบบต่าง ๆ

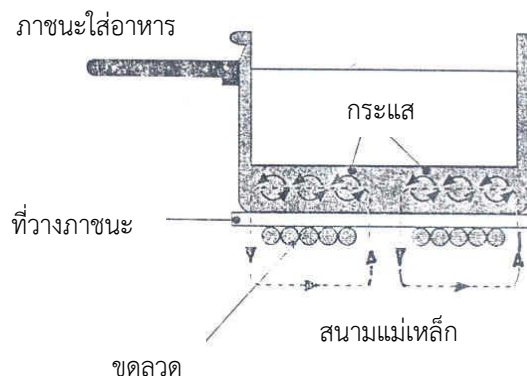
5. เตาเหนี่ยวนำ

เตาเหนี่ยวนำ (induction stove) เตาทำอาหารทั่วไปใช้แก๊สหรือขดลวด (heater) ทำให้เกิดความร้อน แต่เตาเหนี่ยวนำทำให้เกิดความร้อนโดยการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า

เตาเหนี่ยวนำประกอบด้วยขดลวดอยู่ด้านล่าง ด้านบนเป็นฉนวนสำหรับวางภาชนะใส่อาหาร เมื่อไฟฟ้ากระแสสลับผ่านขดลวดจะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กที่เปลี่ยนแปลง ซึ่งไปเหนี่ยวนำให้เกิดกระแสไฟฟ้าในภาชนะโลหะ แต่เนื่องจากโลหะมีความต้านทาน พลังงานไฟฟ้าจึงเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อนทำให้ภาชนะและอาหารข้างในร้อน ส่วนภาชนะที่ทำด้วยแก้วมีความต้านทานสูงมาก จึงเกิดกระแสไฟฟ้าน้อยและมีการถ่ายโอนพลังงานน้อยมาก



ภาพ เตาเหนี่ยวนำ



ภาพ หลักการของเตาเหนี่ยวนำ

6. เอ็มอาร์ไอ

การตรวจสภาพเนื้อเยื่อภายในร่างกายมีหลายแบบ เช่น การถ่ายภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ (X-ray computed tomography) โดยมีอุปกรณ์ที่ประกอบด้วยหลอดรังสีเอกซ์และคอมพิวเตอร์ ทำให้ได้ภาพภาคตัดขวางของอวัยวะต่าง ๆ ในร่างกาย ซึ่งการถ่ายภาพเอกซเรย์ธรรมดาทำไม่ได้ แต่ผู้เข้าตรวจจะได้รับรังสีเอกซ์ จึงมีการพัฒนาการตรวจสภาพเนื้อเยื่อภายในร่างกาย เรียกว่า **เอ็มอาร์ไอ** (MRI : magnetic resonance imaging) หรือการถ่ายภาพผลจากการสั่นพ้องแม่เหล็ก ซึ่งเป็นเทคนิคที่ให้รายละเอียดสูงและปลอดภัย โดยใช้สนามแม่เหล็ก คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในช่วงความถี่คลื่นวิทยุและคอมพิวเตอร์ เมื่อส่งคลื่นวิทยุไปยังผู้ป่วยซึ่งนอนอยู่ในสนามแม่เหล็ก สัญญาณที่สะท้อนกลับมาจะเปลี่ยนแปลงตามสมบัติของเนื้อเยื่อ ซึ่งถูกนำไปใช้ในการสร้างภาพโดยคอมพิวเตอร์ เพื่อให้แพทย์ผู้เชี่ยวชาญวินิจฉัยสำหรับการรักษาต่อไป



ภาพ การสแกนร่างกายด้วยเอ็มอาร์ไอ

7. เอ็มอีจี

เอ็มอีจี (MEG : magnetoencephalography) เป็นเทคโนโลยีการถ่ายภาพสมอง (brain scanning) ที่มีความละเอียดมากที่สุดในปัจจุบัน ขณะที่สมองทำงานจะเกิดสนามแม่เหล็กที่เลือนลางมาก ๆ สนามแม่เหล็กที่เกิดจากสมองถูกตรวจวัดได้โดยใช้ขดลวดเซ็นเซอร์ในฮีเลียมเหลว (อุณหภูมิ -269 องศาเซลเซียส) ขดลวดนี้อยู่ในรูปของคิรชเช สนามแม่เหล็กของสมองจะเหนี่ยวนำให้เกิดกระแสไฟฟ้าขึ้นในขดลวด ซึ่งถูกนำไปใช้ในการสร้างภาพโดยคอมพิวเตอร์ต่อไป



ภาพ การสแกนสมองด้วยเอ็มอีจี

**แบบตรวจสอบความเข้าใจและสรุปองค์ความรู้
เรื่อง ไฟฟ้าและแม่เหล็ก**

เวลา 15 นาที

1. สายไฟในบ้านที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านสามารถทำให้เข็มทิศเบนได้หรือไม่ ให้เหตุผล

คำตอบ

2. เมื่อวางลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่าน ให้ตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก จะเกิดแรงกระทำต่อลวด อธิบาย
วิธีการหาทิศทางของแรง

คำตอบ

3. สถานการณ์ต่อไปนี ไม่ทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าในขดลวดตัวนำ เพราะเหตุใด

- ก. เคลื่อนที่ขดลวดตัวนำเข้าหาแม่เหล็กที่อยู่นิ่ง
- ข. เคลื่อนที่ขดลวดตัวนำและแม่เหล็กเข้าหากัน
- ค. เคลื่อนที่ขดลวดตัวนำและแม่เหล็กออกจากกัน
- ง. เคลื่อนที่ขดลวดตัวนำและแม่เหล็กไปพร้อม ๆ กันในทิศทางเดียวกัน

คำตอบ

4. จงอธิบายความแตกต่างระหว่างมอเตอร์ไฟฟ้าและเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

คำตอบ

5. สรุปองค์ความรู้จากการอบรม



เฉลย ใบบันทึกกิจกรรมที่ 1

เรื่อง ผลของสนามแม่เหล็กต่อลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่าน

จากการทำกิจกรรม จงตอบคำถามต่อไปนี้

1. เมื่อมีกระแสไฟฟ้าในลวดอะลูมิเนียม ทิศทางจากซ้ายไปขวา จะเกิดอะไรขึ้นกับลวดอะลูมิเนียม

แนวคำตอบ ลวดอะลูมิเนียมถูกแรงแม่เหล็กกระทำให้เคลื่อนที่ออกด้านนอก

2. เมื่อมีกระแสไฟฟ้าในลวดอะลูมิเนียม ทิศทางจากขวาไปซ้าย จะเกิดอะไรขึ้นกับลวดอะลูมิเนียม

แนวคำตอบ ลวดอะลูมิเนียมถูกแรงแม่เหล็กกระทำให้เคลื่อนที่เข้าด้านใน

3. ทิศทางของแรงแม่เหล็ก มีความสัมพันธ์กับกระแสไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กหรือไม่ อย่างไร

แนวคำตอบ ทิศทางของแรงแม่เหล็กที่กระทำต่อลวดอะลูมิเนียม ขึ้นอยู่กับทิศทางของสนามแม่เหล็ก และกระแสไฟฟ้า หาได้จากการใช้มือขวา ให้นิ้วทั้งสี่ชี้ไปทางทิศทางของกระแสไฟฟ้า วนนิ้วทั้งสี่เข้าหาทิศทางของสนามแม่เหล็ก นิ้วหัวแม่มือจะแสดงทิศทางของแรงแม่เหล็ก

4. สรุปผลการทำกิจกรรมได้อย่างไร

แนวคำตอบ ผลการทำกิจกรรมสรุปได้ว่า ลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านและอยู่ในสนามแม่เหล็ก จะเกิดแรงแม่เหล็กกระทำต่อลวดตัวนำ ทำให้ลวดตัวนำเคลื่อนที่ ทิศทางของแรงแม่เหล็กหาได้จากมือขวา โดยวางมือให้นิ้วทั้งสี่ชี้ไปทางทิศทางของกระแสไฟฟ้า วนนิ้วทั้งสี่เข้าหาทิศทางของสนามแม่เหล็ก นิ้วหัวแม่มือจะแสดงทิศทางของแรงแม่เหล็ก

เฉลย ใบบันทึกกิจกรรมที่ 2

เรื่อง การเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า

จากการทำกิจกรรม จงตอบคำถามต่อไปนี้

1. เมื่อสอดปลายแม่เหล็กแท่งเข้าไปในขดลวด แล้วดึงแม่เหล็กแท่งออกจากขดลวด ผลที่สังเกตได้เป็นอย่างไร
แนวคำตอบ เข็มของแอมมิเตอร์เคลื่อนที่ไปในทิศทางหนึ่ง

2. ถือแม่เหล็กแท่งให้อยู่นิ่งในขดลวด จากนั้นเคลื่อนขดลวด ผลที่สังเกตได้เป็นอย่างไร
แนวคำตอบ เข็มของแอมมิเตอร์เคลื่อนที่ไปในทิศทางหนึ่ง

3. เมื่อทั้งแม่เหล็กแท่งและขดลวดอยู่นิ่ง ผลที่สังเกตได้เป็นอย่างไร
แนวคำตอบ เข็มของแอมมิเตอร์ไม่เคลื่อนที่

4. สรุปผลการทำกิจกรรมได้อย่างไร

แนวคำตอบ ผลการทำกิจกรรมสรุปได้ว่า เมื่อขดลวดลวดตัวนำตัดกับสนามแม่เหล็ก จะเกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าขึ้นในขดลวด ถ้าต่อกับแอมมิเตอร์ จะทำให้เข็มของแอมมิเตอร์เบนไป แสดงว่าสนามแม่เหล็กทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำได้

เฉลย แบบตรวจสอบความเข้าใจและสรุปองค์ความรู้ เรื่อง ไฟฟ้าและแม่เหล็ก

เวลา 15 นาที [10 คะแนน]

จงตอบคำถามต่อไปนี้

1. สายไฟในบ้านที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านสามารถทำให้เข็มทิศเบนได้หรือไม่ ให้เหตุผล
แนวคำตอบ ได้ [1] เนื่องจากสายไฟในบ้านที่มีกระแสไฟฟ้าผ่าน มีสนามแม่เหล็กเกิดขึ้นโดยรอบ [1]
2. เมื่อวางลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่าน ให้ตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก จะเกิดแรงกระทำต่อลวด อธิบาย
 วิธีการหาทิศทางของแรง
แนวคำตอบ หาทิศทางของแรงโดยใช้มือขวา [1] วางมือให้นิ้วทั้งสี่ชี้ไปทางทิศทางของกระแสไฟฟ้า
 นิ้วหัวแม่มือจะแสดงทิศทางของแรงกระทำต่อลวด [1]
3. สถานการณ์ใดต่อไปนี้ ไม่ทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าในขดลวดตัวนำ เพราะเหตุใด
 ก. เคลื่อนที่ขดลวดตัวนำเข้าหาแม่เหล็กที่อยู่นิ่ง
 ข. เคลื่อนที่ขดลวดตัวนำและแม่เหล็กเข้าหากัน
 ค. เคลื่อนที่ขดลวดตัวนำและแม่เหล็กออกจากกัน
 ง. เคลื่อนที่ขดลวดตัวนำและแม่เหล็กไปพร้อม ๆ กันในทิศทางเดียวกัน
แนวคำตอบ ง [1] เพราะขดลวดตัวนำไม่ตัดกับสนามแม่เหล็ก [1]
4. จงอธิบายความแตกต่างระหว่างมอเตอร์ไฟฟ้าและเครื่องกำเนิดไฟฟ้า
แนวคำตอบ มอเตอร์ไฟฟ้าใช้กระแสไฟฟ้าผ่านเข้าไปในขดลวดที่วางตัวในสนามแม่เหล็ก ทำให้ขดลวด
 หมุน [1] ส่วนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าใช้การหมุนขดลวดตัดกับสนามแม่เหล็กทำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้า [1]
5. สรุปองค์ความรู้จากการอบรม [4]
แนวคำตอบ
 กระแสไฟฟ้าทำให้เกิดสนามแม่เหล็กได้ เมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำจะเกิดสนามแม่เหล็ก
 รอบลวดตัวนำ กระแสไฟฟ้าผ่านโซลีนอยด์ที่มีเหล็กอ่อนเป็นแกนจะทำให้เหล็กอ่อนเป็นแม่เหล็กไฟฟ้า [1]
 สนามแม่เหล็กทำให้เกิดแรงกระทำต่อลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านและวางในสนามแม่เหล็ก
 โดยหาทิศทางของแรงที่กระทำต่อลวดตัวนำได้ [1]
 ถ้าตัดลวดตัวนำให้เป็นขดลวดรูปร่างสี่เหลี่ยมจะเกิดแรงกระทำต่อขดลวด ทำให้ขดลวดหมุนได้ หลักการ
 นี้นำไปสร้างมอเตอร์ไฟฟ้า [1]
 เมื่อเคลื่อนขดลวดตัวนำตัดกับสนามแม่เหล็กหรือเคลื่อนแม่เหล็กให้สนามแม่เหล็กตัดกับขดลวด
 ตัวนำ จะเกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าในขดลวดตัวนำ ผลที่เกิดขึ้นนี้เรียกว่า การเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า ความรู้
 เกี่ยวกับการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้านำไปสร้างเครื่องกำเนิดไฟฟ้า [1]



เรื่อง คลื่นผิวน้ำและองค์ประกอบ

แผนการอบรม

แผนการอบรมครูฟิสิกส์ ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย สำหรับครูผู้ช่วยหรือครูบรรจุใหม่
เรื่อง คลื่นผิวน้ำและองค์ประกอบ

เวลา 1 ชั่วโมง 30 นาที

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. ทดลองและระบุองค์ประกอบของคลื่นผิวน้ำต่อเนื่อง
2. อธิบายความหมายของความยาวคลื่น คาบ ความถี่และแอมพลิจูด
3. อธิบายและหาความสัมพันธ์ระหว่างความถี่กับคาบ และ อัตราเร็ว ความถี่และความยาวคลื่น

สาระสำคัญ

คลื่นที่แผ่ออกมาจากแหล่งกำเนิดอย่างต่อเนื่องจะมีรูปแบบที่ซ้ำกัน ซึ่งองค์ประกอบของคลื่นจะมี สันคลื่น ท้องคลื่น แอมพลิจูด ความยาวคลื่น คาบ ความถี่และอัตราเร็วคลื่น โดยแต่ละปริมาณมีความหมายดังนี้

- ความยาวคลื่น หมายถึง ความยาวระหว่างสันคลื่นกับสันคลื่น หรือท้องคลื่นกับท้องคลื่นของคลื่นลูกถัดไป มีหน่วย เมตร
- ความถี่ หมายถึง จำนวนลูกคลื่นที่ผ่านตำแหน่งหนึ่งในหนึ่งหน่วยเวลา มีหน่วย เฮิรตซ์
- คาบ หมายถึง ช่วงเวลาที่คลื่นเคลื่อนที่ผ่านตำแหน่งหนึ่งได้ครบหนึ่งลูกคลื่น มีหน่วย วินาที คาบเป็นส่วนกลับของความถี่
- แอมพลิจูด หมายถึง ขนาดของการกระจัดสูงสุดหรือต่ำสุดจากตำแหน่งปกติ
- หน้าคลื่น หมายถึง แนวที่ลากต่อตำแหน่งบนสันคลื่นหรือท้องคลื่นลูกเดียวกันโดยตั้งฉากกับทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่น
- อัตราเร็วของคลื่น หมายถึง ระยะทางที่คลื่นเคลื่อนไปได้ในหนึ่งหน่วยเวลา
- อัตราเร็วคลื่นในตัวกลางหนึ่งมีค่าคงตัว โดยอัตราเร็วของคลื่นหาได้จากผลคูณระหว่างความถี่และความยาวคลื่น

ความรู้พื้นฐาน

การเคลื่อนที่แบบสั่นกลับไปกลับมาและการคำนวณหาอัตราเร็วของการเคลื่อนที่ของวัตถุ



ความเข้าใจคลาดเคลื่อน

ความเข้าใจคลาดเคลื่อน	ความเข้าใจที่ถูกต้อง
ในตัวอย่างหนึ่ง ๆ ถ้าปรับให้ความถี่ของแหล่งกำเนิดคลื่นให้มากขึ้น อัตราเร็วของคลื่นก็จะมากขึ้นด้วย	อัตราเร็วคลื่นในตัวกลางหนึ่งมีค่าคงตัว ไม่ได้ขึ้นกับความถี่ โดยอัตราเร็วคลื่นหาได้จากผลคูณระหว่างความถี่และความยาวคลื่น ถ้าความถี่มากขึ้น ความยาวคลื่นจะลดลง แต่อัตราเร็วคลื่นยังคงเดิม

สื่อการเรียนรู้

- เอกสารประกอบการอบรม 1: ใบความรู้ เรื่อง สโตรโบสโกป
- เอกสารประกอบการอบรม 2: ใบกิจกรรม เรื่อง องค์ประกอบของคลื่น
- เอกสารประกอบการอบรม 3: ใบบันทึกกิจกรรม เรื่อง องค์ประกอบของคลื่น
- เอกสารประกอบการอบรม 4: แบบตรวจสอบความเข้าใจและสรุปองค์ความรู้
เรื่อง คลื่นผิวน้ำและองค์ประกอบ
- หนังสือรายวิชาพื้นฐาน ฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6
- อุปกรณ์ประกอบกิจกรรม: กล้องคลื่น สโตรโบสโกป ภาตคลื่น ขดลวดสปริง

แนวทางการจัดกิจกรรม

กิจกรรม	สื่อ/ เอกสาร	วัดและประเมินผล
1. กิจกรรมนำเข้าสู่การอบรม 1.1 สาธิตการเกิดคลื่นโดยใช้กล่องคลื่นเพื่อให้เห็นองค์ประกอบของคลื่นด้านข้าง 1.2 สาธิตการใช้สโตรโบสโกปดูพัลซที่กำลงหมุนเพื่อให้เห็นใบพัดหยุดนิ่ง	- กล่องคลื่น - สโตรโบสโกป - ใบความรู้ เรื่อง สโตรโบสโกป	
2. กิจกรรมระหว่างการอบรม 2.1 ให้ความรู้เกี่ยวกับภาตคลื่น ส่วนประกอบของภาตคลื่น การทำให้เกิดคลื่นตล คลื่นต่อเนื่องและการเกิดภาพของคลื่นผิวน้ำบนฉากซึ่งเป็นกระดาษขาวที่วางใต้ภาตคลื่น จากนั้นแนะนำการใช้สโตรโบสโกปเพื่อหาความถี่ของคลื่น 2.2 ให้ผู้เข้าอบรมศึกษาองค์ประกอบของคลื่นจากการทำ กิจกรรม เรื่อง องค์ประกอบของคลื่น แล้วนำเสนอผล จากนั้นอภิปรายร่วมกัน ควรได้ข้อสรุปว่า	- ภาตคลื่น - ใบกิจกรรม เรื่อง องค์ประกอบของคลื่น - ใบบันทึกกิจกรรม เรื่อง องค์ประกอบของคลื่น	- การมีส่วนร่วม - การนำเสนอผลงาน 1 กลุ่ม (หมุนเวียน) - ชิ้นงาน (ใบบันทึกกิจกรรม เรื่อง องค์ประกอบของคลื่น)

กิจกรรม	สื่อ/ เอกสาร	วัดและประเมินผล
• แฉบสว่างใต้ถาดคลื่นมาจากส่วนที่เป็นสันคลื่น และแฉบมืดมาจากส่วนที่เป็นท้องคลื่น • เมื่อมองผ่านสตโรโบสโกปที่หมุนด้วยความถี่ที่พอเหมาะจะเห็นแฉบสว่าง แฉบมืดอยู่หนึ่ง • แฉบสว่างสองแฉบที่ติดกันจะห่างกันเท่ากับหนึ่งความยาวคลื่น • ขนาดของการกระจัดสูงสุดหรือต่ำสุดจากตำแหน่งปกติ เรียกว่า แอมพลิจูด • เมื่อปรับมอเตอร์ให้หมุนเร็วขึ้น ความยาวคลื่นจะลดลง • แนวสันคลื่นหรือท้องคลื่นของคลื่นลูกเดียวกันเป็นหน้าคลื่น 2.3 นำอภิปรายจากกราฟการกระจัดและระยะทางของตำแหน่งต่าง ๆ เมื่อเวลาผ่านไป $1/4$ รอบ $1/2$ รอบ $3/4$ รอบ จนครบ 2 รอบ ซึ่งควรได้ข้อสรุปว่า • ช่วงเวลาที่คลื่นเคลื่อนที่ผ่านตำแหน่งหนึ่งได้ครบหนึ่งลูกคลื่น เรียกว่า คาบ • จำนวนลูกคลื่นที่ผ่านตำแหน่งหนึ่งในหนึ่งหน่วยเวลา เรียกว่า ความถี่ • เมื่ออนุภาคเคลื่อนที่สั่นกลับไปมาครบ 1 รอบ คลื่นจะเคลื่อนที่ไป 1 ลูกคลื่น ได้ระยะทางเท่ากับ 1 ความยาวคลื่น • อัตราเร็วคลื่น หมายถึง ระยะทางที่คลื่นเคลื่อนที่ได้ในหนึ่งหน่วยเวลา หาได้จากผลคูณระหว่างความถี่และความยาวคลื่น • อัตราเร็วคลื่นในตัวกลางหนึ่งมีค่าคงตัว 2.4 ให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับความถี่ของคลื่น ต่อเนื่องว่าจะมีค่าเท่ากับความเร็วของแหล่งกำเนิดคลื่น แต่ใช้กับคลื่นดลไม่ได้เพราะในการทำให้เกิดคลื่นดล 1 ครั้ง อาจมีจำนวนคลื่นมากกว่า 1 ลูกคลื่น		



กิจกรรม	สื่อ/ เอกสาร	วัดและประเมินผล
3. กิจกรรมหลังการอบรม ให้ผู้เข้ารับการอบรมทำแบบตรวจสอบความเข้าใจและสรุปองค์ความรู้	- แบบตรวจสอบความเข้าใจและสรุปองค์ความรู้	- การตรวจสอบความเข้าใจและการสรุปองค์ความรู้

การประเมินผล

รายการประเมิน	เกณฑ์การให้คะแนน	เครื่องมือ
1. การมีส่วนร่วมในกิจกรรม (งานกลุ่ม) ประเมินแบบภาพรวม จาก ความสนใจ ความมุ่งมั่น การทำงานร่วมกัน ทักษะ ปฏิบัติ การอภิปรายและรับฟัง ความคิดเห็น การแก้ปัญหา ฯ	คะแนนเต็ม 4 4 : ดี 3 : ปานกลาง 2 : พอใช้	การสังเกต การมีส่วนร่วมในกิจกรรม
2. การนำเสนอผลงานกลุ่ม (งานกลุ่ม 1 ครั้ง) ประเมินแบบภาพรวม จาก การรายงานผลการทำกิจกรรม การสื่อความหมาย รูปแบบการนำเสนอ การตอบคำถาม ฯ	คะแนนเต็ม 6 6 : ดี 5 : ปานกลาง 4 : พอใช้	การสังเกต การนำเสนอผลงานกลุ่ม
3. ชิ้นงาน (งานเดี่ยว) ประเมินจากการตรวจใบบันทึกกิจกรรม เรื่อง องค์ประกอบของคลื่น	คะแนนเต็ม 2 2 : ถูกต้อง 80% ขึ้นไป 1 : ถูกต้อง 50% - 80% 0 : ถูกต้องน้อยกว่า 50%	ใบบันทึกกิจกรรม เรื่อง องค์ประกอบของคลื่น
4. การสรุปองค์ความรู้ (งานเดี่ยว) ประเมินจากการตรวจให้คะแนน 5 ข้อ 12 คะแนน แล้วนำคะแนนที่ได้หารด้วย 10	คะแนนเต็ม 1.2	แบบตรวจสอบความเข้าใจและสรุปองค์ความรู้ เรื่อง คลื่นผิวน้ำและองค์ประกอบ

เอกสารประกอบแผนการอบรม

ใบความรู้ เรื่อง สตโรโบสโกป

สตโรโบสโกปเป็นเครื่องมือที่ใช้สำหรับวัดความถี่ของการสั่นหรือการหมุน มีลักษณะเป็นแผ่นกลม มีด้ามจับตรงกลาง หมุนได้คล่อง บนแผ่นกลมมีช่องเปิดยาวที่อยู่ห่างเท่า ๆ กันจำนวนหนึ่ง (6-8 ช่อง) สำหรับมองผ่านไปยังวัตถุที่มีการสั่นหรือหมุน และช่องกลมเล็ก ๆ 1 ช่อง สำหรับสอดนิ้วมือเพื่อหมุนแผ่นกลมให้อัตราเร็วพอเหมาะที่จะมองเห็นวัตถุหยุดนิ่ง ดังภาพ



ภาพ สตโรโบสโกป

หลักการของสตโรโบสโกปเปรียบได้กับการมองคนนั่งชิงช้าที่กำลังแกว่ง ถ้ามองตลอดเวลาจะเห็นชิงช้าแกว่งไปมา แต่ถ้าหลับตาเสียบ้าง แล้วมองเฉพาะเมื่อชิงช้าถึงตำแหน่งเดิมทุกครั้ง จะเห็น ชิงช้าหยุดนิ่งอยู่ ณ ตำแหน่งนั้น ในทำนองเดียวกัน ถ้าแกว่งชิงช้าในห้องมืดแล้วเปิดไฟเป็นจังหวะที่พอเหมาะเมื่อชิงช้าอยู่ที่ตำแหน่งหนึ่ง จะเห็นชิงช้าอยู่นิ่งได้เช่นกัน การมองลอดช่องสตโรโบสโกปขณะที่แผ่นกลมกำลังหมุนก็เป็นเช่นเดียวกับการมองชิงช้าดังกล่าวแล้ว เพราะขณะที่สตโรโบสโกปหมุน สายตาจะถูกส่วนทึบของสตโรโบสโกปกั้นไว้และจะมองเห็นเป็นจังหวะเมื่อสายตาตรงกับช่องเปิดเท่านั้น ถ้าหมุนสตโรโบสโกปด้วยอัตราเร็วค่าหนึ่ง ซึ่งเมื่อมองวัตถุ (ที่กำลังเคลื่อนที่) ผ่านช่องเปิดแล้วเห็นเสมือนว่าหยุดนิ่ง แสดงว่าอัตราเร็วของวัตถุเท่ากับอัตราเร็วของสตโรโบสโกป

เมื่อมองดูจานเสียงที่กำลังหมุนโดยมองผ่านสตโรโบสโกปที่มี 1 ช่อง ถ้าช่วงเวลาที่สตโรโบสโกปหมุนครบหนึ่งรอบกับช่วงเวลาที่จานเสียงหมุนครบหนึ่งรอบเท่ากัน จะมองเห็นจานเสียงหยุดนิ่ง (โดยสังเกตที่จุดหรือเครื่องหมายที่ทำไว้บนจานเสียง) ถ้าสตโรโบสโกปมี 8 ช่อง จานเสียงหมุนครบ 1 รอบ สตโรโบสโกปจะต้องหมุนได้ $\frac{1}{8}$ รอบ จึงจะมองเห็นจานเสียงหยุดนิ่ง ดังนั้นเมื่อทราบความถี่ของการหมุนของสตโรโบสโกป ก็จะทราบความถี่ของจานเสียงได้ เช่น ถ้ามองผ่านสตโรโบสโกปดูจานเสียงที่กำลังหมุนแล้วเห็นจานเสียงหยุดนิ่ง จับเวลาการหมุนของสตโรโบสโกป 20 รอบ ได้ 8 วินาที สามารถหาความถี่และคาบการหมุนของจานเสียง ดังนี้

เนื่องจากสตโรโบสโกปหมุน 20 รอบ ใช้เวลา 8 วินาที

$$\text{ดังนั้น ถ้าสตโรโบสโกปหมุน } \frac{1}{8} \text{ รอบ ใช้เวลา } \left(\frac{8}{20} \text{ s}\right) \left(\frac{1}{8}\right) = \frac{1}{20} \text{ s}$$

นั่นคือ คาบการหมุนของจานเสียงมีค่าเท่ากับ $\frac{1}{20}$ วินาที หรือมีความถี่เท่ากับ 20 เฮิร์ตซ์



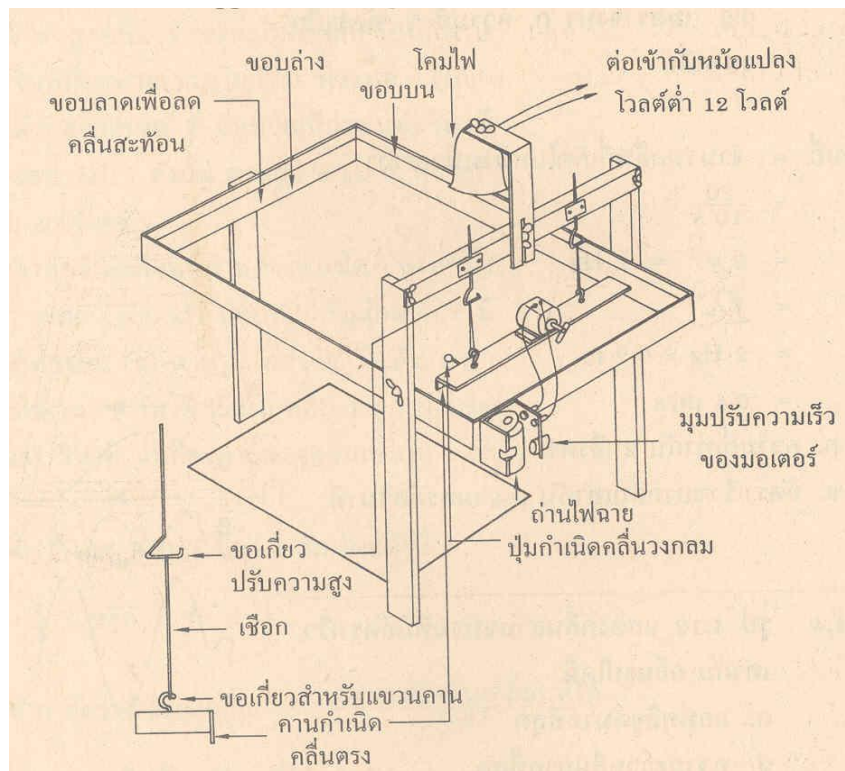
ใบกิจกรรม เรื่อง องค์ประกอบของคลื่น

จุดประสงค์

1. ทดลองและระบุองค์ประกอบของคลื่นผิวน้ำต่อเนื่อง
2. ทดลองและหาอัตราเร็วของคลื่นน้ำ

สื่อ-อุปกรณ์

ถาดคลื่น หม้อแปลงโวลต์ต่ำ สโตรโบสโกป



ภาพ ถาดคลื่น

วิธีการ

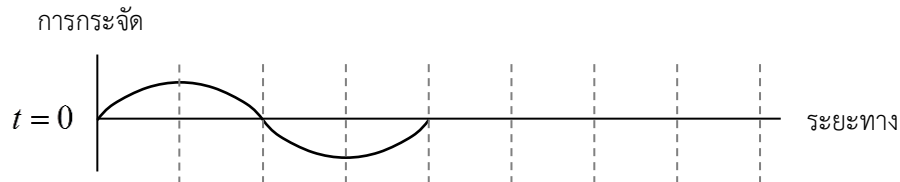
ตอนที่ 1

1. ประกอบชุดถาดคลื่น แล้วใส่น้ำในถาดคลื่นเล็กน้อยให้สูง 1.5 – 2.0 เซนติเมตร
2. ปรับปุ่มกำเนิดคลื่นน้ำที่อยู่กลางคานให้ตะแฉกน้ำพอดี ต่อวงจรไฟฟ้าให้มอเตอร์หมุนช้า ๆ ซึ่งจะทำให้ปุ่มกำเนิดคลื่นสั่นกระตุ่มน้ำตลอดเวลา สังเกตภาพที่ปรากฏบนแผ่นกระดาษโดยสังเกตจากตาเปล่า และสังเกตจากการมองผ่านสโตรโบสโกป วัดระยะห่างระหว่างแถบสว่างสองแถบที่ติดกันและคำนวณความถี่ของคลื่น บันทึกผลระยะห่างระหว่างแถบสว่างสองแถบที่ติดกันและความถี่ของคลื่น
3. ทำซ้ำโดยปรับมอเตอร์ให้หมุนเร็วขึ้น 2-3 ค่า

4. บิดปุ่มกำเนิดคลื่นให้สูงขึ้นเกินขอบล่างของคานกำเนิดคลื่น ปรับระดับของคานให้ขอบล่างแตะผิวน้ำพอดี ตลอดความยาวคาน เพื่อทำให้เกิดคลื่นหน้าตรงปรับให้มอเตอร์หมุนช้า ๆ สังเกตภาพที่ปรากฏบนกระดาษโดยสังเกตจากตาเปล่า และสังเกตจากการมองผ่านสตรอโบสโกป วัดระยะห่างระหว่างแถบสว่างสองแถบที่ติดกันและคำนวณความถี่ของคลื่น บันทึกผลระยะห่างระหว่างแถบสว่างสองแถบที่ติดกันและความถี่ของคลื่น
 5. ทำซ้ำโดยปรับมอเตอร์ให้หมุนเร็วขึ้น 2 -3 ค่า
 6. คำนวณผลคูณของระยะห่างระหว่างแถบสว่างสองแถบที่ติดกันและความถี่ของคลื่น
- ผลคูณของระยะห่างระหว่างแถบสว่างสองแถบที่ติดกันและความถี่ของคลื่นที่ความถี่ต่างๆ เป็นอย่างไร

ตอนที่ 2

1. เขียนกราฟการกระจัดและระยะทางในรูปฟังก์ชันไซน์ แล้วกำหนดตำแหน่งต่าง ๆ บนกราฟ ดังภาพ



2. จากกราฟในข้อ 1 ให้เขียนกราฟการกระจัดของตำแหน่งต่าง ๆ ที่เคลื่อนที่แบบสั่นกลับไปกลับมา เมื่อเวลาผ่านไป $1/4$ คาบ $1/2$ คาบ $3/4$ คาบ จนครบ 2 รอบ สังเกตลักษณะการเคลื่อนที่ของตำแหน่งนั้น และการเคลื่อนที่ของคลื่น



ใบบันทึกกิจกรรม เรื่อง องค์ประกอบของคลื่น

จากการทำกิจกรรม จงตอบคำถามต่อไปนี้

ตอนที่ 1

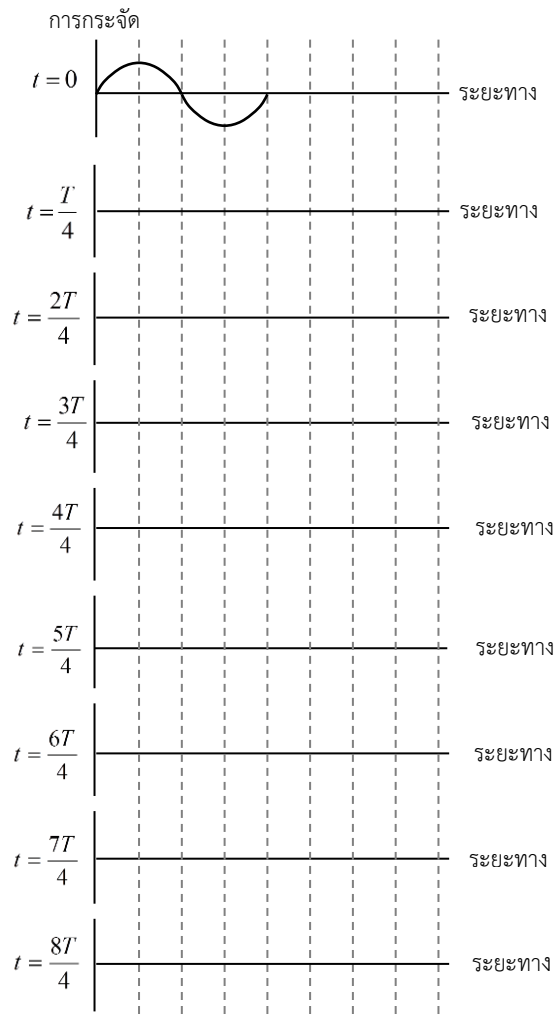
1. ผลคูณของระยะห่างระหว่างแถบสว่างสองแถบที่ติดกันและความถี่ของคลื่นที่มีความถี่ต่าง ๆ เป็นอย่างไร

.....

.....

ตอนที่ 2

1. เขียนกราฟการกระจัดของอนุภาคตัวกลาง ที่เคลื่อนที่แบบสั่นกลับไปกลับมา เมื่อเวลาผ่านไป $1/4$ คาบ $1/2$ คาบ $3/4$ คาบ จนครบ 2 รอบ สังเกตลักษณะการเคลื่อนที่ของตำแหน่งนั้น และการเคลื่อนที่ของคลื่น



2. จากกราฟ จะหาอัตราเร็วของคลื่นได้อย่างไร

.....

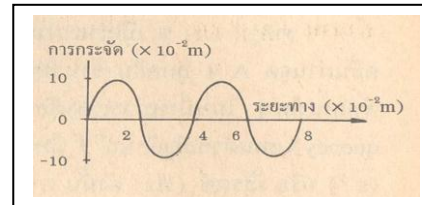
แบบตรวจสอบความเข้าใจและสรุปองค์ความรู้
เรื่อง คลื่นผิวน้ำและองค์ประกอบ

เวลา 15 นาที

จงตอบคำถามต่อไปนี้

1. ภาพแสดงรูปคลื่นในขณะหนึ่ง จงหา

- ก. ความยาวคลื่น
- ข. แอมพลิจูด
- ค. การกระจัดของอนุภาคตัวกลางที่ตำแหน่ง 0.02 เมตร



คำตอบ

2. ลวดสปริงถูกยึดออกบนพื้นราบ ปลายหนึ่งถูกตรึง อีกปลายหนึ่งถูกสับด้วยจังหวะสม่ำเสมอ ปรากฏว่าเกิดคลื่น 20 ลูกคลื่น ในเวลา 10 วินาที ถ้าความยาวคลื่นเท่ากับ 0.2 เมตร จงหา
- ก. ความถี่
 - ข. อัตราเร็วของคลื่น

คำตอบ

3. ถ้าตัวกำเนิดคลื่นสั่นด้วยความถี่เพิ่มขึ้นเป็นสองเท่า ความถี่ ความยาวคลื่นและอัตราเร็วของคลื่นผิวน้ำ จะมีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่ อย่างไร

คำตอบ

4. คลื่นตลในเส้นเชือกกำลังเคลื่อนที่จากซ้ายไปขวา A และ B เป็นจุดสองจุดบนเส้นเชือก เมื่อเวลาหนึ่งรูปร่างของเส้นเชือกเป็นดังภาพ ถ้าเวลาผ่านไปอีกเล็กน้อย จุด A และ B จะเคลื่อนที่อย่างไร



คำตอบ

5. สรุปองค์ความรู้จากการอบรม

เฉลย ใบบันทึกกิจกรรม เรื่อง องค์ประกอบของคลื่น

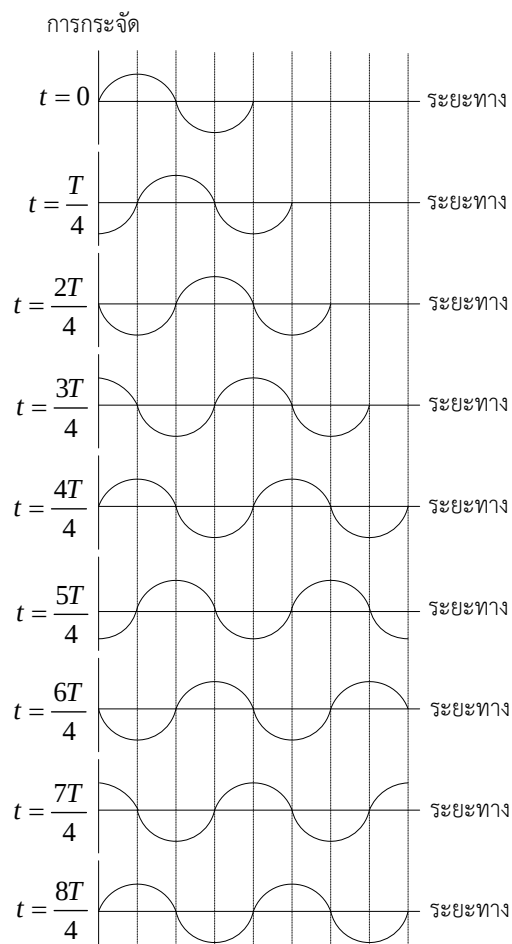
จากการทำกิจกรรม จงตอบคำถามต่อไปนี้

ตอนที่ 1

1. ผลคูณของระยะห่างระหว่างแถบสว่างสองแถบที่ติดกันและความถี่ของคลื่นที่มีความถี่ต่าง ๆ เป็นอย่างไร
แนวคำตอบ ผลคูณที่ได้ คืออัตราเร็วของคลื่นผิวน้ำที่ปรากฏบนฉากร จะมีค่าเท่ากัน เนื่องจากเป็น
 ตัวกลางชนิดเดียวกัน (อัตราเร็วคลื่นในตัวกลางหนึ่ง ๆ มีค่าคงตัว ไม่ขึ้นกับความถี่)

ตอนที่ 2

1. เขียนกราฟการกระจัดของอนุภาคตัวกลาง ที่เคลื่อนที่แบบสั่นกลับไปกลับมา เมื่อเวลาผ่านไป $1/4$ คาบ
 $1/2$ คาบ $3/4$ คาบ จนครบ 2 รอบ สังเกตลักษณะการเคลื่อนที่ของตำแหน่งนั้น และการเคลื่อนที่ของคลื่น



2. จากกราฟ จะหาอัตราเร็วของคลื่นได้อย่างไร

แนวคำตอบ อัตราเร็วของคลื่นหาได้จาก $v = \frac{s}{t}$ หรือ $v = \frac{\lambda}{T} = f\lambda$

เฉลย แบบตรวจสอบความเข้าใจและสรุปองค์ความรู้
เรื่อง คลื่นพัวน้ำและองค์ประกอบ

เวลา 15 นาที [12 คะแนน]

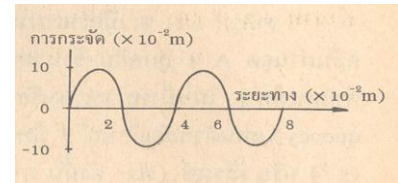
จงตอบคำถามต่อไปนี้

1. ภาพแสดงรูปคลื่นในขณะหนึ่ง จงหา

ก. ความยาวคลื่น

ข. แอมพลิจูด

ค. การกระจัดของอนุภาคตัวกลางที่ตำแหน่ง 0.02 เมตร



แนวคำตอบ ก. 0.04 เมตร [1] ข. 0.1 เมตร [1] ค. 0 เมตร [1]

2. ลวดสปริงถูกยึดติดอยู่บนพื้นราบ ปลายหนึ่งถูกตรึง อีกปลายหนึ่งถูกสับด้วยจังหวะสม่ำเสมอ ปรากฏว่าเกิดคลื่น 20 ลูกคลื่น ในเวลา 10 วินาที ถ้าความยาวคลื่นเท่ากับ 0.2 เมตร จงหา

ก. ความถี่ ข. อัตราเร็วของคลื่น

แนวคำตอบ ก. 2 เฮิรตซ์ [1] ข. 0.4 เมตรต่อวินาที [1]

3. ถ้าตัวกำเนิดคลื่นสั่นด้วยความถี่เพิ่มขึ้นเป็นสองเท่า ความถี่ ความยาวคลื่นและอัตราเร็วของคลื่นพัวน้ำ จะมีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่ อย่างไร

แนวคำตอบ ความถี่เพิ่มขึ้น ความยาวคลื่นลดลง [1] แต่อัตราเร็วของคลื่นพัวน้ำไม่เปลี่ยนแปลง [1]

4. คลื่นตลในเส้นเชือกกำลังเคลื่อนที่จากซ้ายไปขวา A และ B

เป็นจุดสองจุดบนเส้นเชือก เมื่อเวลาหนึ่งรูปร่างของเส้นเชือก

เป็นดังภาพ ถ้าเวลาผ่านไปอีกเล็กน้อย จุด A และ B

จะเคลื่อนที่อย่างไร



แนวคำตอบ จุด A จะเคลื่อนที่ลง [0.5] จุด B จะเคลื่อนที่ขึ้น [0.5]

5. สรุปองค์ความรู้จากการอบรม [4]

แนวคำตอบ

คลื่นที่แผ่ออกมาจากแหล่งกำเนิดอย่างต่อเนื่องจะมีรูปแบบที่ซ้ำกัน ซึ่งองค์ประกอบของคลื่นจะมี สันคลื่น ท้องคลื่น แอมพลิจูด ความยาวคลื่น คาบ ความถี่และอัตราเร็วคลื่น [1]

ความยาวคลื่น หมายถึง ความยาวระหว่างสันคลื่นกับสันคลื่น หรือท้องคลื่นกับท้องคลื่นของคลื่น ลูกถัดไป ความถี่ หมายถึง จำนวนลูกคลื่นที่ผ่านตำแหน่งหนึ่งในหนึ่งหน่วยเวลา คาบ หมายถึง ช่วงเวลาที่คลื่นเคลื่อนที่ผ่านตำแหน่งหนึ่งได้ครบหนึ่งลูกคลื่น คาบเป็นส่วนกลับของความถี่ แอมพลิจูด หมายถึง ขนาดของการกระจัดสูงสุดหรือต่ำสุดจากตำแหน่งปกติ [2]

อัตราเร็วของคลื่น หมายถึง ระยะทางที่คลื่นเคลื่อนไปได้ในหนึ่งหน่วยเวลา อัตราเร็วคลื่นในตัวกลางหนึ่งมีค่าคงตัว โดยอัตราเร็วของคลื่นหาได้จากผลคูณระหว่างความถี่และความยาวคลื่น [1]



เรื่อง สมบัติของคน

แผนการอบรม

แผนการอบรมครูฟิสิกส์ ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย สำหรับครูผู้ช่วยหรือครูบรรจุใหม่

เรื่อง สมบัติของคลื่น

เวลา 1 ชั่วโมง 30 นาที

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. ทดลองและอธิบายการสะท้อนของคลื่นผิวน้ำ
2. ทดลองและอธิบายการหักเหของคลื่นผิวน้ำ
3. ทดลองและอธิบายการเลี้ยวเบนของคลื่นผิวน้ำ
4. ทดลองและอธิบายการแทรกสอดของคลื่นผิวน้ำ

สาระสำคัญ

เมื่อคลื่นเคลื่อนที่ไปตกกระทบกับสิ่งกีดขวางแล้วคลื่นเปลี่ยนทิศทางการกลับสู่ตัวกลางเดิม เรียกว่า **การสะท้อน (reflection)** โดยจะมีมุมตกกระทบเท่ากับมุมสะท้อน

เมื่อคลื่นเคลื่อนที่ผ่านรอยต่อระหว่างตัวกลางสองชนิด ทำให้ทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นเปลี่ยนไป เนื่องจากอัตราเร็วเปลี่ยนไป เรียกว่า **การหักเห (refraction)**

เมื่อคลื่นเคลื่อนที่ไปพบสิ่งกีดขวาง ซึ่งกั้นทางเดินของคลื่นบางส่วน จะมีคลื่นส่วนหนึ่งเคลื่อนจากขอบของสิ่งกีดขวางไปทางด้านหลังของสิ่งกีดขวางนั้น เรียกว่า **การเลี้ยวเบน (diffraction)**

เมื่อคลื่นสองขบวนมาพบกัน จะเกิดการรวมกันของคลื่น ทำให้บางบริเวณสงบนิ่ง และบางบริเวณสั่นสะเทือนมาก เรียกว่า **การแทรกสอด (interference)**

ความรู้พื้นฐาน

ความรู้เกี่ยวกับมุม วิธีวัดมุม หน้าคลื่น องค์ประกอบของคลื่น

ความเข้าใจคลาดเคลื่อน

ความเข้าใจคลาดเคลื่อน	ความเข้าใจที่ถูกต้อง
เมื่อคลื่นต่อเนื่องเคลื่อนที่จากบริเวณน้ำลึก เข้าสู่บริเวณน้ำตื้น ความถี่ของคลื่นจะเปลี่ยนไปโดยความถี่ในบริเวณน้ำตื้นจะมากขึ้น	ความถี่ของคลื่นจากตัวกลางหนึ่งไปอีกตัวกลางหนึ่งจะคงเดิมเพราะความถี่ของคลื่นจะเท่ากับความถี่ของแหล่งกำเนิด



สื่อการเรียนรู้

- เอกสารประกอบการอบรม 1: ใบกิจกรรม เรื่อง สมบัติของคลื่น
- เอกสารประกอบการอบรม 2: ใบบันทึกกิจกรรม เรื่อง สมบัติของคลื่น
- เอกสารประกอบการอบรม 3: แบบตรวจสอบความเข้าใจและสรุปองค์ความรู้ เรื่อง สมบัติของคลื่น
- สื่อสำหรับวิทยากร 1: ไฟล์ภาพสมบัติของคลื่น ได้แก่ การสะท้อน การหักเห การเลี้ยวเบน และการแทรกสอดของคลื่นผิวน้ำ
- หนังสือรายวิชาพื้นฐาน ฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6
- อุปกรณ์ประกอบกิจกรรม: ขดลวดสปริง ภาดคลื่น

แนวทางการจัดกิจกรรม

กิจกรรม	สื่อ/ เอกสาร	วัดและประเมินผล
1. กิจกรรมนำเข้าสู่การอบรม วางขดลวดสปริงไว้บนพื้น ตรึงปลายข้างหนึ่งไว้ แล้วดึงปลายข้างหนึ่งให้ยืดออกประมาณ 2 เมตร สะบัดปลายลวดสปริงในแนวนอนกับพื้นเพื่อทำให้เกิดคลื่นคลตามขวาง ให้ผู้เข้ารับการอบรมสังเกตลักษณะของคลื่นคลก่อนและหลังกระทบจุดที่ตรึงไว้ (เมื่อคลื่นเคลื่อนที่ถึงปลายสุดของลวดสปริงที่ถูกตรึงไว้ คลื่นจะสะท้อนกลับมา)	- ขดลวดสปริง	
2. กิจกรรมระหว่างการอบรม 2.1 ให้ความรู้เกี่ยวกับการสะท้อน คลื่นตกกระทบ และคลื่นสะท้อน ดังนี้ • เมื่อคลื่นเคลื่อนที่กระทบสิ่งกีดขวางแล้วเคลื่อนที่เปลี่ยนทิศทางกลับมาในตัวกลางเดิมเรียกว่า การสะท้อน • คลื่นที่เคลื่อนที่ไปกระทบสิ่งกีดขวางก่อนเกิดการสะท้อน เรียกว่า คลื่นตกกระทบ คลื่นที่เคลื่อนที่กลับสู่ตัวกลางเดิมหลังจากกระทบสิ่งกีดขวาง เรียกว่า คลื่นสะท้อน 2.2 ให้ผู้เข้าอบรมศึกษาการสะท้อนของคลื่นผิวน้ำจากการทำ กิจกรรม ตอนที่ 1 การสะท้อน และนำเสนอผลการทำกิจกรรม จากการอภิปรายร่วมกัน ควรสรุปได้ดังนี้	- ภาดคลื่น - ขดลวดสปริง - ใบกิจกรรม เรื่อง สมบัติของคลื่น - ใบบันทึกกิจกรรม เรื่อง สมบัติของคลื่น - ไฟล์ภาพ สมบัติของคลื่น	- การมีส่วนร่วม - การนำเสนอผลงาน 1 กลุ่ม (หมุนเวียน) - ชิ้นงาน (ใบบันทึกกิจกรรม เรื่อง สมบัติของคลื่น)

กิจกรรม	สื่อ/ เอกสาร	วัดและประเมินผล
• เมื่อคลื่นน้ำเคลื่อนที่กระทบสิ่งกีดขวางจะสะท้อนกลับตัวกลางเดิม • เมื่อคลื่นวงกลมเข้ากระทบตัวกั้นหน้าตรงจะได้คลื่นสะท้อนวงกลม • เมื่อคลื่นหน้าตรงเข้ากระทบตัวกั้นหน้าตรงที่ทำมุมกับแนวหน้าคลื่นจะได้คลื่นสะท้อนหน้าตรงด้วย โดยมุมที่หน้าคลื่นสะท้อนทำกับแผ่นกั้นจะเท่ากับมุมที่หน้าคลื่นตกกระทบแผ่นกั้น จากนั้นให้ความรู้เรื่องมุมตกกระทบและมุมสะท้อน และร่วมกันอภิปรายจนได้ข้อสรุปว่า ในการสะท้อนของคลื่นจะได้ว่ามุมตกกระทบเท่ากับมุมสะท้อน 2.3 ให้ผู้เข้ารับการอบรมทำกิจกรรม ตอนที่ 2 การหักเห และนำเสนอผลการทำกิจกรรม จากการอภิปรายร่วมกัน ควรสรุปได้ดังนี้ • การหักเหเกิดเมื่อคลื่นเคลื่อนที่ผ่าน 2 ตัวกลาง • คลื่นเคลื่อนที่ในน้ำลึกได้เร็วกว่าในน้ำตื้น • เมื่อคลื่นผิวน้ำเคลื่อนที่ผ่านบริเวณรอยต่อระหว่างเขตน้ำลึกและเขตน้ำตื้น โดยหน้าคลื่นตกกระทบขนานกับรอยต่อ ทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นจะไม่เปลี่ยนแปลง แต่ความยาวคลื่นจะลดลง • เมื่อคลื่นผิวน้ำเคลื่อนที่ผ่านบริเวณรอยต่อระหว่างเขตน้ำลึกและเขตน้ำตื้น โดยหน้าคลื่นตกกระทบทำมุมกับรอยต่อ ทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นและความยาวคลื่นจะเปลี่ยนแปลงโดยความยาวคลื่นจะลดลง 2.4 ให้ผู้เข้ารับการอบรมทำกิจกรรม ตอนที่ 3 การเลี้ยวเบน และนำเสนอผลการทำกิจกรรม จากการอภิปรายร่วมกันควรสรุปได้ดังนี้		



กิจกรรม	สื่อ/ เอกสาร	วัดและประเมินผล
• เมื่อนำแผ่นกั้นมาขวางการเคลื่อนที่ของคลื่นบางส่วน จะมีคลื่นส่วนหนึ่งแผ่กระจายจากขอบแผ่นกั้นไปทางด้านหลังของแผ่นกั้น • เมื่อใช้แผ่นกั้นสองแผ่นทำช่องเปิดให้มีความกว้างต่าง ๆ กัน พบว่า เมื่อความกว้างของช่องเปิดน้อยกว่าความยาวคลื่น คลื่นที่ผ่านช่องเปิดจะแผ่ออกเป็นคลื่นวงกลม 2.5 นำเข้าสู่การทำกิจกรรม ตอนที่ 4 การแทรกสอดโดย<u>สาธิต การรวมกันของคลื่นในขดลวดสปริง</u> ให้วางขดลวดสปริงไว้บนพื้นแล้วดึงปลายทั้งสองข้างของขดลวดให้ยืดออกประมาณ 3 เมตร สะบัดปลายขดลวดสปริงทั้งสองปลายในแนวนอนกับพื้นเพื่อทำให้เกิดคลื่นเคลื่อนตามขวางในทิศทางเดียวกัน ให้ผู้เข้าอบรมสังเกตลักษณะแอมพลิจูดของคลื่นเคลื่อนทั้งสองทั้งก่อนที่จะพบกัน ขณะพบกัน และหลังจากพบกัน จากนั้นสะบัดปลายขดลวดสปริงเพื่อทำให้เกิดคลื่นเคลื่อนในทิศทางตรงข้าม สังเกตลักษณะแอมพลิจูดของคลื่นเคลื่อนทั้งสองทั้งก่อนที่จะพบกัน ขณะพบกัน และหลังจากพบกัน จากการสังเกตและอภิปรายร่วมกันควรได้ข้อสรุปว่า • เมื่อสะบัดปลายขดลวดสปริงทั้งสองปลายเพื่อให้เกิดคลื่นเคลื่อนในทิศทางเดียวกัน ขณะที่คลื่นทั้งสองมาพบกัน แอมพลิจูดของคลื่นจะมีขนาดมากขึ้นเนื่องจากการรวมกันของคลื่นแบบเสริมกัน • เมื่อสะบัดปลายขดลวดสปริงทั้งสองปลายเพื่อให้เกิดคลื่นเคลื่อนในทิศทางตรงข้าม ขณะที่คลื่นทั้งสองมาพบกัน แอมพลิจูดของคลื่นจะมีขนาดลดลงเนื่องจากการรวมกันของคลื่นแบบหักล้างกัน 2.6 ให้ความรู้เกี่ยวกับการรวมกันของคลื่น และให้ผู้เข้ารับการอบรมหาคำอธิบายของคลื่นสองขบวนที่เคลื่อนที่		

กิจกรรม	สื่อ/ เอกสาร	วัดและประเมินผล
เข้าหากัน 2.7 ให้ผู้เข้ารับการอบรมทำกิจกรรม ตอนที่ 4 การแทรกสอด และนำเสนอผลการทำกิจกรรม จาก การอภิปรายร่วมกันควรสรุปได้ดังนี้ • ภาพคลื่นต่อเนื่องวงกลมที่สร้างโดยปั๊มกำเนิดคลื่นทั้งสองจะมีตำแหน่งที่เป็นแถบสว่างและแถบมืด • แถบสว่างและแถบมืดจะอยู่นิ่ง จากการรวมคลื่นที่มีแอมพลิจูดและความยาวคลื่นเท่ากัน บางตำแหน่งบนคลื่นรวม อนุภาคตัวกลางไม่ได้เคลื่อนที่ เนื่องจากตำแหน่งนี้คลื่นพบที่องค์คลื่น แอมพลิจูดของคลื่นทั้งสองหักล้างกัน ผิวหน้าจึงไม่กระเพื่อม เรียกว่าเกิดการแทรกสอดแบบหักล้าง และบางตำแหน่งที่อนุภาคตัวกลางเคลื่อนที่โดยมีแอมพลิจูดสูงสุด เนื่องจากตำแหน่งนี้คลื่นพบคลื่น หรือที่องค์คลื่นที่องค์คลื่น แอมพลิจูดของคลื่นทั้งสองจะเสริมกัน ผิวหน้าจึงมีระดับสูงหรือต่ำมากที่สุด เรียกว่าเกิดการแทรกสอดแบบเสริม		
3. กิจกรรมหลังการอบรม ให้ผู้เข้ารับการอบรมทำแบบตรวจสอบความเข้าใจ และสรุปองค์ความรู้	- แบบตรวจสอบความเข้าใจและสรุปองค์ความรู้	- การตรวจสอบความเข้าใจและการสรุปองค์ความรู้



การประเมินผล

รายการประเมิน	เกณฑ์การให้คะแนน	เครื่องมือ
1. การมีส่วนร่วมในกิจกรรม (งานกลุ่ม) ประเมินแบบภาพรวม จาก ความสนใจ ความมุ่งมั่น การทำงานร่วมกัน ทักษะ ปฏิบัติ การอภิปรายและรับฟัง ความคิดเห็น การแก้ปัญหา ฯ	คะแนนเต็ม 4 4 : ดี 3 : ปานกลาง 2 : พอใช้	การสังเกต การมีส่วนร่วม ในกิจกรรม
2. การนำเสนอผลงานกลุ่ม (งานกลุ่ม 1 ครั้ง) ประเมินแบบภาพรวม จาก การรายงานผลการทำกิจกรรม การสื่อความหมาย รูปแบบการ นำเสนอ การตอบคำถาม ฯ	คะแนนเต็ม 6 6 : ดี 5 : ปานกลาง 4 : พอใช้	การสังเกต การนำเสนอ ผลงานกลุ่ม
3. ชิ้นงาน (งานเดี่ยว) ประเมินจากการตรวจใบบันทึก กิจกรรม เรื่อง สมบัติของคลื่น	คะแนนเต็ม 2 2 : ถูกต้อง 80% ขึ้นไป 1 : ถูกต้อง 50% - 80% 0 : ถูกต้องน้อยกว่า 50%	ใบบันทึกกิจกรรม เรื่อง สมบัติของคลื่น
4. การสรุปองค์ความรู้ (งานเดี่ยว) ประเมินจากการตรวจให้ คะแนน 5 ข้อ 12 คะแนน แล้ว นำคะแนนที่ได้หารด้วย 10	คะแนนเต็ม 1.2	แบบตรวจสอบความเข้าใจ และสรุปองค์ความรู้ เรื่อง สมบัติของคลื่น

เอกสารประกอบแผนการอบรม

ใบกิจกรรม เรื่อง สมบัติของคลื่น

จุดประสงค์

ทดลองและอธิบายสมบัติของคลื่นน้ำ

สื่อ-อุปกรณ์

ถาดคลื่น หม้อแปลงโวลต์ต่ำ

ตอนที่ 1 การสะท้อน

จุดประสงค์ ทดลองและอธิบายการสะท้อนของคลื่นน้ำ

วิธีการ

1. ประกอบชุดถาดคลื่น ใส่ น้ำในถาดสูงประมาณ 1.5 เซนติเมตร วางกระดาษขาวใต้ถาดคลื่น
 2. ทำให้เกิดคลื่นผิวน้ำหน้าตรง ลากเส้นบนกระดาษขาวที่เป็นฉาก โดยให้ขนานกับแนวหน้าคลื่นเพื่อกำหนดให้เป็นแนวอ้างอิง จากนั้นลากเส้นบนฉากทำมุม 30 องศา กับแนวอ้างอิง
 3. วางแผ่นกั้นตรงบนถาดคลื่นให้เงาของแผ่นกั้นอยู่ในแนวเส้นตรงบนฉากที่ทำมุมกับแนวอ้างอิง ทำให้น้ำคลื่นทำมุม 30 องศากับแผ่นกั้น
 4. ลากแนวหน้าคลื่นสะท้อนบนฉาก บันทึกมุมที่หน้าคลื่นสะท้อนทำกับแผ่นกั้น
 5. ทดลองซ้ำโดยเปลี่ยนมุมเป็น 45 และ 60 องศา ตามลำดับ
- ☐ ในแต่ละกรณี มุมที่หน้าคลื่นตกกระทบทำกับแผ่นสะท้อน และมุมที่หน้าคลื่นสะท้อนทำกับแผ่นสะท้อนมีความสัมพันธ์กันหรือไม่ อย่างไร

ตอนที่ 2 การหักเห

- จุดประสงค์**
1. ทดลองและบอกได้ว่า อัตราเร็วของคลื่นน้ำที่มีความลึกต่างกันจะไม่เท่ากัน
 2. ทดลองและอธิบายการหักเห

วิธีการ

1. วางแผ่นกระจกใสรูปสี่เหลี่ยมลงในถาดคลื่น ให้อยู่ได้ผิวน้ำประมาณ 1-2 มิลลิเมตร ให้ขอบกระจกขนานกับแนวแผ่นกำเนิดคลื่นหน้าตรง บริเวณเหนือแผ่นกระจกใสจะเป็นบริเวณน้ำตื้น
2. ทำให้เกิดคลื่นดลหน้าตรงเคลื่อนที่จากบริเวณน้ำลึกสู่บริเวณน้ำตื้น สังเกตและบันทึกผลการเคลื่อนที่และความยาวคลื่นทั้งในบริเวณน้ำลึกและน้ำตื้น
3. ทำให้เกิดคลื่นต่อเนื่องหน้าตรงเคลื่อนที่จากบริเวณน้ำลึกสู่บริเวณน้ำตื้น สังเกตทิศทางการเคลื่อนที่และความยาวคลื่นทั้งในบริเวณน้ำลึกและน้ำตื้น
4. ทดลองซ้ำ โดยหมุนแผ่นกระจกใสให้ขอบของกระจกทำมุมต่าง ๆ กับหน้าคลื่น สังเกตทิศทางการเคลื่อนที่และความยาวคลื่นทั้งในบริเวณน้ำลึกและน้ำตื้น



- อัตราเร็วของคลื่นในบริเวณน้ำลึกและน้ำตื้นเท่ากันหรือไม่ รู้ได้อย่างไร
- เมื่อคลื่นผิวน้ำเคลื่อนที่ผ่านบริเวณรอยต่อจากเขตน้ำลึกเข้าสู่เขตน้ำตื้น ถ้าหน้าคลื่นตกกระทบขนานกับรอยต่อ ทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นและความยาวคลื่นเปลี่ยนแปลงอย่างไร
- เมื่อคลื่นผิวน้ำเคลื่อนที่ผ่านบริเวณรอยต่อจากเขตน้ำลึกเข้าสู่เขตน้ำตื้น ถ้าหน้าคลื่นตกกระทบทำมุมกับรอยต่อ ทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นและความยาวคลื่นเปลี่ยนแปลงอย่างไร

ตอนที่ 3 การเลี้ยวเบน

จุดประสงค์

1. ทดลองและอธิบายการเลี้ยวเบน
2. อธิบายลักษณะของคลื่นที่เคลื่อนที่ผ่านช่องเปิดที่มีความกว้างต่างกัน

วิธีการ

1. วางแผ่นกั้นหน้าตรง ณ บริเวณกลางถาดคลื่นในแนวขนานกับคานกำเนิดคลื่น
 2. ทำให้เกิดคลื่นหน้าตรงต่อเนื่องเคลื่อนที่เข้าหาแผ่นกั้น โดยให้หน้าคลื่นขนานกับแผ่นกั้นนั้น สังเกตการเคลื่อนที่ของคลื่นเมื่อเคลื่อนที่ผ่านขอบแผ่นกั้น
 3. ใช้แผ่นกั้นสองแผ่นทำช่องเปิดที่มีความกว้างมากกว่าความยาวคลื่น สังเกตลักษณะของคลื่นเมื่อผ่านช่องเปิด
 4. ปรับความกว้างยาวของช่องเปิดให้มีความกว้างใกล้เคียงความยาวคลื่น สังเกตลักษณะของคลื่นเมื่อผ่านช่องเปิดไปแล้ว
 5. ทำซ้ำโดยปรับความกว้างของช่องเปิดให้น้อยกว่าความยาวคลื่น สังเกตลักษณะของคลื่นเมื่อผ่านช่องเปิดไปแล้ว
- เมื่อใช้แผ่นกั้นขวางการเคลื่อนที่ของคลื่นผิวน้ำบางส่วน คลื่นจะมีการเคลื่อนที่อย่างไรบริเวณด้านหลังของแผ่นกั้น
 - เมื่อใช้แผ่นกั้นสองแผ่น ทำช่องเปิดที่มีความกว้างมากกว่า ใกล้เคียงและน้อยกว่าความยาวคลื่นของคลื่นผิวน้ำหน้าตรง ในแต่ละครั้ง คลื่นที่เคลื่อนที่ผ่านช่องเปิดมีลักษณะอย่างไร

ตอนที่ 4 การแทรกสอด

จุดประสงค์

1. ทดลองและอธิบายการแทรกสอดของคลื่น

วิธีการ

1. จัดให้ปั๊มกำเนิดคลื่นอันกลางและปั๊มด้านข้างอันใดอันหนึ่งให้แตะผิวน้ำ
 2. ทำให้เกิดคลื่นต่อเนื่องวงกลมสองขบวนที่เหมือนกันทุกประการแผ่ออกไป สังเกตภาพที่เกิดขึ้น
- จากภาพคลื่นต่อเนื่องวงกลมที่สร้างโดยปั๊มกำเนิดคลื่นทั้งสองมีตำแหน่งที่เป็นแถบมืด แถบมืดนี้เกิดขึ้นได้อย่างไร

ใบบันทึกกิจกรรม เรื่อง สมบัติของคลื่น

จากการทำกิจกรรม จงตอบคำถามต่อไปนี้

ตอนที่ 1 การสะท้อน

1. มุมที่หน้าคลื่นตกกระทบทำกับแผ่นสะท้อน และมุมที่หน้าคลื่นสะท้อนทำกับแผ่นสะท้อนมีความสัมพันธ์กันหรือไม่ อย่างไร

.....

.....

ตอนที่ 2 การหักเห

1. อัตราเร็วของคลื่นในบริเวณน้ำลึกและน้ำตื้นเท่ากันหรือไม่ รู้ได้อย่างไร
2. เมื่อคลื่นผิวน้ำเคลื่อนที่ผ่านบริเวณรอยต่อจากเขตน้ำลึกเข้าสู่เขตน้ำตื้น ถ้าหน้าคลื่นตกกระทบขนานกับรอยต่อ ทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นและความยาวคลื่นเปลี่ยนแปลงอย่างไร
3. เมื่อคลื่นผิวน้ำเคลื่อนที่ผ่านบริเวณรอยต่อจากเขตน้ำลึกเข้าสู่เขตน้ำตื้น ถ้าหน้าคลื่นตกกระทบทำมุมกับรอยต่อ ทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นและความยาวคลื่นเปลี่ยนแปลงอย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ตอนที่ 3 การเลี้ยวเบน

1. เมื่อใช้แผ่นกั้นขวางการเคลื่อนที่ของคลื่นผิวน้ำบางส่วน คลื่นจะมีการเคลื่อนที่อย่างไรบริเวณด้านหลังของแผ่นกั้น
2. เมื่อใช้แผ่นกั้นสองแผ่น ทำช่องเปิดที่มีความกว้างมากกว่า ใกล้เคียงและน้อยกว่าความยาวคลื่นของคลื่นผิวน้ำ ในแต่ละครั้ง คลื่นที่เคลื่อนที่ผ่านช่องเปิดมีลักษณะอย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....



ตอนที่ 4 การแทรกสอด

1. จากภาพคลื่นต่อเนื่องวงกลมที่สร้างโดยปั๊มกำเนิดคลื่นทั้งสองมีตำแหน่งที่เป็นแถบมืด แถบมืดนี้เกิดขึ้นได้อย่างไร

.....

.....

แบบตรวจสอบความเข้าใจและสรุปองค์ความรู้ เรื่อง สมบัติของคลื่น

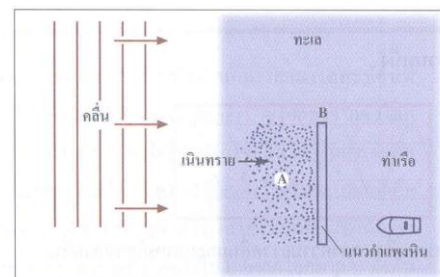
เวลา 15 นาที

จงตอบคำถามต่อไปนี้

1. คลื่นผิวน้ำเดินทางจากบริเวณน้ำลึกเข้าสู่บริเวณน้ำตื้น เกิดปรากฏการณ์เรียกว่าอะไร และมีปริมาณใดบ้างที่เปลี่ยนแปลง

คำตอบ

2. จากภาพ แสดงคลื่นกำลังเคลื่อนที่ไปหาแนวกำแพงของท่าเรือแห่งหนึ่ง จะเกิดอะไรขึ้นกับคลื่นที่
 - ก. เคลื่อนที่เข้าหาเนินทรายที่ A
 - ข. เคลื่อนที่เข้าหาแนวกำแพงที่ B

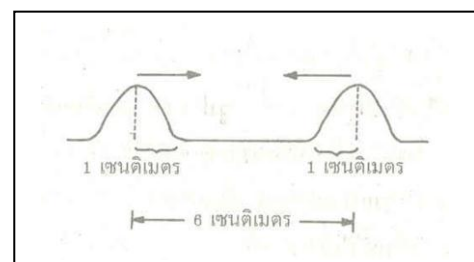


คำตอบ

3. ถ้าคลื่นผิวน้ำมีความยาวคลื่นมากกว่าความกว้างของช่องเล็กยาว 1 ช่อง การเลี้ยวเบนของคลื่นจะแตกต่างกับคลื่นผิวน้ำที่มีความยาวคลื่นน้อยกว่าความกว้างของช่องเล็กยาว 1 ช่อง อย่างไรบ้าง

คำตอบ

4. จากภาพ คลื่นตลสองลูกในเส้นเชือก แต่ละลูกเคลื่อนที่เข้าหากันด้วยอัตราเร็ว 2 เซนติเมตรต่อวินาที ที่เวลาขณะหนึ่ง คลื่นตลทั้งสองอยู่สองห่างกัน 6 เซนติเมตร
 - ก. ที่เวลาใด คลื่นรวมมีแอมพลิจูดสูงสุด
 - ข. เมื่อเวลาผ่านไป 2.5 วินาที คลื่นทั้งสองอยู่ห่างกันเท่าใด



คำตอบ

5. สรุปองค์ความรู้จากการอบรม



เฉลย ใบบันทึกกิจกรรม เรื่อง สมบัติของคลื่น

จากการทำกิจกรรม จงตอบคำถามต่อไปนี้

ตอนที่ 1 การสะท้อน

1. มุมที่หน้าคลื่นตกกระทบทำกับแผ่นสะท้อน และมุมที่หน้าคลื่นสะท้อนทำกับแผ่นสะท้อน มีความสัมพันธ์กันหรือไม่ อย่างไร

แนวคำตอบ เท่ากัน

ตอนที่ 2 การหักเห

1. อัตราเร็วของคลื่นในบริเวณน้ำลึกและน้ำตื้นเท่ากันหรือไม่ รู้ได้อย่างไร

แนวคำตอบ ไม่เท่ากัน สังเกตจากความยาวคลื่นในบริเวณน้ำลึกมีค่ามากกว่าในบริเวณน้ำตื้น

2. เมื่อคลื่นผิวน้ำเคลื่อนที่ผ่านบริเวณรอยต่อจากเขตน้ำลึกเข้าสู่เขตน้ำตื้น ถ้าหน้าคลื่นตกกระทบขนานกับรอยต่อ ทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นและความยาวคลื่นเปลี่ยนแปลงอย่างไร

แนวคำตอบ ทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นไม่เปลี่ยน แต่ความยาวคลื่นลดลงเมื่อเข้าสู่เขตน้ำตื้น

3. เมื่อคลื่นผิวน้ำเคลื่อนที่ผ่านบริเวณรอยต่อจากเขตน้ำลึกเข้าสู่เขตน้ำตื้น ถ้าหน้าคลื่นตกกระทบทำมุมกับรอยต่อ ทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นและความยาวคลื่นเปลี่ยนแปลงอย่างไร

แนวคำตอบ ทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นเปลี่ยน และความยาวคลื่นลดลง

ตอนที่ 3 การเลี้ยวเบน

1. เมื่อใช้แผ่นกั้นขวางการเคลื่อนที่ของคลื่นผิวน้ำบางส่วน คลื่นจะมีการเคลื่อนที่อย่างไรบริเวณด้านหลังของแผ่นกั้น

แนวคำตอบ คลื่นส่วนหนึ่งจะแผ่กระจายจากขอบของแผ่นกั้นไปทางด้านหลังของแผ่นกั้น ทำให้ทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่น (เฉพาะตรงขอบ) เปลี่ยน แต่ความยาวคลื่นไม่เปลี่ยนแปลง

2. เมื่อใช้แผ่นกั้นสองแผ่น ทำช่องเปิดที่มีความกว้างมากกว่า ใกล้เคียงและน้อยกว่าความยาวคลื่นของคลื่นผิวน้ำหน้าตรง ในแต่ละครั้ง คลื่นที่เคลื่อนที่ผ่านช่องเปิดมีลักษณะอย่างไร

แนวคำตอบ -ช่องเปิดที่ $d > \lambda$ คลื่นที่ผ่านช่องเปิดมีลักษณะเป็นแนวตรง

-ช่องเปิดที่ $d \approx \lambda$ คลื่นที่ผ่านช่องเปิด มีลักษณะเป็นแนวตรงบริเวณตรงกลางบริเวณขอบเป็นแนวโค้ง

-ช่องเปิดที่ $d < \lambda$ คลื่นที่ผ่านช่องเปิด มีลักษณะเป็นแนวโค้งวงกลม

ตอนที่ 4 การแทรกสอด

1. จากภาพคลื่นต่อเนื่องวงกลมที่สร้างโดยป้อนกำเนิดคลื่นทั้งสองมีตำแหน่งที่เป็นแถบมืด แถบมืดนี้เกิดขึ้นได้อย่างไร

แนวคำตอบ แถบมืดนี้เกิดขึ้นเมื่อตำแหน่งที่สันคลื่นพบท้องคลื่น การกระจัดของคลื่นทั้งสองจะหักล้างกันพอดี (ผิวน้ำไม่กระเพื่อมหรือการกระจัดเป็นศูนย์)



เฉลย แบบตรวจสอบความเข้าใจและสรุปลงค์ความรู้ เรื่อง สมบัติของคลื่น

เวลา 15 นาที [12 คะแนน]

จงตอบคำถามต่อไปนี้

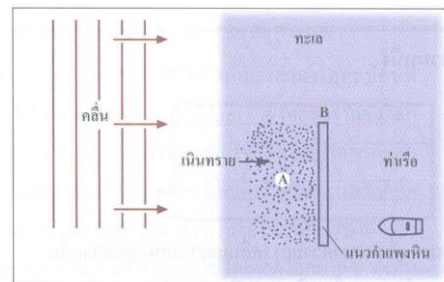
1. คลื่นผิวน้ำเดินทางจากบริเวณน้ำลึกเข้าสู่บริเวณน้ำตื้น เกิดปรากฏการณ์เรียกว่าอะไร และมีปริมาณใดบ้างที่เปลี่ยนแปลง

แนวคำตอบ การหักเห [1] ปริมาณที่เปลี่ยนแปลง ได้แก่ ความยาวคลื่น อัตราเร็ว [1]

2. จากภาพ แสดงคลื่นกำลังเคลื่อนที่ไปหาแนวกำแพงของท่าเรือแห่งหนึ่ง จะเกิดอะไรขึ้นกับคลื่นที่

ก. เคลื่อนที่เข้าหาเนินทรายที่ A

ข. เคลื่อนที่เข้าหาแนวกำแพงที่ B



แนวคำตอบ ก. การหักเห [1] ข. การเลี้ยวเบน [1]

3. ถ้าคลื่นผิวน้ำมีความยาวคลื่นมากกว่าความกว้างของช่องเล็กยาว 1 ช่อง การเลี้ยวเบนของคลื่นจะแตกต่างกับคลื่นผิวน้ำที่มีความยาวคลื่นน้อยกว่าความกว้างของช่องเล็กยาว 1 ช่อง อย่างไรบ้าง

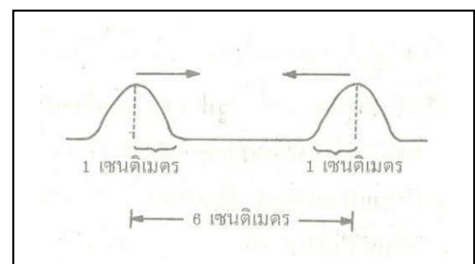
แนวคำตอบ ถ้าความยาวคลื่นมากกว่าความกว้างของช่อง คลื่นที่แผ่ออกมาจะมีหน้าคลื่นรูปวงกลม [1]

แต่ถ้าความยาวคลื่นน้อยกว่าความกว้างของช่อง คลื่นที่แผ่ออกมาจะมีหน้าคลื่นเส้นตรงยกเว้นบริเวณขอบ [1]

4. จากภาพ คลื่นตลสองลูกในเส้นเชือก แต่ละลูกเคลื่อนที่เข้าหากันด้วยอัตราเร็ว 2 เซนติเมตรต่อวินาที ที่เวลาขณะหนึ่ง คลื่นตลทั้งสองอยู่ห่างกัน 6 เซนติเมตร

ก. ที่เวลาใด คลื่นรวมมีแอมพลิจูดสูงสุด

ข. เมื่อเวลาผ่านไป 2.5 วินาที คลื่นทั้งสองอยู่ห่างกันเท่าใด



แนวคำตอบ ก. 1.5 วินาที [1]

ข. 4 เซนติเมตร [1]

5. สรุปลงค์ความรู้จากการอบรม [4]

แนวคำตอบ คลื่นมีสมบัติ 4 อย่าง ได้แก่ การสะท้อน การหักเห การเลี้ยวเบนและการแทรกสอด

การสะท้อน เกิดขึ้นเมื่อคลื่นเคลื่อนที่ไปตกกระทบกับสิ่งกีดขวางแล้วคลื่นเปลี่ยนทิศทางกลับสู่ตัวกลางเดิม โดยจะมีมุมตกกระทบเท่ากับมุมสะท้อน [1]



การหักเห เกิดขึ้นเมื่อคลื่นเคลื่อนที่ผ่านรอยต่อระหว่างตัวกลางสองชนิด ทำให้อัตราเร็วเปลี่ยนไป [1]

การเลี้ยวเบน เกิดขึ้นเมื่อคลื่นเคลื่อนที่ไปพบสิ่งกีดขวาง ซึ่งกั้นทางเดินของคลื่นบางส่วน จะมีคลื่นส่วนหนึ่งเคลื่อนจากขอบของสิ่งกีดขวางไปทางด้านหลังของสิ่งกีดขวางนั้น [1]

การแทรกสอด เกิดขึ้นเมื่อคลื่นสองขบวนมาพบกัน จะเกิดการรวมกันของคลื่น ทำให้บางบริเวณสงบนิ่ง และบางบริเวณสั่นสะเทือนมาก [1]

เรื่อง กัมมันตภาพรังสี

แผนการอบรม

แผนการอบรมครูฟิสิกส์ ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย สำหรับครูผู้ช่วยหรือครูบรรจุใหม่

เรื่อง กัมมันตภาพรังสี

เวลา 3 ชั่วโมง

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายการเปลี่ยนสภาพนิวเคลียสกัมมันตรังสีได้
2. ทำกิจกรรมสถานการณ์จำลองการสลายกัมมันตรังสีและลงข้อสรุปหาครึ่งชีวิต
3. อธิบายรังสีพื้นหลัง และหาปริมาณรังสีที่ได้รับในแต่ละปีได้
4. บอกประโยชน์ของกัมมันตภาพรังสีในด้านต่าง ๆ และยกตัวอย่างประกอบได้

สาระสำคัญ

นิวเคลียสที่ไม่เสถียรมีการสลายและปล่อยรังสีออกมาทำให้โครงสร้างของนิวเคลียสเปลี่ยนไป กระบวนการนี้เรียกว่า **การสลายกัมมันตรังสี** (radioactive decay) การสลายที่ทำให้เกิดนิวเคลียสของธาตุใหม่มี 2 แบบ ได้แก่ การสลายให้อนุภาคแอลฟา (alpha decay) เป็นการเปลี่ยนแปลงของนิวเคลียสกัมมันตรังสีโดยการปล่อยอนุภาคแอลฟา (${}^4_2\text{He}$) มีผลให้เลขอะตอมลดลง 2 และเลขมวลลดลง 4 และการสลายให้อนุภาคบีตา (beta decay) เป็นการเปลี่ยนแปลงของนิวเคลียสกัมมันตรังสีโดยการปล่อยอนุภาคบีตา (${}^0_{-1}\text{e}$) มีผลให้เลขอะตอมเพิ่มขึ้น 1 และเลขมวลไม่เปลี่ยน

ช่วงเวลาที่จำนวนนิวเคลียสกัมมันตรังสีลดลงเหลือครึ่งหนึ่งของจำนวนนิวเคลียสเริ่มต้น เรียกว่า **ครึ่งชีวิต** (half life) การสลายไม่ขึ้นกับความดัน อุณหภูมิหรือการเปลี่ยนแปลงทางเคมี

ในสิ่งแวดล้อมมีรังสีที่ทุกคนได้รับเป็นปริมาณน้อยมาก เรียกว่า **รังสีพื้นหลัง** (background radiation) ปริมาณรังสีที่บุคคลได้รับมีหน่วย ซีเวิร์ต แทนด้วย Sv

กัมมันตภาพรังสีมีประโยชน์ในด้านการแพทย์ อุตสาหกรรม การเกษตร โบราณคดีและธรณีวิทยา

ความรู้พื้นฐาน

กัมมันตภาพรังสี ธาตุกัมมันตรังสี องค์ประกอบของนิวเคลียส ชนิดและสมบัติของรังสี ไอโซโทป ไอโซโทปเสถียร ไอโซโทปกัมมันตรังสี



ความเข้าใจคลาดเคลื่อน

ความเข้าใจคลาดเคลื่อน	ความเข้าใจที่ถูกต้อง
1. อัตราการสลายของธาตุชนิดเดียวกัน มีค่าคงตัว	1. อัตราการสลายของธาตุชนิดเดียวกัน เริ่มต้นที่จำนวน นิวเคลียสเท่ากัน จึงมีค่าเท่ากัน และมีค่าเปลี่ยนไปตามจำนวนนิวเคลียสเริ่มต้น
2. เมื่อมีการสลายของธาตุกัมมันตรังสี ให้ รังสีออกมาจะทำให้นิวเคลียสมีเลขมวล ลดลงเท่านั้น	2. การสลายของธาตุกัมมันตรังสีทำให้นิวเคลียสมีเลขมวล ลดลงเมื่อให้รังสีแอลฟา และเลขมวลไม่เปลี่ยนเมื่อให้ รังสีบีตา

สื่อการเรียนรู้

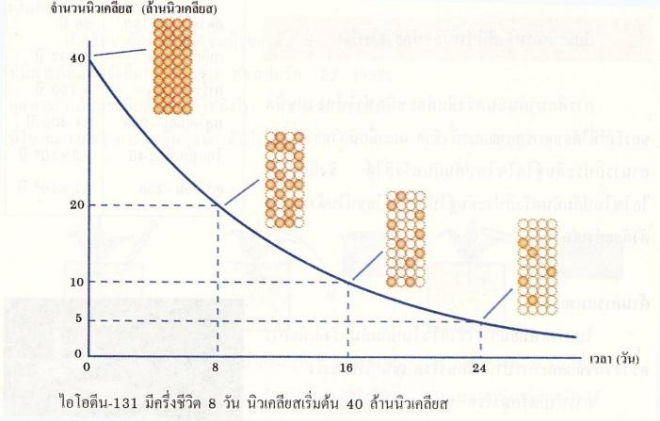
- เอกสารประกอบการอบรม 1: ใบความรู้ เรื่อง กัมมันตภาพรังสี
- เอกสารประกอบการอบรม 2: ใบกิจกรรมที่ 1 เรื่อง สถานการณ์จำลองการสลายกัมมันตรังสี
- เอกสารประกอบการอบรม 3: ใบบันทึกกิจกรรมที่ 1 เรื่อง สถานการณ์จำลองการสลาย กัมมันตรังสี
- เอกสารประกอบการอบรม 4: ใบกิจกรรมที่ 2 เรื่อง ปริมาณรังสีที่ได้รับในหนึ่งปี
- เอกสารประกอบการอบรม 5: ใบบันทึกกิจกรรมที่ 2 เรื่อง ปริมาณรังสีที่ได้รับในหนึ่งปี
- เอกสารประกอบการอบรม 6: แบบตรวจสอบความเข้าใจและสรุปองค์ความรู้ เรื่อง กัมมันตภาพรังสี
- สื่อสำหรับวิทยากร 1: โฟล์ดภาพนิ่ง ได้แก่ ตารางสมบัติของรังสีแอลฟา บีตาและแกมมา กราฟการสลายของไอโอดีน-131 และภาพสัญลักษณ์การป้องกันรังสี
- หนังสือรายวิชาพื้นฐาน ฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6
- อุปกรณ์ประกอบกิจกรรม: ลูกบาศก์แต้มสีหนึ่งหน้า 40 ลูก กระดาษกราฟ

แนวทางการจัดกิจกรรม

กิจกรรม	สื่อ/ เอกสาร	วัดและประเมินผล
1. กิจกรรมนำเข้าสู่การอบรม 1.1 ทบทวนเกี่ยวกับองค์ประกอบของนิวเคลียส กัมมันตภาพรังสี ชนิดและสมบัติของรังสี ไอโซโทป ตามรายละเอียดในใบความรู้ เรื่อง กัมมันตภาพรังสี 1.2 ตั้งคำถามว่า เมื่อนิวเคลียสกัมมันตรังสีแผ่รังสี ออกมา นิวเคลียสมีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่ ปริมาณอะไรที่ บอกเกี่ยวกับการสลายของธาตุกัมมันตรังสี	- โฟลเดอร์ภาพนิ่ง - ใบความรู้ เรื่อง กัมมันตภาพรังสี	

กิจกรรม	สื่อ/ เอกสาร	วัดและประเมินผล
2. กิจกรรมระหว่างการอบรม 2.1 ให้ความรู้ ว่า นิวเคลียสที่ไม่เสถียรจะมีการสลายและปล่อยรังสีออกมาทำให้โครงสร้างของนิวเคลียสเปลี่ยนไป กระบวนการนี้ เรียกว่า การสลายกัมมันตรังสี การสลายกัมมันตรังสีที่ทำให้เกิดนิวเคลียสของธาตุใหม่ อาจเกิดได้ 2 แบบ 1) การสลายให้อนุภาคแอลฟา โดยยกตัวอย่าง การสลายของยูเรเนียม-238 ดังสมการ ${}_{92}^{238}\text{U} \rightarrow {}_{90}^{234}\text{Th} + {}_2^4\text{He}$ อภิปรายร่วมกันจนสรุปได้ว่า การสลายให้อนุภาคแอลฟาเป็นการเปลี่ยนแปลงของนิวเคลียสกัมมันตรังสีโดยการปล่อยอนุภาคแอลฟา (${}_2^4\text{He}$) มีผลให้เลขอะตอมลดลง 2 เลขมวลลดลง 4 เกิดนิวเคลียสใหม่ คือ ธอเรียม-234 2) การสลายให้อนุภาคบีตา โดยยกตัวอย่าง การสลายของไอโอดีน-131 สมการ ${}_{53}^{131}\text{I} \rightarrow {}_{54}^{131}\text{Xe} + {}_{-1}^0\text{e}$ อภิปรายร่วมกันจนสรุปได้ว่า การสลายให้อนุภาคบีตาเป็นการเปลี่ยนแปลงของนิวเคลียสกัมมันตรังสีโดยการปล่อยอนุภาคบีตา (${}_{-1}^0\text{e}$) มีผลให้เลขอะตอมเพิ่มขึ้น 1 เลขมวลไม่เปลี่ยน เกิดนิวเคลียสใหม่ คือ ซีซัน-131 2.2 ตั้งคำถามว่า ในการสลายกัมมันตรังสี เมื่อเวลาผ่านไป นิวเคลียสเดิมกับนิวเคลียสใหม่จะเปลี่ยนแปลงอย่างไร อภิปรายร่วมกันว่า นิวเคลียสใหม่จะเพิ่มขึ้น นิวเคลียสเดิมจะลดลง โดยช่วงเวลาที่จำนวนนิวเคลียสลดลงเหลือครึ่งหนึ่งของจำนวนเดิม เรียกว่า ครึ่งชีวิต จำนวนนิวเคลียสกับเวลามีความสัมพันธ์กันอย่างไร ศึกษาเทียบเคียงจากผลการทำกิจกรรมต่อไปนี้ 2.3 ทำกิจกรรม เรื่อง สถานการณ์จำลองการสลายกัมมันตรังสี นำเสนอผล และร่วมกันอภิปรายลงข้อสรุปได้ว่า จำนวนครึ่งในการทอดลูกบาศก์เปรียบเหมือนเวลาใน	- ใบกิจกรรมที่ 1 เรื่อง สถานการณ์จำลองการสลายกัมมันตรังสี - ลูกบาศก์แต้มสีหนึ่งหน้า 40 ลูก - กระดาษกราฟ - โฟล์กภาพนิ่ง - ใบบันทึกกิจกรรม ที่ 1 เรื่อง สถานการณ์จำลองการสลายกัมมันตรังสี - ใบกิจกรรมที่ 2 เรื่อง ปริมาณรังสีที่ได้รับในหนึ่งปี - ใบบันทึกกิจกรรมที่ 2 เรื่อง ปริมาณรังสีที่ได้รับในหนึ่งปี	- การมีส่วนร่วม - การนำเสนอผลงาน 1 กลุ่ม (หมุนเวียน) - ชิ้นงาน (ใบบันทึกกิจกรรมที่ 1 เรื่อง สถานการณ์จำลองการสลายกัมมันตรังสี และใบบันทึกกิจกรรมที่ 2 เรื่อง ปริมาณรังสีที่ได้รับในหนึ่งปี)



กิจกรรม	สื่อ/ เอกสาร	วัดและประเมินผล
การสลาย ลูกบาศก์ที่คัดออกเปรียบเหมือนนิวเคลียสใหม่ ลูกบาศก์ที่เหลืออยู่เป็นนิวเคลียสที่เหลือจากการสลาย เมื่อจำนวนลูกบาศก์ที่เหลืออยู่เป็นครึ่งหนึ่งของเดิม จำนวนครั้งที่ใช้ทอดลูกบาศก์เป็นแบบนี้เปรียบเทียบได้กับครึ่งชีวิต ครึ่งชีวิตของการทอดลูกบาศก์จะขึ้นอยู่กับโอกาสในการคัดลูกบาศก์ออก  ภาพ กราฟการสลายของไอโอดีน-131 อธิบายกราฟการสลายของไอโอดีน-131 มีครึ่งชีวิต 8 วัน นิวเคลียสเริ่มต้น 40 ล้านนิวเคลียส เมื่อเวลาผ่านไป 8 วัน 16 วัน 24 วัน และให้ความรู้ว่าการสลายไม่ขึ้นกับความดัน อุณหภูมิและการเปลี่ยนแปลงทางเคมี 2.4 ให้ผู้เข้ารับการอบรมทำกิจกรรม เรื่อง ปริมาณรังสีได้รับในหนึ่งปี อภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับผลการหาปริมาณรังสีที่แต่ละคนได้รับในช่วงหนึ่งปีที่ผ่านมา 2.5 ยกตัวอย่างประโยชน์ของกัมมันตรังสี ทางด้านการแพทย์ ด้านอุตสาหกรรม ด้านการเกษตร ด้านโบราณคดี และธรณีวิทยา การป้องกันรังสี		
3. กิจกรรมหลังการอบรม ให้ผู้เข้ารับการอบรมทำแบบตรวจสอบความเข้าใจ และสรุปองค์ความรู้	- แบบตรวจสอบความเข้าใจและสรุปองค์ความรู้	- การตรวจสอบความเข้าใจและการสรุปองค์ความรู้

การประเมินผล

รายการประเมิน	เกณฑ์การให้คะแนน	เครื่องมือ
1. การมีส่วนร่วมในกิจกรรม (งานกลุ่ม) ประเมินแบบภาพรวม จาก ความสนใจ ความมุ่งมั่น การทำงานร่วมกัน ทักษะ ปฏิบัติ การอภิปรายและรับฟัง ความคิดเห็น การแก้ปัญหา ฯ	คะแนนเต็ม 4 4 : ดี 3 : ปานกลาง 2 : พอใช้	การสังเกต การมีส่วนร่วม ในกิจกรรม
2. การนำเสนอผลงานกลุ่ม (งานกลุ่ม 1 ครั้ง) ประเมินแบบภาพรวม จาก การรายงานผลการทำกิจกรรม การสื่อความหมาย รูปแบบการ นำเสนอ การตอบคำถาม ฯ	คะแนนเต็ม 6 6 : ดี 5 : ปานกลาง 4 : พอใช้	การสังเกต การนำเสนอ ผลงานกลุ่ม
3. ชิ้นงาน (งานเดี่ยว) ประเมินจากการตรวจ 1. ใบบันทึกกิจกรรมที่ 1 เรื่อง สถานการณ์จำลองการสลาย กัมมันตรังสี 2. ใบบันทึกกิจกรรมที่ 2 เรื่อง ปริมาณรังสีได้รับในปี	คะแนนเต็ม 4 กิจกรรมละ 2 คะแนน 2 : ถูกต้อง 80% ขึ้นไป 1 : ถูกต้อง 50% - 80% 0 : ถูกต้องน้อยกว่า 50%	- ใบบันทึกกิจกรรมที่ 1 เรื่อง สถานการณ์จำลอง การสลายกัมมันตรังสี - ใบบันทึกกิจกรรมที่ 2 เรื่อง ปริมาณรังสีได้รับ ในปี
4. การสรุปองค์ความรู้ (งานเดี่ยว) ประเมินจากการตรวจให้ คะแนน 5 ข้อ 10 คะแนน แล้ว นำคะแนนที่ได้หารด้วย 10	คะแนนเต็ม 1	แบบตรวจสอบความเข้าใจ และสรุปองค์ความรู้ เรื่อง กัมมันตภาพรังสี

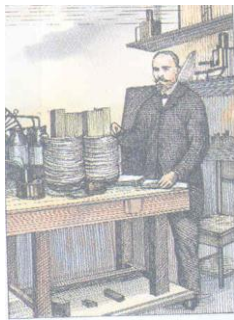
เอกสารประกอบแผนการอบรม

ใบความรู้ เรื่อง กัมมันตภาพรังสี

สสารประกอบด้วยอะตอม และอะตอมประกอบด้วยอิเล็กตรอนและแกนกลางที่เรียกว่า นิวเคลียส ซึ่งประกอบด้วยนิวตรอนและโปรตอน นิวเคลียสของธาตุบางชนิดปล่อยรังสีออกมา ในหัวข้อนี้ เราจะได้ศึกษาชนิดและสมบัติของรังสีที่แผ่ออกมาจากนิวเคลียส การสลายของนิวเคลียส ประโยชน์และโทษของรังสี

กัมมันตภาพรังสี

หลังจากการค้นพบรังสีเอกซ์โดยเรินต์เกน ในพ.ศ. 2438 ทำให้นักฟิสิกส์หันมาศึกษาเกี่ยวกับการเรืองแสง เบ็กเคอเรล ซึ่งมีความคิดว่า สารเรืองแสงบางชนิด เมื่อได้รับแสงแดด จะปล่อยรังสีเอกซ์ออกมา จึงได้ทดลองกับสารประกอบของยูเรเนียมชนิดหนึ่ง คือ สารโพแทสเซียมยูเรนิลซัลเฟต แต่ผลการทดลองปรากฏว่า สารนี้ปล่อยรังสีชนิดหนึ่งออกมาตลอดเวลา โดยไม่ต้องอาศัยแสงแดด เขายังพบอีกว่า สารประกอบของยูเรเนียมทุกชนิดปล่อยรังสีดังกล่าวเช่นกัน เบ็กเคอเรล จึงเสนอว่ารังสีนี้เกิดจากธาตุยูเรเนียม และเรียกรังสีนี้ว่า **รังสียูเรนิค (uranic ray)**



ภาพ 1 เบ็กเคอเรล Henri Becquerel
(พ.ศ. 2395 - 2451) นักฟิสิกส์ชาวฝรั่งเศส
ได้รับรางวัลโนเบลทางฟิสิกส์ ในปี พ.ศ. 2446
จากผลงานการค้นพบกัมมันตภาพรังสีใน
ธรรมชาติ

การค้นพบของเบ็กเคอเรล ทำให้นักฟิสิกส์มีความสงสัยว่ามีธาตุอื่น ๆ ที่มีการแผ่รังสีเช่นเดียวกับ ธาตุยูเรเนียมหรือไม่ มารี คูรีและสามีได้ทดลองกับธาตุหลายชนิดและพบว่าธาตุบางชนิด เช่น ธอเรียม เรเดียม โพโลเนียม มีการแผ่รังสีได้เช่นเดียวกับธาตุยูเรเนียม ปรากฏการณ์ที่ธาตุแผ่รังสีได้เองอย่างต่อเนื่องนี้ เรียกว่า **กัมมันตภาพรังสี (radioactivity)** และธาตุที่มีสมบัติในการแผ่รังสีได้เองเรียกว่า **ธาตุกัมมันตรังสี (radioactive element)** ต่อมาพบว่ารังสีที่แผ่ออกมานั้น ออกมาจากนิวเคลียสของอะตอม



ภาพ 2 ปีแอร์-มารี คูรี Pierre Curie (พ.ศ. 2402-2449)
นักฟิสิกส์ชาวฝรั่งเศส Marie Curie (พ.ศ. 2401-2477)
นักฟิสิกส์ชาวโปแลนด์ สามีภรรยาคู่นี้ทำงานวิจัยด้าน
กัมมันตภาพรังสีในธรรมชาติและได้รับรางวัลโนเบลสาขาฟิสิกส์
ร่วมกันกับเบ็กเคอเรลในปี พ.ศ. 2446 และบุตรสาวของเขาคือ
ไอรีน คูรี (Irene Curie) ก็ได้ศึกษาเกี่ยวกับกัมมันตภาพรังสี
ประดิษฐ์ ได้รับรางวัลโนเบลสาขาฟิสิกส์เช่นกัน

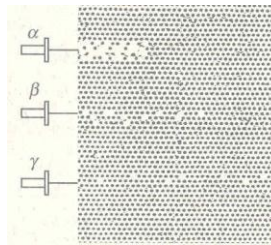


ชนิดและสมบัติของรังสี

รังสีที่ออกมาจากธาตุกัมมันตรังสี พบว่ามี 3 ชนิด คือ รังสีแอลฟา (alpha ray) รังสีบีตา (beta ray) และรังสีแกมมา (gamma ray) นิยมเขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ α β และ γ ตามลำดับ รังสีทั้งสามชนิดมีสมบัติสำคัญที่แตกต่างกัน 3 ประการ ได้แก่ ความสามารถในการทำให้เกิดการแตกตัวเป็นไอออน (ionizing ability) อำนาจทะลุผ่าน (penetrating power) และการเบนในสนามแม่เหล็ก

ก. ความสามารถในการทำให้เกิดการแตกตัวเป็นไอออน

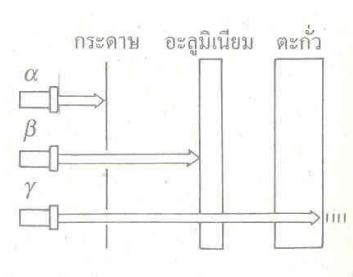
วางแหล่งกำเนิดรังสีแอลฟา บีตาและแกมมาให้รังสีผ่านก้อนสารชนิดหนึ่ง พบว่ารังสีแอลฟาทำให้เกิดการแตกตัวเป็นไอออนในก้อนสารได้ดีที่สุด รังสีแอลฟาจะเสียพลังงานอย่างรวดเร็ว จึงผ่านเข้าไปในก้อนสารเป็นระยะสั้น ๆ ส่วนรังสีบีตาและแกมมาทำให้เกิดการแตกตัวเป็นไอออนได้น้อยกว่ารังสีแอลฟาตามลำดับ รังสีบีตาและแกมมาจึงผ่านเข้าไปในก้อนสารได้มากกว่า ดังแสดงในภาพ 3



ภาพ 3 การแตกตัวเป็นไอออนในสารที่รังสีผ่านเข้าไป

ข. อำนาจทะลุผ่าน

เมื่อนำแผ่นวัสดุต่าง ๆ เช่น แผ่นกระดาษ แผ่นอะลูมิเนียมและแผ่นตะกั่วไปวางระหว่างแหล่งกำเนิดรังสีและเครื่องวัดรังสี จะพบว่ารังสีแกมมาผ่านแผ่นกระดาษและอะลูมิเนียม แต่ถูกกั้นด้วยแผ่นตะกั่ว รังสีบีตาสามารถผ่านแผ่นกระดาษได้เท่านั้น ส่วนรังสีแอลฟาไม่สามารถผ่านวัสดุใดได้เลย แสดงว่ารังสีแกมมามีอำนาจทะลุผ่านสูงสุด รองลงมาเป็นรังสีบีตาและรังสีแอลฟาตามลำดับดังแสดงในภาพ 4

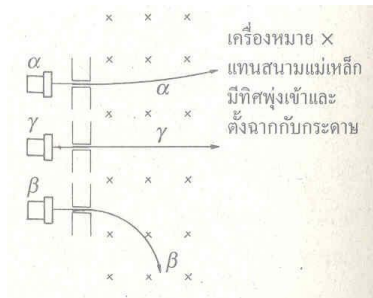


ภาพ 4 อำนาจทะลุผ่านของรังสี

ค. การเบนในสนามแม่เหล็ก

วางแหล่งกำเนิดรังสี ซึ่งมีช่องเปิดแคบ ๆ ให้รังสีแผ่ออกมา ถัดจากช่องแคบออกไปมีเครื่องวัดรังสีระหว่างช่องแคบและเครื่องวัดรังสีมีสนามแม่เหล็กคงตัวและมีทิศทางตั้งฉากกับแนวรังสีที่แผ่ออกมา เมื่อรังสีผ่านเข้ามาในสนามแม่เหล็ก จะพบว่าแนวการเคลื่อนที่ของรังสีแอลฟาเป็นทางโค้งน้อยและเบนขึ้นจาก

แนวเดิม รังสีบีตามีแนวการเคลื่อนที่เป็นทางโค้งมากและเบนในทิศทางตรงข้ามกับรังสีแอลฟา ส่วนรังสีแกมมาเคลื่อนที่ในแนวตรง ดังแสดงในภาพ 5



ภาพ 5 การเบนของแนวการเคลื่อนที่ของรังสีทั้งสามชนิดในสนามแม่เหล็ก

จากความรู้เกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของรังสีทั้งสามในสนามแม่เหล็ก ทำให้ทราบว่า รังสีแกมมาเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ส่วนรังสีแอลฟาและรังสีบีตาคืออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้า ดังนั้นบางครั้งจึงเรียกรังสีแอลฟาว่า **อนุภาคแอลฟา** (alpha particle) และรังสีบีตาคือ **อนุภาคบีตา** (beta particle)

การศึกษารังสีทั้ง 3 ชนิด ทำให้ทราบสมบัติต่าง ๆ ของรังสีทั้งสามดังนี้

รังสีแอลฟา เป็นนิวเคลียสของอะตอมของธาตุฮีเลียม ประกอบด้วยโปรตอน 2 ตัวและนิวตรอน 2 ตัว มีมวลประมาณ $4u^{(1)}$ และมีประจุไฟฟ้า $+2e$ สามารถทำให้เกิดการแตกตัวเป็นไอออนในสารที่รังสีผ่านได้ดี จึงทำให้เสียพลังงานอย่างรวดเร็ว ดังนั้นรังสีแอลฟาจะมีอำนาจทะลุผ่านน้อยมาก สามารถวิ่งผ่านอากาศได้ระยะทางเพียง 3 - 5 เซนติเมตร เมื่อใช้แผ่นกระดาษบาง ๆ กัน รังสีแอลฟาไม่อาจทะลุผ่านได้

รังสีบีตา เป็นอิเล็กตรอนมีมวลเป็น $1/1837$ เท่า ของโปรตอนและมีประจุไฟฟ้า $-1e$ รังสีบีตาสามารถวิ่งผ่านไปในอากาศได้ประมาณ 1 - 3 เมตร รังสีบีตาจึงมีอำนาจทะลุผ่านมากกว่ารังสีแอลฟา

⁽¹⁾ หน่วยมวลอะตอม

1 u หมายถึง 1 unified atomic mass unit มีค่าเท่ากับ 1.66×10^{-27} กิโลกรัม ซึ่งค่านี้ได้มาจากนิยามให้ 1 u มีค่าเท่ากับ $\frac{1}{12}$ เท่าของมวลอะตอมของคาร์บอน-12

รังสีแกมมา เป็นรังสีที่ไม่มีประจุไฟฟ้ามีสมบัติคล้ายรังสีเอกซ์ พบว่ารังสีนี้คือคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความยาวคลื่นสั้นมาก ๆ รังสีแกมมาสามารถทะลุผ่านแผ่นอะลูมิเนียมที่หนาหลายเซนติเมตรได้ จึงกล่าวได้ว่ามีอำนาจทะลุผ่านมากที่สุดในบรรดารังสีทั้งสามชนิด

ตาราง 1 สมบัติของรังสีแอลฟา บีตาและแกมมา

สมบัติ	รังสีแอลฟา	รังสีบีตา	รังสีแกมมา
องค์ประกอบ	นิวเคลียสของฮีเลียม	อิเล็กตรอนอัตราเร็วสูง	คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า
มวล	4.0015 u	0.000 55 u	ไม่มีมวล
ประจุไฟฟ้า	+2 e	- 1 e	ไม่มีประจุไฟฟ้า
ความสามารถในการทำให้เกิดการแตกตัวเป็นไอออน	ดี	ปานกลาง	ต่ำ
อำนาจทะลุผ่าน	ต่ำ ถูกกั้นโดยกระดาษหรือผิวหนัง	ถูกกั้นโดยแผ่นอะลูมิเนียมหนา 1-2 เซนติเมตร	สูงมาก ต้องกั้นด้วยแผ่นตะกั่วหนาหลายเซนติเมตร
การเบนในสนามแม่เหล็ก	เบนเป็นทางโค้ง	เบนเป็นทางโค้งในทิศทางตรงข้ามกับทางโค้งของรังสีแอลฟา	ไม่เบนในสนามแม่เหล็ก

นิวเคลียสและไอโซโทป

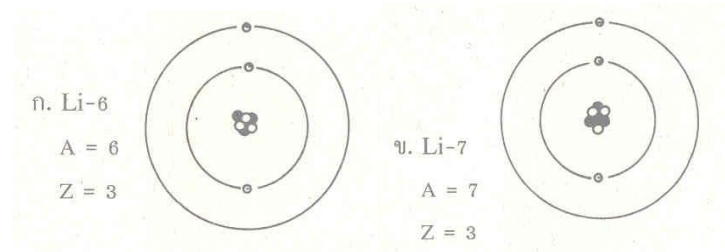
นิวเคลียสประกอบด้วยอนุภาคโปรตอนและอนุภาคนิวตรอน อนุภาคทั้งหมดซึ่งเป็นองค์ประกอบของนิวเคลียส รวมเรียกว่า **นิวคลีออน** (nucleon) และผลรวมของจำนวนโปรตอนและนิวตรอนที่อยู่ในนิวเคลียส เรียกว่า **เลขนิวคลีออน** (nucleon number) หรือ **เลขมวล** (mass number) แทนด้วยสัญลักษณ์ A ส่วนจำนวนโปรตอนในนิวเคลียส เรียกว่า **เลขอะตอม** (atomic number) แทนด้วยสัญลักษณ์ Z จำนวนโปรตอนหรือเลขอะตอมยังเท่ากับจำนวนอิเล็กตรอนในอะตอมอีกด้วย

ถ้าให้ X แทนสัญลักษณ์ของธาตุใด ๆ นิวเคลียสของธาตุ X ที่มีเลขอะตอม Z และเลขมวล A เขียนแทนด้วย ${}_Z^AX$ เรียกว่า **สัญลักษณ์นิวเคลียส** (nuclear symbol) เช่น ${}_{6}^{12}\text{C}$ แทนสัญลักษณ์นิวเคลียสของธาตุคาร์บอนที่มีโปรตอน 6 ตัว และมีผลรวมของโปรตอนและนิวตรอนเป็น 12 ตัว สัญลักษณ์นิวเคลียสอาจเขียนอย่างย่อเป็น $X-A$ เช่น C-14 อ่านว่า คาร์บอน-14

เราสามารถใช้สัญลักษณ์นี้กับอนุภาคได้ เช่น อนุภาคแอลฟา หรือนิวเคลียสของฮีเลียม ซึ่งมีเลขมวลเท่ากับ 4 เลขอะตอมเท่ากับ 2 จึงเขียนสัญลักษณ์ได้เป็น ${}_2^4\text{He}$ อนุภาคบีตาหรืออิเล็กตรอนซึ่งมีประจุไฟฟ้า $-1e$ และมีมวลน้อยมาก ถือว่าเลขมวลมีค่าเป็นศูนย์ จึงเขียนสัญลักษณ์เป็น ${}_{-1}^0e$ อนุภาคตัวอื่น ๆ เช่น นิวตรอน โปรตอน มีสัญลักษณ์เป็น ${}_0^1n$ และ ${}_1^1H$ ตามลำดับ สำหรับรังสีแกมมานั้นไม่มีทั้งประจุและมวล จึงเขียนเป็นสัญลักษณ์ γ ตามเดิม

นิวเคลียสของธาตุหนึ่ง ๆ จะมีจำนวนโปรตอนหรือเลขอะตอม Z เท่ากันเสมอ แต่จำนวนนิวตรอน อาจแตกต่างกันได้ เช่น ลิเทียม ในธรรมชาติจะมี 2 ชนิด ดังแสดงภาพ 6 ก และ ข ในภาพ ก นิวเคลียสของลิเทียมมีนิวตรอน 3 ตัว ในภาพ ข มีนิวตรอน 4 ตัว จึงมีเลขมวลเป็น 6 และ 7 ตามลำดับ





ภาพ 6 อะตอมลิเทียม

ธาตุชนิดเดียวกันที่นิวเคลียสมีจำนวนโปรตอนเท่ากันแต่มีจำนวนนิวตรอนต่างกัน เรียกว่า **ไอโซโทป (isotopes)** ธาตุหนึ่ง ๆ อาจมีหลายไอโซโทป เช่น ไฮโดรเจนมี 3 ไอโซโทป และมีชื่อเรียกเฉพาะ คือ โปรเทียม ดิวเทอเรียม และ ทริเทียม ซึ่งมีโครงสร้างอะตอม ดังภาพ 7



ภาพ 7 ไอโซโทปของไฮโดรเจน

ในธรรมชาติ ธาตุส่วนใหญ่มีไอโซโทป เช่น คาร์บอน มี 3 ไอโซโทป คือ $^{12}_6\text{C}$ $^{13}_6\text{C}$ และ $^{14}_6\text{C}$ โดยมี $^{12}_6\text{C}$ และ $^{13}_6\text{C}$ เป็นไอโซโทปที่ไม่แผ่รังสี เรียกว่า **ไอโซโทปเสถียร (stable isotope)** ส่วน $^{14}_6\text{C}$ เป็นไอโซโทปที่แผ่รังสีได้ เรียกว่า **ไอโซโทปกัมมันตรังสี (radioisotope)**

ตาราง 2 ไอโซโทปของธาตุบางชนิด

ธาตุ	ตัวอย่างไอโซโทป
ฮีเลียม	^3He ^4He
ไนโตรเจน	^{14}N ^{15}N
ออกซิเจน	^{16}O ^{17}O ^{18}O
แมกนีเซียม	^{24}Mg ^{25}Mg ^{26}Mg
ปรอท	^{200}Hg ^{201}Hg ^{202}Hg
ตะกั่ว	^{204}Pb ^{206}Pb ^{207}Pb
ยูเรเนียม	^{234}U ^{235}U ^{238}U

ไอโซโทปในธรรมชาติของธาตุต่าง ๆ ส่วนมากเป็นไอโซโทปเสถียร ปัจจุบันนักวิทยาศาสตร์สามารถผลิตไอโซโทปกัมมันตรังสีที่ไม่มีในธรรมชาติ เช่น โคบอลต์-59 ซึ่งเป็นไอโซโทปในธรรมชาติที่เป็นไอโซโทปเสถียร เมื่อดูดกลืนนิวตรอนเข้าไปจะกลายเป็นโคบอลต์-60 ซึ่งเป็นไอโซโทปกัมมันตรังสี



ใบกิจกรรมที่ 1

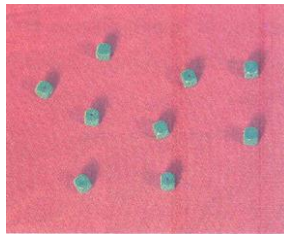
เรื่อง สถานการณ์จำลองการสลายกัมมันตรังสี

จุดประสงค์

1. เปรียบเทียบจำนวนลูกบาศก์ จำนวนครั้งที่ทอด จำนวนลูกบาศก์ที่เหลืออยู่จากการทอดแต่ละครั้ง และจำนวนลูกบาศก์ที่ถูกตัดออก กับปริมาณใดในการสลายจริงของธาตุกัมมันตรังสี
2. อธิบายกราฟระหว่างจำนวนลูกบาศก์ที่เหลือกับจำนวนครั้งที่ทอดเป็นกราฟที่แทนกราฟการสลายของธาตุกัมมันตรังสี

สื่อ-อุปกรณ์

ลูกบาศก์แต้มสีหนึ่งหน้า จำนวน 40 ลูก กระดาษกราฟ



ภาพ ลูกบาศก์แต้มสีหนึ่งหน้า

วิธีการ

1. นำลูกบาศก์แต้มสีเพียงหนึ่งหน้า จำนวน 40 ลูก ไปใส่กล่องแล้วทอดลงบนพื้น คัดลูกบาศก์ที่หงายหน้าที่แต้มออก นำลูกบาศก์ที่เหลือใส่กล่องแล้วทอดลงบนพื้นอีก ทำซ้ำหลาย ๆ ครั้ง จนเหลือลูกบาศก์ที่จะทอดเพียง 4-5 ลูก หลังการทอดแต่ละครั้ง บันทึกจำนวนครั้งที่ทอดกับจำนวนลูกบาศก์ที่เหลือลงในตารางบันทึกผล
2. ทำกิจกรรมซ้ำอีก 1 ครั้ง
3. นำข้อมูลจากการทำกิจกรรมแต่ละครั้งไปเขียนกราฟระหว่างจำนวนครั้งที่ทอดกับจำนวนลูกบาศก์ที่เหลือ โดยให้จำนวนครั้งที่ทอดอยู่บนแกนนอน และจำนวนลูกบาศก์ที่เหลืออยู่บนแกนยืน
 - ข้อมูลที่ได้จากการทำกิจกรรมทั้งสองครั้ง เหมือนหรือต่างกันอย่างไร
 - ปริมาณต่อไปนี้อยู่ที่จำนวนลูกบาศก์เดิม จำนวนครั้งที่ทอด จำนวนลูกบาศก์ที่เหลืออยู่จากการทอดแต่ละครั้ง และจำนวนลูกบาศก์ที่ถูกตัดออกเทียบกับปริมาณใดในการสลายจริงของธาตุกัมมันตรังสี
 - จำนวนครั้งที่ทอดลูกบาศก์แล้วทำให้มีลูกบาศก์เหลือครึ่งหนึ่ง มีค่าประมาณเท่าใด

ใบบันทึกกิจกรรมที่ 1

เรื่อง สถานการณ์จำลองการสลายกัมมันตรังสี

จากการทำกิจกรรม จงตอบคำถามต่อไปนี้

1. เขียนกราฟระหว่างจำนวนครั้งที่ทอดกับจำนวนลูกบาศก์ที่เหลือ ให้จำนวนครั้งที่ทอดอยู่บนแกนนอน และจำนวนลูกบาศก์ที่เหลืออยู่บนแกนยืน (เขียนในกระดาษกราฟ)

2. เมื่อข้อมูลที่ได้จากการทำกิจกรรมทั้งสองครั้ง เหมือนหรือต่างกันอย่างไร

.....

.....

3. ปริมาณต่อไปนี้ จำนวนลูกบาศก์เดิม จำนวนครั้งที่ทอด จำนวนลูกบาศก์ที่เหลืออยู่จากการทอดแต่ละครั้ง และจำนวนลูกบาศก์ที่ถูกตัดออก เทียบได้กับปริมาณใดในการสลายจริงของธาตุกัมมันตรังสี จำนวนครั้งที่ทอดลูกบาศก์แล้วทำให้มีลูกบาศก์เหลือครึ่งหนึ่ง มีค่าประมาณเท่าใด

.....

.....

.....

.....

4. จำนวนครั้งที่ทอดลูกบาศก์แล้วทำให้มีลูกบาศก์เหลือครึ่งหนึ่ง มีค่าประมาณเท่าใด

.....

.....

5. สรุปผลการทำกิจกรรมได้อย่างไร



ใบกิจกรรมที่ 2

เรื่อง ปริมาณรังสีที่ได้รับในหนึ่งปี

จุดประสงค์

หาปริมาณรังสีที่แต่ละบุคคลได้รับในหนึ่งปี

สื่อ-อุปกรณ์

ตารางข้อมูลปริมาณรังสีที่แต่ละบุคคลอาจจะได้รับในหนึ่งปี (โดยประมาณ)

ตาราง ปริมาณรังสีที่แต่ละบุคคลอาจจะได้รับในหนึ่งปี (โดยประมาณ)

องค์ประกอบ	แหล่งกำเนิดรังสี	ปริมาณรังสีที่ได้รับ*
1. แหล่งที่อยู่อาศัย	1. รังสีคอสมิกจากอวกาศที่ระดับน้ำทะเล (ทุกความสูง 300 เมตร จะได้รับรังสีเพิ่มขึ้น 0.03 mSv)	0.26 mSv**
	2. หินและดิน	0.30 mSv
	3. บ้านที่สร้างด้วยซีเมนต์ หรืออิฐ	0.07 mSv
2. สิ่งเข้าสู่ร่างกาย	1. อาหารและน้ำดื่ม	0.03 mSv
	2. อากาศ	2.00 mSv
3. การดำเนินชีวิตประจำวัน	1. โทรศัพท์	0.01 mSv
	2. จอคอมพิวเตอร์	0.01 mSv
	3. ฝุ่นกัมมันตรังสีในอากาศ	0.01 mSv
	4. การเดินทางโดยเครื่องบินต่อชั่วโมง	0.005 mSv
4. การตรวจรักษาทางการแพทย์	เอกซเรย์ต่อครั้ง เช่น	
	1. ทรวงอก	0.06 mSv
	2. มือ แขน ขา ฟัน	0.01 mSv
	3. กะโหลกศีรษะ คอ	0.20 mSv
	4. กระดูกเชิงกราน ตะโพก	0.65 mSv
	เอกซเรย์คอมพิวเตอร์ต่อครั้ง เช่น	
	1. ศีรษะ หรือร่างกาย	1.10 mSv
	2. เกล็ดขั้วกระดูก เช่น ไทรอยด์	0.14 mSv

* ข้อมูลจาก National Council on Radiation Protection and Measurement สหรัฐอเมริกา ปี ค.ศ. 1987 และ ค.ศ. 1989

**หน่วยวัดรังสี

ปริมาณรังสีที่บุคคลได้รับมีหน่วย ซีเวิร์ต (Sievert) แทนด้วยสัญลักษณ์ Sv) หน่วยเดิม คือ เรม (rem)

โดย $1 \text{ Sv} = 100 \text{ rem}$

ปริมาณรังสีที่ประชาชนทั่วไปได้รับจากแหล่งที่อยู่อาศัยรวมกันไม่เกิน 1 มิลลิซีเวิร์ตต่อปี



วิธีการ

จากตาราง ให้แต่ละคนหาปริมาณรังสีที่ได้รับในช่วงหนึ่งปีที่ผ่านมา มีค่าเท่าใด (มิลลิซีเวิร์ตต่อปี)

- คนที่อาศัยบนที่ราบสูงจะได้รับรังสีคอสมิกมากกว่าคนที่อาศัยบนที่ราบลุ่มหรือไม่ เพราะเหตุใด
- ถ้ามนุษย์ได้รับรังสีมาก จะมีผลต่อร่างกายอย่างไร



ใบบันทึกกิจกรรมที่ 2

เรื่อง ปริมาณรังสีที่ได้รับในหนึ่งปี

1. เติมข้อมูลปริมาณรังสีที่ท่านได้รับในช่วงหนึ่งปีที่ผ่านมา

องค์ประกอบ	แหล่งกำเนิดรังสี	ปริมาณรังสีที่ได้รับ
1. แหล่งที่อยู่อาศัย	1. รังสีคอสมิกจากอวกาศที่ระดับน้ำทะเล (ทุกความสูง 300 เมตร จะได้รับรังสีเพิ่มขึ้น 0.03 mSv) 2. หินและดิน 3. บ้านที่สร้างด้วยซีเมนต์ หรืออิฐ	
2. สิ่งเข้าสู่ร่างกาย	1. อาหารและน้ำดื่ม 2. สูบบุหรี่	
3. การดำเนินชีวิตประจำวัน	1. โทรศัพท์ 2. จอคอมพิวเตอร์ 3. ฝุ่นกัมมันตรังสีในอากาศ 4. การเดินทางโดยเครื่องบินต่อชั่วโมง	
4. การตรวจรักษาทางการแพทย์	เอกซเรย์ต่อครั้ง เช่น 1. ทรวงอก 2. มือ แขน ขา ฟัน 3. กะโหลกศีรษะ คอ 4. กระดูกเชิงกราน ตะโพก เอกซเรย์คอมพิวเตอร์ต่อครั้ง เช่น 1. ศีรษะ หรือร่างกาย 2. แกสซกรรมรังสี เช่น ไธรอยด์	
รวม		

2. ปริมาณรังสีที่ท่านได้รับในช่วงหนึ่งปีที่ผ่านมามีค่าเท่าใด

.....
.....

แบบตรวจสอบความเข้าใจและสรุปองค์ความรู้
เรื่อง กัมมันตภาพรังสี

เวลา 15 นาที

จงตอบคำถามต่อไปนี้

1. การสลายให้อนุภาคแอลฟา นิวเคลียสใหม่ประจุเปลี่ยนไปอย่างไร

คำตอบ

2. การสลายให้อนุภาคบีตา นิวเคลียสใหม่ประจุเปลี่ยนไปอย่างไร

คำตอบ

3. นิวเคลียสเรเดียม-226 (เลขอะตอม 88) สลายให้นิวเคลียสเรดอน-222 (เลขอะตอม 86) และอนุภาคแอลฟา ก. เขียนสัญลักษณ์ของนิวเคลียสเรเดียมและนิวเคลียสเรดอน ข. เขียนสมการการสลาย

คำตอบ

4. ทริเทียมเป็นไอโซโทปกัมมันตรังสีครึ่งชีวิต 12.5 ปี เมื่อเวลาผ่านไป 25 ปี จะเหลือทริเทียม ร้อยละเท่าใดของปริมาณเดิม

คำตอบ

5. สรุปองค์ความรู้จากการอบรม



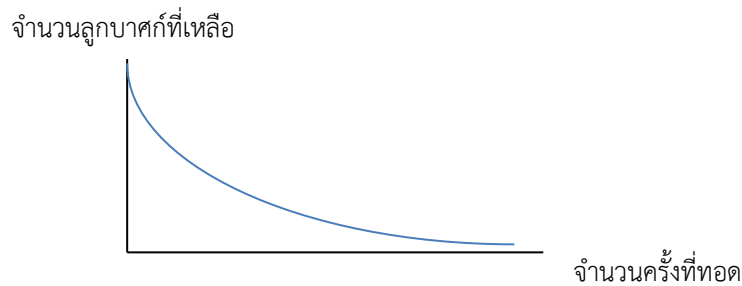
เฉลย ใบบันทึกกิจกรรมที่ 1

เรื่อง สถานการณ์จำลองการสลายกัมมันตรังสี

จากการทำกิจกรรม จงตอบคำถามต่อไปนี้

- เขียนกราฟระหว่างจำนวนครั้งที่ทอดกับจำนวนลูกบาศก์ที่เหลือ ให้จำนวนครั้งที่ทอดอยู่บนแกนนอน และจำนวนลูกบาศก์ที่เหลืออยู่บนแกนยืน (เขียนในกระดาษกราฟ)

แนวคำตอบ กราฟมีลักษณะลดลงแบบเอกซ์โพเนนเชียล



- ข้อมูลที่ได้จากการทำกิจกรรมทั้งสองครั้ง เหมือนหรือต่างกันอย่างไร

แนวคำตอบ แนวโน้มเหมือนกัน จำนวนลูกบาศก์ที่เหลืออยู่จะลดลง เมื่อจำนวนครั้งที่ทอดมากขึ้น

- ปริมาณต่อไปนี้ จำนวนลูกบาศก์เดิม จำนวนครั้งที่ทอด จำนวนลูกบาศก์ที่เหลืออยู่จากการทอดแต่ละครั้ง และจำนวนลูกบาศก์ที่ถูกตัดออก เทียบได้กับปริมาณใดในการสลายของธาตุกัมมันตรังสี

แนวคำตอบ จำนวนลูกบาศก์เดิม เทียบได้กับนิวเคลียสตั้งต้น

จำนวนครั้งที่ทอด เทียบได้กับเวลา

จำนวนลูกบาศก์ที่เหลืออยู่จากการทอดแต่ละครั้ง เทียบได้กับนิวเคลียสที่เหลือ

และจำนวนลูกบาศก์ที่ถูกตัดออก เทียบได้กับนิวเคลียสใหม่หรือนิวเคลียสที่มีการสลาย

- จำนวนครั้งที่ทอดลูกบาศก์แล้วทำให้มีลูกบาศก์เหลือครึ่งหนึ่ง มีค่าประมาณเท่าใด

แนวคำตอบ จากกราฟ จำนวนครั้งที่ทอดลูกบาศก์แล้วทำให้มีลูกบาศก์เหลือครึ่งหนึ่ง มีค่าประมาณ 4

- สรุปผลการทำกิจกรรมได้อย่างไร

แนวคำตอบ ผลการทำกิจกรรมสรุปได้ว่า จำนวนครั้งในการทอดลูกบาศก์เปรียบได้กับเวลาใน

การสลาย ลูกบาศก์ที่ตัดออกเปรียบได้กับนิวเคลียสใหม่ ลูกบาศก์ที่เหลืออยู่เปรียบได้กับนิวเคลียสที่

เหลือจากการสลาย เมื่อจำนวนลูกบาศก์ที่เหลืออยู่เป็นครึ่งหนึ่งของจำนวนลูกบาศก์เดิม จำนวนครั้งที่

ใช้ทอดลูกบาศก์จะเปรียบเทียบกับครึ่งชีวิต ครึ่งชีวิตของการทอดลูกบาศก์จะขึ้นอยู่กับโอกาสใน

การคัดลูกบาศก์ออก

เฉลย ใบบันทึกกิจกรรมที่ 2

เรื่อง ปริมาณรังสีที่ได้รับในหนึ่งปี

1. เติมข้อมูลปริมาณรังสีที่ท่านได้รับในช่วงหนึ่งปีที่ผ่านมา

แนวคำตอบ

ตัวอย่าง ปริมาณรังสีของบุคคลหนึ่งที่ได้รับในช่วงหนึ่งปีที่ผ่านมา

องค์ประกอบ	แหล่งกำเนิดรังสี	ปริมาณรังสีที่ได้รับ
1. แหล่งที่อยู่อาศัย	1. รังสีคอสมิกจากอวกาศที่ระดับน้ำทะเล (ทุกความสูง 300 เมตร จะได้รับรังสีเพิ่มขึ้น 0.03 mSv) [ที่อาศัยอยู่บนที่ราบสูงในภาคเหนือ]	0.26 mSv 0.03 mSv
	2. หินและดิน	0.30 mSv
	3. บ้านที่สร้างด้วยซีเมนต์ หรืออิฐ	0.07 mSv
2. สิ่งที่เข้าสู่ร่างกาย	1. อาหารและน้ำดื่ม 2. สูบบุหรี่ [ไม่สูบบุหรี่]	0.03 mSv -
3. การดำเนินชีวิตประจำวัน	1. โทรศัพท์	0.01 mSv
	2. จอคอมพิวเตอร์	0.01 mSv
	3. ฝุ่นกัมมันตรังสีในอากาศ	0.01 mSv
	4. การเดินทางโดยเครื่องบินต่อชั่วโมง [เดินทาง 20 ชั่วโมง]	0.01 mSv
4. การตรวจรักษาทางการแพทย์	เอกซเรย์ต่อครั้ง เช่น	
	1. ทรวงอก [1 ครั้ง]	0.06 mSv
	2. มือ แขน ขา ฟัน [3 ครั้ง]	0.03 mSv
	3. กะโหลกศีรษะ คอ	-
	4. กระดูกเชิงกราน ตะโพก	-
	เอกซเรย์คอมพิวเตอร์ต่อครั้ง เช่น	
	1. ศีรษะ หรือร่างกาย	-
	2. เกล็ดกระดูกรังสี เช่น ไธรอยด์	-
รวม		0.82 mSv

2. ปริมาณรังสีที่ท่านได้รับในช่วงหนึ่งปีที่ผ่านมามีค่าเท่าใด

แนวคำตอบ ปริมาณรังสีที่ท่านได้รับในช่วงหนึ่งปีที่ผ่านมา มีค่า 0.82 มิลลิซีเวิร์ต



**เฉลย แบบตรวจสอบความเข้าใจและสรุปองค์ความรู้
เรื่อง กัมมันตภาพรังสี**

เวลา 15 นาที [10 คะแนน]

จงตอบคำถามต่อไปนี้

1. การสลายให้อนุภาคแอลฟา นิวเคลียสใหม่จะเปลี่ยนไปอย่างไร

แนวคำตอบ นิวเคลียสใหม่มีประจุลดลง $+2e$ [1]

2. การสลายให้อนุภาคบีตา นิวเคลียสใหม่จะเปลี่ยนไปอย่างไร

แนวคำตอบ นิวเคลียสใหม่มีประจุเพิ่มขึ้น $+1e$ [1]

3. นิวเคลียสเรเดียม-226 (เลขอะตอม 88) สลายให้นิวเคลียสเรดอน-222 (เลขอะตอม 86) และอนุภาคแอลฟา ก. เขียนสัญลักษณ์ของนิวเคลียสเรเดียมและนิวเคลียสเรดอน ข. เขียนสมการการสลาย

แนวคำตอบ ก. ${}_{88}^{226}\text{Ra}$ [1] และ ${}_{86}^{222}\text{Rn}$ [1]

ข. ${}_{88}^{226}\text{Ra} \rightarrow {}_{86}^{222}\text{Rn} + {}_2^4\text{He}$ [1]

4. ทริเทียมเป็นไอโซโทปกัมมันตรังสีมีครึ่งชีวิต 12.5 ปี เมื่อเวลาผ่านไป 25 ปี จะเหลือทริเทียม ร้อยละเท่าใดของปริมาณเดิม

แนวคำตอบ 25 [1]

5. สรุปองค์ความรู้จากการอบรม [4]

แนวคำตอบ

นิวเคลียสที่ไม่เสถียรจะมีการสลายและปล่อยรังสีออกมาทำให้โครงสร้างของนิวเคลียสเปลี่ยนไป กระบวนการนี้ เรียกว่า การสลายกัมมันตรังสี การสลายที่ทำให้เกิดนิวเคลียสของธาตุใหม่มี 2 แบบ ได้แก่ การสลายให้อนุภาคแอลฟาเป็นการเปลี่ยนแปลงของนิวเคลียสกัมมันตรังสีโดยการปล่อยอนุภาคแอลฟา (${}_2^4\text{He}$) มีผลให้เลขอะตอมลดลง 2 และเลขมวลลดลง 4 และการสลายให้อนุภาคบีตาเป็นการเปลี่ยนแปลงของนิวเคลียสกัมมันตรังสีโดยการปล่อยอนุภาคบีตา (${}_{-1}^0\text{e}$) มีผลให้เลขอะตอมเพิ่มขึ้น 1 และเลขมวลไม่เปลี่ยน [2]

ช่วงเวลาที่จำนวนนิวเคลียสกัมมันตรังสีลดลงเหลือครึ่งหนึ่งของจำนวนนิวเคลียสเริ่มต้น เรียกว่า ครึ่งชีวิต การสลายไม่ขึ้นกับความดัน อุณหภูมิหรือการเปลี่ยนแปลงทางเคมี [1]

ในสิ่งแวดล้อมมีรังสีที่ทุกคนได้รับเป็นปริมาณน้อยมาก เรียกว่า รังสีพื้นหลัง ปริมาณรังสีที่บุคคลได้รับ มีหน่วย ซีเวิร์ต แทนด้วย Sv [1]

กัมมันตภาพรังสีมีประโยชน์ในด้านการแพทย์ อุตสาหกรรม การเกษตร โบราณคดีและธรณีวิทยา



เรื่อง การสร้างสื่ออุปกรณ์อย่างง่าย

แผนการอบรม

แผนการอบรมครูฟิสิกส์ ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย สำหรับครูผู้ช่วยหรือครูบรรจุใหม่

เรื่อง การสร้างสื่ออุปกรณ์อย่างง่าย

เวลา 4 ชั่วโมง (ครึ่งละ 2 ชั่วโมง)

จุดประสงค์การเรียนรู้

ออกแบบและสร้างสื่ออุปกรณ์การสอนอย่างง่ายโดยใช้วัสดุที่หาง่ายและราคาถูก

สาระสำคัญ

สื่ออุปกรณ์มีบทบาทสำคัญในการทำให้เกิดความเข้าใจปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์แก่ผู้เรียน ผู้เข้ารับการอบรมจะได้ออกแบบและประดิษฐ์สื่ออุปกรณ์ 2 อย่าง ได้แก่ เส้นสนามแม่เหล็กและมอเตอร์อย่างง่าย โดยใช้วัสดุที่หาง่ายและราคาถูก

ความรู้พื้นฐาน

ทักษะการใช้เครื่องมือ

สื่อการเรียนรู้

1. เอกสารประกอบการอบรม 1: ใบกิจกรรมที่ 1 เรื่อง การสร้างสื่อเส้นสนามแม่เหล็ก
2. เอกสารประกอบการอบรม 2: ใบกิจกรรมที่ 2 เรื่อง การสร้างมอเตอร์อย่างง่าย
3. อุปกรณ์ประกอบกิจกรรม:
 - 3.1 ชุดการสร้างสื่อเส้นสนามไฟฟ้า (ตามรายละเอียดในใบกิจกรรม)
 - 3.2 ชุดการสร้างมอเตอร์อย่างง่าย (ตามรายละเอียดในใบกิจกรรม)

แนวทางการจัดกิจกรรม

กิจกรรม	สื่อ/ เอกสาร	วัดและประเมินผล
1. กิจกรรมนำเข้าสู่การอบรม 1.1 อภิปรายความสำคัญของสื่ออุปกรณ์ที่มีต่อการเรียนการสอน 1.2 ชี้แจงให้ผู้เข้าอบรมทราบว่า กิจกรรมนี้ ประกอบด้วยการสร้างสื่อ 2 ชิ้น ในภาคค่ำ 2 วัน วันแรก การสร้างสื่อเส้นสนามแม่เหล็ก วันที่สอง การสร้างมอเตอร์อย่างง่าย ใช้เวลาครึ่งละ 2 ชั่วโมง		

กิจกรรม	สื่อ/ เอกสาร	วัดและประเมินผล
2. กิจกรรมระหว่างการอบรม วันแรก (ภาคค่ำ) 2.1 ชี้แจงรายละเอียดใบกิจกรรมที่ 1 เรื่อง การสร้างสื่อเส้นสนามแม่เหล็ก และวัสดุที่ใช้ 2.2 ให้ผู้เข้าอบรมทำกิจกรรมเป็นรายบุคคล แล้วนำเสนอสื่อสร้างชิ้น 1 ชิ้น (โดยพิจารณาคัดเลือกกันเองภายในกลุ่ม) วันที่สอง (ภาคค่ำ) 2.1 ชี้แจงรายละเอียดใบกิจกรรมที่ 2 เรื่อง การสร้างมอเตอร์อย่างง่าย และวัสดุที่ใช้ 2.2 ให้ผู้เข้าอบรมทำกิจกรรมเป็นรายบุคคล แล้วนำเสนอสื่อสร้างชิ้น 1 ชิ้น (โดยพิจารณาคัดเลือกกันเองภายในกลุ่ม)	- ใบกิจกรรมที่ 1 เรื่อง การสร้างสื่อเส้นสนามแม่เหล็ก - อุปกรณ์ประกอบกิจกรรม (ข้อ 3.1) - ใบกิจกรรมที่ 2 เรื่อง การสร้างมอเตอร์อย่างง่าย - อุปกรณ์ประกอบกิจกรรม (ข้อ 3.2)	- การมีส่วนร่วมในกิจกรรม - การนำเสนอผลงานกลุ่ม - ชิ้นงาน

การประเมินผล

รายการประเมิน	เกณฑ์การให้คะแนน	เครื่องมือ
1. การมีส่วนร่วมในกิจกรรม (งานกลุ่ม) ประเมินแบบภาพรวม จาก ความสนใจ ความมุ่งมั่น การทำงานร่วมกัน ทักษะ ปฏิบัติ การรับฟังความคิดเห็น การแก้ปัญหา ฯ	คะแนนเต็ม 4 (2 ชิ้น) 4 : ดี 3 : ปานกลาง 2 : พอใช้	การสังเกต การมีส่วนร่วมในกิจกรรม
2. การนำเสนอผลงานกลุ่ม (งานกลุ่ม) ประเมินแบบภาพรวม จาก การนำเสนอสื่อชิ้นที่สมาชิกในกลุ่มพิจารณาคัดเลือก รูปแบบ การนำเสนอ การตอบคำถาม ฯ	คะแนนเต็ม 4 (2 ครั้ง) 4 : ดี 3 : ปานกลาง 2 : พอใช้	การสังเกต การนำเสนอผลงานกลุ่ม

รายการประเมิน	เกณฑ์การให้คะแนน	เครื่องมือ
3. ชิ้นงาน (งานเดี่ยว) ประเมินจากการตรวจ สื่ออุปกรณ์ที่สร้างคนละ 2 ชิ้น	คะแนนเต็ม 8 ชิ้นละ 4 คะแนน 4 : ใช้งานง่าย ตรงตามจุดประสงค์ทุกครั้ง แข็งแรง สวยงาม 3 : ใช้งานได้ตามจุดประสงค์ทุกครั้ง 2 : ใช้งานได้ตามจุดประสงค์บางครั้ง 1 : ใช้งานไม่ได้	การตรวจ ชิ้นงาน
4. การสรุปองค์ความรู้ (งานเดี่ยว)	-	-

เอกสารประกอบแผนการอบรม

ใบกิจกรรมที่ 1

เรื่อง การสร้างสื่อเส้นสนามแม่เหล็ก

จุดประสงค์

ออกแบบสร้างสื่อแสดงเส้นสนามแม่เหล็กของแม่เหล็กแท่งเดี่ยวและสองแท่งที่วางในลักษณะต่าง ๆ กัน

สื่อ-อุปกรณ์

1. แผ่นใส 5 แผ่น
2. กระดาษเทา-ขาว ขนาด A4 5 แผ่น
3. กาวลาเทกซ์ ขนาดความจุ 4 ออนซ์ 1 ขวด
4. แม่เหล็กแท่ง ขนาด 1 เซนติเมตร $\times$ 5 เซนติเมตร 2 อัน
5. ผงเหล็ก 1 ขวด ปิดฝาขวดด้วยผ้าก๊อซ ขนาด 7.5 เซนติเมตร $\times$ 7.5 เซนติเมตร
6. แผ่นโฟม ขนาด A4 หนา 0.5 มิลลิเมตร เจาะช่องขนาดเท่าแม่เหล็กแท่ง 1 แผ่น

วิธีการ

1. ใส่แม่เหล็กแท่งลงในช่องบนแผ่นโฟมที่เจาะไว้
2. วางแผ่นใสทับแผ่นโฟม โรยผงเหล็กให้ทั่ว เคาะเบา ๆ จนเห็นเส้นสนามแม่เหล็ก
3. หากาวลาเทกซ์บนกระดาษเทาขาวให้ทั่ว ทิ้งไว้ให้แห้งหมาด ๆ
4. ประกอบกระดาษเทาขาวด้านที่ทากาวไปบนแผ่นใสตรง ๆ โดยไม่ขยับไปมา แล้วนำสิ่งของหนัก ๆ วางทับด้านบน ทิ้งไว้ให้แห้ง
5. ทำซ้ำ โดยนำแม่เหล็กแท่งสองอันมาวางในลักษณะต่าง ๆ กัน
 - 5.1 ในแนวเส้นตรงเดียวกัน โดยหันขั้วชนิดเดียวกันเข้าหากัน
 - 5.2 ในแนวเส้นตรงเดียวกัน โดยหันขั้วต่างกัน เข้าหากัน
 - 5.3 ในแนวขนานกัน โดยขั้วชนิดเดียวกันชี้ไปทางเดียวกัน
 - 5.4 วางแม่เหล็กขนานกัน โดยหันขั้วต่างชนิดกันชี้ไปทางเดียวกัน

ใบกิจกรรมที่ 2

เรื่อง การสร้างมอเตอร์อย่างง่าย

จุดประสงค์

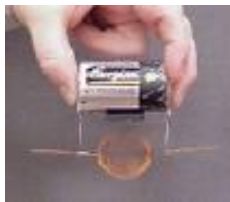
นำความรู้เกี่ยวกับผลของสนามแม่เหล็กที่มีต่อลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่าน มาออกแบบและสร้างมอเตอร์อย่างง่าย

สื่อ-อุปกรณ์

1. แม่เหล็กขั้วข้าง 1 อัน
2. แบตเตอรี่ขนาด C 1.5 V จำนวน 1 ก้อน พร้อมกล่องบรรจุ
3. ลวดอาบนํ้ายาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 0.5 มิลลิเมตร ยาวประมาณ 1 เมตร
4. วัสดุอื่น ๆ เช่น ลวดเสียบกระดาษ คัตเตอร์ หนัวยาง

วิธีการ

ออกแบบและสร้างมอเตอร์อย่างง่าย



ภาพ ตัวอย่างมอเตอร์อย่างง่าย

แบบกรอกคะแนน

แบบกรอกคะแนน การมีส่วนร่วมในกิจกรรม

แบบกรอกคะแนน การนำเสนอผลงาน

แบบกรอกคะแนน ชิ้นงาน

แบบกรอกคะแนน การสรุปองค์ความรู้

แบบกรอกคะแนนรวม



แบบกรอกคะแนน การมีส่วนร่วมในกิจกรรม กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย (ส่วนที่ 3) [ฟิลิกส์]												
เลขที่	ชื่อ - สกุล	รายการประเมิน										
		การมีส่วนร่วมในกิจกรรม 10 แผน (40 คะแนน)										รวม
		การเคลื่อนที่ : การเคลื่อนที่ตรง	การเคลื่อนที่ : การเคลื่อนที่แนวโค้ง	แรง : โน้มถ่วง	ไฟฟ้า แรง	แรงแม่เหล็ก	ไฟฟ้าและแม่เหล็ก	คลื่น : คลื่นผิวน้ำและ องค์ประกอบ	คลื่น : สมบัติของคลื่น	กัมมันตภาพรังสี : กัมมันตภาพรังสี	การรังสีอุปกรณ์	คะแนน
		4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	40
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												

[illegible]



แบบกรอกคะแนน ชิ้นงาน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย (ส่วนที่ 3) [ฟิลิกส์]															
เลขที่	ชื่อ - สกุล	รายการประเมิน													
		ชิ้นงาน : ใบบันทึกกิจกรรม 11 ใบ (ใบละ 2 คะแนน = 22 คะแนน) : สื่ออุปกรณ์ 2 ชิ้น (ชิ้นละ 4 คะแนน = 8 คะแนน)													รวม
		อัตราเร็วเฉลี่ยและอัตราเร็วขณะหนึ่ง	การเคลื่อนที่แบบโปรเจกไทล์	การเคลื่อนที่ของวัตถุที่ตกในสนามโน้มถ่วง	ชนิดของประจุไฟฟ้า	ผลของสนามแม่เหล็กที่มีต่อการเคลื่อนที่ของประจุไฟฟ้า	ผลของสนามแม่เหล็กต่อลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้า	การเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า	องค์ประกอบของคลื่น	สมบัติของคลื่น	สถานการณ์จำลองการสลายกัมมันตรังสี	ปริมาณรังสีที่ได้รับในหนึ่งปี	เส้นสนามแม่เหล็ก	มอเตอร์อย่างง่าย	คะแนน
		2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	4	4	30
1															
2															
3															
4															
5															
6															
7															
8															
9															



แบบกรอกคะแนน การสุ่มองค์ความรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย (ส่วนที่ 3) [ฟิลิกส์]												
เลขที่	ชื่อ - สกุล	รายการประเมิน										
		แบบตรวจสอบความเข้าใจและสุ่มองค์ความรู้ 9 ชุด (10 คะแนน)										รวม
		งระดวณที่น้อยคระบ	งระดวณที่น้อยคระบ	งระดวณที่น้อยคระบ	งระดวณที่น้อยคระบ	งระดวณที่น้อยคระบ	งระดวณที่น้อยคระบ	งระดวณที่น้อยคระบ	งระดวณที่น้อยคระบ	งระดวณที่น้อยคระบ	งระดวณที่น้อยคระบ	คะแนน
		10	10	12	10	12	12	12	12	10	100	10
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												

[illegible]

รายการอุปกรณ์

และ

วัสดุสิ้นเปลือง

รายการอุปกรณ์และวัสดุสิ้นเปลือง รายวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน (ฟิลิกส์)

1. การจัดการเรียนรู้ เรื่อง การเคลื่อนที่

รายการอุปกรณ์	จำนวนต่อกลุ่ม	จำนวนรวม
1. หม้อแปลงโวลต์ต่ำ	1 เครื่อง	6 เครื่อง
2. เครื่องเคาะสัญญาณเวลา	1 เครื่อง	6 เครื่อง
3. รถทดลอง	1 คัน	6 คัน
4. สายไฟดำแดงพร้อมปากคีบยาว 30 เซนติเมตร	2 เส้น	12 เส้น
5. ชุดการเคลื่อนที่แนวโค้ง (แป้นไม้ รางโลหะ ลูกกลมโลหะและที่กั้น)	1 ชุด	6 ชุด

รายการวัสดุสิ้นเปลือง	จำนวนต่อกลุ่ม	จำนวนรวม
1. แถบกระดาษ	1 ม้วน	6 ม้วน
2. กระดาษกราฟ	5 แผ่น	1 เล่ม
3. กระดาษคาร์บอน	1 แผ่น	5 แผ่น

2. การจัดการเรียนรู้ เรื่อง แรง

รายการอุปกรณ์	จำนวนต่อกลุ่ม	จำนวนรวม
1. ถูทราย 500 กรัม	3 ถู	18 ถู
2. ขวดพลาสติกฝาโด้งนูน เส้นผ่านศูนย์กลาง 2-3 เซนติเมตร	1 ใบ	6 ใบ
3. ไม้บรรทัดพลาสติก 15 เซนติเมตร	1 อัน	6 อัน
4. แท่งแก้วคนสาร	1 อัน	6 อัน
5. แม่เหล็กแท่ง	3 แท่ง	สาธิต
6. ขาดังพร้อมที่จับหลอดทดลอง	3 ชุด	สาธิต
7. หลอดรังสีแคโทด	1 หลอด	สาธิต
8. แหล่งจ่ายไฟตรงโวลต์สูง (ขดลวดเหนี่ยวนำจากชุดทดลองสเปกตรัม)	1 เครื่อง	สาธิต
9. สายไฟดำแดงปลายปากคีบ-ปลั๊กเสียบ ยาว 50 เซนติเมตร	2 เส้น	สาธิต
10. แม่เหล็กขั้วข้าง	1 อัน	สาธิต
11. แผ่นเหล็กรูปตัวยูที่มีแม่เหล็กขั้วข้างติดด้านใน	1 ชุด	6 ชุด
12. ลวดอะลูมิเนียม เส้นผ่านศูนย์กลาง 1 มิลลิเมตร ยาว 8-10 เซนติเมตร	1 อัน	6 อัน
13. กล่องแบตเตอรี่ขนาด D 2 ก้อน	1 ชุด	6 ชุด
14. แอมมิเตอร์ (ตั้งสเกลวัดที่ 0-2 มิลลิแอมป์)	1 เครื่อง	6 เครื่อง
15. แม่เหล็กแท่ง เส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เซนติเมตร ยาว 8 เซนติเมตร	1 อัน	6 อัน



รายการวัสดุสิ้นเปลือง	จำนวนต่อกลุ่ม	จำนวนรวม
1. แถบกระดาษ (ใช้ร่วมกับข้างต้น)	-	-
2. กระดาษกราฟ (ใช้ร่วมกับข้างต้น)	-	-
3. กระดาษเยื่อ (ทิชชู)	1 ม้วน	3 ม้วน
4. ลวดเสียบกระดาษ	2 ตัว	1 กล่อง
5. แบตเตอรี่ขนาด D 1.5 V	2 ก้อน	1 โหล

3. การจัดการเรียนรู้ เรื่อง คลื่น

รายการอุปกรณ์	จำนวนต่อกลุ่ม	จำนวนรวม
1. ขดลวดสปริง	1 ชุด	6 ชุด
2. ถาดคลื่น	1 ชุด	6 ชุด
3. สโตรโบสโกป	1 ชุด	6 ชุด
4. กล่องคลื่น	1 ชุด	สาธิต

4. การจัดการเรียนรู้ เรื่อง กัมมันตภาพรังสี

รายการอุปกรณ์	จำนวนต่อกลุ่ม	จำนวนรวม
ลูกบาศก์ที่มีแต้มสีหนึ่งหน้า 40 ลูก พร้อมกล่องใส่	1 ชุด	6 ชุด

รายการวัสดุสำหรับการสร้างสื่ออุปกรณ์อย่างง่าย

รายการวัสดุ	จำนวนต่อกลุ่ม	จำนวนรวม
วัสดุสำหรับการสร้าง “เส้นสนามแม่เหล็ก”		
1. แผ่นใส	20 แผ่น	100 แผ่น
2. กระดาษเทา-ขาว ขนาด A4	20 แผ่น	100 แผ่น
3. กาวลาเทกซ์ ขนาดความจุ 4 ออนซ์	1 ขวด	6 ขวด
4. แผ่นโฟม ขนาด A4 หนา 0.5 มิลลิเมตร	5 แผ่น	20 แผ่น
5. ผ้าก๊อสน์ ขนาด 7.5 เซนติเมตร × 7.5 เซนติเมตร	1 ซอง	6 ซอง
6. ผงเหล็ก	1 ขวด	6 ขวด
7. แม่เหล็กแท่ง ยาว 5 เซนติเมตร	2 อัน	12 อัน
วัสดุสำหรับการสร้าง “มอเตอร์อย่างง่าย”		
1. แบตเตอรี่ขนาด D 1.5 V	1 ก้อน	2 โหล
2. กล่องบรรจุแบตเตอรี่ขนาด D 1 ก้อน	1 กล่อง	20 กล่อง
3. แม่เหล็กขั้วข้าง รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า	1 อัน	20 อัน
4. ลวดอาบนํ้าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 มิลลิเมตร ยาว 1 เมตร	1 เส้น	20 เส้น

ชุดเครื่องมือ และอุปกรณ์อื่น ๆ ประกอบด้วย

- | | |
|----------------------------|--------|
| 1. คัตเตอร์ | 5 อัน |
| 2. กรรไกร | 5 อัน |
| 3. คีมตัด (ขนาดเล็ก) | 5 อัน |
| 4. คีมปากจิ้งจก (ขนาดเล็ก) | 5 อัน |
| 5. แผ่นยางรองตัด (ขนาด A4) | 5 แผ่น |
| 6. ยางลบ | 1 โหล |
| 7. ดินสอ | 2 โหล |
| 8. เทปใส | 5 ม้วน |

คำชี้แจงและแนวทางปฏิบัติสำหรับวิทยากร

1. การจัดการเรียนรู้ทั้งหมด 5 เรื่อง ได้แก่ การเคลื่อนที่ แรง คลื่น กัมมันตภาพรังสีและการสร้างสื่อกิจกรรมอย่างง่าย แต่ละเรื่องมีแผนการอบรม 1-4 แผน รวมทั้งหมด 10 แผน แต่ละแผนมีกิจกรรม 1-2 กิจกรรมรวมทั้งหมด 13 กิจกรรม ดังนี้
 - 1.1 การจัดการเรียนรู้ เรื่อง การเคลื่อนที่ ประกอบด้วยแผนการอบรม 2 แผน
 - แผนการอบรม 1 เรื่อง การเคลื่อนที่แนวตรง [1 กิจกรรม]
 - แผนการอบรม 2 เรื่อง การเคลื่อนที่แนวโค้ง [1 กิจกรรม]
 - 1.2 การจัดการเรียนรู้ เรื่อง แรง ประกอบด้วยแผนการอบรม 4 แผน
 - แผนการอบรม 3 เรื่อง แรงโน้มถ่วง [1 กิจกรรม]
 - แผนการอบรม 4 เรื่อง แรงไฟฟ้า [1 กิจกรรม]
 - แผนการอบรม 5 เรื่อง แรงแม่เหล็ก [1 กิจกรรม]
 - แผนการอบรม 6 เรื่อง ไฟฟ้าและแม่เหล็ก [2 กิจกรรม]
 - 1.3 การจัดการเรียนรู้ เรื่อง คลื่น ประกอบด้วยแผนการอบรม 2 แผน
 - แผนการอบรม 7 เรื่อง คลื่นผิวน้ำและองค์ประกอบ [1 กิจกรรม]
 - แผนการอบรม 8 เรื่อง สมบัติของคลื่น [1 กิจกรรม]
 - 1.4 การจัดการเรียนรู้ เรื่อง กัมมันตภาพรังสี ประกอบด้วยแผนการอบรม 1 แผน
 - แผนการอบรม 9 เรื่อง กัมมันตภาพรังสี [2 กิจกรรม]
 - 1.5 การจัดการเรียนรู้ เรื่อง การสร้างสื่อกิจกรรมอย่างง่าย ประกอบด้วยแผนการอบรม 1 แผน
 - แผนการอบรม 10 เรื่อง การสร้างสื่อกิจกรรมอย่างง่าย (อยู่ในภาคคำ 2 วัน) [2 กิจกรรม]

แต่ละแผนใช้เวลา 1 – 3 ชั่วโมง วิทยากรสามารถปรับลดเพิ่มได้ตามความเหมาะสม

ในแต่ละแผนการอบรม มีใบความรู้ ใบกิจกรรม ใบบันทึกกิจกรรม (ใบงาน) และแบบตรวจสอบความเข้าใจและสรุปองค์ความรู้ หลังการอบรมแต่ละแผน ผู้เข้ารับการอบรมต้องทำและส่งใบบันทึกกิจกรรม และแบบตรวจสอบความเข้าใจและสรุปองค์ความรู้ ให้วิทยากรเพื่อนำไปประเมินต่อไป
2. เอกสารสำหรับผู้เข้ารับการอบรม ประกอบด้วย
 - 2.1 ใบความรู้
 - 2.2 ใบกิจกรรม
 - 2.3 ใบบันทึกกิจกรรม (ใบงาน)
 - 2.4 แบบตรวจสอบความเข้าใจและสรุปองค์ความรู้
3. เอกสารสำหรับวิทยากร ประกอบด้วย
 - 3.1 แผนการอบรม 10 แผน และเอกสารสำหรับผู้เข้ารับการอบรม (2.1-2.4)
 - 3.2 เฉลย ใบบันทึกกิจกรรม



- 3.3 เฉลย แบบตรวจสอบความเข้าใจและสรุปองค์ความรู้
- 3.4 แบบกรอกคะแนน การมีส่วนร่วมในกิจกรรม
- 3.5 แบบกรอกคะแนน การนำเสนอผลงาน
- 3.6 แบบกรอกคะแนน ชิ้นงาน
- 3.7 แบบกรอกคะแนน การสรุปองค์ความรู้
- 3.8 แบบกรอกคะแนนรวม
4. วิทยากรชี้แจงผู้เข้ารับการอบรมเกี่ยวกับตารางการอบรม (วันที่ 3-5 ของการอบรม) แผนการอบรมตามที่กล่าวในข้อ 1
5. วิทยากรชี้แจงผู้เข้ารับการอบรมเกี่ยวกับบทบาทและหน้าที่ของผู้เข้ารับการอบรม ได้แก่
 - การมีส่วนร่วมในกิจกรรม (งานกลุ่ม)
 - การเตรียมและนำเสนอผลงาน (งานกลุ่ม)
 - การรายงานการทำกิจกรรม (ใบกิจกรรม)
 - การรายงานการสร้างสื่ออุปกรณ์อย่างง่าย (เส้นสนามแม่เหล็ก มอเตอร์อย่างง่าย)
 - การทำและส่งชิ้นงาน (งานเดี่ยว)
 - ใบบันทึกกิจกรรม
 - แบบตรวจสอบความเข้าใจและสรุปองค์ความรู้
 - สื่ออุปกรณ์อย่างง่าย (เส้นสนามแม่เหล็ก มอเตอร์อย่างง่าย ประเมินเสร็จแล้วให้ผู้เข้าอบรมนำกลับ)
6. ให้แบ่งผู้เข้ารับการอบรมเป็นกลุ่ม กลุ่มละไม่เกิน 3 คน เมื่อทำกิจกรรมเสร็จแล้วให้ออกมารายงานเพียง 1 กลุ่ม โดยการจับสลากหรือสมัครใจ แต่ละกลุ่มรายงาน 1 ครั้ง แต่ให้ทุกคนส่งใบบันทึกกิจกรรม
7. ในแนวทางการจัดกิจกรรม ขั้นตอน 3. (กิจกรรมหลังการอบรม) ของทุกแผนจะมี “การตรวจสอบความเข้าใจและการสรุปองค์ความรู้” ให้ผู้เข้ารับการอบรมทำแบบตรวจสอบความเข้าใจและสรุปองค์ความรู้โดยเขียนตอบสั้น ๆ และเขียนสิ่งที่ได้เรียนรู้ (การสรุปองค์ความรู้) ใช้เวลาประมาณ 15-20 นาที
8. วิทยากรชี้แจงผู้เข้ารับการอบรม เกี่ยวกับการประเมินซึ่งมี 4 ด้าน ได้แก่
 1. การมีส่วนร่วมในกิจกรรม (งานกลุ่ม) ให้ประเมินแบบภาพรวมจากความสนใจ ความมุ่งมั่น การอภิปรายและรับฟังความคิดเห็น การทำงานร่วมกัน ทักษะปฏิบัติ การแก้ปัญหา ฯ
 2. การนำเสนอผลงาน (งานกลุ่ม) ให้ประเมินแบบภาพรวมจากการรายงานผลการทำกิจกรรมเป็นงานกลุ่ม แต่ละแผนเสนอเพียง 1 กลุ่ม และการรายงานการสร้างสื่ออุปกรณ์อย่างง่าย (เส้นสนามแม่เหล็ก มอเตอร์อย่างง่าย)
 3. ชิ้นงาน (งานเดี่ยว) ประเมินจากใบบันทึกกิจกรรม ผู้เข้ารับการอบรมทำกิจกรรมกลุ่มร่วมกัน โดยแต่ละคนต้องเขียนใบบันทึกกิจกรรมของตนเอง

4. การสรุปองค์ความรู้ (งานเดี่ยว) ประเมินจากการตรวจแบบตรวจสอบความเข้าใจและสรุปองค์ความรู้
ในระหว่างการอบรม วิทยากรต้องสังเกตการมีส่วนร่วมในกิจกรรมของแต่ละคน กรอกผลลงใน
แบบกรอกคะแนนการมีส่วนร่วม และสังเกตการนำเสนอผลงานกลุ่ม กรอกผลลงในแบบกรอก
คะแนน การนำเสนอผลงาน หลังการอบรม วิทยากรตรวจชิ้นงาน (ใบบันทึกกิจกรรมและสื่อ
อุปกรณ์) กรอกผลลงในแบบกรอกคะแนนชิ้นงาน และตรวจแบบตรวจสอบความเข้าใจและ
สรุปองค์ความรู้ กรอกผลลงในแบบกรอกคะแนนการสรุปองค์ความรู้ จากนั้นกรอกลงในแบบ
กรอกคะแนนรวม
9. ศึกษาความเข้าใจคลาดเคลื่อน โดยขณะอบรม อาจต้องเน้นให้เกิดความเข้าใจที่ถูกต้อง
10. หลังการรายงานกลุ่ม (การทำกิจกรรมต่าง ๆ) ถ้าวิทยากรเห็นว่าทักษะปฏิบัติของผู้เข้ารับการอบรมยัง
ไม่สมบูรณ์ หรือมีประเด็นที่ต้องเพิ่มเติม วิทยากรควรให้ข้อเสนอแนะ/ เทคนิค/ วิธีการที่ถูกต้อง เหมาะสม

รายชื่อคณะเรียบเรียงเนื้อหา
วิชาฟิสิกส์ ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 การออกแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

ที่	ชื่อ - สกุล	โรงเรียน/สังกัด
1	นายบุญชัย ตันไธสง	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
2	นางกิ่งแก้ว คูอมรพัฒนะ	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
3	นายราม ติวารี	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
4	นายรังสรรค์ ศรีสาคร	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
5	นายโชคชัย อัครวินชัย	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
6	นางสาวทิพย์วรรณ สุดปฐม	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
7	นางสาวรัชนิกร กลิ่นหอมหวล	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
8	นางสาวกชพร วงศ์สว่างศิริ	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
9	นายวิสูตร ปฐมโรจนฤทธิ์	สถาบันพัฒนาครู คณาจารย์และบุคลากรทางการศึกษา



คณะกรรมการโครงการ

โครงการพัฒนาชุดการอบรมครูผู้ช่วยหรือครูบรรจุใหม่ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ระดับประถมศึกษาถึงระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่เน้นกระบวนการคิดวิเคราะห์แก้ปัญหา

1. ผู้อำนวยการ สสวท. (นางพรพรรณ ไวย่างกูร)	ที่ปรึกษา
2. ผู้อำนวยการ สคบศ. (นางสาวนฤมล ไทยวิรัช)	ที่ปรึกษา
3. นางดวงสมร คล่องสารา	ประธานกรรมการ
4. นางกัญณัฐ สวัสดิ์สว่าง	รองประธานกรรมการ
5. นายดุสิต สังข์ร่วมใจ	กรรมการ
6. นายประสงค์ เมธิพิณตกุล	กรรมการ
7. นางชมัยพร ตั้งตน	กรรมการ
8. นายราม ติวารี	กรรมการ
9. นางสาวสุพรรณิชา ชาญประเสริฐ	กรรมการ
10. นางสาววนิดา ธนประโยชน์ศักดิ์	กรรมการ
11. นายสุพจน์ วุฒิโสภณ	กรรมการ
12. นางเบญจวรรณ ศรีเจริญ	กรรมการ
13. นางสาวกุศลีน มุสิกกุล	กรรมการ
14. นายสมเกียรติ เพ็ญทอง	กรรมการ
15. นายวัฒน วัฒนากุล	กรรมการ
16. นายวิสูตร ปฐมโรจนฤทธิ์	กรรมการ
17. นางสาวสร้อยดี มุสิกบุตร	กรรมการ
18. นางจิรัฐ อนุเชิงชัย	กรรมการ
19. นางสาวสุนทรี ไกรกาบแก้ว	กรรมการ
20. นายโชคชัย อัครวินชัย	กรรมการ
21. นางสาวทิพย์วรรณ สุดปฐม	กรรมการ
22. นางสาวโคจิวัจน์ เสริฐศรี	กรรมการและเลขานุการ
23. นางสาวนิอร ภูรัตน์	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
24. นางสาวรัชนีกร กลิ่นหอมหวล	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
25. นางสาวกชพร วงศ์สว่างศิริ	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
26. นางสาวยุริย์ พันทวีศักดิ์	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

