

แผนจัดการเรียนรู้

รายวิชาฟิสิกส์ 4

รหัสวิชา ว30204

ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5



นางชนิษฐา วีรรณศิลป์

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

หลักสูตรแกนกลาง การศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

วิสัยทัศน์

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มุ่งพัฒนาผู้เรียนทุกคน ซึ่งเป็นกำลังของชาติให้เป็นมนุษย์ที่มีความสมดุลทั้งด้านร่างกาย ความรู้ คุณธรรม มีจิตสำนึกในความเป็นพลเมืองไทยและเป็นพลโลก ยึดมั่นในการปกครองตามระบอบประชาธิปไตยอันมีพระมหากษัตริย์ทรงเป็นประมุข มีความรู้และทักษะพื้นฐาน รวมทั้ง เจตคติ ที่จำเป็นต่อการเรียนต่อ การประกอบอาชีพและการศึกษาตลอดชีวิต โดยมุ่งเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญบนพื้นฐานความเชื่อว่า ทุกคนสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้เต็มตามศักยภาพ

จุดหมาย

1. มีคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยมที่พึงประสงค์ เห็นคุณค่าของตนเอง มีวินัยและปฏิบัติตนตามหลักธรรมของพระพุทธศาสนา หรือศาสนาที่ตนนับถือ ยึดหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง
2. มีความรู้อันเป็นสากลและมีความสามารถในการสื่อสาร การคิด การแก้ปัญหา การใช้เทคโนโลยีและมีทักษะชีวิต
3. มีสุขภาพกายและสุขภาพจิตที่ดี มีสุขนิสัย และรักการออกกำลังกาย
4. มีความรักชาติ มีจิตสำนึกในความเป็นพลเมืองไทยและพลโลก ยึดมั่นในวิถีชีวิตและ การปกครองในระบอบประชาธิปไตยอันมีพระมหากษัตริย์ทรงเป็นประมุข
5. มีจิตสำนึกในการอนุรักษ์วัฒนธรรมและภูมิปัญญาไทย การอนุรักษ์และพัฒนาสิ่งแวดล้อม มีจิตสาธารณะที่มุ่งทำประโยชน์และสร้างสิ่งที่ดีงามในสังคม และอยู่ร่วมกันในสังคมอย่างมีความสุข

สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

1. ความสามารถในการสื่อสาร
2. ความสามารถในการคิด
3. ความสามารถในการแก้ปัญหา
4. ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต
5. ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี

คุณลักษณะอันพึงประสงค์

1. รักชาติ ศาสน์ กษัตริย์
2. ซื่อสัตย์สุจริต
3. มีวินัย
4. ใฝ่เรียนรู้

5. อยู่อย่างพอเพียง
6. มุ่งมั่นในการทำงาน
7. รักความเป็นไทย
8. มีจิตสาธารณะ

สาระและมาตรฐานการเรียนรู้

รหัสวิชา ว 30203 วิชา ฟิสิกส์พื้นฐานเพิ่มเติม 3 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
ระดับชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 1 เวลาเรียน 80 ชั่วโมง จำนวน 2.0 หน่วยกิต

สาระที่ 5 พลังงาน

มาตรฐาน ว 5.1 เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกับการดำรงชีวิต การเปลี่ยนรูปพลังงาน
ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสารและพลังงาน ผลของการใช้พลังงานต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม
มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 8 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มาตรฐาน ว 8.1 ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้
การแก้ปัญหา รู้ว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอน
สามารถอธิบายและตรวจสอบได้ ภายใต้อข้อมูลและเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้นๆ
เข้าใจว่า วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อม มีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

ประจุไฟฟ้าและกฎการอนุรักษ์ประจุไฟฟ้า

เวลา 5 ชั่วโมง

1. ผลการเรียนรู้

ทดลอง และอธิบายการทำวัตถุที่เป็นกลางทางไฟฟ้าให้มีประจุไฟฟ้าโดยการขัดสีกันและการเหนี่ยวนำไฟฟ้าสถิต

2. จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติของไฟฟ้า ประจุไฟฟ้า และกฎการอนุรักษ์ประจุไฟฟ้าได้ (K)
2. ปฏิบัติกิจกรรมชนิดของแรงระหว่างประจุและชนิดของประจุไฟฟ้าได้อย่างถูกต้องและเป็นลำดับขั้นตอน (P)
3. มีความใฝ่เรียนรู้และให้ความร่วมมือในการทำกิจกรรมกลุ่ม (A)

3. สารการเรียนรู้

สารการเรียนรู้เพิ่มเติม	สารการเรียนรู้ท้องถิ่น
การนำวัตถุที่เป็นกลางทางไฟฟ้ามาขัดสีกันจะทำให้วัตถุไม่เป็นกลางทางไฟฟ้า เนื่องจากอิเล็กตรอนถูกถ่ายโอนจากวัตถุหนึ่งไปอีковัตถุหนึ่งโดยการถ่ายโอนประจุเป็นไปตาม กฎการอนุรักษ์ประจุไฟฟ้า	พิจารณาตามหลักสูตรของสถานศึกษา

4. สารสำคัญ/ความคิดรวบยอด

ปรากฏการณ์ที่เกิดจากประจุไฟฟ้าซึ่งสะสมอยู่ในบริเวณหนึ่ง แล้วเกิดการถ่ายโอนหรือการเคลื่อนที่ของประจุไฟฟ้าบริเวณนั้นไปยังอีกบริเวณหนึ่งในช่วงเวลาสั้น ๆ เรียกปรากฏการณ์นั้นว่า ปรากฏการณ์ไฟฟ้าสถิต ส่วนประจุไฟฟ้ามี 2 ชนิด ได้แก่ ประจุบวกและประจุลบ โดยประจุชนิดเดียวกันจะผลักรันและประจุต่างชนิดกันจะดูดซึ่งกันและกัน

กฎการอนุรักษ์ประจุไฟฟ้า กล่าวว่า การทำให้วัตถุที่มีประจุไฟฟ้าไม่ได้เป็นการสร้างประจุไฟฟ้าขึ้นมาใหม่ แต่เป็นการถ่ายโอนประจุไฟฟ้าจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่ง โดยที่ผลรวมของปริมาณประจุทั้งหมดของระบบจะมีค่าคงเดิมเสมอ

5. สมรรถนะสำคัญของผู้เรียนและคุณลักษณะอันพึงประสงค์

สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน	คุณลักษณะอันพึงประสงค์
1. ความสามารถในการสื่อสาร 2. ความสามารถในการคิด 1) ทักษะการสังเกต 2) ทักษะการทดลอง 3) ทักษะการสื่อสาร 4) ทักษะการวิเคราะห์ 5) ทักษะการทำงานร่วมกัน 6) ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป 3. ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต 4. ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี	1. มีวินัย รับผิดชอบ 2. ใฝ่เรียนรู้ 3. ซื่อสัตย์ สุจริต 4. มุ่งมั่นในการทำงาน

6. กิจกรรมการเรียนรู้



แนวคิด/รูปแบบการสอน/วิธีการสอน/เทคนิค : แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es Instructional Model)

ชั่วโมงที่ 1

ขั้นนำ

ขั้นที่ 1 กระตุ้นความสนใจ (Engage)

- ครูแจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้ให้นักเรียนทราบ จากนั้นครูให้นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียนของหน่วยการเรียนรู้ที่ 6 ไฟฟ้าสถิต เพื่อตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียนเป็นรายบุคคลก่อนเข้าสู่กิจกรรม
- ครูถามคำถามกระตุ้นความสนใจของนักเรียนโดยใช้คำถาม Big Question จากหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 ไฟฟ้าสถิต และร่วมกันอภิปรายแสดงความคิดเห็นอย่างอิสระโดยไม่มีการเฉลยว่าถูกหรือผิด ดังนี้
 - ฟ้าผ่าเกิดขึ้นได้อย่างไร
(แนวตอบ : เกิดจากการถ่ายเทประจุไฟฟ้าจำนวนมากจากพื้นที่หนึ่งไปอีกพื้นที่หนึ่งอย่างรวดเร็ว เช่น การถ่ายเทประจุไฟฟ้าจากก้อนเมฆลงมายังพื้นดิน)
 - เส้นสนามไฟฟ้ามีอยู่จริงหรือไม่
(แนวตอบ : มีอยู่จริงแต่ไม่สามารถเห็นได้ด้วยตาเปล่า)

- เครื่องถ่ายเอกสารทำงานได้อย่างไร

(แนวตอบ : ทำผงหมึกให้มีประจุเป็นลบ เพื่อให้ติดกับแผ่นฟิล์มเฉพาะบริเวณที่มีประจุเป็นบวกซึ่งจะได้ลายเส้นเหมือนต้นฉบับ จากนั้นกดแผ่นกระดาษที่มีประจุบวกลงบนฟิล์มที่มีผงหมึกก็จะได้ภาพสำเนาที่เหมือนต้นฉบับ)

3. นักเรียนตรวจสอบความเข้าใจของตนเองจากกรอบ Understanding Check ในหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 ไฟฟ้าสถิต โดยบันทึกลงในสมุดประจำตัวนักเรียน
 4. ครูถามคำถาม Prior Knowledge จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 ไฟฟ้าสถิต เพื่อเป็นการนำเข้าสู่บทเรียนว่า “ปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดจากประจุไฟฟ้ามีอะไรบ้าง” จากนั้นครูกล่าวเชื่อมโยงเข้าสู่กิจกรรมการเรียนรู้การสอน
- (แนวตอบ : ขึ้นอยู่กับดุลยพินิจของผู้สอน เช่น ฟผ่าแลบ ฟผ่าผ่า การหิวผมที่แห้งด้วยหวีพลาสติกแล้วมีเส้นผมชี้ขึ้นตามหวี)

ขั้นสอน

ขั้นที่ 2 สำรวจค้นหา (Explore)

1. ครูนำอุปกรณ์สาธิตการทดลอง เช่น ลูกโป่ง และกระดาษชิ้นเล็ก ๆ จากนั้นครูขออาสาสมัครนักเรียนจำนวน 1-2 คน ออกมาหน้าชั้นเรียน โดยให้นักเรียนเป่าลูกโป่งแล้วนำลูกโป่งไปที่ศีรษะหลาย ๆ ครั้ง แล้วนำลูกโป่งไปไว้ใกล้ ๆ กับกระดาษชิ้นเล็ก ๆ
 2. ครูให้นักเรียนแต่ละคนสังเกตกระดาษชิ้นเล็ก ๆ ว่ามีการเปลี่ยนแปลงอย่างไรเมื่อนำลูกโป่งไปไว้ใกล้ จากนั้นนักเรียนแต่ละคนร่วมกันอภิปรายแสดงความคิดเห็นอย่างอิสระโดยไม่มีการเฉลยว่าถูกหรือผิด
 3. นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 4-5 คน ตามความสมัครใจ จากนั้นให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันศึกษาค้นคว้าข้อมูลเกี่ยวกับ เรื่อง ปรากฏการณ์ธรรมชาติของไฟฟ้า จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 ไฟฟ้าสถิต หรือแหล่งการเรียนรู้ต่าง ๆ เช่น อินเทอร์เน็ต ห้องสมุด
 4. ครูแจกกระดาษฟลิปชาร์ตให้นักเรียนกลุ่มละ 1 แผ่น จากนั้นให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายระดมความคิดเห็นกันภายในกลุ่ม แล้วนำข้อมูลที่ได้จากการอภิปราย มาจัดทำในรูปแบบต่าง ๆ เช่น แผนผังมโนทัศน์ ลงในกระดาษฟลิปชาร์ต
- (หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม)
5. นักเรียนแต่ละกลุ่มออกมานำเสนอผลการศึกษาค้นคว้าหน้าชั้นเรียน ในระหว่างที่นักเรียนนำเสนอ ครูอาจเสนอแนะหรือแทรกข้อมูลเพิ่มเติมในเรื่องนั้น ๆ เพื่อให้นักเรียนมีความเข้าใจที่ถูกต้องมากยิ่งขึ้น
- (หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบประเมินการนำเสนอผลงาน)

6. ครูตั้งประเด็นคำถามกระตุ้นความคิดนักเรียนว่า “ปรากฏการณ์ไฟฟ้าสถิต สามารถแบ่งได้กี่ลักษณะ อะไรบ้าง” โดยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายแสดงความคิดเห็นเพื่อคำตอบ
(แนวตอบ : แบ่งได้ 3 ลักษณะ ได้แก่ การดึงดูด การผลัก และการเกิดประกายไฟฟ้า)

ชั่วโมงที่ 2

ขั้นสอน

ขั้นที่ 2 สำรวจค้นหา (Explore)

7. ครูถามคำถาม Prior Knowledge จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 ไฟฟ้าสถิต เพื่อเป็นการนำเข้าสู่บทเรียนว่า “เพราะเหตุใดเมื่อถูท่อนพีวีซีด้วยผ้าสักหลาดแล้วท่อนพีวีซีจึงดูดกระดาษชิ้นเล็ก ๆ ได้” โดยให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายแสดงความคิดเห็นอย่างอิสระโดยไม่มีการเฉลยว่าถูกหรือผิด
(แนวตอบ : การถูกันทำให้เกิดการเสียดสีกันระหว่างผิวของวัตถุทั้งสอง อิเล็กตรอนในวัตถุหนึ่งถูกกระตุ้นให้ลั่นเร็วขึ้นและแรงขึ้นจนหลุดพ้นจากการยึดเหนี่ยวของนิวเคลียส และเคลื่อนย้ายไปสู่วัตถุหนึ่ง ทำให้เกิดการถ่ายโอนประจุระหว่างวัตถุทั้งสอง)
8. นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 3 คน ตามความสมัครใจ จากนั้นให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันศึกษาค้นคว้า ข้อมูลเกี่ยวกับ เรื่อง ประจุไฟฟ้า จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 ไฟฟ้าสถิต หรือแหล่งการเรียนรู้ต่าง ๆ เช่น อินเทอร์เน็ต ห้องสมุด
9. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายเรื่องที่ได้ศึกษา จากนั้นให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันสรุปความรู้ที่ได้จากการศึกษาค้นคว้าลงในสมุดประจำตัวนักเรียน
(หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม)
10. นักเรียนนับจำนวน 1-6 วันไปเรื่อย ๆ จนครบทุกคน เพื่อแบ่งกลุ่มนักเรียนออกเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 6 คน โดยคนที่นับจำนวนเดียวกันให้อยู่กลุ่มเดียวกัน จากนั้นครูแจ้งจุดประสงค์ของกิจกรรม ชนิดของแรงระหว่างประจุและชนิดของประจุไฟฟ้า ให้นักเรียนทราบเพื่อเป็นแนวทางการปฏิบัติ กิจกรรมที่ถูกต้อง
11. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันศึกษากิจกรรม ชนิดของแรงระหว่างประจุและชนิดของประจุไฟฟ้า จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 ไฟฟ้าสถิต โดยครูใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบร่วมมือมาจัดการกระบวนการเรียนรู้ โดยกำหนดให้สมาชิกแต่ละคน ภายในกลุ่มมีบทบาทหน้าที่ของตนเอง ดังนี้
 - สมาชิกคนที่ 1-2 ทำหน้าที่ เตรียมวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการปฏิบัติกิจกรรมชนิดของแรงระหว่างประจุและชนิดของประจุไฟฟ้า
 - สมาชิกคนที่ 3-4 ทำหน้าที่ อ่านวิธีปฏิบัติกิจกรรม และนำมาอธิบายให้สมาชิกในกลุ่มฟัง

- สมาชิกคนที่ 5-6 ทำหน้าที่ บันทึกผลการปฏิบัติกิจกรรมลงในสมุดประจำตัวนักเรียน

(หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบประเมินการปฏิบัติกิจกรรม)

12. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันปฏิบัติกิจกรรมตามขั้นตอน จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 ไฟฟ้าสถิต
13. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันแลกเปลี่ยนความรู้และวิเคราะห์ผลการปฏิบัติกิจกรรม แล้วอภิปรายผลร่วมกัน

ชั่วโมงที่ 3

ขั้นสอน

ขั้นที่ 2 สำรวจค้นหา (Explore)

14. นักเรียนแต่ละกลุ่มออกมานำเสนอผลการปฏิบัติกิจกรรมหน้าชั้นเรียน ในระหว่างที่นักเรียนนำเสนอ ครูคอยให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมเพื่อให้ นักเรียนมีความเข้าใจที่ถูกต้องมากยิ่งขึ้น
(หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบประเมินการนำเสนอผลงาน)
15. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันตอบคำถามท้ายกิจกรรม ชนิดของแรงระหว่างประจุและชนิดของประจุไฟฟ้า โดยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายแสดงความคิดเห็นเพื่อหาคำตอบ จากนั้นครูสุ่มนักเรียน จำนวน 4-5 กลุ่ม ออกมานำเสนอคำตอบของกลุ่มตนเองหน้าชั้นเรียน
16. เมื่อนักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอคำตอบของกลุ่มตนเองเรียบร้อยแล้ว นักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายผลท้ายกิจกรรม ชนิดของแรงระหว่างประจุและชนิดของประจุไฟฟ้า และเฉลยคำถามท้ายกิจกรรม
17. ครูตั้งประเด็นคำถามกระตุ้นความคิดนักเรียน โดยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายแสดงความคิดเห็นเพื่อหาคำตอบ ดังนี้
 - เมื่อถูแผ่นพีวีซีด้วยผ้าสักหลาด จะเกิดสิ่งใดขึ้น
(แนวตอบ : แผ่นพีวีซีจะเกิดประจุลบเกิดขึ้น)
 - อะตอม ประกอบด้วยอะไรบ้าง
(แนวตอบ : อะตอม ประกอบด้วย โปรตอน นิวตรอน และอิเล็กตรอน)
 - โปรตอน นิวตรอน และอิเล็กตรอน มีประจุเหมือนกันหรือไม่ อย่างไร
(แนวตอบ : มีประจุไม่เหมือนกัน โปรตอน มีประจุเป็นบวก นิวตรอน มีประจุเป็นกลางหรือไม่มีประจุไฟฟ้า และอิเล็กตรอน มีประจุเป็นลบ)

ชั่วโมงที่ 4

ขั้นสอน

ขั้นที่ 2 สำรวจค้นหา (Explore)

18. ครูถามคำถาม Prior Knowledge จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 ไฟฟ้าสถิต เพื่อเป็นการนำเข้าสู่บทเรียนว่า “ถ้านำผ้าไหมถูที่แท่งแก้วจะเกิดประจุเช่นเดียวกับการถูท่อพีวีซีด้วยผ้าสักหลาดหรือไม่” โดยให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายแสดงความคิดเห็นอย่างอิสระโดยไม่มีการเฉลยว่าถูกหรือผิด

(แนวตอบ : เกิด เพราะการถูท่อพีวีซีด้วยผ้าสักหลาดสามารถทำให้เกิดการถ่ายเทประจุได้ เช่นเดียวกับการนำผ้าไหมถูกับแท่งแก้ว)

19. นักเรียนจับคู่กับเพื่อนในชั้นเรียน ตามความสมัครใจ จากนั้นให้นักเรียนแต่ละคู่ร่วมกันศึกษาค้นคว้า ข้อมูลเกี่ยวกับ เรื่อง กฎการอนุรักษ์ประจุไฟฟ้า จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 ไฟฟ้าสถิต หรือแหล่งการเรียนรู้ต่าง ๆ เช่น อินเทอร์เน็ต ห้องสมุด

20. นักเรียนแต่ละคู่ร่วมกันอภิปรายเรื่องที่ได้อ่าน จากนั้นให้นักเรียนแต่ละคู่ร่วมกันสรุปความรู้ที่ได้ จากการศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับกฎอนุรักษ์ประจุไฟฟ้า มาใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ทางไฟฟ้า หรือนำกฎการอนุรักษ์ประจุไฟฟ้ามาประยุกต์ใช้ ลงในใบงานที่ 6.1.1 เรื่อง กฎการอนุรักษ์ประจุไฟฟ้า พร้อมตกแต่งให้สวยงาม

(หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม)

ชั่วโมงที่ 5

ขั้นสอน

ขั้นที่ 3 อธิบายความรู้ (Explain)

21. นักเรียนแต่ละคู่ออกมานำเสนอผลงานหน้าชั้นเรียน ในระหว่างที่นักเรียนนำเสนอ ครูคอยให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมเพื่อให้นักเรียนมีความเข้าใจที่ถูกต้องมากยิ่งขึ้น

(หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบประเมินการนำเสนอผลงาน)

22. ครูตั้งประเด็นคำถามกระตุ้นความคิดนักเรียนว่า “กฎการอนุรักษ์ประจุไฟฟ้า หมายถึง” โดยให้นักเรียนแต่ละคนร่วมกันอภิปรายแสดงความคิดเห็นเพื่อหาคำตอบ

(แนวตอบ : กฎการอนุรักษ์ประจุไฟฟ้า หมายถึง การทำให้วัตถุมีประจุไฟฟ้าไม่ได้สร้างประจุไฟฟ้าขึ้นมาใหม่ แต่เป็นการถ่ายโอนประจุไฟฟ้าจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่ง โดยที่ผลรวมของปริมาณประจุทั้งหมดของระบบจะมีค่าคงเดิมเสมอ)

ขั้นที่ 4 ขยายความเข้าใจ (Elaborate)

23. ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนซักถามเนื้อหาเกี่ยวกับ เรื่อง ปรากฏการณ์ธรรมชาติของไฟฟ้า ประจุไฟฟ้า และกฎการอนุรักษ์ประจุไฟฟ้า และให้ความรู้เพิ่มเติมจากคำถามของนักเรียน โดยครูใช้ PowerPoint เรื่อง ปรากฏการณ์ธรรมชาติของไฟฟ้า ประจุไฟฟ้า และกฎการอนุรักษ์ประจุไฟฟ้า ในการอธิบายเพิ่มเติม
24. นักเรียนแต่ละคนทำ Unit Question 6 เรื่อง ปรากฏการณ์ธรรมชาติของไฟฟ้า ประจุไฟฟ้า และกฎการอนุรักษ์ประจุไฟฟ้า จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 ไฟฟ้าสถิต ลงในสมุดประจำตัวนักเรียน
25. นักเรียนแต่ละคนทำแบบฝึกหัด เรื่อง ปรากฏการณ์ธรรมชาติของไฟฟ้า ประจุไฟฟ้า และกฎการอนุรักษ์ประจุไฟฟ้า จากแบบฝึกหัด รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 ไฟฟ้าสถิต เป็นการบ้านส่งในชั่วโมงถัดไป

ขั้นสรุป

ขั้นที่ 5 ตรวจสอบผล (Evaluate)

1. ครูตรวจสอบผลการทำแบบทดสอบก่อนเรียนหน่วยการเรียนรู้ที่ 6 ไฟฟ้าสถิต เพื่อตรวจสอบความเข้าใจก่อนเรียนของนักเรียน
2. ครูประเมินผล โดยการสังเกตพฤติกรรมการตอบคำถาม พฤติกรรมการทำงานรายบุคคล พฤติกรรมการทำงานกลุ่ม และจากการนำเสนอผลการปฏิบัติกิจกรรมหน้าชั้นเรียน
3. ครูตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียนจากกรอบ Understanding Check ในสมุดประจำตัวนักเรียน
4. ครูวัดและประเมินผลการปฏิบัติกิจกรรม ชนิดของแรงระหว่างประจุและชนิดของประจุไฟฟ้า
5. ครูตรวจสอบผลการทำใบงานที่ 6.1.1 เรื่อง กฎการอนุรักษ์ประจุไฟฟ้า
6. ครูตรวจแบบฝึกหัดจาก Unit Question 6 เรื่อง ปรากฏการณ์ธรรมชาติของไฟฟ้า ประจุไฟฟ้า และกฎการอนุรักษ์ประจุไฟฟ้า ในสมุดประจำตัวนักเรียน
7. ครูตรวจสอบแบบฝึกหัด เรื่อง ปรากฏการณ์ธรรมชาติของไฟฟ้า ประจุไฟฟ้า และกฎการอนุรักษ์ประจุไฟฟ้า จากแบบฝึกหัด รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 ไฟฟ้าสถิต

8. นักเรียนและครูร่วมกันสรุปเกี่ยวกับปรากฏการณ์ธรรมชาติของไฟฟ้า ประจุไฟฟ้า และกฎการอนุรักษ์ประจุไฟฟ้า ซึ่งได้ข้อสรุปร่วมกันว่า “ปรากฏการณ์ไฟฟ้าในธรรมชาติ เช่น ไฟแลบ ไฟผ่า ฟาร์ร้อง เป็นปรากฏการณ์ที่เกิดจากประจุไฟฟ้าซึ่งสะสมอยู่ในบริเวณใดบริเวณหนึ่ง แล้วเกิดการถ่ายโอนหรือการเคลื่อนที่ของประจุไฟฟ้า ประจุไฟฟ้ามี 2 ชนิด ได้แก่ ประจุบวก และประจุลบ ประจุชนิดเดียวกันจะผลักกัน และประจุต่างชนิดกันจะดึงดูดกัน และกฎการอนุรักษ์ประจุไฟฟ้า คือ การทำให้วัตถุมีประจุไฟฟ้าไม่ได้สร้างประจุไฟฟ้าขึ้นมาใหม่ แต่เป็นการถ่ายโอนประจุไฟฟ้าจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่ง โดยที่ผลรวมของปริมาณประจุทั้งหมดของระบบจะมีค่าคงเดิมเสมอ”

7. การวัดและประเมินผล

รายการวัด	วิธีวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
7.1 การประเมินก่อนเรียน - แบบทดสอบก่อนเรียน หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 ไฟฟ้าสถิต	- ตรวจสอบแบบทดสอบก่อนเรียน หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 ไฟฟ้าสถิต	- แบบทดสอบก่อนเรียน หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 ไฟฟ้าสถิต	- ประเมินตามสภาพจริง
7.2 การประเมินระหว่างการจัดกิจกรรม 1) ประจุไฟฟ้าและกฎการอนุรักษ์ประจุไฟฟ้า	- ตรวจใบงานที่ 6.1.1 - ตรวจสอบแบบฝึกหัด	- ใบงานที่ 6.1.1 - แบบฝึกหัด	- ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์ - ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์
2) ผลบันทึกการปฏิบัติกิจกรรมชนิดของแรงระหว่างประจุและชนิดของประจุไฟฟ้า	- ประเมินการปฏิบัติกิจกรรม	- แบบประเมินการปฏิบัติกิจกรรม	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
3) การนำเสนอผลงาน/ผลการปฏิบัติกิจกรรม	- ประเมินการนำเสนอผลงาน/ผลการปฏิบัติกิจกรรม	- แบบประเมินการนำเสนอผลงาน	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
4) พฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- สังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์

รายการวัด	วิธีวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
5) พฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- สังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์

รายการวัด	วิธีวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
6) คุณลักษณะอันพึงประสงค์	- สังเกตความมีวินัย รับผิดชอบ ใฝ่เรียนรู้ ซื่อสัตย์ สุจริต และ มุ่งมั่นในการทำงาน	- แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์

8. สื่อ/แหล่งการเรียนรู้

8.1 สื่อการเรียนรู้

- 1) หนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 ไฟฟ้าสถิต
- 2) แบบฝึกหัด รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 ไฟฟ้าสถิต
- 3) ใบงานที่ 6.1.1 เรื่อง กฎการอนุรักษ์ประจุไฟฟ้า
- 4) วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการปฏิบัติกิจกรรมชนิดของแรงระหว่างประจุและชนิดของประจุไฟฟ้า
- 5) PowerPoint เรื่อง ปรากฏการณ์ธรรมชาติของไฟฟ้า ประจุไฟฟ้า และกฎการอนุรักษ์ประจุไฟฟ้า
- 6) อุปกรณ์สาธิตการทดลอง เช่น ลูกโป่ง และกระดาษขี้เถ้าเล็ก ๆ
- 7) สมุดประจำตัวนักเรียน

8.2 แหล่งการเรียนรู้

- 1) ห้องเรียน
- 2) ห้องสมุด
- 3) อินเทอร์เน็ต

ใบงานที่ 6.1.1

เรื่อง กฎการอนุรักษ์ประจุไฟฟ้า

คำชี้แจง : สืบค้นข้อมูลการนำกฎอนุรักษ์ประจุไฟฟ้ามาใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ทางไฟฟ้า
หรือนำกฎการอนุรักษ์ประจุไฟฟ้ามาประยุกต์ใช้ แล้วสรุปข้อมูลที่สืบค้นได้ในรูปแบบที่น่าสนใจ

ที่มา :

.....

.....

ใบงานที่ 6.1.1

เรื่อง กฎการอนุรักษ์ประจุไฟฟ้า

เฉลย

คำชี้แจง : สืบค้นข้อมูลการนำกฎอนุรักษ์ประจุไฟฟ้ามาใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ทางไฟฟ้า
หรือนำกฎการอนุรักษ์ประจุไฟฟ้ามาประยุกต์ใช้ แล้วสรุปข้อมูลที่สืบค้นได้ในรูปแบบที่น่าสนใจ

(ขึ้นอยู่กับดุลยพินิจของผู้สอน โดยพิจารณาจากความถูกต้องและเหมาะสมของข้อมูล)

ที่มา :

.....

.....

9. ความเห็นของผู้บริหารสถานศึกษาหรือผู้ที่ได้รับมอบหมาย

ข้อเสนอแนะ

.....

ลงชื่อ

(.....)

ตำแหน่ง

10. บันทึกผลหลังการสอน

- ด้านความรู้

.....

.....

- ด้านสมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

.....

.....

- ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์

.....

.....

- ด้านความสามารถทางวิทยาศาสตร์

.....

.....

- ด้านอื่น ๆ (พฤติกรรมเด่น หรือพฤติกรรมที่มีปัญหาของนักเรียนเป็นรายบุคคล (ถ้ามี))

.....

.....

- ปัญหา/อุปสรรค

.....

.....

- แนวทางการแก้ไข

.....

.....

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2

การเหนี่ยวนำไฟฟ้า

เวลา 3 ชั่วโมง

1. ผลการเรียนรู้

ทดลอง และอธิบายการทำวัตถุที่เป็นกลางทางไฟฟ้าให้มีประจุไฟฟ้าโดยการขัดสีกันและการเหนี่ยวนำไฟฟ้าสถิต

2. จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายการเหนี่ยวนำไฟฟ้าสถิตได้ (K)
2. ปฏิบัติกิจกรรมการทำให้อิเล็กโทรสโคปมีประจุโดยการเหนี่ยวนำได้อย่างถูกต้องและเป็นลำดับขั้นตอน (P)
3. มีความมุ่งมั่นในการเรียนรู้และการทำงานที่ได้รับมอบหมายตลอดเวลา (A)

3. สารการเรียนรู้

สารการเรียนรู้เพิ่มเติม	สารการเรียนรู้ท้องถิ่น
• การนำวัตถุที่เป็นกลางทางไฟฟ้ามาขัดสีกันจะทำให้วัตถุไม่เป็นกลางทางไฟฟ้า เนื่องจากอิเล็กตรอนถูกถ่ายโอนจากวัตถุหนึ่งไปอีกวัตถุหนึ่งโดยการถ่ายโอนประจุเป็นไปตาม กฎการอนุรักษ์ประจุไฟฟ้า • เมื่อนำวัตถุที่มีประจุไฟฟ้าไปใกล้ตัวนำไฟฟ้าจะทำให้เกิดประจุชนิดตรงข้ามบนตัวนำทางด้านที่ใกล้วัตถุ และประจุชนิดเดียวกันด้านที่ไกลวัตถุเรียกวิธีการนี้ว่าการเหนี่ยวนำไฟฟ้าสถิต ซึ่งสามารถใช้วิธีการนี้ในการทำใหวัตถุมีประจุได้	พิจารณาตามหลักสูตรของสถานศึกษา

4. สารสำคัญ/ความคิดรวบยอด

การเหนี่ยวนำไฟฟ้าเป็นการนำวัตถุที่มีประจุไฟฟ้าใกล้ตัวนำไฟฟ้า ส่งผลให้เกิดประจุชนิดตรงข้ามบนด้านใกล้ของตัวนำ และเกิดประจุชนิดเดียวกันบนด้านไกลของตัวนำ

5. สมรรถนะสำคัญของผู้เรียนและคุณลักษณะอันพึงประสงค์

สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน	คุณลักษณะอันพึงประสงค์
1. ความสามารถในการสื่อสาร 2. ความสามารถในการคิด 1) ทักษะการสังเกต 2) ทักษะการทดลอง 3) ทักษะการสื่อสาร 4) ทักษะการวิเคราะห์ 5) ทักษะการทำงานร่วมกัน 6) ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป 3. ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต 4. ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี	1. มีวินัย รับผิดชอบ 2. ใฝ่เรียนรู้ 3. ซื่อสัตย์ สุจริต 4. มุ่งมั่นในการทำงาน

6. กิจกรรมการเรียนรู้



แนวคิด/รูปแบบการสอน/วิธีการสอน/เทคนิค : แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es Instructional Model)

ชั่วโมงที่ 1

ขั้นนำ

ขั้นที่ 1 กระตุ้นความสนใจ (Engage)

- ครูทบทวนความรู้เดิมของนักเรียนเกี่ยวกับ เรื่อง ปรากฏการณ์ธรรมชาติของไฟฟ้า ประจุไฟฟ้า และกฎการอนุรักษ์ประจุไฟฟ้า จากนั้นครูแจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้ให้นักเรียนทราบ
- ครูนำโคมรูปทรงกลมเล็ก ๆ มาหุ้มด้วยอะลูมิเนียมฟอยด์ จากนั้นมาแขวนด้วยเส้นด้าย โดยให้โคมรูปทรงกลมที่ถูกหุ้มด้วยอะลูมิเนียมฟอยด์ห้อยในแนวตั้ง แล้วนำ**ท่อพีวีซี**มาไว้ใกล้ ๆ แล้วให้นักเรียนแต่ละคนสังเกตการเปลี่ยนแปลง
- ครูสาธิตการทดลองซ้ำ โดยการนำ**ท่อพีวีซี**มาถูกับ**ผ้าสักหลาด**แล้วไปไว้ใกล้ ๆ โคมรูปทรงกลมที่ถูกหุ้มด้วยอะลูมิเนียมฟอยด์ แล้วให้นักเรียนแต่ละคนสังเกตการเปลี่ยนแปลงอีกครั้ง
- นักเรียนและครูร่วมกันสนทนาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของโคมรูปทรงกลมทั้งสองกรณี โดยให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายแสดงความคิดเห็นอย่างอิสระโดยไม่มีการเฉลยว่าถูกหรือผิด

5. ครูถามคำถาม Prior Knowledge จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์

ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 ไฟฟ้าสถิต เพื่อเป็นการนำเข้าสู่บทเรียนว่า “เมื่อนำวัตถุที่มีประจุเข้าใกล้วัตถุที่เป็นกลาง วัตถุทั้งสองจะเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างไร” จากนั้นครูกล่าวเชื่อมโยงเข้าสู่กิจกรรมการเรียนการสอน

(แนวตอบ : เมื่อนำวัตถุที่มีประจุเข้าใกล้วัตถุที่เป็นกลางจะทำให้เกิดประจุชนิดตรงข้ามบนตัวนำด้านใกล้และเกิดประจุชนิดเดียวกันบนตัวนำด้านไกล)

ขั้นสอน

ขั้นที่ 2 สำรวจค้นหา (Explore)

1. นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 3-4 คน ตามความสมัครใจ จากนั้นให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันศึกษาค้นคว้าข้อมูลเกี่ยวกับ เรื่อง การเหนี่ยวนำไฟฟ้า จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 ไฟฟ้าสถิต หรือแหล่งการเรียนรู้ต่าง ๆ เช่น อินเทอร์เน็ต ห้องสมุด OR Code เรื่อง การเหนี่ยวนำไฟฟ้า
2. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายเรื่องที่ได้ศึกษา จากนั้นให้นักเรียนแต่ละคนเขียนสรุปความรู้ที่ได้จากการศึกษาค้นคว้าลงในสมุดประจำตัวนักเรียน เพื่อนำส่งครูท้ายชั่วโมง
(หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล)
3. ครูสุ่มนักเรียนออกมานำเสนอผลจากการศึกษาค้นคว้าหน้าชั้นเรียน โดยสุ่มออกมาเพียง 6 คน ซึ่งครูเป็นคนเลือกว่าจะให้นักเรียนคนไหนนำเสนอเรื่องอะไร ตามหัวข้อเรื่อง ดังต่อไปนี้
 - คนที่ 1-2 เรื่อง การเหนี่ยวนำไฟฟ้า
 - คนที่ 3-4 เรื่อง การใช้อิเล็กทรอนิกส์แบบลูกพิทตรวจสอบชนิดของประจุไฟฟ้าบนวัตถุมีประจุ
 - คนที่ 5-6 เรื่อง การใช้อิเล็กทรอนิกส์แบบแผ่นโลหะตรวจสอบชนิดของประจุไฟฟ้าบนวัตถุมีประจุ
 (หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบประเมินการนำเสนอผลงาน)
4. ขณะที่นักเรียนนำเสนอ ครูอาจเสนอแนะหรือแทรกข้อมูลเพิ่มเติมในเรื่องนั้น ๆ เพื่อให้นักเรียนมีความเข้าใจที่ถูกต้องมากยิ่งขึ้น
5. ครูตั้งประเด็นคำถามกระตุ้นความคิดนักเรียน โดยให้นักเรียนแต่ละคนร่วมกันอภิปรายแสดงความคิดเห็นเพื่อหาคำตอบ ดังนี้
 - อุปกรณ์ตรวจสอบประจุไฟฟ้า เรียกว่าอะไร
(แนวตอบ : อิเล็กทรอนิกส์)
 - อิเล็กทรอนิกส์ แบ่งเป็นกี่ชนิด อะไรบ้าง
(แนวตอบ : อิเล็กทรอนิกส์ แบ่งเป็น 2 ชนิด ได้แก่ อิเล็กทรอนิกส์แบบแผ่นโลหะ และอิเล็กทรอนิกส์แบบลูกพิท)

- ถ้าต้องการทำให้ตัวนำที่เป็นกลางกลายเป็นตัวนำที่มีประจุสามารถทำได้ด้วยวิธีใด
(แนวตอบ : การเหนี่ยวนำ โดยตัวนำจะมีประจุชนิดตรงข้ามกับประจุของแท่งวัตถุที่มาเหนี่ยวนำ และปริมาณประจุของวัตถุมีประจุที่มาเหนี่ยวนำยังคงมีค่าเท่าเดิม)

ชั่วโมงที่ 2

ขั้นสอน

ขั้นที่ 2 สำรวจค้นหา (Explore) (ต่อ)

- นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 6 คน ตามความสมัครใจ จากนั้นครูแจ้งจุดประสงค์ของกิจกรรม การทำให้อิเล็กโตรสโคปมีประจุโดยการเหนี่ยวนำ ให้นักเรียนทราบเพื่อเป็นแนวทางการปฏิบัติกิจกรรมที่ถูกต้อง
- นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันศึกษากิจกรรม การทำให้อิเล็กโตรสโคปมีประจุโดยการเหนี่ยวนำ จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 ไฟฟ้าสถิต โดยครูใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบร่วมมือมาจัดกระบวนการเรียนรู้ โดยกำหนดให้สมาชิกแต่ละคน ภายในกลุ่มมีบทบาทหน้าที่ของตนเอง ดังนี้
 - สมาชิกคนที่ 1-2 ทำหน้าที่ เตรียมวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการปฏิบัติกิจกรรมการทำให้อิเล็กโตรสโคปมีประจุโดยการเหนี่ยวนำ
 - สมาชิกคนที่ 3-4 ทำหน้าที่ อ่านวิธีปฏิบัติกิจกรรม และนำมาอธิบายให้สมาชิกในกลุ่มฟัง
 - สมาชิกคนที่ 5-6 ทำหน้าที่ บันทึกผลการปฏิบัติกิจกรรมลงในสมุดประจำตัวนักเรียน
 (หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบประเมินการปฏิบัติกิจกรรม)
- นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันปฏิบัติกิจกรรมตามขั้นตอน จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 ไฟฟ้าสถิต
- นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันแลกเปลี่ยนความรู้และวิเคราะห์ผลการปฏิบัติกิจกรรม แล้วอภิปรายผลร่วมกัน

ชั่วโมงที่ 3

ขั้นสอน

ขั้นที่ 3 อธิบายความรู้ (Explain)

10. นักเรียนแต่ละกลุ่มออกมานำเสนอผลการปฏิบัติกิจกรรมหน้าชั้นเรียน ในระหว่างที่นักเรียนนำเสนอ ครูคอยให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมเพื่อให้ นักเรียนมีความเข้าใจถูกต้องมากยิ่งขึ้น
(หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบประเมินการนำเสนอผลงาน)
11. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันตอบคำถามท้ายกิจกรรม การทำให้อิเล็กทรอนิกส์โคปมีประจุโดยการเหนี่ยวนำ โดยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายแสดงความคิดเห็นเพื่อหาคำตอบ จากนั้นครูสุ่มนักเรียน จำนวน 4-5 กลุ่ม ออกมานำเสนอคำตอบของกลุ่มตนเองหน้าชั้นเรียน
12. เมื่อนักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอคำตอบของกลุ่มตนเองเรียบร้อยแล้ว นักเรียนและครูร่วมกันอภิปราย ผลท้ายกิจกรรม การทำให้อิเล็กทรอนิกส์โคปมีประจุโดยการเหนี่ยวนำ และเฉลยคำถามท้ายกิจกรรม

ขั้นที่ 4 ขยายความเข้าใจ (Elaborate)

13. ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนซักถามเนื้อหาเกี่ยวกับ เรื่อง การเหนี่ยวนำไฟฟ้า และให้ความรู้เพิ่มเติมจาก คำถามของนักเรียน โดยครูใช้ PowerPoint เรื่อง การเหนี่ยวนำไฟฟ้า ในการอธิบายเพิ่มเติม
14. นักเรียนทำ Topic Question เรื่อง การเหนี่ยวนำไฟฟ้า จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 ไฟฟ้าสถิต ลงในสมุดประจำตัวนักเรียน
15. นักเรียนแต่ละคนทำ Unit Question 6 เรื่อง การเหนี่ยวนำไฟฟ้า จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติม วิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 ไฟฟ้าสถิต ลงในสมุดประจำตัวนักเรียน
16. นักเรียนแต่ละคนทำแบบฝึกหัด เรื่อง การเหนี่ยวนำไฟฟ้า จากแบบฝึกหัด รายวิชาเพิ่มเติม วิทยาศาสตร์ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 ไฟฟ้าสถิต เป็นการบ้านส่งในชั่วโมงถัดไป

ขั้นสรุป

ขั้นที่ 5 ตรวจสอบผล (Evaluate)

1. ครูประเมินผล โดยการสังเกตพฤติกรรมการตอบคำถาม พฤติกรรมการทำงานรายบุคคล พฤติกรรมการทำงานกลุ่ม และจากการนำเสนอผลการปฏิบัติกิจกรรมหน้าชั้นเรียน
2. ครูวัดและประเมินผลการปฏิบัติกิจกรรม การทำให้อิเล็กทรอนิกส์โคปมีประจุโดยการเหนี่ยวนำ
3. ครูตรวจ Topic Question เรื่อง การเหนี่ยวนำไฟฟ้า ในสมุดประจำตัวนักเรียน
4. ครูตรวจแบบฝึกหัดจาก Unit Question 6 เรื่อง การเหนี่ยวนำไฟฟ้า ในสมุดประจำตัวนักเรียน

5. ครูตรวจสอบแบบฝึกหัด เรื่อง การเหนี่ยวนำไฟฟ้า จากแบบฝึกหัด รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 ไฟฟ้าสถิต
6. นักเรียนและครูร่วมกันสรุปเกี่ยวกับการเหนี่ยวนำไฟฟ้า ซึ่งได้ข้อสรุปร่วมกันว่า “การทำให้ตัวนำที่เป็นกลางกลายเป็นตัวนำที่มีประจุ นอกจากการถูแล้วยังสามารถทำได้โดยการนำวัตถุที่มีประจุไปสัมผัสกับตัวนำที่เป็นกลาง ซึ่งเรียกว่า การเหนี่ยวนำ (induction) การนำวัตถุที่มีประจุเข้าใกล้ตัวนำไฟฟ้าจะทำให้เกิดประจุชนิดตรงข้ามบนตัวนำด้านใกล้ และเกิดประจุชนิดเดียวกันบนตัวนำด้านไกล”

7. การวัดและประเมินผล

รายการวัด	วิธีวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
7.1 การประเมินระหว่างการจัดกิจกรรม			
1) การเหนี่ยวนำไฟฟ้า	- ตรวจแบบฝึกหัด	- แบบฝึกหัด	- ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์
2) ผลบันทึกการปฏิบัติ กิจกรรมการทำให้ อิเล็กโทรสโคป มีประจุโดยการ เหนี่ยวนำ	- ประเมินการปฏิบัติ กิจกรรม	- แบบประเมินการปฏิบัติ กิจกรรม	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
3) การนำเสนอ ผลงาน/ ผลการปฏิบัติ กิจกรรม	- ประเมินการนำเสนอ ผลงาน/ผลการปฏิบัติ กิจกรรม	- แบบประเมินการ นำเสนอผลงาน	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
4) พฤติกรรมการ ทำงานรายบุคคล	- สังเกตพฤติกรรม การทำงานรายบุคคล	- แบบสังเกตพฤติกรรม การทำงานรายบุคคล	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
5) พฤติกรรมการ ทำงานกลุ่ม	- สังเกตพฤติกรรม การทำงานกลุ่ม	- แบบสังเกตพฤติกรรม การทำงานกลุ่ม	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
6) คุณลักษณะ อันพึงประสงค์	- สังเกตความมีวินัย รับผิดชอบ ใฝ่เรียนรู้ ซื่อสัตย์ สุจริต และ มุ่งมั่น ในการทำงาน	- แบบประเมิน คุณลักษณะ อันพึงประสงค์	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์

8. สื่อ/แหล่งการเรียนรู้

8.1 สื่อการเรียนรู้

- 1) หนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 ไฟฟ้าสถิต
- 2) แบบฝึกหัด รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 ไฟฟ้าสถิต
- 3) วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการปฏิบัติกิจกรรมการทำให้อิเล็กทรอนิกส์โคปมีประจุโดยการเหนี่ยวนำ
- 4) PowerPoint เรื่อง การเหนี่ยวนำไฟฟ้า
- 5) โฟมรูปทรงกลมเล็ก ๆ
- 6) อะลูมิเนียมฟอยด์
- 7) ท่อพีวีซี
- 8) ผ้าสักหลาด
- 9) QR Code เรื่อง การเหนี่ยวนำไฟฟ้า
- 10) สมุดประจำตัวนักเรียน

8.2 แหล่งการเรียนรู้

- 1) ห้องเรียน
- 2) ห้องสมุด
- 3) อินเทอร์เน็ต

9. ความเห็นของผู้บริหารสถานศึกษาหรือผู้ที่ได้รับมอบหมาย

ข้อเสนอแนะ

.....

ลงชื่อ
(.....)

ตำแหน่ง

10. บันทึกผลหลังการสอน

- ด้านความรู้
.....
.....
- ด้านสมรรถนะสำคัญของผู้เรียน
.....
.....
- ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์
.....
.....
- ด้านความสามารถทางวิทยาศาสตร์
.....
.....
- ด้านอื่น ๆ (พฤติกรรมเด่น หรือพฤติกรรมที่มีปัญหาของนักเรียนเป็นรายบุคคล (ถ้ามี))
.....
.....

- ปัญหา/อุปสรรค
.....
.....
- แนวทางการแก้ไข
.....
.....

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3

แรงระหว่างประจุและกฎของคูลอมบ์

เวลา 3 ชั่วโมง

1. ผลการเรียนรู้

อธิบาย และคำนวณแรงไฟฟ้าตามกฎของคูลอมบ์

2. จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายแรงระหว่างประจุและกฎของคูลอมบ์ได้ (K)
2. ตรวจสอบหาปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับแรงไฟฟ้าตามกฎของคูลอมบ์ได้ (P)
3. มีความใฝ่เรียนรู้และมีความมุ่งมั่นในการทำงาน (A)

3. สารการเรียนรู้

สารการเรียนรู้เพิ่มเติม	สารการเรียนรู้ท้องถิ่น
จุดประจุไฟฟ้ามีแรงกระทำซึ่งกันและกัน โดยมีทิศอยู่ในแนวเส้นตรงระหว่างจุดประจุทั้งสอง และมีขนาดของแรงระหว่างจุดประจุแปรผันตรงกับผลคูณของขนาดของประจุทั้งสองและแปรผกผันกับกำลังสองของระยะห่างระหว่างจุดประจุ ซึ่งเป็นไปตามกฎของคูลอมบ์ เขียนแทนได้ด้วยสมการ $F_{12} = k \frac{q_1 q_2}{r_{12}^2} \quad \text{เมื่อ} \quad k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$	พิจารณาตามหลักสูตรของสถานศึกษา

4. สารสำคัญ/ความคิดรวบยอด

กฎของคูลอมบ์ กล่าวว่า ขนาดของแรงระหว่างประจุเป็นสัดส่วนโดยตรงกับผลคูณของปริมาณประจุของจุดประจุทั้งสอง แต่เป็นสัดส่วนผกผันกำลังสองของระยะห่างระหว่างจุดประจุทั้งสอง

5. สมรรถนะสำคัญของผู้เรียนและคุณลักษณะอันพึงประสงค์

สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน	คุณลักษณะอันพึงประสงค์
1. ความสามารถในการสื่อสาร 2. ความสามารถในการคิด 1) ทักษะการสังเกต 2) ทักษะการสื่อสาร	1. มีวินัย รับผิดชอบ 2. ใฝ่เรียนรู้ 3. ซื่อสัตย์ สุจริต 4. มุ่งมั่นในการทำงาน

สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน	คุณลักษณะอันพึงประสงค์
3) ทักษะการวิเคราะห์ 4) ทักษะการคำนวณ 5) ทักษะการทำงานร่วมกัน 3. ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต 4. ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี	

6. กิจกรรมการเรียนรู้



แนวคิด/รูปแบบการสอน/วิธีการสอน/เทคนิค : แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es Instructional Model)

ชั่วโมงที่ 1

ขั้นนำ

ขั้นที่ 1 กระตุ้นความสนใจ (Engage)

1. ครูทบทวนความรู้เดิมของนักเรียนเกี่ยวกับ เรื่อง การเหนี่ยวนำไฟฟ้า จากนั้นครูแจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้ให้นักเรียนทราบ

2. ครูเปิดวิดีโอเกี่ยวกับแรงกระทำระหว่างวัตถุทั้งสองที่มีประจุชนิดเดียวกัน

จาก <https://www.youtube.com/watch?v=e0wcF5fT0zw> ให้นักเรียนดู จากนั้นครูตั้งประเด็นคำถามกระตุ้นความคิดนักเรียนว่า “แรงดูดและแรงผลักระหว่างประจุไฟฟ้าเกิดขึ้นได้อย่างไร”

โดยให้นักเรียนแต่ละคนร่วมกันอภิปรายแสดงความคิดเห็นอย่างอิสระโดยไม่มีการเฉลยว่าถูกหรือผิด
 (แนวตอบ : แรงดูดเกิดขึ้นเมื่อประจุไฟฟ้าชนิดเดียวกันอยู่ใกล้กัน ส่วนแรงผลักระหว่างประจุไฟฟ้าต่างชนิดกันอยู่ใกล้กัน)

3. ครูถามคำถาม Prior Knowledge จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์

ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 ไฟฟ้าสถิต เพื่อเป็นการนำเข้าสู่บทเรียนว่า “แรงระหว่างประจุคู่หนึ่ง ๆ สัมพันธ์กับปริมาณประจุไฟฟ้าหรือไม่อย่างไร” จากนั้นครูกล่าวเชื่อมโยงเข้าสู่กิจกรรมการเรียนการสอน

(แนวตอบ : สัมพันธ์หากปริมาณประจุไฟฟ้ามีค่ามากแรงไฟฟ้าก็จะมีค่ามากไปด้วย แต่อย่างไรก็ตามยังขึ้นอยู่กับระยะห่างระหว่างประจุด้วยเช่นกัน)

ขั้นสอน

ขั้นที่ 2 สำรวจค้นหา (Explore)

1. นักเรียนคู่กับเพื่อนชั้นในเรียน ตามความสมัครใจ จากนั้นให้นักเรียนแต่ละคู่ร่วมกันศึกษาค้นคว้า ข้อมูลเกี่ยวกับ เรื่อง กฎของคูลอมบ์ จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 ไฟฟ้าสถิต หรือแหล่งการเรียนรู้ต่าง ๆ เช่น อินเทอร์เน็ต ห้องสมุด
2. นักเรียนแต่ละคู่ร่วมกันอภิปรายเรื่องที่ได้ศึกษา จากนั้นให้นักเรียนแต่ละคนเขียนสรุปความรู้ที่ได้จากการศึกษาค้นคว้าลงในสมุดประจำตัวนักเรียน
(หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล)
3. ครูสุ่มนักเรียน จำนวน 3 คู่ ออกมานำเสนอผลการศึกษาค้นคว้าหน้าชั้นเรียน ในระหว่างที่นักเรียนนำเสนอ ครูอาจเสนอแนะหรือแทรกข้อมูลเพิ่มเติมในเรื่องนั้น ๆ เพื่อให้นักเรียนมีความเข้าใจที่ถูกต้องมากยิ่งขึ้น
(หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบประเมินการนำเสนอผลงาน)
4. ครูตั้งประเด็นคำถามกระตุ้นความคิดนักเรียนโดยให้นักเรียนแต่ละคนร่วมกันอภิปรายแสดงความคิดเห็นเพื่อหาคำตอบ ดังนี้
 - กฎของคูลอมบ์ กล่าวว่าอย่างไร
(แนวตอบ : กฎของคูลอมบ์ กล่าวว่า ขนาดของแรงระหว่างจุดประจุเป็นสัดส่วนโดยตรงกับผลคูณของปริมาณประจุของจุดประจุทั้งสอง แต่เป็นสัดส่วนผกผันกับกำลังสองของระยะห่างระหว่างจุดประจุทั้งสอง)
 - แรงระหว่างประจุของอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าขึ้นอยู่กับสิ่งใดเป็นสำคัญที่สุด
(แนวตอบ : ขนาดของประจุ และระยะห่างระหว่างอนุภาค)

ชั่วโมงที่ 2

ขั้นสอน

ขั้นที่ 2 สำรวจค้นหา (Explore)

5. ครูทบทวนความรู้เดิมของนักเรียนเกี่ยวกับกฎของคูลอมบ์ โดยครูตั้งประเด็นคำถามกระตุ้นความคิดนักเรียนว่า “กฎของคูลอมบ์ กล่าวถึงความสัมพันธ์ของแรงกับระยะห่างระหว่างจุดประจุทั้งสองไว้อย่างไร”
(แนวตอบ : แรงจะแปรผันตรงกับปริมาณประจุของประจุทั้งสอง แต่จะแปรผกผันกับกำลังสองของระยะห่างระหว่างจุดประจุทั้งสอง)

6. นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 4-5 คน ตามความสมัครใจ จากนั้นให้นักเรียนแต่ละกลุ่มส่งตัวแทนออกมาจับสลากเรื่องที่ศึกษา โดยครูเตรียมสลากหมายเลข ไว้หน้าชั้นเรียน ซึ่งหมายเลขจะระบุเรื่องที่ให้นักเรียนศึกษา ดังนี้
- หมายเลข 1 ศึกษา เรื่อง แรงระหว่างจุดประจุสองจุดประจุ
 - หมายเลข 2 ศึกษา เรื่อง แรงบนจุดประจุหนึ่งจากกลุ่มของจุดประจุ
7. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันศึกษาค้นคว้าข้อมูลเรื่องที่กลุ่มตนเองจับสลากได้ จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 ไฟฟ้าสถิต หรือแหล่งการเรียนรู้ต่าง ๆ เช่น อินเทอร์เน็ต ห้องสมุด จากนั้นร่วมกันสรุปความรู้ที่ได้จากการศึกษาค้นคว้าลงในสมุดประจำตัวนักเรียน
- (หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม)

ชั่วโมงที่ 3

ขั้นสอน

ขั้นที่ 3 อธิบายความรู้ (Explain)

8. นักเรียนแต่ละกลุ่มออกมานำเสนอผลการศึกษาหน้าชั้นเรียน ในระหว่างที่นักเรียนนำเสนอครูคอยให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม เพื่อให้ให้นักเรียนมีความเข้าใจที่ถูกต้องมากยิ่งขึ้น
- (หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบประเมินการนำเสนอผลงาน)
9. ครูตั้งประเด็นคำถามกระตุ้นความคิดนักเรียนว่า “ขนาดและทิศทางการกระทำระหว่างจุดประจุคู่หนึ่ง ๆ เป็นอย่างไร” โดยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายแสดงความคิดเห็นเพื่อหาคำตอบ
- (แนวตอบ : แรงกระทำระหว่างจุดประจุคู่หนึ่ง ๆ จะมีขนาดเท่ากัน แต่ทิศตรงกันข้ามกันเสมอ)
10. นักเรียนแต่ละคนพิจารณาภาพแรงกระทำระหว่างประจุสองจุดประจุ จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 ไฟฟ้าสถิต จากนั้นครูอธิบายเพิ่มเติมจากภาพให้นักเรียนเข้าใจว่า “แรงกระทำระหว่างจุดประจุคู่หนึ่ง ๆ จะมีขนาดเท่ากัน แต่มีทิศตรงข้ามเสมอ และในกรณีที่ระบบมีประจุจำนวนมากอาจใช้กฎของคูลอมบ์หาแรงที่ประจุหนึ่งถูกประจุอื่น ๆ มากระทำ และใช้กฎการรวมเวกเตอร์รวมแรงทั้งหมดที่กระทำต่อประจุนั้น”
11. ครูถามคำถามท้าทายการคิดขั้นสูง โดยใช้คำถาม H.O.T.S. จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 ไฟฟ้าสถิต ว่า “การเพิ่มขนาดของแรงกระทำระหว่างจุดประจุคู่หนึ่งให้เป็น 4 เท่า ของขนาดแรงกระทำเดิม สามารถทำได้อย่างไร”
- (แนวตอบ : ต้องลดระยะห่างระหว่างประจุลงครึ่งหนึ่งของระยะห่างเดิม)

ขั้นที่ 4 ขยายความเข้าใจ (Elaborate)

12. ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนซักถามเนื้อหาเกี่ยวกับ เรื่อง แรงระหว่างประจุและกฎของคูลอมบ์ และให้ความรู้เพิ่มเติมจากคำถามของนักเรียน โดยครูใช้ PowerPoint เรื่อง แรงระหว่างประจุและกฎของคูลอมบ์ ในการอธิบายเพิ่มเติม
13. นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 4 คน ตามความสมัครใจ จากนั้นให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันศึกษา ตัวอย่างที่ 6.1-6.4 จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 ไฟฟ้าสถิต
14. ครูสุ่มนักเรียน จำนวน 4 คน ออกมาหน้าชั้นเรียน จากนั้นครูให้นักเรียนจับสลาก โดยครูเตรียมสลาก หมายเลข แล้วให้นักเรียนแสดงวิธีการคำนวณหาผลลัพธ์จากตัวอย่างที่ได้ร่วมกันศึกษาก่อนหน้าชั้นเรียน ครูอาจเสนอแนะ หรืออธิบายเพิ่มเติมในตัวอย่างนั้น ๆ ดังนี้
 - หมายเลข 1 ตัวอย่างที่ 6.1
 - หมายเลข 2 ตัวอย่างที่ 6.2
 - หมายเลข 3 ตัวอย่างที่ 6.3
 - หมายเลข 4 ตัวอย่างที่ 6.4
15. นักเรียนทำใบงานที่ 6.3.1 เรื่อง แรงระหว่างประจุและกฎของคูลอมบ์ ทำเสร็จแล้วนำเสนอครู
16. นักเรียนทำ Topic Question เรื่อง แรงระหว่างประจุและกฎของคูลอมบ์ จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 ไฟฟ้าสถิต ลงในสมุดประจำตัวนักเรียน
17. นักเรียนแต่ละคนทำ Unit Question 6 เรื่อง แรงระหว่างประจุและกฎของคูลอมบ์ จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 ไฟฟ้าสถิต ลงในสมุดประจำตัวนักเรียน
18. นักเรียนแต่ละคนทำแบบฝึกหัด เรื่อง แรงระหว่างประจุและกฎของคูลอมบ์ จากแบบฝึกหัด รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 ไฟฟ้าสถิต เป็นการบ้านส่งในชั่วโมงถัดไป

ขั้นสรุป

ขั้นที่ 5 ตรวจสอบผล (Evaluate)

1. ครูประเมินผล โดยการสังเกตพฤติกรรมการตอบคำถาม พฤติกรรมการทำงานรายบุคคล พฤติกรรมการทำงานกลุ่ม และจากการนำเสนอผลการปฏิบัติกิจกรรมหน้าชั้นเรียน
2. ครูตรวจสอบผลการทำใบงานที่ 6.3.1 เรื่อง แรงระหว่างประจุและกฎของคูลอมบ์
3. ครูตรวจ Topic Question เรื่อง แรงระหว่างประจุและกฎของคูลอมบ์ ในสมุดประจำตัวนักเรียน
4. ครูตรวจแบบฝึกหัดจาก Unit Question 6 เรื่อง แรงระหว่างประจุและกฎของคูลอมบ์ ในสมุดประจำตัวนักเรียน

5. ครูตรวจสอบแบบฝึกหัด เรื่อง แรงระหว่างประจุและกฎของคูลอมบ์ จากแบบฝึกหัด รายวิชาเพิ่มเติม วิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2
6. นักเรียนและครูร่วมกันสรุปเกี่ยวกับแรงระหว่างประจุและกฎของคูลอมบ์ ซึ่งได้ข้อสรุปร่วมกันว่า “คูลอมบ์ได้ทำการทดลองและศึกษาแรงระหว่างประจุไฟฟ้า คูลอมบ์สรุปว่า แรงระหว่างประจุไฟฟ้า สองประจุเป็นปฏิกิริยาโดยตรงกับผลคูณระหว่างประจุทั้งสอง และเป็นปฏิกิริยาผกผันกับกำลังสอง ของระยะห่างระหว่างประจุนั้น”

7. การวัดและประเมินผล

รายการวัด	วิธีวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
7.1 การประเมินระหว่างการจัดกิจกรรม			
1) แรงระหว่างประจุและกฎของคูลอมบ์	- ตรวจใบงานที่ 6.3.1 - ตรวจแบบฝึกหัด	- ใบงานที่ 6.3.1 - แบบฝึกหัด	- ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์ - ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์
2) การนำเสนอผลงาน/ ผลการปฏิบัติกิจกรรม	- ประเมินการนำเสนอผลงาน/ผลการปฏิบัติกิจกรรม	- แบบประเมินการนำเสนอผลงาน	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
3) พฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- สังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
4) พฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- สังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
5) คุณลักษณะอันพึงประสงค์	- สังเกตความมีวินัย รับผิดชอบ ใฝ่เรียนรู้ ซื่อสัตย์ สุจริต และ มุ่งมั่น ในการทำงาน	- แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์

8. สื่อ/แหล่งการเรียนรู้

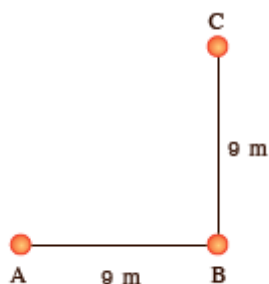
8.1 สื่อการเรียนรู้

- 1) หนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 ไฟฟ้าสถิต
- 2) แบบฝึกหัด รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 ไฟฟ้าสถิต
- 3) ใบงานที่ 6.3.1 เรื่อง แรงระหว่างประจุและกฎของคูลอมบ์
- 4) PowerPoint เรื่อง แรงระหว่างประจุและกฎของคูลอมบ์
- 5) สลากหมายเลข
- 6) วิดีทัศน์เกี่ยวกับแรงกระทำระหว่างวัตถุทั้งสองที่มีประจุชนิดเดียวกัน
จาก <https://www.youtube.com/watch?v=e0wcF5fT0zw>
- 7) สมุดประจำตัวนักเรียน

8.2 แหล่งการเรียนรู้

- 1) ห้องสมุด
- 2) อินเทอร์เน็ต

3. ประจุไฟฟ้า -3×10^{-4} คูลอมบ์, $+9 \times 10^{-3}$ คูลอมบ์ และ $+4 \times 10^{-4}$ คูลอมบ์ วางอยู่ที่จุด A B และ C ตามลำดับ ดังภาพ จงหาว่าแรงลัพธ์ที่กระทำต่อประจุ $+2 \times 10^{-4}$ คูลอมบ์ มีขนาดเท่าใด



.....

.....

.....

.....

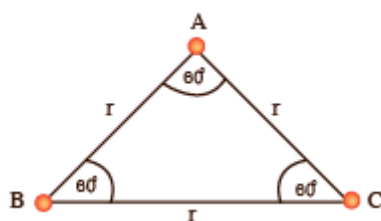
.....

.....

.....

.....

4. ประจุไฟฟ้า $+2q$, $-q$ และ $-q$ วางอยู่ที่จุด A B และ C ดังภาพ จงหาขนาดของแรงลัพธ์บนประจุ $+2q$



.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ใบงานที่ 6.3.1

เฉลย

เรื่อง แรงระหว่างประจุและกฎของคูลอมบ์

คำชี้แจง : แสดงวิธีคำนวณหาผลลัพธ์ของโจทย์ต่อไปนี้

1. ทรงกลมขนาดเล็ก A และ B มีประจุ 4 ไมโครคูลอมบ์ และ -5 ไมโครคูลอมบ์ ถ้านำทรงกลมมาวางให้ผิวทั้งสองของทรงกลมห่างกัน 10 เซนติเมตร จงหาแรงดึงดูดระหว่างประจุที่เกิดขึ้น

วิธีทำ จาก $F = \frac{kq_1q_2}{r^2}$

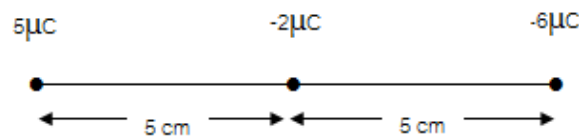
$$F = \frac{(9 \times 10^9)(4 \times 10^{-6})(5 \times 10^{-6})}{(10 \times 10^{-2})^2}$$

$$F = \frac{180 \times 10^{-3}}{100 \times 10^{-4}} = \frac{180 \times 10^{-3}}{10^2 \times 10^{-4}} = \frac{180 \times 10^{-3}}{10^{-2}}$$

$$F = 18 \text{ N}$$

ดังนั้น แรงระหว่างประจุที่เกิดขึ้นเท่ากับ 18 นิวตัน

2. วางจุดประจุ 5 ไมโครคูลอมบ์, -2 ไมโครคูลอมบ์ และ -6 ไมโครคูลอมบ์ วางต่อกันเป็นเส้นตรงเรียงกันเป็นเส้นตรง ดังภาพ จงหาแรงลัพธ์ที่จุดประจุ 5 ไมโครคูลอมบ์



วิธีทำ กำหนดให้ F_1 เป็นแรงกระทำระหว่างประจุ 5 ไมโครคูลอมบ์ และ -2 ไมโครคูลอมบ์ และ F_2 เป็นแรงกระทำระหว่างประจุ 5 ไมโครคูลอมบ์ และ -6 ไมโครคูลอมบ์



จากสมการ $F_{12} = \frac{kq_1q_2}{r^2}$

พิจารณาแรง F_1 ; $F_1 = \frac{(9 \times 10^9)(5 \times 10^{-6})(2 \times 10^{-6})}{(5 \times 10^{-2})^2}$

$$F_1 = 36 \text{ N}$$

พิจารณาแรง F_2 ;

$$F_2 = \frac{(9 \times 10^9)(5 \times 10^{-6})(6 \times 10^{-6})}{(10 \times 10^{-2})^2}$$

$$F_2 = 36 \text{ N}$$

แรงลัพธ์ที่ได้

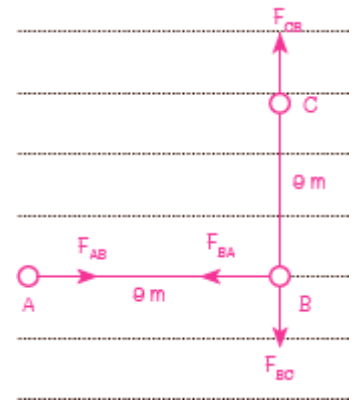
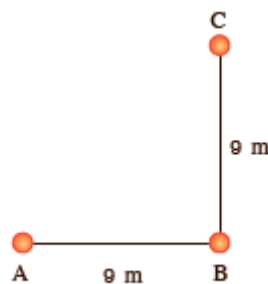
$$\Sigma F = F_1 + F_2$$

$$\Sigma F = 36 + 18$$

$$\Sigma F = 54 \text{ N}$$

ดังนั้น แรงลัพธ์ที่จุดประจุ 5 ไมโครคูลอมบ์ มีค่าเท่ากับ 54 นิวตัน

3. ประจุไฟฟ้า -3×10^{-4} คูลอมบ์, $+9 \times 10^{-3}$ คูลอมบ์ และ $+4 \times 10^{-4}$ คูลอมบ์ วางอยู่ที่จุด A B และ C ตามลำดับ ดังภาพ จงหาว่าแรงลัพธ์ที่กระทำต่อประจุ $+2 \times 10^{-4}$ คูลอมบ์ มีขนาดเท่าใด



วิธีทำ

จากสมการ

$$F_{AB} = \frac{kq_1q_2}{r^2}$$

พิจารณา F_{BA} ;

$$F_{BA} = \frac{(9 \times 10^9)(3 \times 10^{-4})(9 \times 10^{-3})}{(9)^2}$$

$$F_{BA} = 300 \text{ N}$$

พิจารณา F_{BC} ;

$$F_{BC} = \frac{(9 \times 10^9)(9 \times 10^{-3})(4 \times 10^{-4})}{(9)^2}$$

$$F_{BC} = 300 \text{ N}$$

พิจารณา F_B ;

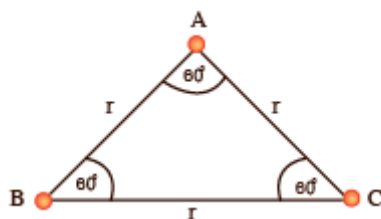
$$F_B = \sqrt{(F_{BA})^2 + (F_{BC})^2}$$

$$F_B = \sqrt{(300)^2 + (400)^2}$$

$$F_B = 500 \text{ N}$$

ดังนั้น แรงลัพธ์ที่กระทำต่อประจุ $+2 \times 10^{-4}$ คูลอมบ์ มีขนาดเท่ากับ 500 นิวตัน

4. ประจุไฟฟ้า $+2q$, $-q$ และ $-q$ วางอยู่ที่จุด A B และ C ดังภาพ จงหาขนาดของแรงลัพธ์บนประจุ $+2q$



วิธีทำ

จากสมการ

$$F = \frac{kq_1q_2}{r^2}$$

พิจารณา F_{AB}

$$F_{AB} = \frac{k(2q)(q)}{r^2} = \frac{kq^2}{r^2}$$

พิจารณา F_{BC} ;

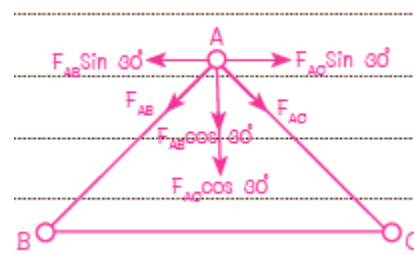
$$F_{AC} = \frac{k(2q)(q)}{r^2} = \frac{kq^2}{r^2}$$

พิจารณา F_A ;

$$F_A = F_{AB} \cos 30^\circ + F_{AC} \cos 30^\circ$$

$$F_A = \frac{2kq^2}{r^2} \left[\frac{\sqrt{3}}{2} \right] + \frac{2kq^2}{r^2} \left[\frac{\sqrt{3}}{2} \right]$$

$$F_A = \frac{2\sqrt{3}kq^2}{r^2} \text{ N}$$



ดังนั้น แรงลัพธ์ที่กระทำต่อประจุ $+2q$ มีขนาดเท่ากับ $\frac{2\sqrt{3}kq^2}{r^2}$ นิวตัน

สลากหมายเลข

1

2



3

4

9. ความเห็นของผู้บริหารสถานศึกษาหรือผู้ที่ได้รับมอบหมาย

ข้อเสนอแนะ

.....

ลงชื่อ
(.....)

ตำแหน่ง

10. บันทึกผลหลังการสอน

- ด้านความรู้

.....

.....

- ด้านสมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

.....

.....

- ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์

.....

.....

- ด้านความสามารถทางวิทยาศาสตร์

.....

.....

- ด้านอื่น ๆ (พฤติกรรมเด่น หรือพฤติกรรมที่มีปัญหาของนักเรียนเป็นรายบุคคล (ถ้ามี))

.....

.....

- ปัญหา/อุปสรรค

.....

.....

- แนวทางการแก้ไข

.....

.....

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4

สนามไฟฟ้า

เวลา 4 ชั่วโมง

1. ผลการเรียนรู้

อธิบาย และคำนวณสนามไฟฟ้าและแรงไฟฟ้าที่กระทำกับอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าที่อยู่ในสนามไฟฟ้า รวมทั้งหาสนามไฟฟ้าลัทธิเนื่องจากระบบจุดประจุโดยรวมกันแบบเวกเตอร์

2. จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายสนามไฟฟ้าและแรงไฟฟ้าที่กระทำกับอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าที่อยู่ในสนามไฟฟ้าได้ (K)
2. อธิบายสนามไฟฟ้าลัทธิเนื่องจากระบบจุดประจุโดยรวมกันแบบเวกเตอร์ได้ (K)
3. ตรวจสอบหาปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับสนามไฟฟ้าและแรงไฟฟ้าที่กระทำกับอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าที่อยู่ในสนามไฟฟ้าได้ (P)
4. ตรวจสอบหาสนามไฟฟ้าลัทธิเนื่องจากระบบประจุโดยรวมกันแบบเวกเตอร์ได้ (P)
5. มีความใฝ่เรียนรู้และมีความมุ่งมั่นในการทำงาน (A)

3. สารการเรียนรู้

สารการเรียนรู้เพิ่มเติม	สารการเรียนรู้ท้องถิ่น
• รอบอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้า q_1 มีสนามไฟฟ้าขนาด $E = k \frac{q_1}{r^2}$ ทำให้เกิดแรงไฟฟ้ากระทำต่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้า • สนามไฟฟ้าที่ตำแหน่งใด ๆ มีความสัมพันธ์กับแรงไฟฟ้าที่กระทำต่อประจุไฟฟ้า q_2 ตามสมการ $\vec{E} = \frac{\vec{F}_{12}}{q_2}$ • สนามไฟฟ้าลัทธิเนื่องจากจุดประจุหลายจุดประจุ เท่ากับผลรวมแบบเวกเตอร์ของสนามไฟฟ้าเนื่องจากจุดประจุแต่ละจุดประจุ	พิจารณาตามหลักสูตรของสถานศึกษา

สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม	สาระการเรียนรู้ท้องถิ่น
• ตัวนำทรงกลมที่มีประจุไฟฟ้ามีสนามไฟฟ้าภายในตัวนำเป็นศูนย์ และสนามไฟฟ้าบนตัวนำมีทิศทางตั้งฉากกับผิวตัวนำนั้น โดยสนามไฟฟ้าเนื่องจากประจุบนตัวนำทรงกลมที่ตำแหน่งห่างจากผิวออกไปหาได้เช่นเดียวกับสนามไฟฟ้า เนื่องจากจุดประจุที่มีจำนวนประจุเท่ากันแต่อยู่ที่ศูนย์กลางของทรงกลม	

4. สาระสำคัญ/ความคิดรวบยอด

สนามไฟฟ้า หมายถึง บริเวณที่มีประจุไฟฟ้าสามารถส่งอำนาจไฟฟ้าไปถึง โดยสนามไฟฟ้าจะใช้เส้นแรงไฟฟ้าเขียนแทนสนามไฟฟ้าบริเวณนั้น

5. สมรรถนะสำคัญของผู้เรียนและคุณลักษณะอันพึงประสงค์

สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน	คุณลักษณะอันพึงประสงค์
1. ความสามารถในการสื่อสาร 2. ความสามารถในการคิด 1) ทักษะการสังเกต 2) ทักษะการสื่อสาร 3) ทักษะการวิเคราะห์ 4) ทักษะการคำนวณ 5) ทักษะการทำงานร่วมกัน 3. ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต 4. ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี	1. มีวินัย รับผิดชอบ 2. ใฝ่เรียนรู้ 3. ซื่อสัตย์ สุจริต 4. มุ่งมั่นในการทำงาน

6. กิจกรรมการเรียนรู้



แนวคิด/รูปแบบการสอน/วิธีการสอน/เทคนิค : แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es Instructional Model)

ชั่วโมงที่ 1

ขั้นนำ

ขั้นที่ 1 กระตุ้นความสนใจ (Engage)

1. ครูทบทวนความรู้เดิมของนักเรียนเกี่ยวกับ เรื่อง แรงระหว่างประจุและกฎของคูลอมบ์ จากนั้นครูแจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้ให้นักเรียนทราบ
2. ครูเปิดวิดีโอเกี่ยวกับสนามไฟฟ้า (Electric Field Lines)
จาก <https://www.youtube.com/watch?v=F1z5UaX96j8> ให้นักเรียนดู จากนั้นครูตั้งประเด็นคำถามกระตุ้นความคิดนักเรียนว่า “สนามไฟฟ้าของประจุบวกและสนามไฟฟ้าของประจุลบเหมือนกันหรือไม่ อย่างไร” โดยให้นักเรียนแต่ละคนร่วมกันอภิปรายแสดงความคิดเห็นอย่างอิสระโดยไม่มีการเฉลยว่าถูกหรือผิด
(แนวตอบ : ไม่เหมือนกัน เพราะสนามไฟฟ้าของประจุบวกมีทิศพุ่งออกจากประจุบวก ส่วนสนามไฟฟ้าของประจุลบจะมีทิศเข้าหาประจุลบ)
3. ครูถามคำถาม Prior Knowledge จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 ไฟฟ้าสถิต เพื่อเป็นการนำเข้าสู่บทเรียนว่า “การตรวจสอบสนามไฟฟ้าสามารถทำได้โดยวิธีใด” จากนั้นครูกล่าวเชื่อมโยงเข้าสู่กิจกรรมการเรียนการสอน
(แนวตอบ : สามารถตรวจสอบได้โดยทำการทดลอง เช่น โรยผงแป้งทับทิมบนกระดาษกรองที่เปียกน้ำหมาดๆ บริเวณรอบๆ ขั้วไฟฟ้าที่วางอยู่บนกระดาษกรอง เส้นแนวการเคลื่อนของผงแป้งทับทิมจะเป็นเส้นสนามไฟฟ้า)

ขั้นสอน

ขั้นที่ 2 สำรวจค้นหา (Explore)

1. นักเรียนคู่กับเพื่อนชั้นในเรียน ตามความสมัครใจ จากนั้นให้นักเรียนแต่ละคู่ร่วมกันศึกษาค้นคว้าข้อมูลเกี่ยวกับ เรื่อง สนามไฟฟ้า จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 ไฟฟ้าสถิต หรือแหล่งการเรียนรู้ต่าง ๆ เช่น อินเทอร์เน็ต ห้องสมุด QR Code เรื่อง สนามไฟฟ้า
2. นักเรียนแต่ละคู่ร่วมกันอภิปรายเรื่องที่ได้อ่านจากนั้นให้นักเรียนแต่ละคนเขียนสรุปความรู้ที่ได้จากการศึกษาค้นคว้าลงในสมุดประจำตัวนักเรียน
(หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล)

3. ครูสุ่มนักเรียน จำนวน 3 คู่ ออกมานำเสนอผลการศึกษาค้นคว้าหน้าชั้นเรียน ในระหว่างที่นักเรียนนำเสนอ ครูอาจเสนอแนะหรือแทรกข้อมูลเพิ่มเติมในเรื่องนั้น ๆ เพื่อให้นักเรียนมีความเข้าใจที่ถูกต้องมากยิ่งขึ้น
(หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบประเมินการนำเสนอผลงาน)
4. ครูตั้งประเด็นคำถามกระตุ้นความคิดนักเรียนโดยให้นักเรียนแต่ละคู่ร่วมกันอภิปรายแสดงความคิดเห็นเพื่อหาคำตอบ ดังนี้
 - สนามไฟฟ้า เป็นปริมาณใด
(แนวตอบ : ปริมาณเวกเตอร์)
 - จะทราบได้อย่างไรว่าบริเวณนั้นมีสนามไฟฟ้า
(แนวตอบ : นำประจุทดสอบ $+q$ ไปวางที่ตำแหน่งนั้น ถ้ามีแรงไฟฟ้ากระทำต่อประจุทดสอบ แสดงว่า บริเวณนั้นมีสนามไฟฟ้า)
 - สนามไฟฟ้า หมายความว่าอย่างไร
(แนวตอบ : สนามไฟฟ้า หมายถึง บริเวณที่มีประจุไฟฟ้าสามารถส่งอำนาจไฟฟ้าไปถึง โดยสนามไฟฟ้าจะใช้เส้นแรงไฟฟ้าเขียนแทนสนามไฟฟ้าบริเวณนั้น)
5. ครูวาดภาพทิศของสนามไฟฟ้าและทิศของแรงไฟฟ้าที่กระทำต่อประจุบวกและประจุลบ บนกระดานให้นักเรียนดู จากนั้นครูอธิบายให้นักเรียนเข้าใจเกี่ยวกับทิศของสนามไฟฟ้า ดังนี้
 - สนามไฟฟ้ามีทิศพุ่งออกจากประจุบวก และมีทิศเข้าหาประจุลบ
 - แรงไฟฟ้าที่กระทำต่อประจุ $+q$ มีทิศเดียวกับทิศสนามไฟฟ้า
 - แรงไฟฟ้าที่กระทำต่อประจุ $-q$ มีทิศตรงข้ามกับทิศสนามไฟฟ้า

ชั่วโมงที่ 2

ขั้นสอน

ขั้นที่ 2 สำรวจค้นหา (Explore)

6. ครูทบทวนความรู้เดิมของนักเรียนเกี่ยวกับสนามไฟฟ้า โดยครูตั้งประเด็นคำถามกระตุ้นความคิดนักเรียนว่า “สนามไฟฟ้าสัมพันธ์แรงไฟฟ้าที่กระทำต่อประจุไฟฟ้าอย่างไร”
(แนวตอบ : สนามไฟฟ้าจะแปรผันตรงกับแรงไฟฟ้าที่กระทำต่อประจุไฟฟ้า โดยทิศทางจะขึ้นอยู่กับชนิดของประจุไฟฟ้า กล่าวคือ แรงไฟฟ้าที่กระทำต่อประจุบวกจะมีทิศเดียวกับทิศสนามไฟฟ้า ส่วนแรงไฟฟ้าที่กระทำต่อประจุลบจะมีทิศตรงข้ามกับทิศสนามไฟฟ้า)
7. นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 4-5 คน ตามความสมัครใจ จากนั้นให้นักเรียนแต่ละกลุ่มส่งตัวแทนออกมาจับสลากเรื่องที่ศึกษา โดยครูเตรียมสลากหมายเลข ไว้หน้าชั้นเรียน ซึ่งหมายเลขจะระบุเรื่องที่ให้นักเรียนศึกษา ดังนี้

- หมายเลข 1 ศึกษา เรื่อง ความเข้มสนามไฟฟ้าจากจุดประจุเดียว
- หมายเลข 2 ศึกษา เรื่อง ความเข้มสนามไฟฟ้าจากกลุ่มจุดประจุ
- หมายเลข 3 ศึกษา เรื่อง ความเข้มสนามไฟฟ้าของตัวนำที่มีประจุ

8. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันศึกษาค้นคว้าข้อมูลเรื่องที่กลุ่มตนเองจับสลากได้ จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 ไฟฟ้าสถิต หรือแหล่งการเรียนรู้ต่าง ๆ เช่น อินเทอร์เน็ต ห้องสมุด จากนั้นร่วมกันสรุปความรู้ที่ได้จากการศึกษาค้นคว่าลงในสมุดประจำตัวนักเรียน

(หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม)

ชั่วโมงที่ 3-4

ขั้นสอน

ขั้นที่ 3 อธิบายความรู้ (Explain)

9. นักเรียนแต่ละกลุ่มออกมานำเสนอผลการศึกษาหน้าชั้นเรียน ในระหว่างที่นักเรียนนำเสนอ ครูคอยให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม เพื่อให้นักเรียนมีความเข้าใจที่ถูกต้องมากยิ่งขึ้น
(หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบประเมินการนำเสนอผลงาน)

10. ครูตั้งประเด็นคำถามกระตุ้นความคิดนักเรียนว่า “ความเข้มสนามไฟฟ้าของตัวนำทรงกลมที่ตำแหน่งใดมีค่าเป็นศูนย์” โดยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายแสดงความคิดเห็นเพื่อหาคำตอบ
(แนวตอบ : เนื่องจากตัวนำทรงกลมจะมีประจุกระจายอยู่บนผิว จึงทำให้ที่ตำแหน่งบริเวณภายในตัวนำทรงกลมความเข้มสนามไฟฟ้าจะมีค่าเป็นศูนย์)

ขั้นที่ 4 ขยายความเข้าใจ (Elaborate)

11. ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนซักถามเนื้อหาเกี่ยวกับ เรื่อง สนามไฟฟ้า และให้ความรู้เพิ่มเติมจากคำถามของนักเรียน โดยครูใช้ PowerPoint เรื่อง สนามไฟฟ้า ในการอธิบายเพิ่มเติม
12. นักเรียนศึกษาตัวอย่างที่ 6.5-6.8 จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 ไฟฟ้าสถิต จากนั้นครูสุ่มนักเรียน จำนวน 4-5 คน ออกมาแสดงวิธีการคำนวณหาผลลัพธ์จากตัวอย่างที่ได้ศึกษา ครูอาจเสนอแนะ หรืออธิบายเพิ่มเติมในตัวอย่างนั้น ๆ
13. นักเรียนจับคู่ตามเลขที่ของตนเอง เช่น เลขที่ 1 จับคู่กับเลขที่ 2 จากนั้นให้นักเรียนแต่ละคู่ร่วมกันทำใบงานที่ 6.4.1 เรื่อง สนามไฟฟ้า

14. ครูสุ่มนักเรียน จำนวน 2 คู่ ออกมาแสดงวิธีการคำนวณหาผลลัพธ์ จากใบงานที่ 6.4.1 เรื่อง สนามไฟฟ้า หน้าชั้นเรียน โดยครูสอบถามนักเรียนคู่อื่น ๆ ว่ามีคำตอบแตกต่างจากสิ่งที่เพื่อนออกมาแสดงวิธีการคำนวณหรือไม่ ถ้าแตกต่างครูให้นักเรียนออกมาแสดงวิธีการคำนวณหาผลลัพธ์ จากนั้นครูเฉลยคำตอบที่ถูกต้องให้นักเรียน
15. นักเรียนทำ Topic Question เรื่อง สนามไฟฟ้า จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 ไฟฟ้าสถิต ลงในสมุดประจำตัวนักเรียน
16. นักเรียนแต่ละคนทำ Unit Question 6 เรื่อง สนามไฟฟ้า จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 ไฟฟ้าสถิต ลงในสมุดประจำตัวนักเรียน
17. นักเรียนแต่ละคนทำแบบฝึกหัด เรื่อง สนามไฟฟ้า จากแบบฝึกหัด รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 ไฟฟ้าสถิต เป็นการบ้านส่งในชั่วโมงถัดไป

ขั้นสรุป

ขั้นที่ 5 ตรวจสอบผล (Evaluate)

1. ครูประเมินผล โดยการสังเกตพฤติกรรมการตอบคำถาม พฤติกรรมการทำงานรายบุคคล พฤติกรรมการทำงานกลุ่ม และจากการนำเสนอผลการปฏิบัติกิจกรรมหน้าชั้นเรียน
2. ครูตรวจสอบผลการทำใบงานที่ 6.4.1 เรื่อง สนามไฟฟ้า
3. ครูตรวจ Topic Question เรื่อง สนามไฟฟ้า ในสมุดประจำตัวนักเรียน
4. ครูตรวจแบบฝึกหัดจาก Unit Question 6 เรื่อง สนามไฟฟ้า ในสมุดประจำตัวนักเรียน
5. ครูตรวจสอบแบบฝึกหัด เรื่อง สนามไฟฟ้า จากแบบฝึกหัด รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 ไฟฟ้าสถิต
6. นักเรียนและครูร่วมกันสรุปเกี่ยวกับสนามไฟฟ้า ซึ่งได้ข้อสรุปร่วมกันว่า “สนามไฟฟ้า คือ บริเวณโดยรอบของวัตถุที่มีประจุ แรงไฟฟ้าจากประจุไฟฟ้าบนวัตถุดังกล่าวสามารถส่งอำนาจไฟฟ้าไปถึงโดยสนามไฟฟ้าจะใช้แรงไฟฟ้าเขียนแทนสนามไฟฟ้าบริเวณนั้น สนามไฟฟ้าทดสอบได้โดยการนำประจุไปวางที่จุดต่าง ๆ โดยรอบวัตถุที่มีประจุ”

7. การวัดและประเมินผล

รายการวัด	วิธีวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
7.1 การประเมินระหว่างการจัดกิจกรรม			
1) สนามไฟฟ้า	- ตรวจใบงานที่ 6.4.1 - ตรวจแบบฝึกหัด	- ใบงานที่ 6.4.1 - แบบฝึกหัด	- ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์ - ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์
2) การนำเสนอผลงาน/ ผลการปฏิบัติกิจกรรม	- ประเมินการนำเสนอผลงาน/ผลการปฏิบัติกิจกรรม	- แบบประเมินการนำเสนอผลงาน	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
3) พฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- สังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
4) พฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- สังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
5) คุณลักษณะอันพึงประสงค์	- สังเกตความมีวินัย รับผิดชอบ ใฝ่เรียนรู้ ซื่อสัตย์ สุจริต และ มุ่งมั่นในการทำงาน	- แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์

8. สื่อ/แหล่งการเรียนรู้

8.1 สื่อการเรียนรู้

- 1) หนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 ไฟฟ้าสถิต
- 2) แบบฝึกหัด รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 ไฟฟ้าสถิต
- 3) ใบงานที่ 6.4.1 เรื่อง สนามไฟฟ้า
- 4) PowerPoint เรื่อง สนามไฟฟ้า
- 5) สลากหมายเลข
- 6) QR Code เรื่อง สนามไฟฟ้า
- 7) วิดีทัศน์เกี่ยวกับสนามไฟฟ้า (Electric Field Lines)

จาก <https://www.youtube.com/watch?v=F1z5UaX96j8>

- 8) สมุดประจำตัวนักเรียน

8.2 แหล่งการเรียนรู้

- 1) ห้องสมุด
- 2) อินเทอร์เน็ต

[illegible][illegible]

ใบงานที่ 6.4.1

เรื่อง สนามไฟฟ้า

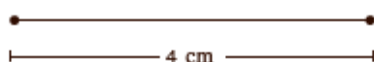
เฉลย

คำชี้แจง : แสดงวิธีคำนวณหาผลลัพธ์ของโจทย์ต่อไปนี้

1. วางประจุ 2 ประจุ ดังภาพ จงหาตำแหน่งที่สนามไฟฟ้าลัพธ์หักล้างกันเป็นศูนย์

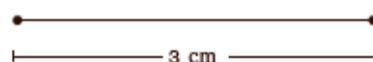
ก) $Q_1 = 9\mu\text{C}$

$Q_2 = 4\mu\text{C}$

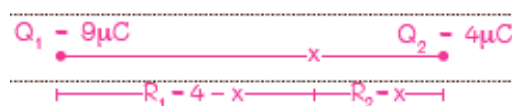


ข) $Q_1 = -9\mu\text{C}$

$Q_2 = 4\mu\text{C}$



วิธีทำ ก) เนื่องจากเป็นประจุชนิดเดียวกัน จุดสะเทินจะอยู่ระหว่างประจุทั้งสอง และอยู่ใกล้ประจุ Q_2 โดยสมมติให้จุดสะเทินอยู่ห่างจากประจุ Q_2 เป็นระยะ x เซนติเมตร ดังภาพ



จุดสะเทิน ;

$$\sum E = 0$$

$$E_1 = E_2$$

$$\frac{kQ_1}{R_1^2} = \frac{kQ_2}{R_2^2}$$

$$\frac{(9 \times 10^{-6})}{(4-x)^2} = \frac{(4 \times 10^{-6})}{x^2}$$

$$\frac{x^2}{(4-x)^2} = \frac{4}{9}$$

$$\frac{x}{(4-x)} = \frac{2}{3}$$

$$3x = 8 - 2x$$

$$5x = 8$$

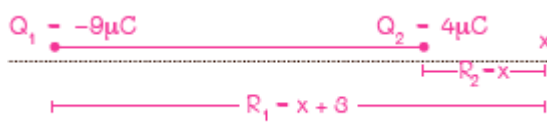
$$x = \frac{8}{5}$$

$$x = 1.6 \text{ cm}$$

ดังนั้น ตำแหน่งที่สนามไฟฟ้าลัพธ์หักล้างกันเป็นศูนย์อยู่ห่างจากประจุ Q_2 เป็นระยะ 1.6 เซนติเมตร และอยู่ห่างจากประจุ Q_1 เป็นระยะ 2.4 เซนติเมตร

วิธีทำ ข) เนื่องจากเป็นประจุต่างชนิดกัน จุดสะเทินจะอยู่บนเส้นตรงด้านนอกที่ผ่านประจุทั้งสอง

และอยู่ใกล้ประจุ Q_2 โดยสมมติให้จุดสะเทินอยู่ห่างจากประจุ Q_2 เป็นระยะ x เซนติเมตร
 ดังภาพ



จุดสะเทิน ;

$$\sum E = 0$$

$$E_1 = E_2$$

$$\frac{kQ_1}{R_1^2} = \frac{kQ_2}{R_2^2}$$

$$\frac{(9 \times 10^{-6})}{(3+x)^2} = \frac{(4 \times 10^{-6})}{x^2}$$

$$\frac{x^2}{(3+x)^2} = \frac{4}{9}$$

$$\frac{x}{(3+x)} = \frac{2}{3}$$

$$3x = 6 + 2x$$

$$x = 6 \text{ cm}$$

ดังนั้น ตำแหน่งที่สนามไฟฟ้าลัพธ์หักล้างกันเป็นศูนย์อยู่ห่างจากประจุ Q_2 เป็นระยะ 6 เซนติเมตร และอยู่ห่างจากประจุ Q_1 เป็นระยะ 9 เซนติเมตร

2. ตัวนำทรงกลมรัศมี 5 เซนติเมตร มีสนามไฟฟ้าสูงสุด 1,800 นิวตันต่อคูลอมบ์ จงหาประจุบนตัวนำทรงกลม และสนามไฟฟ้าที่จุดห่างจากจุดศูนย์กลางวงกลม 3 เซนติเมตร และ 10 เซนติเมตร

วิธีทำ จากโจทย์ จะได้ว่า สนามไฟฟ้าสูงสุดเท่ากับสนามไฟฟ้าที่ผิวของตัวนำทรงกลม

$$E_{\max} = E_{\text{surface}} = 1,800 \text{ N/C}$$

จากสมการ $E_{\text{surface}} = \frac{kq_1}{r^2}$

$$1,800 = \frac{(9 \times 10^9)q_1}{(5 \times 10^{-2})^2}$$

$$q = \frac{(1,800)(5 \times 10^{-2})^2}{(9 \times 10^9)}$$

$$q = 5 \times 10^{-10} \text{ C}$$

สนามไฟฟ้าที่ห่างจากจุดศูนย์กลางทรงกลม 3 เซนติเมตร ($E_{3 \text{ cm}}$) ซึ่งอยู่ภายในตัวนำทรงกลม

มีค่าเป็นศูนย์ $E_{3 \text{ cm}} = 0$

สนามไฟฟ้าที่ห่างจากจุดศูนย์กลางทรงกลม 10 เซนติเมตร ($E_{10 \text{ cm}}$) สามารถหาได้จาก

$$E_{10 \text{ cm}} = \frac{kq_1}{r^2}$$

$$E_{10 \text{ cm}} = \frac{(9 \times 10^9)(5 \times 10^{-10})}{(10 \times 10^{-2})^2}$$

$$E_{10 \text{ cm}} = 450 \text{ N/C}$$

ดังนั้น ประจุบนตัวนำทรงกลมนี้มีค่าเท่ากับ 5×10^{-10} คูลอมบ์ ที่ระยะห่างจากจุดศูนย์กลางของทรงกลม

3 เซนติเมตร และ 10 เซนติเมตร มีค่าสนามไฟฟ้าเท่ากับศูนย์ และ 450 นิวตันต่อคูลอมบ์ ตามลำดับ

3. อนุภาคหนึ่งมีมวล 4×10^{-9} กิโลกรัม มีประจุ -2×10^{-9} คูโลมบ์ วางอยู่ในระหว่างแผ่นขนานซึ่งมีสนามไฟฟ้าคงที่ 3,000 นิวตันต่อคูโลมบ์ มีทิศพุ่งจากทิศตะวันตกไปตะวันออก จงหาทิศทางการเคลื่อนที่และความเร่งของอนุภาคนี้

วิธีทำ จากสมการ $F = qE$

$$ma = qE$$

$$(4 \times 10^{-9})a = (2 \times 10^{-9})(3,000)$$

$$a = \frac{(2 \times 10^{-9})(3,000)}{(4 \times 10^{-9})}$$

$$a = 1.5 \times 10^3 \text{ m/s}^2$$

ดังนั้น อนุภาคนี้มีความเร่ง 1.5×10^3 เมตรต่อวินาที² และมีทิศการเคลื่อนที่จากทิศตะวันออกไปทิศตะวันตก

สลากหมายเลข

1

2



3

9. ความเห็นของผู้บริหารสถานศึกษาหรือผู้ที่ได้รับมอบหมาย

ข้อเสนอแนะ

.....

ลงชื่อ

(.....)

ตำแหน่ง

10. บันทึกผลหลังการสอน

- ด้านความรู้

.....

.....

- ด้านสมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

.....

.....

- ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์

.....

.....

- ด้านความสามารถทางวิทยาศาสตร์

.....

.....

- ด้านอื่น ๆ (พฤติกรรมเด่น หรือพฤติกรรมที่มีปัญหาของนักเรียนเป็นรายบุคคล (ถ้ามี))

.....

.....

- ปัญหา/อุปสรรค

.....

.....

- แนวทางการแก้ไข

.....

.....

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5

เส้นสนามไฟฟ้า

เวลา 4 ชั่วโมง

1. ผลการเรียนรู้

อธิบาย และคำนวณสนามไฟฟ้าและแรงไฟฟ้าที่กระทำกับอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าที่อยู่ในสนามไฟฟ้า รวมทั้งหาสนามไฟฟ้าลัทธิเนื่องจากระบบจุดประจุโดยรวมกันแบบเวกเตอร์

2. จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายเส้นสนามไฟฟ้าและจุดสะเทินได้ (K)
2. ปฏิบัติกิจกรรมเส้นสนามไฟฟ้าได้อย่างถูกต้องและเป็นลำดับขั้นตอน (P)
3. มีความมุ่งมั่นในการเรียนรู้และการทำงานที่ได้รับมอบหมายตลอดเวลา (A)

3. สารการเรียนรู้

สารการเรียนรู้เพิ่มเติม	สารการเรียนรู้ท้องถิ่น
สนามไฟฟ้าของแผ่นโลหะคู่ขนานเป็นสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ	พิจารณาตามหลักสูตรของสถานศึกษา

4. สารสำคัญ/ความคิดรวบยอด

เส้นสนามไฟฟ้าหรือเส้นแรงไฟฟ้า คือ เส้นที่ใช้เขียนเพื่อแสดงทิศของสนามไฟฟ้าในบริเวณรอบ ๆ จุดประจุ โดยหัวลูกศรแสดงทิศทางของสนามไฟฟ้า ซึ่งมีทิศพุ่งออกจากประจุบวกและพุ่งเข้าสู่ประจุลบ ส่วนจุดที่ไม่มีเส้นสนามไฟฟ้าผ่านหรือจุดที่สนามไฟฟ้าลัทธิเป็นศูนย์ เรียกจุดนั้นว่า จุดสะเทิน

5. สมรรถนะสำคัญของผู้เรียนและคุณลักษณะอันพึงประสงค์

สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน	คุณลักษณะอันพึงประสงค์
1. ความสามารถในการสื่อสาร 2. ความสามารถในการคิด 1) ทักษะการสังเกต 2) ทักษะการทดลอง 3) ทักษะการสื่อสาร 4) ทักษะการวิเคราะห์ 5) ทักษะการทำงานร่วมกัน 6) ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป	1. มีวินัย รับผิดชอบ 2. ใฝ่เรียนรู้ 3. ซื่อสัตย์ สุจริต 4. มุ่งมั่นในการทำงาน

สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน	คุณลักษณะอันพึงประสงค์
3. ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต 4. ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี	

6. กิจกรรมการเรียนรู้



แนวคิด/รูปแบบการสอน/วิธีการสอน/เทคนิค : แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es Instructional Model)

ชั่วโมงที่ 1

ขั้นนำ

ขั้นที่ 1 กระตุ้นความสนใจ (Engage)

- ครูให้นักเรียนสแกน QR Code เรื่อง สนามไฟฟ้า จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 ไฟฟ้าสถิต เพื่อเปิด Interactive 3D เรื่อง สนามไฟฟ้า
- จากนั้นครูตั้งประเด็นคำถามและทบทวนความรู้เดิมของนักเรียน โดยให้นักเรียนแต่ละคนร่วมกันอภิปรายแสดงความคิดเห็นเพื่อหาคำตอบ ดังนี้
 - สนามไฟฟ้ามีทิศทางอย่างไร
(แนวตอบ : สนามไฟฟ้ามีทิศพุ่งออกจากประจุบวก และมีทิศเข้าหาประจุลบ)
 - ถ้านำประจุทดสอบไปไว้ในสนามไฟฟ้า แรงไฟฟ้าจะมีทิศทางอย่างไร
(แนวตอบ : ถ้านำประจุทดสอบที่มีประจุเป็นบวกไปไว้ในสนามไฟฟ้า แรงไฟฟ้าที่กระทำต่อประจุจะมีทิศทางเดียวกับสนามไฟฟ้า แต่ถ้าถ้านำประจุทดสอบที่มีประจุเป็นลบไปไว้ในสนามไฟฟ้า แรงไฟฟ้าที่กระทำต่อประจุจะมีทิศทางตรงข้ามกับสนามไฟฟ้า)
- ครูถามคำถาม Prior Knowledge จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 ไฟฟ้าสถิต เพื่อเป็นการนำเข้าสู่บทเรียนว่า “เส้นแรงไฟฟ้าใช้อธิบายสนามไฟฟ้าได้อย่างไร และมีข้อจำกัดอะไรบ้าง” จากนั้นครูกล่าวเชื่อมโยงเข้าสู่กิจกรรมการเรียนรู้การสอน
(แนวตอบ : เส้นแรงไฟฟ้าใช้อธิบายสนามไฟฟ้าได้โดยการนำความรู้เรื่องแรงระหว่างประจุหาทิศทางของสนามไฟฟ้าเนื่องจากจุดประจุ และเขียนภาพแสดงทิศทางของสนามไฟฟ้ารอบจุดประจุได้ แต่เส้นแรงไฟฟ้ามีข้อจำกัด คือ ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า ต้องทำการทดลองเพื่อแสดงให้เห็น)

ขั้นตอน

ขั้นที่ 2 สำรวจค้นหา (Explore)

1. นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 6 คน ตามความสมัครใจ จากนั้นครูแจ้งจุดประสงค์ของกิจกรรม
เส้นสนามไฟฟ้า ให้นักเรียนทราบเพื่อเป็นแนวทางการปฏิบัติกิจกรรมที่ถูกต้อง
2. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันศึกษากิจกรรม เส้นสนามไฟฟ้า จากใบกิจกรรม เรื่อง เส้นสนามไฟฟ้า
โดยครูใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบร่วมมือมาจัดกระบวนการเรียนรู้ โดยกำหนดให้สมาชิกแต่ละคน
ภายในกลุ่มมีบทบาทหน้าที่ของตนเอง ดังนี้
 - สมาชิกคนที่ 1-2 ทำหน้าที่ เตรียมวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการปฏิบัติกิจกรรมเส้นสนามไฟฟ้า
 - สมาชิกคนที่ 3-4 ทำหน้าที่ อ่านวิธีปฏิบัติกิจกรรม และนำมาอธิบายให้สมาชิกในกลุ่มฟัง
 - สมาชิกคนที่ 5-6 ทำหน้าที่ บันทึกผลการปฏิบัติกิจกรรมลงในใบกิจกรรม
 (หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบประเมินการปฏิบัติกิจกรรม)
3. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันปฏิบัติกิจกรรมตามขั้นตอน จากใบกิจกรรม เรื่อง เส้นสนามไฟฟ้า
4. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันแลกเปลี่ยนความรู้และวิเคราะห์ผลการปฏิบัติกิจกรรม แล้วอภิปรายผล
ร่วมกัน

ชั่วโมงที่ 2

ขั้นตอน

ขั้นที่ 3 อธิบายความรู้ (Explain)

5. นักเรียนแต่ละกลุ่มออกมานำเสนอผลการปฏิบัติกิจกรรมหน้าชั้นเรียน ในระหว่างที่นักเรียนนำเสนอ
ครูคอยให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมเพื่อให้ นักเรียนมีความเข้าใจที่ถูกต้องมากยิ่งขึ้น
(หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบประเมินการนำเสนอผลงาน)
6. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันตอบคำถามท้ายกิจกรรม เส้นสนามไฟฟ้า โดยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกัน
อภิปรายแสดงความคิดเห็นเพื่อหาคำตอบ จากนั้นครูสุ่มนักเรียนจำนวน 4-5 กลุ่ม ออกมานำเสนอ
คำตอบของกลุ่มตนเองหน้าชั้นเรียน
7. เมื่อนักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอคำตอบของกลุ่มตนเองเรียบร้อยแล้ว นักเรียนและครูร่วมกันอภิปราย
ผลท้ายกิจกรรม เส้นสนามไฟฟ้า และเฉลยคำถามท้ายกิจกรรม

ชั่วโมงที่ 3-4

ขั้นสอน

ขั้นที่ 3 อธิบายความรู้ (Explain)

8. นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 3-4 คน ตามความสนใจ จากนั้นให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันศึกษาค้นคว้าข้อมูลเกี่ยวกับ เรื่อง เส้นสนามไฟฟ้า และจุดสะเทิน จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติม วิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 ไฟฟ้าสถิต หรือแหล่งการเรียนรู้ต่าง ๆ เช่น อินเทอร์เน็ต ห้องสมุด
9. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายเรื่องที่ได้ศึกษา จากนั้นให้นักเรียนแต่ละคนเขียนสรุปความรู้ที่ได้จากการศึกษาค้นคว้าลงในสมุดประจำตัวนักเรียน เพื่อนำส่งครูท้ายชั่วโมง
(หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล)
10. ครูสุ่มนักเรียนออกมานำเสนอผลจากการศึกษาค้นคว้าหน้าชั้นเรียน โดยสุ่มออกมาเพียง 4 กลุ่ม ซึ่งครูเป็นคนเลือกว่าจะให้นักเรียนกลุ่มไหนนำเสนอเรื่องอะไร ตามหัวข้อเรื่อง ดังต่อไปนี้
 - กลุ่มที่ 1-2 เรื่อง เส้นสนามไฟฟ้า
 - กลุ่มที่ 3-4 เรื่อง จุดสะเทิน
 (หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบประเมินการนำเสนอผลงาน)
11. ขณะที่นักเรียนนำเสนอ ครูอาจเสนอแนะหรือแทรกข้อมูลเพิ่มเติมในเรื่องนั้น ๆ เพื่อให้นักเรียนมีความเข้าใจที่ถูกต้องมากยิ่งขึ้น
12. ครูตั้งประเด็นคำถามกระตุ้นความคิดนักเรียนว่า “จุดสะเทิน คืออะไร” โดยให้นักเรียนแต่ละคนร่วมกันอภิปรายแสดงความคิดเห็นเพื่อหาคำตอบ
(แนวตอบ : จุดสะเทิน เป็นจุดที่ความเข้มสนามไฟฟ้าลัพธ์มีค่าเป็นศูนย์)

ขั้นที่ 4 ขยายความเข้าใจ (Elaborate)

13. ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนซักถามเนื้อหาเกี่ยวกับ เรื่อง เส้นสนามไฟฟ้า และให้ความรู้เพิ่มเติมจากคำถามของนักเรียน โดยครูใช้ PowerPoint เรื่อง เส้นสนามไฟฟ้า ในการอธิบายเพิ่มเติม
14. นักเรียนแต่ละคนศึกษาตัวอย่างที่ 6.9 จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 ไฟฟ้าสถิต จากนั้นให้นักเรียนจับคู่กับเพื่อนในชั้นเรียนตามความสนใจ ร่วมกันทำ Topic Question เรื่อง เส้นสนามไฟฟ้า จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 ไฟฟ้าสถิต ลงในสมุดประจำตัวนักเรียน
15. นักเรียนแต่ละคนทำ Unit Question 6 เรื่อง เส้นสนามไฟฟ้า จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 ไฟฟ้าสถิต ลงในสมุดประจำตัวนักเรียน

16. นักเรียนแต่ละคนทำแบบฝึกหัด เรื่อง เส้นสนามไฟฟ้า จากแบบฝึกหัด รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์
ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 ไฟฟ้าสถิต เป็นการบ้านส่งในชั่วโมงถัดไป

ขั้นสรุป

ขั้นที่ 5 ตรวจสอบผล (Evaluate)

1. ครูประเมินผล โดยการสังเกตพฤติกรรมการตอบคำถาม พฤติกรรมการทำงานรายบุคคล
พฤติกรรมการทำงานกลุ่ม และจากการนำเสนอผลการปฏิบัติกิจกรรมหน้าชั้นเรียน
2. ครูวัดและประเมินผลการปฏิบัติกิจกรรม เส้นสนามไฟฟ้า
3. ครูตรวจ Topic Question เรื่อง เส้นสนามไฟฟ้า ในสมุดประจำตัวนักเรียน
4. ครูตรวจแบบฝึกหัดจาก Unit Question 6 เรื่อง เส้นสนามไฟฟ้า ในสมุดประจำตัวนักเรียน
5. ครูตรวจสอบแบบฝึกหัด เรื่อง เส้นสนามไฟฟ้า จากแบบฝึกหัด รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์
ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 ไฟฟ้าสถิต
6. นักเรียนและครูร่วมกันสรุปเกี่ยวกับเส้นสนามไฟฟ้า และจุดสะเทิน ซึ่งได้ข้อสรุปร่วมกันว่า
“เส้นแรงไฟฟ้า พุ่งออกจากประจุบวกและพุ่งเข้าหาประจุลบเสมอ เส้นแรงไฟฟ้าจะมีระเบียบโดย
เส้นแรงไฟฟ้าแต่ละเส้นจะไม่ตัดกัน และสนามไฟฟ้า ณ ตำแหน่งใด ๆ จะมีทิศอยู่ในแนวสัมผัสกับ
เส้นแรงไฟฟ้า ณ ตำแหน่งนั้น และจุดสะเทิน เป็นจุดที่ความเข้มสนามไฟฟ้าลัพธ์มีค่าเป็นศูนย์”

7. การวัดและประเมินผล

รายการวัด	วิธีวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
7.1 การประเมินระหว่าง การจัดกิจกรรม			
1) เส้นสนามไฟฟ้า	- ตรวจใบกิจกรรม - ตรวจแบบฝึกหัด	- ใบกิจกรรม - แบบฝึกหัด	- ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์ - ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์
2) ผลบันทึกการ ปฏิบัติ กิจกรรม เส้นสนามไฟฟ้า	- ประเมินการปฏิบัติ กิจกรรม	- แบบประเมินการปฏิบัติ กิจกรรม	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
3) การนำเสนอ ผลงาน/ ผลการปฏิบัติ กิจกรรม	- ประเมินการนำเสนอ ผลงาน/ผลการปฏิบัติ กิจกรรม	- แบบประเมินการ นำเสนอผลงาน	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์

รายการวัด	วิธีวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
4) พฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- สังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
5) พฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- สังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
6) คุณลักษณะอันพึงประสงค์	- สังเกตความมีวินัย รับผิดชอบ ใฝ่เรียนรู้ ซื่อสัตย์ สุจริต และ มุ่งมั่นในการทำงาน	- แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์

8. สื่อ/แหล่งการเรียนรู้

8.1 สื่อการเรียนรู้

- 1) หนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 ไฟฟ้าสถิต
- 2) แบบฝึกหัด รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 ไฟฟ้าสถิต
- 3) ใบกิจกรรม เรื่อง เส้นสนามไฟฟ้า
- 4) วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการปฏิบัติกิจกรรมเส้นสนามไฟฟ้า
- 5) PowerPoint เรื่อง เส้นสนามไฟฟ้า
- 6) QR Code เรื่อง สนามไฟฟ้า
- 7) สมุดประจำตัวนักเรียน

8.2 แหล่งการเรียนรู้

- 1) ห้องเรียน
- 2) ห้องสมุด
- 3) อินเทอร์เน็ต

ใบกิจกรรม

เรื่อง เส้นสนามไฟฟ้า

สมาชิกในกลุ่ม

- | | |
|----------|----------|
| 1) | 2) |
| 3) | 4) |
| 5) | 6) |

จุดประสงค์

1. ทำการทดลองเพื่อแสดงเส้นสนามไฟฟ้าได้
2. อธิบายเส้นสนามไฟฟ้าที่เกิดจากขั้วโลหะปลายแหลมและแผ่นตัวนำโลหะที่มีประจุต่างชนิดกันได้

วัสดุอุปกรณ์

1. ผงต่างทึบทึมบดละเอียด
2. กระดาษกรอง
3. เครื่องจ่ายไฟตรงโวลต์สูง
4. แผ่นกระจกสำหรับรองแผ่นกระดาษกรอง
5. ขั้วไฟฟ้า 2 ขั้วที่ติดอยู่กับฐานแผ่นโลหะ
6. สายไฟพร้อมปากคีบ 2 เส้น

วิธีการปฏิบัติกิจกรรม

ตอนที่ 1 เส้นสนามไฟฟ้าที่เกิดจากขั้วโลหะปลายแหลมสองปลายที่มีประจุต่างชนิดกัน

1. วางกระดาษกรองเปียกน้ำหมาด ๆ บนแผ่นกระจก จัดกระดาษกรองให้แนบแผ่นกระจก
2. วางขั้วโลหะปลายแหลมโดยให้ปลายแหลมทั้งสองแตะกระดาษกรอง และห่างกัน 5 เซนติเมตร
3. ต่อขั้วโลหะปลายแหลมกับเครื่องจ่ายไฟตรงโวลต์สูง เปิดสวิตช์ ให้เครื่องจ่ายไฟตรงโวลต์สูงทำงาน
4. โรยผงต่างทึบทึมอย่างสม่ำเสมอ และระหว่างปลายแหลมทั้งสอง สังเกตและบันทึกผลการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น

ตอนที่ 2 เส้นสนามไฟฟ้าที่เกิดจากแผ่นตัวนำ 2 แผ่นที่วางขนานกันและประจุต่างชนิดกัน

1. จัดอุปกรณ์เช่นเดียวกับตอนที่ 1 แต่ถอดโลหะปลายแหลมออก ให้เหลือเฉพาะฐานที่เป็นแผ่นโลหะ
ซึ่งจะใช้แผ่นโลหะทั้งสองเป็นขั้วไฟฟ้า
2. ทำกิจกรรมของข้อ 1.-4. ของตอนที่ 1 ซ้ำ
3. สังเกตและบันทึกผลการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น

ผลการปฏิบัติกิจกรรม

ตอนที่ 1

.....

.....

.....

.....

ตอนที่ 2

.....

.....

.....

.....

อภิปรายผลทำกิจกรรม

.....

.....

.....

.....

.....

.....

คำถามท้ายกิจกรรม

1. สนามไฟฟ้าของประจุบวกและประจุลบมีลักษณะแตกต่างกันอย่างไร

.....

.....

.....

2. เพราะเหตุใดการกระจายของผงต่างทับทิมในแต่ละบริเวณจึงมีความหนาแน่นไม่เท่ากัน

.....

.....

.....

ใบกิจกรรม

เรื่อง เส้นสนามไฟฟ้า

เนลย

สมาชิกในกลุ่ม

- 1) 2)
 3) 4)
 5) 6)

จุดประสงค์

1. ทำการทดลองเพื่อแสดงเส้นสนามไฟฟ้าได้
2. อธิบายเส้นสนามไฟฟ้าที่เกิดจากขั้วโลหะปลายแหลมและแผ่นตัวนำโลหะที่มีประจุต่างชนิดกันได้

วัสดุอุปกรณ์

1. ผงดำทับทิมบดละเอียด
2. กระดาษกรอง
3. เครื่องจ่ายไฟตรงโวลต์สูง
4. แผ่นกระจกสำหรับรองแผ่นกระดาษกรอง
5. ขั้วไฟฟ้า 2 ขั้วที่ติดอยู่กับฐานแผ่นโลหะ
6. สายไฟพร้อมปากคีบ 2 เส้น

วิธีการปฏิบัติกิจกรรม

ตอนที่ 1 เส้นสนามไฟฟ้าที่เกิดจากขั้วโลหะปลายแหลมสองปลายที่มีประจุต่างชนิดกัน

1. วางกระดาษกรองเปียกน้ำหมาด ๆ บนแผ่นกระจก จัดกระดาษกรองให้แนบแผ่นกระจก
2. วางขั้วโลหะปลายแหลมโดยให้ปลายแหลมทั้งสองแตะกระดาษกรอง และห่างกัน 5 เซนติเมตร
3. ต่อขั้วโลหะปลายแหลมกับเครื่องจ่ายไฟตรงโวลต์สูง เปิดสวิตช์ ให้เครื่องจ่ายไฟตรงโวลต์สูงทำงาน
4. โรยผงดำทับทิมอย่างสม่ำเสมอ และระหว่างปลายแหลมทั้งสอง สังเกตและบันทึกผลการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น

ตอนที่ 2 เส้นสนามไฟฟ้าที่เกิดจากแผ่นตัวนำ 2 แผ่นที่วางขนานกันและประจุต่างชนิดกัน

1. จัดอุปกรณ์เช่นเดียวกับตอนที่ 1 แต่ถอดโลหะปลายแหลมออก ให้เหลือเฉพาะฐานที่เป็นแผ่นโลหะ ซึ่งจะใช้แผ่นโลหะทั้งสองเป็นขั้วไฟฟ้า
2. ทำกิจกรรมของข้อ 1.-4. ของตอนที่ 1 ซ้ำ

3. สังเกตและบันทึกผลการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น

ผลการปฏิบัติกิจกรรม

ตอนที่ 1

ผงด่างทับทิมจะเคลื่อนที่เป็นแนวเส้นโค้งจากขั้วบวกไปขั้วลบ โดยการกระจายของผงด่างทับทิมในแต่ละบริเวณจะมีความหนาแน่นไม่เท่ากัน

ตอนที่ 2

ผงด่างทับทิมจะเคลื่อนที่เป็นแนวเส้นตรงระหว่างแผ่นตัวนำสองแผ่น ส่วนบริเวณปลายทั้งสองด้านของแผ่นตัวนำทั้งสองผงด่างทับทิมจะเคลื่อนที่เป็นแนวโค้ง ซึ่งทั้งสองกรณีผงด่างทับทิมจะเคลื่อนที่จากขั้วบวกไปขั้วลบเหมือนกัน โดยการกระจายของผงด่างทับทิมในแต่ละบริเวณจะมีความหนาแน่นไม่เท่ากัน

อภิปรายผลทำกิจกรรม

เส้นแนวการเคลื่อนที่ของผงด่างทับทิมจะแสดงถึงเส้นสนามไฟฟ้าระหว่างขั้วไฟฟ้า ซึ่งเส้นสนามไฟฟ้าที่เกิดจากโลหะปลายแหลมสองปลายที่มีประจุต่างชนิดกันจะเป็นเส้นโค้งจากขั้วบวกไปยังขั้วลบ ส่วนเส้นสนามไฟฟ้าที่เกิดจากแผ่นตัวนำ 2 แผ่นที่วางขนานกันและประจุต่างชนิดกันจะเป็นเส้นตรงจากขั้วบวกไปยังขั้วลบ ส่วนการกระจายของผงด่างทับทิมจะแสดงถึงความหนาแน่นของเส้นสนามไฟฟ้า บริเวณใดมีความหนาแน่นของผงด่างทับทิมมากจะมีความหนาแน่นของเส้นสนามไฟฟ้ามาก ส่วนบริเวณใดที่มีความหนาแน่นของผงด่างทับทิมน้อยจะมีความหนาแน่นของเส้นสนามไฟฟ้าน้อย

คำถามท้ายกิจกรรม

1. สนามไฟฟ้าของประจุบวกและประจุลบมีลักษณะแตกต่างกันอย่างไร

สนามไฟฟ้าของประจุบวกมีทิศออกจากประจุบวก ส่วนสนามไฟฟ้าของประจุลบมีทิศเข้าหาประจุลบ

2. เพราะเหตุใดการกระจายของผงด่างทับทิมในแต่ละบริเวณจึงมีความหนาแน่นไม่เท่ากัน

เพราะเส้นแรงไฟฟ้าในแต่ละบริเวณมีความหนาแน่นไม่เท่ากัน

9. ความเห็นของผู้บริหารสถานศึกษาหรือผู้ที่ได้รับมอบหมาย

ข้อเสนอแนะ

.....

ลงชื่อ
(.....)
ตำแหน่ง

10. บันทึกผลหลังการสอน

- ด้านความรู้

.....

.....

- ด้านสมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

.....

.....

- ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์

.....

.....

- ด้านความสามารถทางวิทยาศาสตร์

.....

.....

- ด้านอื่น ๆ (พฤติกรรมเด่น หรือพฤติกรรมที่มีปัญหาของนักเรียนเป็นรายบุคคล (ถ้ามี))

.....

.....

- ปัญหา/อุปสรรค

.....

.....

- แนวทางการแก้ไข

.....

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6

ศักย์ไฟฟ้า

เวลา 3 ชั่วโมง

1. ผลการเรียนรู้

อธิบาย และคำนวณพลังงานศักย์ไฟฟ้า ศักย์ไฟฟ้า และความต่างศักย์ระหว่างสองตำแหน่งใด ๆ

2. จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายพลังงานศักย์ไฟฟ้า ศักย์ไฟฟ้า และความต่างศักย์ระหว่างสองตำแหน่งใด ๆ ได้ (K)
2. ตรวจสอบหาปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับพลังงานศักย์ไฟฟ้า ศักย์ไฟฟ้า และความต่างศักย์ระหว่างสองตำแหน่งใด ๆ ได้ (P)
3. มีความใฝ่เรียนรู้และมีความมุ่งมั่นในการทำงาน (A)

3. สารการเรียนรู้

สารการเรียนรู้เพิ่มเติม	สารการเรียนรู้ท้องถิ่น
- ประจุที่อยู่ในสนามไฟฟ้ามีพลังงานศักย์ไฟฟ้าคำนวณได้จากสมการ $U = k \frac{q_1 q_2}{r}$ - พลังงานศักย์ไฟฟ้าที่ตำแหน่งใด ๆ ต่อหนึ่งหน่วยประจุ เรียกว่า ศักย์ไฟฟ้าที่ตำแหน่งนั้น โดยศักย์ไฟฟ้าที่ตำแหน่งซึ่งอยู่ห่างจากจุดประจุแปรผันตรงกับขนาดของประจุ และแปรผกผันกับระยะทางจากจุดประจุถึงตำแหน่งนั้นเขียนแทนได้ด้วยสมการ $V = k \frac{Q}{r}$ - ศักย์ไฟฟ้ารวมเนื่องจากจุดประจุหลายจุดประจุ คือ ผลรวมของศักย์ไฟฟ้าเนื่องจากจุดประจุแต่ละจุดประจุ เขียนแทนได้ด้วยสมการ $V = k \sum_{i=1}^n \frac{q_i}{r_i}$	พิจารณาตามหลักสูตรของสถานศึกษา

สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม	สาระการเรียนรู้ท้องถิ่น
ความต่างศักย์ระหว่างสองตำแหน่งใด ๆ ในบริเวณที่มีสนามไฟฟ้าคือ งานในการเคลื่อนประจุบวกหนึ่งหน่วยจากตำแหน่งหนึ่งไปอีกตำแหน่งหนึ่ง เขียนแทนได้ด้วยสมการ $V_B - V_A = \frac{W_{A \rightarrow B}}{q}$	

4. สาระสำคัญ/ความคิดรวบยอด

เมื่อพิจารณาประจุในบริเวณที่มีสนามไฟฟ้า พบว่า ประจุได้รับแรงกระทำจากสนามไฟฟ้าซึ่งอาจทำให้ประจุเคลื่อนที่และเกิดงานได้ จึงกล่าวได้ว่า เมื่อประจุอยู่ในตำแหน่งต่าง ๆ ที่มีสนามไฟฟ้าจะมีพลังงานศักย์ที่เรียกว่า พลังงานศักย์ไฟฟ้า โดยศักย์ไฟฟ้า คือ พลังงานศักย์ไฟฟ้าต่อหนึ่งหน่วยประจุ ศักย์ไฟฟ้ารวมเนื่องจากจุดประจุหลายจุดประจุ คือ ผลรวมของศักย์ไฟฟ้าเนื่องจากจุดประจุแต่ละจุดประจุ

5. สมรรถนะสำคัญของผู้เรียนและคุณลักษณะอันพึงประสงค์

สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน	คุณลักษณะอันพึงประสงค์
1. ความสามารถในการสื่อสาร 2. ความสามารถในการคิด 1) ทักษะการสังเกต 2) ทักษะการสื่อสาร 3) ทักษะการวิเคราะห์ 4) ทักษะการคำนวณ 5) ทักษะการทำงานร่วมกัน 3. ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต 4. ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี	1. มีวินัย รับผิดชอบ 2. ใฝ่เรียนรู้ 3. ซื่อสัตย์ สุจริต 4. มุ่งมั่นในการทำงาน

6. กิจกรรมการเรียนรู้



แนวคิด/รูปแบบการสอน/วิธีการสอน/เทคนิค : แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es Instructional Model)

ชั่วโมงที่ 1

ขั้นนำ

ขั้นที่ 1 กระตุ้นความสนใจ (Engage)

1. ครูเปิดวิดีโอเกี่ยวกับพลังงานศักย์โน้มถ่วง (Kinetic and Potential Energy)

จาก <https://www.youtube.com/watch?v=vl4g7T5gw1M> ให้นักเรียนดู จากนั้นครูตั้งประเด็นคำถามกระตุ้นความคิดนักเรียนว่า “พลังงานศักย์โน้มถ่วง คืออะไร และปัจจัยใดบ้างที่มีผลต่อพลังงานศักย์โน้มถ่วง” โดยให้นักเรียนแต่ละคนร่วมกันอภิปรายแสดงความคิดเห็นอย่างอิสระ โดยไม่มีการเฉลยว่าถูกหรือผิด

(แนวตอบ : พลังงานศักย์ของวัตถุเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก และปัจจัยที่มีผลต่อพลังงานศักย์โน้มถ่วง คือ มวลของวัตถุ และความสูง)

2. ครูทบทวนความรู้เดิมของนักเรียนเกี่ยวกับพลังงานศักย์โน้มถ่วง ดังนี้

- เมื่อวัตถุอยู่ที่สูงจากระดับอ้างอิง วัตถุจะมีพลังงานศักย์โน้มถ่วง โดยถือว่าที่ระดับอ้างอิง วัตถุมีพลังงานศักย์โน้มถ่วงเท่ากับศูนย์
- การเลือกตำแหน่งอ้างอิงเพื่อบอกค่าพลังงานศักย์โน้มถ่วง ผู้สังเกตสามารถเลือกตำแหน่งใดก็ได้
- เมื่อปล่อยวัตถุให้เคลื่อนที่อย่างอิสระ วัตถุจะเคลื่อนที่จากตำแหน่งที่มีพลังงานศักย์โน้มถ่วงมากกว่า ไปตำแหน่งที่มีพลังงานศักย์โน้มถ่วงน้อยกว่า

3. ครูถามคำถาม Prior Knowledge จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์

ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 ไฟฟ้าสถิต เพื่อเป็นการนำเข้าสู่บทเรียนว่า “พลังงานศักย์โน้มถ่วง สัมพันธ์กับพลังงานศักย์ไฟฟ้าอย่างไร” จากนั้นครูกล่าวเชื่อมโยงเข้าสู่กิจกรรมการเรียนการสอน

(แนวตอบ : พลังงานศักย์โน้มถ่วงสัมพันธ์กับพลังงานศักย์ไฟฟ้าล้วนแต่เป็นพลังงานที่เกิดจากแรงภายนอกกระทำ)

ขั้นสอน

ขั้นที่ 2 สำรวจค้นหา (Explore)

1. นักเรียนคู่กับเพื่อนชั้นในเรียน ตามความสมัครใจ จากนั้นให้นักเรียนแต่ละคู่ร่วมกันศึกษาค้นคว้าข้อมูลเกี่ยวกับ เรื่อง พลังงานศักย์ไฟฟ้า และศักย์ไฟฟ้า จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 ไฟฟ้าสถิต หรือแหล่งการเรียนรู้ต่าง ๆ

เช่น อินเทอร์เน็ต ห้องสมุด

2. นักเรียนแต่ละคู่ร่วมกันอภิปรายเรื่องที่ได้ศึกษา จากนั้นให้นักเรียนแต่ละคนเขียนสรุปความรู้ที่ได้จากการศึกษาค้นคว้าลงในสมุดประจำตัวนักเรียน
(หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล)
3. ครูสุ่มนักเรียน จำนวน 3 คู่ ออกมานำเสนอผลการศึกษาค้นคว้าหน้าชั้นเรียน ในระหว่างที่นักเรียนนำเสนอ ครูอาจเสนอแนะหรือแทรกข้อมูลเพิ่มเติมในเรื่องนั้น ๆ เพื่อให้นักเรียนมีความเข้าใจที่ถูกต้องมากยิ่งขึ้น
(หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบประเมินการนำเสนอผลงาน)
4. ครูตั้งประเด็นคำถามกระตุ้นความคิดนักเรียนโดยให้นักเรียนแต่ละคู่ร่วมกันอภิปรายแสดงความคิดเห็นเพื่อหาคำตอบ ดังนี้
 - พลังงานศักย์ไฟฟ้ากับความต่างศักย์ไฟฟ้าแตกต่างกันอย่างไร
(แนวตอบ : ประจุอยู่ในตำแหน่งต่าง ๆ ที่มีสนามไฟฟ้าจะมีพลังงานศักย์ไฟฟ้าเกิดขึ้น และ ความต่างศักย์ไฟฟ้า คือ งานที่เกิดขึ้นในการเคลื่อนที่ของประจุ +1 หน่วย จากตำแหน่งหนึ่งไปยังอีกตำแหน่งหนึ่งภายในบริเวณที่มีสนามไฟฟ้า)
 - ศักย์ไฟฟ้า คืออะไร
(แนวตอบ : ศักย์ไฟฟ้า คือ พลังงานศักย์ไฟฟ้าต่อหนึ่งหน่วยประจุ)

ชั่วโมงที่ 2-3

ขั้นสอน

ขั้นที่ 2 สำรวจค้นหา (Explore)

5. นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 4 คน ตามความสมัครใจ จากนั้นให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันศึกษาค้นคว้าข้อมูลเกี่ยวกับ เรื่อง ศักย์ไฟฟ้าเนื่องจากจุดประจุ จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 ไฟฟ้าสถิต หรือแหล่งการเรียนรู้ต่าง ๆ เช่น อินเทอร์เน็ต ห้องสมุด
6. ครูแจกกระดาษฟลิปชาร์ตให้นักเรียนกลุ่มละ 1 แผ่น จากนั้นให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายระดมความคิดเห็นกันภายในกลุ่ม แล้วนำข้อมูลที่ได้จากการอภิปราย มาจัดทำในรูปแบบต่าง ๆ เช่น แผนผังมโนทัศน์ ลงในกระดาษฟลิปชาร์ต
(หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม)

ขั้นที่ 3 อธิบายความรู้ (Explain)

7. นักเรียนแต่ละกลุ่มออกมานำเสนอผลการศึกษาหน้าชั้นเรียน ในระหว่างที่นักเรียนนำเสนอ ครูคอยให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม เพื่อให้นักเรียนมีความเข้าใจที่ถูกต้องมากยิ่งขึ้น
(หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบประเมินการนำเสนอผลงาน)
8. ครูตั้งประเด็นคำถามกระตุ้นความคิดนักเรียนว่า “ศักย์ไฟฟ้ารวมเนื่องจากจุดประจุหลายจุดประจุ หมายความว่าอย่างไร” โดยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายแสดงความคิดเห็นเพื่อหาคำตอบ
(แนวตอบ : ผลรวมของศักย์ไฟฟ้าเนื่องจากจุดประจุแต่ละจุดประจุ)
9. ครูอธิบายให้นักเรียนเข้าใจเกี่ยวกับเงื่อนไขการใช้สมการศักย์ไฟฟ้าว่า “ศักย์ไฟฟ้าเป็นปริมาณ สเกลาร์ ต้องแทนเครื่องหมายของประจุไฟฟ้าลงในสมการทุกครั้ง ถ้าประจุไฟฟ้าเป็นลบจะได้ ศักย์ไฟฟ้าลบ ถ้าประจุไฟฟ้าเป็นบวกจะได้ศักย์ไฟฟ้าบวก”

ขั้นที่ 4 ขยายความเข้าใจ (Elaborate)

10. ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนซักถามเนื้อหาเกี่ยวกับ เรื่อง ศักย์ไฟฟ้า และศักย์ไฟฟ้าเนื่องจากจุดประจุ และให้ความรู้เพิ่มเติมจากคำถามของนักเรียน โดยครูใช้ PowerPoint เรื่อง ศักย์ไฟฟ้า ในการอธิบายเพิ่มเติม
11. นักเรียนแต่ละคนศึกษาตัวอย่างที่ 6.10-6.11 จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 จากนั้นให้นักเรียนแต่ละคนทำใบงานที่ 6.6.1 เรื่อง ศักย์ไฟฟ้าเนื่องจากจุดประจุ
12. ครูสุ่มนักเรียน จำนวน 3 คน ออกมาแสดงวิธีการคำนวณหาผลลัพธ์ จากใบงานที่ 6.6.1 เรื่อง ศักย์ไฟฟ้าเนื่องจากจุดประจุ หน้าชั้นเรียน โดยครูสอบถามนักเรียนในชั้นเรียนว่ามีคำตอบ แตกต่างจากสิ่งที่เพื่อนออกมาแสดงวิธีการคำนวณหรือไม่ ถ้าแตกต่างครูให้นักเรียนออกมาแสดง วิธีการคำนวณหาผลลัพธ์ จากนั้นครูเฉลยคำตอบที่ถูกต้องให้นักเรียน
13. นักเรียนแต่ละคนทำ Unit Question 6 เรื่อง ศักย์ไฟฟ้าเนื่องจากจุดประจุ จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 ไฟฟ้าสถิต ลงในสมุดประจำตัว นักเรียน
14. นักเรียนแต่ละคนทำแบบฝึกหัด เรื่อง ศักย์ไฟฟ้าเนื่องจากจุดประจุ จากแบบฝึกหัด รายวิชาเพิ่มเติม วิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 ไฟฟ้าสถิต เป็นการบ้านส่งในชั่วโมงถัดไป

ขั้นสรุป

ขั้นที่ 5 ตรวจสอบผล (Evaluate)

1. ครูประเมินผล โดยการสังเกตพฤติกรรมการตอบคำถาม พฤติกรรมการทำงานรายบุคคล พฤติกรรมการทำงานกลุ่ม และจากการนำเสนอผลการปฏิบัติกิจกรรมหน้าชั้นเรียน

2. ครูตรวจสอบผลการทำใบงานที่ 6.6.1 เรื่อง ศักย์ไฟฟ้าเนื่องจากจุดประจุ
3. ครูตรวจแบบฝึกหัดจาก Unit Question 6 เรื่อง ศักย์ไฟฟ้าเนื่องจากจุดประจุ ในสมุดประจำตัวนักเรียน
4. ครูตรวจสอบแบบฝึกหัด เรื่อง ศักย์ไฟฟ้าเนื่องจากจุดประจุ จากแบบฝึกหัด รายวิชาเพิ่มเติม วิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 ไฟฟ้าสถิต
5. นักเรียนและครูร่วมกันสรุปเกี่ยวกับศักย์ไฟฟ้า และศักย์ไฟฟ้าเนื่องจากจุดประจุ ซึ่งได้ข้อสรุปร่วมกันว่า “ศักย์ไฟฟ้า คือ พลังงานศักย์ไฟฟ้าต่อหนึ่งหน่วยประจุ โดยเส้นแรงไฟฟ้าจะมีทิศพุ่งออกจากจุดที่ศักย์ไฟฟ้าสูงไปยังจุดที่ศักย์ไฟฟ้าน้อยกว่าเสมอ และศักย์ไฟฟ้ารวมเนื่องจากจุดประจุหลายจุดประจุ คือ ผลรวมของศักย์ไฟฟ้าเนื่องจากจุดประจุแต่ละจุดประจุ”

7. การวัดและประเมินผล

รายการวัด	วิธีวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
7.1 การประเมินระหว่างการจัดกิจกรรม 1) ศักย์ไฟฟ้าและศักย์ไฟฟ้าเนื่องจากจุดประจุ	- ตรวจใบงานที่ 6.6.1 - ตรวจแบบฝึกหัด	- ใบงานที่ 6.6.1 - แบบฝึกหัด	- ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์ - ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์
2) การนำเสนอผลงาน/ผลการปฏิบัติกิจกรรม	- ประเมินการนำเสนอผลงาน/ผลการปฏิบัติกิจกรรม	- แบบประเมินการนำเสนอผลงาน	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
3) พฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- สังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
4) พฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- สังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
5) คุณลักษณะอันพึงประสงค์	- สังเกตความมีวินัย - รับผิดชอบ ใฝ่เรียนรู้ - ซื่อสัตย์ สุจริต และมุ่งมั่น - ในการทำงาน	- แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์

8. สื่อ/แหล่งการเรียนรู้

8.1 สื่อการเรียนรู้

- 1) หนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 ไฟฟ้าสถิต
- 2) แบบฝึกหัด รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 ไฟฟ้าสถิต
- 3) ใบงานที่ 6.6.1 เรื่อง ศักย์ไฟฟ้าเนื่องจากจุดประจุ
- 4) PowerPoint เรื่อง ศักย์ไฟฟ้า
- 5) วิดีทัศน์เกี่ยวกับพลังงานศักย์โน้มถ่วง (Kinetic and Potential Energy)

จาก <https://www.youtube.com/watch?v=vl4g7T5gw1M>

- 6) สมุดประจำตัวนักเรียน

8.2 แหล่งการเรียนรู้

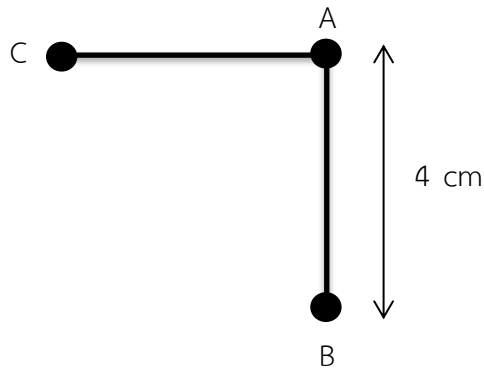
- 1) ห้องสมุด
- 2) อินเทอร์เน็ต

ใบงานที่ 6.6.1

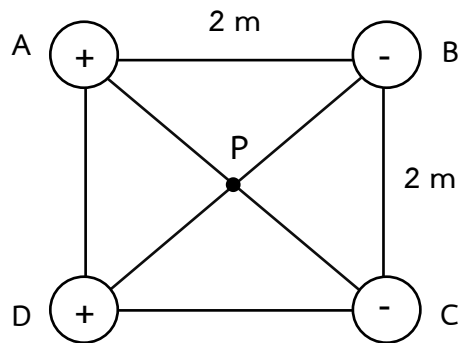
เรื่อง ศักยภาพไฟฟ้าเนื่องจากจุดประจุ

คำชี้แจง : แสดงวิธีคำนวณหาผลลัพธ์ของโจทย์ต่อไปนี้

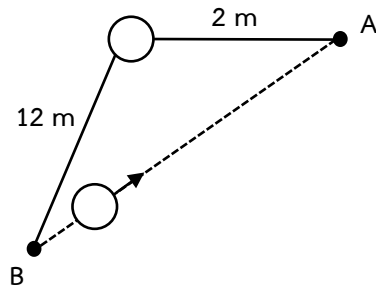
1. จุดประจุ -6×10^{-6} คูลอมป์ และ 10×10^{-6} คูลอมป์ วางห่างกัน 4 เซนติเมตร ในตำแหน่ง A และ B ดังภาพ กำหนดให้จุด C เป็นตำแหน่งที่ศักย์ไฟฟ้าเป็นศูนย์ และ AC ตั้งฉากกับ AB จงหาว่า AC มีระยะเท่าใด



- 2.สี่เหลี่ยมจัตุรัส ABCD ยาวด้านละ 2 เมตร มีจุดประจวบที่จุด A, B, C และ D ขนาด $+2 \times 10^{-3}$ คูลอมบ์, -1×10^{-3} คูลอมบ์, -4×10^{-3} คูลอมบ์ และ $+3 \times 10^{-3}$ คูลอมบ์ ตามลำดับ จงหาศักย์ไฟฟ้าที่จุด



3. A และ B เป็นจุดที่อยู่ห่างจากจุดประจุ -2×10^{-6} คูลอมป์ เป็นระยะทาง 2 เมตร และ 12 เมตร ตามลำดับ
ถ้าต้องการเลื่อนประจุ 4 คูลอมป์จาก B ไป A ต้องใช้งานเป็นจำนวนเท่าใด



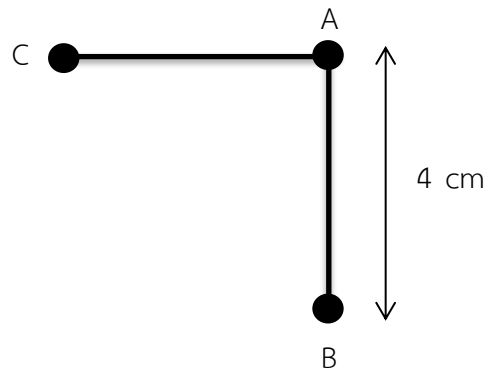
ใบงานที่ 6.6.1

เรื่อง ศักย์ไฟฟ้าเนื่องจากจุดประจุ

เฉลย

คำชี้แจง : แสดงวิธีคำนวณหาผลลัพธ์ของโจทย์ต่อไปนี้

1. จุดประจุ -6×10^{-6} คูโลมบ์ และ 10×10^{-6} คูโลมบ์ วางห่างกัน 4 เซนติเมตร ในตำแหน่ง A และ B ดังภาพ กำหนดให้จุด C เป็นตำแหน่งที่ศักย์ไฟฟ้าเป็นศูนย์ และ AC ตั้งฉากกับ AB จงหาว่า AC มีระยะเท่าใด



วิธีทำ ศักย์ไฟฟ้าที่จุด C เกิดจากผลรวมของศักย์ไฟฟ้าที่จุด A และ B ดังนั้น $V_C = V_A + V_B$

และจุด C เป็นตำแหน่งที่ศักย์ไฟฟ้าเป็นศูนย์

จะได้ว่า

$$\sum V_C = 0$$

$$V_A + V_B = 0$$

$$\frac{kQ_A}{r_A} + \frac{kQ_B}{r_B} = 0$$

$$\frac{k(-6 \times 10^{-6})}{AC} + \frac{k(10 \times 10^{-6})}{\sqrt{(AC)^2 + (4)^2}} = 0$$

$$\frac{k(-6 \times 10^{-6})}{AC} + \frac{k(10 \times 10^{-6})}{\sqrt{(AC)^2 + 16}} = 0$$

$$\frac{k(10 \times 10^{-6})}{\sqrt{(AC)^2 + 16}} = \frac{k(-6 \times 10^{-6})}{AC}$$

$$\left(\frac{k(10 \times 10^{-6})}{\sqrt{(AC)^2 + 16}} \right)^2 = \left(\frac{k(-6 \times 10^{-6})}{AC} \right)^2$$

$$\frac{100}{(AC)^2 + 16} = \frac{36}{(AC)^2}$$

$$100(AC)^2 = 36((AC)^2 + 16)$$

$$100(AC)^2 = 36((AC)^2 + 576)$$

$$64(AC)^2 = 576$$

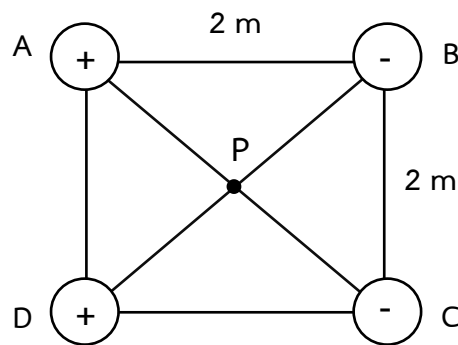
$$(AC)^2 = \frac{576}{64}$$

$$(AC)^2 = 9$$

$$AC = 3 \text{ cm}$$

ดังนั้น AC มีระยะเท่ากับ 3 เซนติเมตร

2. สี่เหลี่ยมจัตุรัส ABCD ยาวด้านละ 2 เมตร มีจุดประจวบที่จุด A, B, C และ D ขนาด $+2 \times 10^{-3}$ คูลอมป์, -1×10^{-3} คูลอมป์, -4×10^{-3} คูลอมป์ และ $+3 \times 10^{-3}$ คูลอมป์ ตามลำดับ จงหาค่าศักย์ไฟฟ้าที่จุด



วิธีทำ จากภาพ จะเห็นได้ว่า จุด P เป็นจุดตัดของเส้นทแยงมุม จึงได้ว่า

$$\sum V_p = V_A + V_B + V_C + V_D$$

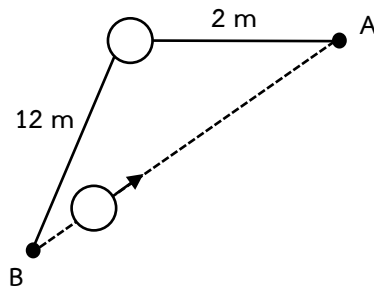
$$\sum V_p = \frac{k}{r} [Q_A + Q_B + Q_C + Q_D]$$

$$\sum V_p = \frac{k}{r} [(2 \times 10^{-3}) + (-1 \times 10^{-3}) + (-4 \times 10^{-3}) + (3 \times 10^{-3})]$$

$$\sum V_p = 0 \text{ V}$$

ดังนั้น ศักย์ไฟฟ้าที่จุด P มีค่าเป็นศูนย์

3. A และ B เป็นจุดที่อยู่ห่างจากจุดประจุ -2×10^{-6} คูลอมป์ เป็นระยะทาง 2 เมตร และ 12 เมตร ตามลำดับ ถ้าต้องการเลื่อนประจุ 4 คูลอมป์จาก B ไป A ต้องใช้งานเป็นจำนวนเท่าใด



วิธีทำ พิจารณาศักย์ไฟฟ้าที่จุด A ซึ่งอยู่ห่างจากจุดประจุเป็นระยะ 2 เมตร

$$\begin{aligned} \text{จากสมการ } V_A &= \frac{kQ}{r_A} \\ &= \frac{(9 \times 10^9)(2 \times 10^{-6})}{2} \\ V_A &= 9 \times 10^3 \text{ V} \end{aligned}$$

พิจารณาศักย์ไฟฟ้าที่จุด B ซึ่งอยู่ห่างจากจุดประจุเป็นระยะ 12 เมตร

$$\begin{aligned} \text{จากสมการ } V_B &= \frac{kQ}{r_B} \\ &= \frac{(9 \times 10^9)(2 \times 10^{-6})}{12} \\ V_B &= 1.5 \times 10^3 \text{ V} \end{aligned}$$

พิจารณางานที่ใช้เลื่อนประจุ 4 คูลอมป์ จาก B ไป A ;

$$\begin{aligned} \text{จากสมการ } W_{B \rightarrow A} &= q_{\text{เลื่อนที่}}(V_A - V_B) \\ W_{B \rightarrow A} &= (4) \left[(9 \times 10^3) - (1.5 \times 10^3) \right] \\ W_{B \rightarrow A} &= 3 \times 10^4 \text{ J} \end{aligned}$$

ดังนั้น ต้องใช้งาน 3×10^4 จูล ในการเลื่อนประจุ 4 คูลอมป์จาก B ไป A

9. ความเห็นของผู้บริหารสถานศึกษาหรือผู้ที่ได้รับมอบหมาย

ข้อเสนอแนะ

.....

ลงชื่อ

(.....)

ตำแหน่ง

10. บันทึกผลหลังการสอน

- ด้านความรู้

.....

.....

- ด้านสมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

.....

.....

- ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์

.....

.....

- ด้านความสามารถทางวิทยาศาสตร์

.....

.....

- ด้านอื่น ๆ (พฤติกรรมเด่น หรือพฤติกรรมที่มีปัญหาของนักเรียนเป็นรายบุคคล (ถ้ามี))

.....

.....

- ปัญหา/อุปสรรค

.....

.....

- แนวทางการแก้ไข

.....

.....

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7

ศักย์ไฟฟ้า (1)

เวลา 4 ชั่วโมง

1. ผลการเรียนรู้

อธิบาย และคำนวณพลังงานศักย์ไฟฟ้า ศักย์ไฟฟ้า และความต่างศักย์ระหว่างสองตำแหน่งใด ๆ

2. จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายความต่างศักย์ไฟฟ้าเนื่องจากประจุบนตัวนำทรงกลมได้ (K)
2. อธิบายความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างแผ่นโลหะคู่ขนานได้ (K)
3. ตรวจสอบหาปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับความต่างศักย์ไฟฟ้าเนื่องจากประจุบนตัวนำทรงกลมได้ (P)
4. ตรวจสอบหาปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างแผ่นโลหะคู่ขนานได้ (P)
5. มีความใฝ่เรียนรู้และมีความมุ่งมั่นในการทำงาน (A)

3. สารการเรียนรู้

สารการเรียนรู้เพิ่มเติม	สารการเรียนรู้ท้องถิ่น
• พลังงานศักย์ไฟฟ้าที่ตำแหน่งใด ๆ ต่อหนึ่งหน่วยประจุ เรียกว่า ศักย์ไฟฟ้าที่ตำแหน่งนั้น โดยศักย์ไฟฟ้าที่ตำแหน่งซึ่งอยู่ห่างจากจุดประจุแปรผันตรงกับขนาดของประจุ และแปรผกผันกับระยะทางจากจุดประจุถึงตำแหน่งนั้นเขียนแทนได้ด้วยสมการ $V = k \frac{Q}{r}$ • ความต่างศักย์ระหว่างสองตำแหน่งใด ๆ ในบริเวณที่มีสนามไฟฟ้าคือ งานในการเคลื่อนประจุบวกหนึ่งหน่วยจากตำแหน่งหนึ่งไปอีกตำแหน่งหนึ่ง เขียนแทนได้ด้วยสมการ $V_B - V_A = \frac{W_{A \rightarrow B}}{q}$ • ความต่างศักย์ระหว่างสองตำแหน่งใด ๆ ในสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอขึ้นกับขนาดของสนามไฟฟ้า และระยะทางระหว่างสองตำแหน่งนั้น ในแนวขนานกับสนามไฟฟ้า ตามสมการ $V_B - V_A = Ed$	พิจารณาตามหลักสูตรของสถานศึกษา

4. สาระสำคัญ/ความคิดรวบยอด

ศักย์ไฟฟ้าที่จุดภายนอกตัวนำทรงกลมซึ่งอยู่ห่างเป็นระยะ r จากจุดศูนย์กลางของตัวนำทรงกลม หาได้จากสมการ $V = k \frac{Q}{r}$ ศักย์ไฟฟ้าที่จุดบนผิวตัวนำทรงกลมรัศมี a ที่มีประจุ Q หาได้จาก $V = k \frac{Q}{a}$ และศักย์ไฟฟ้าที่จุดภายในตัวนำทรงกลมจึงมีค่าเท่ากับศักย์ไฟฟ้าที่ผิวตัวนำทรงกลม

ศักย์ไฟฟ้าระหว่างสองตำแหน่งใด ๆ ในสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ หาได้จาก $V_B - V_A = Ed$ ส่วนสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอในบริเวณระหว่างแผ่นโลหะคู่ขนาน หาได้จาก $E = \frac{\Delta V}{d}$

5. สมรรถนะสำคัญของผู้เรียนและคุณลักษณะอันพึงประสงค์

สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน	คุณลักษณะอันพึงประสงค์
1. ความสามารถในการสื่อสาร 2. ความสามารถในการคิด 1) ทักษะการสังเกต 2) ทักษะการสื่อสาร 3) ทักษะการวิเคราะห์ 4) ทักษะการคำนวณ 5) ทักษะการทำงานร่วมกัน 3. ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต 4. ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี	1. มีวินัย รับผิดชอบ 2. ใฝ่เรียนรู้ 3. ซื่อสัตย์ สุจริต 4. มุ่งมั่นในการทำงาน

6. กิจกรรมการเรียนรู้

 แนวคิด/รูปแบบการสอน/วิธีการสอน/เทคนิค : แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es Instructional Model)

ชั่วโมงที่ 1

ขั้นนำ

ขั้นที่ 1 กระตุ้นความสนใจ (Engage)

- ครูทบทวนความรู้เดิมของนักเรียนเกี่ยวกับ เรื่อง ศักย์ไฟฟ้า และศักย์ไฟฟ้าเนื่องจากจุดประจุ จากนั้นครูแจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้ให้นักเรียนทราบ
- ครูตั้งประเด็นคำถามกระตุ้นความคิดนักเรียนว่า “สนามไฟฟ้าที่บริเวณใดของตัวนำทรงกลมมีค่าเป็นศูนย์” โดยให้นักเรียนแต่ละคนร่วมกันอภิปรายแสดงความคิดเห็นอย่างอิสระโดยไม่มีการเฉลยว่าถูกหรือผิด

(แนวตอบ : สนามไฟฟ้าภายในตัวนำทรงกลม)

- ครูสนทนากับนักเรียนเกี่ยวกับสนามไฟฟ้าของตัวนำทรงกลมที่บริเวณต่าง ๆ ว่า “สนามไฟฟ้าที่ผิวทรงกลมมีค่ามากที่สุด และสนามไฟฟ้าเนื่องจากตัวนำทรงกลมมีค่าลดลง เมื่อตำแหน่งใด ๆ อยู่ห่างจากผิวทรงกลมมากขึ้น”

ขั้นสอน

ขั้นที่ 2 สำรวจค้นหา (Explore)

- นักเรียนจับกลุ่ม กลุ่มละ 3 คน ตามความสมัครใจ จากนั้นให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันศึกษาค้นคว้าข้อมูลเกี่ยวกับ เรื่อง ศักย์ไฟฟ้าเนื่องจากประจุบนตัวนำทรงกลม จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติม วิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 ไฟฟ้าสถิต หรือแหล่งการเรียนรู้ต่าง ๆ เช่น อินเทอร์เน็ต ห้องสมุด
- นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายเรื่องที่ได้ศึกษา จากนั้นให้นักเรียนแต่ละคนเขียนสรุปความรู้ที่ได้จากการศึกษาค้นคว้าลงในสมุดประจำตัวนักเรียน
(หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล)

ชั่วโมงที่ 2

ขั้นสอน

ขั้นที่ 2 สำรวจค้นหา (Explore)

- นักเรียนแต่ละกลุ่มออกมานำเสนอผลการศึกษาค้นคว้าหน้าชั้นเรียน ในระหว่างที่นักเรียนนำเสนอ ครูอาจเสนอแนะหรือแทรกข้อมูลเพิ่มเติมในเรื่องนั้น ๆ เพื่อให้นักเรียนมีความเข้าใจที่ถูกต้องมากยิ่งขึ้น
(หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบประเมินการนำเสนอผลงาน)
- นักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายและสรุปเกี่ยวกับศักย์ไฟฟ้าเนื่องจากประจุบนตัวนำทรงกลม ซึ่งได้ข้อสรุปร่วมกัน ดังนี้
 - ศักย์ไฟฟ้าภายนอกตัวนำทรงกลมจะมีค่าลดลงเรื่อย ๆ ตามระยะจากตัวนำทรงกลม
 - ศักย์ไฟฟ้าที่จุดภายในตัวนำทรงกลมจึงมีค่าเท่ากับศักย์ไฟฟ้าที่ผิวตัวนำทรงกลม

5. ครูถามคำถามท้าทายการคิดขั้นสูง โดยใช้คำถาม H.O.T.S. จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติม วิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 ไฟฟ้าสถิต ว่า “ในการเคลื่อนประจุใน สนามไฟฟ้า พลังงานศักย์ไฟฟ้าของประจุบวกจะเพิ่มขึ้นกรณีใด”
(แนวตอบ : ขนาดของประจุมีค่าเพิ่มขึ้น)
6. นักเรียนแต่ละคนศึกษาตัวอย่างที่ 6.12-6.13 จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 ไฟฟ้าสถิต จากนั้นให้นักเรียนแต่ละคนทำใบงานที่ 6.7.1 เรื่อง ศักย์ไฟฟ้าเนื่องจากประจุบนตัวนำทรงกลม
7. ครูสุ่มนักเรียน จำนวน 5 คน ออกมาแสดงวิธีการคำนวณหาผลลัพธ์ จากใบงานที่ 6.7.1 เรื่อง ศักย์ไฟฟ้าเนื่องจากประจุบนตัวนำทรงกลม หน้าชั้นเรียน โดยครูสอบถามนักเรียนในชั้นเรียนว่ามีคำตอบแตกต่างจากสิ่งที่เพื่อนออกมาแสดงวิธีการคำนวณหรือไม่ ถ้าแตกต่างครูให้นักเรียนออกมาแสดงวิธีการคำนวณหาผลลัพธ์ จากนั้นครูเฉลยคำตอบที่ถูกต้องให้นักเรียน

ชั่วโมงที่ 3-4

ขั้นสอน

ขั้นที่ 2 สำรวจค้นหา (Explore)

8. ครูเปิดวิดีโอที่เกี่ยวกับ Electric Potential Difference

จาก <https://www.youtube.com/watch?v=SNlOPxZ-Ev4&t=36s> ให้นักเรียนดู

จากนั้นครูตั้งประเด็นคำถามกระตุ้นความคิดนักเรียนว่า “ความต่างศักย์ คืออะไร” โดยให้นักเรียนแต่ละคนร่วมกันอภิปรายแสดงความคิดเห็นอย่างอิสระโดยไม่มีการเฉลยว่าถูกหรือผิด

(แนวตอบ : ความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างจุด 2 จุด ในสนามไฟฟ้าหรือในวงจรไฟฟ้า เป็นงานที่ทำในการเคลื่อนประจุบวก 1 หน่วยจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง)

9. นักเรียนจับคู่กับเพื่อนในชั้นเรียน ตามความสมัครใจ จากนั้นให้นักเรียนแต่ละคู่ร่วมกันศึกษาค้นคว้า ข้อมูลเกี่ยวกับ เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์และสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 ไฟฟ้าสถิต หรือแหล่งการเรียนรู้ต่าง ๆ เช่น อินเทอร์เน็ต ห้องสมุด
10. นักเรียนแต่ละคู่ร่วมกันอภิปรายเรื่องที่ได้ศึกษา จากนั้นให้นักเรียนแต่ละคนเขียนสรุปความรู้ที่ได้จากการศึกษาค้นคว้าลงในสมุดประจำตัวนักเรียน
(หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม)

ขั้นที่ 3 อธิบายความรู้ (Explain)

11. ครูสุ่มนักเรียน จำนวน 3 คู่ ออกมานำเสนอผลการศึกษาหน้าชั้นเรียน ในระหว่างที่นักเรียนนำเสนอ ครูคอยให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม เพื่อให้นักเรียนมีความเข้าใจที่ถูกต้องมากยิ่งขึ้น
(หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบประเมินการนำเสนอผลงาน)
12. นักเรียนแต่ละคนพิจารณาภาพสนามไฟฟ้าระหว่างแผ่นตัวนำคู่ขนาน จากนั้นครูอธิบายเพิ่มเติมให้นักเรียนเข้าใจว่า “ถ้านำแผ่นโลหะคู่ขนานประจุบวก และประจุลบต่อกับความต่างศักย์ จะให้สนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ และขนาดของแรงที่กระทำต่อประจุจะมีค่าคงที่”
13. ครูตั้งประเด็นคำถามกระตุ้นความคิดนักเรียนว่า “เส้นสมศักย์ (equipotential line) คืออะไร”
โดยให้นักเรียนแต่ละคนร่วมกันอภิปรายแสดงความคิดเห็นเพื่อหาคำตอบ
(แนวตอบ : เส้นสมศักย์ (equipotential line) คือ เส้นที่เชื่อมจุดต่าง ๆ ในสนามไฟฟ้า ซึ่งมีศักย์ไฟฟ้าเท่ากัน โดยเส้นสมศักย์จะตั้งฉากกับเส้นแรงไฟฟ้าเสมอ)

ขั้นที่ 4 ขยายความเข้าใจ (Elaborate)

14. ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนซักถามเนื้อหาเกี่ยวกับ เรื่อง ศักย์ไฟฟ้า และศักย์ไฟฟ้าเนื่องจากจุดประจุ และให้ความรู้เพิ่มเติมจากคำถามของนักเรียน โดยครูใช้ PowerPoint เรื่อง ศักย์ไฟฟ้า ในการอธิบายเพิ่มเติม
15. นักเรียนแต่ละคนศึกษาตัวอย่างที่ 6.14-6.15 จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 จากนั้นให้นักเรียนแต่ละคนทำใบงานที่ 6.7.2 เรื่อง ศักย์ไฟฟ้าระหว่างแผ่นโลหะคู่ขนาน
16. นักเรียนทำ Topic Question เรื่อง ศักย์ไฟฟ้า จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 ไฟฟ้าสถิต ลงในสมุดประจำตัวนักเรียน
17. นักเรียนแต่ละคนทำ Unit Question 6 เรื่อง ศักย์ไฟฟ้าเนื่องจากประจุบนตัวนำทรงกลม และศักย์ไฟฟ้าระหว่างแผ่นโลหะคู่ขนาน จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 ไฟฟ้าสถิต ลงในสมุดประจำตัวนักเรียน
18. นักเรียนแต่ละคนทำแบบฝึกหัด เรื่อง ศักย์ไฟฟ้าเนื่องจากประจุบนตัวนำทรงกลม และศักย์ไฟฟ้าระหว่างแผ่นโลหะคู่ขนาน จากแบบฝึกหัด รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 ไฟฟ้าสถิต เป็นการบ้านส่งในชั่วโมงถัดไป

ขั้นสรุป

ขั้นที่ 5 ตรวจสอบผล (Evaluate)

1. ครูประเมินผล โดยการสังเกตพฤติกรรมการตอบคำถาม พฤติกรรมการทำงานรายบุคคล พฤติกรรมการทำงานกลุ่ม และจากการนำเสนอผลการปฏิบัติกิจกรรมหน้าชั้นเรียน
2. ครูตรวจสอบผลการทำใบงานที่ 6.7.1 เรื่อง ศักย์ไฟฟ้าเนื่องจากประจุบนตัวนำทรงกลม

3. ครูตรวจสอบผลการทำใบงานที่ 6.7.2 เรื่อง ศักย์ไฟฟ้าระหว่างแผ่นโลหะคู่ขนาน
4. ครูตรวจ Topic Question เรื่อง ศักย์ไฟฟ้า ในสมุดประจำตัวนักเรียน
5. ครูตรวจแบบฝึกหัดจาก Unit Question 6 เรื่อง ศักย์ไฟฟ้าเนื่องจากประจุบนตัวนำทรงกลม และศักย์ไฟฟ้าระหว่างแผ่นโลหะคู่ขนาน ในสมุดประจำตัวนักเรียน
6. ครูตรวจสอบแบบฝึกหัด เรื่อง ศักย์ไฟฟ้าเนื่องจากประจุบนตัวนำทรงกลม และศักย์ไฟฟ้าระหว่างแผ่นโลหะคู่ขนาน จากแบบฝึกหัด รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 ไฟฟ้าสถิต
7. นักเรียนและครูร่วมกันสรุปเกี่ยวกับศักย์ไฟฟ้าเนื่องจากประจุบนตัวนำทรงกลม และศักย์ไฟฟ้าระหว่างแผ่นโลหะคู่ขนาน ซึ่งได้ข้อสรุปร่วมกันว่า “ศักย์ไฟฟ้าที่จุดภายในตัวนำทรงกลมจะมีค่าเท่ากับศักย์ไฟฟ้าที่ผิวตัวนำทรงกลม และศักย์ไฟฟ้าระหว่างแผ่นโลหะคู่ขนาน ถ้านำแผ่นโลหะคู่ขนานประจุบวก และประจุลบต่อกับความต่างศักย์ จะให้สนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ และขนาดของแรงที่กระทำต่อประจุจะมีค่าคงที่”

7. การวัดและประเมินผล

รายการวัด	วิธีวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
7.1 การประเมินระหว่างการจัดกิจกรรม			
1) ศักย์ไฟฟ้าเนื่องจากประจุบนตัวนำทรงกลม	- ตรวจใบงานที่ 6.7.1 - ตรวจแบบฝึกหัด	- ใบงานที่ 6.7.1 - แบบฝึกหัด	- ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์ - ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์
2) ศักย์ไฟฟ้าระหว่างแผ่นโลหะคู่ขนาน	- ตรวจใบงานที่ 6.7.2 - ตรวจแบบฝึกหัด	- ใบงานที่ 6.7.2 - แบบฝึกหัด	- ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์ - ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์
3) การนำเสนอผลงาน/ ผลการปฏิบัติกิจกรรม	- ประเมินการนำเสนอผลงาน/ผลการปฏิบัติกิจกรรม	- แบบประเมินการนำเสนอผลงาน	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
4) พฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- สังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
5) พฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- สังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
6) คุณลักษณะอันพึงประสงค์	- สังเกตความมีวินัย รับผิดชอบ ใฝ่เรียนรู้	- แบบประเมินคุณลักษณะ	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์

รายการวัด	วิธีวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
	ชื้อสตัย สุจริต และ มั่งมั่ง ในการทำงาน	อันพึงประสงค์	

8. สื่อ/แหล่งการเรียนรู้

8.1 สื่อการเรียนรู้

- 1) หนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 ไฟฟ้าสถิต
- 2) แบบฝึกหัด รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 ไฟฟ้าสถิต
- 3) ใบงานที่ 6.7.1 เรื่อง ศักย์ไฟฟ้าเนื่องจากประจุบนตัวนำทรงกลม
- 4) ใบงานที่ 6.7.2 เรื่อง ศักย์ไฟฟ้าระหว่างแผ่นโลหะคู่ขนาน
- 5) PowerPoint เรื่อง ศักย์ไฟฟ้า
- 6) วิดีทัศน์เกี่ยวกับ Electric Potential Difference

จาก <https://www.youtube.com/watch?v=SNlOPxZ-Ev4&t=36s>

- 7) สมุดประจำตัวนักเรียน

8.2 แหล่งการเรียนรู้

- 1) ห้องสมุด
- 2) อินเทอร์เน็ต

ใบงานที่ 6.7.1

เรื่อง ศักย์ไฟฟ้าเนื่องจากประจุบนตัวนำทรงกลม

คำชี้แจง : แสดงวิธีคำนวณหาผลลัพธ์ของโจทย์ต่อไปนี้

1. ตัวนำทรงกลมรัศมี 10 เซนติเมตร และมีประจุ -10 ไมโครคูลอมบ์

ก) จงหาศักย์ไฟฟ้าที่ห่างจากจุดศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร

.....

.....

.....

.....

.....

ข) ศักย์ไฟฟ้าที่ผิวทรงกลม

.....

.....

.....

.....

.....

ค) ศักย์ไฟฟ้าที่ห่างจากผิวทรงกลม 2 เซนติเมตร

.....

.....

.....

.....

.....

ง) ศักย์ไฟฟ้าที่ห่างจากจุดศูนย์กลาง 20 เซนติเมตร

.....

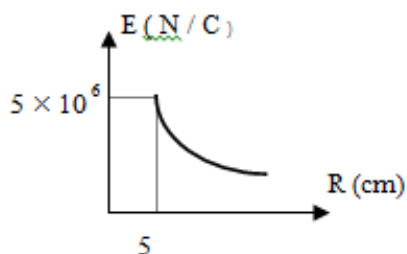
.....

.....

.....

.....

2) ตัวนำทรงกลมมีรัศมี 5 เซนติเมตร มีประจุกระจายอย่างสม่ำเสมอบนผิวตัวนำ ถ้ากราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดสนามไฟฟ้า (E) กับระยะจากจุดศูนย์กลางของตัวนำทรงกลม (R) เป็นดังภาพ ศักย์ไฟฟ้าที่ R เท่ากับ 2 เซนติเมตร มีค่าเท่าใด



ใบงานที่ 6.7.1

เฉลย

เรื่อง ศักย์ไฟฟ้าเนื่องจากประจุบนตัวนำทรงกลม

คำชี้แจง : แสดงวิธีคำนวณหาผลลัพธ์ของโจทย์ต่อไปนี้

1. ตัวนำทรงกลมรัศมี 10 เซนติเมตร และมีประจุ -10 ไมโครคูลอมบ์

ก) จงหาศักย์ไฟฟ้าที่ห่างจากจุดศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร

วิธีทำ ศักย์ไฟฟ้าที่ห่างจากจุดศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร จะอยู่ภายในตัวนำทรงกลม เนื่องจากศักย์ไฟฟ้าภายในตัวนำทรงกลมมีค่าเท่ากับศักย์ไฟฟ้าที่ผิวของตัวนำทรงกลม

จะได้ว่า

$$V_{\text{ภายใน}} = V'_{\text{ผิว}} = \frac{kQ}{r}$$

$$V_{\text{ภายใน}} = \frac{kQ}{r}$$

$$V_{\text{ภายใน}} = \frac{(9 \times 10^9)(-10 \times 10^{-6})}{10 \times 10^{-2}}$$

$$V_{\text{ภายใน}} = -9 \times 10^5 \text{ V}$$

ดังนั้น ศักย์ไฟฟ้าที่ห่างจากจุดศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร เท่ากับ -9×10^5 โวลต์

ข) ศักย์ไฟฟ้าที่ผิวทรงกลม

วิธีทำ เนื่องจากศักย์ไฟฟ้าที่ผิวของตัวนำทรงกลมจะมีค่าเท่ากับศักย์ไฟฟ้าภายในตัวนำทรงกลม

จะได้ว่า

$$V_{\text{ผิว}} = V_{\text{ภายใน}}$$

$$V_{\text{ผิว}} = -9 \times 10^5 \text{ V}$$

ดังนั้น ศักย์ไฟฟ้าที่ของตัวนำทรงกลม เท่ากับ -9×10^5 โวลต์

ค) ศักย์ไฟฟ้าที่ห่างจากผิวทรงกลม 2 เซนติเมตร

วิธีทำ ศักย์ไฟฟ้าที่ห่างจากผิวทรงกลม 2 เซนติเมตร จึงอยู่ห่างจากจุดศูนย์กลางทรงกลม 12 เซนติเมตร

จากสมการ

$$V = \frac{kQ}{r}$$

$$V = \frac{(9 \times 10^9)(-10 \times 10^{-6})}{12 \times 10^{-2}}$$

$$V = -7.5 \times 10^5 \text{ V}$$

ดังนั้น ศักย์ไฟฟ้าที่ห่างจากผิวทรงกลม 2 เซนติเมตร มีค่าเป็น -7.5×10^5 โวลต์

ง) ศักย์ไฟฟ้าที่ห่างจากจุดศูนย์กลาง 20 เซนติเมตร

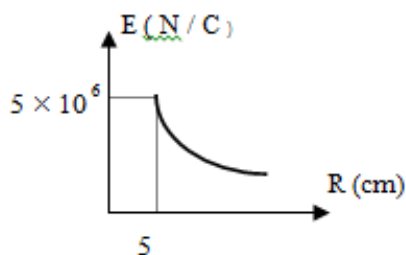
วิธีทำ จากสมการ $V = \frac{kQ}{r}$

$$V = \frac{(9 \times 10^9)(-10 \times 10^{-6})}{20 \times 10^{-2}}$$

$$V = -4.5 \times 10^5 \text{ V}$$

ดังนั้น ศักย์ไฟฟ้าที่ห่างจากจุดศูนย์กลาง 20 เซนติเมตร มีค่าเป็น -4.5×10^5 โวลต์

2) ตัวนำทรงกลมมีรัศมี 5 เซนติเมตร มีประจุกระจายอย่างสม่ำเสมอบนผิวตัวนำ ถ้ากราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดสนามไฟฟ้า (E) กับระยะจากจุดศูนย์กลางของตัวนำทรงกลม (R) เป็นดังภาพ ศักย์ไฟฟ้าที่ R เท่ากับ 2 เซนติเมตร มีค่าเท่าใด



วิธีทำ จากกราฟ จะได้ว่า $E_{\max} = E_{\text{surface}} = 5 \times 10^6 \text{ N/C}$

จากสมการ $E_{\max} = \frac{kQ}{r^2}$

$$5 \times 10^6 = \frac{kQ}{(5 \times 10^{-2})^2}$$

$$kQ = 12,500$$

ศักย์ไฟฟ้าที่ห่างจากจุดศูนย์กลาง 2 เซนติเมตร จะอยู่ภายในตัวนำทรงกลม เนื่องจากศักย์ไฟฟ้าภายในตัวนำทรงกลมมีค่าเท่ากับศักย์ไฟฟ้าที่ผิวของตัวนำทรงกลม

จะได้ว่า $V_{\text{ภายใน}} = V'_{\text{ผิว}} = \frac{kQ}{r}$

$$V_{\text{ภายใน}} = \frac{kQ}{r}$$

$$V_{r=2\text{cm}} = \frac{12,500}{2 \times 10^{-2}}$$

$$V_{r=2\text{cm}} = 6.25 \times 10^5 \text{ V}$$

ดังนั้น ศักย์ไฟฟ้าที่ห่างจากจุดศูนย์กลาง 2 เซนติเมตร มีค่าเป็น 6.25×10^5 โวลต์

ใบงานที่ 6.7.2

เรื่อง ศักยภาพไฟฟ้าระหว่างแผ่นโลหะคู่ขนาน

คำชี้แจง : แสดงวิธีคำนวณหาผลลัพธ์ของโจทย์ต่อไปนี้

1. แผ่นโลหะขนานวางห่างกัน 2.4 เซนติเมตร มีความต่างศักย์ 480 โวลต์ เม็ดฝุ่นซึ่งอยู่ตรงกลางระหว่างแผ่นทั้งสอง มีประจุไฟฟ้า 1.6×10^{-19} คูโลมบ์ จงหาว่ามีแรงไฟฟ้าเกิดขึ้นเท่าใด

[illegible]

2. มวล 6.4×10^{-12} กรัม มีประจุไฟฟ้า -3.2×10^{-19} คูลอมบ์ ลอยนิ่งอยู่ได้ระหว่างแผ่นโลหะขนานซึ่งวางห่างกัน 2 เซนติเมตร แผ่นโลหะขนานอยู่ในแนวระดับ ถ้าแผ่นล่างมีศักย์ไฟฟ้าเป็นศูนย์ แผ่นบนมีศักย์ไฟฟ้าเท่าใด

[illegible]

3. แผ่นคู่ขนาน 2 แผ่น ห่างกัน 10 เซนติเมตร มีความต่างศักย์ระหว่างแผ่นทั้งสอง 500 โวลต์ จงหา

ก) สนามไฟฟ้าระหว่างแผ่นคู่ขนานทั้งสอง

[illegible]

ข) ถ้าอิเล็กตรอนซึ่งมีมวล 9×10^{-31} กิโลกรัม และมีประจุ 1.6×10^{-19} คูโลมบ์ หลุดออกจากแผ่นลบ

จะเคลื่อนที่ไปถึงแผ่นบวกด้วยอัตราเร็วเท่าใด

[illegible]

ใบงานที่ 6.7.2

เฉลย

เรื่อง ศักย์ไฟฟ้าระหว่างแผ่นโลหะคู่ขนาน

คำชี้แจง : แสดงวิธีคำนวณหาผลลัพธ์ของโจทย์ต่อไปนี้

1. แผ่นโลหะขนานวางห่างกัน 2.4 เซนติเมตร มีความต่างศักย์ 480 โวลต์ เม็ดฝุ่นซึ่งอยู่ตรงกลางระหว่างแผ่นทั้งสอง มีประจุไฟฟ้า 1.6×10^{-19} คูลอมป์ จงหาว่ามีแรงไฟฟ้าเกิดขึ้นเท่าใด

วิธีทำ จากสมการ

$$\Delta V = Ed$$

$$480 = E(2.4 \times 10^{-2})$$

$$E = \frac{480}{2.4 \times 10^{-2}}$$

$$E = 2 \times 10^4 \text{ N/C}$$

จากสมการ

$$F = qE$$

$$F = (1.6 \times 10^{-19})(2 \times 10^4)$$

$$F = 3.2 \times 10^{-15} \text{ N}$$

ดังนั้น มีแรงไฟฟ้าเกิดขึ้น 3.2×10^{-15} นิวตัน

2. มวล 6.4×10^{-12} กรัม มีประจุไฟฟ้า -3.2×10^{-19} คูลอมป์ ลอยนิ่งอยู่ได้ระหว่างแผ่นโลหะขนานซึ่งวางห่างกัน 2 เซนติเมตร แผ่นโลหะขนานอยู่ในแนวระดับ ถ้าแผ่นล่างมีศักย์ไฟฟ้าเป็นศูนย์ แผ่นบนมีศักย์ไฟฟ้าเท่าใด

วิธีทำ ประจุลอยนิ่ง ;

$$\sum F = 0$$

จะได้ว่า

$$F = mg$$

$$qE = mg$$

$$(3.2 \times 10^{-19})E = \left(\frac{6.4 \times 10^{-12}}{1,000} \right) (10)$$

$$(3.2 \times 10^{-19})E = 6.4 \times 10^{-14}$$

$$E = \frac{6.4 \times 10^{-14}}{3.2 \times 10^{-19}}$$

$$E = 2 \times 10^5 \text{ N/C}$$

จากสมการ $\Delta V = Ed$

$$V_{\text{บน}} - V_{\text{ล่าง}} = Ed$$

$$V_{\text{บน}} - 0 = (2 \times 10^5)(2 \times 10^{-2})$$

$$V_{\text{บน}} = 4 \times 10^3 \text{ V}$$

ดังนั้น แผ่นโลหะแผ่นบนมีศักย์ไฟฟ้าเท่ากับ 4×10^3 โวลต์

3. แผ่นคู่ขนาน 2 แผ่น ห่างกัน 10 เซนติเมตร มีความต่างศักย์ระหว่างแผ่นทั้งสอง 500 โวลต์ จงหา

ก) สนามไฟฟ้าระหว่างแผ่นคู่ขนานทั้งสอง

วิธีทำ จากสมการ $\Delta V = Ed$

$$500 = E(10 \times 10^{-2})$$

$$E = 5,000 \text{ N/C}$$

ดังนั้น สนามไฟฟ้าระหว่างแผ่นคู่ขนานทั้งสองเท่ากับ 5,000 นิวตันต่อคูลอมบ์

ข) ถ้าอิเล็กตรอนซึ่งมีมวล 9×10^{-31} กิโลกรัม และมีประจุ 1.6×10^{-19} คูลอมบ์ หลุดออกจากแผ่นลบ

จะเคลื่อนที่ไปถึงแผ่นบวกด้วยอัตราเร็วเท่าใด

วิธีทำ จากสมการ $F = qE$

$$ma = qE$$

$$(9 \times 10^{-31})a = (1.6 \times 10^{-19})(5,000)$$

$$a = \frac{(1.6 \times 10^{-19})(5,000)}{9 \times 10^{-31}}$$

$$a = 0.88 \times 10^{15} \text{ m/s}$$

จากสมการ $v^2 = u^2 + 2as$

$$v^2 = 0 + 2(0.88 \times 10^{15})(10 \times 10^{-2})$$

$$v^2 = 1.76 \times 10^{14}$$

$$v = 1.33 \times 10^7 \text{ m/s}$$

ดังนั้น อิเล็กตรอนออกจากแผ่นลบเคลื่อนที่ไปถึงแผ่นบวกด้วยอัตราเร็ว 1.33×10^7 เมตรต่อวินาที

9. ความเห็นของผู้บริหารสถานศึกษาหรือผู้ที่ได้รับมอบหมาย

ข้อเสนอแนะ

.....

ลงชื่อ

(.....)

ตำแหน่ง

10. บันทึกผลหลังการสอน

- ด้านความรู้

.....

.....

- ด้านสมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

.....

.....

- ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์

.....

.....

- ด้านความสามารถทางวิทยาศาสตร์

.....

.....

- ด้านอื่น ๆ (พฤติกรรมเด่น หรือพฤติกรรมที่มีปัญหาของนักเรียนเป็นรายบุคคล (ถ้ามี))

.....

.....

- ปัญหา/อุปสรรค

.....

.....

- แนวทางการแก้ไข

.....

.....

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 8

ตัวเก็บประจุและความจุ

เวลา 4 ชั่วโมง

1. ผลการเรียนรู้

อธิบายส่วนประกอบของตัวเก็บประจุ ความสัมพันธ์ระหว่างประจุไฟฟ้า ความต่างศักย์ และความจุของตัวเก็บประจุ และอธิบายพลังงานสะสมในตัวเก็บประจุ และความจุสมมูล รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง

2. จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายตัวเก็บประจุและความจุได้ (K)
2. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างประจุไฟฟ้า ความต่างศักย์ และความจุของตัวเก็บประจุได้ (K)
3. อธิบายพลังงานสะสมในตัวเก็บประจุ และความจุสมมูลได้ (K)
4. ตรวจสอบหาปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับพลังงานสะสมในตัวเก็บประจุ และความจุสมมูลของการต่อตัวเก็บประจุแบบอนุกรมและแบบขนานได้ (P)
5. มีความใฝ่เรียนรู้และมีความมุ่งมั่นในการทำงาน (A)

3. สารการเรียนรู้

สารการเรียนรู้เพิ่มเติม	สารการเรียนรู้ท้องถิ่น
● ตัวเก็บประจุประกอบด้วยตัวนำไฟฟ้าสองชั้นที่คั่นด้วยฉนวน โดยปริมาณประจุที่เก็บได้ขึ้นอยู่กับความต่างศักย์คร่อมตัวเก็บประจุและความจุของตัวเก็บประจุ ตามสมการ $C = \frac{Q}{\Delta V}$ ● ตัวเก็บประจุจะมีพลังงานสะสมซึ่งมีค่าขึ้นกับความต่างศักย์และปริมาณประจุ ตามสมการ $U = \frac{1}{2} Q \Delta V$ ● เมื่อนำตัวเก็บประจุมาต่อแบบอนุกรม ความจุสมมูลมีค่าลดลง ตามสมการ $\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots$	พิจารณาตามหลักสูตรของสถานศึกษา

สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม	สาระการเรียนรู้ท้องถิ่น
เมื่อนำตัวเก็บประจุมาต่อแบบขนาน ความจุสมมูลมีค่าเพิ่มขึ้น ตามสมการ $C = C_1 + C_2 + C_3 + \dots$	

4. สาระสำคัญ/ความคิดรวบยอด

ตัวเก็บประจุเป็นอุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งประกอบด้วยแผ่นโลหะขนาน 2 แผ่น ที่มีฉนวนคั่นกลาง ซึ่งความสามารถในการเก็บประจุของตัวนำทรงกลม เรียกว่า ความจุ ส่วนการต่อตัวเก็บประจุ สามารถต่อได้ 2 แบบ คือ แบบอนุกรม และแบบขนาน

5. สมรรถนะสำคัญของผู้เรียนและคุณลักษณะอันพึงประสงค์

สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน	คุณลักษณะอันพึงประสงค์
1. ความสามารถในการสื่อสาร 2. ความสามารถในการคิด 1) ทักษะการสังเกต 2) ทักษะการสื่อสาร 3) ทักษะการวิเคราะห์ 4) ทักษะการคำนวณ 5) ทักษะการทำงานร่วมกัน 3. ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต 4. ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี	1. มีวินัย รับผิดชอบ 2. ใฝ่เรียนรู้ 3. ซื่อสัตย์ สุจริต 4. มุ่งมั่นในการทำงาน

6. กิจกรรมการเรียนรู้



แนวคิด/รูปแบบการสอน/วิธีการสอน/เทคนิค : แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es Instructional Model)

ชั่วโมงที่ 1

ขั้นนำ

ขั้นที่ 1 กระตุ้นความสนใจ (Engage)

- นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 9-10 คน ตามความสมัครใจ จากนั้นตัวแทนกลุ่มแต่ละกลุ่มออกมาจับแพลงวงจรไฟฟ้า ที่ประกอบด้วยอุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ แล้วให้สมาชิกภายในกลุ่มร่วมกันพิจารณา

แผนวงจรไฟฟ้า

- ครูตั้งประเด็นคำถามกระตุ้นความคิดนักเรียนว่า “ในแผนวงจรไฟฟ้า มีอุปกรณ์อะไรบ้าง และอุปกรณ์แต่ละชิ้นทำหน้าที่อย่างไร” โดยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายแสดงความคิดเห็นอย่างอิสระ โดยไม่มีการเฉลยว่าถูกหรือผิด จากนั้นบันทึกคำตอบที่ได้ลงในสมุดประจำตัวนักเรียน
(แนวตอบ : ขึ้นอยู่กับดุลยพินิจของครู เช่น ในแผนวงจรไฟฟ้า มีตัวเก็บประจุ สวิตช์ ไดโอด เป็นต้น ซึ่งอุปกรณ์แต่ละชนิดทำหน้าที่แตกต่างกัน เช่น ตัวเก็บประจุ ทำหน้าที่เก็บพลังงานไฟฟ้า เป็นต้น)
- ครูถามคำถาม Prior Knowledge จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 ไฟฟ้าสถิต เพื่อเป็นการนำเข้าสู่บทเรียนว่า “ต้องต่อตัวเก็บประจุอย่างไร จึงทำให้ความจุไฟฟ้ารวมมีค่ามากขึ้น” จากนั้นครูกล่าวเชื่อมโยงเข้าสู่กิจกรรมการเรียนรู้
(แนวตอบ : ต่อแบบขนานจะทำให้ค่าความจุของตัวเก็บประจุเพิ่มมากขึ้น)

ขั้นสอน

ขั้นที่ 2 สำรวจค้นหา (Explore)

- นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 3 คน ตามความสมัครใจ จากนั้นให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันศึกษาค้นคว้า ข้อมูลเกี่ยวกับ เรื่อง ตัวเก็บประจุและความจุ จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 ไฟฟ้าสถิต หรือแหล่งการเรียนรู้ต่าง ๆ เช่น อินเทอร์เน็ต ห้องสมุด
- นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายเรื่องที่ได้ศึกษา จากนั้นให้นักเรียนแต่ละคนเขียนสรุปความรู้ที่ได้จากการศึกษาค้นคว้าลงในสมุดประจำตัวนักเรียน
(หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล)

ชั่วโมงที่ 2

ขั้นสอน

ขั้นที่ 2 สำรวจค้นหา (Explore)

- นักเรียนแต่ละกลุ่มออกมานำเสนอผลการศึกษาค้นคว้าหน้าชั้นเรียน ในระหว่างที่นักเรียนนำเสนอ ครูคอยให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม เพื่อให้นักเรียนมีความเข้าใจที่ถูกต้องมากยิ่งขึ้น
(หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบประเมินการนำเสนอผลงาน)
- ครูตั้งประเด็นคำถามกระตุ้นความคิดนักเรียนโดยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายแสดงความคิดเห็นเพื่อหาคำตอบ ดังนี้

- ตัวเก็บประจุ ทำหน้าที่อะไร
(แนวตอบ : ตัวเก็บประจุ ทำหน้าที่เก็บพลังงานไฟฟ้า และปล่อยออกมาเมื่อต้องการใช้ประจุไฟฟ้าในตัวเก็บประจุ)
 - ตัวเก็บประจุ มีลักษณะอย่างไร
(แนวตอบ : ตัวเก็บประจุ ประกอบด้วยแผ่นโลหะบาง 2 แผ่น ระหว่างแผ่นโลหะ 2 แผ่นจะมีฉนวนคั่นกลาง เรียกว่า ไดอิเล็กตริก)
5. ครูสุ่มเลขที่นักเรียน จำนวน 3-4 คน ยกตัวอย่างตัวเก็บประจุแบบต่าง ๆ ที่นักเรียนรู้จัก มาคนละ 1 ชนิด
(แนวตอบ : ตัวเก็บประจุแบบอิเล็กตริก ตัวเก็บประจุแบบโพลีเมอร์ ตัวเก็บประจุแบบเซรามิก ตัวเก็บประจุแบบไมลาร์ เป็นต้น)
 6. นักเรียนแต่ละคนพิจารณากราฟระหว่างปริมาณประจุที่เก็บสะสมในตัวเก็บประจุกับความต่างศักย์ ตกคร่อมตัวเก็บประจุ จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 ไฟฟ้าสถิต จากนั้นครูตั้งประเด็นคำถามกระตุ้นความคิดนักเรียนว่า “ปริมาณประจุที่เก็บสะสมในตัวเก็บประจุจะขึ้นอยู่กับสิ่งใด”
(แนวตอบ : จะขึ้นอยู่กับความต่างศักย์ และปริมาณประจุ)
 7. นักเรียนแต่ละคนศึกษาตัวอย่างที่ 6.16 จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 ไฟฟ้าสถิต จากนั้นให้นักเรียนแต่ละคนทำใบงานที่ 6.8.1 เรื่อง ตัวเก็บประจุและความจุ
 8. ครูสุ่มนักเรียน จำนวน 2 คน ออกมาแสดงวิธีการคำนวณหาผลลัพธ์ จากใบงานที่ 6.8.1 เรื่อง ตัวเก็บประจุและความจุ หน้าชั้นเรียน โดยครูสอบถามนักเรียนในชั้นเรียนว่ามีคำตอบแตกต่างจากสิ่งที่เพื่อนออกมาแสดงวิธีการคำนวณหรือไม่ ถ้าแตกต่างครูให้นักเรียนออกมาแสดงวิธีการคำนวณหาผลลัพธ์ จากนั้นครูเฉลยคำตอบที่ถูกต้องให้นักเรียน

ชั่วโมงที่ 3-4

ขั้นสอน

ขั้นที่ 2 สำรวจค้นหา (Explore)

9. นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 4-5 คน ตามความสมัครใจ จากนั้นให้นักเรียนแต่ละกลุ่มส่งตัวแทนออกมาจับสลากเรื่องที่ศึกษา โดยครูเตรียมสลากหมายเลข ไว้หน้าชั้นเรียน ซึ่งหมายเลขจะระบุเรื่องที่ให้นักเรียนศึกษา ดังนี้
 - หมายเลข 1 ศึกษา เรื่อง การถ่ายโอนประจุระหว่างตัวนำทรงกลม

- หมายเลข 2 ศึกษา เรื่อง การต่อตัวเก็บประจุแบบอนุกรม
 - หมายเลข 3 ศึกษา เรื่อง การต่อตัวเก็บประจุแบบขนาน
10. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันศึกษาค้นคว้าข้อมูลเรื่องที่กลุ่มตนเองจับสลากได้ จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 ไฟฟ้าสถิต จากนั้นร่วมกันสรุปความรู้ที่ได้จากการศึกษาค้นคว่าลงในสมุดประจำตัวนักเรียน
(หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม)

ขั้นที่ 3 อธิบายความรู้ (Explain)

11. นักเรียนแต่ละกลุ่มออกมานำเสนอผลการศึกษาหน้าชั้นเรียน ในระหว่างที่นักเรียนนำเสนอ ครูคอยให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม เพื่อให้นักเรียนมีความเข้าใจที่ถูกต้องมากยิ่งขึ้น
(หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบประเมินการนำเสนอผลงาน)
12. ครูอธิบายให้นักเรียนเข้าใจเกี่ยวกับการถ่ายโอนประจุระหว่างตัวนำทรงกลมว่า “การถ่ายโอนประจุระหว่างตัวนำทรงกลม ผลรวมของประจุก่อนการถ่ายโอนประจุเท่ากับผลรวมของประจุหลังจากการถ่ายโอนประจุ ซึ่งเป็นไปตามกฎการอนุรักษ์ประจุไฟฟ้า”
13. ครูอธิบายให้นักเรียนเข้าใจเกี่ยวกับการต่อตัวเก็บประจุว่า “การนำตัวเก็บประจุหลาย ๆ ตัวมาต่อกันเป็นวงจร มี 2 แบบ ได้แก่ การต่อแบบอนุกรมและการต่อแบบขนาน
- เมื่อนำตัวเก็บประจุมาต่อแบบอนุกรม ความจุสมมูลมีค่าลดลง
ตามสมการ $\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots$
 - เมื่อนำตัวเก็บประจุมาต่อแบบขนาน ความจุสมมูลมีค่าเพิ่มขึ้น
ตามสมการ $C = C_1 + C_2 + C_3 + \dots$

ขั้นที่ 4 ขยายความเข้าใจ (Elaborate)

14. ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนซักถามเนื้อหาเกี่ยวกับ เรื่อง ตัวเก็บประจุและความจุ และให้ความรู้เพิ่มเติมจากคำถามของนักเรียน โดยครูใช้ PowerPoint เรื่อง ตัวเก็บประจุและความจุ ในการอธิบายเพิ่มเติม
15. นักเรียนแต่ละคนศึกษาตัวอย่างที่ 6.17-6.18 จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 ไฟฟ้าสถิต จากนั้นให้นักเรียนแต่ละคนทำใบงานที่ 6.8.2 เรื่อง การต่อตัวเก็บประจุ
16. ครูสุ่มนักเรียน จำนวน 3 คน ออกมาแสดงวิธีการคำนวณหาผลลัพธ์ จากใบงานที่ 6.8.2 เรื่อง การต่อตัวเก็บประจุ หน้าชั้นเรียน โดยครูสอบถามนักเรียนในชั้นเรียนว่ามีคำตอบแตกต่างจากสิ่งที่เพื่อนออกมาแสดงวิธีการคำนวณหรือไม่ ถ้าแตกต่างครูให้นักเรียนออกมาแสดงวิธีการคำนวณหาผลลัพธ์ จากนั้นครูเฉลยคำตอบที่ถูกต้องให้นักเรียน

17. นักเรียนทำ Topic Question เรื่อง ตัวเก็บประจุและความจุ จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติม วิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 ไฟฟ้าสถิต ลงในสมุดประจำตัวนักเรียน
18. นักเรียนแต่ละคนทำ Unit Question 6 เรื่อง ตัวเก็บประจุและความจุ จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 ไฟฟ้าสถิต ลงในสมุดประจำตัวนักเรียน
19. นักเรียนแต่ละคนทำแบบฝึกหัด เรื่อง ตัวเก็บประจุและความจุ จากแบบฝึกหัด รายวิชาเพิ่มเติม วิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 ไฟฟ้าสถิต เป็นการบ้านส่งในชั่วโมงถัดไป

ขั้นสรุป

ขั้นที่ 5 ตรวจสอบผล (Evaluate)

1. ครูประเมินผล โดยการสังเกตพฤติกรรมการตอบคำถาม พฤติกรรมการทำงานรายบุคคล พฤติกรรมการทำงานกลุ่ม และจากการนำเสนอผลการปฏิบัติกิจกรรมหน้าชั้นเรียน
2. ครูตรวจสอบผลการทำใบงานที่ 6.8.1 เรื่อง ตัวเก็บประจุและความจุ
3. ครูตรวจสอบผลการทำใบงานที่ 6.8.2 เรื่อง การต่อตัวเก็บประจุ
4. ครูตรวจ Topic Question เรื่อง ตัวเก็บประจุและความจุ ในสมุดประจำตัวนักเรียน
5. ครูตรวจแบบฝึกหัดจาก Unit Question 6 เรื่อง ตัวเก็บประจุและความจุ ในสมุดประจำตัวนักเรียน
6. ครูตรวจสอบแบบฝึกหัด เรื่อง ตัวเก็บประจุและความจุ จากแบบฝึกหัด รายวิชาเพิ่มเติม วิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 ไฟฟ้าสถิต
7. นักเรียนและครูร่วมกันสรุปเกี่ยวกับตัวเก็บประจุและความจุ ซึ่งได้ข้อสรุปร่วมกันว่า “ตัวเก็บประจุ เป็นอุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งประกอบด้วยแผ่นโลหะขนาน 2 แผ่น มีฉนวนคั่นกลาง เรียกว่า ไดอิเล็กทริก ซึ่งตัวเก็บประจุ ทำหน้าที่เก็บพลังงานไฟฟ้า และปล่อยออกมาเมื่อต้องการใช้ประจุไฟฟ้า ในตัวเก็บประจุ ความจุ คือ ความสามารถในการเก็บประจุของตัวนำทรงกลม และการต่อตัวเก็บประจุ มี 2 แบบ คือ การต่อแบบอนุกรม และการต่อแบบขนาน เพื่อให้ได้ความจุไฟฟารวมเท่ากับ ค่าความจุไฟฟ้าที่ต้องการ”

7. การวัดและประเมินผล

รายการวัด	วิธีวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
7.1 การประเมินระหว่างการจัดกิจกรรม			

รายการวัด	วิธีวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
1) ตัวเก็บประจุและความจุ	- ตรวจใบงานที่ 6.8.1 - ตรวจแบบฝึกหัด	- ใบงานที่ 6.8.1 - แบบฝึกหัด	- ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์ - ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์
2) การต่อตัวเก็บประจุ	- ตรวจใบงานที่ 6.8.2	- ใบงานที่ 6.8.2	- ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์
3) การนำเสนอผลงาน/ ผลการปฏิบัติกิจกรรม	- ประเมินการนำเสนอผลงาน/ผลการปฏิบัติกิจกรรม	- แบบประเมินการนำเสนอผลงาน	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
4) พฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- สังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
5) พฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- สังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
6) คุณลักษณะอันพึงประสงค์	- สังเกตความมีวินัย รับผิดชอบ ใฝ่เรียนรู้ ซื่อสัตย์ สุจริต และ มุ่งมั่นในการทำงาน	- แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์

8. สื่อ/แหล่งการเรียนรู้

8.1 สื่อการเรียนรู้

- 1) หนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 ไฟฟ้าสถิต
- 2) แบบฝึกหัด รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 ไฟฟ้าสถิต
- 3) ใบงานที่ 6.8.1 เรื่อง ตัวเก็บประจุและความจุ
- 4) ใบงานที่ 6.8.2 เรื่อง การต่อตัวเก็บประจุ
- 5) PowerPoint เรื่อง ตัวเก็บประจุและความจุ
- 6) แผนวงจรไฟฟ้า
- 7) สลากหมายเลข
- 8) สมุดประจำตัวนักเรียน

8.2 แหล่งการเรียนรู้

- 1) ห้องสมุด
- 2) อินเทอร์เน็ต

ใบงานที่ 6.8.1

เรื่อง ตัวเก็บประจุและความจุ

คำชี้แจง : แสดงวิธีคำนวณหาผลลัพธ์ของโจทย์ต่อไปนี้

1. จงหาประจุบนตัวเก็บประจุขนาด 600 พิโกฟารัด เมื่อถูกอัดประจุให้มีศักย์ไฟฟ้า 1 กิโลโวลต์

This image shows a single sheet of white paper with horizontal blue ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

2. ทรงกลมรัศมี 5.4 เซนติเมตร สร้างเป็นตัวเก็บประจุ ถ้าทรงกลมนี้นี้มีศักย์ไฟฟ้า 100 โวลต์ อยากทราบว่าตัวเก็บประจุทรงกลมที่สร้างขึ้นจะมีความจุไฟฟ้าเท่าใด และมีประจุอยู่บนทรงกลมกี่คูลอมบ์

This image shows a full page of white paper with horizontal dotted lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page, providing a guide for handwriting practice. There are no margins, text, or other markings on the page.

ใบงานที่ 6.8.1

เฉลย

เรื่อง ตัวเก็บประจุและความจุ

คำชี้แจง : แสดงวิธีคำนวณหาผลลัพธ์ของโจทย์ต่อไปนี้

1. จงหาประจุบนตัวเก็บประจุขนาด 600 พิโกฟารัด เมื่อถูกอัดประจุให้มีศักย์ไฟฟ้า 1 กิโลโวลต์

วิธีทำ จากสมการ

$$C = \frac{Q}{\Delta V}$$

$$600 \times 10^{-12} = \frac{Q}{1 \times 10^3}$$

$$Q = (600 \times 10^{-12})(1 \times 10^3)$$

$$Q = 6 \times 10^{-7} \text{ C}$$

ดังนั้น ประจุบนตัวเก็บประจุมีขนาดเท่ากับ 6×10^{-7} คูลอมป์

2. ทรงกลมรัศมี 5.4 เซนติเมตร สร้างเป็นตัวเก็บประจุ ถ้าทรงกลมนี้อัดประจุไฟฟ้า 100 โวลต์ อยากทราบว่าตัวเก็บประจุทรงกลมที่สร้างขึ้นจะมีความจุไฟฟ้าเท่าใด และมีประจุอยู่บนทรงกลมกี่คูลอมป์

วิธีทำ จากสมการ

$$C = \frac{R}{k}$$

$$C = \frac{5.4 \times 10^{-12}}{9 \times 10^9}$$

$$C = 6 \times 10^{-12} \text{ F}$$

จากสมการ

$$C = \frac{Q}{\Delta V}$$

$$Q = C \Delta V$$

$$Q = (6 \times 10^{-12})(100)$$

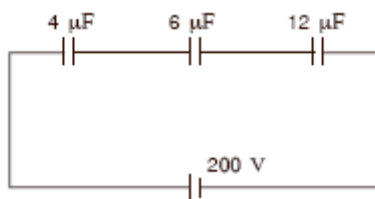
$$Q = 6 \times 10^{-10} \text{ C}$$

ดังนั้น ตัวเก็บประจุทรงกลมที่สร้างขึ้นจะมีความจุไฟฟ้า และประจุบนทรงกลม เท่ากับ 6×10^{-12} ฟารัด

และ 6×10^{-10} คูลอมป์ ตามลำดับ

ใบงานที่ 6.8.2

2. ต่อตัวเก็บประจุ 4 ไมโครฟารัด 6 ไมโครฟารัด และ 12 ไมโครฟารัด แบบอนุกรมเข้ากับความต่างศักย์ 200 โวลต์ ดังภาพ



ก) จงหาความจุไฟฟ้ารวมทั้งหมด

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ข) จงหาประจุไฟฟ้าที่ผ่านตัวเก็บประจุแต่ละตัว

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ค) จงหาความต่างศักย์ที่คร่อมตัวเก็บประจุแต่ละตัว

.....

.....

.....

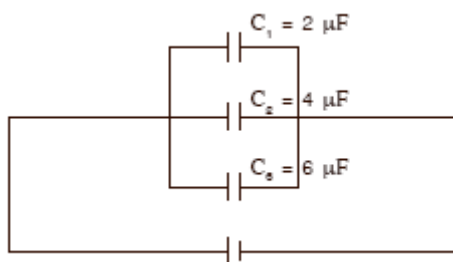
.....

.....

.....

.....

3. ต่อตัวเก็บประจุ 2 ไมโครฟารัด 4 ไมโครฟารัด และ 6 ไมโครฟารัด แบบขนานเข้ากับความต่างศักย์ 200 โวลต์ ดังภาพ



ก) จงหาความจุไฟฟ้ารวมทั้งหมด

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ข) ความต่างศักย์ที่คร่อมตัวเก็บประจุแต่ละตัว

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ค) ประจุไฟฟ้าที่ผ่านตัวเก็บประจุแต่ละตัว

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ใบงานที่ 6.8.2

เรื่อง การต่อตัวเก็บประจุ

เฉลย

คำชี้แจง : แสดงวิธีคำนวณหาผลลัพธ์ของโจทย์ต่อไปนี้

- ตัวเก็บประจุสองตัวต่ออนุกรมกันและต่อกับความต่างศักย์ไฟฟ้า 12 โวลต์ ทำให้ตัวเก็บประจุแต่ละตัวมีประจุตัวละ 24 ไมโครคูลอมบ์ แต่ถ้านำตัวเก็บประจุทั้งสองมาต่อแบบขนานและต่อกับความต่างศักย์ 12 โวลต์ อย่างเดิมจะทำให้เกิดประจุรวมของตัวเก็บประจุทั้งสองเท่ากับ 108 ไมโครคูลอมบ์ จงหาความจุไฟฟ้าของตัวเก็บประจุทั้งสอง

วิธีทำ พิจารณาการต่อตัวเก็บประจุแบบอนุกรม ประจุไฟฟ้าในตัวเก็บประจุแต่ละตัวเท่ากัน และเท่ากับประจุ

ไฟฟ้ารวมของทั้งวงจร ($Q_{\text{รวม}} = Q_1 = Q_2 = Q_3 = 24 \text{ } \mu\text{C}$)

จากสมการ
$$\frac{1}{C_{\text{รวม}}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$

$$C_{\text{รวม}} = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$$

จากสมการ
$$Q_{\text{รวม}} = C_{\text{รวม}} V_{\text{รวม}}$$

$$24 \times 10^{-6} = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} (12)$$

$$2 \times 10^{-6} = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} \quad (1)$$

พิจารณาการต่อตัวเก็บประจุแบบขนาน ประจุไฟฟ้ารวมเท่ากับผลรวมของประจุไฟฟ้าที่ผ่านตัวเก็บประจุ ($Q_{\text{รวม}} = Q_1 + Q_2 = 108 \text{ } \mu\text{C}$) และความต่างศักย์ไฟฟ้าของตัวเก็บประจุแต่ละตัวจะเท่ากันและเท่ากับ ความต่างศักย์ไฟฟ้ารวม ($V_{\text{รวม}} = V_1 = V_2 = 12 \text{ V}$)

จากสมการความจุไฟฟ้า
$$C_{\text{รวม}} = C_1 + C_2$$

จากสมการ
$$Q_{\text{รวม}} = C_{\text{รวม}} V_{\text{รวม}}$$

$$108 \times 10^{-6} = (C_1 + C_2) (12)$$

$$C_1 + C_2 = 9 \times 10^{-6}$$

$$C_2 = 9 \times 10^{-6} - C_1 \quad (2)$$

แทนสมการ (2) ในสมการ (1) จะได้ว่า

$$2 \times 10^{-6} = \frac{C_1 (9 \times 10^{-6} - C_1)}{C_1 + 9 \times 10^{-6} - C_1}$$

$$(2 \times 10^{-6})(9 \times 10^{-6}) = C_1(9 \times 10^{-6} - C_1)$$

$$18 \times 10^{-12} = 9 \times 10^{-6} C_1 - C_1^2$$

$$C_1^2 - 9 \times 10^{-6} C_1 + 18 \times 10^{-12} = 0$$

$$(C_1 - 6 \times 10^{-6})(C_1 - 3 \times 10^{-6}) = 0$$

$$C_1 = 6 \times 10^{-6} \text{ F และ } 3 \times 10^{-6} \text{ F}$$

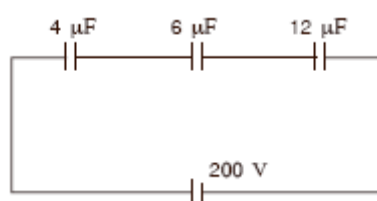
แทนค่า C_1 ในสมการ (2) จะได้ว่า

เมื่อ $C_1 = 6 \times 10^{-6} \text{ F}$ จะได้ $C_2 = 3 \times 10^{-6} \text{ F}$

และเมื่อ $C_1 = 3 \times 10^{-6} \text{ F}$ จะได้ $C_2 = 6 \times 10^{-6} \text{ F}$

ดังนั้น ความจุไฟฟ้าของตัวเก็บประจุทั้งสองเท่ากับ 6×10^{-6} ฟารัด และ 3×10^{-6} ฟารัด

2. ต่อตัวเก็บประจุ 4 ไมโครฟารัด 6 ไมโครฟารัด และ 12 ไมโครฟารัด แบบอนุกรมเข้ากับความต่างศักย์ 200 โวลต์ ดังภาพ



ก) จงหาความจุไฟฟ้ารวมทั้งหมด

วิธีทำ จากสมการ

$$\frac{1}{C_{\text{รวม}}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$

$$\frac{1}{C_{\text{รวม}}} = \frac{1}{4} + \frac{1}{6} + \frac{1}{12}$$

$$\frac{1}{C_{\text{รวม}}} = \frac{3+2+1}{12}$$

$$\frac{1}{C_{\text{รวม}}} = \frac{6}{12}$$

$$C_{\text{รวม}} = \frac{12}{6} = 2 \mu\text{F}$$

ดังนั้น ความจุไฟฟ้ารวมเท่ากับ 2 ไมโครฟารัด

ข) จงหาประจุไฟฟ้าที่ผ่านตัวเก็บประจุแต่ละตัว

วิธีทำ เนื่องจากเป็นการต่อตัวเก็บประจุแบบอนุกรม ประจุไฟฟ้าในตัวเก็บประจุแต่ละตัวเท่ากันและเท่ากับประจุไฟฟ้ารวมของทั้งวงจร

จากสมการ $Q_{\text{รวม}} = C_{\text{รวม}} V_{\text{รวม}}$

$$Q_{\text{รวม}} = (2)(200)$$

$$Q_{\text{รวม}} = 400 \text{ } \mu\text{C}$$

และ $Q_{\text{รวม}} = Q_1 = Q_2 = Q_3 = 400 \text{ } \mu\text{C}$

ดังนั้น ประจุไฟฟ้าที่ผ่านตัวเก็บประจุแต่ละตัวมีขนาดเท่ากัน เท่ากับ 400 ไมโครคูลอมบ์

ค) จงหาความต่างศักย์ที่คร่อมตัวเก็บประจุแต่ละตัว

วิธีทำ จากสมการ $Q = CV$

$$V = \frac{Q}{C}$$

พิจารณาที่ตัวเก็บประจุขนาด 4 ไมโครฟารัด

$$V = \frac{400 \times 10^{-6}}{4 \times 10^{-6}} = 100 \text{ V}$$

พิจารณาที่ตัวเก็บประจุขนาด 6 ไมโครฟารัด

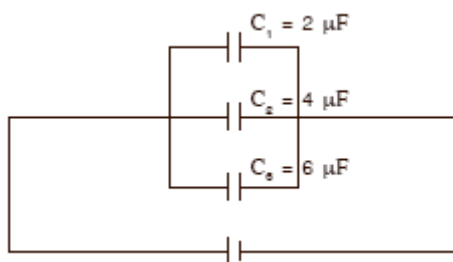
$$V = \frac{400 \times 10^{-6}}{6 \times 10^{-6}} = 66.67 \text{ V}$$

พิจารณาที่ตัวเก็บประจุขนาด 12 ไมโครฟารัด

$$V = \frac{400 \times 10^{-6}}{12 \times 10^{-6}} = 33.33 \text{ V}$$

ดังนั้น ความต่างศักย์ที่คร่อมตัวเก็บประจุขนาด 4 ไมโครฟารัด, 6 ไมโครฟารัด และ 12 ไมโครฟารัด มีค่าเท่ากับ 100 โวลต์, 66.67 โวลต์ และ 33.33 โวลต์ ตามลำดับ

3. ต่อตัวเก็บประจุ 2 ไมโครฟารัด 4 ไมโครฟารัด และ 6 ไมโครฟารัด แบบขนานเข้ากับความต่างศักย์ 200 โวลต์ ดังภาพ



ก) จงหาความจุไฟฟ้ารวมทั้งหมด

วิธีทำ จากสมการ

$$C_{\text{รวม}} = C_1 + C_2 + C_3$$

$$C_{\text{รวม}} = 2 + 4 + 6$$

$$C_{\text{รวม}} = 12 \mu\text{F}$$

ดังนั้น ความจุไฟฟ้ารวมเท่ากับ 12 ไมโครฟารัด

ข) ความต่างศักย์ที่คร่อมตัวเก็บประจุแต่ละตัว

วิธีทำ เนื่องจากการต่อตัวเก็บประจุแบบขนาน ความต่างศักย์ไฟฟ้าของตัวเก็บประจุแต่ละตัวจะเท่ากัน และเท่ากับความต่างศักย์ไฟฟ้ารวม

ดังนั้น

$$V_{\text{รวม}} = V_1 = V_2 = V_3 = 200 \text{ V}$$

ดังนั้น ความต่างศักย์ที่คร่อมตัวเก็บประจุแต่ละตัวมีขนาดเท่ากับ 200 โวลต์

ค) ประจุไฟฟ้าที่ผ่านตัวเก็บประจุแต่ละตัว

วิธีทำ จากสมการ

$$Q = CV$$

พิจารณาที่ตัวเก็บประจุขนาด 2 ไมโครฟารัด

$$Q = (2)(200) = 400 \mu\text{C}$$

พิจารณาที่ตัวเก็บประจุขนาด 4 ไมโครฟารัด

$$Q = (4)(200) = 800 \mu\text{C}$$

พิจารณาที่ตัวเก็บประจุขนาด 6 ไมโครฟารัด

$$Q = (6)(200) = 1,200 \mu\text{C}$$

ดังนั้น ประจุไฟฟ้าที่ผ่านตัวเก็บประจุขนาด 2 ไมโครฟารัด, 4 ไมโครฟารัด และ 6 ไมโครฟารัด

มีค่าเท่ากับ 400 ไมโครคูลอมบ์, 800 ไมโครคูลอมบ์ และ 1,200 ไมโครคูลอมบ์ ตามลำดับ

สลากหมายเลข

1

2



3

9. ความเห็นของผู้บริหารสถานศึกษาหรือผู้ที่ได้รับมอบหมาย

ข้อเสนอแนะ

.....

ลงชื่อ
(.....)

ตำแหน่ง

10. บันทึกผลหลังการสอน

- ด้านความรู้

.....

.....

- ด้านสมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

.....

.....

- ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์

.....

.....

- ด้านความสามารถทางวิทยาศาสตร์

.....

.....

- ด้านอื่น ๆ (พฤติกรรมเด่น หรือพฤติกรรมที่มีปัญหาของนักเรียนเป็นรายบุคคล (ถ้ามี))

.....

.....

- ปัญหา/อุปสรรค

.....

.....

- แนวทางการแก้ไข

.....

.....

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 9

การนำความรู้เกี่ยวกับไฟฟ้าสถิตไปใช้ประโยชน์

เวลา 3 ชั่วโมง

1. ผลการเรียนรู้

นำความรู้เรื่องไฟฟ้าสถิตไปอธิบายหลักการทำงานของเครื่องใช้ไฟฟ้าบางชนิด และปรากฏการณ์ในชีวิตประจำวัน

2. จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายหลักการทำงานของเครื่องมือที่นำความรู้เรื่องไฟฟ้าสถิตไปประยุกต์ใช้ได้ (K)
2. อธิบายปรากฏการณ์ในชีวิตประจำวันที่เกี่ยวข้องกับไฟฟ้าสถิตได้ (K)
3. สืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับหลักการทำงานของเครื่องมือที่นำความรู้เรื่องไฟฟ้าสถิตไปประยุกต์ใช้ได้ (P)
4. มีความใฝ่เรียนรู้และมีความมุ่งมั่นในการทำงาน (A)

3. สารการเรียนรู้

สารการเรียนรู้เพิ่มเติม	สารการเรียนรู้ท้องถิ่น
• ความรู้เรื่องไฟฟ้าสถิตสามารถนำไปอธิบายการทำงานของเครื่องใช้ไฟฟ้าบางชนิด เช่น เครื่องกำจัดฝุ่นในอากาศ เครื่องพ่นสี เครื่องถ้ายาลายนิ้วมือ และเครื่องถ่ายเอกสาร • ความรู้เรื่องไฟฟ้าสถิตยังสามารถนำไปอธิบายปรากฏการณ์ในชีวิตประจำวันได้ เช่น พายุ ฟ้าผ่า ประกายไฟจากการเสียดสีกันของวัตถุ ซึ่งช่วยให้สามารถป้องกันอันตรายที่อาจเกิดขึ้น	พิจารณาตามหลักสูตรของสถานศึกษา

4. สารสำคัญ/ความคิดรวบยอด

ความรู้เรื่องไฟฟ้าสถิตสามารถนำไปอธิบายการทำงานของเครื่องใช้ไฟฟ้าบางชนิด เช่น เครื่องพ่นสี เครื่องถ่ายเอกสาร ไมโครโฟนแบบตัวเก็บประจุ นอกจากนั้นความรู้เรื่องไฟฟ้าสถิตยังสามารถนำไปอธิบายปรากฏการณ์ในชีวิตประจำวันได้

5. สมรรถนะสำคัญของผู้เรียนและคุณลักษณะอันพึงประสงค์

สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน	คุณลักษณะอันพึงประสงค์
1. ความสามารถในการสื่อสาร 2. ความสามารถในการคิด 1) ทักษะการสื่อสาร 2) ทักษะการวิเคราะห์ 3) ทักษะการทำงานร่วมกัน 4) ทักษะการนำความรู้ไปใช้ 5) ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป 3. ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต 4. ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี	1. มีวินัย รับผิดชอบ 2. ใฝ่เรียนรู้ 3. ซื่อสัตย์ สุจริต 4. มุ่งมั่นในการทำงาน

6. กิจกรรมการเรียนรู้

 แนวคิด/รูปแบบการสอน/วิธีการสอน/เทคนิค : แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es Instructional Model)

ชั่วโมงที่ 1

ขั้นนำ

ขั้นที่ 1 กระตุ้นความสนใจ (Engage)

1. ครูนำถุงพลาสติกมาตัดเป็นเส้นตรงกว้างประมาณ 1 นิ้ว แล้วนำเทปใสมาติดเป็นวงกลม จากนั้นครูขออาสาสมัครนักเรียน 1 คน ออกมาสาธิตการทดลองโดยปล่อยพลาสติกจากความสูงระดับหนึ่ง แล้วนำท่อพีวีซีมาถูกับผ้าสักหลาด แล้วนำมาท่อพีวีซีเข้าใกล้พลาสติกที่กำลังจะตกลงมา (จะเห็นว่าพลาสติกจะลอยขึ้นเมื่อนำท่อพีวีซีเข้าใกล้ ซึ่งพลาสติกจะไม่หล่นลงพื้น) ครูอาจเปิดวิดีโอเกี่ยวกับ Static Electricity Experiment

จาก <https://www.youtube.com/watch?v=LocNNWGe0hA> ให้นักเรียนดู

2. ครูตั้งประเด็นคำถามกระตุ้นความคิดนักเรียนว่า “เพราะเหตุใดเมื่อนำท่อพีวีซีมาเข้าใกล้กับพลาสติก แล้วพลาสติกถึงไม่ตกลงมา” โดยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายแสดงความคิดเห็นอย่างอิสระโดยไม่มีการเฉลยว่าถูกหรือผิด

(แนวตอบ : เพราะพลาสติกกับท่อพีวีซีมีประจุตรงข้ามกัน ประจุจึงเกิดการผลักกันทำให้พลาสติกไม่ตกลงมา)

3. ครูถามคำถาม Prior Knowledge จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์

ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 ไฟฟ้าสถิต เพื่อเป็นการนำเข้าสู่บทเรียนว่า “ความรู้ทางไฟฟ้าสถิตนำไปใช้ประโยชน์ในด้านใดบ้าง” จากนั้นครูกล่าวเชื่อมโยงเข้าสู่กิจกรรมการเรียนรู้การสอน

(แนวตอบ : ขึ้นอยู่กับดุลยพินิจของครู ตัวอย่างความรู้ทางไฟฟ้าสถิตสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในงานด้านต่าง ๆ ได้หลายด้าน เช่น เครื่องถ่ายภาพเอกซเรย์ เครื่องพ่นสี เป็นต้น)

ขั้นสอน

ขั้นที่ 2 สำรวจค้นหา (Explore)

1. นักเรียนแบ่งกลุ่มออกเป็น 4 กลุ่ม กลุ่มละเท่า ๆ กัน ตามความสมัครใจ จากนั้นให้นักเรียนแต่ละกลุ่มส่งตัวแทนออกมาจับสลากเรื่องที่ศึกษา โดยครูเตรียมสลากหมายเลข ไว้หน้าชั้นเรียน ซึ่งหมายเลขสลากจะระบุเรื่องที่ให้นักเรียนศึกษา ดังนี้
 - หมายเลข 1 ศึกษา เรื่อง เครื่องถ่ายภาพเอกซเรย์
 - หมายเลข 2 ศึกษา เรื่อง เครื่องพ่นสี
 - หมายเลข 3 ศึกษา เรื่อง ไมโครโฟนแบบตัวเก็บประจุ
 - หมายเลข 4 ศึกษา เรื่อง การประยุกต์ใช้ไฟฟ้าสถิตกับการทดลองหาประจุไฟฟ้า
2. ครูแจกกระดาษฟลิปชาร์ตให้นักเรียนกลุ่มละ 1 แผ่น จากนั้นให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายระดมความคิดเห็นกันภายในกลุ่ม แล้วนำข้อมูลที่ได้จากการอภิปราย มาจัดทำในรูปแบบต่าง ๆ เช่น แผนผังมโนทัศน์ ลงในกระดาษฟลิปชาร์ต
(หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม)

ชั่วโมงที่ 2-3

ขั้นสอน

ขั้นที่ 3 อธิบายความรู้ (Explain)

3. นักเรียนแต่ละกลุ่มออกมานำเสนอผลการศึกษาหน้าชั้นเรียน ในระหว่างที่นักเรียนนำเสนอ ครูคอยให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม เพื่อให้นักเรียนมีความเข้าใจที่ถูกต้องมากยิ่งขึ้น
(หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบประเมินการนำเสนอผลงาน)

ขั้นที่ 4 ขยายความเข้าใจ (Elaborate)

4. ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนซักถามเนื้อหาเกี่ยวกับ เรื่อง การนำความรู้เกี่ยวกับไฟฟ้าสถิตไปใช้ประโยชน์ และให้ความรู้เพิ่มเติมจากคำถามของนักเรียน โดยครูใช้ PowerPoint เรื่อง การนำความรู้เกี่ยวกับไฟฟ้าสถิตไปใช้ประโยชน์ ในการอธิบายเพิ่มเติม
5. นักเรียนทำ Topic Question เรื่อง การนำความรู้เกี่ยวกับไฟฟ้าสถิตไปใช้ประโยชน์ จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 ไฟฟ้าสถิต ลงในสมุดประจำตัวนักเรียน
6. นักเรียนตรวจสอบความเข้าใจของตนเองจากกรอบ Self Check เรื่อง ไฟฟ้าสถิต ในหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 ไฟฟ้าสถิต โดยบันทึกลงในสมุดประจำตัวนักเรียน
7. นักเรียนแต่ละคนทำแบบฝึกหัด เรื่อง การนำความรู้เกี่ยวกับไฟฟ้าสถิตไปใช้ประโยชน์ จากแบบฝึกหัด รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 ไฟฟ้าสถิต เป็นการบ้านส่งในชั่วโมงถัดไป
8. นักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียนของหน่วยการเรียนรู้ที่ 6 ไฟฟ้าสถิต เพื่อเป็นการวัดความรู้หลังเรียน ของนักเรียน
9. นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 5-6 คน ตามความสมัครใจ จากนั้นให้แต่ละกลุ่มนำความรู้ เรื่อง ไฟฟ้าสถิต มาออกแบบและประดิษฐ์ชิ้นงานเกี่ยวกับประโยชน์จากไฟฟ้าสถิต

ขั้นสรุป

ขั้นที่ 5 ตรวจสอบผล (Evaluate)

1. ครูตรวจสอบผลการทำแบบทดสอบหลังเรียนหน่วยการเรียนรู้ที่ 6 ไฟฟ้าสถิต เพื่อตรวจสอบความเข้าใจหลังเรียนของนักเรียน
2. ครูประเมินผล โดยการสังเกตพฤติกรรมการตอบคำถาม พฤติกรรมการทำงานรายบุคคล พฤติกรรมการทำงานกลุ่ม และจากการนำเสนอผลการปฏิบัติกิจกรรมหน้าชั้นเรียน
3. ครูตรวจสอบผลการตรวจสอบความเข้าใจของตนเองจากกรอบ Self Check เรื่อง ไฟฟ้าสถิต จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 ไฟฟ้าสถิต ในสมุดประจำตัวนักเรียน
4. ครูตรวจ Topic Question เรื่อง การนำความรู้เกี่ยวกับไฟฟ้าสถิตไปใช้ประโยชน์ ในสมุดประจำตัวนักเรียน
5. ครูตรวจสอบแบบฝึกหัด เรื่อง การนำความรู้เกี่ยวกับไฟฟ้าสถิตไปใช้ประโยชน์ จากแบบฝึกหัด รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 ไฟฟ้าสถิต
6. ครูวัดและประเมินผลจากชิ้นงานประโยชน์จากไฟฟ้าสถิต

7. นักเรียนและครูร่วมกันสรุปเกี่ยวกับการนำความรู้เกี่ยวกับไฟฟ้าสถิตไปใช้ประโยชน์ ซึ่งได้ข้อสรุปร่วมกันว่า “ไฟฟ้าสถิตสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในงานด้านต่าง ๆ ได้หลายด้าน เช่น เครื่องถ่ายภาพเอกซเรย์ เครื่องพ่นสี ไมโครโฟนแบบตัวเก็บประจุ โดยใช้ความรู้เกี่ยวกับแรงกระทำระหว่างประจุไฟฟ้า โดยเฉพาะแรงดึงดูดระหว่างประจุไฟฟ้าต่างชนิดกัน”

7. การวัดและประเมินผล

รายการวัด	วิธีวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
7.1 การประเมินระหว่างการจัดกิจกรรม			
1) การนำความรู้เกี่ยวกับไฟฟ้าสถิตไปใช้ประโยชน์	- ตรวจแบบฝึกหัด	- แบบฝึกหัด	- ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์
2) การนำเสนอผลงาน/ ผลการปฏิบัติกิจกรรม	- ประเมินการนำเสนอผลงาน/ผลการปฏิบัติกิจกรรม	- แบบประเมินการนำเสนอผลงาน	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
3) พฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- สังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
4) พฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- สังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
5) คุณลักษณะอันพึงประสงค์	- สังเกตความมีวินัย รับผิดชอบ ใฝ่เรียนรู้ ซื่อสัตย์ สุจริต และ มุ่งมั่นในการทำงาน	- แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
7.2 การประเมินหลังเรียน			
1) แบบทดสอบหลังเรียน หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 ไฟฟ้าสถิต	- ตรวจแบบทดสอบหลังเรียน หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 ไฟฟ้าสถิต	- แบบทดสอบหลังเรียน หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 ไฟฟ้าสถิต	- ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์

รายการวัด	วิธีวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
2) การประเมิน ชิ้นงาน/ ภาระงาน (รวบ ยอด) เรื่อง การประดิษฐ์ ชิ้นงานเกี่ยวกับ ประโยชน์จาก ไฟฟ้าสถิต	- ตรวจชิ้นงานสิ่งประดิษฐ์ เกี่ยวกับประโยชน์จาก ไฟฟ้าสถิต	- แบบประเมินชิ้นงาน/ ภาระงาน (รวบยอด)	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์

8. สื่อ/แหล่งการเรียนรู้

8.1 สื่อการเรียนรู้

- 1) หนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 ไฟฟ้าสถิต
- 2) แบบฝึกหัด รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 ไฟฟ้าสถิต
- 3) PowerPoint เรื่อง การนำความรู้เกี่ยวกับไฟฟ้าสถิตไปใช้ประโยชน์
- 4) พลาสติก
- 5) เทปใส
- 6) ท่อพีวีซี
- 7) ผ้าสักหลาด
- 8) สลากหมายเลข
- 9) วิดีทัศน์เกี่ยวกับ Static Electricity Experiment
จาก <https://www.youtube.com/watch?v=LocNNWGe0hA>
- 10) สมุดประจำตัวนักเรียน

8.2 แหล่งการเรียนรู้

- 1) ห้องสมุด
- 2) อินเทอร์เน็ต

ชิ้นงาน/ภาระงาน (รวบยอด)**เรื่อง สิ่งประดิษฐ์ประโยชน์จากไฟฟ้าสถิต**

คำชี้แจง : นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 5-6 คน จากนั้นให้แต่ละกลุ่มนำความรู้ เรื่อง ไฟฟ้าสถิต มาออกแบบและประดิษฐ์ชิ้นงานเกี่ยวกับประโยชน์จากไฟฟ้าสถิต

สลากหมายเลข

1

2



3

4

9. ความเห็นของผู้บริหารสถานศึกษาหรือผู้ที่ได้รับมอบหมาย

ข้อเสนอแนะ

.....

ลงชื่อ

(.....)

ตำแหน่ง

10. บันทึกผลหลังการสอน

- ด้านความรู้

.....

.....

- ด้านสมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

.....

.....

- ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์

.....

.....

- ด้านความสามารถทางวิทยาศาสตร์

.....

.....

- ด้านอื่น ๆ (พฤติกรรมเด่น หรือพฤติกรรมที่มีปัญหาของนักเรียนเป็นรายบุคคล (ถ้ามี))

.....

.....

- ปัญหา/อุปสรรค

.....

.....

- แนวทางการแก้ไข

.....

.....

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

กระแสไฟฟ้า

เวลา 4 ชั่วโมง

1. ผลการเรียนรู้

อธิบายการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนอิสระและกระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำ ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำกับความเร็วลอยเลื่อนของอิเล็กตรอนอิสระ ความหนาแน่นของอิเล็กตรอนในลวดตัวนำและพื้นที่หน้าตัดของลวดตัวนำ และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง

2. จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายกระแสไฟฟ้าและกระแสอิเล็กตรอนได้ (K)
2. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำกับความเร็วลอยเลื่อนของอิเล็กตรอนอิสระได้ (K)
3. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของอิเล็กตรอนในลวดตัวนำและพื้นที่หน้าตัดของลวดตัวนำได้ (K)
4. ตรวจสอบหาปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับกระแสไฟฟ้าในตัวนำไฟฟ้า (P)
5. มีความมุ่งมั่นในการเรียนรู้และการทำงานที่ได้รับมอบหมายตลอดเวลา (A)

3. สารการเรียนรู้

สารการเรียนรู้เพิ่มเติม	สารการเรียนรู้ท้องถิ่น
● เมื่อต่อลวดตัวนำกับแหล่งกำเนิดไฟฟ้า อิเล็กตรอนอิสระที่อยู่ในลวดตัวนำจะเคลื่อนที่ในทิศทางข้ามกับสนามไฟฟ้า ทำให้เกิดกระแสไฟฟ้า ซึ่งทิศของกระแสไฟฟ้ามีทิศทางเดียวกับสนามไฟฟ้า หรือมีทิศทางจากจุดที่มีศักย์ไฟฟ้าสูงไปยังจุดที่มีศักย์ไฟฟ้าต่ำกว่า ● กระแสไฟฟ้าในตัวนำไฟฟ้ามีความสัมพันธ์กับความเร็วลอยเลื่อนของอิเล็กตรอนอิสระ ความหนาแน่นของอิเล็กตรอนอิสระในตัวนำและพื้นที่หน้าตัดของตัวนำ ตามสมการ $I = nev_d A$	พิจารณาตามหลักสูตรของสถานศึกษา

4. สาระสำคัญ/ความคิดรวบยอด

การถ่ายโอนประจุไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำหรือตัวนำอื่น ๆ เรียกว่า กระแสไฟฟ้า จึงกล่าวได้ว่า เมื่อมีประจุไฟฟ้าในตัวนำใดจะเกิดกระแสไฟฟ้าขึ้นในตัวนำนั้น กระแสไฟฟ้าจึงเกิดจากการไหลของประจุไฟฟ้า โดยกระแสไฟฟ้าในตัวนำไฟฟ้ามีความสัมพันธ์กับความเร็วลอยเลื่อนของอิเล็กตรอนอิสระ ความหนาแน่นของอิเล็กตรอนอิสระในตัวนำและพื้นที่หน้าตัดของตัวนำ

5. สมรรถนะสำคัญของผู้เรียนและคุณลักษณะอันพึงประสงค์

สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน	คุณลักษณะอันพึงประสงค์
1. ความสามารถในการสื่อสาร 2. ความสามารถในการคิด 1) ทักษะการสังเกต 2) ทักษะการสื่อสาร 3) ทักษะการวิเคราะห์ 4) ทักษะการคำนวณ 5) ทักษะการทำงานร่วมกัน 3. ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต 4. ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี	1. มีวินัย รับผิดชอบ 2. ใฝ่เรียนรู้ 3. ซื่อสัตย์ สุจริต 4. มุ่งมั่นในการทำงาน

6. กิจกรรมการเรียนรู้

 แนวคิด/รูปแบบการสอน/วิธีการสอน/เทคนิค : แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es Instructional Model)

ชั่วโมงที่ 1

ขั้นนำ

ขั้นที่ 1 กระตุ้นความสนใจ (Engage)

- ครูแจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้ให้นักเรียนทราบ จากนั้นครูให้นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียนของหน่วยการเรียนรู้ที่ 7 ไฟฟ้ากระแส เพื่อตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียนเป็นรายบุคคลก่อนเข้าสู่กิจกรรม
- ครูถามคำถามกระตุ้นความสนใจของนักเรียนโดยใช้คำถาม Big Question จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 7 ไฟฟ้ากระแส และร่วมกันอภิปรายแสดงความคิดเห็นอย่างอิสระโดยไม่มีการเฉลยว่าถูกหรือผิด ดังนี้

- ไฟฟ้าที่ใช้ในบ้านเรือนเป็นกระแสไฟฟ้าแบบใด
(แนวตอบ : กระแสไฟฟ้าสลับ)
 - หากต้องการวัดกระแสไฟฟ้าต้องใช้สิ่งใด
(แนวตอบ : แอมมิเตอร์)
 - พลังงานไฟฟ้าที่นำไปคิดค่าไฟฟ้าจะต้องใช้หน่วยใด
(แนวตอบ : หน่วย (unit))
3. นักเรียนตรวจสอบความเข้าใจของตนเองจากกรอบ Understanding Check ในหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 7 ไฟฟ้ากระแส โดยบันทึกลงในสมุดประจำตัวนักเรียน

ขั้นสอน

ขั้นที่ 2 สำรวจค้นหา (Explore)

1. ครูนำอุปกรณ์สาธิตการทดลอง เช่น อิเล็กโทรสโคปแบบแผ่นโลหะ 2 ชุด และลวดตัวนำ จากนั้นครูนำลวดตัวนำมาวางระหว่างจานโลหะของอิเล็กโทรสโคปทั้งสองชุด
2. นักเรียนแต่ละคนสังเกตลักษณะการกางของแผ่นโลหะบางก่อนวางลวดตัวนำ และหลังวางลวดตัวนำ จากนั้นให้นักเรียนแต่ละคนร่วมกันอภิปรายแสดงความคิดเห็นสิ่งที่สังเกตได้
3. ครูตั้งประเด็นคำถามกระตุ้นความคิดนักเรียนว่า “เพราะเหตุใด เมื่อนำลวดตัวนำมาวางระหว่างจานโลหะของอิเล็กโทรสโคปทั้งสองชุด แล้วแผ่นโลหะบางของอิเล็กโทรสโคปทั้งสองชุดจึงเกิดการเปลี่ยนแปลง” โดยให้นักเรียนแต่ละคนร่วมกันอภิปรายแสดงความคิดเห็นอย่างอิสระโดยไม่มีการเฉลยว่าถูกหรือผิด
(แนวตอบ : เพราะเกิดการถ่ายโอนประจุระหว่างอิเล็กโทรสโคป และจะหยุดการถ่ายโอนประจุเมื่อความต่างศักย์ของอิเล็กโทรสโคปทั้งสองเท่ากัน)
4. นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 3 คน ตามความสมัครใจ จากนั้นให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันศึกษาค้นคว้าข้อมูลเกี่ยวกับ เรื่อง กระแสไฟฟ้า และการนำไฟฟ้า จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 7 ไฟฟ้ากระแส หรือแหล่งการเรียนรู้ต่าง ๆ เช่น อินเทอร์เน็ต ห้องสมุด
5. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายเรื่องที่ได้ศึกษา จากนั้นให้นักเรียนแต่ละคนเขียนสรุปความรู้ที่ได้จากการศึกษาค้นคว้าลงในสมุดประจำตัวนักเรียน
(หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล)

ชั่วโมงที่ 2

ขั้นสอน

ขั้นที่ 2 สำรวจค้นหา (Explore)

6. นักเรียนแต่ละกลุ่มออกมานำเสนอผลการศึกษาค้นคว้าหน้าชั้นเรียน ในระหว่างที่นักเรียนนำเสนอ ครูอาจเสนอแนะหรือแทรกข้อมูลเพิ่มเติมในเรื่องนั้น ๆ เพื่อให้ นักเรียนมีความเข้าใจที่ถูกต้องมากยิ่งขึ้น
(หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบประเมินการนำเสนอผลงาน)
7. ครูตั้งประเด็นคำถามกระตุ้นความคิดนักเรียน โดยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายแสดงความคิดเห็นเพื่อคำตอบ ดังนี้
 - กระแสไฟฟ้าเกิดจากอะไร
(แนวตอบ : เกิดจากประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่)
 - กระแสไฟฟ้า แบ่งเป็นกี่ชนิด อะไรบ้าง
(แนวตอบ : กระแสไฟฟ้า แบ่งเป็น 2 ชนิด คือ กระแสไฟฟ้าตรง และกระแสไฟฟ้าสลับ)
 - กระแสไฟฟ้าตรง และกระแสไฟฟ้าสลับ แตกต่างกันอย่างไร
(แนวตอบ : กระแสไฟฟ้าตรง จะมีการไหลในทิศทางเดียวตลอดเวลา ส่วนกระแสไฟฟ้าสลับ จะขึ้นอยู่กับเวลาที่อิเล็กตรอนเคลื่อนที่ไปมาตลอดเวลา)
 - คุณสมบัติของตัวนำไฟฟ้าที่ดี มีลักษณะอย่างไร
(แนวตอบ : มีความต้านทานไฟฟ้าน้อย)
8. ครูสุ่มนักเรียน จำนวน 5 คน ยกตัวอย่างแหล่งกำเนิดไฟฟ้าที่รู้จัก มาคนละ 1 ชนิด
(แนวตอบ : เช่น เซลล์แห้ง เซลล์สุริยะ เซลล์เชื้อเพลิง แบตเตอรี่ เครื่องกำเนิดไฟฟ้า เป็นต้น)
9. นักเรียนแต่ละคนทำใบงานที่ 7.1.1 เรื่อง กระแสไฟฟ้า และกระแสอิเล็กตรอน จากนั้นครูสุ่มนักเรียน จำนวน 2 คน ออกมาเฉลยใบงานที่ 7.1.1 เรื่อง กระแสไฟฟ้า และกระแสอิเล็กตรอน โดยครูให้นักเรียนร่วมกันพิจารณาว่าคำตอบใดถูกต้อง จากนั้นครูเฉลยคำตอบที่ถูกต้องให้นักเรียน

ชั่วโมงที่ 3-4

ขั้นสอน

ขั้นที่ 2 สำรวจค้นหา (Explore)

10. ครูถามคำถาม Prior Knowledge จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 7 ไฟฟ้ากระแส ว่า “ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ผ่านลวดตัวนำขึ้นอยู่กับสิ่งใด”
(แนวตอบ: ความเร็วลอยเลื่อนของอิเล็กตรอนอิสระ ความหนาแน่นของอิเล็กตรอนอิสระในตัวนำ และพื้นที่หน้าตัดของตัวนำ)
11. นักเรียนแบ่งกลุ่ม (กลุ่มเดิม) จากชั่วโมงที่ผ่านมา จากนั้นให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันศึกษาค้นคว้า ข้อมูลเกี่ยวกับ เรื่อง กระแสไฟฟ้าในตัวนำไฟฟ้า จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 7 ไฟฟ้ากระแส หรือแหล่งการเรียนรู้ต่าง ๆ เช่น อินเทอร์เน็ต ห้องสมุด QR Code เรื่อง กระแสไฟฟ้าในตัวนำไฟฟ้า
12. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายเรื่องที่ได้อ่าน จากนั้นให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันสรุปความรู้ ที่ได้จากการศึกษาค้นคว้าลงในสมุดประจำตัวนักเรียน
(หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม)

ขั้นที่ 3 อธิบายความรู้ (Explain)

13. นักเรียนแต่ละกลุ่มออกมานำเสนอผลการปฏิบัติกิจกรรมหน้าชั้นเรียน ในระหว่างที่นักเรียนนำเสนอ ครูคอยให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมเพื่อให้ นักเรียนมีความเข้าใจที่ถูกต้องมากยิ่งขึ้น
(หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบประเมินการนำเสนอผลงาน)
14. ครูอธิบายเพิ่มเติมให้นักเรียนเข้าใจเกี่ยวกับทิศทางการเคลื่อนที่ของกระแสไฟฟ้าในตัวนำว่า “กระแสไฟฟ้าในตัวนำ มีทิศทางการเคลื่อนที่เดียวกับทิศทางของสนามไฟฟ้า เคลื่อนที่จากบริเวณที่มี ศักย์ไฟฟ้าสูงไปยังบริเวณที่มีศักย์ไฟฟ้าต่ำ”
15. ครูอธิบายเพิ่มเติมให้นักเรียนเข้าใจเกี่ยวกับทิศทางการเคลื่อนที่ของกระแสอิเล็กตรอนว่า “กระแสอิเล็กตรอน มีทิศทางสวนทางกับทิศทางของสนามไฟฟ้า เคลื่อนที่จากบริเวณที่มีศักย์ไฟฟ้า ต่ำไปยังบริเวณที่มีศักย์ไฟฟ้าสูง”

ขั้นที่ 4 ขยายความเข้าใจ (Elaborate)

16. ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนซักถามเนื้อหาเกี่ยวกับ เรื่อง กระแสไฟฟ้า การนำไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้า ในตัวนำไฟฟ้า และให้ความรู้เพิ่มเติมจากคำถามของนักเรียน โดยครูใช้ PowerPoint เรื่อง กระแสไฟฟ้า ในการอธิบายเพิ่มเติม

17. นักเรียนแต่ละคนศึกษาตัวอย่างที่ 7.1-7.2 จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 7 ไฟฟ้ากระแส จากนั้นทำใบงานที่ 7.1.2 เรื่อง กระแสไฟฟ้าในตัวนำไฟฟ้า
18. ครูสุมนักเรียน จำนวน 3 คน ออกมาแสดงวิธีการคำนวณหาผลลัพท์ จากใบงานที่ 7.1.2 เรื่อง กระแสไฟฟ้าในตัวนำไฟฟ้า หน้าชั้นเรียน โดยครูสอบถามนักเรียนในชั้นเรียนว่ามีคำตอบแตกต่างจากสิ่งที่เพื่อนออกมาแสดงวิธีการคำนวณหรือไม่ ถ้าแตกต่างครูให้นักเรียนออกมาแสดงวิธีการคำนวณหาผลลัพท์ จากนั้นครูเฉลยคำตอบที่ถูกต้องให้นักเรียน
19. นักเรียนทำ Topic Question เรื่อง กระแสไฟฟ้า จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 7 ไฟฟ้ากระแส ลงในสมุดประจำตัวนักเรียน
20. นักเรียนแต่ละคนทำ Unit Question 7 เรื่อง กระแสไฟฟ้า จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 7 ไฟฟ้ากระแส ลงในสมุดประจำตัวนักเรียน
21. นักเรียนแต่ละคนทำแบบฝึกหัด เรื่อง กระแสไฟฟ้า จากแบบฝึกหัด รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 7 ไฟฟ้ากระแส เป็นการบ้านส่งในชั่วโมงถัดไป

ขั้นสรุป

ขั้นที่ 5 ตรวจสอบผล (Evaluate)

1. ครูตรวจสอบผลการทำแบบทดสอบก่อนเรียนหน่วยการเรียนรู้ที่ 7 ไฟฟ้ากระแส เพื่อตรวจสอบความเข้าใจก่อนเรียนของนักเรียน
2. ครูประเมินผล โดยการสังเกตพฤติกรรมการตอบคำถาม พฤติกรรมการทำงานรายบุคคล พฤติกรรมการทำงานกลุ่ม และจากการนำเสนอผลการปฏิบัติกิจกรรมหน้าชั้นเรียน
3. ครูตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียนจากกรอบ Understanding Check ในสมุดประจำตัวนักเรียน
4. ครูตรวจสอบผลการทำใบงานที่ 7.1.1 เรื่อง กระแสไฟฟ้า และกระแสอิเล็กทรอนิกส์
5. ครูตรวจสอบผลการทำใบงานที่ 7.1.2 เรื่อง กระแสไฟฟ้าในตัวนำไฟฟ้า
6. ครูตรวจ Topic Question เรื่อง กระแสไฟฟ้า ในสมุดประจำตัวนักเรียน
7. ครูตรวจแบบฝึกหัดจาก Unit Question 7 เรื่อง กระแสไฟฟ้า ในสมุดประจำตัวนักเรียน
8. ครูตรวจสอบแบบฝึกหัด เรื่อง กระแสไฟฟ้า จากแบบฝึกหัด รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 7 ไฟฟ้ากระแส
9. นักเรียนและครูร่วมกันสรุปเกี่ยวกับกระแสไฟฟ้า ซึ่งได้ข้อสรุปร่วมกันว่า “การถ่ายโอนประจุไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำหรือตัวนำอื่น ๆ เรียกว่า กระแสไฟฟ้า (electric current) เมื่อมีประจุไฟฟ้าไหลในตัวนำใดจะเกิดกระแสไฟฟ้าขึ้นในตัวนำนั้น กระแสไฟฟ้าจึงเกิดจากการไหลของประจุไฟฟ้า”

7. การวัดและประเมินผล

รายการวัด	วิธีวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
7.1 การประเมินก่อนเรียน - แบบทดสอบก่อนเรียน หน่วยการเรียนรู้ที่ 7 ไฟฟ้ากระแส	- ตรวจสอบแบบทดสอบก่อนเรียน หน่วยการเรียนรู้ที่ 7 ไฟฟ้ากระแส	- แบบทดสอบก่อนเรียน หน่วยการเรียนรู้ที่ 7 ไฟฟ้ากระแส	- ประเมินตามสภาพจริง
7.2 การประเมินระหว่างการจัดกิจกรรม 1) กระแสไฟฟ้า และ กระแสอิเล็กทรอนิกส์	- ตรวจสอบใบงานที่ 7.1.1 - ตรวจสอบแบบฝึกหัด	- ใบงานที่ 7.1.1 - แบบฝึกหัด	- ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์ - ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์
2) กระแสไฟฟ้าในตัวนำไฟฟ้า	- ตรวจสอบใบงานที่ 7.1.2 - ตรวจสอบแบบฝึกหัด	- ใบงานที่ 7.1.2 - แบบฝึกหัด	- ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์ - ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์
3) การนำเสนอผลงาน/ผลการปฏิบัติกิจกรรม	- ประเมินการนำเสนอผลงาน/ผลการปฏิบัติกิจกรรม	- แบบประเมินการนำเสนอผลงาน	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
4) พฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- สังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
5) พฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- สังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
6) คุณลักษณะอันพึงประสงค์	- สังเกตความมีวินัย รับผิดชอบ ใฝ่เรียนรู้ ซื่อสัตย์ สุจริต และ มุ่งมั่นในการทำงาน	- แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์

8. สื่อ/แหล่งการเรียนรู้

8.1 สื่อการเรียนรู้

- 1) หนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 7 ไฟฟ้ากระแส
- 2) แบบฝึกหัด รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 7 ไฟฟ้ากระแส
- 3) ใบงานที่ 7.1.1 เรื่อง กระแสไฟฟ้า และกระแสอิเล็กทรอนิกส์
- 4) ใบงานที่ 7.1.2 เรื่อง กระแสไฟฟ้าในตัวนำไฟฟ้า
- 5) PowerPoint เรื่อง กระแสไฟฟ้า
- 6) อุปกรณ์สาธิตการทดลอง เช่น อิเล็กโทรสโคปแบบแผ่นโลหะ 2 ชุด และลวดตัวนำ
- 7) QR Code เรื่อง กระแสไฟฟ้าในตัวนำไฟฟ้า
- 8) สมุดประจำตัวนักเรียน

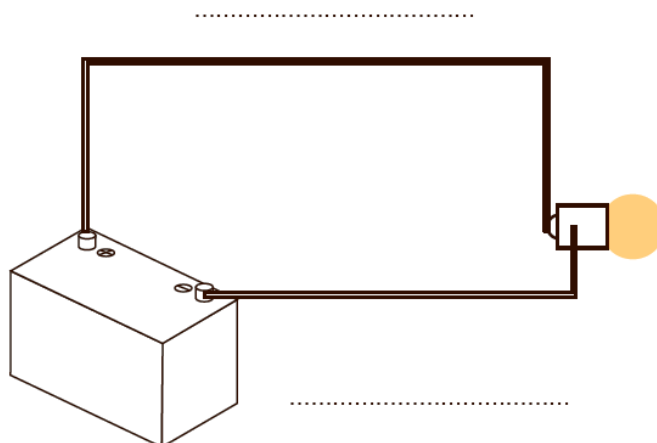
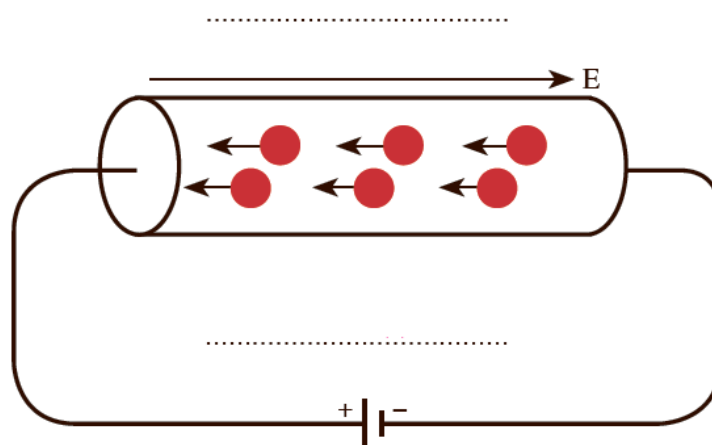
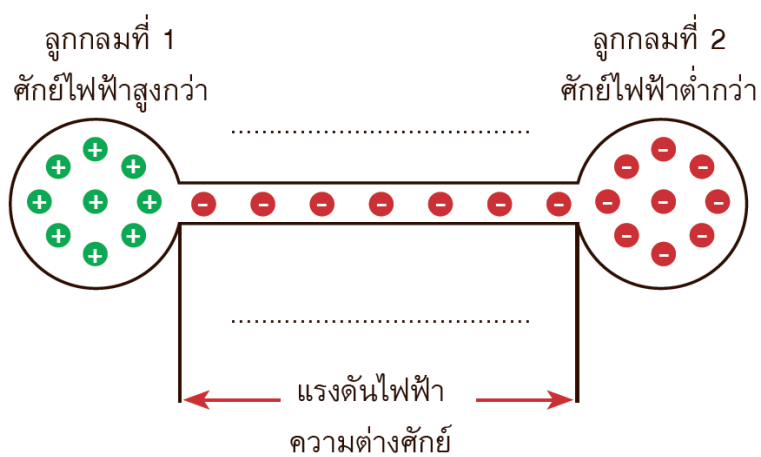
8.2 แหล่งการเรียนรู้

- 1) ห้องสมุด
- 2) อินเทอร์เน็ต

ใบงานที่ 7.1.1

เรื่อง กระแสไฟฟ้า และกระแสอิเล็กตรอน

คำชี้แจง : จงระบุทิศทางการเคลื่อนที่ของกระแสไฟฟ้า และกระแสอิเล็กตรอนลงในภาพที่กำหนดให้

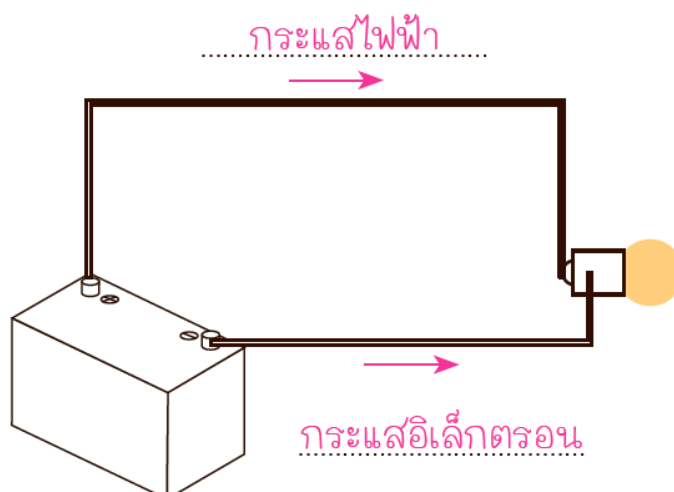
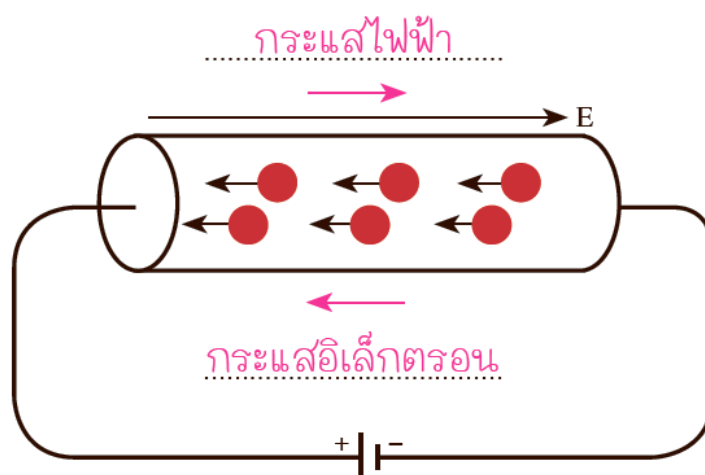
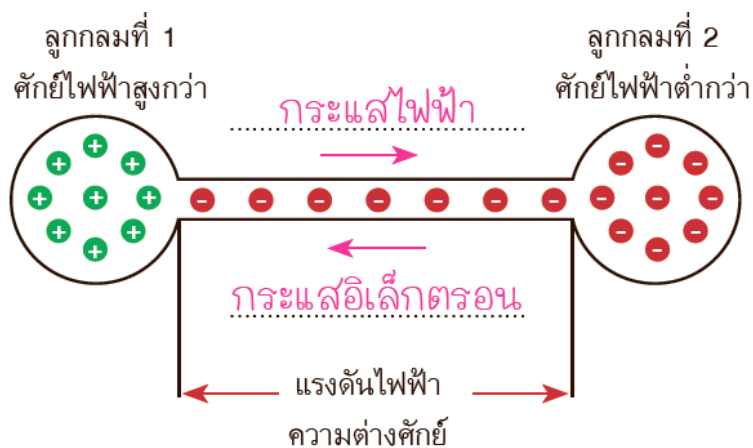


ใบงานที่ 7.1.1

เฉลย

เรื่อง กระแสไฟฟ้า และกระแสอิเล็กตรอน

คำชี้แจง : จงระบุทิศทางการเคลื่อนที่ของกระแสไฟฟ้า และกระแสอิเล็กตรอนลงในภาพที่กำหนดให้



ใบงานที่ 7.1.2

เรื่อง กระแสไฟฟ้าในตัวนำไฟฟ้า

คำชี้แจง : แสดงวิธีคำนวณหาผลลัพธ์ของโจทย์ต่อไปนี้

1. ลวดตัวนำเส้นหนึ่งมีพื้นที่ภาคตัดขวางเท่ากับ 9 ตารางเซนติเมตร ถ้ามีประจุไฟฟ้า +400 และ -200 คูลอมบ์ เคลื่อนที่ผ่านพื้นที่นี้ในลักษณะสวนทางกัน โดยใช้เวลา 5 วินาที แสดงว่ามีกระแสไฟฟ้าผ่านตัวนำเส้นนี้เท่าใด

.....

.....

.....

.....

.....

2. เส้นลวดเส้นหนึ่งมีพื้นที่หน้าตัด 10 ตารางมิลลิเมตร เมื่อต่อกับวงจรให้เกิดความต่างศักย์ไฟฟ้าค่าหนึ่ง จะมีกระแสไฟฟ้าผ่านลวดเส้นนี้เท่าใด เมื่อความเร็วลอยเลื่อนของอิเล็กตรอนเท่ากับ 0.1 มิลลิเมตรต่อวินาที และจำนวนอิเล็กตรอนอิสระต่อลูกบาศก์เมตรในลวดเส้นนี้เป็น 2×10^{28} อนุภาค

.....

.....

.....

.....

.....

3. ลวดตัวนำยาว 1 เมตร มีพื้นที่หน้าตัด 0.1 ตารางเซนติเมตร ถ้ามีกระแสไฟฟ้า 3.2 มิลลิแอมแปร์ ไหลผ่าน ความเร็วลอยเลื่อนของอิเล็กตรอนอิสระในลวดเส้นนี้จะเป็นเท่าใด ถ้าลวดเส้นนี้มีจำนวนอิเล็กตรอนทั้งหมด 4×10^{22} ตัว

.....

.....

.....

.....

.....

ใบงานที่ 7.1.2

เฉลย

เรื่อง กระแสไฟฟ้าในตัวนำไฟฟ้า

คำชี้แจง : แสดงวิธีคำนวณหาผลลัพธ์ของโจทย์ต่อไปนี้

1. ลวดตัวนำเส้นหนึ่งมีพื้นที่ภาคตัดขวางเท่ากับ 9 ตารางเซนติเมตร ถ้ามีประจุไฟฟ้า +400 และ -200 คูลอมบ์ เคลื่อนที่ผ่านพื้นที่นี้ในลักษณะสวนทางกัน โดยใช้เวลา 5 วินาที แสดงว่ามีกระแสไฟฟ้าผ่านตัวนำเส้นนี้เท่าใด

วิธีทำ จากสมการ $I = \frac{Q}{t}$

ประจุไฟฟ้า +400 จะทำให้เกิดกระแสไฟฟ้า

$$I_1 = \frac{400}{5} = 80 \text{ A}$$

ประจุไฟฟ้า -200 จะทำให้เกิดกระแสไฟฟ้า

$$I_2 = \frac{200}{5} = 40 \text{ A}$$

กระแสไฟฟ้าทั้งหมดที่ผ่านตัวนำเส้นนี้ คือ $I_1 + I_2 = 80 + 40 = 120 \text{ A}$

ดังนั้น ลวดตัวนำเส้นนี้จะมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านทั้งหมด 120 แอมแปร์

2. เส้นลวดเส้นหนึ่งมีพื้นที่หน้าตัด 10 ตารางมิลลิเมตร เมื่อต่อกับวงจรให้เกิดความต่างศักย์ไฟฟ้าค่าหนึ่ง จะมีกระแสไฟฟ้าผ่านลวดเส้นนี้เท่าใด เมื่อความเร็วลอยเลื่อนของอิเล็กตรอนเท่ากับ 0.1 มิลลิเมตรต่อวินาที และจำนวนอิเล็กตรอนอิสระต่อลูกบาศก์เมตรในลวดเส้นนี้เป็น 2×10^{28} อนุภาค

วิธีทำ จากสมการ $I = nev_d A$

$$I = (2 \times 10^{28}) (1.6 \times 10^{-19}) (0.1 \times 10^{-3}) (10 \times 10^{-6})$$

$$I = 3.2 \text{ A}$$

ดังนั้น เมื่อต่อกับวงจรให้เกิดความต่างศักย์ไฟฟ้าค่าหนึ่ง จะมีกระแสไฟฟ้าผ่านลวดเส้นนี้ 3.2 แอมแปร์

3. ลวดตัวนำยาว 1 เมตร มีพื้นที่หน้าตัด 0.1 ตารางเซนติเมตร ถ้ามีกระแสไฟฟ้า 3.2 มิลลิแอมแปร์ ไหลผ่าน ความเร็วลอยเลื่อนของอิเล็กตรอนอิสระในลวดเส้นนี้จะเป็นเท่าใด ถ้าลวดเส้นนี้มีจำนวนอิเล็กตรอนทั้งหมด 4×10^{22} ตัว

วิธีทำ จากสมการ $I = nev_d A$

$$3.2 \times 10^{-3} = (4 \times 10^{22}) (1.6 \times 10^{-19}) (v_d) (0.1 \times 10^{-4})$$

$$v_d = 5.0 \times 10^{-7} \text{ m หรือ } 500 \text{ nm}$$

ดังนั้น ความเร็วลอยเลื่อนของอิเล็กตรอนอิสระในลวดเส้นนี้เป็น 500 นาโนเมตร

9. ความเห็นของผู้บริหารสถานศึกษาหรือผู้ที่ได้รับมอบหมาย

ข้อเสนอแนะ

.....

ลงชื่อ
(.....)

ตำแหน่ง

10. บันทึกผลหลังการสอน

- ด้านความรู้

.....

.....

- ด้านสมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

.....

.....

- ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์

.....

.....

- ด้านความสามารถทางวิทยาศาสตร์

.....

.....

- ด้านอื่น ๆ (พฤติกรรมเด่น หรือพฤติกรรมที่มีปัญหาของนักเรียนเป็นรายบุคคล (ถ้ามี))

.....

.....

- ปัญหา/อุปสรรค

.....

.....

- แนวทางการแก้ไข

.....

.....

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2

ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์

เวลา 3 ชั่วโมง

1. ผลการเรียนรู้

ทดลอง และอธิบายกฎของโอห์ม อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานกับความยาว พื้นที่หน้าตัด และสภาพต้านทานของตัวนำโลหะที่อุณหภูมิคงตัว และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งอธิบายและคำนวณความต้านทานสมมูล เมื่อนำตัวต้านทานมาต่อกันแบบอนุกรมและแบบขนาน

2. จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายกฎของโอห์มได้ (K)
2. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ได้ (K)
3. ปฏิบัติกิจกรรมความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ได้อย่างถูกต้องและเป็นลำดับขั้นตอน (P)
4. ตรวจสอบหาปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับกฎของโอห์มได้ (P)
5. มีความใฝ่เรียนรู้และมีความมุ่งมั่นในการทำงาน (A)

3. สารการเรียนรู้

สารการเรียนรู้เพิ่มเติม	สารการเรียนรู้ท้องถิ่น
เมื่ออุณหภูมิคงตัว กระแสไฟฟ้าในตัวนำโลหะ ความต่างศักย์ที่ปลายทั้งสองและความต้านทานของตัวนำนั้นมีความสัมพันธ์กันตามกฎของโอห์ม เขียนแทนได้ด้วยสมการ $I = \left(\frac{1}{R} \right) V$	พิจารณาตามหลักสูตรของสถานศึกษา

4. สารสำคัญ/ความคิดรวบยอด

กฎของโอห์ม มีใจความว่า “ถ้าอุณหภูมิของลวดตัวนำคงตัว กระแสไฟฟ้าที่ผ่านลวดตัวนำจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความต่างศักย์ระหว่างปลายทั้งสองของลวดตัวนำนั้น”

5. สมรรถนะสำคัญของผู้เรียนและคุณลักษณะอันพึงประสงค์

สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน	คุณลักษณะอันพึงประสงค์
1. ความสามารถในการสื่อสาร 2. ความสามารถในการคิด 1) ทักษะการวัด 2) ทักษะการสังเกต 3) ทักษะการทดลอง 4) ทักษะการสื่อสาร 5) ทักษะการวิเคราะห์ 6) ทักษะการคำนวณ 7) ทักษะการทำงานร่วมกัน 8) ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล 9) ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป 3. ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต 4. ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี	1. มีวินัย รับผิดชอบ 2. ใฝ่เรียนรู้ 3. ซื่อสัตย์ สุจริต 4. มุ่งมั่นในการทำงาน

6. กิจกรรมการเรียนรู้

 แนวคิด/รูปแบบการสอน/วิธีการสอน/เทคนิค : แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es Instructional Model)

ชั่วโมงที่ 1

ขั้นนำ

ขั้นที่ 1 กระตุ้นความสนใจ (Engage)

- ครูทบทวนความรู้เดิมของนักเรียนเกี่ยวกับ เรื่อง กระแสไฟฟ้า จากนั้นครูแจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้ให้นักเรียนทราบ
- ครูตั้งประเด็นคำถามกระตุ้นความคิดนักเรียนว่า “สิ่งใดที่ทำให้ประจุไฟฟ้าในตัวนำเคลื่อนที่ และการเคลื่อนที่ของประจุไฟฟ้านั้นส่งผลให้เกิดสิ่งใด” โดยให้นักเรียนแต่ละคนร่วมกันอภิปราย แสดงความคิดเห็นอย่างอิสระโดยไม่มีการเฉลยว่าถูกหรือผิด
 (แนวตอบ : ความต่างศักย์มีผลทำให้ประจุไฟฟ้าในตัวนำเคลื่อนที่ และการเคลื่อนที่ของประจุไฟฟ้านั้นทำให้เกิดกระแสไฟฟ้า)

ชั้นสอน

ขั้นที่ 2 สำรวจค้นหา (Explore)

1. นักเรียนแต่ละคนศึกษาค้นคว้าข้อมูลเกี่ยวกับ เรื่อง กฎของโอห์ม จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติม วิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 7 ไฟฟ้ากระแส หรือแหล่งการเรียนรู้ต่าง ๆ เช่น อินเทอร์เน็ต ห้องสมุด จากนั้นเขียนสรุปความรู้ที่ได้จากการศึกษาค้นคว้าลงในสมุดประจำตัวนักเรียน
(หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล)
2. นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 6 คน ตามความสมัครใจ จากนั้นครูแจ้งจุดประสงค์ของกิจกรรม ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ ให้นักเรียนทราบเพื่อเป็นแนวทางการปฏิบัติกิจกรรมที่ถูกต้อง
3. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันศึกษากิจกรรม ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 7 ไฟฟ้ากระแส โดยครูใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบร่วมมือมาจัดกระบวนการเรียนรู้ โดยกำหนดให้สมาชิกแต่ละคน ภายในกลุ่มมีบทบาทหน้าที่ของตนเอง ดังนี้
 - สมาชิกคนที่ 1-2 ทำหน้าที่ เตรียมวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการปฏิบัติกิจกรรมความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์
 - สมาชิกคนที่ 3-4 ทำหน้าที่ อ่านวิธีปฏิบัติกิจกรรม และนำมาอธิบายให้สมาชิกในกลุ่มฟัง
 - สมาชิกคนที่ 5-6 ทำหน้าที่ บันทึกผลการปฏิบัติกิจกรรมลงในสมุดประจำตัวนักเรียน
 (หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบประเมินการปฏิบัติกิจกรรม)
4. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันปฏิบัติกิจกรรมตามขั้นตอน จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 7 ไฟฟ้ากระแส
5. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันแลกเปลี่ยนความรู้และวิเคราะห์ผลการปฏิบัติกิจกรรม แล้วอภิปรายผลร่วมกัน

ชั่วโมงที่ 2-3

ชั้นสอน

ขั้นที่ 3 อธิบายความรู้ (Explain)

6. นักเรียนแต่ละกลุ่มออกมานำเสนอผลการปฏิบัติกิจกรรมหน้าชั้นเรียน ในระหว่างที่นักเรียนนำเสนอ ครูคอยให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมเพื่อให้ นักเรียนมีความเข้าใจที่ถูกต้องมากยิ่งขึ้น
(หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบประเมินการนำเสนอผลงาน)

7. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันตอบคำถามท้ายกิจกรรม ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ โดยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายแสดงความคิดเห็นเพื่อหาคำตอบ จากนั้นครูสุ่มนักเรียนจำนวน 4-5 กลุ่ม ออกมานำเสนอคำตอบของกลุ่มตนเองหน้าชั้นเรียน
8. เมื่อนักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอคำตอบของกลุ่มตนเองเรียบร้อยแล้ว นักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายผลท้ายกิจกรรม ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ และเฉลยคำถามท้ายกิจกรรม
9. ครูตั้งประเด็นคำถามกระตุ้นความคิดนักเรียน โดยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายแสดงความคิดเห็นเพื่อหาคำตอบ ดังนี้

- กฎของโอห์ม มีความหมายอย่างไร

(แนวตอบ : กฎของโอห์ม มีความหมายว่า “ถ้าอุณหภูมิของลวดตัวนำคงตัว กระแสไฟฟ้าที่ผ่านลวดตัวนำจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความต่างศักย์ระหว่างปลายทั้งสองของลวดตัวนำนั้น”)

- กระแสไฟฟ้ากับความต่างศักย์มีความสัมพันธ์กันอย่างไร และสอดคล้องกับกฎใด

(แนวตอบ : กระแสไฟฟ้ากับความต่างศักย์มีความสัมพันธ์กัน โดยแปรผันตามกัน หากกระแสไฟฟ้ามีค่ามาก ความต่างศักย์จะมีค่ามาก แต่ถ้ากระแสไฟฟ้ามีค่าน้อย ความต่างศักย์ก็จะมีค่าน้อยตามไปด้วย ซึ่งความสัมพันธ์ดังกล่าวสอดคล้องกับกฎของโอห์ม)

10. ครูยกตัวอย่างโจทย์ปัญหาเกี่ยวกับกฎของโอห์ม โดยครูเขียนโจทย์และแสดงวิธีการคำนวณหาผลลัพธ์ให้นักเรียนดูบนกระดาน ดังนี้

ตัวอย่าง หลอดไฟฟ้าหลอดหนึ่งต่อกับความต่างศักย์ไฟฟ้าเท่ากับ 220 โวลต์ มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน 2.0 แอมแปร์ อยากทราบว่าความต้านทานไฟฟ้าของหลอดไฟฟ้ามี่ค่ากี่โอห์ม

วิธีทำ จากสมการ $V = IR$

$$\text{จะได้ว่า} \quad R = \frac{V}{I} = \frac{220}{2.0} = 110 \, \Omega$$

ดังนั้น หลอดไฟฟ้าหลอดนี้มีค่าความต้านทานไฟฟ้าเท่ากับ 110 โอห์ม

ขั้นที่ 4 ขยายความเข้าใจ (Elaborate)

11. ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนซักถามเนื้อหาเกี่ยวกับ เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ และให้ความรู้เพิ่มเติมจากคำถามของนักเรียน โดยครูใช้ PowerPoint เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ ในการอธิบายเพิ่มเติม
12. นักเรียนแต่ละคนทำแบบฝึกหัด เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ จากแบบฝึกหัด รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 7 ไฟฟ้ากระแส

ขั้นสรุป

ขั้นที่ 5 ตรวจสอบผล (Evaluate)

1. ครูประเมินผล โดยการสังเกตพฤติกรรมการตอบคำถาม พฤติกรรมการทำงานรายบุคคล พฤติกรรมการทำงานกลุ่ม และจากการนำเสนอผลการปฏิบัติกิจกรรมหน้าชั้นเรียน
2. ครูวัดและประเมินผลการปฏิบัติกิจกรรม ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์
3. ครูตรวจสอบแบบฝึกหัด เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ จากแบบฝึกหัด รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 7 ไฟฟ้ากระแส
4. นักเรียนและครูร่วมกันสรุปเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ ซึ่งได้ข้อสรุปร่วมกันว่า “เมื่อมีความต่างศักย์ระหว่างปลายทั้งสองของลวดตัวนำใด จะมีกระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำนั้น การเปลี่ยนแปลงค่าความต่างศักย์ระหว่างปลายทั้งสองของลวดตัวนำจะส่งผลให้กระแสไฟฟ้าที่ผ่านลวดตัวนำเปลี่ยนแปลงไป ซึ่งพิจารณาได้จากกฎของโอห์ม ที่ว่า ถ้าอุณหภูมิของลวดตัวนำคงตัว กระแสไฟฟ้าที่ผ่านลวดตัวนำจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความต่างศักย์ระหว่างปลายทั้งสองของลวดตัวนำนั้น”

7. การวัดและประเมินผล

รายการวัด	วิธีวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
7.1 การประเมินระหว่างการจัดกิจกรรม 1) ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์	- ตรวจแบบฝึกหัด	- แบบฝึกหัด	- ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์
2) ผลบันทึกการปฏิบัติกิจกรรมความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์	- ประเมินการปฏิบัติกิจกรรม	- แบบประเมินการปฏิบัติกิจกรรม	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
3) การนำเสนอผลงาน/ผลการปฏิบัติกิจกรรม	- ประเมินการนำเสนอผลงาน/ผลการปฏิบัติกิจกรรม	- แบบประเมินการนำเสนอผลงาน	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์

รายการวัด	วิธีวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
4) พฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- สังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
5) พฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- สังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
6) คุณลักษณะอันพึงประสงค์	- สังเกตความมีวินัย รับผิดชอบ ใฝ่เรียนรู้ ซื่อสัตย์ สุจริต และ มุ่งมั่นในการทำงาน	- แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์

8. สื่อ/แหล่งการเรียนรู้

8.1 สื่อการเรียนรู้

- 1) หนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 7 ไฟฟ้ากระแส
- 2) แบบฝึกหัด รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 7 ไฟฟ้ากระแส
- 3) วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการปฏิบัติการกิจกรรมความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์
- 4) PowerPoint เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์
- 5) สมุดประจำตัวนักเรียน

8.2 แหล่งการเรียนรู้

- 1) ห้องเรียน
- 2) ห้องสมุด
- 3) อินเทอร์เน็ต

9. ความเห็นของผู้บริหารสถานศึกษาหรือผู้ที่ได้รับมอบหมาย

ข้อเสนอแนะ

.....

ลงชื่อ
(.....)

ตำแหน่ง

10. บันทึกผลหลังการสอน

- ด้านความรู้

.....

.....

- ด้านสมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

.....

.....

- ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์

.....

.....

- ด้านความสามารถทางวิทยาศาสตร์

.....

.....

- ด้านอื่น ๆ (พฤติกรรมเด่น หรือพฤติกรรมที่มีปัญหาของนักเรียนเป็นรายบุคคล (ถ้ามี))

.....

.....

- ปัญหา/อุปสรรค

.....

.....

- แนวทางการแก้ไข

.....

.....

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3

ตัวต้านทาน

เวลา 5 ชั่วโมง

1. ผลการเรียนรู้

ทดลอง และอธิบายกฎของโอห์ม อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานกับความยาว พื้นที่หน้าตัด และสภาพต้านทานของตัวนำโลหะที่อุณหภูมิคงตัว และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งอธิบายและคำนวณความต้านทานสมมูล เมื่อนำตัวต้านทานมาต่อกันแบบอนุกรมและแบบขนาน

2. จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายชนิดของตัวต้านทานและอ่านค่าความต้านทานจากแถบสีบนตัวต้านทานได้ (K)
2. อธิบายความต้านทานสมมูลของตัวต้านทานที่ต่อแบบอนุกรมและแบบขนานได้ (K)
3. ปฏิบัติกิจกรรมกระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ระหว่างปลายของตัวต้านทานที่ต่อกันแบบอนุกรมและแบบขนานได้อย่างถูกต้องและเป็นลำดับขั้นตอน (P)
4. ตรวจสอบหาปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับความต้านทานสมมูลของตัวต้านทานที่ต่อแบบอนุกรมและแบบขนานได้ (P)
5. มีความใฝ่เรียนรู้และมีความมุ่งมั่นในการทำงาน (A)

3. สารการเรียนรู้

สารการเรียนรู้เพิ่มเติม	สารการเรียนรู้ท้องถิ่น
• ค่าความต้านทานของตัวต้านทานอ่านได้จากแถบสีบนตัวต้านทาน • เมื่อนำตัวต้านทานมาต่อแบบอนุกรม ความต้านทานสมมูลมีค่าเพิ่มขึ้น ตามสมการ $R = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$ • เมื่อนำตัวต้านทานมาต่อแบบขนาน ความต้านทานสมมูลมีค่าลดลง ตามสมการ $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots$	พิจารณาตามหลักสูตรของสถานศึกษา

4. สารสำคัญ/ความคิดรวบยอด

ตัวต้านทานเป็นอุปกรณ์ที่ช่วยในการปรับความต้านทานและกระแสให้วงจร แบ่งออกเป็น 5 ประเภท ได้แก่ ตัวต้านทานชนิดค่าคงตัว ตัวต้านทานแปรค่าได้ ตัวต้านทานชนิดแบ่งค่าได้ ตัวต้านทานชนิดปรับแต่งค่าได้ และตัวต้านทานชนิดพิเศษ โดยค่าความต้านของตัวต้านทานชนิดค่าคงตัวสามารถอ่านได้จากแถบสีบนตัวต้านทาน เมื่อนำตัวต้านทานมาต่อกันจะสามารถต่อได้ 2 แบบ คือ แบบอนุกรมและแบบขนาน โดยความต้านทานสมมูล (ความต้านทานรวม) จะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อต่อแบบอนุกรม และความต้านทานสมมูล (ความต้านทานรวม) จะมีค่าลดลงเมื่อต่อแบบขนาน

5. สมรรถนะสำคัญของผู้เรียนและคุณลักษณะอันพึงประสงค์

สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน	คุณลักษณะอันพึงประสงค์
1. ความสามารถในการสื่อสาร 2. ความสามารถในการคิด 1) ทักษะการวัด 2) ทักษะการสังเกต 3) ทักษะการทดลอง 4) ทักษะการสื่อสาร 5) ทักษะการวิเคราะห์ 6) ทักษะการคำนวณ 7) ทักษะการทำงานร่วมกัน 8) ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล 9) ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป 3. ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต 4. ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี	1. มีวินัย รับผิดชอบ 2. ใฝ่เรียนรู้ 3. ซื่อสัตย์ สุจริต 4. มุ่งมั่นในการทำงาน

6. กิจกรรมการเรียนรู้



แนวคิด/รูปแบบการสอน/วิธีการสอน/เทคนิค : แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es Instructional Model)

ชั่วโมงที่ 1

ขั้นนำ

ขั้นที่ 1 กระตุ้นความสนใจ (Engage)

1. ครูทบทวนความรู้เดิมของนักเรียนเกี่ยวกับ เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ จากนั้นครูแจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้ให้นักเรียนทราบ
2. นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 5 คน ตามความสมัครใจ จากนั้นครูแจก **ตัวต้านทานชนิดค่าคงตัว** ที่มีแถบสีแตกต่างกัน โดยให้แต่ละกลุ่มร่วมกันสังเกต
3. ครูตั้งประเด็นคำถามกระตุ้นความคิดนักเรียน โดยครูใช้คำถาม Prior Knowledge จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 7 ไฟฟ้ากระแส ว่า “แถบสีบนตัวต้านทานมีความหมาย หรือไม่อย่างไร” โดยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายแสดงความคิดเห็นอย่างอิสระโดยไม่มีการเฉลยว่าถูกหรือผิด

(แนวตอบ : แถบสีบนตัวต้านทานใช้แสดงค่าความต้านทานของตัวต้านทานตัวนั้น)

ขั้นสอน

ขั้นที่ 2 สำรวจค้นหา (Explore)

1. นักเรียนแบ่งกลุ่ม (กลุ่มเดิม) จากนั้นให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันศึกษาค้นคว้าข้อมูลเกี่ยวกับ เรื่อง ประเภทของตัวต้านทาน จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 7 ไฟฟ้ากระแส หรือแหล่งการเรียนรู้ต่าง ๆ เช่น อินเทอร์เน็ต ห้องสมุด
2. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายเรื่องที่ได้ศึกษา จากนั้นให้นักเรียนแต่ละกลุ่มเขียนสรุปความรู้ที่ได้จากการศึกษาค้นคว้าลงในสมุดประจำตัวนักเรียน

(หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล)

ชั่วโมงที่ 2

ชั้นสอน

ขั้นที่ 2 สำรวจค้นหา (Explore)

3. ครูสุ่มนักเรียนออกมานำเสนอผลการศึกษานำชั้นเรียน โดยสุ่มออกมาเพียง 5 กลุ่ม ซึ่งครูเป็นคนเลือกว่าจะให้กลุ่มไหนนำเสนอเรื่องอะไร ตามหัวข้อเรื่องดังต่อไปนี้
 - กลุ่มที่ 1 นำเสนอเกี่ยวกับตัวด้านทานชนิดค่าคงตัว
 - กลุ่มที่ 2 นำเสนอเกี่ยวกับตัวด้านทานแปรค่าได้
 - กลุ่มที่ 3 นำเสนอเกี่ยวกับตัวด้านทานชนิดแบ่งค่าได้
 - กลุ่มที่ 4 นำเสนอเกี่ยวกับตัวด้านทานชนิดปรับแต่งค่าได้
 - กลุ่มที่ 5 นำเสนอเกี่ยวกับตัวด้านทานชนิดพิเศษ

(หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบประเมินการนำเสนอผลงาน)
4. ขณะที่นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอ ครูอาจเสนอแนะหรือแทรกข้อมูลเพิ่มเติมในเรื่องนั้น ๆ ให้นักเรียนทุกคนได้มีความเข้าใจที่ถูกต้องมากยิ่งขึ้น
5. ครูให้นักเรียนแต่ละคนเขียนสัญลักษณ์ตัวด้านทานแต่ละประเภท ลงในสมุดประจำตัวนักเรียน ดังนี้
 - ตัวด้านทานชนิดค่าคงตัว
 - ตัวด้านทานแปรค่าได้
 - ตัวด้านทานชนิดแบ่งค่าได้
 - ตัวด้านทานชนิดปรับแต่งค่าได้
 - แอลดีอาร์
 - เทอร์มิสเตอร์
 - วาริสเตอร์
6. นักเรียนแต่ละคนพิจารณารายค่าของแถบสีบนตัวด้านทาน จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติม วิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 7 ไฟฟ้ากระแส จากนั้นครูอธิบายให้นักเรียนเข้าใจเกี่ยวกับความหมายของแถบสีแต่ละแถบบนตัวความต้านทานชนิดค่าคงตัวว่า “แถบสีบนตัวด้านทานจะมี 4 แถบ โดยแต่ละแถบสีมีความหมาย ดังนี้”
 - แถบที่ 1 : บอกเลขหลักสิบ
 - แถบที่ 2 : บอกเลขหลักหน่วย
 - แถบที่ 3 : บอกเลขยกกำลังฐาน 10 ที่ต้องคูณกับ 2 ตัวแรก
 - แถบที่ 4 : บอกค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน”

7. นักเรียนจับคู่กับเพื่อนในชั้นเรียน ตามความสมัครใจ จากนั้นร่วมกันทำใบงานที่ 7.3.1 เรื่อง การอ่านค่าความต้านทานจากแถบสี
8. ครูสุ่มนักเรียน จำนวน 3 คู่ ออกมาเฉลยใบงานที่ 7.3.1 เรื่อง การอ่านค่าความต้านทานจากแถบสี โดยครูให้นักเรียนร่วมกันพิจารณาว่าคำตอบใดถูกต้อง จากนั้นครูเฉลยคำตอบที่ถูกต้องให้นักเรียน

ชั่วโมงที่ 3

ขั้นสอน

ขั้นที่ 2 สำรวจค้นหา (Explore)

9. ครูทบทวนความรู้เดิมของนักเรียนจากชั่วโมงที่ผ่านมา โดยครูตั้งประเด็นคำถามกระตุ้นความคิดนักเรียนว่า “ตัวต้านทาน ทำหน้าที่อะไร”
(แนวตอบ : ตัวต้านทาน มีหน้าที่ ในการควบคุมปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ผ่านวงจรและค่าความต่างศักย์ระหว่างสองจุดใด ๆ ในวงจร)
10. นักเรียนแบ่งกลุ่ม (กลุ่มเดิม) จากชั่วโมงที่ผ่านมา จากนั้นให้นักเรียนแต่ละคนกลุ่มร่วมกันศึกษาค้นคว้าข้อมูลเกี่ยวกับ เรื่อง การต่อตัวต้านทาน จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 7 ไฟฟ้ากระแส หรือแหล่งการเรียนรู้ต่าง ๆ เช่น อินเทอร์เน็ต ห้องสมุด QR Code เรื่อง การต่อตัวต้านทาน
11. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายเรื่องที่ได้ศึกษา จากนั้นให้นักเรียนแต่ละกลุ่มเขียนสรุปความรู้ที่ได้จากการศึกษาค้นคว้าลงในสมุดประจำตัวนักเรียน
(หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล)
12. ครูตั้งประเด็นคำถามกระตุ้นความคิดนักเรียน โดยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายแสดงความคิดเห็นเพื่อหาคำตอบ ดังนี้
 - การต่อตัวต้านทานแบบอนุกรม มีลักษณะอย่างไร
(แนวตอบ : การต่อตัวต้านทานแบบอนุกรม เป็นการนำตัวต้านทานหลาย ๆ ตัวมาต่อเรียงกัน โดยใช้ปลายหนึ่งของตัวต้านทานตัวหนึ่งต่อกับปลายของตัวต้านทานอีกตัวหนึ่งต่อเรียงกันไปเรื่อย ๆ)
 - การต่อตัวต้านทานแบบขนาน มีลักษณะอย่างไร
(แนวตอบ : การต่อตัวต้านทานแบบขนาน เป็นการต่อตัวต้านทานคร่อมอยู่ระหว่าง 2 จุด โดยต่อรวบปลายหรือขาแต่ละข้างของตัวต้านไว้ที่จุดเดียวกัน)
 - การต่อตัวต้านทานแบบผสม มีลักษณะอย่างไร
(แนวตอบ : การต่อตัวต้านทานแบบผสม เป็นการต่อตัวต้านทานตั้งแต่ 3 ตัวขึ้นไป มาต่อผสมกัน ระหว่างการต่อแบบอนุกรมและแบบขนาน)

13. นักเรียนแต่ละคนศึกษาตัวอย่างที่ 7.3-7.4 จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 7 ไฟฟ้ากระแส จากนั้นครูสุ่มนักเรียน จำนวน 4 คน ออกมาแสดงวิธีการคำนวณหาผลลัพธ์ที่ได้ศึกษา ครูอาจเสนอแนะ หรืออธิบายเพิ่มเติมในตัวอย่างนั้น ๆ
14. นักเรียนทำใบงานที่ 7.3.2 เรื่อง ความต้านทานสมมูล

ชั่วโมงที่ 4

ขั้นสอน

ขั้นที่ 2 สำรวจค้นหา (Explore)

15. นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 6 คน ตามความสมัครใจ จากนั้นครูแจ้งจุดประสงค์ของกิจกรรม กระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ระหว่างปลายของตัวต้านทานที่ต่อกันแบบอนุกรมและแบบขนาน ให้นักเรียนทราบเพื่อเป็นแนวทางการปฏิบัติกิจกรรมที่ถูกต้อง
16. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันศึกษากิจกรรม กระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ระหว่างปลายของตัวต้านทานที่ต่อกันแบบอนุกรมและแบบขนาน จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 7 ไฟฟ้ากระแส โดยครูใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบร่วมมือมาจัดกระบวนการเรียนรู้ โดยกำหนดให้สมาชิกแต่ละคนภายในกลุ่มมีบทบาทหน้าที่ของตนเอง ดังนี้
- สมาชิกคนที่ 1-2 ทำหน้าที่ เตรียมวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการปฏิบัติกิจกรรมกระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ระหว่างปลายของตัวต้านทานที่ต่อกันแบบอนุกรมและแบบขนาน
 - สมาชิกคนที่ 3-4 ทำหน้าที่ อ่านวิธีปฏิบัติกิจกรรม และนำมาอธิบายให้สมาชิกในกลุ่มฟัง
 - สมาชิกคนที่ 5-6 ทำหน้าที่ บันทึกผลการปฏิบัติกิจกรรมลงในสมุดประจำตัวนักเรียน
- (หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบประเมินการปฏิบัติกิจกรรม)
17. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันปฏิบัติกิจกรรมตามขั้นตอน จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 7 ไฟฟ้ากระแส
18. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันแลกเปลี่ยนความรู้และวิเคราะห์ผลการปฏิบัติกิจกรรม แล้วอภิปรายผลร่วมกัน

ชั่วโมงที่ 5

ชั้นสอน

ขั้นที่ 3 อธิบายความรู้ (Explain)

19. นักเรียนแต่ละกลุ่มออกมานำเสนอผลการปฏิบัติกิจกรรมหน้าชั้นเรียน ในระหว่างที่นักเรียนนำเสนอ ครูคอยให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมเพื่อให้ นักเรียนมีความเข้าใจที่ถูกต้องมากยิ่งขึ้น
(หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบประเมินการนำเสนอผลงาน)
20. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันตอบคำถามท้ายกิจกรรม กระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ระหว่างปลายของ ตัวต้านทานที่ต่อกันแบบอนุกรมและแบบขนาน โดยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายแสดง ความคิดเห็นเพื่อหาคำตอบ จากนั้นครูสุ่มนักเรียน จำนวน 4-5 กลุ่ม ออกมานำเสนอคำตอบของกลุ่ม ตนเองหน้าชั้นเรียน
21. เมื่อนักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอคำตอบของกลุ่มตนเองเรียบร้อยแล้ว นักเรียนและครูร่วมกันอภิปราย ผลท้ายกิจกรรม ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ และเฉลยคำถามท้ายกิจกรรม
22. ครูตั้งประเด็นคำถามกระตุ้นความคิดนักเรียน โดยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายแสดงความคิดเห็นเพื่อหาคำตอบ ดังนี้
 - แถบสีบนตัวต้านทานแสดงถึงค่าอะไร และค่านี้เป็นค่าเดียวกับค่าที่ได้จากการนำโอห์มมิเตอร์ ไปวัดหรือไม่
(แนวตอบ : แถบสีบนตัวต้านทานแสดงถึงค่าความต้านทาน และค่าจากการอ่านแถบสีบน ตัวต้านทานนั้นเป็นค่าที่บอกเป็นช่วงความต้านทานซึ่งจะเป็นค่าที่ใกล้เคียงกับการนำโอห์มมิเตอร์ ไปวัดค่า)
 - ถ้าต้องการให้ค่าความต้านทานสมมูลมีค่าเพิ่มขึ้นจะต้องนำตัวต้านทานมาต่อกันแบบใด
(แนวตอบ : แบบอนุกรม)
 - ถ้าต้องการให้ค่าความต้านทานสมมูลมีค่าลดลงจะต้องนำตัวต้านทานมาต่อกันแบบใด
(แนวตอบ : แบบขนาน)

ขั้นที่ 4 ขยายความเข้าใจ (Elaborate)

23. ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนซักถามเนื้อหาเกี่ยวกับ เรื่อง ตัวต้านทาน และให้ความรู้เพิ่มเติมจากคำถาม ของนักเรียน โดยครูใช้ PowerPoint เรื่อง ตัวต้านทาน ในการอธิบายเพิ่มเติม
24. นักเรียนทำ Topic Question เรื่อง ตัวต้านทาน จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 7 ไฟฟ้ากระแส ลงในสมุดประจำตัวนักเรียน
25. นักเรียนแต่ละคนทำ Unit Question 7 เรื่อง ตัวต้านทาน จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติม วิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 7 ไฟฟ้ากระแส ลงในสมุดประจำตัวนักเรียน

26. นักเรียนแต่ละคนทำแบบฝึกหัด เรื่อง ตัวต้านทาน จากแบบฝึกหัด รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์
ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2

ขั้นสรุป

ขั้นที่ 5 ตรวจสอบผล (Evaluate)

1. ครูประเมินผล โดยการสังเกตพฤติกรรมการตอบคำถาม พฤติกรรมการทำงานรายบุคคล พฤติกรรมการทำงานกลุ่ม และจากการนำเสนอผลการปฏิบัติกิจกรรมหน้าชั้นเรียน
2. ครูตรวจสอบผลการทำใบงานที่ 7.3.1 เรื่อง การอ่านค่าความต้านทานจากแถบสี
3. ครูตรวจสอบผลการทำใบงานที่ 7.3.2 เรื่อง ความต้านทานสมมูล
4. ครูวัดและประเมินผลการปฏิบัติกิจกรรม กระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ระหว่างปลายของ ตัวต้านทานที่ต่อกันแบบอนุกรมและแบบขนาน
5. ครูตรวจ Topic Question เรื่อง ตัวต้านทาน ในสมุดประจำตัวนักเรียน
6. ครูตรวจแบบฝึกหัดจาก Unit Question 7 เรื่อง ตัวต้านทาน ในสมุดประจำตัวนักเรียน
7. ครูตรวจสอบแบบฝึกหัด เรื่อง ตัวต้านทาน จากแบบฝึกหัด รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 7 ไฟฟ้ากระแส
8. นักเรียนและครูร่วมกันสรุปเกี่ยวกับตัวต้านทาน ซึ่งได้ข้อสรุปร่วมกันว่า “ตัวต้านทาน เป็นอุปกรณ์ที่ ช่วยปรับความต้านทานและกระแสไฟฟ้าให้กับวงจร แบ่งเป็น 2 ชนิด ได้แก่ ตัวต้านทานค่าคงตัว และตัวต้านทานแปรค่าได้ การต่อตัวต้านแบบอนุกรม เป็นการนำตัวต้านทานหลาย ๆ ตัว มาต่อ เรียงกัน โดยใช้ปลายหนึ่งของตัวต้านทานตัวหนึ่งต่อกับปลายของตัวต้านทานอีกตัวหนึ่ง และการต่อ ตัวต้านทานแบบขนาน เป็นการนำตัวต้านทานหลาย ๆ ตัว มาต่อรวมกันเป็นกลุ่ม โดยใช้ปลายของ ตัวต้านทานหลายตัวมาต่อรวมกันไว้ที่จุดหนึ่ง และใช้ปลายอีกข้างของตัวต้านทานทุกตัวไปต่อรวมกัน ไว้ที่อีกจุดหนึ่ง”

7. การวัดและประเมินผล

รายการวัด	วิธีวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
7.1 การประเมินระหว่างการจัดกิจกรรม 1) การอ่านค่าความต้านทานจากแถบสี	- ตรวจใบงานที่ 7.3.1 - ตรวจแบบฝึกหัด	- ใบงานที่ 7.3.1 - แบบฝึกหัด	- ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์ - ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์
2) ความต้านทานสมมูล	- ตรวจใบงานที่ 7.3.2 - ตรวจแบบฝึกหัด	- ใบงานที่ 7.3.2 - แบบฝึกหัด	- ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์ - ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์
3) ผลบันทึกการปฏิบัติกิจกรรม กระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ระหว่างปลายของตัวต้านทานที่ต่อกันแบบอนุกรมและแบบขนาน	- ประเมินการปฏิบัติกิจกรรม	- แบบประเมินการปฏิบัติกิจกรรม	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
4) การนำเสนอผลงาน/ผลการปฏิบัติกิจกรรม	- ประเมินการนำเสนอผลงาน/ผลการปฏิบัติกิจกรรม	- แบบประเมินการนำเสนอผลงาน	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
5) พฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- สังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
6) พฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- สังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
7) คุณลักษณะอันพึงประสงค์	- สังเกตความมีวินัย รับผิดชอบ ใฝ่เรียนรู้ ซื่อสัตย์ สุจริต และ มุ่งมั่นในการทำงาน	- แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์

8. สื่อ/แหล่งการเรียนรู้

8.1 สื่อการเรียนรู้

- 1) หนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 7 ไฟฟ้ากระแส
- 2) แบบฝึกหัด รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 7 ไฟฟ้ากระแส
- 3) ใบงานที่ 7.3.1 เรื่อง การอ่านค่าความต้านทานจากแถบสี
- 4) ใบงานที่ 7.3.2 เรื่อง ความต้านทานสมมูล
- 5) วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการปฏิบัติการวงจรกระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ระหว่างปลายของตัวต้านทาน
ที่ต่อกันแบบอนุกรมและแบบขนาน
- 6) PowerPoint เรื่อง ตัวต้านทาน
- 7) ตัวต้านทานชนิดค่าคงตัว
- 8) QR Code เรื่อง การต่อตัวต้านทาน
- 9) สมุดประจำตัวนักเรียน

8.2 แหล่งการเรียนรู้

- 1) ห้องเรียน
- 2) ห้องสมุด
- 3) อินเทอร์เน็ต

ใบงานที่ 7.3.1

เรื่อง การอ่านค่าความต้านทานจากแถบสี

คำชี้แจง : จงระบุค่าความต้านทานจากแถบสีบนตัวต้านทานที่กำหนดให้



แถบสี	แถบที่ 1	แถบที่ 2	แถบที่ 3	แถบที่ 4
สีที่ปรากฏ				
ค่าของแถบสี				
ค่าความต้านทาน	 ดังนั้น ค่าความต้านทานอยู่ในช่วง			



แถบสี	แถบที่ 1	แถบที่ 2	แถบที่ 3	แถบที่ 4
สีที่ปรากฏ				
ค่าของแถบสี				
ค่าความต้านทาน	 ดังนั้น ค่าความต้านทานอยู่ในช่วง			



แถบสี	แถบที่ 1	แถบที่ 2	แถบที่ 3	แถบที่ 4
สีที่ปรากฏ				
ค่าของแถบสี				
ค่าความต้านทาน	 ดังนั้น ค่าความต้านทานอยู่ในช่วง			

ใบงานที่ 7.3.1

เฉลย

เรื่อง การอ่านค่าความต้านทานจากแถบสี

คำชี้แจง : จงระบุค่าความต้านทานจากแถบสีบนตัวต้านทานที่กำหนดให้



แถบสี	แถบที่ 1	แถบที่ 2	แถบที่ 3	แถบที่ 4
สีที่ปรากฏ	เหลือง	ม่วง	ส้ม	แดง
ค่าของแถบสี	4	7	10^3	$\pm 5\%$
ค่าความต้านทาน	$47 \times 10^3 \, \Omega \pm 5\% = 47 \times 10^3 \, \Omega \pm 2,350 \, \Omega = 44.65 \times 10^3 \, \Omega - 49.35 \times 10^3 \, \Omega$ ดังนั้น ค่าความต้านทานอยู่ในช่วง 44.65×10^3 โอห์ม ถึง 49.35×10^3 โอห์ม			



แถบสี	แถบที่ 1	แถบที่ 2	แถบที่ 3	แถบที่ 4
สีที่ปรากฏ	แดง	แดง	ส้ม	เงิน
ค่าของแถบสี	2	2	10^3	$\pm 10\%$
ค่าความต้านทาน	$22 \times 10^3 \, \Omega \pm 10\% = 22 \times 10^3 \, \Omega \pm 2,200 \, \Omega = 19.8 \times 10^3 \, \Omega - 24.2 \times 10^3 \, \Omega$ ดังนั้น ค่าความต้านทานอยู่ในช่วง 19.8×10^3 โอห์ม ถึง 24.2×10^3 โอห์ม			



แถบสี	แถบที่ 1	แถบที่ 2	แถบที่ 3	แถบที่ 4
สีที่ปรากฏ	น้ำเงิน	ดำ	เขียว	แดง
ค่าของแถบสี	6	0	10^5	$\pm 2\%$
ค่าความต้านทาน	$60 \times 10^5 \, \Omega \pm 2\% = 60 \times 10^5 \, \Omega \pm 1.2 \times 10^5 \, \Omega = 58.8 \times 10^5 \, \Omega - 61.2 \times 10^5 \, \Omega$ ดังนั้น ค่าความต้านทานอยู่ในช่วง 58.8×10^5 โอห์ม ถึง 61.2×10^5 โอห์ม			

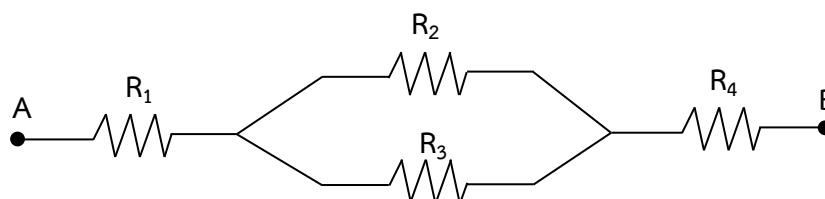
ใบงานที่ 7.3.2

เรื่อง ความต้านทานสมมูล

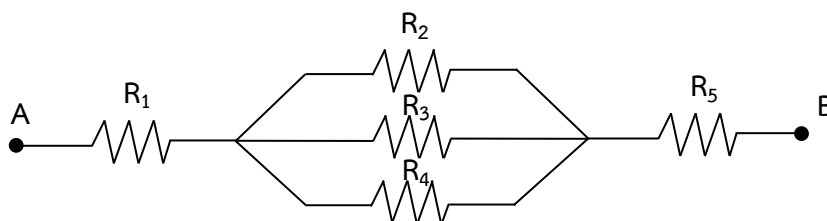
คำชี้แจง : แสดงวิธีคำนวณหาผลลัพธ์ความต้านทานสมมูลของวงจรต่อไปนี้

กำหนดให้ $R_1 = 2$ โอห์ม $R_2 = 3$ โอห์ม $R_3 = 4$ โอห์ม $R_4 = 5$ โอห์ม และ $R_5 = 1$ โอห์ม

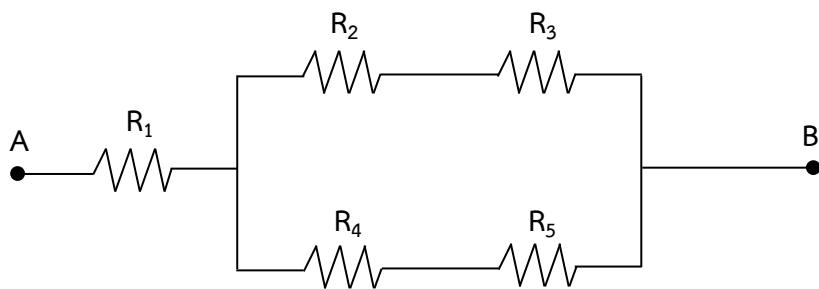
1.



2.



3.

[illegible]

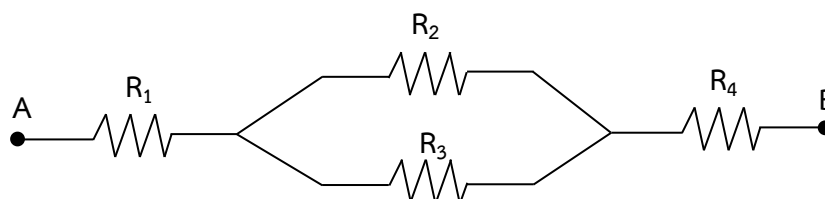
ใบงานที่ 7.3.2

เรื่อง ความต้านทานสมมูล
เฉลย

คำชี้แจง : แสดงวิธีคำนวณหาผลลัพธ์ความต้านทานสมมูลของวงจรต่อไปนี้

กำหนดให้ $R_1 = 2$ โอห์ม $R_2 = 3$ โอห์ม $R_3 = 4$ โอห์ม $R_4 = 5$ โอห์ม และ $R_5 = 1$ โอห์ม

1.



วิธีทำ จากสมการ

$$\frac{1}{R_{2+3}} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

$$\frac{1}{R_{2+3}} = \frac{1}{3} + \frac{1}{4}$$

$$\frac{1}{R_{2+3}} = \frac{5+3}{15}$$

$$\frac{1}{R_{2+3}} = \frac{8}{15}$$

$$R_{2+3} = \frac{15}{8}$$

$$R_{2+3} = 1.88 \, \Omega$$

และ

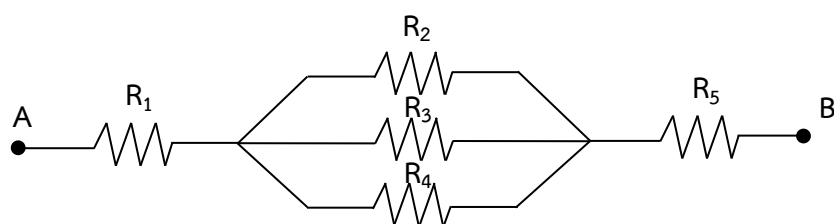
$$R_{AB} = R_1 + R_{2+3} + R_4$$

$$R_{AB} = 2 + 1.88 + 4$$

$$R_{AB} = 7.88 \, \Omega$$

ดังนั้น ค่าความต้านทานของวงจรเท่ากับ 7.88 โอห์ม

2.



วิธีทำ

จากสมการ

$$\frac{1}{R_{2+3+4}} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}$$

$$\frac{1}{R_{2+3+4}} = \frac{1}{3} + \frac{1}{5} + \frac{1}{4}$$

$$\frac{1}{R_{2+3+4}} = \frac{20 + 12 + 15}{60}$$

$$\frac{1}{R_{2+3+4}} = \frac{47}{60}$$

$$R_{2+3+4} = \frac{60}{47}$$

$$R_{2+3+4} = 1.28 \, \Omega$$

และ

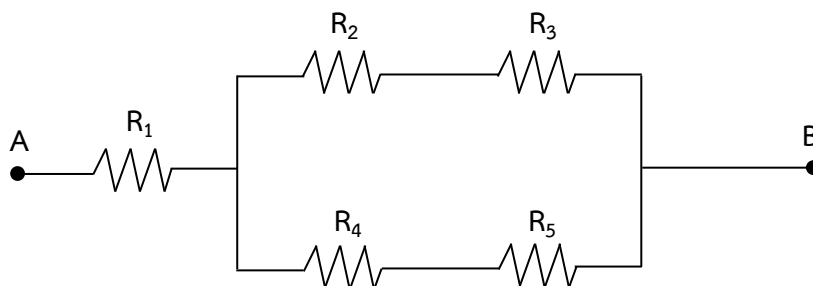
$$R_{AB} = R_1 + R_{2+3+4} + R_5$$

$$R_{AB} = 2 + 1.28 + 1$$

$$R_{AB} = 4.28 \, \Omega$$

ดังนั้น ค่าความต้านทานของวงจรเท่ากับ 4.28 โอห์ม

3.



วิธีทำ

จากสมการ $R_{2+3} = R_2 + R_3$

$$R_{2+3} = 3 + 5$$

$$R_{2+3} = 8 \, \Omega$$

จากสมการ $R_{4+5} = R_4 + R_5$

$$R_{4+5} = 4 + 1$$

$$R_{4+5} = 1 \, \Omega$$

จากสมการ

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_{2+3}} + \frac{1}{R_{4+5}}$$

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{8} + \frac{1}{5}$$

$$\frac{1}{R} = \frac{5+8}{40}$$

$$R = \frac{40}{13} = 3.08 \, \Omega$$

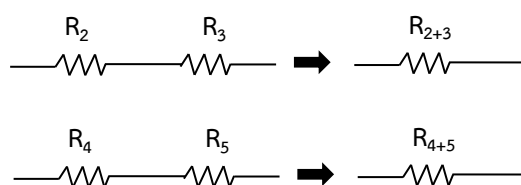
และ

$$R_{AB} = R_1 + R$$

$$R_{AB} = 2 + 3.08$$

$$R_{AB} = 5.08 \, \Omega$$

ดังนั้น ค่าความต้านทานของวงจรเท่ากับ 5.08 โอห์ม



9. ความเห็นของผู้บริหารสถานศึกษาหรือผู้ที่ได้รับมอบหมาย

ข้อเสนอแนะ

.....

ลงชื่อ

(.....)

ตำแหน่ง

10. บันทึกผลหลังการสอน

- ด้านความรู้

.....

.....

- ด้านสมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

.....

.....

- ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์

.....

.....

- ด้านความสามารถทางวิทยาศาสตร์

.....

.....

- ด้านอื่น ๆ (พฤติกรรมเด่น หรือพฤติกรรมที่มีปัญหาของนักเรียนเป็นรายบุคคล (ถ้ามี))

.....

.....

- ปัญหา/อุปสรรค

.....

.....

- แนวทางการแก้ไข

.....

.....

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4

สภาพต้านทานไฟฟ้าและสภาพนำไฟฟ้า

เวลา 2 ชั่วโมง

1. ผลการเรียนรู้

ทดลอง และอธิบายกฎของโอห์ม อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานกับความยาว พื้นที่หน้าตัด และสภาพต้านทานของตัวนำโลหะที่อุณหภูมิคงตัว และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งอธิบายและคำนวณความต้านทานสมมูล เมื่อนำตัวต้านทานมาต่อกันแบบอนุกรมและแบบขนาน

2. จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานกับความยาว พื้นที่หน้าตัด และสภาพต้านทานของตัวนำโลหะที่อุณหภูมิคงตัวได้ (K)
2. ตรวจสอบหาปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับสภาพต้านทานไฟฟ้าและสภาพนำไฟฟ้าได้ (P)
3. มีความมุ่งมั่นในการเรียนรู้และการทำงานที่ได้รับมอบหมายตลอดเวลา (A)

3. สารการเรียนรู้

สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม	สาระการเรียนรู้ท้องถิ่น
ความต้านทานของวัตถุเมื่ออุณหภูมิคงตัวขึ้นอยู่กับชนิดและรูปร่างของวัตถุ ตามสมการ $R = \rho \frac{1}{A}$	พิจารณาตามหลักสูตรของสถานศึกษา

4. สารสำคัญ/ความคิดรวบยอด

ความต้านทานไฟฟ้าต่อหน่วยความยาวของวัสดุที่มีพื้นที่หน้าตัดคงตัว เรียกว่า สภาพต้านทานไฟฟ้า ส่วนความนำไฟฟ้าต่อพื้นที่หน้าตัดของวัสดุซึ่งยาว 1 เมตร ของวัสดุที่มีพื้นที่หน้าตัดคงตัว 1 ตารางเมตร เรียกว่า สภาพนำไฟฟ้า โดยสภาพต้านทานไฟฟ้ากับสภาพนำไฟฟ้าเป็นส่วนกลับของกันและกัน

5. สมรรถนะสำคัญของผู้เรียนและคุณลักษณะอันพึงประสงค์

สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน	คุณลักษณะอันพึงประสงค์
1. ความสามารถในการสื่อสาร 2. ความสามารถในการคิด 1) ทักษะการสื่อสาร 2) ทักษะการวิเคราะห์	1. มีวินัย รับผิดชอบ 2. ใฝ่เรียนรู้ 3. ซื่อสัตย์ สุจริต 4. มุ่งมั่นในการทำงาน

สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน	คุณลักษณะอันพึงประสงค์
3) ทักษะการคำนวณ 4) ทักษะการทำงานร่วมกัน 3. ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต 4. ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี	

6. กิจกรรมการเรียนรู้



แนวคิด/รูปแบบการสอน/วิธีการสอน/เทคนิค : แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es Instructional Model)

ชั่วโมงที่ 1

ขั้นนำ

ขั้นที่ 1 กระตุ้นความสนใจ (Engage)

1. ครูทบทวนความรู้เดิมของนักเรียนเกี่ยวกับ เรื่อง ตัวต้านทาน จากนั้นครูแจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้ให้นักเรียนทราบ
2. ครูตั้งประเด็นคำถามกระตุ้นความคิดนักเรียนว่า “ความต้านทานไฟฟ้า หมายความว่าอย่างไร และส่งผลต่อกระแสไฟฟ้าในตัวนำอย่างไร” โดยให้นักเรียนแต่ละคนร่วมกันอภิปรายแสดงความคิดเห็นอย่างอิสระโดยไม่มีการเฉลยว่าถูกหรือผิด

(แนวตอบ : สมบัติอย่างหนึ่งของตัวนำที่จะต้านกระแสไฟฟ้า ถ้าตัวนำนั้นยอมให้กระแสไฟฟ้าผ่านไปได้ดีเรียกว่า ตัวนำนั้นมีความต้านทานไฟฟ้าน้อย หรือเป็นตัวนำไฟฟ้าที่ดี ความต้านทานไฟฟ้าของตัวนำมีค่าเท่ากับอัตราส่วนระหว่างความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างปลายของตัวนำกับกระแสไฟฟ้าที่ผ่านตัวนำนั้น)

ขั้นสอน

ขั้นที่ 2 สำรวจค้นหา (Explore)

1. นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 4 คน ตามความสมัครใจ จากนั้นให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันศึกษาค้นคว้าข้อมูลเกี่ยวกับ เรื่อง สภาพตัวต้านทาน สภาพนำไฟฟ้า และผลของอุณหภูมิที่มีต่อสภาพต้านทาน จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 7 ไฟฟ้ากระแส หรือแหล่งการเรียนรู้ต่าง ๆ เช่น อินเทอร์เน็ต ห้องสมุด QR Code เรื่อง สภาพต้านทานไฟฟ้า

2. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายเรื่องที่ได้ศึกษา จากนั้นให้นักเรียนแต่ละกลุ่มเขียนสรุปความรู้ที่ได้จากการศึกษาค้นคว้าลงในสมุดประจำตัวนักเรียน
(หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล)

ชั่วโมงที่ 2

ขั้นสอน

ขั้นที่ 3 อธิบายความรู้ (Explain)

3. ครูสุ่มนักเรียนออกมานำเสนอผลการศึกษานำชั้นเรียน โดยสุ่มออกมาเพียง 2 กลุ่ม ซึ่งครูเป็นคนเลือกว่าจะให้กลุ่มไหนนำเสนอเรื่องอะไร ตามหัวข้อเรื่องดังต่อไปนี้
- กลุ่มที่ 1 นำเสนอเกี่ยวกับสภาพต้านทานไฟฟ้าและสภาพนำไฟฟ้า
 - กลุ่มที่ 2 นำเสนอเกี่ยวกับผลของอุณหภูมิที่มีต่อสภาพต้านทาน
- (หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบประเมินการนำเสนอผลงาน)
4. ขณะที่นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอ ครูอาจเสนอแนะหรือแทรกข้อมูลเพิ่มเติมในเรื่องนั้น ๆ ให้นักเรียนทุกคนได้มีความเข้าใจที่ถูกต้องมากยิ่งขึ้น
5. นักเรียนแต่ละคนพิจารณาตารางสภาพความต้านทานไฟฟ้าของตัวนำ สารกึ่งตัวนำและฉนวนบางชนิด ที่อุณหภูมิ 20 องศา จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 7 ไฟฟ้ากระแส จากนั้นครูอธิบายเพิ่มเติมให้นักเรียนเข้าใจว่า “สภาพความต้านทานไฟฟ้าจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนสภาพต้านทานไฟฟ้าของวัสดุจะเปลี่ยนไปด้วย โดยอาจมีค่าเพิ่มขึ้นหรือลดลงขึ้นอยู่กับประเภทของวัสดุ ค่าสภาพความต้านทานไฟฟ้าของตัวนำ สารกึ่งตัวนำ และฉนวนบางชนิด”

ขั้นที่ 4 ขยายความเข้าใจ (Elaborate)

6. ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนซักถามเนื้อหาเกี่ยวกับ เรื่อง สภาพต้านทานไฟฟ้าและสภาพนำไฟฟ้า และให้ความรู้เพิ่มเติมจากคำถามของนักเรียน โดยครูใช้ PowerPoint เรื่อง สภาพต้านทานไฟฟ้าและสภาพนำไฟฟ้า ในการอธิบายเพิ่มเติม
7. นักเรียนจับคู่กับเพื่อนในชั้นเรียน ตามความสมัครใจ จากนั้นร่วมกันศึกษาตัวอย่างที่ 7.5-7.8 จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 7 ไฟฟ้ากระแส
8. นักเรียนทำใบงานที่ 7.4.1 เรื่อง สภาพต้านทานไฟฟ้าและสภาพนำไฟฟ้า
9. ครูสุ่มนักเรียน จำนวน 2 คน ออกมาเฉลยใบงานที่ 7.4.1 เรื่อง สภาพต้านทานไฟฟ้าและสภาพนำไฟฟ้า โดยครูให้นักเรียนร่วมกันพิจารณาว่าคำตอบใดถูกต้อง จากนั้นครูเฉลยคำตอบที่ถูกต้องให้นักเรียน

10. นักเรียนทำ Topic Question เรื่อง สภาพต้านทานไฟฟ้าและสภาพนำไฟฟ้า จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 7 ไฟฟ้ากระแส ลงในสมุดประจำตัวนักเรียน
11. นักเรียนแต่ละคนทำ Unit Question 7 เรื่อง สภาพต้านทานไฟฟ้าและสภาพนำไฟฟ้า จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 7 ไฟฟ้ากระแส ลงในสมุดประจำตัวนักเรียน
12. นักเรียนแต่ละคนทำแบบฝึกหัด เรื่อง สภาพต้านทานไฟฟ้าและสภาพนำไฟฟ้า จากแบบฝึกหัด รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 7 ไฟฟ้ากระแส เป็นการบ้านส่งชั่วโมงถัดไป

ขั้นสรุป

ขั้นที่ 5 ตรวจสอบผล (Evaluate)

1. ครูประเมินผล โดยการสังเกตพฤติกรรมการตอบคำถาม พฤติกรรมการทำงานรายบุคคล พฤติกรรมการทำงานกลุ่ม และจากการนำเสนอผลการปฏิบัติกิจกรรมหน้าชั้นเรียน
2. ครูตรวจสอบผลการทำใบงานที่ 7.4.1 เรื่อง สภาพต้านทานไฟฟ้าและสภาพนำไฟฟ้า
3. ครูตรวจ Topic Question เรื่อง สภาพต้านทานไฟฟ้าและสภาพนำไฟฟ้า ในสมุดประจำตัวนักเรียน
4. ครูตรวจแบบฝึกหัดจาก Unit Question 7 เรื่อง สภาพต้านทานไฟฟ้าและสภาพนำไฟฟ้า ในสมุดประจำตัวนักเรียน
5. ครูตรวจสอบแบบฝึกหัด เรื่อง สภาพต้านทานไฟฟ้าและสภาพนำไฟฟ้า จากแบบฝึกหัด รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 7 ไฟฟ้ากระแส
6. นักเรียนและครูร่วมกันสรุปเกี่ยวกับสภาพต้านทานไฟฟ้าและสภาพนำไฟฟ้า ซึ่งได้ข้อสรุปร่วมกันว่า “สภาพต้านทานไฟฟ้า คือ ความต้านทานไฟฟ้าต่อหน่วยความยาวของวัสดุที่มีพื้นที่หน้าตัดคงตัว และสภาพนำไฟฟ้า คือ ความนำไฟฟ้าต่อพื้นที่หน้าตัดของวัสดุ ซึ่งยาว 1 เมตร และมีพื้นที่หน้าตัดคงตัวเท่ากับ 1 ตารางเมตร สภาพการนำไฟฟ้ากับสภาพต้านทานไฟฟ้าจึงเป็นส่วนกลับของกันและกัน”

7. การวัดและประเมินผล

รายการวัด	วิธีวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
7.1 การประเมินระหว่างการจัดกิจกรรม 1) สภาพด้านทานไฟฟ้าและสภาพนำไฟฟ้า	- ตรวจใบงานที่ 7.4.1 - ตรวจแบบฝึกหัด	- ใบงานที่ 7.4.1 - แบบฝึกหัด	- ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์ - ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์
2) การนำเสนอผลงาน/ผลการปฏิบัติกิจกรรม	- ประเมินการนำเสนอผลงาน/ผลการปฏิบัติกิจกรรม	- แบบประเมินการนำเสนอผลงาน	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
3) พฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- สังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
4) พฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- สังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
5) คุณลักษณะอันพึงประสงค์	- สังเกตความมีวินัย - รับผิดชอบ ใฝ่เรียนรู้ - ซื่อสัตย์ สุจริต และ มุ่งมั่น ในการทำงาน	- แบบประเมิน คุณลักษณะ อันพึงประสงค์	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์

8. สื่อ/แหล่งการเรียนรู้

8.1 สื่อการเรียนรู้

- 1) หนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 7 ไฟฟ้ากระแส
- 2) แบบฝึกหัด รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 7 ไฟฟ้ากระแส
- 3) ใบงานที่ 7.4.1 เรื่อง สภาพต้านทานไฟฟ้าและสภาพนำไฟฟ้า
- 4) PowerPoint เรื่อง สภาพต้านทานไฟฟ้าและสภาพนำไฟฟ้า
- 5) QR Code เรื่อง สภาพต้านทานไฟฟ้า
- 6) สมุดประจำตัวนักเรียน

8.2 แหล่งการเรียนรู้

- 1) ห้องสมุด
- 2) อินเทอร์เน็ต

ใบงานที่ 7.4.1

เฉลย

เรื่อง สภาพต้านทานไฟฟ้าและสภาพนำไฟฟ้า

คำชี้แจง : จงแสดงวิธีคำนวณหาผลลัพธ์ของโจทย์ต่อไปนี้

1. ลวดตัวนำเส้นหนึ่งยาว 0.5 เมตร และมีค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าเท่ากับ 2.4×10^{-6} โอห์ม-เมตร โดยมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร ความต้านทานของลวดตัวนำเส้นนี้มีค่าเท่าใด

วิธีทำ คำนวณหาพื้นที่หน้าตัด จากสมการ $A = \frac{\pi d^2}{4}$

$$A = \frac{\pi(10 \times 10^{-2})^2}{4}$$

$$A = 7.85 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

คำนวณหาความต้านทาน จากสมการ $R = \rho \frac{L}{A}$

$$R = \frac{(2.4 \times 10^{-6})(0.5)}{7.85 \times 10^{-3}}$$

$$R = 1.5 \times 10^{-4} \Omega$$

ดังนั้น ความต้านทานของลวดตัวนำเส้นนี้มีค่า 1.5×10^{-4} โอห์ม

2. ลวดทองแดงสม้าเสมอสองเส้น ความต้านทานต่างกัน ลวดทองแดงเส้นแรกมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.6 มิลลิเมตร เส้นที่สองมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.3 มิลลิเมตร โดยลวดทองแดงทั้งสองเส้นมีความยาว 5 และ 20 เมตร ตามลำดับ จงหาความต้านทานของลวดทองแดงเส้นที่สองเป็นกี่เท่าของเส้นแรก

วิธีทำ จากสมการ $R = \rho \frac{L}{A}$

ลวดทองแดงเส้นที่ 1 ; จะได้ว่า $R_1 = \rho \frac{L_1}{A_1}$ ----- (1)

ลวดทองแดงเส้นที่ 2 ; จะได้ว่า $R_2 = \rho \frac{L_2}{A_2}$ ----- (2)

นำสมการที่ (2)/สมการที่ (1)

จะได้ว่า $\frac{R_2}{R_1} = \frac{\rho \frac{L_2}{A_2}}{\rho \frac{L_1}{A_1}}$

$$\frac{R_2}{R_1} = \left(\frac{L_2}{L_1} \right) \left(\frac{A_1}{A_2} \right)$$

$$\frac{R_2}{R_1} = \left(\frac{L_2}{L_1} \right) \left(\frac{d_1}{d_2} \right)^2$$

$$\frac{R_2}{R_1} = \left(\frac{20}{5} \right) \left(\frac{0.6}{0.3} \right)^2$$

$$\frac{R_2}{R_1} = \left(\frac{20}{5} \right) \left(\frac{0.6}{0.3} \right)^2$$

$$\frac{R_2}{R_1} = (4)(4)$$

$$R_1$$

$$\frac{R_2}{R_1} = 16$$

$$R_1$$

ดังนั้น ความต้านทานของหลอดทองแดงเส้นที่สองเป็น 16 เท่าของเส้นแรก

9. ความเห็นของผู้บริหารสถานศึกษาหรือผู้ที่ได้รับมอบหมาย

ข้อเสนอแนะ

.....

ลงชื่อ

(.....)

ตำแหน่ง

10. บันทึกผลหลังการสอน

- ด้านความรู้

.....

.....

- ด้านสมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

.....

.....

- ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์

.....

.....

- ด้านความสามารถทางวิทยาศาสตร์

.....

.....

- ด้านอื่น ๆ (พฤติกรรมเด่น หรือพฤติกรรมที่มีปัญหาของนักเรียนเป็นรายบุคคล (ถ้ามี))

.....

.....

- ปัญหา/อุปสรรค

.....

.....

- แนวทางการแก้ไข

.....

.....

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5

พลังงานในวงจรไฟฟ้า

เวลา 4 ชั่วโมง

1. ผลการเรียนรู้

- 1) ทดลอง อธิบาย และคำนวณอีเอ็มเอฟของแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง รวมทั้งอธิบายและคำนวณพลังงานไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้า
- 2) ทดลอง และคำนวณอีเอ็มเอฟสมมูลจากการต่อแบตเตอรี่แบบอนุกรมและแบบขนาน รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องในวงจรไฟฟ้ากระแสตรงซึ่งประกอบด้วย แบตเตอรี่และตัวต้านทาน

2. จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายแรงเคลื่อนไฟฟ้าหรืออีเอ็มเอฟได้ (K)
2. ปฏิบัติกิจกรรมความต่างศักย์ระหว่างขั้วแบตเตอรี่ได้อย่างถูกต้องและเป็นลำดับขั้นตอน (P)
3. ตรวจสอบหาปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกัอีเอ็มเอฟสมมูลและความต้านทานสมมูลของตัวต้านทานที่ต่อแบบอนุกรมและแบบขนานได้ (P)
4. มีความใฝ่เรียนรู้และมีความมุ่งมั่นในการทำงาน (A)

3. สารการเรียนรู้

สารการเรียนรู้เพิ่มเติม	สารการเรียนรู้ท้องถิ่น
● แหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง เช่น แบตเตอรี่ เป็นอุปกรณ์ที่ให้พลังงานไฟฟ้าแก่วงจร พลังงานไฟฟ้าที่ประจุไฟฟ้าได้รับต่อหนึ่งหน่วยประจุไฟฟ้าเมื่อเคลื่อนที่ผ่านแหล่งกำเนิดไฟฟ้า เรียกว่า อีเอ็มเอฟ คำนวณได้จากสมการ $\mathcal{E} = \Delta V + Ir$ ● เมื่อนำแบตเตอรี่มาต่อแบบอนุกรม อีเอ็มเอฟสมมูลและความต้านทานภายในสมมูลมีค่าเพิ่มขึ้นตามสมการ $\mathcal{E} = \mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2 + \dots + \mathcal{E}_n \text{ และ}$ $r = r_1 + r_2 + \dots + r_n \text{ ตามลำดับ}$	พิจารณาตามหลักสูตรของสถานศึกษา

สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม	สาระการเรียนรู้ท้องถิ่น
เมื่อนำแบตเตอรี่ที่เหมือนกันมาต่อแบบขนาน อีเอ็มเอฟสมมูลมีค่าคงเดิม และความต้านทานภายในสมมูลมีค่าลดลง ตามสมการ $\mathcal{E} = \mathcal{E}_1 = \mathcal{E}_2 = \dots + \mathcal{E}_n$ และ $\frac{1}{r} = \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \dots + \frac{1}{r_n}$ ตามลำดับ	

4. สาระสำคัญ/ความคิดรวบยอด

แรงเคลื่อนไฟฟ้า คือ พลังงานไฟฟ้าทั้งหมดจากแบตเตอรี่ต่อหนึ่งหน่วยประจุจากแบตเตอรี่ ส่วนความต่างศักย์ คือ ความต่างศักย์ระหว่าง 2 จุดใด ๆ ในวงจรที่มีกระแสไฟฟ้าซึ่งมีค่าเท่ากับพลังงานไฟฟ้าต่อหนึ่งหน่วยประจุที่สูญเสียไประหว่าง 2 จุดนั้น ส่วนการต่อแบตเตอรี่สามารถต่อได้ 2 แบบ คือ แบบอนุกรมและแบบขนาน เมื่อต่อแบตเตอรี่แบบอนุกรม อีเอ็มเอฟสมมูลและความต้านทานภายในสมมูลมีค่าเพิ่มขึ้น แต่เมื่อนำแบตเตอรี่ที่เหมือนกันมาต่อแบบขนาน อีเอ็มเอฟสมมูลจะมีค่าคงเดิมแต่ความต้านทานภายในสมมูลจะมีค่าลดลง

5. สมรรถนะสำคัญของผู้เรียนและคุณลักษณะอันพึงประสงค์

สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน	คุณลักษณะอันพึงประสงค์
1. ความสามารถในการสื่อสาร 2. ความสามารถในการคิด 1) ทักษะการวัด 2) ทักษะการสังเกต 3) ทักษะการทดลอง 4) ทักษะการสื่อสาร 5) ทักษะการวิเคราะห์ 6) ทักษะการคำนวณ 7) ทักษะการทำงานร่วมกัน 8) ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล 9) ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป 3. ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต 4. ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี	1. มีวินัย รับผิดชอบ 2. ใฝ่เรียนรู้ 3. ซื่อสัตย์ สุจริต 4. มุ่งมั่นในการทำงาน

6. กิจกรรมการเรียนรู้



แนวคิด/รูปแบบการสอน/วิธีการสอน/เทคนิค : แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es Instructional Model)

ชั่วโมงที่ 1

ขั้นนำ

ขั้นที่ 1 กระตุ้นความสนใจ (Engage)

1. นักเรียนนับจำนวน 1-5 วนไปเรื่อย ๆ จนครบทุกคน เพื่อแบ่งกลุ่มนักเรียนออกเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 5 คน โดยคนที่นับจำนวนเดียวกันให้อยู่กลุ่มเดียวกัน จากนั้นครูแจกถ่านไฟฉายขนาดต่าง ๆ เช่น ขนาดAA และขนาดAAA ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันสังเกตข้อมูลที่อยู่ในถ่านไฟฉาย และอภิปรายแสดงความคิดเห็นกันภายในกลุ่ม
2. ครูตั้งประเด็นคำถามกระตุ้นความคิดนักเรียนว่า “ถ่านไฟฉาย ทำหน้าที่อะไรในวงจรไฟฟ้า”
(แนวตอบ : เป็นแหล่งพลังงานให้แก่วงจรไฟฟ้า)

ขั้นสอน

ขั้นที่ 2 สำรวจค้นหา (Explore)

1. นักเรียนจับคู่กับเพื่อนในชั้นเรียน ตามความสมัครใจ จากนั้นให้นักเรียนแต่ละคู่ร่วมกันศึกษาค้นคว้า ข้อมูลเกี่ยวกับ เรื่อง แรงเคลื่อนไฟฟ้าและความต่างศักย์ จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติม วิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 7 ไฟฟ้ากระแส หรือแหล่งการเรียนรู้ต่าง ๆ เช่น อินเทอร์เน็ต ห้องสมุด
2. นักเรียนแต่ละคู่ร่วมกันอภิปรายเรื่องที่ได้ศึกษา จากนั้นให้นักเรียนแต่ละคนเขียนสรุปความรู้ที่ได้จากการศึกษาค้นคว้าลงในสมุดประจำตัวนักเรียน
(หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล)
3. นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 6 คน ตามความสมัครใจ จากนั้นครูแจ้งจุดประสงค์ของกิจกรรม ความต่างศักย์ระหว่างขั้วแบตเตอรี่ ให้นักเรียนทราบเพื่อเป็นแนวทางการปฏิบัติกิจกรรมที่ถูกต้อง
4. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันศึกษากิจกรรม ความต่างศักย์ระหว่างขั้วแบตเตอรี่ จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 7 ไฟฟ้ากระแส โดยครูใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบร่วมมือมาจัดกระบวนการเรียนรู้ โดยกำหนดให้สมาชิกแต่ละคนภายในกลุ่มมีบทบาทหน้าที่ของตนเอง ดังนี้
 - สมาชิกคนที่ 1-2 ทำหน้าที่ เตรียมวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการปฏิบัติกิจกรรมความต่างศักย์ระหว่างขั้วแบตเตอรี่
 - สมาชิกคนที่ 3-4 ทำหน้าที่ อ่านวิธีปฏิบัติกิจกรรม และนำมาอธิบายให้สมาชิกในกลุ่มฟัง

- สมาชิกคนที่ 5-6 ทำหน้าที่ บันทึกผลการปฏิบัติกิจกรรมลงในสมุดประจำตัวนักเรียน

(หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบประเมินการปฏิบัติกิจกรรม)

5. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันปฏิบัติกิจกรรมตามขั้นตอน จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 7 ไฟฟ้ากระแส
6. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันแลกเปลี่ยนความรู้และวิเคราะห์ผลการปฏิบัติกิจกรรม แล้วอภิปรายผลร่วมกัน

ชั่วโมงที่ 2

ขั้นสอน

ขั้นที่ 2 สำรวจค้นหา (Explore)

7. นักเรียนแต่ละกลุ่มออกมานำเสนอผลการปฏิบัติกิจกรรมหน้าชั้นเรียน ในระหว่างที่นักเรียนนำเสนอ ครูคอยให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมเพื่อให้ นักเรียนมีความเข้าใจที่ถูกต้องมากยิ่งขึ้น
(หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบประเมินการนำเสนอผลงาน)
8. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันตอบคำถามท้ายกิจกรรม ความต่างศักย์ระหว่างขั้วแบตเตอรี่ โดยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายแสดงความคิดเห็นเพื่อหาคำตอบ จากนั้นครูสุ่มนักเรียน จำนวน 4-5 กลุ่มออกมานำเสนอคำตอบของกลุ่มตนเองหน้าชั้นเรียน
9. เมื่อนักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอคำตอบของกลุ่มตนเองเรียบร้อยแล้ว นักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายผลท้ายกิจกรรม ความต่างศักย์ระหว่างขั้วแบตเตอรี่ และเฉลยคำถามท้ายกิจกรรม
10. ครูตั้งประเด็นคำถามกระตุ้นความคิดนักเรียนว่า “แรงเคลื่อนไฟฟ้าและความต่างศักย์ต่างกันอย่างไร” โดยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายแสดงความคิดเห็นเพื่อหาคำตอบ
(แนวตอบ : แรงเคลื่อนไฟฟ้า เป็นพลังงานของแหล่งกำเนิดไฟฟ้าต่อหนึ่งหน่วยประจุไฟฟ้าที่เคลื่อนผ่านแหล่งกำเนิดไฟฟ้า และความต่างศักย์ หมายถึง พลังงาน (ศักย์) ไฟฟ้าต่อหน่วยประจุที่ประจุไฟฟ้าถ่ายโอนให้ชิ้นส่วนต่าง ๆ ของวงจรไฟฟ้าระหว่างสองจุดนั้น)

ชั่วโมงที่ 3-4

ชั้นสอน

ขั้นที่ 2 สำรวจค้นหา (Explore)

11. นักเรียนแบ่งกลุ่ม (กลุ่มเดิม) จากชั่วโมงที่ผ่านมา จากนั้นให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันศึกษาค้นคว้า ข้อมูลเกี่ยวกับ เรื่อง พลังงานไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า และการต่อแบตเตอรี่ จากหนังสือเรียน รายวิชา เพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 7 ไฟฟ้ากระแส หรือแหล่งการเรียนรู้ต่าง ๆ เช่น อินเทอร์เน็ต ห้องสมุด QR Code เรื่อง การต่อแบตเตอรี่
12. นักเรียนแต่ละคู่ร่วมกันอภิปรายเรื่องที่ได้ศึกษา จากนั้นให้นักเรียนแต่ละคนเขียนสรุปความรู้ที่ได้จากการศึกษาค้นคว้าลงในสมุดประจำตัวนักเรียน
(หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล)

ขั้นที่ 3 อธิบายความรู้ (Explain)

13. ครูสุ่มนักเรียนออกมานำเสนอผลการศึกษาค้นคว้าหน้าชั้นเรียน โดยสุ่มออกมาเพียง 4 กลุ่ม ซึ่งครูเป็นคนเลือกว่าจะให้กลุ่มไหนนำเสนอเรื่องอะไร ตามหัวข้อเรื่องดังต่อไปนี้
 - กลุ่มที่ 1 นำเสนอเกี่ยวกับพลังงานไฟฟ้า
 - กลุ่มที่ 2 นำเสนอเกี่ยวกับกำลังไฟฟ้า
 - กลุ่มที่ 3 นำเสนอเกี่ยวกับการต่อแบตเตอรี่แบบอนุกรม
 - กลุ่มที่ 4 นำเสนอเกี่ยวกับการต่อแบตเตอรี่แบบขนาน
 (หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบประเมินการนำเสนอผลงาน)
14. ขณะที่นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอ ครูอาจเสนอแนะหรือแทรกข้อมูลเพิ่มเติมในเรื่องนั้น ๆ ให้นักเรียนทุกคนได้มีความเข้าใจที่ถูกต้องมากยิ่งขึ้น
15. ครูตั้งประเด็นคำถามกระตุ้นความคิดนักเรียน โดยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายแสดงความคิดเห็นเพื่อหาคำตอบ ดังนี้
 - กำลังไฟฟ้า คืออะไร
(แนวตอบ : กำลังไฟฟ้า คือ พลังงานไฟฟ้าที่ได้รับหรือสูญเสียไปในหนึ่งหน่วยเวลา)
 - การต่อแบตเตอรี่แบบอนุกรม มีลักษณะอย่างไร
(แนวตอบ : การต่อแบตเตอรี่แบบอนุกรม เป็นการนำเซลล์ไฟฟ้าหลาย ๆ เซลล์มาต่อเรียงกัน โดยใช้ปลายหนึ่งของเซลล์ไฟฟ้าต่อกับอีกปลายของเซลล์ไฟฟ้าต่อเรียงกันไปเรื่อย ๆ)
 - การต่อแบตเตอรี่แบบขนาน มีลักษณะอย่างไร
(แนวตอบ : การต่อแบตเตอรี่แบบขนาน เป็นการนำเซลล์ไฟฟ้าหลาย ๆ เซลล์มาต่อรวมเป็นกลุ่มเดียวกัน โดยใช้ปลายของเซลล์ไฟฟ้าทุกเซลล์มาต่อรวมกันไว้ที่จุดหนึ่ง)

- ถ้าแบตเตอรี่ไม่ได้ถูกนำไปต่อในวงจรไฟฟ้า (ไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน) แล้วนำโวลต์มิเตอร์มาวัดระหว่างขั้วแบตเตอรี่ ค่าที่ได้จะเป็นค่าอะไร

(แนวตอบ : ในกรณีที่แบตเตอรี่ไม่ได้ถูกนำไปต่อในวงจรไฟฟ้าความต่างศักย์ระหว่างขั้วแบตเตอรี่จะเท่ากับแรงเคลื่อนไฟฟ้า)

- หากต้องการให้อิเล็กตรอนไหลและมีความต้านทานภายในสมมุติค่าเพิ่มขึ้น จะต้องต่อแบตเตอรี่แบบใด

(แนวตอบ : แบบอนุกรม)

ขั้นที่ 4 ขยายความเข้าใจ (Elaborate)

16. ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนซักถามเนื้อหาเกี่ยวกับ เรื่อง พลังงานในวงจรไฟฟ้า และให้ความรู้เพิ่มเติมจากคำถามของนักเรียน โดยครูใช้ PowerPoint เรื่อง พลังงานในวงจรไฟฟ้า ในการอธิบายเพิ่มเติม
17. นักเรียนแต่ละคนศึกษาตัวอย่างที่ 7.9 จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 จากนั้นให้นักเรียนแต่ละคนทำใบงานที่ 7.5.1 เรื่อง แรงเคลื่อนไฟฟ้าและความต่างศักย์
18. นักเรียนทำ Topic Question เรื่อง พลังงานในวงจรไฟฟ้า จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 7 ไฟฟ้ากระแส ลงในสมุดประจำตัวนักเรียน
19. นักเรียนแต่ละคนทำ Unit Question 7 เรื่อง พลังงานในวงจรไฟฟ้า จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 7 ไฟฟ้ากระแส ลงในสมุดประจำตัวนักเรียน
20. นักเรียนแต่ละคนทำแบบฝึกหัด เรื่อง พลังงานในวงจรไฟฟ้า จากแบบฝึกหัด รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 7 ไฟฟ้ากระแส

ขั้นสรุป

ขั้นที่ 5 ตรวจสอบผล (Evaluate)

1. ครูประเมินผล โดยการสังเกตพฤติกรรมการตอบคำถาม พฤติกรรมการทำงานรายบุคคล พฤติกรรมการทำงานกลุ่ม และจากการนำเสนอผลการปฏิบัติกิจกรรมหน้าชั้นเรียน
2. ครูตรวจสอบผลการทำใบงานที่ 7.5.1 เรื่อง แรงเคลื่อนไฟฟ้าและความต่างศักย์
3. ครูวัดและประเมินผลการปฏิบัติกิจกรรม ความต่างศักย์ระหว่างขั้วแบตเตอรี่
4. ครูตรวจ Topic Question เรื่อง พลังงานในวงจรไฟฟ้า ในสมุดประจำตัวนักเรียน
5. ครูตรวจแบบฝึกหัดจาก Unit Question 7 เรื่อง พลังงานในวงจรไฟฟ้า ในสมุดประจำตัวนักเรียน
6. ครูตรวจสอบแบบฝึกหัด เรื่อง พลังงานในวงจรไฟฟ้า จากแบบฝึกหัด รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 7 ไฟฟ้ากระแส

7. นักเรียนและครูร่วมกันสรุปเกี่ยวกับพลังงานในวงจรไฟฟ้า ซึ่งได้ข้อสรุปร่วมกันว่า “แรงเคลื่อนไฟฟ้าหรืออีเอ็มเอฟ หมายถึง พลังงานของแหล่งกำเนิดไฟฟ้าต่อหนึ่งหน่วยประจุไฟฟ้าที่เคลื่อนที่ผ่านแหล่งกำเนิดไฟฟ้า ความต่างศักย์ ระหว่างสองจุดใด ๆ ในวงจรไฟฟ้า หมายถึง พลังงาน (ศักย์) ไฟฟ้าต่อหน่วยประจุที่ประจุไฟฟ้าถ่ายโอนให้ขึ้นส่วนต่าง ๆ ของวงจรไฟฟ้าระหว่างสองจุดนั้น กำลังไฟฟ้าคือ พลังงานไฟฟ้าที่ได้รับหรือสูญเสียไปในหนึ่งหน่วยเวลา และการต่อเซลล์ไฟฟ้าหรือแบตเตอรี่ คือ การนำเซลล์ไฟฟ้าหลาย ๆ เซลล์มาต่อรวมเป็นกลุ่มเดียวกันอยู่ระหว่างจุด 2 จุด มีวิธีการต่อ 2 แบบ คือ การต่อแบตเตอรี่แบบอนุกรมและการต่อแบตเตอรี่แบบขนาน”

7. การวัดและประเมินผล

รายการวัด	วิธีวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
7.1 การประเมินระหว่างการจัดกิจกรรม			
1) พลังงานในวงจรไฟฟ้า	- ตรวจใบงานที่ 7.5.1 - ตรวจแบบฝึกหัด	- ใบงานที่ 7.5.1 - แบบฝึกหัด	- ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์ - ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์
2) ผลบันทึกการปฏิบัติกิจกรรมความต่างศักย์ระหว่างขั้วแบตเตอรี่	- ประเมินการปฏิบัติกิจกรรม	- แบบประเมินการปฏิบัติกิจกรรม	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
3) การนำเสนอผลงาน/ผลการปฏิบัติกิจกรรม	- ประเมินการนำเสนอผลงาน/ผลการปฏิบัติกิจกรรม	- แบบประเมินการนำเสนอผลงาน	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
4) พฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- สังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
5) พฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- สังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
6) คุณลักษณะอันพึงประสงค์	- สังเกตความมีวินัย รับผิดชอบ ใฝ่เรียนรู้ ซื่อสัตย์ สุจริต และ มุ่งมั่นในการทำงาน	- แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์

8. สื่อ/แหล่งการเรียนรู้

8.1 สื่อการเรียนรู้

- 1) หนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 7 ไฟฟ้ากระแส
- 2) แบบฝึกหัด รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 7 ไฟฟ้ากระแส
- 3) ใบงานที่ 7.5.1 เรื่อง แรงเคลื่อนไฟฟ้าและความต่างศักย์
- 4) วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการปฏิบัติกิจกรรมความต่างศักย์ระหว่างขั้วแบตเตอรี่
- 5) PowerPoint เรื่อง พลังงานในวงจรไฟฟ้า
- 6) ถ่านไฟฉายขนาดต่าง ๆ เช่น ขนาดAA และขนาดAAA
- 7) QR Code เรื่อง การต่อแบตเตอรี่
- 8) สมุดประจำตัวนักเรียน

8.2 แหล่งการเรียนรู้

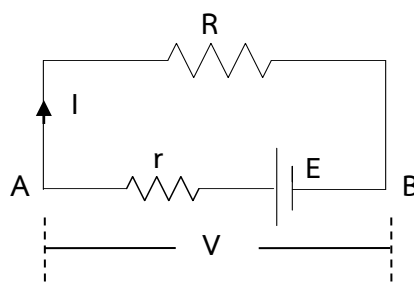
- 1) ห้องเรียน
- 2) ห้องสมุด
- 3) อินเทอร์เน็ต

ใบงานที่ 7.5.1

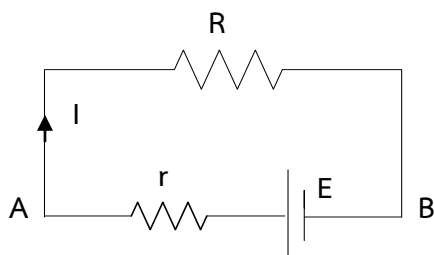
เรื่อง แรงเคลื่อนไฟฟ้าและความต่างศักย์

คำชี้แจง : จงแสดงวิธีคำนวณหาผลลัพธ์ของโจทย์ต่อไปนี้

1. แบตเตอรี่ตัวหนึ่ง เมื่อต่ออนุกรมกับความต้านทาน R มีค่าเท่ากับ 148 โอห์ม ปรากฏว่ามีกระแสในวงจรเท่ากับ 0.05 แอมแปร์ แต่เมื่อเพิ่มความต้านทานเป็น 248 โอห์ม จะมีกระแสเพียง 0.03 แอมแปร์ แบตเตอรี่ตัวนี้มี ความต่างศักย์ไฟฟ้ากี่โวลต์



2. เซลล์ไฟฟ้าอันหนึ่ง เมื่อนำลวดความต้านทานเส้นหนึ่งมาต่อเป็นวงจร ปรากฏว่าความต่างศักย์ระหว่างขั้วทั้งสองของเซลล์ไฟฟ้ามีค่าเป็น $\frac{1}{3}$ เท่าของค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าของเซลล์ จงแสดงให้เห็นว่าลวดต้านทานที่นำมาต่อนั้นมีค่าความต้านทานเป็นครึ่งหนึ่งของค่าความต้านทานภายในเซลล์

This image shows a full page of white paper with horizontal dotted lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page, providing a guide for handwriting practice. There are no margins, text, or other markings on the page.

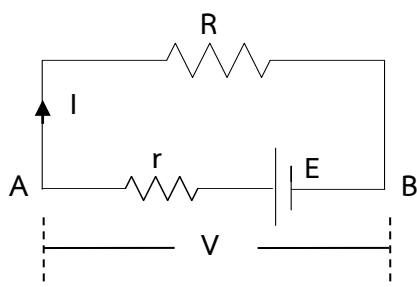
ใบงานที่ 7.5.1

เฉลย

เรื่อง แรงเคลื่อนไฟฟ้าและความต่างศักย์

คำชี้แจง : จงแสดงวิธีคำนวณหาผลลัพ์ของโจทย์ต่อไปนี้

1. แบตเตอรี่ตัวหนึ่ง เมื่อต่ออนุกรมกับความต้านทาน R มีค่าเท่ากับ 148 โอห์ม ปรากฏว่ามีกระแสในวงจรเท่ากับ 0.05 แอมแปร์ แต่เมื่อเพิ่มความต้านทานเป็น 248 โอห์ม จะมีกระแสเพียง 0.03 แอมแปร์ แบตเตอรี่ตัวนี้มี ความต่างศักย์ไฟฟ้ากี่โวลต์



วิธีทำ จากสมการ

$$I_1 = \frac{E}{R_1 + r}$$

$$0.05 = \frac{E}{148 + r}$$

$$0.05(148 + r) = E \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$I_2 = \frac{E}{R_2 + r}$$

$$0.03 = \frac{E}{248 + r}$$

$$0.03(248 + r) = E \quad \dots\dots\dots (2)$$

นำสมการที่ (1) = สมการที่ (2) ;

จะได้ว่า $0.05(148 + r) = 0.03(248 + r)$

$$7.4 + 0.05r = 7.44 + 0.03r$$

$$0.05r - 0.03r = 7.44 - 7.4$$

$$0.02r = 0.04$$

$$r = \frac{0.04}{0.02}$$

$$r = 2 \, \Omega$$

แทน r แทนในสมการ (1)

จากสมการ (1) ; $0.05(148 + r) = E$

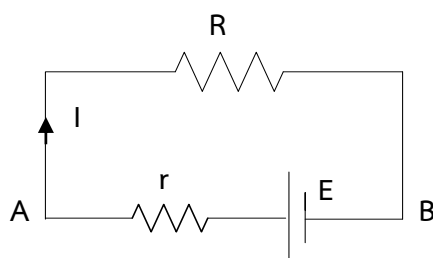
จะได้ว่า $0.05(148 + 2) = E$

$$7.4 + 0.1 = E$$

$$E = 7.5 \text{ V}$$

ดังนั้น แบตเตอรี่มีความต่างศักย์ไฟฟ้า 7.5 โวลต์

2. เซลล์ไฟฟ้าอันหนึ่ง เมื่อนำลวดความต้านทานเส้นหนึ่งมาต่อเป็นวงจร ปรากฏว่าความต่างศักย์ระหว่างขั้วทั้งสองของเซลล์ไฟฟ้ามีค่าเป็น $\frac{1}{3}$ เท่าของค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าของเซลล์ จงแสดงให้เห็นว่าลวดต้านทานที่นำมาต่อนี้มีค่าความต้านทานเป็นครึ่งหนึ่งของค่าความต้านทานภายในเซลล์



วิธีทำ จากสมการ

$$E = V + Ir$$

$$E = \frac{1}{3}E + Ir$$

$$\frac{2E}{3} = Ir$$

$$E = \frac{3}{2}Ir \quad \dots\dots\dots (1)$$

แทนสมการที่ (1) ลงในสมการ

$$E = IR + Ir$$

จะได้ว่า ; $\frac{3}{2}Ir = IR + Ir$

$$\frac{1}{2}r = R \quad R = \frac{1}{2}r \text{ หรือ } 0.5r$$

ดังนั้น ลวดต้านทานที่นำมาต่อนี้มีค่าความต้านทานเป็นครึ่งหนึ่งของค่าความต้านทานภายในเซลล์

9. ความเห็นของผู้บริหารสถานศึกษาหรือผู้ที่ได้รับมอบหมาย

ข้อเสนอแนะ

.....

ลงชื่อ
(.....)

ตำแหน่ง

10. บันทึกผลหลังการสอน

- ด้านความรู้

.....

.....

- ด้านสมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

.....

.....

- ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์

.....

.....

- ด้านความสามารถทางวิทยาศาสตร์

.....

.....

- ด้านอื่น ๆ (พฤติกรรมเด่น หรือพฤติกรรมที่มีปัญหาของนักเรียนเป็นรายบุคคล (ถ้ามี))

.....

.....

- ปัญหา/อุปสรรค

.....

.....

- แนวทางการแก้ไข

.....

.....

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6

การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสตรงเบื้องต้น

เวลา 2 ชั่วโมง

1. ผลการเรียนรู้

ทดลอง และคำนวณอีเอ็มเอฟสมมูลจากการต่อแบตเตอรี่แบบอนุกรมและแบบขนาน รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องในวงจรไฟฟ้ากระแสตรงซึ่งประกอบด้วย แบตเตอรี่และตัวต้านทาน

2. จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายกระแสไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้ากระแสตรงเบื้องต้นได้ (K)
2. ตรวจสอบหาปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับกระแสไฟฟ้าในวงจรได้ (P)
3. มีความใฝ่เรียนรู้และมีความมุ่งมั่นในการทำงาน (A)

3. สารการเรียนรู้

สารการเรียนรู้เพิ่มเติม	สารการเรียนรู้ท้องถิ่น
กระแสไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้ากระแสตรงที่ประกอบด้วย แบตเตอรี่และตัวต้านทาน คำนวณได้ตามสมการ $I = \frac{\mathcal{E}}{R+r}$	พิจารณาตามหลักสูตรของสถานศึกษา

4. สารสำคัญ/ความคิดรวบยอด

วงจรไฟฟ้าทุกวงจร ประกอบด้วย แหล่งกำเนิดไฟฟ้าหรือเซลล์ไฟฟ้า สายไฟ อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ต่อเข้ากับ แหล่งกำเนิดไฟฟ้า โดยวงจรไฟฟ้าเบื้องต้นจะประกอบด้วย แบตเตอรี่และตัวต้านทาน

5. สมรรถนะสำคัญของผู้เรียนและคุณลักษณะอันพึงประสงค์

สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน	คุณลักษณะอันพึงประสงค์
1. ความสามารถในการสื่อสาร 2. ความสามารถในการคิด 1) ทักษะการสื่อสาร 2) ทักษะการวิเคราะห์ 3) ทักษะการคำนวณ 4) ทักษะการทำงานร่วมกัน	1. มีวินัย รับผิดชอบ 2. ใฝ่เรียนรู้ 3. ซื่อสัตย์ สุจริต 4. มุ่งมั่นในการทำงาน

สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน	คุณลักษณะอันพึงประสงค์
3. ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต 4. ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี	

6. กิจกรรมการเรียนรู้



แนวคิด/รูปแบบการสอน/วิธีการสอน/เทคนิค : แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es Instructional Model)

ชั่วโมงที่ 1

ขั้นนำ

ขั้นที่ 1 กระตุ้นความสนใจ (Engage)

1. ครูทบทวนความรู้เดิมของนักเรียนเกี่ยวกับกฎพื้นฐานทางไฟฟ้า เช่น กฎของโอห์ม กฎของจูล กฎการอนุรักษ์พลังงาน กฎการอนุรักษ์ประจุไฟฟ้า การต่อตัวต้านทานและการต่อแบตเตอรี่ จากนั้นครูแจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้ให้นักเรียนทราบ
2. ครูถามคำถาม Prior Knowledge จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 7 ไฟฟ้ากระแส เพื่อเป็นการนำเข้าสู่บทเรียนว่า “กฎพื้นฐานทางไฟฟ้านำไปใช้วิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสตรงได้อย่างไร” โดยให้นักเรียนแต่ละคนร่วมกันอภิปราย แสดงความคิดเห็นอย่างอิสระโดยไม่มีการเฉลยว่าถูกหรือผิด
(แนวตอบ : ทำได้โดยพิจารณาโหนดที่จะแทนค่าด้วยความต้านทานภายนอกและความต้านทานภายในของเซลล์ไฟฟ้า แรงเคลื่อนไฟฟ้าว่ามีกี่ตัว แล้วนำมาหาค่าสมมูล เพื่อจะได้ยู่เป็นวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย แล้วนำไปวิเคราะห์หาค่าที่ต้องการ)

ขั้นสอน

ขั้นที่ 2 สำรวจค้นหา (Explore)

1. นักเรียนจับคู่กับเพื่อนในชั้นเรียน ตามความสมัครใจ จากนั้นให้นักเรียนแต่ละคู่ร่วมกันศึกษาค้นคว้า ข้อมูลเกี่ยวกับ เรื่อง การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสตรงเบื้องต้น จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 7 ไฟฟ้ากระแส หรือแหล่งการเรียนรู้ต่าง ๆ เช่น อินเทอร์เน็ต ห้องสมุด
2. นักเรียนแต่ละคู่ร่วมกันอภิปรายเรื่องที่ได้ศึกษา จากนั้นให้นักเรียนแต่ละคนเขียนสรุปความรู้ที่ได้จากการศึกษาค้นคว้าลงในสมุดประจำตัวนักเรียน
(หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล)

ชั่วโมงที่ 2

ชั้นสอน

ขั้นที่ 3 อธิบายความรู้ (Explain)

3. ครูสุ่มนักเรียน จำนวน 2-3 คู่ ออกมานำเสนอผลการศึกษาข้อมูลหน้าชั้นเรียน ในระหว่างที่นักเรียนนำเสนอ ครูคอยให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมเพื่อให้นักเรียนมีความเข้าใจที่ถูกต้องมากยิ่งขึ้น
(หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบประเมินการนำเสนอผลงาน)
4. ครูตั้งประเด็นคำถามกระตุ้นความคิดนักเรียนว่า “วงจรไฟฟ้าควรจะประกอบด้วยอุปกรณ์ไฟฟ้าอะไรบ้าง” โดยให้นักเรียนแต่ละคนร่วมกันอภิปรายแสดงความคิดเห็นเพื่อหาคำตอบ
(แนวตอบ : วงจรไฟฟ้าทุกวงจรประกอบด้วย แหล่งกำเนิดไฟฟ้าหรือเซลล์ไฟฟ้า สายไฟ เป็นต้น)
5. ครูอธิบายเพิ่มเติมให้นักเรียนเข้าใจเกี่ยวกับการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสตรงเบื้องต้น ดังนี้
 - อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ต่อเข้ากับแหล่งกำเนิดไฟฟ้า เรียกว่า โหลด (load)
 - วงจรไฟฟ้าที่สามารถยุบรวมเป็นวงจรพื้นฐานที่ประกอบด้วยตัวต้านทานภายนอกเซลล์ 1 ตัว และเซลล์ไฟฟารวม 1 เซลล์ เรียกว่า วงจรอย่างง่าย
 - กระแสไฟฟ้าของวงจรอย่างง่ายสามารถคำนวณหาได้จากสมการ $I = \frac{\mathcal{E}}{R + r}$

ขั้นที่ 4 ขยายความเข้าใจ (Elaborate)

6. ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนซักถามเนื้อหาเกี่ยวกับ เรื่อง การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสตรงเบื้องต้น และให้ความรู้เพิ่มเติม จากคำถามของนักเรียน โดยครูใช้ PowerPoint เรื่อง การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสตรงเบื้องต้น ในการอธิบายเพิ่มเติม
7. นักเรียนแต่ละคนศึกษาตัวอย่างที่ 7.10-7.12 จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 7 ไฟฟ้ากระแส จากนั้นให้นักเรียนแต่ละคนทำใบงานที่ 7.6.1 เรื่อง การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสตรงเบื้องต้น
8. ครูสุ่มนักเรียน จำนวน 2 คน ออกมาเฉลยใบงานที่ 7.6.1 เรื่อง การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสตรงเบื้องต้น โดยครูให้นักเรียนร่วมกันพิจารณาว่าคำตอบใดถูกต้อง จากนั้นครูเฉลยคำตอบที่ถูกต้องให้นักเรียน
9. นักเรียนทำ Topic Question เรื่อง การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสตรงเบื้องต้น จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 7 ไฟฟ้ากระแส ลงในสมุดประจำตัวนักเรียน

10. นักเรียนแต่ละคนทำ Unit Question 7 เรื่อง การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสตรงเบื้องต้น จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 7 ไฟฟ้ากระแส ลงในสมุดประจำตัวนักเรียน
11. นักเรียนแต่ละคนทำแบบฝึกหัด เรื่อง การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสตรงเบื้องต้น จากแบบฝึกหัด รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 7 ไฟฟ้ากระแส เป็นการบ้าน ส่งในชั่วโมงถัดไป

ขั้นสรุป

ขั้นที่ 5 ตรวจสอบผล (Evaluate)

1. ครูประเมินผล โดยการสังเกตพฤติกรรมการตอบคำถาม พฤติกรรมการทำงานรายบุคคล พฤติกรรมการทำงานกลุ่ม และจากการนำเสนอผลการปฏิบัติกิจกรรมหน้าชั้นเรียน
2. ครูตรวจสอบผลการทำใบงานที่ 7.6.1 เรื่อง การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสตรงเบื้องต้น
3. ครูตรวจ Topic Question เรื่อง การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสตรงเบื้องต้น ในสมุดประจำตัวนักเรียน
4. ครูตรวจแบบฝึกหัดจาก Unit Question 7 เรื่อง การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสตรงเบื้องต้น ในสมุดประจำตัวนักเรียน
5. ครูตรวจสอบแบบฝึกหัด เรื่อง การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสตรงเบื้องต้น จากแบบฝึกหัด รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 7 ไฟฟ้ากระแส
6. นักเรียนและครูร่วมกันสรุปเกี่ยวกับการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสตรงเบื้องต้น ซึ่งได้ข้อสรุปร่วมกันว่า “วงจรไฟฟ้าทุกวงจร ประกอบด้วย แหล่งกำเนิดไฟฟ้าหรือเซลล์ไฟฟ้า (electrical source) สายไฟ อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ต่อเข้ากับแหล่งกำเนิดไฟฟ้า เรียกว่า โหลด (load) เช่น หลอดไฟ เตารีด”

7. การวัดและประเมินผล

รายการวัด	วิธีวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
7.1 การประเมินระหว่างการจัดกิจกรรม 1) การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสตรงเบื้องต้น	- ตรวจใบงานที่ 7.6.1 - ตรวจแบบฝึกหัด	- ใบงานที่ 7.6.1 - แบบฝึกหัด	- ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์ - ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์
2) การนำเสนอผลงาน/ผลการปฏิบัติกิจกรรม	- ประเมินการนำเสนอผลงาน/ผลการปฏิบัติกิจกรรม	- แบบประเมินการนำเสนอผลงาน	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
3) พฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- สังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
4) พฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- สังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
5) คุณลักษณะอันพึงประสงค์	- สังเกตความมีวินัย รับผิดชอบ ใฝ่เรียนรู้ ซื่อสัตย์ สุจริต และ มุ่งมั่นในการทำงาน	- แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์

8. สื่อ/แหล่งการเรียนรู้

8.1 สื่อการเรียนรู้

- 1) หนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 7 ไฟฟ้ากระแส
- 2) แบบฝึกหัด รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 7 ไฟฟ้ากระแส
- 3) ใบงานที่ 7.6.1 เรื่อง การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสตรงเบื้องต้น
- 4) PowerPoint เรื่อง การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสตรงเบื้องต้น
- 5) สมุดประจำตัวนักเรียน

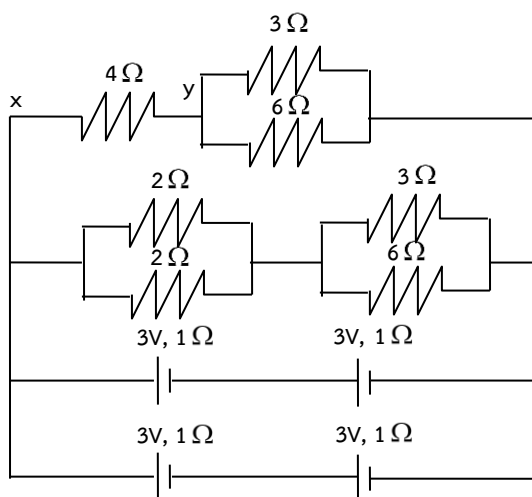
8.2 แหล่งการเรียนรู้

- 1) ห้องสมุด
- 2) อินเทอร์เน็ต

ใบงานที่ 7.6.1

เรื่อง การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสตรงเบื้องต้น

คำชี้แจง : จากวงจรไฟฟ้า ดังภาพ จงยุบเป็นวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย พร้อมทั้งหาค่ากระแสไฟฟ้ารวมของวงจร

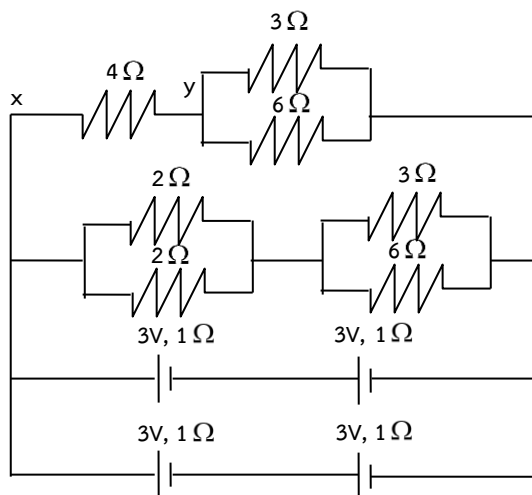


ใบงานที่ 7.6.1

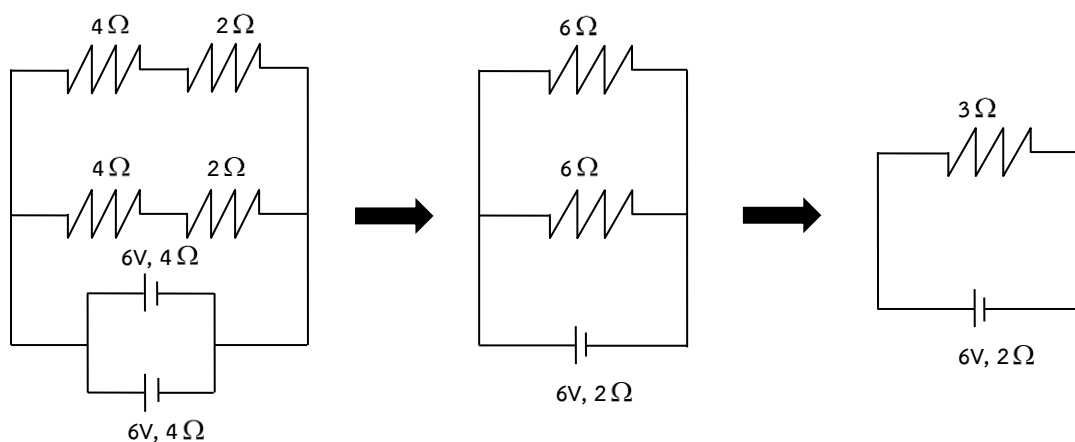
เฉลย

เรื่อง การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสตรงเบื้องต้น

คำชี้แจง : จากวงจรไฟฟ้า ดังภาพ จงยุบเป็นวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย พร้อมทั้งหาค่ากระแสไฟฟ้ารวมของวงจร



วิธีทำ เขียนภาพใหม่ได้เป็น



จากภาพ ได้ว่า $\sum \mathcal{E} = 6 \text{ V}$

$$\sum r = 2 \Omega$$

$$\sum R = 3 \Omega$$

จากสมการ

$$I = \frac{\sum \mathcal{E}}{\sum R + \sum r} = \frac{6}{2 + 3} = \frac{6}{5} = 1.2 \text{ A}$$

ดังนั้น กระแสไฟฟ้ารวมของวงจรเท่ากับ 1.2 แอมแปร์

9. ความเห็นของผู้บริหารสถานศึกษาหรือผู้ที่ได้รับมอบหมาย

ข้อเสนอแนะ

.....

ลงชื่อ

(.....)

ตำแหน่ง

10. บันทึกผลหลังการสอน

- ด้านความรู้

.....

.....

- ด้านสมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

.....

.....

- ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์

.....

.....

- ด้านความสามารถทางวิทยาศาสตร์

.....

.....

- ด้านอื่น ๆ (พฤติกรรมเด่น หรือพฤติกรรมที่มีปัญหาของนักเรียนเป็นรายบุคคล (ถ้ามี))

.....

.....

- ปัญหา/อุปสรรค

.....

.....

- แนวทางการแก้ไข

.....

.....

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7

เครื่องวัดไฟฟ้า

เวลา 3 ชั่วโมง

1. ผลการเรียนรู้

ทดลอง และคำนวณอีเอ็มเอฟสมมูลจากการต่อแบตเตอรี่แบบอนุกรมและแบบขนาน รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องในวงจรไฟฟ้ากระแสตรงซึ่งประกอบด้วย แบตเตอรี่และตัวต้านทาน

2. จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายเครื่องวัดไฟฟ้าแต่ละชนิดได้ (K)
2. ตรวจสอบหาปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับกระแสไฟฟ้าในวงจรได้ (P)
3. มีความใฝ่เรียนรู้และมีความมุ่งมั่นในการทำงาน (A)

3. สารการเรียนรู้

สารการเรียนรู้เพิ่มเติม	สารการเรียนรู้ท้องถิ่น
-	พิจารณาตามหลักสูตรของสถานศึกษา

4. สารสำคัญ/ความคิดรวบยอด

เครื่องวัดไฟฟ้าที่ใช้วัดกระแสไฟฟ้า เรียกว่า แอมมิเตอร์ เครื่องวัดไฟฟ้าที่ใช้วัดความต่างศักย์ เรียกว่า โวลต์มิเตอร์ และเครื่องวัดไฟฟ้าที่ใช้วัดความต้าน เรียกว่า โอห์มมิเตอร์ ซึ่งเครื่องวัดทั้ง 3 ชนิด ถูกดัดแปลงมาจากเกลแวนอมิเตอร์

5. สมรรถนะสำคัญของผู้เรียนและคุณลักษณะอันพึงประสงค์

สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน	คุณลักษณะอันพึงประสงค์
1. ความสามารถในการสื่อสาร 2. ความสามารถในการคิด 1) ทักษะการสื่อสาร 2) ทักษะการวิเคราะห์ 3) ทักษะการคำนวณ 4) ทักษะการทำงานร่วมกัน 5) ทักษะการนำความรู้ไปใช้ 3. ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต 4. ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี	1. มีวินัย รับผิดชอบ 2. ใฝ่เรียนรู้ 3. ซื่อสัตย์ สุจริต 4. มุ่งมั่นในการทำงาน

6. กิจกรรมการเรียนรู้



แนวคิด/รูปแบบการสอน/วิธีการสอน/เทคนิค : แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es Instructional Model)

ชั่วโมงที่ 1

ขั้นนำ

ขั้นที่ 1 กระตุ้นความสนใจ (Engage)

1. ครูทบทวนความรู้เดิมของนักเรียนเกี่ยวกับวงจรไฟฟ้ากระแสตรงเบื้องต้น จากนั้นครูแจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้ให้นักเรียนทราบ
2. ครูนำเครื่องวัดไฟฟ้า เช่น แอมมิเตอร์ โวลต์มิเตอร์ และโอห์มมิเตอร์ มาให้นักเรียนดู จากนั้นครูให้นักเรียนร่วมกันสังเกตส่วนประกอบและข้อมูลที่ปรากฏบนเครื่อง
3. ครูตั้งประเด็นคำถามกระตุ้นความคิดนักเรียน โดยครูใช้คำถาม Prior Knowledge จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 7 ไฟฟ้ากระแส ว่า “แอมมิเตอร์ โวลต์มิเตอร์ และโอห์มมิเตอร์รวมกันอยู่ในเครื่องเดียวกัน เรียกว่าอะไร” โดยให้นักเรียนแต่ละคนร่วมกันอภิปรายแสดงความคิดเห็นอย่างอิสระโดยไม่มีการเฉลยว่าถูกหรือผิด
(แนวตอบ : เรียกว่า มัลติมิเตอร์ (multimeter))

ขั้นสอน

ขั้นที่ 2 สำรวจค้นหา (Explore)

1. นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 4-5 คน ตามความสมัครใจ จากนั้นให้นักเรียนแต่ละกลุ่มส่งตัวแทนออกมาจับสลากเรื่องที่ศึกษา โดยครูเตรียมสลากหมายเลข ไว้หน้าชั้นเรียน ซึ่งหมายเลขจะระบุเรื่องที่ให้นักเรียนศึกษา ดังนี้
 - หมายเลข 1 ศึกษา เรื่อง แอมมิเตอร์
 - หมายเลข 2 ศึกษา เรื่อง โวลต์มิเตอร์
 - หมายเลข 3 ศึกษา เรื่อง โอห์มมิเตอร์
2. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันศึกษาค้นคว้าข้อมูลเรื่องที่กลุ่มตนเองจับสลากได้ จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 7 ไฟฟ้ากระแส หรือแหล่งการเรียนรู้ต่าง ๆ เช่น อินเทอร์เน็ต ห้องสมุด จากนั้นร่วมกันสรุปความรู้ที่ได้จากการศึกษาค้นคว้าลงในสมุดประจำตัวนักเรียน
(หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม)

ชั่วโมงที่ 2-3

ชั้นสอน

ขั้นที่ 3 อธิบายความรู้ (Explain)

3. นักเรียนแต่ละกลุ่มออกมานำเสนอผลการศึกษาน้ำขึ้นเรียน ในระหว่างที่นักเรียนนำเสนอ ครูคอยให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม เพื่อให้นักเรียนมีความเข้าใจที่ถูกต้องมากยิ่งขึ้น
(หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบประเมินการนำเสนอผลงาน)
4. ครูตั้งประเด็นคำถามกระตุ้นความคิดนักเรียน โดยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายแสดงความคิดเห็นเพื่อหาคำตอบ ดังนี้
 - เครื่องมือที่ใช้วัดกระแสไฟฟ้า เรียกว่า
(แนวตอบ : แอมมิเตอร์)
 - เครื่องมือที่ใช้วัดความต่างศักย์ เรียกว่า
(แนวตอบ : โวลต์มิเตอร์)
 - เครื่องมือที่ใช้วัดความต้านทาน เรียกว่า
(แนวตอบ : โอห์มมิเตอร์)
 - ถ้าต้องการดัดแปลงแกลแวนอมิเตอร์ให้เป็นแอมมิเตอร์ต้องทำอะไร
(แนวตอบ : นำขั้วซึ่งก็คือตัวต้านทานที่มีค่าน้อยมากเมื่อเทียบกับความต้านทานของแกลแวนอมิเตอร์มาต่อขนานกับแกลแวนอมิเตอร์)
 - ถ้าต้องการดัดแปลงแกลแวนอมิเตอร์ให้เป็นโวลต์มิเตอร์ต้องทำอะไร
(แนวตอบ : นำมัลติพลายเออร์ซึ่งก็คือตัวต้านทานที่มีค่าสูงมากเมื่อเทียบกับความต้านทานของแกลแวนอมิเตอร์มาต่ออนุกรมกับแกลแวนอมิเตอร์)
5. นักเรียนแต่ละคนเขียนส่วนประกอบและสัญลักษณ์ในวงจรไฟฟ้าของเครื่องวัดไฟฟ้าแต่ละชนิด ดังนี้
 - แอมมิเตอร์
 - โวลต์มิเตอร์
 - โอห์มมิเตอร์

ขั้นที่ 4 ขยายความเข้าใจ (Elaborate)

6. ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนซักถามเนื้อหาเกี่ยวกับ เรื่อง เครื่องวัดไฟฟ้า และให้ความรู้เพิ่มเติม จากคำถามของนักเรียน โดยครูใช้ PowerPoint เรื่อง เครื่องวัดไฟฟ้า ในการอธิบายเพิ่มเติม
7. นักเรียนแต่ละคนศึกษาตัวอย่างที่ 7.13-7.14 จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 7 ไฟฟ้ากระแส จากนั้นให้นักเรียนแต่ละคนทำใบงานที่ 7.7.1 เรื่อง เครื่องวัดไฟฟ้า

8. ครูสุ่มนักเรียน จำนวน 3 คน ออกมาเฉลยใบงานที่ 7.7.1 เรื่อง เครื่องวัดไฟฟ้า โดยครูให้นักเรียนร่วมกันพิจารณาว่าคำตอบใดถูกต้อง จากนั้นครูเฉลยคำตอบที่ถูกต้องให้นักเรียน
9. นักเรียนทำ Topic Question เรื่อง เครื่องวัดไฟฟ้า จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 7 ไฟฟ้ากระแส ลงในสมุดประจำตัวนักเรียน
10. นักเรียนแต่ละคนทำ Unit Question 7 เรื่อง เครื่องวัดไฟฟ้า จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 7 ไฟฟ้ากระแส ลงในสมุดประจำตัวนักเรียน
11. นักเรียนแต่ละคนทำแบบฝึกหัด เรื่อง เครื่องวัดไฟฟ้า จากแบบฝึกหัด รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 7 ไฟฟ้ากระแส เป็นการบ้านส่งในชั่วโมงถัดไป

ขั้นสรุป

ขั้นที่ 5 ตรวจสอบผล (Evaluate)

1. ครูประเมินผล โดยการสังเกตพฤติกรรมการตอบคำถาม พฤติกรรมการทำงานรายบุคคล พฤติกรรมการทำงานกลุ่ม และจากการนำเสนอผลการปฏิบัติกิจกรรมหน้าชั้นเรียน
2. ครูตรวจสอบผลการทำใบงานที่ 7.7.1 เรื่อง เครื่องวัดไฟฟ้า
3. ครูตรวจ Topic Question เรื่อง เครื่องวัดไฟฟ้า ในสมุดประจำตัวนักเรียน
4. ครูตรวจแบบฝึกหัดจาก Unit Question 7 เรื่อง เครื่องวัดไฟฟ้า ในสมุดประจำตัวนักเรียน
5. ครูตรวจสอบแบบฝึกหัด เรื่อง เครื่องวัดไฟฟ้า จากแบบฝึกหัด รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 7 ไฟฟ้ากระแส
6. นักเรียนและครูร่วมกันสรุปเกี่ยวกับเครื่องวัดไฟฟ้า ซึ่งได้ข้อสรุปร่วมกันว่า “เครื่องวัดไฟฟ้าที่ใช้งานทั่วไป คือ แอมมิเตอร์ โวลต์มิเตอร์ และโอห์มมิเตอร์ ซึ่งใช้วัดกระแสไฟฟ้า ความต่างศักย์ และความต้านทาน ตามลำดับ ปัจจุบันมีทั้งแบบแอนะล็อกที่แสดงผลการวัดด้วยสเกล และแบบดิจิทัลที่แสดงผลการวัดด้วยตัวเลข แอมมิเตอร์ โวลต์มิเตอร์ และโอห์มมิเตอร์ ดัดแปลงมาจากเกลแวนอ-มิเตอร์ชนิดขดลวด เคลื่อนที่โดยการต่อตัวต้านทานเพิ่มเข้าไป เกลแวนอมิเตอร์ ใช้วัดได้ทั้งกระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์”

7. การวัดและประเมินผล

รายการวัด	วิธีวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
7.1 การประเมินระหว่างการจัดกิจกรรม			
1) เครื่องวัดไฟฟ้า	- ตรวจใบงานที่ 7.7.1 - ตรวจแบบฝึกหัด	- ใบงานที่ 7.7.1 - แบบฝึกหัด	- ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์ - ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์
2) การนำเสนอผลงาน/ ผลการปฏิบัติกิจกรรม	- ประเมินการนำเสนอผลงาน/ผลการปฏิบัติกิจกรรม	- แบบประเมินการนำเสนอผลงาน	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
3) พฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- สังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
4) พฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- สังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
5) คุณลักษณะอันพึงประสงค์	- สังเกตความมีวินัย รับผิดชอบ ใฝ่เรียนรู้ ซื่อสัตย์ สุจริต และ มุ่งมั่นในการทำงาน	- แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์

8. สื่อ/แหล่งการเรียนรู้

8.1 สื่อการเรียนรู้

- 1) หนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 7 ไฟฟ้ากระแส
- 2) แบบฝึกหัด รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 7 ไฟฟ้ากระแส
- 3) ใบงานที่ 7.7.1 เรื่อง เครื่องวัดไฟฟ้า
- 4) PowerPoint เรื่อง เครื่องวัดไฟฟ้า
- 5) เครื่องวัดไฟฟ้า เช่น แอมมิเตอร์ โวลต์มิเตอร์ และโอห์มมิเตอร์
- 6) สลากหมายเลข
- 7) สมุดประจำตัวนักเรียน

8.2 แหล่งการเรียนรู้

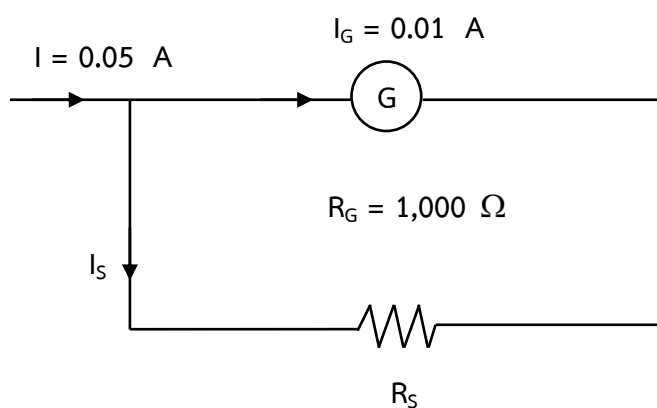
- 1) ห้องสมุด
- 2) อินเทอร์เน็ต

ใบงานที่ 7.7.1

เรื่อง เครื่องวัดไฟฟ้า

คำชี้แจง : จงแสดงวิธีคำนวณหาผลลัพธ์ของโจทย์ต่อไปนี้

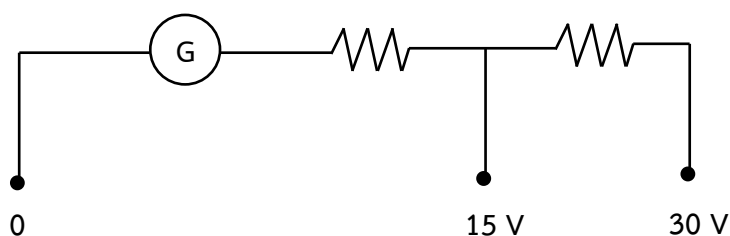
1. แกลแวนอมิเตอร์เครื่องหนึ่งมีความต้านทาน 1,000 โอห์ม และกระแสไฟฟ้าสูงสุด 0.01 แอมแปร์ ถ้าต้องการดัดแปลงแกลแวนอมิเตอร์นี้ให้สามารถวัดกระแสไฟฟ้าได้สูงสุด 0.05 แอมแปร์ จะต้องต่อชนิดที่มีความต้านทานกี่โอห์มเข้าไปในวงจร

[illegible]

2. แกลแวนอมิเตอร์เครื่องหนึ่งมีความต้านทาน 1,000 โอห์ม วัดกระแสไฟฟ้าสูงสุด 100 ไมโครแอมแปร์ จงหาขนาดของความต้านทานที่นำมาต่อกับแกลแวนอมิเตอร์ เพื่อดัดแปลงให้เป็นโวลต์มิเตอร์ที่วัดความต่างศักย์สูงสุด 100 โวลต์

[illegible]

3. โวลต์มิเตอร์อันหนึ่งต่อลวดความต้านทานไว้ ดังภาพ ถ้ากระแสผ่านเกลวอนมิเตอร์ได้สูงสุด 10 mA จงหาว่า R_2 มีค่าเท่าใด

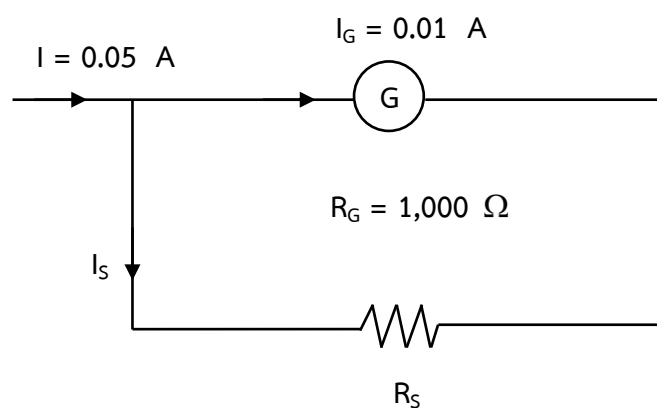
[illegible]

ใบงานที่ 7.7.1
เรื่อง เครื่องวัดไฟฟ้า

เฉลย

คำชี้แจง : จงแสดงวิธีคำนวณหาผลลัพธ์ของโจทย์ต่อไปนี้

1. แกลแวนอมิเตอร์เครื่องหนึ่งมีความต้านทาน 1,000 โอห์ม และกระแสไฟฟ้าสูงสุด 0.01 แอมแปร์ ถ้าต้องการดัดแปลงแกลแวนอมิเตอร์นี้ให้สามารถวัดกระแสไฟฟ้าได้สูงสุด 0.05 แอมแปร์ จะต้องต่อชั้นดัดที่มีความต้านทานกี่โอห์มเข้าไปในวงจร



วิธีทำ จากสมการ

$$I = I_S + I_G$$

$$0.05 = I_S + 0.01$$

$$I_S = 0.04 \text{ A}$$

ชั้นดัดต่อแบบขนานกับแกลแวนอมิเตอร์ (V เท่า)

จะได้

$$V_G = V_S$$

$$I_G R_G = I_S R_S$$

$$(0.01)(1,000) = (0.04)R_S$$

$$R_S = \frac{1,000}{4}$$

$$R_S = 250 \text{ } \Omega$$

ดังนั้น จะต้องต่อชั้นดัดที่มีความต้านทาน 250 โอห์ม เข้าไปในวงจร

2. แกลแวนอมิเตอร์เครื่องหนึ่งมีความต้านทาน 1,000 โอห์ม วัดกระแสไฟฟ้าสูงสุด 100 ไมโครแอมแปร์ จงหาขนาดของความต้านทานที่นำมาต่อกับแกลแวนอมิเตอร์ เพื่อดัดแปลงให้เป็นโวลต์มิเตอร์ที่วัดความต่างศักย์สูงสุด 100 โวลต์

วิธีทำ จากสมการ $V_G = I_G R_G$

$$V_G = (100 \times 10^{-6})(1,000)$$

$$V_G = 0.1 \text{ V}$$

นำมัลติพลายเออร์มาต่ออนุกรมกับแกลแวนอมิเตอร์ (I เท่า)

จากสมการ $I_{\text{รวม}} = I_G$

$$\frac{V_{\text{รวม}}}{R_{\text{รวม}}} = \frac{V_G}{R_G}$$

$$\frac{10}{1,000 + R_m} = \frac{0.1}{1,000}$$

$$\frac{10}{1,000 + R_m} = \frac{0.1}{1,000}$$

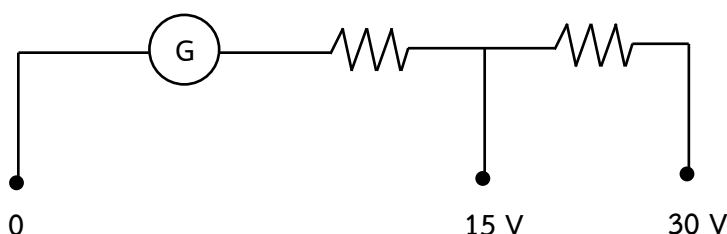
$$\frac{10(1,000)}{0.1} = 1,000 + R_m$$

$$100,000 - 1,000 = R_m$$

$$R_m = 99,000 \ \Omega$$

ดังนั้น ความต้านทานที่นำมาต่อกับแกลแวนอมิเตอร์มีขนาด 99,000 โอห์ม

3. โวลต์มิเตอร์อันหนึ่งต่อวัดความต้านทานไว้ ดังภาพ ถ้ากระแสผ่านแกลแวนอมิเตอร์ได้สูงสุด 10 mA จงหาว่า R_2 มีค่าเท่าใด



วิธีทำ จากสมการ $V = IR$

$$15 = I_G (R_G + R_1) \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$30 = I_G (R_G + R_1 + R_2) \quad \dots\dots\dots (2)$$

นำสมการที่ (2) – สมการที่ (1)

จะได้ $15 = I_G R_2$

$$15 = \left(\frac{10}{1,000} \right) R_2$$

$$15 = (0.01)(R_2)$$

$$R_2 = \frac{15}{0.01}$$

$$R_2 = 1,500 \, \Omega$$

ดังนั้น ความต้านทานของโวลต์มิเตอร์เท่ากับ 1,500 โอห์ม

สลากหมายเลข

1

2



3

9. ความเห็นของผู้บริหารสถานศึกษาหรือผู้ที่ได้รับมอบหมาย

ข้อเสนอแนะ

.....

ลงชื่อ

(.....)

ตำแหน่ง

10. บันทึกผลหลังการสอน

- ด้านความรู้

.....

.....

- ด้านสมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

.....

.....

- ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์

.....

.....

- ด้านความสามารถทางวิทยาศาสตร์

.....

.....

- ด้านอื่น ๆ (พฤติกรรมเด่น หรือพฤติกรรมที่มีปัญหาของนักเรียนเป็นรายบุคคล (ถ้ามี))

.....

.....

- ปัญหา/อุปสรรค

.....

.....

- แนวทางการแก้ไข

.....

.....

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 8

การคำนวณหาพลังงานไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้าน

เวลา 3 ชั่วโมง

1. ผลการเรียนรู้

ทดลอง อธิบาย และคำนวณอีเอ็มเอฟของแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง รวมทั้งอธิบายและคำนวณพลังงานไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้า

2. จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายพลังงานไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้าได้ (K)
2. ตรวจสอบหาปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับพลังงานไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า และค่าไฟฟ้าได้ (P)
3. มีความใฝ่เรียนรู้และมีความมุ่งมั่นในการทำงาน (A)

3. สารการเรียนรู้

สารการเรียนรู้เพิ่มเติม	สารการเรียนรู้ท้องถิ่น
พลังงานไฟฟ้าที่ถูกใช้ไปในเครื่องใช้ไฟฟ้าในหนึ่งหน่วยเวลา เรียกว่า กำลังไฟฟ้า ซึ่งมีค่าขึ้นกับความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้า คำนวณได้จากสมการ $W = I\Delta Vt$ และ $P = I\Delta V$	พิจารณาตามหลักสูตรของสถานศึกษา

4. สารสำคัญ/ความคิดรวบยอด

อุปกรณ์ไฟฟ้าเป็นอุปกรณ์ที่ใช้พลังงานไฟฟ้าซึ่งพลังงานไฟฟ้าที่ถูกใช้ไปในเครื่องใช้ไฟฟ้าในหนึ่งหน่วยเวลา เรียกว่า กำลังไฟฟ้า ซึ่งแปรผันตามความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้า

5. สมรรถนะสำคัญของผู้เรียนและคุณลักษณะอันพึงประสงค์

สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน	คุณลักษณะอันพึงประสงค์
1. ความสามารถในการสื่อสาร 2. ความสามารถในการคิด 1) ทักษะการสื่อสาร 2) ทักษะการวิเคราะห์ 3) ทักษะการคำนวณ 4) ทักษะการทำงานร่วมกัน 5) ทักษะการนำความรู้ไปใช้	1. มีวินัย รับผิดชอบ 2. ใฝ่เรียนรู้ 3. ซื่อสัตย์ สุจริต 4. มุ่งมั่นในการทำงาน

สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน	คุณลักษณะอันพึงประสงค์
3. ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต 4. ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี	

6. กิจกรรมการเรียนรู้



แนวคิด/รูปแบบการสอน/วิธีการสอน/เทคนิค : แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es Instructional Model)

ชั่วโมงที่ 1

ขั้นนำ

ขั้นที่ 1 กระตุ้นความสนใจ (Engage)

1. ครูนำตัวอย่างใบแจ้งค่าไฟฟ้า มาให้นักเรียนดู จากนั้นให้นักเรียนแต่ละคนร่วมกันอภิปรายแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับข้อมูลที่ปรากฏบนใบแจ้งค่าไฟฟ้า
2. ครูตั้งประเด็นคำถามกระตุ้นความคิดนักเรียนว่า “นักเรียนจะทราบได้อย่างไรว่า ในแต่ละเดือนใช้ค่าไฟฟ้าไปกี่หน่วย และมีวิธีการคิดอย่างไร” โดยให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายแสดงความคิดเห็นอย่างอิสระโดยไม่มีการเฉลยว่าถูกหรือผิด

(แนวตอบ : ขึ้นอยู่กับดุลยพินิจของครูและนักเรียน)

3. ครูถามคำถาม Prior Knowledge จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 7 ไฟฟ้ากระแส เพื่อเป็นการนำเข้าสู่บทเรียนและตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียนว่า “เครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้านใช้พลังงานไฟฟ้าจากแหล่งกำเนิดใด”

(แนวตอบ : ใช้พลังงานไฟฟ้าจากแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ โดยพลังงานไฟฟ้าจะถูกส่งจากโรงงานไฟฟ้าไปตามสายส่งด้วยความต่างศักย์ที่เหมาะสมและมีการแปลงความต่างศักย์ตามเส้นทางเป็นระยะ)

ขั้นสอน

ขั้นที่ 2 สำรวจค้นหา (Explore)

1. ครูนำเครื่องใช้ไฟฟ้า เช่น กระจกน้ำร้อน เตารีด และพัดลม มาให้นักเรียนดู โดยให้นักเรียนสังเกตข้อมูลที่อยู่บนเครื่องใช้ไฟฟ้า จากนั้นครูตั้งประเด็นคำถามกระตุ้นความคิดนักเรียนว่า “ตัวเลข 900 W ที่ปรากฏบนเครื่องใช้ไฟฟ้า หมายถึงอะไร”

(แนวตอบ : กำลังไฟฟ้า)

2. นักเรียนจับคู่กับเพื่อนในชั้นเรียน ตามความสมัครใจ จากนั้นให้นักเรียนแต่ละคู่ร่วมกันศึกษาค้นคว้า ข้อมูลเกี่ยวกับ เรื่อง พลังงานไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้า จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 7 ไฟฟ้ากระแส หรือแหล่งการเรียนรู้ต่าง ๆ เช่น ห้องสมุด อินเทอร์เน็ต
3. นักเรียนแต่ละคู่ร่วมกันอภิปรายเรื่องที่ได้ศึกษา จากนั้นให้นักเรียนแต่ละคนเขียนสรุปความรู้ที่ได้ จากการศึกษาค้นคว้าลงในสมุดประจำตัวนักเรียน
(หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล)

ชั่วโมงที่ 2-3

ขั้นสอน

ขั้นที่ 3 อธิบายความรู้ (Explain)

4. ครูสุ่มนักเรียน จำนวน 3-4 คู่ ออกมานำเสนอผลการศึกษาหน้าชั้นเรียน ในระหว่างที่นักเรียนนำเสนอ ครูคอยให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม เพื่อให้นักเรียนมีความเข้าใจที่ถูกต้องมากยิ่งขึ้น
(หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบประเมินการนำเสนอผลงาน)
5. ครูตั้งประเด็นคำถามกระตุ้นความคิดนักเรียน โดยให้นักเรียนแต่ละคนร่วมกันอภิปรายแสดงความคิดเห็นเพื่อหาคำตอบ ดังนี้
 - พลังงานไฟฟ้า หมายถึง
(แนวตอบ : พลังงานไฟฟ้า หมายถึง ความลื่นไหลของไฟฟ้าที่เครื่องใช้ไฟฟ้าใช้)
 - กำลังไฟฟ้า หมายถึง
(แนวตอบ : กำลังไฟฟ้า หมายถึง พลังงานไฟฟ้าที่ใช้หรือเปลี่ยนไปในหนึ่งหน่วยเวลา หรืออัตราการใช้พลังงานไฟฟ้า)
 - ประโยชน์ที่กล่าวว่า เตาไรต์กินไฟมากกว่าพัดลม มีความหมายว่าอย่างไร
(แนวตอบ : เตาไรต์ใช้พลังงานไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้ามมากกว่าพัดลม)
6. นักเรียนแต่ละคนศึกษาตัวอย่างที่ 7.15-7.17 จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 7 ไฟฟ้ากระแส จากนั้นครูยกตัวอย่างโจทย์เพิ่มเติมเกี่ยวกับการคำนวณค่าไฟ โดยครูเขียนโจทย์และแสดงวิธีการคำนวณให้นักเรียนดูบนกระดาน ดังนี้
ตัวอย่าง ห้องเช่าแห่งหนึ่งมีเตาไรต์ไฟฟ้า ขนาด 750 วัตต์ เปิดใช้งานวันละ 2 ชั่วโมง และ เครื่องปรับอากาศ ขนาด 1,200 วัตต์ เปิดใช้งานวันละ 5 ชั่วโมง อยากทราบว่าในเดือน สิงหาคม ห้องเช่าแห่งนี้จะต้องจ่ายค่าไฟเท่าไร กำหนดให้ค่าไฟหน่วยละ 5 บาท

$$\begin{aligned}\text{วิธีทำ} \quad \text{คำนวณหาจำนวนยูนิต} &= \left[\left(\frac{750}{1,000} \times 2 \right) + \left(\frac{1,200}{1,000} \times 5 \right) \right] \\ &= 1.5 + 6\end{aligned}$$

$$\text{จำนวนยูนิต} = 6.5 \text{ หน่วย}$$

คำนวณค่าไฟฟ้า

$$\begin{aligned}\text{จากสมการ} \quad \text{ค่าไฟ} &= \text{จำนวนหน่วย} \times \text{วัน} \times \text{ราคาต่อหน่วย} \\ &= 6.5 \times 31 \times 5\end{aligned}$$

$$\text{ค่าไฟ} = 1,007.50 \text{ บาท}$$

ดังนั้น ในเดือนสิงหาคม ห้องเช่าแห่งนี้จะต้องเสียค่าไฟฟ้า 1,007.50 บาท

ขั้นที่ 4 ขยายความเข้าใจ (Elaborate)

7. ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนซักถามเนื้อหาเกี่ยวกับ เรื่อง การคำนวณพลังงานไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้าน และให้ความรู้เพิ่มเติม จากคำถามของนักเรียน โดยครูใช้ PowerPoint เรื่อง การคำนวณพลังงานไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้าน ในการอธิบายเพิ่มเติม
8. นักเรียนแต่ละคนทำใบงานที่ 7.8.1 เรื่อง การคำนวณพลังงานไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้าน จากนั้นครูสุ่มนักเรียน จำนวน 6 คน ออกมาเฉลยใบงานที่ 7.8.1 เรื่อง การคำนวณพลังงานไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้าน โดยครูให้นักเรียนร่วมกันพิจารณาว่าคำตอบใดถูกต้อง จากนั้นครูเฉลยคำตอบที่ถูกต้องให้นักเรียน
9. นักเรียนแต่ละคนทำ Unit Question 7 เรื่อง การคำนวณพลังงานไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้าน จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 7 ไฟฟ้ากระแสลงในสมุดประจำตัวนักเรียน
10. นักเรียนแต่ละคนทำแบบฝึกหัด เรื่อง การคำนวณพลังงานไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้าน จากแบบฝึกหัด รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 7 ไฟฟ้ากระแส เป็นการบ้านส่งในชั่วโมงถัดไป

ขั้นสรุป

ขั้นที่ 5 ตรวจสอบผล (Evaluate)

1. ครูประเมินผล โดยการสังเกตพฤติกรรมการตอบคำถาม พฤติกรรมการทำงานรายบุคคล พฤติกรรมการทำงานกลุ่ม และจากการนำเสนอผลการปฏิบัติกิจกรรมหน้าชั้นเรียน
2. ครูตรวจสอบผลการทำใบงานที่ 7.8.1 เรื่อง การคำนวณพลังงานไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้าน

3. ครูตรวจแบบฝึกหัดจาก Unit Question 7 เรื่อง การคำนวณพลังงานไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้าน ในสมุดประจำตัวนักเรียน
4. ครูตรวจสอบแบบฝึกหัด เรื่อง การคำนวณพลังงานไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้าน จากแบบฝึกหัด รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 7 ไฟฟ้ากระแส
5. นักเรียนและครูร่วมกันสรุปเกี่ยวกับการคำนวณพลังงานไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้าน ซึ่งได้ข้อสรุป ร่วมกันว่า “เครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้านใช้พลังงานไฟฟ้าจากแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ พลังงานไฟฟ้า ถูกส่งจากโรงไฟฟ้าไปตามสายส่งความต่างศักย์ที่เหมาะสม โดยประเทศไทยพลังงานไฟฟ้าส่งเข้า บ้านด้วยความต่างศักย์ 220 โวลต์ พลังงานไฟฟ้า หมายถึง ความสิ้นเปลืองไฟฟ้าที่เครื่องใช้ไฟฟ้าใช้ และกำลังไฟฟ้า หมายถึง พลังงานไฟฟ้าที่ใช้หรือเปลี่ยนไปในหนึ่งหน่วยเวลา หรืออัตราการใช้ พลังงานไฟฟ้า เครื่องใช้ไฟฟ้าแต่ละชนิดจะมีตัวเลขกำกับไว้ โดยแต่ละชนิดจะใช้พลังงานไฟฟ้า แตกต่างกันไป โดยจะขึ้นอยู่กับชนิดและขนาดของเครื่องใช้ไฟฟ้า”

7. การวัดและประเมินผล

รายการวัด	วิธีวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
7.1 การประเมินระหว่างการจัดกิจกรรม 1) การคำนวณหาพลังงานไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้าน	- ตรวจใบงานที่ 7.8.1 - ตรวจแบบฝึกหัด	- ใบงานที่ 7.8.1 - แบบฝึกหัด	- ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์ - ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์
2) การนำเสนอผลงาน/ผลการปฏิบัติกิจกรรม	- ประเมินการนำเสนอผลงาน/ผลการปฏิบัติกิจกรรม	- แบบประเมินการนำเสนอผลงาน	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
3) พฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- สังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
4) พฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- สังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
5) คุณลักษณะอันพึงประสงค์	- สังเกตความมีวินัย รับผิดชอบ ใฝ่เรียนรู้ ซื่อสัตย์ สุจริต และ มุ่งมั่น	- แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์

รายการวัด	วิธีวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
	ในการทำงาน		

8. สื่อ/แหล่งการเรียนรู้

8.1 สื่อการเรียนรู้

- 1) หนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 7 ไฟฟ้ากระแส
- 2) แบบฝึกหัด รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 7 ไฟฟ้ากระแส
- 3) ใบงานที่ 7.8.1 เรื่อง การคำนวณพลังงานไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้าน
- 4) PowerPoint เรื่อง การคำนวณพลังงานไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้าน
- 5) ตัวอย่างใบแจ้งค่าไฟฟ้า
- 6) เครื่องใช้ไฟฟ้า เช่น กระทิกน้ำร้อน เตารีด และพัดลม
- 7) สมุดประจำตัวนักเรียน

8.2 แหล่งการเรียนรู้

- 1) ห้องสมุด
- 2) อินเทอร์เน็ต

ใบงานที่ 7.8.1

เรื่อง การคำนวณพลังงานไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้าน

คำชี้แจง : จงแสดงวิธีคำนวณหาผลลัพธ์ของโจทย์ต่อไปนี้

1. จงหาพลังงานไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้า เมื่อเคลื่อนประจุ 60 คูลอมป์ ผ่านจุดซึ่งมีความต่างศักย์ 100 โวลต์
ในเวลา 1 นาที

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. เตารีดไฟฟ้าขนาด 24 โวลต์ มีประจุเต็มที 3.6×10^4 คูลอมป์

ก) กระแสไฟฟ้าที่แบตเตอรี่จะจ่ายให้วงจรได้มากที่สุดกี่แอมแปร์ ในเวลา 1 ชั่วโมง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ข) พลังงานที่แบตเตอรี่นี้จ่ายให้วงจร ภายนอกใน 1 วินาที จะมีค่าเท่าใด ในกรณี กระแสไฟฟ้าในวงจรเป็น
1 แอมแปร์

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. กัดม้ไฟฟ้าใบหนึ่งตัดม้ 1 ลิตร จากอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส จนเดือดได้ในเวลา 5 นาที เมื่อใช้ความต่างศักย์ 220 โวลต์ แต่ถ้าความต่างศักย์ไฟฟ้าลดลงเหลือ 110 โวลต์ จะต้องใช้เวลานานเท่าไรจึงจะตัดม้ปริมาณเท่าเดิมให้เดือดได้ (กำหนดให้ระบบนี้ไม่มีการสูญเสียความร้อนเลย)

[illegible]

4. ถ้าขดลวดมีความยาวเพิ่มขึ้น 4 เท่าจากค่าเดิม และความต่างศักย์ที่ปลายทั้งสองของขดลวดมีค่าเท่าเดิม กำลังไฟฟ้าของขดลวดจะเป็นกี่เท่าจากค่าเดิม

[illegible]

5. ในห้องประชุมโรงเรียนแห่งหนึ่ง มีเครื่องใช้ไฟฟ้า ดังนี้ ลำโพง 50 วัตต์ 4 ตัว หลอดไฟ 60 วัตต์ 30 ดวง เครื่องปรับอากาศ 1,200 วัตต์ 3 เครื่อง ถ้าเปิดพร้อมกันวันละ 10 ชั่วโมง อยากทราบว่าในเดือนกันยายน โรงเรียนนี้จะต้องเสียค่าไฟฟ้าเท่าไร ถ้าค่าไฟฟ้าหน่วยละ 2.0 บาท

[illegible]

6. บ้านหลังหนึ่งมีเครื่องใช้ไฟฟ้า A 720 วัตต์ เปิดใช้วันละ 1.5 ชั่วโมง และเครื่องใช้ไฟฟ้า B 600 วัตต์ เปิดใช้งานวันละ 3 ชั่วโมง ถ้าคิดค่าไฟฟ้าหน่วยละ 3 บาท ในเดือนพฤศจิกายน บ้านหลังนี้จะต้องเสียค่าไฟฟ้ากี่บาท

This image shows a full page of white paper with horizontal dashed lines, typical of primary school writing paper. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

ใบงานที่ 7.8.1

เฉลย

เรื่อง การคำนวณพลังงานไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้าน

คำชี้แจง : จงแสดงวิธีคำนวณหาผลลัพธ์ของโจทย์ต่อไปนี้

1. จงหาพลังงานไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้า เมื่อเคลื่อนประจุ 60 คูลอมป์ ผ่านจุดซึ่งมีความต่างศักย์ 100 โวลต์ ในเวลา 1 นาที

วิธีทำ จากสมการ $W = QV$

$$W = (60)(100)$$

$$W = 6,000 \text{ J}$$

และ จากสมการ $P = \frac{W}{t}$

$$P = \frac{6,000}{(2)(60)}$$

$$P = 50 \text{ W}$$

ดังนั้น พลังงานไฟฟ้ามีค่าเท่ากับ 6,000 จูล และกำลังไฟฟ้ามีค่าเท่ากับ 50 วัตต์

2. เตารีดไฟฟ้าขนาด 24 โวลต์ มีประจุเต็มที 1.8×10^4 คูลอมป์
- ก) กระแสไฟฟ้าที่แบตเตอรี่จะจ่ายให้วงจรได้มากที่สุดกี่แอมแปร์ ในเวลา 1 ชั่วโมง

วิธีทำ จากสมการ $I = \frac{Q}{t}$

$$I = \frac{1.8 \times 10^4}{3,600}$$

$$I = 5 \text{ A}$$

ดังนั้น กระแสไฟฟ้าที่แบตเตอรี่จะจ่ายให้วงจรได้มากที่สุด 5 แอมแปร์

- ข) พลังงานที่แบตเตอรี่นี้จ่ายให้วงจร ภายนอกใน 1 วินาที จะมีค่าเท่าใด ในกรณี กระแสไฟฟ้าในวงจรเป็น 1 แอมแปร์

วิธีทำ จากสมการ $W = It$

$$W = (1)(24)(1)$$

$$W = 24 \text{ J}$$

ดังนั้น พลังงานที่แบตเตอรี่นี้จ่ายให้วงจรภายนอกใน 1 วินาที เท่ากับ 24 จูล

3. กัดน้ำไฟฟ้าใบหนึ่งต้มน้ำ 1 ลิตร จากอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส จนเดือดได้ในเวลา 5 นาที เมื่อใช้ความต่างศักย์ 220 โวลต์ แต่ถ้าความต่างศักย์ไฟฟ้าลดลงเหลือ 110 โวลต์ จะต้องใช้เวลานานี่จึงจะต้มน้ำปริมาณเท่าเดิมให้เดือดได้ (กำหนดให้ระบบนี้ไม่มีการสูญเสียความร้อนเลย)

วิธีทำ จากสมการ $W = Q = Pt$

และ $P = \frac{V^2}{R}$

$$Q_1 = Q_2$$

$$\frac{V_1^2}{R_1} t_1 = \frac{V_2^2}{R_2} t_2$$

$$V_1^2 t_1 = V_2^2 t_2$$

$$(200)^2 (5) = (110)^2 t_2$$

$$t_2 = 17 \text{ min}$$

ดังนั้น จะต้องใช้เวลา 17 นาที จึงจะต้มน้ำปริมาณเท่าเดิมให้เดือดได้

4. ถ้าขดลวดมีความยาวเพิ่มขึ้น 4 เท่าจากค่าเดิม และความต่างศักย์ที่ปลายทั้งสองของขดลวดมีค่าเท่าเดิม กำลังไฟฟ้าของขดลวดจะเป็นกี่เท่าจากค่าเดิม

วิธีทำ จากสมการ $P = \frac{V^2}{R}$

เมื่อ V เท่าเดิม จะได้ว่า

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{R_1}{R_2}$$

และ $R = \rho \frac{L}{A}$

$$\frac{R_2}{R_1} = \left(\frac{L_2}{L_1} \right)^2$$

พบว่า ρ เท่า เพราะลวดชนิดเดิม

$$\frac{P_2}{P_1} = \left(\frac{L_2}{L_1} \right)^2$$

$$\frac{P_2}{P_1} = \left(\frac{L_1}{2L_1} \right)^2$$

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{1}{4}$$

$$P_2 = \frac{1}{4}P_1$$

ดังนั้น กำลังไฟฟ้ามีค่า $\frac{1}{4}$ เท่า จากค่าเดิม

5. ในห้องประชุมโรงเรียนแห่งหนึ่ง มีเครื่องใช้ไฟฟ้า ดังนี้ ลำโพง 50 วัตต์ 4 ตัว หลอดไฟ 60 วัตต์ 30 ดวง เครื่องปรับอากาศ 1,200 วัตต์ 3 เครื่อง ถ้าเปิดพร้อมกันวันละ 10 ชั่วโมง อยากทราบว่าในเดือนกันยายน โรงเรียนนี้จะต้องเสียค่าไฟฟ้าเท่าไร ถ้าค่าไฟฟ้าหน่วยละ 2.0 บาท

วิธีทำ **คำนวณหา** จำนวนยูนิต = $\left[\left(\frac{50}{1,000} \times 4 \right) + \left(\frac{60}{1,000} \times 30 \right) + \left(\frac{1,200}{1,000} \times 3 \right) \right] \times 10$

$$= [(0.2) + (1.8) + (3.6)] \times 10$$

จำนวนยูนิต = 56 หน่วย

คำนวณค่าไฟฟ้า

จากสมการ ค่าไฟ = จำนวนหน่วย $\times$ วัน $\times$ ราคาต่อหน่วย

$$= 56 \times 30 \times 2$$

ค่าไฟ = 3,360 บาท

ดังนั้น ในเดือนกันยายนโรงเรียนนี้จะต้องเสียค่าไฟฟ้า 3,360 บาท

6. บ้านหลังหนึ่งมีเครื่องใช้ไฟฟ้า A 720 วัตต์ เปิดใช้วันละ 1.5 ชั่วโมง และเครื่องใช้ไฟฟ้า B 600 วัตต์ เปิดใช้งานวันละ 3 ชั่วโมง ถ้าคิดค่าไฟฟ้าหน่วยละ 3 บาท ในเดือนพฤศจิกายน บ้านหลังนี้จะต้องเสียค่าไฟฟ้ากี่บาท

วิธีทำ **คำนวณหา** จำนวนยูนิต = $\left[\left(\frac{720}{1,000} \times 1.5 \right) + \left(\frac{600}{1,000} \times 3 \right) \right]$

$$= 1.08 + 2.1$$

จำนวนยูนิต = 2.88 หน่วย

คำนวณค่าไฟฟ้า

จากสมการ ค่าไฟ = จำนวนหน่วย $\times$ วัน $\times$ ราคาต่อหน่วย

$$= 2.88 \times 30 \times 3$$

ค่าไฟ = 259.2 บาท

ดังนั้น ในเดือนพฤศจิกายน บ้านหลังนี้จะต้องเสียค่าไฟฟ้า 259.2 บาท

ตัวอย่างใบแจ้งค่าไฟฟ้า



คุณรู้ไหม

อะไรอยู่ในบิลค่าไฟฟ้าบ้าง?

เวลาคุณได้บิลค่าไฟฟ้ามา เคยสงสัยไหมว่าเขาคำนวณค่าไฟจากอะไรบ้าง วันนี้ PEA มีคำตอบให้คุณแล้ว

การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค
Provincial Electricity Authority

ใบแจ้งค่าไฟฟ้า

การไฟฟ้ารังสิต 025168657-9

ชื่อ นายสมมุติ นามทดสอบ

ที่อยู่ 99/99 ม.99 ต.ภูคค อ.ลำลูกกา จ.ปทุมธานี 12130

รหัสการไฟฟ้า (PEA Code) G08101 สายจดหน่วย GRST0181 หมายเลขผู้ใช้ไฟฟ้า (CA/Ref. NO. 1) 020019320090 เลขที่ใบแจ้ง (Invoice No./Ref No.2) 000022098363

รหัสเครื่องวัด (Meter No.) 5700622483 User No. 022900 ประเภท 1115 วัน-เวลาอ่านหน่วย (Meter Reading Date) 15/04/59 13:59:19 ประจำเดือน (Bill Period) 04/2559

รายละเอียดการใช้ไฟฟ้าเดือนปัจจุบัน (Usage Current)	ตัวคูณ (Multiplier)	ประวัติการใช้ไฟฟ้า (Usage History)
เลขครั้งหลัง (Recent Reading) 1516.000	เลขครั้งก่อน (Previous Reading) 1284.000	จำนวนที่ใช้ (Consumption) 232.000
		วันที่ถึง (Date) 16/03/59
		หน่วย (Unit) 215
		14/02/59
		หน่วย 148
		16/01/59
		หน่วย 129
		16/12/58
		หน่วย 169
		15/11/58
		หน่วย 145
		16/10/58
		หน่วย 141

WM Version 1.1.2. #1 จำนวนเงิน (บาท)

ค่าพลังงานไฟฟ้า	865.13
ค่าบริการรายเดือน	8.19
ค่า Ft -0.0480 บาท/หน่วย	-11.14
ส่วนลด	862.18
รวมเงินค่าไฟฟ้า	60.35
ภาษีมูลค่าเพิ่ม 7 %	4.22
รวมเงินค่าไฟฟ้าเดือนปัจจุบัน	922.53

รวมเงินที่ต้องชำระ (Amount) ****922.53

00708101 5904 07 000022098363 000232 69

วันครบกำหนดชำระเงิน (Due Date) 25 เม.ย. 2559

การชำระเงิน โปรดอ่านคำแนะนำและคำเตือนด้านหลัง

099400016550100 020019320090 590422 92253



1 ข้อมูลทั่วไป

ส่วนนี้เป็นข้อมูลของผู้ใช้ไฟฟ้า เช่น ชื่อ ที่อยู่ หมายเลขผู้ใช้ไฟฟ้า วันและเวลาอ่านหน่วย ค่าไฟฟ้าประจำเดือน



2 ข้อมูลการใช้ไฟฟ้า

ส่วนนี้จะประกอบด้วย เลขอ่านครั้งก่อน - หลัง จำนวนหน่วยที่ใช้และประวัติการใช้ไฟฟ้าย้อนหลัง



3 ค่าไฟฟ้าที่เรียกเก็บ

ประกอบไปด้วย

1. ค่าพลังงานไฟฟ้า คือ ต้นทุนและค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างโรงไฟฟ้า ระบบสายส่ง สายจำหน่าย และค่าการผลิตไฟฟ้า
2. ค่าบริการรายเดือน คือ ค่าใช้จ่ายในการจดหน่วยไฟฟ้า ค่าจัดทำและจัดส่งบิลค่าไฟฟ้า การรับชำระเงินค่าไฟฟ้า และงานบริการลูกค้า ค่าบริการดังกล่าวได้เรียกเก็บมาตั้งแต่ค่าไฟฟ้าเดือนตุลาคม 2543
3. ค่า Ft ค่า Ft คือ ค่าซื้อพลังงานที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้า (น้ำมันเตา น้ำมันเตา ก๊าซธรรมชาติ สกิมล์) ค่าซื้อไฟฟ้าจากเอกชนและค่าใช้จ่ายตามนโยบายของรัฐ ที่เปลี่ยนแปลงไปจากค่าไฟฟ้าฐาน
4. ค่า Ft จะมีการปรับทุก 4 เดือน โดย กกพ. เป็นผู้กำกับดูแล
4. ภาษีมูลค่าเพิ่ม 7% เรียกเก็บตามที่กฎหมายกำหนด

สอบถามเพิ่มเติมได้ที่สำนักงาน

การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคทุกแห่ง

หรือ www.pea.co.th

หรือ 1129 PEA Call Center



www.pea.co.th



9. ความเห็นของผู้บริหารสถานศึกษาหรือผู้ที่ได้รับมอบหมาย

ข้อเสนอแนะ

.....

ลงชื่อ

(.....)

ตำแหน่ง

10. บันทึกผลหลังการสอน

- ด้านความรู้

.....

.....

- ด้านสมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

.....

.....

- ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์

.....

.....

- ด้านความสามารถทางวิทยาศาสตร์

.....

.....

- ด้านอื่น ๆ (พฤติกรรมเด่น หรือพฤติกรรมที่มีปัญหาของนักเรียนเป็นรายบุคคล (ถ้ามี))

.....

.....

- ปัญหา/อุปสรรค

.....

.....

- แนวทางการแก้ไข

.....

.....

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 9

วงจรไฟฟ้า เครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้านและการใช้ไฟฟ้าอย่างปลอดภัย

เวลา 3 ชั่วโมง

1. ผลการเรียนรู้

ทดลอง และคำนวณอีเอ็มเอฟสมมูลจากการต่อแบตเตอรี่แบบอนุกรมและแบบขนาน รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องในวงจรไฟฟ้ากระแสตรงซึ่งประกอบด้วย แบตเตอรี่และตัวต้านทาน

2. จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายการจ่ายกระแสไฟฟ้าจากโรงผลิตไฟฟ้าสู่บ้านเรือนเพื่อการใช้ไฟฟ้าอย่างปลอดภัยได้ (K)
2. สืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับวงจรไฟฟ้า เครื่องใช้ไฟฟ้าและการใช้ไฟฟ้าอย่างปลอดภัยได้ (P)
3. มีความใฝ่เรียนรู้และมีความมุ่งมั่นในการทำงาน (A)

3. สารการเรียนรู้

สารการเรียนรู้เพิ่มเติม	สารการเรียนรู้ท้องถิ่น
-	พิจารณาตามหลักสูตรของสถานศึกษา

4. สารสำคัญ/ความคิดรวบยอด

การจ่ายกระแสไฟฟ้าจากโรงผลิตไฟฟ้าสู่บ้านเรือนเพื่อการใช้งาน มีหลายรูปแบบ แต่ที่นิยมกันมากจะส่งมาในลักษณะไฟ 3 เฟส ซึ่งระบบนี้จะมีสายไฟอยู่ 3 เส้น โดยสายไฟทั้ง 3 เส้นนี้ จะมีความต่างศักย์ค่าหนึ่ง (ไม่เป็นศูนย์) เมื่อเทียบกับดิน จะเรียกสายเหล่านี้ว่า สายมีศักย์ (สาย L) และนอกจากนี้จะมีสายหนึ่งซึ่งมีศักย์ไฟฟ้าเป็นศูนย์เมื่อเทียบกับดิน เรียกว่า สายกลาง (สาย N)

5. สมรรถนะสำคัญของผู้เรียนและคุณลักษณะอันพึงประสงค์

สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน	คุณลักษณะอันพึงประสงค์
1. ความสามารถในการสื่อสาร 2. ความสามารถในการคิด 1) ทักษะการสื่อสาร 2) ทักษะการวิเคราะห์ 3) ทักษะการทำงานร่วมกัน 4) ทักษะการนำความรู้ไปใช้ 5) ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ	1. มีวินัย รับผิดชอบ 2. ใฝ่เรียนรู้ 3. ซื่อสัตย์ สุจริต 4. มุ่งมั่นในการทำงาน

สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน	คุณลักษณะอันพึงประสงค์
3. ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต 4. ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี	

6. กิจกรรมการเรียนรู้



แนวคิด/รูปแบบการสอน/วิธีการสอน/เทคนิค : แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es Instructional Model)

ชั่วโมงที่ 1

ขั้นนำ

ขั้นที่ 1 กระตุ้นความสนใจ (Engage)

1. ครูทบทวนความรู้เดิมของนักเรียนเกี่ยวกับ เรื่อง กำลังไฟฟ้า และพลังงานไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้าน จากนั้นครูแจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้ให้นักเรียนทราบ
2. ครูเปิดวิดีโอเกี่ยวกับไฟฟ้ามาสู่บ้านได้อย่างไร
จาก <https://www.youtube.com/watch?v=i87SfWsDI9I> ให้นักเรียนดู จากนั้นครูตั้งประเด็นคำถามกระตุ้นความคิดนักเรียนว่า “การไฟฟ้าส่งกระแสไฟฟ้ามายังบ้านเรือนได้อย่างไร”
โดยให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายแสดงความคิดเห็นอย่างอิสระโดยไม่มีการเฉลยว่าถูกหรือผิด
(แนวตอบ : ขึ้นอยู่กับดุลยพินิจของครูและนักเรียน)
3. ครูถามคำถาม Prior Knowledge จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 7 ไฟฟ้ากระแส เพื่อเป็นการนำเข้าสู่บทเรียนว่า “แผงควบคุมไฟฟ้ามีอุปกรณ์ใดบ้าง และทำหน้าที่อย่างไร”
(แนวตอบ : แผงควบคุมไฟฟ้า เป็นแผงตัวตัดวงจร ประกอบด้วยตัวตัดวงจรรวม และตัวตัดวงจรย่อย ซึ่งแผงตัวตัดวงจรมีหน้าที่เพื่อแยกและควบคุมการส่งพลังงานไฟฟ้าไปยังหลอดไฟ และเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ใช้กระแสไฟฟ้าสูง)

ขั้นสอน

ขั้นที่ 2 สำรวจค้นหา (Explore)

1. นักเรียนแบ่งกลุ่มออกเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มละเท่า ๆ กัน ตามความสมัครใจ จากนั้นให้นักเรียนแต่ละกลุ่มส่งตัวแทนออกมาจับสลากเรื่องที่ศึกษา โดยครูเตรียมสลากหมายเลข ไว้หน้าชั้นเรียน ซึ่งหมายเลขสลากจะระบุเรื่องที่ให้นักเรียนศึกษา ดังนี้

- หมายเลข 1 ศึกษา เรื่อง การต่อสายไฟเข้าบ้าน
 - หมายเลข 2 ศึกษา เรื่อง วงจรไฟฟ้าในบ้าน
 - หมายเลข 3 ศึกษา เรื่อง อุปกรณ์ไฟฟ้าและเครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้าน
2. ครูแจกกระดาษฟลิปชาร์ตให้นักเรียนกลุ่มละ 1 แผ่น จากนั้นให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันศึกษาค้นคว้าข้อมูลจากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 7 ไฟฟ้ากระแส หรือแหล่งการเรียนรู้ต่าง ๆ เช่น อินเทอร์เน็ต ห้องสมุด และร่วมกันอภิปรายระดมความคิดเห็นกันภายในกลุ่ม แล้วนำข้อมูลที่ได้จากการอภิปราย มาจัดทำในรูปแบบต่าง ๆ เช่น แผนผังมโนทัศน์ ลงในกระดาษฟลิปชาร์ต
- (หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม)

ชั่วโมงที่ 2-3

ขั้นสอน

ขั้นที่ 3 อธิบายความรู้ (Explain)

3. นักเรียนแต่ละกลุ่มออกมานำเสนอผลการศึกษาหน้าชั้นเรียน ในระหว่างที่นักเรียนนำเสนอ ครูคอยให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม เพื่อให้นักเรียนมีความเข้าใจถูกต้องมากยิ่งขึ้น
- (หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบประเมินการนำเสนอผลงาน)
4. ครูตั้งประเด็นคำถามกระตุ้นความคิดนักเรียน โดยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายแสดงความคิดเห็นเพื่อหาคำตอบ ดังนี้
- วงจรไฟฟ้าแบบเปิด และวงจรไฟฟ้าแบบปิด แตกต่างกันอย่างไรร
(แนวตอบ : วงจรไฟฟ้าแบบเปิด กระแสไฟฟ้าไม่สามารถไหลได้ครบวงจร และวงจรไฟฟ้าแบบปิด กระแสไฟฟ้าไหลได้ครบวงจร)
 - จะทราบได้อย่างไรว่า สายใดเป็นสาย L และสายใดเป็น N
(แนวตอบ : ใช้ไขควงตรวจสอบไฟฟ้า โดยเอาปลายไขควงแตะสายส่งพลังงานไฟฟ้าเส้นหนึ่ง แล้วใช้นิ้วมือสัมผัสกับปลายด้านบนสุดของไขควง ถ้าสายไฟนั้นเป็นสาย L หลอดแอลอีดีจะเปล่งแสง แต่ถ้าสาย N จะไม่มีแสงจากหลอดแอลอีดี)
 - สายมีศักย์ และสายกลาง แตกต่างกันอย่างไรร
(แนวตอบ : สายมีศักย์ จะมีศักย์ไฟฟ้าไม่เป็นศูนย์เมื่อเทียบกับพื้นดิน และสายกลาง จะมีศักย์ไฟฟ้าเป็นศูนย์เมื่อเทียบกับพื้นดิน)
 - คุณสมบัติของมอเตอร์ไฟฟ้า มีลักษณะอย่างไร
(แนวตอบ : มอเตอร์ไฟฟ้า ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกลในรูปของการหมุน)

- ตัวตัดวงจรเชิงความร้อนทำหน้าที่อย่างไร และมีหลักการทำงานอย่างไร

(แนวตอบ : ตัวตัดวงจรเชิงความร้อนใช้หลักการของแผ่นโลหะคู่ในการทำงาน ทำหน้าที่ตัดหรือต่อวงจรที่จ่ายกระแสไฟฟ้าให้อุปกรณ์สร้างความร้อน และช่วยให้ผู้ใช้สามารถปรับอุณหภูมิหรือความร้อนจากเครื่องใช้ไฟฟ้าได้ตามต้องการ ซึ่งสามารถนำไปใช้งานแทนฟิวส์ในแผงวงจรไฟฟ้าได้)

5. ครูสุ่มนักเรียน จำนวน 6 คน ออกมาหน้าชั้นเรียน โดยยกตัวอย่างอุปกรณ์ไฟฟ้าหรือเครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้าน มาคนละ 1 ตัวอย่าง ดังนี้
 - คนที่ 1-2 ยกตัวอย่างเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ให้พลังงานแสงสว่าง
 - คนที่ 3-4 ยกตัวอย่างเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ให้พลังงานความร้อน
 - คนที่ 5-6 ยกตัวอย่างเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ให้พลังงานกล

ขั้นที่ 4 ขยายความเข้าใจ (Elaborate)

6. ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนซักถามเนื้อหาเกี่ยวกับ เรื่อง วงจรไฟฟ้า เครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้านและการใช้ไฟฟ้าอย่างปลอดภัย และให้ความรู้เพิ่มเติม จากคำถามของนักเรียน โดยครูใช้ PowerPoint เรื่อง วงจรไฟฟ้า เครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้านและการใช้ไฟฟ้าอย่างปลอดภัย ในการอธิบายเพิ่มเติม
7. นักเรียนแต่ละคนยกตัวอย่างการใช้ไฟฟ้าอย่างปลอดภัยที่เกี่ยวข้องกับในชีวิตประจำวันของนักเรียน โดยเขียนลงในสมุดประจำตัวนักเรียน จากนั้นครูสุ่มนักเรียน จำนวน 3 คน ออกมาหน้าชั้นเรียน เพื่อนำเสนอคำตอบของตนเอง ครูอาจเสนอแนะ หรืออธิบายเพิ่มเติมเพื่อให้นักเรียนมีความเข้าใจที่ถูกต้องมากยิ่งขึ้น
8. นักเรียนแต่ละคนทำแบบฝึกหัด เรื่อง การวงจรไฟฟ้า เครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้านและการใช้ไฟฟ้าอย่างปลอดภัย จากแบบฝึกหัด รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 7 ไฟฟ้ากระแส

ขั้นสรุป

ขั้นที่ 5 ตรวจสอบผล (Evaluate)

1. ครูประเมินผล โดยการสังเกตพฤติกรรม การตอบคำถาม พฤติกรรมการทำงานรายบุคคล พฤติกรรมการทำงานกลุ่ม และจากการนำเสนอผลการปฏิบัติกิจกรรมหน้าชั้นเรียน
2. ครูตรวจสอบแบบฝึกหัด เรื่อง วงจรไฟฟ้า เครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้านและการใช้ไฟฟ้าอย่างปลอดภัย จากแบบฝึกหัด รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 7 ไฟฟ้ากระแส

3. นักเรียนและครูร่วมกันสรุปเกี่ยวกับวงจรไฟฟ้า เครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้านและการใช้ไฟฟ้าอย่างปลอดภัย ซึ่งได้ข้อสรุปร่วมกันว่า “แผงควบคุมไฟฟ้ายุคก่อนจะประกอบด้วย ฟิวส์ สะพานไฟรวม และสะพานไฟย่อย แต่แผงควบคุมไฟฟ้ายุคปัจจุบันเป็นแผงตัวตัดวงจร ประกอบด้วย ตัวตัดวงจรรวม และตัวตัดวงจรย่อย ซึ่งตัวตัดวงจรที่ติดตั้งบนแผงควบคุมไฟฟ้า ทำหน้าที่เป็นฟิวส์และสะพานไฟ การจ่ายไฟเข้าบ้านเรือนจะจ่ายผ่านสายไฟ 2 สาย คือ สายค้ำยก (live wire) หรือสาย L กับสายกลาง (neutral wire) หรือสาย N ”

7. การวัดและประเมินผล

รายการวัด	วิธีวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
7.1 การประเมินระหว่างการจัดกิจกรรม 1) วงจรไฟฟ้า เครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้านและการใช้ไฟฟ้าอย่างปลอดภัย	- ตรวจแบบฝึกหัด	- แบบฝึกหัด	- ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์
2) การนำเสนอผลงาน/ผลการปฏิบัติกิจกรรม	- ประเมินการนำเสนอผลงาน/ผลการปฏิบัติกิจกรรม	- แบบประเมินการนำเสนอผลงาน	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
3) พฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- สังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
4) พฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- สังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
5) คุณลักษณะอันพึงประสงค์	- สังเกตความมีวินัย รับผิดชอบ ใฝ่เรียนรู้ ซื่อสัตย์ สุจริต และ มุ่งมั่นในการทำงาน	- แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์

8. สื่อ/แหล่งการเรียนรู้

8.1 สื่อการเรียนรู้

- 1) หนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 7 ไฟฟ้ากระแส
- 2) แบบฝึกหัด รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 7 ไฟฟ้ากระแส
- 3) PowerPoint เรื่อง วงจรไฟฟ้า เครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้านและการใช้ไฟฟ้าอย่างปลอดภัย
- 4) สลากหมายเลข
- 5) วิดีทัศน์เกี่ยวกับไฟฟ้ามาสู่บ้านได้อย่างไร จาก <https://www.youtube.com/watch?v=i87SfWsDI9I>
- 6) สมุดประจำตัวนักเรียน

8.2 แหล่งการเรียนรู้

- 1) ห้องสมุด
- 2) อินเทอร์เน็ต

สลากหมายเลข

1

2



3

9. ความเห็นของผู้บริหารสถานศึกษาหรือผู้ที่ได้รับมอบหมาย

ข้อเสนอแนะ

.....

ลงชื่อ

(.....)

ตำแหน่ง

10. บันทึกผลหลังการสอน

- ด้านความรู้

.....

.....

- ด้านสมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

.....

.....

- ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์

.....

.....

- ด้านความสามารถทางวิทยาศาสตร์

.....

.....

- ด้านอื่น ๆ (พฤติกรรมเด่น หรือพฤติกรรมที่มีปัญหาของนักเรียนเป็นรายบุคคล (ถ้ามี))

.....

.....

- ปัญหา/อุปสรรค

.....

.....

- แนวทางการแก้ไข

.....

.....

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 10

ไฟฟ้าจากพลังงานทดแทน

เวลา 3 ชั่วโมง

1. ผลการเรียนรู้

อธิบายการเปลี่ยนพลังงานทดแทนเป็นพลังงานไฟฟ้า รวมทั้งสืบค้นและอภิปราย เกี่ยวกับเทคโนโลยี ที่นำมาแก้ปัญหาหรือตอบสนองความต้องการทางด้านพลังงานไฟฟ้า โดยเน้นด้านประสิทธิภาพและความคุ้มค่า ด้านค่าใช้จ่าย

2. จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายการเปลี่ยนพลังงานทดแทนเป็นพลังงานไฟฟ้าได้ (K)
2. สืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับพลังงานทดแทนได้ (P)
3. มีความมุ่งมั่นในการเรียนรู้และการทำงานที่ได้รับมอบหมายตลอดเวลา (A)

3. สารการเรียนรู้

สารการเรียนรู้เพิ่มเติม	สารการเรียนรู้ท้องถิ่น
● การนำพลังงานทดแทนมาใช้ในการแก้ปัญหา หรือตอบสนองความต้องการด้านพลังงาน เช่น การเปลี่ยนพลังงานนิวเคลียร์เป็นพลังงานไฟฟ้า ในโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ และการเปลี่ยนพลังงาน แสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้าโดยเซลล์สุริยะ ● เทคโนโลยีต่าง ๆ ที่นำมาแก้ปัญหาหรือตอบสนอง ความต้องการทางด้านพลังงานเป็นการนำความรู้ ทักษะและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มาสร้าง อุปกรณ์หรือผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ที่ช่วยให้การใช้ พลังงานมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น	พิจารณาตามหลักสูตรของสถานศึกษา

4. สารสำคัญ/ความคิดรวบยอด

การเปลี่ยนพลังงานทดแทนเป็นพลังงานไฟฟ้าทำได้โดยนำพลังงานทดแทนมาทำให้เกิดความร้อนโดยใช้ กระบวนการต่าง ๆ แล้วนำความร้อนที่ได้มาทำให้เครื่องผลิตกระแสไฟฟ้า หรือการนำเทคโนโลยีเซลล์สุริยะมาใช้ ในการผลิตพลังงานไฟฟ้า

5. สมรรถนะสำคัญของผู้เรียนและคุณลักษณะอันพึงประสงค์

สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน	คุณลักษณะอันพึงประสงค์
1. ความสามารถในการสื่อสาร 2. ความสามารถในการคิด 1) ทักษะการสื่อสาร 2) ทักษะการวิเคราะห์ 3) ทักษะการทำงานร่วมกัน 4) ทักษะการนำความรู้ไปใช้ 5) ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ 6) ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล 7) ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป 3. ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต 4. ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี	1. มีวินัย รับผิดชอบ 2. ใฝ่เรียนรู้ 3. ซื่อสัตย์ สุจริต 4. มุ่งมั่นในการทำงาน

6. กิจกรรมการเรียนรู้

 แนวคิด/รูปแบบการสอน/วิธีการสอน/เทคนิค : แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es Instructional Model)

ชั่วโมงที่ 1

ขั้นนำ

ขั้นที่ 1 กระตุ้นความสนใจ (Engage)

1. ครูทบทวนความรู้เดิมของนักเรียนเกี่ยวกับ เรื่อง วงจรไฟฟ้า เครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้านและการใช้ไฟฟ้าอย่างปลอดภัย จากนั้นครูแจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้ให้นักเรียนทราบ
2. ครูสนทนากับนักเรียนเกี่ยวกับการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานต่าง ๆ เช่น การผลิตไฟฟ้าจากการเผาไหม้ถ่านหิน หรือแก๊สธรรมชาติมาเผาไหม้ให้ความร้อนมาขับเคลื่อนเครื่องผลิตไฟฟ้าซึ่งถ่านหิน หรือแก๊สธรรมชาติเป็นแหล่งพลังงานที่ใช้แล้วหมดไป อีกทั้งสร้างมลพิษในกระบวนการผลิตไฟฟ้า จึงทำให้ต้องมีการสรรหาแหล่งพลังงานใหม่มาใช้ในการผลิตไฟฟ้า เช่น แหล่งพลังงานทดแทน
3. ครูถามคำถาม Prior Knowledge จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 7 ไฟฟ้ากระแส เพื่อเป็นการนำเข้าสู่บทเรียนว่า “พลังงานไฟฟ้าผลิตได้จากแหล่งพลังงานใดบ้าง”

(แนวตอบ : นักเรียนอาจตอบว่า พลังงานความร้อน พลังงานลม พลังงานแสงอาทิตย์ เป็นต้น)

ชั้นสอน

ขั้นที่ 2 สำรวจค้นหา (Explore)

1. นักเรียนแบ่งกลุ่มออกเป็น 7 กลุ่ม กลุ่มละเท่า ๆ กัน ตามความสมัครใจ จากนั้นให้นักเรียนแต่ละกลุ่มส่งตัวแทนออกมาจับสลากเรื่องที่ศึกษา โดยครูเตรียม**สลากหมายเลข** ไว้หน้าชั้นเรียน ซึ่งหมายเลขสลากจะระบุเรื่องที่ให้นักเรียนศึกษา ดังนี้
 - หมายเลข 1 ศึกษา เรื่อง พลังงานน้ำ
 - หมายเลข 2 ศึกษา เรื่อง พลังงานลม
 - หมายเลข 3 ศึกษา เรื่อง พลังงานชีวภาพ
 - หมายเลข 4 ศึกษา เรื่อง พลังงานแสงอาทิตย์
 - หมายเลข 5 ศึกษา เรื่อง พลังงานความร้อนใต้พิภพ
 - หมายเลข 6 ศึกษา เรื่อง พลังงานทดแทนประเภทสิ้นเปลือง
 - หมายเลข 7 ศึกษา เรื่อง พลังงานทดแทนประเภทหมุนเวียน
2. ครูแจกกระดาษฟลิปชาร์ตให้นักเรียนกลุ่มละ 1 แผ่น จากนั้นให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันศึกษาค้นคว้าข้อมูล จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 7 ไฟฟ้ากระแส หรือแหล่งการเรียนรู้ต่าง ๆ เช่น อินเทอร์เน็ต ห้องสมุด QR Code เรื่อง **ไฟฟ้าจากพลังงานทดแทน** และร่วมกันอภิปรายระดมความคิดเห็นกันภายในกลุ่ม แล้วนำข้อมูลที่ได้จากการอภิปราย มาจัดทำในรูปแบบต่าง ๆ เช่น แผนผังมโนทัศน์ ลงในกระดาษฟลิปชาร์ต
(หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม)

ชั่วโมงที่ 2-3

ชั้นสอน

ขั้นที่ 3 อธิบายความรู้ (Explain)

3. นักเรียนแต่ละกลุ่มออกมานำเสนอผลการศึกษาหน้าชั้นเรียน ในระหว่างที่นักเรียนนำเสนอ ครูคอยให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม เพื่อให้นักเรียนมีความเข้าใจที่ถูกต้องมากยิ่งขึ้น
(หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบประเมินการนำเสนอผลงาน)
4. ครูตั้งประเด็นคำถามกระตุ้นความคิดนักเรียน โดยให้นักเรียนแต่ละคนร่วมกันอภิปรายแสดงความคิดเห็นเพื่อหาคำตอบ ดังนี้
 - พลังงานที่นำมาใช้แทนน้ำมันเชื้อเพลิง เรียกว่าอะไร
(แนวตอบ : พลังงานทดแทน)

- พลังงานทดแทนประเภทสิ้นเปลือง มีลักษณะอย่างไร
(แนวตอบ : เป็นพลังงานทดแทนจากแหล่งพลังงานที่ใช้ไปนาน ๆ จะหมดไปได้)
- พลังงานทดแทนประเภทหมุนเวียน มีลักษณะอย่างไร
(แนวตอบ : เป็นพลังงานที่ได้มาจากแหล่งพลังงานที่ใช้แล้วสามารถนำกลับมาใช้ได้อีก)

ขั้นที่ 4 ขยายความเข้าใจ (Elaborate)

5. ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนซักถามเนื้อหาเกี่ยวกับ เรื่อง ไฟฟ้าจากพลังงานทดแทน และให้ความรู้เพิ่มเติม จากคำถามของนักเรียน โดยครูใช้ PowerPoint เรื่อง ไฟฟ้าจากพลังงานทดแทน ในการอธิบายเพิ่มเติม
6. นักเรียนตรวจสอบความเข้าใจของตนเองจากกรอบ Self Check เรื่อง ไฟฟ้ากระแส ในหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 7 ไฟฟ้ากระแส โดยบันทึกลงใน สมุดประจำตัวนักเรียน
7. นักเรียนแต่ละคนทำแบบฝึกหัด เรื่อง ไฟฟ้าจากพลังงานทดแทน จากแบบฝึกหัด รายวิชาเพิ่มเติม วิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 7 ไฟฟ้ากระแส
8. นักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียนของหน่วยการเรียนรู้ที่ 7 ไฟฟ้ากระแส เพื่อเป็นการวัดความรู้ หลังเรียนของนักเรียน
9. นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 6 คน ตามความสมัครใจ จากนั้นให้แต่ละกลุ่มนำความรู้ เรื่อง ไฟฟ้ากระแส มาออกแบบและประดิษฐ์ชิ้นงานเกี่ยวกับการต่อวงจรไฟฟ้า เช่น บ้ายไฟ จากหลอด LED ชุดทดลอง การต่อวงจรไฟฟ้ากระแสตรง ชุดทดลองวงจรปลุกตามแสงตะวัน ชุดทดลองวงจรปรับความสว่างของ หลอดไฟ เป็นต้น พร้อมอธิบายหลักการทำงาน หรือวิธีการใช้งาน

ขั้นสรุป

ขั้นที่ 5 ตรวจสอบผล (Evaluate)

1. ครูตรวจสอบผลการทำแบบทดสอบหลังเรียนหน่วยการเรียนรู้ที่ 7 ไฟฟ้ากระแส เพื่อตรวจสอบความเข้าใจหลังเรียนของนักเรียน
2. ครูประเมินผล โดยการสังเกตพฤติกรรมการตอบคำถาม พฤติกรรมการทำงานรายบุคคล พฤติกรรมการทำงานกลุ่ม และจากการนำเสนอผลการปฏิบัติกิจกรรมหน้าชั้นเรียน
3. ครูตรวจสอบผลการตรวจสอบความเข้าใจของตนเองจากกรอบ Self Check เรื่อง ไฟฟ้ากระแส จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 ในสมุดประจำตัวนักเรียน
4. ครูตรวจสอบแบบฝึกหัด เรื่อง ไฟฟ้าจากพลังงานทดแทน จากแบบฝึกหัด รายวิชาเพิ่มเติม วิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2
5. ครูวัดและประเมินผลจากชิ้นงานสิ่งประดิษฐ์เกี่ยวกับการต่อวงจรไฟฟ้า

6. นักเรียนและครูร่วมกันสรุปเกี่ยวกับไฟฟ้าจากพลังงานทดแทน ซึ่งได้ข้อสรุปร่วมกันว่า พลังงานไฟฟ้าในชีวิตประจำวันส่วนใหญ่มาจากโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อน ซึ่งใช้ความร้อนจากการเผาไหม้ของน้ำมัน ถ่านหินและแก๊สธรรมชาติ ในการผลิตไฟฟ้ามีเพียงส่วนน้อยที่มาจากโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำ และโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์ พลังงานทดแทน แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ พลังงานทดแทนประเภทสิ้นเปลือง และพลังงานทดแทนประเภทหมุนเวียน”

7. การวัดและประเมินผล

รายการวัด	วิธีวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
7.1 การประเมินระหว่างการจัดกิจกรรม			
1) ไฟฟ้าจากพลังงานทดแทน	- ตรวจแบบฝึกหัด	- แบบฝึกหัด	- ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์
2) การนำเสนอผลงาน/ ผลการปฏิบัติกิจกรรม	- ประเมินการนำเสนอผลงาน/ผลการปฏิบัติกิจกรรม	- แบบประเมินการนำเสนอผลงาน	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
3) พฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- สังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
4) พฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- สังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
5) คุณลักษณะอันพึงประสงค์	- สังเกตความมีวินัย รับผิดชอบ ใฝ่เรียนรู้ ซื่อสัตย์ สุจริต และมุ่งมั่นในการทำงาน	- แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
7.2 การประเมินหลังเรียน			
1) แบบทดสอบหลังเรียน หน่วยการเรียนรู้ที่ 7 ไฟฟ้ากระแส	- ตรวจแบบทดสอบหลังเรียน หน่วยการเรียนรู้ที่ 7 ไฟฟ้ากระแส	- แบบทดสอบหลังเรียน หน่วยการเรียนรู้ที่ 7 ไฟฟ้ากระแส	- ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์

รายการวัด	วิธีวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
2) การประเมิน ชิ้นงาน/ ภาระงาน (รวบ ยอด) เรื่อง การสร้าง ชิ้นงานสิ่งประดิษฐ์ การต่อวงจรไฟฟ้า	- ตรวจชิ้นงานสิ่งประดิษฐ์ การต่อวงจรไฟฟ้า	- แบบประเมินชิ้นงาน/ ภาระงาน (รวบยอด)	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์

8. สื่อ/แหล่งการเรียนรู้

8.1 สื่อการเรียนรู้

- 1) หนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 7 ไฟฟ้ากระแส
- 2) แบบฝึกหัด รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 7 ไฟฟ้ากระแส
- 3) PowerPoint เรื่อง ไฟฟ้าจากพลังงานทดแทน
- 4) สลากหมายเลข
- 5) QR Code เรื่อง ไฟฟ้าจากพลังงานทดแทน
- 6) สมุดประจำตัวนักเรียน

8.2 แหล่งการเรียนรู้

- 1) ห้องสมุด
- 2) อินเทอร์เน็ต

ชิ้นงาน/ภาระงาน (รวบยอด)

เรื่อง สิ่งประดิษฐ์การต่อวงจรไฟฟ้า

คำชี้แจง : นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 6 คน โดยให้แต่ละกลุ่มนำความรู้ เรื่อง ไฟฟ้ากระแส มาออกแบบและประดิษฐ์ ชิ้นงานเกี่ยวกับการต่อวงจรไฟฟ้า เช่น ป้ายไฟ จากหลอด LED ชุดทดลองการต่อวงจรไฟฟ้ากระแสตรง ชุดทดลองวงจรปลุกตามแสงตะวัน ชุดทดลองวงจรปรับความสว่างของหลอดไฟ เป็นต้น พร้อมอธิบาย หลักการทำงาน หรือวิธีการใช้งาน

สลากหมายเลข

1

2



3

4

5

6



9. ความเห็นของผู้บริหารสถานศึกษาหรือผู้ที่ได้รับมอบหมาย

ข้อเสนอแนะ

.....

ลงชื่อ
(.....)
ตำแหน่ง

10. บันทึกผลหลังการสอน

- ด้านความรู้

.....

.....

- ด้านสมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

.....

.....

- ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์

.....

.....

- ด้านความสามารถทางวิทยาศาสตร์

.....

.....

- ด้านอื่น ๆ (พฤติกรรมเด่น หรือพฤติกรรมที่มีปัญหาของนักเรียนเป็นรายบุคคล (ถ้ามี))

.....

.....

- ปัญหา/อุปสรรค

.....

.....

- แนวทางการแก้ไข

.....

.....

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

แม่เหล็กและสนามแม่เหล็ก

เวลา 4 ชั่วโมง

1. ผลการเรียนรู้

สังเกต และอธิบายเส้นสนามแม่เหล็ก อธิบายและคำนวณฟลักซ์แม่เหล็กในบริเวณที่กำหนด รวมทั้งสังเกต และอธิบายสนามแม่เหล็กที่เกิดจากกระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำเส้นตรงและโซเลนอยด์ได้

2. จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายความหมายของสนามแม่เหล็ก และฟลักซ์แม่เหล็กได้ (K)
2. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กได้ (K)
3. ปฏิบัติกิจกรรมการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนในสนามแม่เหล็กได้อย่างถูกต้อง (P)
4. นำความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก ไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้ (P)
5. ความเป็นคนช่างสังเกต ช่างคิด ช่างสงสัย ใฝ่เรียนรู้ และมุ่งมั่นในการแสวงหาความรู้ (A)

3. สารการเรียนรู้

สารการเรียนรู้เพิ่มเติม	สารการเรียนรู้ท้องถิ่น
- เส้นสนามแม่เหล็กเป็นเส้นสมมติที่ใช้แสดงบริเวณที่มีสนามแม่เหล็ก โดยบริเวณที่มีเส้นสนามแม่เหล็กหนาแน่นมากแสดงว่าเป็นบริเวณที่สนามแม่เหล็กมีความเข้มมาก - ฟลักซ์แม่เหล็ก คือ จำนวนเส้นสนามแม่เหล็กที่ผ่านพื้นที่ที่พิจารณา และอัตราส่วนระหว่างฟลักซ์แม่เหล็กต่อพื้นที่ตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก คือ ขนาดของสนามแม่เหล็ก เขียนแทนได้ด้วยสมการ $B = \frac{\Phi}{A}$ - กรณีที่ประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ตั้งฉากเข้าไปในสนามแม่เหล็ก จะทำให้ประจุเคลื่อนที่เปลี่ยนไปโดยรัศมีความโค้งของการเคลื่อนที่คำนวณได้จากสมการ $r = \frac{mv}{qB}$	พิจารณาตามหลักสูตรของสถานศึกษา

4. สาระสำคัญ/ความคิดรวบยอด

แม่เหล็กประกอบด้วยขั้วเหนือและขั้วใต้ บริเวณที่มีอำนาจแม่เหล็ก เรียกว่า สนามแม่เหล็ก แรงของแม่เหล็ก เรียกว่า เส้นแรงแม่เหล็ก บริเวณในสนามแม่เหล็กที่ไม่มีอำนาจแม่เหล็ก เรียกว่า จุดสะเทิน ใต้พื้นโลกมีสนามแม่เหล็กโลกช่วยป้องกันอันตรายจากลมสุริยะ บริเวณใกล้ขั้วแม่เหล็กมีเส้นสนามแม่เหล็กหนาแน่นมาก เรียกว่า ฟลักซ์แม่เหล็ก อัตราส่วนระหว่างฟลักซ์แม่เหล็กต่อพื้นที่ตั้งฉากกับสนามหนึ่งตารางหน่วย เรียกว่า ขนาดของสนามแม่เหล็ก

5. สมรรถนะสำคัญของผู้เรียนและคุณลักษณะอันพึงประสงค์

สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน	คุณลักษณะอันพึงประสงค์
1. ความสามารถในการสื่อสาร 2. ความสามารถในการคิด 1) ทักษะการสังเกต 2) ทักษะการสื่อสาร 3) ทักษะการทดลอง 4) ทักษะการวิเคราะห์ 5) ทักษะการทำงานร่วมกัน 3. ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต	1. มีวินัย รับผิดชอบ 2. ใฝ่เรียนรู้ 3. ซื่อสัตย์ สุจริต 4. มุ่งมั่นในการทำงาน

6. กิจกรรมการเรียนรู้

 แนวคิด/รูปแบบการสอน/วิธีสอน/เทคนิค : การสอนแบบเน้นมโนทัศน์ (Concept Based Teaching)

ชั่วโมงที่ 1-2

ขั้นนำ

ขั้นการใช้ความรู้เดิมเชื่อมโยงความรู้ใหม่ (Prior Knowledge)

- ครูแจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้ให้นักเรียนทราบ จากนั้นครูให้นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียนของหน่วยการเรียนรู้ที่ 1 แม่เหล็กไฟฟ้า เพื่อตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียนเป็นรายบุคคลก่อนเข้าสู่กิจกรรม
- ครูเข้าสู่กิจกรรมการเรียนการสอนโดยการสาธิตการเรียงตัวของผงตะไบเหล็ก ซึ่งอุปกรณ์ที่ใช้ในการสาธิตประกอบด้วย กระจกขี้ผึ้งสีขาว 1 แผ่น แม่เหล็ก 1 แท่ง และผงตะไบเหล็ก
- ครูเริ่มการสาธิต โดยวางแผ่นกระจกบนโต๊ะ โรยผงตะไบเหล็กลงบนแผ่นกระจกให้มีบริเวณกว้างกว่าขนาดของแม่เหล็กเล็กน้อย (การโรยผงตะไบเหล็กควรโรยบาง ๆ และสม่ำเสมอ) จากนั้นครูถือแม่เหล็ก

แม่เหล็กให้อยู่เหนือผงตะไบเหล็ก แล้วเคลื่อนแท่งแม่เหล็กลงไปตามผงตะไบเหล็ก โดยพยายามให้ทุกส่วนของแท่งแม่เหล็กและผงตะไบเหล็กพร้อม ๆ กัน เมื่อครุยกแท่งแม่เหล็กขึ้นแล้ว ให้นักเรียนสังเกตผลที่เกิดขึ้นของผงตะไบเหล็กที่ติดตามส่วนต่าง ๆ ของแท่งแม่เหล็ก

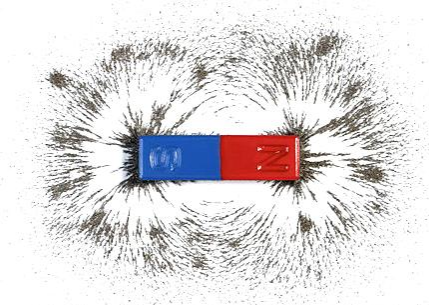
ขั้นสอน

ขั้นรู้ (Knowing)

1. ครูให้ความรู้เกี่ยวกับขั้วของแท่งแม่เหล็กตามรายละเอียดในหนังสือเรียน
2. ครูชี้ให้นักเรียนเห็นว่า แรงที่เกิดจากแท่งแม่เหล็กมี 2 ชนิด คือ แรงดูด และแรงผลัก
3. ครูให้ความรู้เพิ่มเติมเรื่องขั้วเหนือ-ใต้ของแท่งแม่เหล็กโดยอาจสาธิตตามสถานการณ์ในหนังสือเรียน จากนั้นให้ความรู้เกี่ยวกับเข็มทิศ สนามแม่เหล็ก สนามแม่เหล็กโลก เส้นแรงแม่เหล็ก ฟลักซ์แม่เหล็ก และความหนาแน่นฟลักซ์ ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน

ขั้นเข้าใจ (Understanding)

1. ครูให้ตัวแทนนักเรียนออกมาสาธิตเพื่อหาเส้นแรงแม่เหล็กตามรายละเอียดในหนังสือเรียน ซึ่งถ้าต้องการหาเส้นแรงหลาย ๆ เส้น จะต้องใช้เวลานาน ครูอาจแนะนำให้นักเรียนทดลองนอกเวลาเรียน เส้นแรงแม่เหล็กที่ทดลองได้อาจเป็นดังภาพ



ภาพ แสดงเส้นแรงแม่เหล็กของแท่งแม่เหล็ก

2. ครูสาธิตเกี่ยวกับจุดสะเทิน อุปกรณ์ที่ใช้ประกอบด้วยแท่งแม่เหล็ก 2 แท่ง และเข็มทิศ 1 อัน วางแท่งแม่เหล็กในแนวเส้นตรงเดียวกัน โดยให้ขั้วเหมือนกันหันเข้าหากันและอยู่ห่างกันประมาณ 15 เซนติเมตร วางเข็มทิศชิดกับขั้วแม่เหล็กแท่งหนึ่ง แล้วค่อย ๆ เลื่อนเข็มทิศในแนวเส้นตรงไปอีกแท่งหนึ่ง ขณะเลื่อนเข็มทิศครูให้นักเรียนสังเกตแนวการวางตัวของเข็มทิศ ในเส้นทางของการเคลื่อนเข็มทิศนั้น จะมีตำแหน่งหนึ่งที่เข็มทิศหมุนได้โดยรอบ ตำแหน่งนี้เรียกว่า จุดสะเทิน
3. ครูอธิบายเกี่ยวกับฟลักซ์แม่เหล็กว่า เป็นปริมาณเส้นแรงแม่เหล็กหรือจำนวนของเส้นแรงแม่เหล็กที่พุ่งจากขั้วหนึ่งไปยังขั้วหนึ่งของแท่งแม่เหล็ก มีหน่วยเป็นเวเบอร์ (Weber) และความหนาแน่น ฟลักซ์แม่เหล็กหรือความเข้มของสนามแม่เหล็ก คือ จำนวนเส้นแรงแม่เหล็กต่อหน่วยพื้นที่ที่เส้นแรงแม่เหล็กตกตั้งฉากเป็นปริมาณเวกเตอร์ มีหน่วยเป็นเทสลา (Tesla) สามารถเขียนเป็นสมการความสัมพันธ์ได้ดังสมการ 1.1 และถ้าสนามแม่เหล็กไม่ตั้งฉากกับพื้นที่ ทำให้ทิศสนามแม่เหล็กกับทิศของเวกเตอร์หนึ่งหน่วยพื้นที่ทำมุม

θ ต่อกัน การหาฟลักซ์แม่เหล็ก หาได้จากความสัมพันธ์ระหว่างฟลักซ์แม่เหล็กและความเข้มสนามแม่เหล็กได้ดังสมการ 1.2

5. ครูให้นักเรียนศึกษาตัวอย่างการคำนวณจากโจทย์ปัญหาในตัวอย่างที่ 1.1 จากหนังสือเรียน

ชั่วโมงที่ 2-4

ขั้นเข้าใจ (Understanding) (ต่อ)

- ครูอธิบายทบทวนเกี่ยวกับแรงที่กระทำต่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้า q ซึ่งอยู่ในบริเวณที่มีสนามไฟฟ้าว่า แรงที่กระทำต่อประจุไฟฟ้ามีขนาดเท่ากับ qE จากนั้นอธิบายถึงอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้า q ซึ่งอยู่ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็กตามละเอียดในหนังสือเรียน ว่าเมื่ออิเล็กตรอนเคลื่อนที่ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็กจะถูกแรงกระทำ โดยทิศของแรงจะตั้งฉากกับทิศของความเร็วและตั้งฉากกับทิศของสนามแม่เหล็ก
- ครูอธิบายเพิ่มเติมว่า อนุภาคในที่มีประจุและเคลื่อนที่ในบริเวณสนามแม่เหล็ก จะสามารถหาขนาดของแรงได้ดังสมการที่ 1.3 ในกรณีที่ความเร็วของอนุภาคที่มีประจุไม่ตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก แรงที่เกิดขึ้นจะมีขนาดลดลง และถ้าอนุภาคนั้นอยู่นิ่งในบริเวณสนามแม่เหล็กจะไม่มีแรงกระทำ

ขั้นลงมือทำ (Doing)

- ครูให้นักเรียนศึกษาวิธีการหาทิศของแรง F ที่กระทำต่ออนุภาคที่มีประจุซึ่งเคลื่อนที่ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็ก ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน
- ครูให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับการหาขนาดของแรงที่กระทำต่ออนุภาคที่มีประจุ q เคลื่อนที่ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็ก B โดยมีความเร็ว v ตั้งฉากกับ B ขนาดของแรง F ที่กระทำต่ออนุภาคนั้นจะเป็นไปดังสมการ $F = qvB$ ถ้า B และขนาดของ v คงตัว จะได้ขนาดของแรง F คงตัวด้วย และเนื่องจาก v ตั้งฉากกับ F ดังนั้น อนุภาคนี้อาจเคลื่อนที่เป็นวงกลม
- ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายสรุปว่า เมื่ออิเล็กตรอนเคลื่อนที่ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็กโดยความเร็วของอิเล็กตรอนตั้งฉากกับสนามแม่เหล็กจะมีแรงกระทำต่ออิเล็กตรอนในทิศตั้งฉากกับความเร็วตลอดเวลา โดยขนาดของความเร็วคงตัว แรงนี้จึงเป็นแรงสู่ศูนย์กลาง ทำให้อิเล็กตรอนเคลื่อนที่ในแนววงกลมภายในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็ก
- นักเรียนแบ่งกลุ่มออกเป็นกลุ่ม ๆ ละ 6 คน ตามความสมัครใจของนักเรียน จากนั้นให้แต่ละกลุ่มร่วมกันศึกษากิจกรรม การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนในสนามแม่เหล็ก จากหนังสือเรียน โดยครูใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบร่วมมือมาจัดกระบวนการเรียนรู้ โดยกำหนดให้สมาชิกแต่ละคนภายในกลุ่มมีบทบาทหน้าที่ของตนเอง ดังนี้
 - สมาชิกคนที่ 1-2 ทำหน้าที่ เตรียมวัสดุอุปกรณ์ใช้ในการทำกิจกรรม
 - สมาชิกคนที่ 3-4 ทำหน้าที่ อ่านวิธีการทำกิจกรรม และนำมาอธิบายให้สมาชิกภายในกลุ่มฟัง
 - สมาชิกคนที่ 5-6 ทำหน้าที่ บันทึกผลการทำกิจกรรม

(หมายเหตุ: ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบประเมินปฏิบัติกิจกรรม)

5. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันแลกเปลี่ยนความรู้และวิเคราะห์ผลการปฏิบัติกิจกรรม แล้วร่วมกันอภิปรายผลร่วมกัน
6. นักเรียนแต่ละกลุ่มส่งตัวแทนออกมานำเสนอผลการทำกิจกรรม ในระหว่างที่นักเรียนนำเสนอครูคอยให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม เพื่อให้นักเรียนมีความเข้าใจที่ถูกต้อง
7. นักเรียนร่วมกันตอบคำถามท้ายกิจกรรม การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนในสนามแม่เหล็ก โดยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายเพื่อหาคำตอบร่วมกัน
8. นักเรียนทั้งหมดร่วมกันสรุปผลจากการศึกษาการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนในสนามแม่เหล็ก
9. ครูให้นักเรียนทุกคนทำใบงาน เรื่อง แม่เหล็กและสนามแม่เหล็ก พร้อมทั้งสังเกตคำตอบของนักเรียน เพื่อประเมินพฤติกรรมนักเรียนเป็นรายบุคคล พร้อมให้คำแนะนำเพิ่มเติม

(หมายเหตุ: ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล)

ขั้นสรุป

1. ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนสอบถามเนื้อหาที่ได้ศึกษาผ่านมาแล้วว่ามีส่วนไหนที่ยังไม่เข้าใจ แล้วให้ความรู้เพิ่มเติมในส่วนนั้น โดยที่ครูอาจจะใช้ PowerPoint เรื่อง แม่เหล็กและสนามแม่เหล็ก มาช่วยในการอธิบาย
2. ครูมอบหมายให้นักเรียนฝึกทำแบบฝึกหัด Topic Question เรื่อง แม่เหล็กและสนามแม่เหล็ก จากหนังสือเรียนฯ ลงในสมุดประจำตัว เพื่อนำส่งครูท้ายชั่วโมง
3. ครูมอบหมายให้นักเรียนไปทำแบบฝึกเสริมประสบการณ์จาก Unit Question 1 เรื่อง แม่เหล็กและสนามแม่เหล็ก จากหนังสือเรียนฯ ลงในสมุดประจำตัว และศึกษาเนื้อหา เรื่อง กระแสไฟฟ้าทำให้เกิดสนามแม่เหล็ก ซึ่งจะเรียนในคาบต่อไปมาล่วงหน้า

ขั้นประเมิน

1. ประเมินความรู้เกี่ยวกับเรื่อง แม่เหล็กและสนามแม่เหล็ก โดยสังเกตพฤติกรรมการตอบคำถาม การทำแบบฝึกหัด ใบงาน และการสรุปสาระสำคัญ
2. ประเมินทักษะและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จากโดยสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม การปฏิบัติกิจกรรม และการนำความรู้ที่ได้ไปใช้ประโยชน์
3. ประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์โดยสังเกตพฤติกรรมจากการสังเกตพฤติกรรมการปฏิบัติกิจกรรม การอภิปราย และการทำแบบฝึกหัด

7. การวัดและประเมินผล

รายการวัด	วิธีวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
7.1 การประเมินก่อนเรียน	- ตรวจสอบแบบทดสอบก่อนเรียน	- แบบทดสอบก่อนเรียน	- ประเมินตามสภาพจริง

- แบบทดสอบก่อนเรียน หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง แม่เหล็กไฟฟ้า			
7.2 การประเมินระหว่างการจัดกิจกรรม 1) แม่เหล็กและ สนามแม่เหล็ก	- ตรวจสอบงานที่ 1.1 - ตรวจสอบแบบฝึกหัด - ตรวจสอบ Topic Question	- ใบงานที่ 1.1 - ตรวจสอบแบบฝึกหัด - Topic Question	- ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์ - ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์ - ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์
2) การปฏิบัติการ	- ประเมิน การปฏิบัติการ	- แบบประเมิน การปฏิบัติการ	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
3) พฤติกรรม การทำงาน รายบุคคล	- สังเกตพฤติกรรม การทำงานรายบุคคล	- แบบสังเกต พฤติกรรม การทำงานรายบุคคล	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
4) พฤติกรรม การทำงานกลุ่ม	- สังเกตพฤติกรรม การทำงานกลุ่ม	- แบบสังเกต พฤติกรรม การทำงานกลุ่ม	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
5) คุณลักษณะ อันพึงประสงค์	- สังเกตความมีวินัย ใฝ่เรียนรู้ และมุ่งมั่น ในการทำงาน	- แบบประเมิน คุณลักษณะ อันพึงประสงค์	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์

8. สื่อ/แหล่งการเรียนรู้

8.1 สื่อการเรียนรู้

- 1) หนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ฟิสิกส์ ม.6 เล่ม 1
- 2) แบบฝึกหัด รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ฟิสิกส์ ม.6 เล่ม 1
- 3) ใบงานที่ 1.1 เรื่อง แม่เหล็กและสนามแม่เหล็ก
- 4) PowerPoint เรื่อง แม่เหล็กและสนามแม่เหล็ก
- 5) สมุดประจำตัว

8.2 แหล่งการเรียนรู้

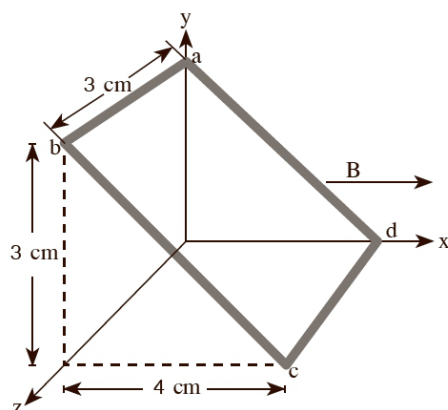
- 1) ห้องเรียน
- 2) ห้องสมุด
- 3) แหล่งข้อมูลสารสนเทศ

ใบงานที่ 1.1

เรื่อง แม่เหล็กและสนามแม่เหล็ก

คำชี้แจง : แสดงวิธีคำนวณหาผลลัพธ์

1. จงหาฟลักซ์แม่เหล็กที่ผ่านขดลวดสี่เหลี่ยมผืนผ้า abcd ถ้ามีสนามแม่เหล็ก B ขนาดสม่ำเสมอ 4 เทสลา ในทิศที่ขนานแกน x ดังภาพ



2. โปรตอนตัวหนึ่งเคลื่อนที่เข้าสู่สนามแม่เหล็กในทิศทำมุม 30 องศา กับทิศทางสนามแม่เหล็กด้วยความเร็ว 10^7 เมตรต่อวินาที เมื่อความเข้มสนามแม่เหล็กมีค่า 3 เทสลา และโปรตอนมีมวล 1.67×10^{-27} กิโลกรัม จงคำนวณหารัศมีของเกลียวที่เคลื่อนที่

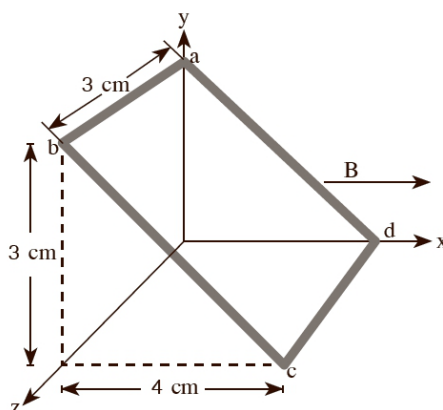
ใบงานที่ 1.1

เรื่อง แม่เหล็กและสนามแม่เหล็ก

เฉลย

คำชี้แจง : แสดงวิธีคำนวณหาผลลัพธ์

- จงหาฟลักซ์แม่เหล็กที่ผ่านขดลวดสี่เหลี่ยมผืนผ้า abcd ถ้ามีสนามแม่เหล็ก B ขนาดสม่ำเสมอ 4 เทสลา ในทิศที่ขนานแกน x ดังภาพ



จากสมการ $\Phi = BA$

$$\Phi = (4)(3 \times 10^{-2})(3 \times 10^{-2})$$

$$\Phi = 3.6 \times 10^{-3} \text{ Wb}$$

ดังนั้น ฟลักซ์แม่เหล็กที่ผ่านขดลวดสี่เหลี่ยมผืนผ้า abcd เท่ากับ 3.6×10^{-3} เวเบอร์

- โปรตอนตัวหนึ่งเคลื่อนที่เข้าสู่สนามแม่เหล็กในทิศทำมุม 30 องศา กับทิศทางสนามแม่เหล็กด้วยความเร็ว 10^7 เมตรต่อวินาที เมื่อความเข้มสนามแม่เหล็กมีค่า 3 เทสลา และโปรตอนมีมวล 1.67×10^{-27} กิโลกรัม จงคำนวณหารัศมีของเกลียวที่เคลื่อนที่

เมื่อโปรตอนเคลื่อนที่เข้าสู่สนามแม่เหล็กสม่ำเสมอโดยที่ความเร็วทำมุมกับสนามแม่เหล็ก ประจุไฟฟ้าจะเคลื่อนที่เป็นเส้นทางรูปเกลียว ซึ่งสามารถคำนวณหารัศมีของเกลียวที่เคลื่อนที่ได้

จากสมการ $R = \frac{mv \sin \theta}{qB}$

$$R = \frac{mv \sin 30^\circ}{qB}$$

$$R = \frac{(1.67 \times 10^{-27})(10^7)(\frac{1}{2})}{(1.6 \times 10^{-19})(3)}$$

$$R = 1.7 \times 10^{-2} \text{ m} = 1.7 \text{ cm}$$

ดังนั้น รัศมีของเกลียวที่เคลื่อนที่เท่ากับ 1.7 เซนติเมตร

9. ความเห็นของผู้บริหารสถานศึกษาหรือผู้ที่ได้รับมอบหมาย

ข้อเสนอแนะ	ลงชื่อ (.....) ตำแหน่ง
---------------------------	--

10. บันทึกผลหลังการสอน

• ด้านความรู้	
• ด้านสมรรถนะสำคัญของผู้เรียน	
• ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์	
• ด้านความสามารถทางวิทยาศาสตร์	
• ด้านอื่น ๆ (พฤติกรรมเด่น หรือพฤติกรรมที่มีปัญหาของนักเรียนเป็นรายบุคคล (ถ้ามี))	

• ปัญหา/อุปสรรค	
• แนวทางการแก้ไข	

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2

กระแสไฟฟ้าทำให้เกิดสนามแม่เหล็ก

เวลา 4 ชั่วโมง

1. ผลการเรียนรู้

สังเกต และอธิบายเส้นสนามแม่เหล็ก อธิบายและคำนวณฟลักซ์แม่เหล็กในบริเวณที่กำหนด รวมทั้งสังเกต และอธิบายสนามแม่เหล็กที่เกิดจากกระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำเส้นตรงและโซเลนอยด์ได้

2. จุดประสงค์การเรียนรู้

1. สืบค้นและอภิปรายเกี่ยวกับกระแสไฟฟ้าทำให้เกิดสนามแม่เหล็กได้ (K)
2. ปฏิบัติกิจกรรมสนามแม่เหล็กที่เกิดจากกระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำได้อย่างถูกต้อง (P)
3. ความเป็นคนช่างสังเกต ช่างคิด ช่างสงสัย ใฝ่เรียนรู้ และมุ่งมั่นในการแสวงหาความรู้ (A)

3. สารการเรียนรู้

สารการเรียนรู้เพิ่มเติม	สารการเรียนรู้ท้องถิ่น
- เมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำเส้นตรงหรือโซเลนอยด์จะเกิดสนามแม่เหล็กขึ้น	พิจารณาตามหลักสูตรของสถานศึกษา

4. สารสำคัญ/ความคิดรวบยอด

กฎมือขวาใช้หาทิศของสนามแม่เหล็ก เมื่อให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดที่เรียกว่า โซเลนอยด์ จะเกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าขึ้นรอบ ๆ ขดลวด เมื่อให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านลวดตัวนำ 2 เส้นที่ขนานกัน จะเกิดแรงดูดและแรงผลัก เมื่อให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดสี่เหลี่ยมผืนผ้าจะเกิดโมเมนต์ของแรงคู่ควบผลักให้ขดลวดหมุนรอบแกนนำหลักการนี้ไปสร้างมอเตอร์

5. สมรรถนะสำคัญของผู้เรียนและคุณลักษณะอันพึงประสงค์

สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน	คุณลักษณะอันพึงประสงค์
1. ความสามารถในการสื่อสาร 2. ความสามารถในการคิด 1) ทักษะการสังเกต 2) ทักษะการสื่อสาร 3) ทักษะการทดลอง 4) ทักษะการวิเคราะห์ 5) ทักษะการทำงานร่วมกัน	1. มีวินัย รับผิดชอบ 2. ใฝ่เรียนรู้ 3. ซื่อสัตย์ สุจริต 4. มุ่งมั่นในการทำงาน

สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน	คุณลักษณะอันพึงประสงค์
3. ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต	

6. กิจกรรมการเรียนรู้



แนวคิด/รูปแบบการสอน/วิธีสอน/เทคนิค : การสอนแบบเน้นมโนทัศน์ (Concept Based Teaching)

ชั่วโมงที่ 1-2

ขั้นนำ

ขั้นการใช้ความรู้เดิมเชื่อมโยงความรู้ใหม่ (Prior Knowledge)

1. ครูทบทวนเกี่ยวกับสนามแม่เหล็กว่า แม่เหล็กประกอบด้วยขั้วเหนือและขั้วใต้ บริเวณที่มีอำนาจแม่เหล็กเรียกว่า สนามแม่เหล็ก เส้นที่แสดงทิศของสนามแม่เหล็กรอบๆ แท่งแม่เหล็ก เรียกว่า เส้นแรงแม่เหล็ก บริเวณในสนามแม่เหล็กที่ไม่มีอำนาจแม่เหล็ก เรียกว่า จุดสะเทิน ใต้พื้นโลกมีสนามแม่เหล็กโลกช่วยป้องกันอันตรายจากลมสุริยะ บริเวณใกล้ขั้วแม่เหล็กมีเส้นสนามแม่เหล็กหนาแน่นมาก เรียกว่า ฟลักซ์แม่เหล็ก อัตราส่วนระหว่างฟลักซ์แม่เหล็กต่อพื้นที่ตั้งฉากกับสนามหนึ่งตารางหน่วย เรียกว่า ขนาดของสนามแม่เหล็ก
2. ครูเข้าสู่บทเรียนโดยตั้งคำถามว่า ลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านจะมีสนามแม่เหล็กเกิดขึ้นรอบ ๆ ลวดตัวนำนั้น หรือไม่
3. ครูให้นักเรียนร่วมแสดงความคิดเห็นกับคำถามที่ครูถาม โดยให้นักเรียนแต่ละคนร่วมกันอภิปรายและแสดงความคิดเห็นอย่างอิสระโดยไม่มีการเฉลยว่าถูกหรือผิด
4. ครูถามคำถาม Prior Knowledge จากหนังสือเรียนเพื่อเป็นการนำเข้าสู่บทเรียนว่า “เข็มทิศจะมีการวางตัวอย่างไร เมื่อนำไปวางใกล้ลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน” จากนั้นครูกล่าวเชื่อมโยงเข้าสู่กิจกรรมการเรียนการสอน

ขั้นสอน

ขั้นรู้ (Knowing)

1. นักเรียนแบ่งกลุ่มออกเป็นกลุ่ม ๆ ละ 3 คน ตามความสมัครใจของนักเรียน แล้วให้แต่ละกลุ่มร่วมกันศึกษาค้นคว้าข้อมูลตามหัวข้อเรื่อง ดังต่อไปนี้
 - สนามแม่เหล็กจากกระแสไฟฟ้าที่ผ่านลวดตัวนำตรง
 - สนามแม่เหล็กจากกระแสไฟฟ้าที่ผ่านลวดวงกลม
 - สนามแม่เหล็กจากกระแสไฟฟ้าที่ผ่านโซเลนอยด์

โดยศึกษาจากหนังสือเรียน หรือแหล่งการเรียนรู้ต่าง ๆ เช่น อินเทอร์เน็ต

2. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายเรื่องที่ได้ศึกษา จากนั้นให้นักเรียนแต่ละคนเขียนสรุปความรู้ที่ได้จากการศึกษาค้นคว้าลงในสมุดประจำตัว เพื่อนำส่งครูท้ายชั่วโมง

(หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม)

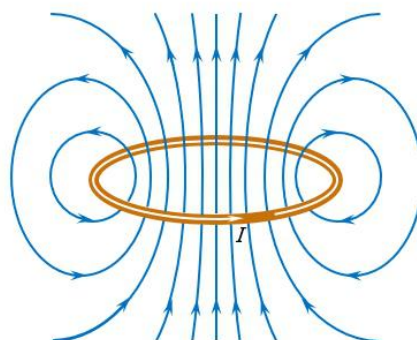
ขั้นเข้าใจ (Understanding)

1. ครูอธิบายเพิ่มเติมให้นักเรียนเข้าใจเกี่ยวกับสนามแม่เหล็กจากกระแสไฟฟ้าที่ผ่านลวดตัวนำ ดังนี้
 - เมื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำตรงที่วางตัวในแนวดิ่ง สนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นจะวนเป็นวงกลมแนวระดับรอบลวดตัวนำโดยมีลวดตัวนำอยู่ที่จุดศูนย์กลาง (เส้นแรงแม่เหล็กเป็นวงกลม) ซึ่งสังเกตได้จากการวางตัวของผงตะไบเหล็กหรือเข็มทิศ



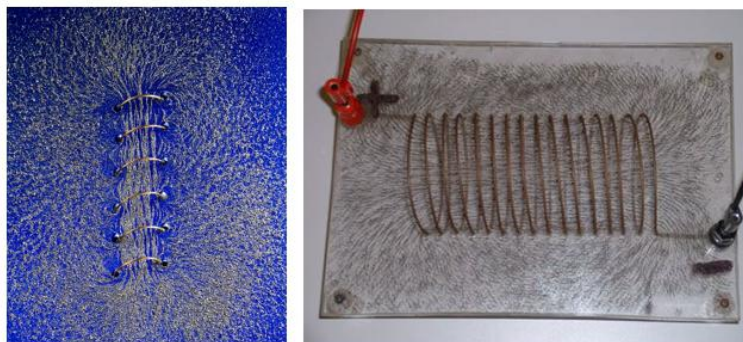
สนามแม่เหล็กจากกระแสไฟฟ้าที่ผ่านลวดตัวนำตรงเป็นสนามไม่สม่ำเสมอโดยมีขนาดเป็นสัดส่วนกลับกับระยะห่างจากลวดตัวนำ (ระยะตามแนวรัศมีของวงกลม) ส่วนทิศทางของสนามแม่เหล็กหาได้จากกฎมือขวา

- เมื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าผ่านลวดวงกลม ลักษณะเส้นแรงแม่เหล็กของสนามแม่เหล็กในระนาบที่ตั้งฉากกับระนาบของลวดวงกลมและผ่านกึ่งกลางของลวดวงกลมพิจารณาได้จากการวางตัวของผงตะไบเหล็ก ซึ่งมีลักษณะคล้ายกับสนามแม่เหล็กของแท่งแม่เหล็กสั้น ๆ



สนามแม่เหล็กจากกระแสไฟฟ้าที่ผ่านลวดวงกลมเป็นสนามไม่สม่ำเสมอ ขนาดของสนามแม่เหล็กมีค่าสูงสุดบริเวณระนาบของลวดวงกลมและมีค่าลดลงเมื่ออยู่สูงหรือต่ำกว่าระนาบของลวดวงกลม ส่วนทิศทางของสนามแม่เหล็กหาได้จากกฎมือขวา

- เมื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าผ่านโซเลนอยด์จะเกิดสนามแม่เหล็กทั้งบริเวณภายในและภายนอกโซเลนอยด์ โดยสนามแม่เหล็กภายในโซเลนอยด์บริเวณแกนกลางของโซเลนอยด์ จะเป็นสนามสม่ำเสมอซึ่งสังเกตได้จากการเรียงตัวเป็นเส้นตรงของผงตะไบเหล็ก



จากภาพ จะสังเกตพบว่าบริเวณแกนกลางของโซเลนอยด์จะมีผงตะไบเหล็กเรียงตัวกันหนาแน่นกว่าบริเวณภายนอกโซเลนอยด์ (ด้านข้างและปลายทั้งสองของขดลวด) สนามแม่เหล็กจากกระแสไฟฟ้าที่ผ่านโซเลนอยด์จึงมีค่าสูงสุดที่บริเวณแกนกลางของโซเลนอยด์ ซึ่งขนาดของสนามแม่เหล็กจากกระแสไฟฟ้าที่ผ่านโซเลนอยด์มีค่าเพิ่มขึ้นตามค่ากระแสไฟฟ้าและจำนวนรอบต่อความยาวของขดลวด

2. ครูให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับสนามแม่เหล็กจากกระแสไฟฟ้าที่ผ่านทอรรอยด์ว่า ทอรรอยด์มีลักษณะเหมือนโซเลนอยด์ที่นำมาขดเป็นวงกลม เมื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าผ่านทอรรอยด์ สำหรับทอรรอยด์ที่ขดลวดพันชิดกันหรือแกน เป็นสารแม่เหล็กเฟอร์ไรต์จะเกิดสนามแม่เหล็กเฉพาะบริเวณภายในแกนของทอรรอยด์เท่านั้น โดยสนามแม่เหล็กจะวนเป็นวงกลมไปตามความโค้งของแกน สนามแม่เหล็กภายในทอรรอยด์เป็นสนามไม่สม่ำเสมอ โดยสนามแม่เหล็กบริเวณขอบในของแกนมีค่าสูงกว่าสนามแม่เหล็กบริเวณขอบนอกของแกน ซึ่งขนาดของสนามแม่เหล็กมีค่าลดลงตามระยะห่างจากจุดศูนย์กลางของทอรรอยด์

ชั่วโมงที่ 3-4

ชั้นลงมือทำ (Doing)

1. ครูให้นักเรียนแบ่งกลุ่ม (กลุ่มละ 6 คน) เพื่อร่วมกันศึกษากิจกรรม สนามแม่เหล็กที่เกิดจากกระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำ จากหนังสือเรียน โดยครูใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบร่วมมือมาจัดกระบวนการเรียนรู้ โดยกำหนดให้สมาชิกแต่ละคนภายในกลุ่มมีบทบาทหน้าที่ของตนเอง ดังนี้
 - สมาชิกคนที่ 1-2 ทำหน้าที่ เตรียมวัสดุอุปกรณ์
 - สมาชิกคนที่ 3-4 ทำหน้าที่ อ่านวิธีการทำกิจกรรม และนำมาอธิบายให้สมาชิกภายในกลุ่ม
 - สมาชิกคนที่ 5-6 ทำหน้าที่ บันทึกผลการทดลอง
2. ครูแจ้งจุดประสงค์ของกิจกรรม สนามแม่เหล็กที่เกิดจากกระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำ ให้นักเรียนทราบ เพื่อเป็นแนวทางการปฏิบัติที่ถูกต้อง จากนั้นให้นักเรียนแต่ละกลุ่มทำกิจกรรมตามขั้นตอน จากหนังสือเรียน

3. ครูเน้นให้นักเรียนทราบว่า กระแสไฟฟ้าที่ผ่านลวดตัวนำต้องเป็นไฟฟ้ากระแสตรง ดังนั้น จึงต้องใช้เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า และตำแหน่งต่าง ๆ ของเข็มทิศที่วางบนกระดาษแข็งควรห่างจากเส้นลวดตัวนำไม่เกิน 2 เซนติเมตร ควรจะขยับเข็มทิศไปที่ละน้อยในรอบเส้นลวดตัวนำพร้อมทั้งสังเกตแนวการวางตัวของเข็มทิศ ซึ่งควรเวลาไม่เกิน 1 นาที และในขณะที่ทำการทดลองไม่ควรมีสารแม่เหล็กและแท่งแม่เหล็กอยู่ในบริเวณนั้น
4. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันแลกเปลี่ยนความรู้และวิเคราะห์ผลการปฏิบัติกิจกรรม แล้วอภิปรายผลร่วมกัน จากนั้นส่งตัวแทนออกมานำเสนอผลการทำกิจกรรม ในระหว่างที่นักเรียนนำเสนอครูคอยให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมเพื่อให้นักเรียนมีความเข้าใจที่ถูกต้อง และร่วมกันตอบคำถามท้ายกิจกรรม โดยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายเพื่อหาคำตอบ
5. ครูสุ่มเลือกนักเรียน 2-3 กลุ่ม ให้ออกมานำเสนอคำตอบของกลุ่มตนเอง เมื่อนักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอคำตอบของกลุ่มตนเองเรียบร้อยแล้ว จากนั้นครูเฉลยคำถามท้ายกิจกรรม
6. นักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายผลท้ายกิจกรรมสนามแม่เหล็กที่เกิดจากกระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำว่า ขณะมีกระแสไฟฟ้าเข้าไปในลวดตัวนำตรงจะเกิดสนามแม่เหล็กขึ้นรอบ ๆ ตัวนำนั้น ทิศของสนามแม่เหล็กนี้จะขึ้นกับทิศของกระแสไฟฟ้า เมื่อทิศของกระแสไฟฟ้าเปลี่ยน ทิศของสนามแม่เหล็กก็จะเปลี่ยนด้วย สำหรับลวดตัวนำวงกลม พบว่ามีลักษณะคล้ายกัน แสดงว่าเมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำที่ขดเป็นวงกลมจะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กขึ้นในลักษณะเดียวกับสนามแม่เหล็กที่เกิดจากแท่งแม่เหล็ก และเมื่อให้กระแสไฟฟ้าผ่านโซเลนอยด์จะมีเส้นสนามแม่เหล็กเกิดขึ้น สนามแม่เหล็กในบริเวณแกนกลางโซเลนอยด์จะมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อจำนวนรอบของขดลวดเพิ่มขึ้น
7. ครูให้นักเรียนทุกคนทำแบบฝึกหัด เรื่อง กระแสไฟฟ้าทำให้เกิดสนามแม่เหล็ก จากแบบฝึกหัด รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.6 เล่ม 1 เป็นการบ้านส่งในชั่วโมงถัดไป

ขั้นสรุป

1. ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนสอบถามเนื้อหาที่ได้ศึกษาผ่านมาแล้วว่ามีส่วนไหนที่ยังไม่เข้าใจ แล้วให้ความรู้เพิ่มเติมในส่วนนั้น โดยที่ครูอาจจะใช้ PowerPoint เรื่อง กระแสไฟฟ้าทำให้เกิดสนามแม่เหล็ก มาช่วยในการอธิบาย
2. ครูอธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับแม่เหล็กไฟฟ้าและการนำแม่เหล็กไฟฟ้าไปใช้งานด้านต่าง ๆ เช่น สวิตช์อัตโนมัติ ชนิดแม่เหล็กไฟฟ้า สวิตช์รีเลย์
3. ครูมอบหมายให้นักเรียนฝึกทำแบบฝึกหัด Topic Question เรื่อง กระแสไฟฟ้าทำให้เกิดสนามแม่เหล็ก จากหนังสือเรียนฯ ลงในสมุดประจำตัว
4. ครูมอบหมายให้นักเรียนไปทำแบบฝึกเสริมประสบการณ์จาก Unit Question 1 เรื่อง กระแสไฟฟ้าทำให้เกิดสนามแม่เหล็ก จากหนังสือเรียนฯ ลงในสมุดประจำตัว และศึกษาเนื้อหา เรื่อง แรงกระทำต่อลวดตัวนำตรงที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านและอยู่ในสนามแม่เหล็ก ซึ่งจะเรียนในคาบต่อไปมาล่วงหน้า

ขั้นประเมิน

1. ประเมินความรู้เกี่ยวกับเรื่อง กระแสไฟฟ้าทำให้เกิดสนามแม่เหล็ก โดยสังเกตพฤติกรรมการตอบคำถาม การทำแบบฝึกหัด และการสรุปสาระสำคัญ
2. ประเมินทักษะและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จากโดยสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม การปฏิบัติกิจกรรม สนามแม่เหล็กที่เกิดจากกระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำ และการนำความรู้ที่ได้ไปใช้ประโยชน์
3. ประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์โดยสังเกตพฤติกรรมจากการสังเกตพฤติกรรมการปฏิบัติกิจกรรม การอภิปราย และการทำแบบฝึกหัด

7. การวัดและประเมินผล

รายการวัด	วิธีวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
7.1 การประเมินระหว่างการจัดกิจกรรม 1) กระแสไฟฟ้าทำให้เกิดสนามแม่เหล็ก	- ตรวจสอบแบบฝึกหัด - ตรวจสอบ Topic Question	- ตรวจสอบแบบฝึกหัด - Topic Question	- ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์ - ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์ - ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์
2) การปฏิบัติการ	- ประเมินการปฏิบัติการ	- แบบประเมินการปฏิบัติการ	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
3) พฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- สังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
4) พฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- สังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
5) คุณลักษณะอันพึงประสงค์	- สังเกตความมีวินัย ใฝ่เรียนรู้ และมุ่งมั่นในการทำงาน	- แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์

8. สื่อ/แหล่งการเรียนรู้

8.1 สื่อการเรียนรู้

- 1) หนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ฟิสิกส์ ม.6 เล่ม 1
- 2) แบบฝึกหัด รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ฟิสิกส์ ม.6 เล่ม 1

3) PowerPoint เรื่อง กระแสไฟฟ้าทำให้เกิดสนามแม่เหล็ก

4) สมุดประจำตัว

8.2 แหล่งการเรียนรู้

1) ห้องเรียน

2) ห้องสมุด

3) แหล่งข้อมูลสารสนเทศ

9. ความเห็นของผู้บริหารสถานศึกษาหรือผู้ที่ได้รับมอบหมาย

ข้อเสนอแนะ	ลงชื่อ (.....) ตำแหน่ง
---------------------------	--

10. บันทึกผลหลังการสอน

• ด้านความรู้	
• ด้านสมรรถนะสำคัญของผู้เรียน	
• ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์	
• ด้านความสามารถทางวิทยาศาสตร์	
• ด้านอื่น ๆ (พฤติกรรมเด่น หรือพฤติกรรมที่มีปัญหาของนักเรียนเป็นรายบุคคล (ถ้ามี))	

• ปัญหา/อุปสรรค	
• แนวทางการแก้ไข	

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3

แรงกระทำต่อลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านและอยู่ในสนามแม่เหล็ก

เวลา 4 ชั่วโมง

1. ผลการเรียนรู้

อธิบาย และคำนวณแรงแม่เหล็กที่กระทำต่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก แรงแม่เหล็กที่กระทำต่อเส้นลวดที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านและวางในสนามแม่เหล็ก รัศมีความโค้งของการเคลื่อนที่เมื่อประจุเคลื่อนที่ตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก รวมทั้งอธิบายแรงระหว่างเส้นลวดตัวนำคู่ขนานที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านได้

2. จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบาย สืบค้น และอภิปรายเกี่ยวกับแรงกระทำต่อลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านและอยู่ในสนามแม่เหล็ก ได้ (K)
2. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างทิศของกระแสไฟฟ้า ทิศของสนามแม่เหล็ก และทิศการเคลื่อนที่ของลวดตัวนำได้ (K)
3. ปฏิบัติกิจกรรมแรงที่กระทำต่อลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านและอยู่ในสนามแม่เหล็กได้อย่างถูกต้อง (P)
4. ความเป็นคนช่างสังเกต ช่างคิด ช่างสงสัย ใฝ่เรียนรู้ และมุ่งมั่นในการแสวงหาความรู้ (A)

3. สารการเรียนรู้

สารการเรียนรู้เพิ่มเติม	สารการเรียนรู้ท้องถิ่น
- อนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่เข้าไปในสนามแม่เหล็ก จะเกิดแรงกระทำต่ออนุภาคนั้น คำนวณได้จากสมการ $F = ILB \sin \theta$ - ลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านและอยู่ในสนามแม่เหล็ก จะเกิดแรงกระทำต่อลวดตัวนำนั้น โดยทิศทางของแรงหาได้จากกฎมือขวา และคำนวณขนาดของแรงได้จากสมการ $F = ILB \sin \theta$	พิจารณาตามหลักสูตรของสถานศึกษา

4. สารสำคัญ/ความคิดรวบยอด

เมื่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็กจะมีแรงแม่เหล็กกระทำต่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้านั้น และเมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านลวดตัวนำใด แสดงว่ามีประจุไฟฟ้าเคลื่อนผ่านลวดตัวนำนั้น หากลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านอยู่ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็ก แรงแม่เหล็กที่กระทำต่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าจะส่งผลให้เกิดแรงแม่เหล็กกระทำต่อลวดตัวนำนั้นด้วย

5. สมรรถนะสำคัญของผู้เรียนและคุณลักษณะอันพึงประสงค์

สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน	คุณลักษณะอันพึงประสงค์
1. ความสามารถในการสื่อสาร 2. ความสามารถในการคิด 1) ทักษะการสังเกต 2) ทักษะการสื่อสาร 3) ทักษะการทดลอง 4) ทักษะการวิเคราะห์ 5) ทักษะการทำงานร่วมกัน 6) ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป 3. ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต	1. มีวินัย รับผิดชอบ 2. ใฝ่เรียนรู้ 3. ซื่อสัตย์ สุจริต 4. มุ่งมั่นในการทำงาน

6. กิจกรรมการเรียนรู้

 แนวคิด/รูปแบบการสอน/วิธีสอน/เทคนิค : การสอนแบบเน้นมโนทัศน์ (Concept Based Teaching)

ชั่วโมงที่ 1-2

ขั้นนำ

ขั้นการใช้ความรู้เดิมเชื่อมโยงความรู้ใหม่ (Prior Knowledge)

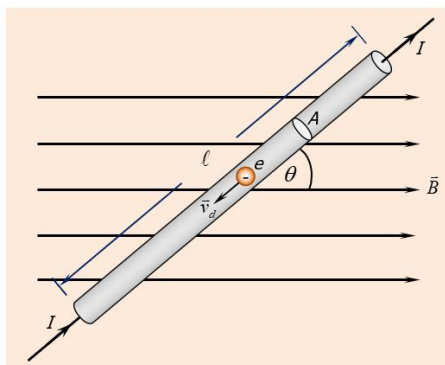
1. ครูทบทวนเกี่ยวกับสนามแม่เหล็กที่เกิดจากกระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำ จากนั้นตั้งคำถามว่า ถ้าวางลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าไว้ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็ก จะเกิดแรงกระทำต่อลวดตัวนำนั้นหรือไม่ อย่างไร ขนาดของแรงที่กระทำต่อลวดตัวนำตรงขึ้นอยู่กัปริมาณใดบ้าง และจะหาทิศของแรงแม่เหล็กได้อย่างไร
2. ครูให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายแสดงความคิดเห็นอย่างอิสระโดยไม่มีการเฉลยว่าถูกหรือผิด ซึ่งนักเรียนจะได้คำตอบที่ถูกต้องจากการเรียนต่อไป

ขั้นสอน

ขั้นรู้ (Knowing)

1. นักเรียนแบ่งกลุ่ม ๆ ละ 3-4 คน ตามความสมัครใจของนักเรียน โดยให้แต่ละกลุ่มร่วมกันศึกษาค้นคว้าข้อมูลเรื่อง แรงกระทำต่อลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านและอยู่ในสนามแม่เหล็ก จากหนังสือเรียน หรือแหล่งการเรียนรู้ต่าง ๆ เช่น อินเทอร์เน็ต แล้วร่วมกันสรุปความรู้ที่ศึกษาลงในสมุดประจำตัว
(หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม)

- ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายเรื่องที่ได้ศึกษา จากนั้นให้นักเรียนแต่ละคนเขียนสรุปความรู้ที่ได้จากการศึกษาค้นคว้าลงในสมุดประจำตัว เพื่อนำส่งครูท้ายชั่วโมง
- ครูแสดงภาพหรือนำภาพในหนังสือเรียนเกี่ยวกับแรงแม่เหล็กบนลวดตัวนำตรงที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านและอยู่ในสนามแม่เหล็กสม่ำเสมอ



- ครูอธิบายให้นักเรียนเข้าใจว่า ลวดตัวนำตรงยาว l พื้นที่หน้าตัด A ที่มีกระแสไฟฟ้า I ผ่านและอยู่ในสนามแม่เหล็กสม่ำเสมอ $\vec{B}$ ดังภาพ เนื่องจากกระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำเกิดจากการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนอิสระซึ่งเป็นอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าจึงเกิดแรงแม่เหล็กกระทำต่ออิเล็กตรอนอิสระภายในตัวนำ ส่งผลให้เกิดแรงแม่เหล็กกระทำต่อลวดตัวนำ โดยแรงแม่เหล็กที่กระทำต่อลวดตัวนำมีค่าเท่ากับแรงแม่เหล็กลัพธ์ที่กระทำต่ออิเล็กตรอนอิสระในตัวนำ
- ครูอธิบายเพิ่มเติมว่า อิเล็กตรอนอิสระเคลื่อนที่ด้วยความเร็วเท่ากับความเร็วลอยเลื่อน $\vec{v}_d$ ในทิศตรงข้ามกับทิศของกระแสไฟฟ้า แรงแม่เหล็กที่กระทำต่ออิเล็กตรอนอิสระแต่ละอนุภาคจึงมีค่าเป็น $-e(\vec{v}_d \times \vec{B})$ คือ มีขนาดเป็น $ev_d B \sin(180^\circ - \theta) = ev_d B \sin \theta$ ทิศพุ่งเข้าและตั้งฉากกับระนาบหน้ากระดาษ เมื่อ e คือ ปริมาณประจุของอิเล็กตรอนแต่ละอนุภาค ถ้าจำนวนอิเล็กตรอนอิสระต่อหน่วยปริมาตรในลวดตัวนำมีค่าเป็น n จำนวนอนุภาคไฟฟ้าทั้งหมดในลวดตัวนำ จะมีค่าเป็น nAl แรงแม่เหล็กบนลวดตัวนำตรงจึงมีขนาดเป็นค่าเป็น $F_B = nAl(ev_d B \sin \theta) = nev_d A(lB \sin \theta)$
แต่ $nev_d A = I$ คือ กระแสไฟฟ้าที่ผ่านลวดตัวนำ จึงสมการ $F_B = I l B \sin \theta$

ขั้นเข้าใจ (Understanding)

- ครูให้นักเรียนแต่ละคนศึกษาสมการที่ใช้ในการคำนวณเกี่ยวกับขนาดของแรงแม่เหล็กที่กระทำต่อลวดตัวนำตามรายละเอียดในหนังสือเรียน และศึกษาตัวอย่างที่ 1.5 เพื่อให้นักเรียนเกิดความเข้าใจมากยิ่งขึ้น
- ครูอาจสุ่มนักเรียนให้ออกมานำเสนอวิธีการแก้ปัญหาโจทย์ตัวอย่าง โดยที่ครูคอยแนะนำและเสริมข้อมูลที่ถูกต้องให้นักเรียน
- นักเรียนจับคู่กับเพื่อนในชั้นเรียน ตามความสมัครใจของนักเรียน จากนั้นร่วมกันทำใบงานที่ 1.2 เรื่อง แรงกระทำต่อลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านและอยู่ในสนามแม่เหล็ก
- ครูสุ่มนักเรียนจำนวน 2 คู่ ออกมาเฉลยใบงาน โดยนักเรียนร่วมกันพิจารณาว่าคำตอบใดถูกต้อง จากนั้นครูเฉลยคำตอบที่ถูกต้องให้นักเรียน

ขั้นสอน

ชั้นลงมือทำ (Doing)

1. ครูให้นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 4-5 คน ปฏิบัติกิจกรรม แรงกระทำต่อลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านและอยู่ในสนามแม่เหล็ก โดยให้นักเรียนแบ่งบทบาทหน้าที่ของสมาชิกภายในกลุ่มว่าใครมีบทบาทหน้าที่อย่างไร
2. นักเรียนทำกิจกรรมโดยครูกำหนดเวลาในการทำกิจกรรม ขณะที่นักเรียนทำกิจกรรม ครูคอยตรวจพฤติกรรมของนักเรียนและจดบันทึกในแบบบันทึกพฤติกรรม
(หมายเหตุ: ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบประเมินการปฏิบัติกิจกรรม)
3. ครูอาจให้คำแนะนำก่อนทำกิจกรรม ดังนี้
 - ในการทดลองนี้ ต้องให้กระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำในทิศที่แน่นอน อาจใช้ถ่านไฟฉายเป็นแหล่งกำเนิดไฟฟ้าหรือใช้เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าก็ได้
 - ก่อนทำการทดลองควรนำเข็มทิศมาตรวจสอบขั้วแม่เหล็กขั้วขั้ว เพื่อได้ทราบว่า ด้านล่างของแม่เหล็กแท่งบนเป็นขั้วเหนือ และด้านบนของแม่เหล็กแท่งล่างเป็นขั้วใต้ กรณีถ้าต้องการให้ทิศของสนามแม่เหล็กขึ้นตามแนวดิ่ง ให้พลิกแผ่นเหล็กขั้วขั้วกลับข้างบนลงล่าง และเมื่อทำการทดลองแต่ละครั้ง ควรปิดสวิตซ์ทันที

ขั้นสรุป

1. ครูให้แต่ละกลุ่มส่งตัวแทนออกมารายงานผลที่ได้จากการทำกิจกรรมหน้าชั้นเรียน แล้วครูสอบถามนักเรียนกลุ่มอื่นว่าได้ผลของทิศการเคลื่อนที่ของความเหมือนหรือต่างกันหรือไม่ อย่างไร ถ้าไม่ตรงกันให้ช่วยกันวิเคราะห์และสรุปว่าผลที่ถูกต้องเป็นอย่างไร จากนั้นครูเป็นผู้เฉลยผลที่ได้จากการทำกิจกรรมที่ถูกต้อง
2. นักเรียนแต่ละกลุ่มวิเคราะห์ผลที่ได้จากการทำกิจกรรมตามคำถาม ดังนี้
 - สนามแม่เหล็กมีผลต่อการเคลื่อนที่ของลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านหรือไม่ อย่างไร
 - ทิศของกระแสไฟฟ้ามีผลต่อทิศการเคลื่อนที่ของเส้นลวดตัวนำหรือไม่ อย่างไร
 - เพราะเหตุใดลวดตัวนำจึงเคลื่อนที่ได้
3. นักเรียนและครูร่วมกันสรุปเกี่ยวกับกิจกรรม แรงกระทำต่อลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านและอยู่ในสนามแม่เหล็ก เพื่อให้ได้ข้อสรุปว่า ลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าไหลและอยู่ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็ก จะมีแรงกระทำทำให้ลวดตัวนำเคลื่อนที่ ซึ่งการเคลื่อนที่จะขึ้นอยู่กับทิศทางของกระแสไฟฟ้าและทิศทางของสนามแม่เหล็ก

5. ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนสอบถามเนื้อหาที่ได้ศึกษาผ่านมาแล้วว่ามีส่วนไหนที่ยังไม่เข้าใจ แล้วให้ความรู้เพิ่มเติมในส่วนนั้น โดยที่ครูอาจจะใช้ PowerPoint เรื่อง แรงกระทำต่อลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านและอยู่ในสนามแม่เหล็ก มาช่วยในการอธิบาย
6. ครูมอบหมายให้นักเรียนฝึกทำแบบฝึกหัด Topic Question เรื่อง แรงกระทำต่อลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านและอยู่ในสนามแม่เหล็ก จากหนังสือเรียนฯ ลงในสมุดประจำตัว
7. ครูให้นักเรียนทำแบบฝึกหัด เรื่อง แรงกระทำต่อลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านและอยู่ในสนามแม่เหล็ก เป็นการบ้านแล้วนำส่งครู และศึกษาเนื้อหา เรื่อง แรงระหว่างลวดตัวนำ 2 เส้นที่ขนานกัน และมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน ซึ่งจะเรียนในคาบต่อไปมาล่วงหน้า

ขั้นประเมิน

1. ประเมินความรู้เกี่ยวกับเรื่อง แรงกระทำต่อลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านและอยู่ในสนามแม่เหล็ก โดยสังเกตพฤติกรรมการตอบคำถาม การทำแบบฝึกหัด ใบงาน และการสรุปสาระสำคัญ
2. ประเมินทักษะและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จากโดยสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม การปฏิบัติกิจกรรม แรงกระทำต่อลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านและอยู่ในสนามแม่เหล็ก และการนำความรู้ที่ได้ไปใช้ประโยชน์
3. ประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์โดยสังเกตพฤติกรรมจากการสังเกตพฤติกรรมการปฏิบัติกิจกรรม การอภิปราย และการทำแบบฝึกหัด

7. การวัดและประเมินผล

รายการวัด	วิธีวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
7.1 การประเมินระหว่างการจัดกิจกรรม 1) แรงกระทำต่อลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านและอยู่ในสนามแม่เหล็ก	- ตรวจใบงานที่ 1.2 - ตรวจแบบฝึกหัด - ตรวจ Topic Question	- ใบงานที่ 1.2 - ตรวจแบบฝึกหัด - Topic Question	- ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์ - ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์ - ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์
2) การปฏิบัติการ	- ประเมิน การปฏิบัติการ	- แบบประเมิน การปฏิบัติการ	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
3) พฤติกรรม การทำงาน รายบุคคล	- สังเกตพฤติกรรม การทำงานรายบุคคล	- แบบสังเกต พฤติกรรม การทำงานรายบุคคล	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
4) พฤติกรรม การทำงานกลุ่ม	- สังเกตพฤติกรรม การทำงานกลุ่ม	- แบบสังเกต พฤติกรรม	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์

		การทำงานกลุ่ม	
5) คุณลักษณะ อันพึงประสงค์	- สังเกตความมีวินัย ใฝ่เรียนรู้ และมุ่งมั่น ในการทำงาน	- แบบประเมิน คุณลักษณะ อันพึงประสงค์	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์

8. สื่อ/แหล่งการเรียนรู้

8.1 สื่อการเรียนรู้

- 1) หนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ฟิสิกส์ ม.6 เล่ม 1
- 2) แบบฝึกหัด รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ฟิสิกส์ ม.6 เล่ม 1
- 3) ใบงานที่ 1.2 เรื่อง แรงกระทำต่อลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านและอยู่ในสนามแม่เหล็ก
- 4) PowerPoint เรื่อง แรงกระทำต่อลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านและอยู่ในสนามแม่เหล็ก
- 5) สมุดประจำตัว

8.2 แหล่งการเรียนรู้

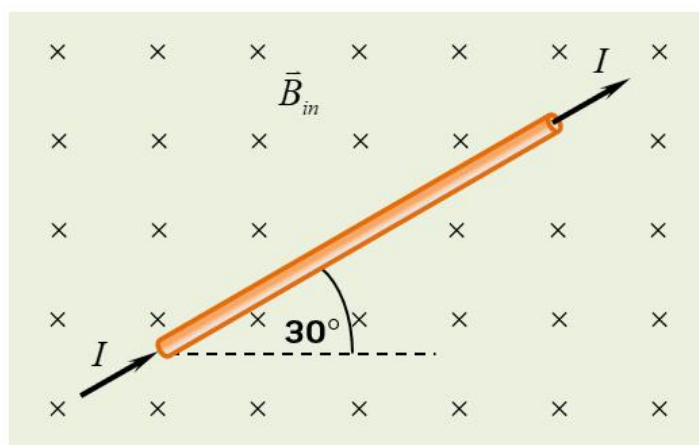
- 1) ห้องเรียน
- 2) ห้องสมุด
- 3) แหล่งข้อมูลสารสนเทศ

ใบงานที่ 1.2

เรื่อง แรงกระทำต่อลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านและอยู่ในสนามแม่เหล็ก

คำชี้แจง : ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

ลวดตัวนำตรงยาว 50 เซนติเมตร มีกระแสไฟฟ้าผ่าน 2 แอมแปร์ วางอยู่ในสนามแม่เหล็กสม่ำเสมอขนาด 0.40 เทสลา ดังภาพ จงหาขนาดและทิศทางของแรงแม่เหล็กที่กระทำต่อลวดตัวนำตรงนี้

[illegible]

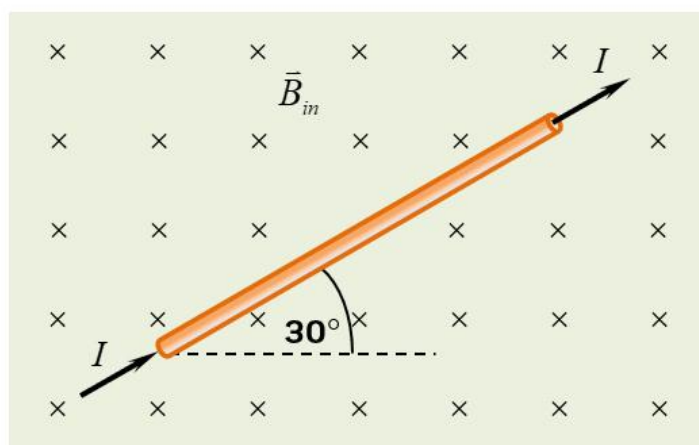
ใบงานที่ 1.2

เรื่อง แรงกระทำต่อลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านและอยู่ในสนามแม่เหล็ก

เฉลย

คำชี้แจง : ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

ลวดตัวนำตรงยาว 50 เซนติเมตร มีกระแสไฟฟ้าผ่าน 2 แอมแปร์ วางอยู่ในสนามแม่เหล็กสม่ำเสมอขนาด 0.40 เทสลา ดังภาพ จงหาขนาดและทิศทางของแรงแม่เหล็กที่กระทำต่อลวดตัวนำตรงนี้



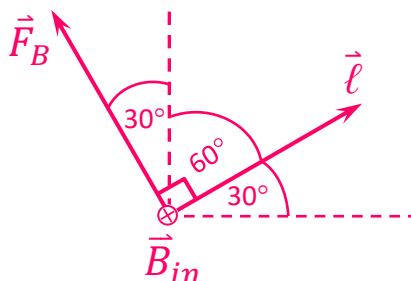
วิธีทำ จาก $F_B = I\ell B \sin \theta$ โดยที่ $\theta = 90^\circ$ เนื่องจากสนามแม่เหล็กมีทิศตั้งฉากกับลวดตัวนำตรง จึงได้

$$F_B = (2.0\text{ A})(0.50\text{ m})(0.40\text{ T}) \sin 90^\circ = 0.40\text{ N}$$

ส่วนทิศทางหาได้จากกฎมือขวาสำหรับการคูณแบบเวกเตอร์ โดยแรงแม่เหล็กบนลวดตัวนำตรงจะมีทิศ

เดียวกับ $\vec{\ell} \times \vec{B}$

จากภาพ $\vec{\ell}$ มีทิศเอียงทำมุม 30° เหนือแนวระดับ ในระนาบหน้ากระดาษ ส่วน $\vec{B}$ มีทิศพุ่งเข้าตั้งฉากกับระนาบหน้ากระดาษ $\vec{\ell} \times \vec{B}$ มีทิศพุ่งขึ้นตั้งฉากกับลวดตัวนำตรง จึงเอียงทำมุม 30° กับแนวตั้ง วัดทวนเข็มนาฬิกา ดังภาพ



แรงแม่เหล็กที่กระทำต่อลวดตัวนำตรงนี้จึงมีขนาด 0.40 นิวตัน ทิศทางทำมุม 30° กับแนวตั้ง วัดทวนเข็มนาฬิกา

นาฬิกา

9. ความเห็นของผู้บริหารสถานศึกษาหรือผู้ที่ได้รับมอบหมาย

ข้อเสนอแนะ	ลงชื่อ (.....) ตำแหน่ง
---------------------------	--

10. บันทึกผลหลังการสอน

• ด้านความรู้	
• ด้านสมรรถนะสำคัญของผู้เรียน	
• ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์	
• ด้านความสามารถทางวิทยาศาสตร์	
• ด้านอื่น ๆ (พฤติกรรมเด่น หรือพฤติกรรมที่มีปัญหาของนักเรียนเป็นรายบุคคล (ถ้ามี))	

• ปัญหา/อุปสรรค	
• แนวทางการแก้ไข	

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4

แรงระหว่างลวดตัวนำ 2 เส้นที่ขนานกันและมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน

เวลา 2 ชั่วโมง

1. ผลการเรียนรู้

อธิบาย และคำนวณแรงแม่เหล็กที่กระทำต่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก แรงแม่เหล็กที่กระทำต่อเส้นลวดที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านและวางในสนามแม่เหล็ก รัศมีความโค้งของการเคลื่อนที่เมื่อประจุเคลื่อนที่ตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก รวมทั้งอธิบายแรงระหว่างเส้นลวดตัวนำคู่ขนานที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านได้

2. จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายแรงระหว่างลวดตัวนำ 2 เส้น ที่วางขนานกัน และมีกระแสไหลผ่านในทิศเดียวกันได้ (K)
2. อธิบายแรงระหว่างลวดตัวนำ 2 เส้น ที่วางขนานกัน และมีกระแสไหลผ่านในทิศตรงกันข้ามได้ (K)
3. สืบค้น และวิเคราะห์ แรงระหว่างลวดตัวนำ 2 เส้น ที่ขนานกันและมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้อย่างถูกต้อง (P)
4. ความเป็นคนช่างสังเกต ช่างคิด ช่างสงสัย ใฝ่เรียนรู้ และมุ่งมั่นในการแสวงหาความรู้ (A)

3. สารการเรียนรู้

สารการเรียนรู้เพิ่มเติม	สารการเรียนรู้ท้องถิ่น
- อนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่เข้าไปในสนามแม่เหล็ก จะเกิดแรงกระทำต่ออนุภาคนั้น คำนวณได้จากสมการ $F = ILB \sin \theta$ - ลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านและอยู่ในสนามแม่เหล็ก จะเกิดแรงกระทำต่อลวดตัวนำนั้น โดยทิศทางของแรงหาได้จากกฎมือขวา และคำนวณขนาดของแรงได้จากสมการ $F = ILB \sin \theta$ - เมื่อวางเส้นลวดสองเส้นขนานกันและมีกระแสไฟฟ้าผ่านทั้งสองเส้น จะเกิดแรงกระทำระหว่างลวดตัวนำทั้งสอง	พิจารณาตามหลักสูตรของสถานศึกษา

4. สาระสำคัญ/ความคิดรวบยอด

เมื่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่านลวดตัวนำสองเส้นที่ขนานกัน จะเกิดแรงกระทำระหว่างลวดตัวนำทั้งสอง โดยทิศทางของแรงจะขึ้นอยู่กับทิศทางของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านลวดตัวนำทั้งสอง กล่าวได้ว่า เมื่อกระแสไฟฟ้าที่ไหลในลวดตัวนำมีทิศทางเดียวกันจะเกิดแรงดึงดูดซึ่งกันและกัน

5. สมรรถนะสำคัญของผู้เรียนและคุณลักษณะอันพึงประสงค์

สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน	คุณลักษณะอันพึงประสงค์
1. ความสามารถในการสื่อสาร 2. ความสามารถในการคิด 1) ทักษะการสังเกต 2) ทักษะการสื่อสาร 3) ทักษะการวิเคราะห์ 4) ทักษะการทำงานร่วมกัน 5) ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป 3. ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต	1. มีวินัย รับผิดชอบ 2. ใฝ่เรียนรู้ 3. ซื่อสัตย์ สุจริต 4. มุ่งมั่นในการทำงาน

6. กิจกรรมการเรียนรู้



แนวคิด/รูปแบบการสอน/วิธีสอน/เทคนิค : วิธีการสอนแบบบรรยาย (Lecture Method)

ชั่วโมงที่ 1-2

ขั้นนำ

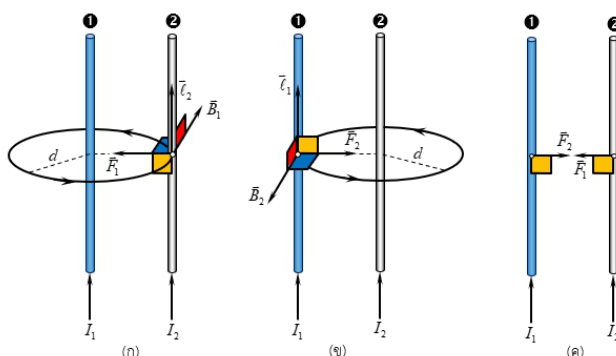
การเตรียมการบรรยาย

- ครูอาจนำสื่อวีดิทัศน์เพื่อใช้ทบทวนและเป็นเครื่องช่วยในการเรียนการสอน เรื่อง แรงกระทำต่อลวดตัวนำที่มีกระแสไหลผ่านและอยู่ในสนามแม่เหล็ก เช่น
- <https://www.youtube.com/watch?v=zpLmWw2wIgl>
- ครูถามคำถาม Key Question ว่า ลวดตัวนำ 2 เส้น ที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านและวางขนานกัน จะมีแรงใดกระทำต่อลวดหรือไม่ อย่างไร นักเรียนร่วมกันตอบคำถามและแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับคำตอบของคำถาม เพื่อเชื่อมโยงไปสู่การเรียนรู้เรื่อง แรงระหว่างลวดตัวนำ 2 เส้นที่ขนานกันและมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน

ขั้นสอน

การบรรยาย

1. ครูนำเข้าสู่หัวข้อนี้โดยให้นักเรียนพิจารณาหลอดตัวนำตรง 2 เส้นที่ขนานกันและมีกระแสไฟฟ้าผ่าน โดยแยกพิจารณาเป็น 2 กรณี ดังนี้
 - กรณีที่กระแสไฟฟ้าในหลอดตัวนำทั้งสองมีทิศเดียวกัน
 - กรณีที่กระแสไฟฟ้าในหลอดตัวนำทั้งสองมีทิศตรงกันข้าม
2. ครูอาจตั้งคำถามให้นักเรียนคิดว่า ถ้าหลอดตัวนำทั้งสองยาว ℓ เท่ากัน อยู่ห่างกันเป็นระยะ d และกระแสไฟฟ้าที่ผ่านหลอดเส้นที่ 1 และหลอดเส้นที่ 2 มีค่าเป็น I_1 และ I_2 ตามลำดับ แรงกระทำระหว่างหลอดตัวนำตรง 2 เส้น ที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านในทิศทางเดียวกันกับทิศตรงกันข้าม เหมือนหรือแตกต่างกันหรือไม่อย่างไร
3. ครูใช้ภาพแรงระหว่างหลอดตัวนำ 2 เส้นที่ขนานกัน ในหนังสือเรียนเพื่อประกอบการอธิบาย ดังนี้
 - กรณีที่กระแสไฟฟ้าในหลอดตัวนำทั้งสองมีทิศเดียวกัน

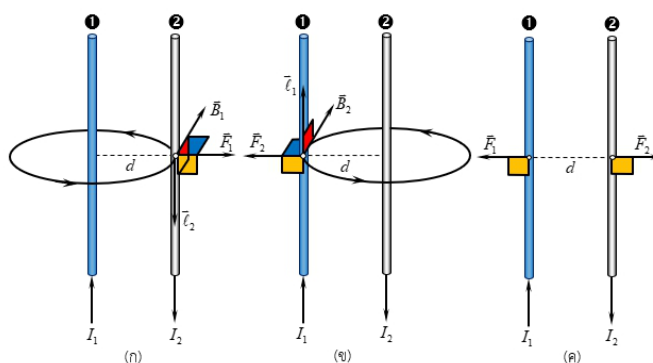


นักเรียนพิจารณาที่หลอดเส้นที่ 2 สนามแม่เหล็กที่ระยะห่าง d จากหลอดเส้นที่ 1 มีขนาดเป็น B_1 ทิศตั้งฉากกับหลอดเส้นที่ 2 (ทิศพุ่งออกจากระนาบหน้ากระดาษ) เนื่องจากสนามแม่เหล็กที่จุดต่างๆ บนหลอดเส้นที่ 2 มีค่าเท่ากัน (เพราะอยู่ห่างจากหลอดเส้นที่ 1 เท่ากัน) จึงเกิดแรงแม่เหล็กที่มีขนาดเป็น $F_1 = I_2 \ell B_1$ กระทำต่อหลอดเส้นที่ 2 โดยแรงกระทำนี้มีทิศตั้งฉากกับหลอดเส้นที่ 2 พุ่งเข้าหาหลอดเส้นที่ 1 ดังภาพ (ก)

นักเรียนพิจารณาที่หลอดเส้นที่ 1 สนามแม่เหล็กที่ระยะห่าง d จากหลอดเส้นที่ 2 มีขนาดเป็น B_2 ทิศตั้งฉากกับหลอดเส้นที่ 1 (ทิศพุ่งออกจากระนาบหน้ากระดาษ) เนื่องจากสนามแม่เหล็กที่จุดต่างๆ บนหลอดเส้นที่ 1 มีค่าเท่ากัน (เพราะอยู่ห่างจากหลอดเส้นที่ 2 เท่ากัน) จึงเกิดแรงแม่เหล็กที่มีขนาดเป็น $F_2 = I_1 \ell B_2$ กระทำต่อหลอดเส้นที่ 1 โดยแรงกระทำนี้มีทิศตั้งฉากกับหลอดเส้นที่ 1 พุ่งเข้าหาหลอดเส้นที่ 2 ดังภาพ (ข)

ครูอธิบายสรุปว่า แรงกระทำระหว่างหลอดตัวนำตรงสองเส้นที่วางตัวขนานกันและมีกระแสไฟฟ้าผ่านในทิศทางเดียวกันจึงเป็น**แรงดึงดูด** ดังภาพ (ค)

- กรณีที่กระแสไฟฟ้าในหลอดตัวนำทั้งสองมีทิศตรงกันข้าม



ครูอธิบายต่อว่า ถ้ากระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำทั้งสองมีทิศตรงกันข้าม จากการพิจารณาในทำนองเดียวกันจะพบว่า แรงกระทำระหว่างลวดตัวนำทั้งสองจะเป็น**แรงผลัก** ดังภาพ

- นักเรียนและครูอภิปรายร่วมกันจนได้ข้อสรุปว่า แรงกระทำระหว่างลวดตัวนำทั้งสอง ($F_2 = I_2 \ell B_1$ และ $F_1 = I_1 \ell B_2$) มีขนาดเท่ากัน แรงกระทำระหว่างลวดตัวนำตรงที่วางตัวขนานกันและมีกระแสไฟฟ้าผ่านจึงเป็นแรงต่างร่วม คือ มีขนาดเท่ากันและมีทิศตรงกันข้าม โดยจะเป็นแรงดึงดูด ถ้ากระแสไฟฟ้าไหลในทิศเดียวกัน แต่จะเป็นแรงผลัก ถ้ากระแสไฟฟ้าไหลในทิศตรงข้าม
- ครูให้ความรู้เกี่ยวกับแรงกระทำระหว่างลวดตัวนำตรงสองเส้นที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน นำไปใช้นิยามหน่วยของกระแสไฟฟ้าในระบบเอสไอ โดยกำหนดว่า กระแสไฟฟ้าคงตัวค่าเดียวกันที่ไหลผ่านลวดตัวนำเส้นเล็ก ๆ 2 เส้นซึ่งยาวมากและวางตัวขนานกันโดยอยู่ห่างกัน 1 เมตร ในสุญญากาศ แล้วทำให้เกิดแรงกระทำระหว่างลวดตัวนำทั้งสอง (คิดต่อหน่วยความยาว) เท่ากับ $2 \times 10^{-7} \text{ N/m}$ มีค่าเท่ากับ 1 แอมแปร์

ขั้นสรุป

- นักเรียนจับคู่กับเพื่อนในชั้นเรียน ตามความสมัครใจของนักเรียน จากนั้นร่วมกันทำใบงานที่ 1.3 เรื่อง แรงระหว่างลวดตัวนำ 2 เส้นที่ขนานกันและมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน
- ครูสุ่มนักเรียนจำนวน 2 คู่ ออกมาเฉลยใบงาน โดยครูให้นักเรียนร่วมกันพิจารณาว่าคำตอบใดถูกต้อง จากนั้นครูเฉลยคำตอบที่ถูกต้องให้นักเรียน
- ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนสอบถามเนื้อหาที่ได้ศึกษาผ่านมาแล้วว่ามีส่วนไหนที่ยังไม่เข้าใจ แล้วให้ความรู้เพิ่มเติมในส่วนนั้น โดยที่ครูอาจจะใช้ PowerPoint เรื่อง แรงระหว่างลวดตัวนำ 2 เส้นที่ขนานกันและมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน มาช่วยในการอธิบาย
- ครูมอบหมายให้นักเรียนฝึกทำแบบฝึกหัด Topic Question เรื่อง แรงระหว่างลวดตัวนำ 2 เส้นที่ขนานกันและมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน จากหนังสือเรียนฯ ลงในสมุดประจำตัว และศึกษาเนื้อหา เรื่อง แรงกระทำต่อขดลวดที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านและอยู่ในสนามแม่เหล็ก ซึ่งจะเรียนในคาบต่อไปมาล่วงหน้า

ขั้นประเมิน

- ประเมินความรู้เกี่ยวกับเรื่อง แรงระหว่างลวดตัวนำ 2 เส้นที่ขนานกันและมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน โดยสังเกตพฤติกรรมการตอบคำถาม การทำแบบฝึกหัด ใบงาน และการสรุปสาระสำคัญ

2. ประเมินทักษะและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จากโดยสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม การปฏิบัติกิจกรรม และการนำความรู้ที่ได้ไปใช้ประโยชน์
3. ประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์โดยสังเกตพฤติกรรมจากการสังเกตพฤติกรรมการปฏิบัติกิจกรรม การอภิปราย และการทำแบบฝึกหัด

7. การวัดและประเมินผล

รายการวัด	วิธีวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
7.1 การประเมินระหว่างการจัดกิจกรรม 1) แรงระหว่างลวด ตัวนำ 2 เส้นที่ขนานกัน และมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน	- ตรวจใบงานที่ 1.3 - ตรวจแบบฝึกหัด - ตรวจ Topic Question	- ใบงานที่ 1.3 - ตรวจแบบฝึกหัด - Topic Question	- ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์ - ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์ - ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์
2) การปฏิบัติการ	- ประเมินการปฏิบัติการ	- แบบประเมินการปฏิบัติการ	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
3) พฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- สังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
4) พฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- สังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
5) คุณลักษณะอันพึงประสงค์	- สังเกตความมีวินัย ใฝ่เรียนรู้ และมุ่งมั่นในการทำงาน	- แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์

8. สื่อ/แหล่งการเรียนรู้

8.1 สื่อการเรียนรู้

- 1) หนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ฟิสิกส์ ม.6 เล่ม 1
- 2) แบบฝึกหัด รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ฟิสิกส์ ม.6 เล่ม 1

- 3) ใบงานที่ 1.3 เรื่อง แรงระหว่างลวดตัวนำ 2 เส้นที่ขนานกันและมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน
- 4) PowerPoint เรื่อง แรงระหว่างลวดตัวนำ 2 เส้นที่ขนานกันและมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน
- 5) สมุดประจำตัว

8.2 แหล่งการเรียนรู้

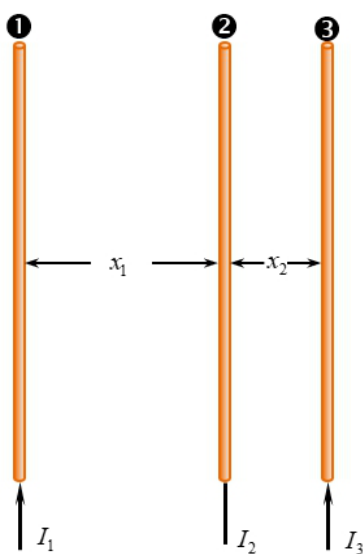
- 1) ห้องเรียน
- 2) ห้องสมุด
- 3) แหล่งข้อมูลสารสนเทศ

ใบงานที่ 1.3

เรื่อง แรงระหว่างลวดตัวนำ 2 เส้นที่ขนานกันและมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน

คำชี้แจง : ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

ลวดตัวนำตรงขนาดเท่ากันสามเส้นวางตัวขนานกันดังภาพ ถ้า $x_1 = 10 \text{ cm}$, $x_2 = 5.0 \text{ cm}$, $I_1 = 0.30 \text{ A}$ และ $I_3 = 0.20 \text{ A}$ จงหาขนาดและทิศทางของกระแสไฟฟ้าที่ผ่านลวดตัวนำเส้นที่ 2 ที่ทำให้แรงแม่เหล็กบนลวดตัวนำเส้นที่ 3 เป็นศูนย์

This image shows a full page of white paper with horizontal dashed lines, typical of primary school writing paper. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

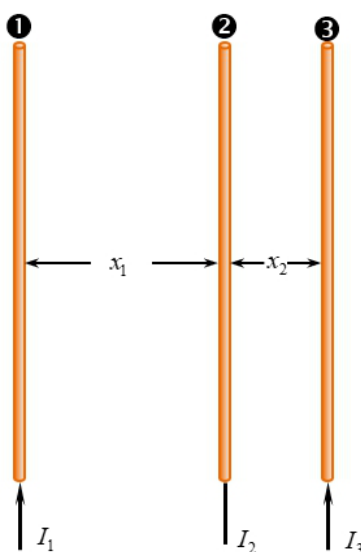
ใบงานที่ 1.3

เรื่อง แรงระหว่างลวดตัวนำ 2 เส้นที่ขนานกันและมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน

เฉลย

คำชี้แจง : ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

ลวดตัวนำตรงขนาดเท่ากันสามเส้นวางตัวขนานกันดังภาพ ถ้า $x_1 = 10$ cm, $x_2 = 5.0$ cm, $I_1 = 0.30$ A และ $I_3 = 0.20$ A จงหาขนาดและทิศทางของกระแสไฟฟ้าที่ผ่านลวดตัวนำเส้นที่ 2 ที่ทำให้แรงแม่เหล็กบนลวดตัวนำเส้นที่ 3 เป็นศูนย์



วิธีทำ กระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำเส้นที่ 1 และเส้นที่ 3 มีทิศเดียวกัน แรงแม่เหล็กจากลวดตัวนำเส้นที่ 1 ที่กระทำต่อลวดเส้นที่ 3 จึงเป็นแรงดึงดูด หรือมีทิศไปทางซ้ายมือ แรงแม่เหล็กบนลวดเส้นที่ 3 จะเป็นศูนย์ เมื่อแรงแม่เหล็กจากลวดเส้นที่ 2 ที่กระทำต่อลวดเส้นที่ 3 เป็นแรงผลักหรือมีทิศไปทางขวามือ โดยแรงทั้งสองต้องมีขนาดเท่ากัน กระแสไฟฟ้าในลวดเส้นที่ 2 จึงมีทิศพุ่งลงตามแนวดิ่ง

เนื่องจากแรงแม่เหล็กบนเส้นที่ 3 จากลวดเส้นที่ 1 และลวดเส้นที่ 2 มีขนาดเป็น $I_3 \ell B_1$ และ $I_3 \ell B_2$

ตามลำดับ จึงได้ $I_3 \ell B_1 = I_3 \ell B_2$ และ $B_1 = B_2$ หรือ $\frac{B_1}{B_2} = 1$

โดยที่ $B \propto \frac{I}{d}$ จึงได้ $\frac{I_1/d_1}{I_2/d_2} = 1$

$$\text{และ } I_2 = \left(\frac{d_2}{d_1}\right) I_1 = \left(\frac{x_2}{x_1 + x_2}\right) I_1 = \left(\frac{5}{15}\right) (0.3 \text{ A}) = 0.1 \text{ A}$$

แรงแม่เหล็กบนลวดตัวนำเส้นที่ 3 เป็นศูนย์ เมื่อมีกระแสไฟฟ้า 0.1 แอมแปร์ ผ่านลวดเส้นที่ 2 ในทิศพุ่งลงตามแนวดิ่ง

9. ความเห็นของผู้บริหารสถานศึกษาหรือผู้ที่ได้รับมอบหมาย

ข้อเสนอแนะ	ลงชื่อ (.....) ตำแหน่ง
---------------------------	--

10. บันทึกผลหลังการสอน

• ด้านความรู้	
• ด้านสมรรถนะสำคัญของผู้เรียน	
• ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์	
• ด้านความสามารถทางวิทยาศาสตร์	
• ด้านอื่น ๆ (พฤติกรรมเด่น หรือพฤติกรรมที่มีปัญหาของนักเรียนเป็นรายบุคคล (ถ้ามี))	

• ปัญหา/อุปสรรค	
• แนวทางการแก้ไข	

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5

แรงกระทำต่อขดลวดที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านและอยู่ในสนามแม่เหล็ก

เวลา 2 ชั่วโมง

1. ผลการเรียนรู้

อธิบาย และคำนวณแรงแม่เหล็กที่กระทำต่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก แรงแม่เหล็กที่กระทำต่อเส้นลวดที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านและวางในสนามแม่เหล็ก รัศมีความโค้งของการเคลื่อนที่เมื่อประจุเคลื่อนที่ตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก รวมทั้งอธิบายแรงระหว่างเส้นลวดตัวนำคู่ขนานที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านได้

2. จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบาย และคำนวณแรงกระทำต่อขดลวดที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านและอยู่ในสนามแม่เหล็กได้ (K)
2. นำสมการ $M = NIAB \sin \theta$ ไปคำนวณหาปริมาณต่าง ๆ จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้ถูกต้อง (P)
3. ความเป็นคนช่างสังเกต ช่างคิด ช่างสงสัย ใฝ่เรียนรู้ และมุ่งมั่นในการแสวงหาความรู้ (A)

3. สารการเรียนรู้

สารการเรียนรู้เพิ่มเติม	สารการเรียนรู้ท้องถิ่น
- เมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่านขดลวดตัวนำที่อยู่ในสนามแม่เหล็กจะมีโมเมนต์ของแรงคู่ควบกระทำต่อขดลวดทำให้ขดลวดหมุน ซึ่งนำไปใช้อธิบายการทำงานของแกลแวนอมิเตอร์และมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง โดยโมเมนต์ของแรงคู่ควบคำนวณได้จากสมการ $M = NIAB \cos \theta$	พิจารณาตามหลักสูตรของสถานศึกษา

4. สารสำคัญ/ความคิดรวบยอด

เมื่อลวดตัวนำตรงที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านและวางอยู่ในสนามแม่เหล็กจะมีแรงกระทำต่อลวดตัวนำนั้น เมื่อเปลี่ยนลวดตัวนำตรงเป็นขดลวด จะไม่เกิดแรงกระทำต่อลวดถ้าทิศทางของกระแสไฟฟ้าขนานกับสนามแม่เหล็ก แต่จะเกิดแรงกระทำต่อลวดเมื่อทิศทางของกระแสไฟฟ้าตั้งฉากกับทิศทางของสนามแม่เหล็ก

5. สมรรถนะสำคัญของผู้เรียนและคุณลักษณะอันพึงประสงค์

สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน	คุณลักษณะอันพึงประสงค์
1. ความสามารถในการสื่อสาร 2. ความสามารถในการคิด 1) ทักษะการสังเกต 2) ทักษะการสื่อสาร 3) ทักษะการวิเคราะห์ 4) ทักษะการทำงานร่วมกัน 5) ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป 3. ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต	1. มีวินัย รับผิดชอบ 2. ใฝ่เรียนรู้ 3. ซื่อสัตย์ สุจริต 4. มุ่งมั่นในการทำงาน

6. กิจกรรมการเรียนรู้



แนวคิด/รูปแบบการสอน/วิธีสอน/เทคนิค : การสอนแบบเน้นมโนทัศน์ (Concept Based Teaching)

ชั่วโมงที่ 1-2

ขั้นนำ

ขั้นการใช้ความรู้เดิมเชื่อมโยงความรู้ใหม่ (Prior Knowledge)

- ครูทบทวนเกี่ยวกับแรงระหว่างลวดตัวนำ 2 เส้นที่ขนานกันและมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านว่า ถ้าลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่าน 2 เส้นวางขนานและใกล้กัน จะมีแรงกระทำระหว่างลวดตัวนำทั้งสอง โดยจะพบว่า ถ้ากระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำขนานทั้งสองมีทิศเดียวกัน แรงระหว่างลวดเป็นแรงดูด ถ้ากระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำขนานทั้งสองมีทิศตรงกันข้าม แรงระหว่างลวดเป็นแรงผลัก
- ครูถามคำถาม Key Question จากหนังสือเรียน เพื่อเป็นการนำเข้าสู่บทเรียนว่า “แรงที่กระทำต่อขดลวดที่อยู่ในสนามแม่เหล็กจะมีขนาดและทิศทางเป็นอย่างไร” จากนั้นครูกล่าวเชื่อมโยงเข้าสู่กิจกรรมการเรียนการสอน
- ครูให้นักเรียนร่วมแสดงความคิดเห็นกับคำถาม ซึ่งนักเรียนสามารถแสดงความคิดเห็นอย่างอิสระโดยไม่มีการเฉลยว่าถูกหรือผิด

ชั้นสอน

ชั้นรู้ (Knowing)

1. นักเรียนแบ่งกลุ่มออกเป็นกลุ่ม ๆ ละ 4 คน ตามความสมัครใจของนักเรียน จากนั้นให้แต่ละกลุ่มร่วมกันศึกษาค้นคว้าข้อมูล เรื่อง แรงกระทำต่อขดลวดที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านและอยู่ในสนามแม่เหล็ก จากหนังสือเรียนหรือแหล่งการเรียนรู้ต่าง ๆ เช่น อินเทอร์เน็ต
2. ครูควรใช้ภาพที่ 1.37 ในหนังสือเรียนประกอบ และแนะนำว่า พิจารณาขดลวดสี่เหลี่ยมเป็นส่วน ๆ เช่น พิจารณาขดลวดด้าน PQ หรือ RS
3. ครูตั้งประเด็นคำถาม โดยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายแสดงความคิดเห็นเพื่อหาคำตอบร่วมกัน ดังนี้
 - เมื่อระนาบของขดลวด PQRS เอียงทำมุมกับสนามแม่เหล็ก ขดลวด PQ และ RS จะตั้งฉากกับสนามแม่เหล็กหรือไม่ ทิศและขนาดของแรงที่กระทำต่อขดลวดทั้ง 2 เป็นอย่างไร
(แนวตอบ : ขดลวด PQ และ RS จะยังคงตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก ไม่ว่าจะเอียงทำมุมเท่าใดกับสนามแม่เหล็ก และแรงที่กระทำต่อขดลวดแต่ละส่วนมีทิศทางและขนาดเท่าเดิม)
 - เมื่อระนาบของขดลวด PQRS เอียงทำมุมกับสนามแม่เหล็ก ขดลวด PQ และ RS จะเอียงทำมุมกับสนามแม่เหล็กด้วย แล้วจะเกิดแรงกระทำต่อขดลวดทั้ง 2 ส่วนหรือไม่
(แนวตอบ : เกิดแรงกระทำต่อขดลวด PQ และ RS ขนาดของแรงแต่ละแรงเป็นไปตามสมการ $F = ILB$ ดังนั้นแรงทั้งสองจึงมีขนาดเท่ากัน)
 - ขดลวด PQRS จะหมุนหรือไม่ ถ้าหมุน ขดลวด PQRS จะหมุนในทิศทางใด
(แนวตอบ : ขดลวด PQRS จะหมุนทวนเข็มนาฬิกา เพราะเกิดโมเมนต์ของแรงคู่ควบจากแรงที่กระทำต่อขดลวด PQ และ RS)
4. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปราย จากนั้นให้นักเรียนแต่ละคนเขียนสรุปความรู้ที่ได้จากการศึกษาค้นคว้าข้อมูลและตอบคำถามลงในสมุดประจำตัว เพื่อนำส่งครูท้ายชั่วโมง
(หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม)

ชั้นเข้าใจ (Understanding)

1. ครูสุ่มนักเรียนจำนวน 3 กลุ่ม ออกมานำเสนอผลการศึกษาค้นคว้าข้อมูลและตอบคำถามหน้าชั้นเรียน ในระหว่างที่นักเรียนนำเสนอครูคอยให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม เพื่อให้นักเรียนมีความเข้าใจที่ถูกต้อง
2. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อหาค่าโมเมนต์ของแรงคู่ควบ ตามรายละเอียดในหนังสือ จนได้สมการโมเมนต์ของแรงคู่ควบ $M = NIAB \cos \theta$
3. ครูอธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับโมเมนต์ของแรงคู่ควบว่า ค่าโมเมนต์ของแรงคู่ควบนี้ขึ้นอยู่กับค่าของ $\cos \theta$ และถ้าขดลวดไม่เป็นรูปสี่เหลี่ยมมุมฉากก็สามารถใช้สมการ $M = NIAB \cos \theta$ เพื่อหาค่าโมเมนต์ของแรงคู่ควบได้

ชั้นลงมือทำ (Doing)

1. ครูให้นักเรียนศึกษาตัวอย่างการคำนวณจากโจทย์ปัญหาในตัวอย่างที่ 1.6-1.7 จากหนังสือเรียน พร้อมทั้งให้นักเรียนฝึกแก้โจทย์ปัญหา ตามขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหา ดังนี้
 - ขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจโจทย์ตัวอย่าง
 - ขั้นที่ 2 สิ่งที่โจทย์ต้องการถามหา และจะหาสิ่งที่โจทย์ต้องการอย่างไร
 - ขั้นที่ 3 ดำเนินการ
 - ขั้นที่ 4 ตรวจสอบคำตอบของโจทย์ตัวอย่าง
2. ครูสุ่มนักเรียนให้ออกมานำเสนอวิธีการแก้ปัญหาโจทย์ตัวอย่างตามขั้นตอนในแต่ละขั้น โดยที่ครูคอยโดยที่ครูคอยแนะนำและเสริมข้อมูลที่ถูกต้องให้นักเรียน
3. ครูให้นักเรียนทุกคนทำใบงาน เรื่อง แรงกระทำต่อขดลวดที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านและอยู่ในสนามแม่เหล็ก พร้อมทั้งสังเกตคำตอบของนักเรียน เพื่อประเมินพฤติกรรมนักเรียนเป็นรายบุคคล พร้อมให้คำแนะนำเพิ่มเติม
(หมายเหตุ: ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล)

ขั้นสรุป

1. ครูนำนักเรียนอภิปรายสรุปเรื่อง แรงกระทำต่อขดลวดที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านและอยู่ในสนามแม่เหล็ก จนได้ข้อสรุปดังนี้
 - ไม่มีแรงกระทำต่อขดลวดส่วน QR และ PS เพราะขดลวดทั้งสองอยู่ในแนวเดียวกับเส้นแรงแม่เหล็ก หรือในแนวขนานกับเส้นแรงแม่เหล็ก
 - มีแรงกระทำต่อขดลวดส่วน PQ และ RS คือ แรงคู่ควบ
 - แรงคู่ควบที่กระทำต่อขดลวดส่วน PQ และ RS จะทำให้ขดลวดหมุนทวนเข็มนาฬิกา ในขณะนี้จะได้โมเมนต์ของแรงคู่ควบ $M = IAB$ เมื่อ I คือ ค่าของกระแสไฟฟ้า A คือ พื้นที่ของขดลวด B คือ ขนาดของสนามแม่เหล็ก
2. ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนสอบถามเนื้อหาที่ได้ศึกษาผ่านมาแล้วว่ามีส่วนไหนที่ยังไม่เข้าใจ แล้วให้ความรู้เพิ่มเติมในส่วนนั้น โดยที่ครูอาจจะใช้ PowerPoint เรื่อง แรงกระทำต่อขดลวดที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านและอยู่ในสนามแม่เหล็ก มาช่วยในการอธิบาย
3. ครูมอบหมายให้นักเรียนฝึกทำแบบฝึกหัด Topic Question เรื่อง แรงกระทำต่อขดลวดที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านและอยู่ในสนามแม่เหล็ก จากหนังสือเรียนฯ ลงในสมุดประจำตัว
4. ครูมอบหมายให้นักเรียนไปทำแบบฝึกเสริมประสบการณ์จาก Unit Question 1 เรื่อง แรงกระทำต่อขดลวดที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านและอยู่ในสนามแม่เหล็ก จากหนังสือเรียนฯ ลงในสมุดประจำตัว เป็นการบ้านแล้วนำส่งครูในชั่วโมงถัดไป และศึกษาเนื้อหา เรื่อง การประยุกต์ผลของสนามแม่เหล็กต่อขดลวดที่มีกระแสไฟฟ้าผ่าน ซึ่งจะเรียนในคาบต่อไปมาล่วงหน้า
5. ครูให้ความรู้เพิ่มเติมว่า การหมุนของขดลวดนำไปสร้างแกลแวนอมิเตอร์และมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

ขั้นประเมิน

1. ประเมินความรู้เกี่ยวกับเรื่อง แรงกระทำต่อขดลวดที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านและอยู่ในสนามแม่เหล็ก โดยสังเกตพฤติกรรมการตอบคำถาม การทำแบบฝึกหัด ใบงาน และการสรุปสาระสำคัญ
2. ประเมินทักษะและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จากโดยสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม การปฏิบัติกิจกรรม และการนำความรู้ที่ได้ไปใช้ประโยชน์
3. ประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์โดยสังเกตพฤติกรรมจากการสังเกตพฤติกรรมการปฏิบัติกิจกรรม การอภิปราย และการทำแบบฝึกหัด

7. การวัดและประเมินผล

รายการวัด	วิธีวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
7.1 การประเมินระหว่างการจัดกิจกรรม 1) แรงกระทำต่อขดลวดที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านและอยู่ในสนามแม่เหล็ก	- ตรวจใบงานที่ 1.4 - ตรวจแบบฝึกหัด - ตรวจ Topic Question	- ใบงานที่ 1.4 - ตรวจแบบฝึกหัด - Topic Question	- ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์ - ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์ - ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์
2) การปฏิบัติการ	- ประเมิน การปฏิบัติการ	- แบบประเมิน การปฏิบัติการ	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
3) พฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- สังเกตพฤติกรรม การทำงานรายบุคคล	- แบบสังเกต พฤติกรรม การทำงานรายบุคคล	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
4) พฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- สังเกตพฤติกรรม การทำงานกลุ่ม	- แบบสังเกต พฤติกรรม การทำงานกลุ่ม	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
5) คุณลักษณะอันพึงประสงค์	- สังเกตความมีวินัย ใฝ่เรียนรู้ และมุ่งมั่น ในการทำงาน	- แบบประเมิน คุณลักษณะ อันพึงประสงค์	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์

8. สื่อ/แหล่งการเรียนรู้

8.1 สื่อการเรียนรู้

- 1) หนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ฟิสิกส์ ม.6 เล่ม 1
- 2) แบบฝึกหัด รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ฟิสิกส์ ม.6 เล่ม 1

- 3) ใบงานที่ 1.4 เรื่อง แรงกระทำต่อขดลวดที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านและอยู่ในสนามแม่เหล็ก
- 4) PowerPoint เรื่อง แรงกระทำต่อขดลวดที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านและอยู่ในสนามแม่เหล็ก
- 5) สมุดประจำตัว

8.2 แหล่งการเรียนรู้

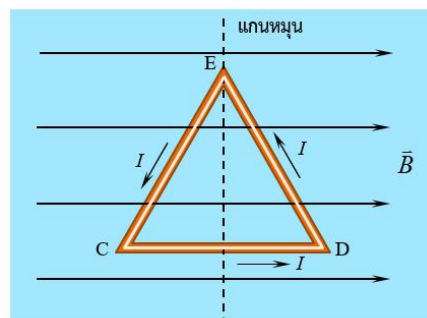
- 1) ห้องเรียน
- 2) ห้องสมุด
- 3) แหล่งข้อมูลสารสนเทศ

ใบงานที่ 1.4

เรื่อง แรงกระทำต่อขดลวดที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านและอยู่ในสนามแม่เหล็ก

คำชี้แจง : ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

วงลวดรูปสามเหลี่ยมด้านเท่าที่มีด้านยาวด้านละ 20 เซนติเมตร วางอยู่ในสนามแม่เหล็กสม่ำเสมอขนาด 1.4 เทสลา โดยระนาบของวงลวดขนานกับสนามแม่เหล็กและมีกระแสไฟฟ้า 5.0 แอมแปร์ วนผ่านวงลวดในทิศทาง ขณะที่วงลวดอยู่ที่ตำแหน่งดังภาพ จงหา



(ก) ขนาดและทิศทางของแรงแม่เหล็กบนแต่ละด้านของวงลวด

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(ข) แรงลัพธ์ที่กระทำต่อวงลวด

.....

.....

.....

(ค) ขนาดของโมเมนต์ของแรงที่กระทำต่อวงลวด

.....

.....

.....

(ง) ผลของโมเมนต์ของแรงที่กระทำต่อวงลวด

.....

.....

.....

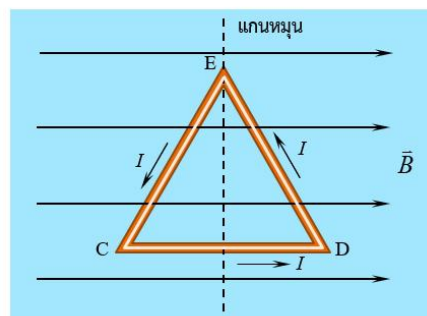
ใบงานที่ 1.4

เรื่อง แรงกระทำต่อขดลวดที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านและอยู่ในสนามแม่เหล็ก

เฉลย

คำชี้แจง : ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

วงลวดรูปสามเหลี่ยมด้านเท่าที่มีด้านยาวด้านละ 20 เซนติเมตร วางอยู่ในสนามแม่เหล็กสม่ำเสมอขนาด 1.4 เทสลา โดยระนาบของวงลวดขนานกับสนามแม่เหล็กและมีกระแสไฟฟ้า 5.0 แอมแปร์ วนผ่านวงลวดในทิศทาง ขณะที่วงลวดอยู่ที่ตำแหน่งดังภาพ จงหา



(ก) ขนาดและทิศทางของแรงแม่เหล็กบนแต่ละด้านของวงลวด

จาก $F_B = I\ell B \sin \theta$ เมื่อ ℓ แทนขนาดของ $\vec{\ell}$ ซึ่งมีทิศเดียวกับกระแสไฟฟ้า และ θ เป็นมุมระหว่าง $\vec{\ell}$ กับ $\vec{B}$ เนื่องจากมุมภายในของสามเหลี่ยมด้านเท่าแต่ละมุมเป็น 60° มุมระหว่าง $\vec{\ell}$ กับ $\vec{B}$ สำหรับด้าน CD, DE, EC จึงเป็น $0^\circ, 120^\circ, 120^\circ$ ตามลำดับ

ถ้าแทนขนาดของแรงแม่เหล็กบนด้าน CD, DE, EC ด้วย F_1, F_2, F_3 ตามลำดับ

$$\text{จะได้ } F_1 = (5.0)(0.20)(1.2) \sin 0^\circ \text{ N} = 0$$

$$\text{และ } F_2 = F_3 = (5.0)(0.20)(1.4) \sin 120^\circ \text{ N} = 1.2 \text{ N}$$

โดยที่ทิศของแรงแม่เหล็กบนแต่ละด้านอยู่ในทิศเดียวกับทิศของ $\vec{\ell} \times \vec{B}$ แรงบนด้าน DE จึงมีทิศพุ่งเข้าสู่ระนาบวงลวด และแรงบนด้าน EC มีทิศพุ่งออกจากระนาบวงลวด

(ข) แรงลัพธ์ที่กระทำต่อวงลวด

เนื่องจากไม่มีแรงแม่เหล็กกระทำต่อด้าน CD และแรงแม่เหล็กที่กระทำต่อด้าน DE และ EC มีขนาดเท่ากัน แต่มีทิศตรงกันข้าม แรงลัพธ์ที่กระทำต่อวงลวดจึงเป็น 0

(ค) ขนาดของโมเมนต์ของแรงที่กระทำต่อวงลวด

เนื่องจากระนาบวงลวดขนานกับสนามแม่เหล็ก ขนาดของโมเมนต์ของแรงที่กระทำต่อวงลวดจึงมีค่าเป็น

$$M = IAB = (5.0) \left[\frac{1}{2} (0.20)(0.20 \sin 60^\circ) \right] (1.4) \text{ N m} = 0.24 \text{ N m}$$

(ง) ผลของโมเมนต์ของแรงที่กระทำต่อวงลวด

เนื่องจากแรงแม่เหล็กบนด้าน DE และ EC ประกอบกันเป็นแรงคู่ควบแบบทวนเข็มนาฬิกา เมื่อมองจากปลายบนของแกนหมุน จึงเกิดโมเมนต์ของแรงที่กระทำให้วงลวดหมุนแบบทวนเข็มนาฬิกา เมื่อมองจากปลายบนของแกนหมุน

9. ความเห็นของผู้บริหารสถานศึกษาหรือผู้ที่ได้รับมอบหมาย

ข้อเสนอแนะ	ลงชื่อ (.....) ตำแหน่ง
---------------------------	--

10. บันทึกผลหลังการสอน

• ด้านความรู้	
• ด้านสมรรถนะสำคัญของผู้เรียน	
• ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์	
• ด้านความสามารถทางวิทยาศาสตร์	
• ด้านอื่น ๆ (พฤติกรรมเด่น หรือพฤติกรรมที่มีปัญหาของนักเรียนเป็นรายบุคคล (ถ้ามี))	

• ปัญหา/อุปสรรค	
• แนวทางการแก้ไข	

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6

การประยุกต์ผลของสนามแม่เหล็กต่อขดลวดที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน

เวลา 4 ชั่วโมง

1. ผลการเรียนรู้

อธิบายหลักการทำงานของแกลแวนอมิเตอร์และมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องได้

2. จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายหลักการทำงานของแกลแวนอมิเตอร์และมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องได้ (K)
2. สืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับหลักการทำงานของแกลแวนอมิเตอร์และมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงได้อย่างถูกต้อง (P)
3. ความเป็นคนช่างสังเกต ช่างคิด ช่างสงสัย ใฝ่เรียนรู้ และมุ่งมั่นในการแสวงหาความรู้ (A)

3. สารการเรียนรู้

สารการเรียนรู้เพิ่มเติม	สารการเรียนรู้ท้องถิ่น
- เมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่านขดลวดตัวนำที่อยู่ในสนามแม่เหล็กจะมีโมเมนต์ของแรงคู่ควบกระทำต่อขดลวดทำให้ขดลวดหมุน ซึ่งนำไปใช้อธิบายการทำงานของแกลแวนอมิเตอร์และมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง โดยโมเมนต์ของแรงคู่ควบคำนวณได้จากสมการ $M = NIAB \sin \theta$	พิจารณาตามหลักสูตรของสถานศึกษา

4. สารสำคัญ/ความคิดรวบยอด

การเกิดโมเมนต์แรงคู่ควบบนขดลวดที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านและอยู่ในสนามแม่เหล็กซึ่งส่งผลให้ขดลวดบิดตัวหรือหมุน เป็นหลักการที่ใช้ในการสร้างแกลแวนอมิเตอร์และมอเตอร์ไฟฟ้าขึ้นมาใช้งาน โดยส่วนประกอบหลักของอุปกรณ์ทั้งสอง คือ ขดลวดที่วางอยู่ในสนามแม่เหล็กระหว่างขั้วเหนือและขั้วใต้ของแม่เหล็กถาวรหรือแม่เหล็กไฟฟ้า

5. สมรรถนะสำคัญของผู้เรียนและคุณลักษณะอันพึงประสงค์

สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน	คุณลักษณะอันพึงประสงค์
1. ความสามารถในการสื่อสาร 2. ความสามารถในการคิด 1) ทักษะการสังเกต 2) ทักษะการวิเคราะห์ 3) ทักษะการทำงานร่วมกัน 4) การลงความเห็นจากข้อมูล 3. ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต	1. มีวินัย 2. ใฝ่เรียนรู้ 3. มุ่งมั่นในการทำงาน

6. กิจกรรมการเรียนรู้



แนวคิด/รูปแบบการสอน/วิธีสอน/เทคนิค : วิธีการสอนแบบบรรยาย (Lecture Method)

ชั่วโมงที่ 1-2

ขั้นนำ

การเตรียมการบรรยาย

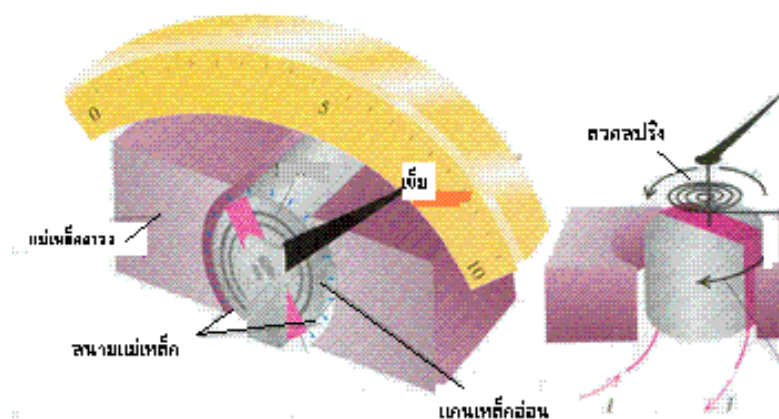
- ครูทบทวนเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างค่าโมเมนต์ของแรงคู่ควบและค่าของกระแสไฟฟ้าจากสมการ $M = NIAB \sin \theta$ จนได้ข้อสรุปว่า $M \propto I$ จากนั้นครูจึงให้ความรู้เกี่ยวกับแกลแวนอมิเตอร์แก่นักเรียนตามรายในหนังสือเรียน
- ครูอาจนำสื่อวีดิทัศน์เพื่อใช้เป็นเครื่องช่วยในการเรียนการสอน เรื่อง แกลแวนอมิเตอร์ เช่น
 - <https://www.youtube.com/watch?v=oaA1G5NQUd8>
 - https://www.youtube.com/watch?v=_kLvQpKuyWs
- ครูถามคำถาม Key Question ว่า ผลของสนามแม่เหล็กต่อตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านมีประโยชน์อย่างไร เพื่อเชื่อมโยงไปสู่การเรียนการสอน

(แนวตอบ : เมื่อกระแสไฟฟ้าผ่านขดลวดตัวนำที่อยู่ในสนามแม่เหล็ก จะเกิดโมเมนต์ของแรงคู่ควบทำให้ขดลวดหมุน หลักการนี้นำไปใช้สร้างมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (dc motor) และแกลแวนอมิเตอร์ (galvanometer))
- ครูให้นักเรียนร่วมแสดงความคิดเห็นกับคำถามที่ครูถาม ซึ่งนักเรียนจะได้คำตอบที่ถูกต้องจากการเรียนต่อไป

ขั้นสอน

การบรรยาย

1. นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 3-4 คน ศึกษาส่วนประกอบและหลักการทำงานของของแกลแวนอมิเตอร์ ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน หรือแหล่งการเรียนรู้ต่าง ๆ เช่น อินเทอร์เน็ต



<http://www.rmutphysics.com/>

2. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายเรื่องที่ได้ศึกษา จากนั้นให้นักเรียนแต่ละคนเขียนสรุปความรู้ที่ได้จากการศึกษาค้นคว้าลงในสมุดประจำตัว เพื่อนำส่งครูท้ายชั่วโมง
3. ครูอธิบายให้นักเรียนฟังว่า แกลแวนอมิเตอร์เป็นเครื่องวัดไฟฟ้าที่มีที่มีความไวสูง ตรวจวัดได้แม้กระแสปริมาณน้อยมาก (ระดับไมโครแอมแปร์) และยังสามารถแปลงเป็นเครื่องวัดไฟฟ้าอื่นๆ เช่น แอมมิเตอร์ โวลต์มิเตอร์ มิลลิแอมมิเตอร์แบบเข็มชี้หรือแบบแอนาล็อกได้ไม่ยากนัก
4. ครูอธิบายให้นักเรียนฟังว่า แกลแวนอมิเตอร์ประกอบด้วยขดลวดรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า (ลวดทองแดงเคลือบน้ำยาพันรอบแกนเหล็กอ่อนรูปทรงกระบอก) ที่หมุนได้คล่องรอบแกนหมุน โดยมีวัสดุที่แข็งแรงมาก (เช่น ทับทิม) เป็นฐาน รองรับปลายทั้งสองของแกนหมุนเพื่อลดแรงเสียดทาน ปลายบนของแกนหมุนมีสปริงกันหอยและเข็มชี้ยึดอยู่ ส่วนปลายล่างของแกนหมุนมีสปริงกันหอยยึดอยู่ ขดลวดนี้อยู่ในสนามแม่เหล็กของแม่เหล็กถาวร ดังภาพในหนังสือเรียน
5. ครูให้ความรู้เพิ่มเติมว่า เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดจะเกิดโมเมนต์จากแรงคู่ควบกระทำต่อขดลวดทำให้ขดลวดและสปริงกันหอยบิดตัว ซึ่งส่งผลให้เข็มชี้เบนไปจากตำแหน่งเริ่มต้น โดยขดลวดและเข็มชี้จะหยุดนิ่ง เมื่อโมเมนต์ต้านแรงบิดจากสปริงกันหอยมีค่าเท่ากับโมเมนต์จากแรงคู่ควบที่กระทำต่อขดลวด แต่เมื่อตัดกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขดลวด โมเมนต์จากแรงคู่ควบที่กระทำต่อขดลวดจะหมดไป โมเมนต์ต้านแรงบิดจากสปริงกันหอยจะส่งแรงบิดกระทำต่อขดลวดให้บิดกลับมายังตำแหน่งเริ่มต้น ส่งผลให้เข็มชี้เบนกลับมายังตำแหน่งเริ่มต้นอีกครั้ง

ชั่วโมงที่ 3-4

ขั้นสอน

การบรรยาย

1. ครูทบทวนการเกิดโมเมนต์จากแรงคู่ควบบนขดลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่าน และเข้าสู่บทเรียนเกี่ยวกับส่วนประกอบและหลักการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ตามรายละเอียดในบทเรียน
2. ครูอาจสาธิตหลักการทำงานของมอเตอร์โดยใช้ชุดไฟฟ้าแม่เหล็ก เพื่อให้นักเรียนเกิดความเข้าใจมากยิ่งขึ้น
3. ครูอธิบายให้นักเรียนฟังว่า มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นอุปกรณ์ที่ใช้เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกลในรูปของพลังงานจลน์การหมุน ส่วนประกอบหลักของมอเตอร์ คือ แม่เหล็กถาวร 2 แท่ง หันขั้วเหนือและขั้วใต้เข้าหากัน ขดลวดอาเมเจอร์ (armature coil) แหวน และแปรงสัมผัส (contact brush) โดยขดลวดอาเมเจอร์ซึ่งเป็นลวดทองแดงอาบน้ำยาพันรอบแกนเหล็กจะยึดติดกับแกนหมุนและอยู่ในสนามแม่เหล็ก (สมำเสมอ) ระหว่างขั้วเหนือและขั้วใต้ของแท่งแม่เหล็ก (บางกรณีใช้แม่เหล็กไฟฟ้าแทนแม่เหล็กถาวร)
4. ครูอธิบายเพิ่มเติมว่า มอเตอร์ไฟฟ้ามี 2 ประเภท คือ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงกับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ มอเตอร์ไฟฟ้าทั้งสองประเภทมีส่วนประกอบหลักที่ต่างกัน คือ แหวน กล่าวคือ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงใช้แหวนผ่า (split ring) หรือคอมมิวเตเตอร์ (commutator) ส่วนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับใช้แหวนลื่น (slip ring) (แหวนเต็มวง) สองวง และมีการติดตั้งแปรงสัมผัสแตกต่างกัน
5. นักเรียนจับคู่กับเพื่อนในชั้นเรียน ตามความสมัครใจของนักเรียน จากนั้นร่วมกันทำใบงานที่ 1.5 เรื่อง มอเตอร์กระแสตรง
6. ครูสุ่มนักเรียนจำนวน 2 คู่ ออกมาเฉลยใบงาน โดยครูให้นักเรียนร่วมกันพิจารณาว่าคำตอบใดถูกต้อง จากนั้นครูเฉลยคำตอบที่ถูกต้องให้นักเรียน
7. นักเรียนแต่ละคนทำแบบฝึกหัด เรื่อง การประยุกต์ผลของสนามแม่เหล็กต่อขดลวดที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน จากแบบฝึกหัด รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ฟิสิกส์ ม.6 เล่ม 1 เป็นการบ้านส่งในชั่วโมงถัดไป
8. ครูอาจยกตัวอย่างเพิ่มเติมเกี่ยวกับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงได้ถูกนำไปใช้ทำให้เกิดการเคลื่อนที่หรือการหมุนของอุปกรณ์ในเครื่องยนต์ เครื่องมือ และเครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ เช่น ชิ้นส่วนในของเล่นเด็ก ตัวหมุนเทปในเครื่องบันทึกเสียง ตัวหมุนเครื่องยนต์ของรถเมื่อเริ่มสตาร์ท เป็นต้น

ขั้นสรุป

1. นักเรียนเขียนสรุปในรูปแบบผังมโนทัศน์ เรื่อง การประยุกต์ผลของสนามแม่เหล็กต่อขดลวดที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน ซึ่งแบ่งออกเป็นแกลแวนอมิเตอร์และมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง
2. ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนสอบถามเนื้อหาที่ได้ศึกษาผ่านมาแล้วว่ามีส่วนไหนที่ยังไม่เข้าใจ แล้วให้ความรู้เพิ่มเติมในส่วนนั้น โดยที่ครูอาจจะใช้ PowerPoint เรื่อง การประยุกต์ผลของสนามแม่เหล็กต่อขดลวดที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน มาช่วยในการอธิบาย

3. ครูมอบหมายให้นักเรียนไปทำแบบฝึกเสริมประสบการณ์จาก Unit Question 1 เรื่อง การประยุต์ผลของสนามแม่เหล็กต่อขดลวดที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน จากหนังสือเรียนฯ ลงในสมุดประจำตัว และศึกษาเนื้อหา เรื่อง กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำและแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ ซึ่งจะเรียนในคาบต่อไปมาล่วงหน้า

ขั้นประเมิน

1. ประเมินความรู้เกี่ยวกับเรื่อง การประยุต์ผลของสนามแม่เหล็กต่อขดลวดที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน โดยสังเกตพฤติกรรมการตอบคำถาม การทำแบบฝึกหัด ใบงาน และการสรุปสาระสำคัญ
2. ประเมินทักษะและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จากโดยสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม การปฏิบัติกิจกรรม และการนำความรู้ที่ได้ไปใช้ประโยชน์
3. ประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์โดยสังเกตพฤติกรรมจากการสังเกตพฤติกรรมการปฏิบัติกิจกรรม การอภิปราย และการทำแบบฝึกหัด

7. การวัดและประเมินผล

รายการวัด	วิธีวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
7.1 การประเมินระหว่างการจัดกิจกรรม 1) การประยุกต์ผลของสนามแม่เหล็กต่อขดลวดที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน	- ตรวจใบงานที่ 1.5 - ตรวจแบบฝึกหัด - ตรวจ Topic Question	- ใบงานที่ 1.5 - ตรวจแบบฝึกหัด - Topic Question	- ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์ - ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์ - ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์
2) การปฏิบัติการ	- ประเมิน การปฏิบัติการ	- แบบประเมิน การปฏิบัติการ	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
3) พฤติกรรม การทำงาน รายบุคคล	- สังเกตพฤติกรรม การทำงานรายบุคคล	- แบบสังเกต พฤติกรรม การทำงานรายบุคคล	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
4) พฤติกรรม การทำงานกลุ่ม	- สังเกตพฤติกรรม การทำงานกลุ่ม	- แบบสังเกต พฤติกรรม การทำงานกลุ่ม	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
5) คุณลักษณะ อันพึงประสงค์	- สังเกตความมีวินัย ใฝ่เรียนรู้ และมุ่งมั่น ในการทำงาน	- แบบประเมิน คุณลักษณะ อันพึงประสงค์	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์

8. สื่อ/แหล่งการเรียนรู้

8.1 สื่อการเรียนรู้

- 1) หนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.6 เล่ม 1
- 2) แบบฝึกหัด รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.6 เล่ม 1
- 3) ใบงานที่ 1.5 เรื่อง มอเตอร์กระแสตรง
- 4) PowerPoint เรื่อง การประยุกต์ผลของสนามแม่เหล็กต่อขดลวดที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน
- 5) สมุดประจำตัว

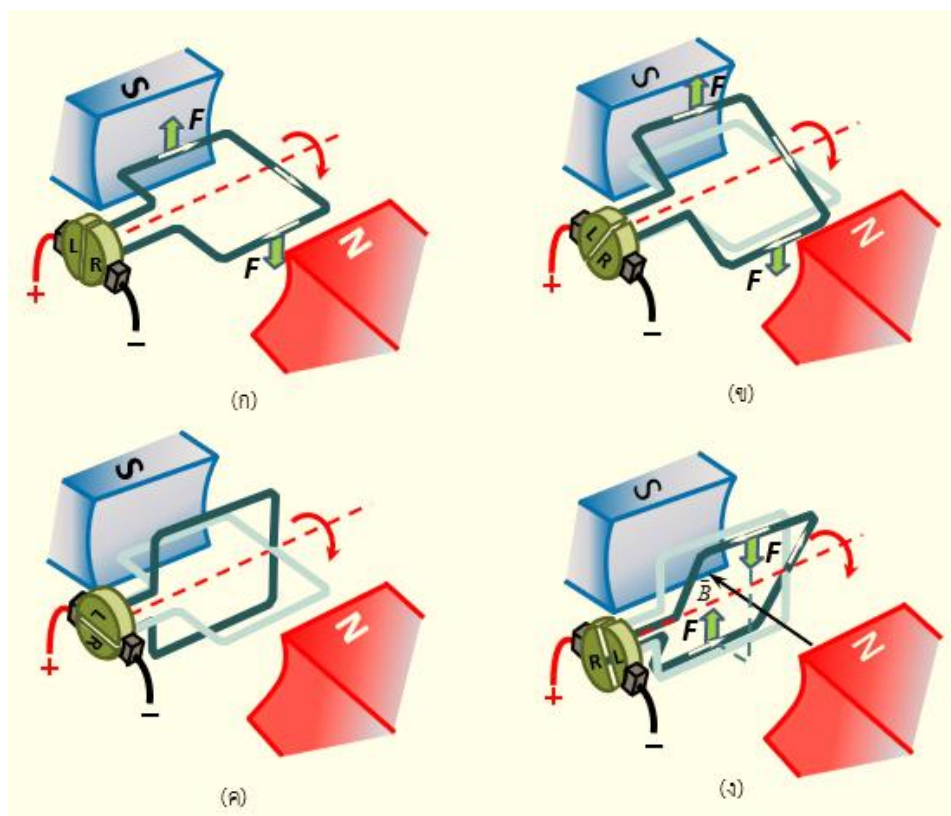
8.2 แหล่งการเรียนรู้

- 1) ห้องเรียน
- 2) ห้องสมุด
- 3) แหล่งข้อมูลสารสนเทศ

ใบงานที่ 1.5

เรื่อง มอเตอร์กระแสนตรง

คำชี้แจง : จงอธิบายหลักการทำงานของคอมมิวเตเตอร์ในมอเตอร์กระแสตรงในแต่ละขั้นตอน

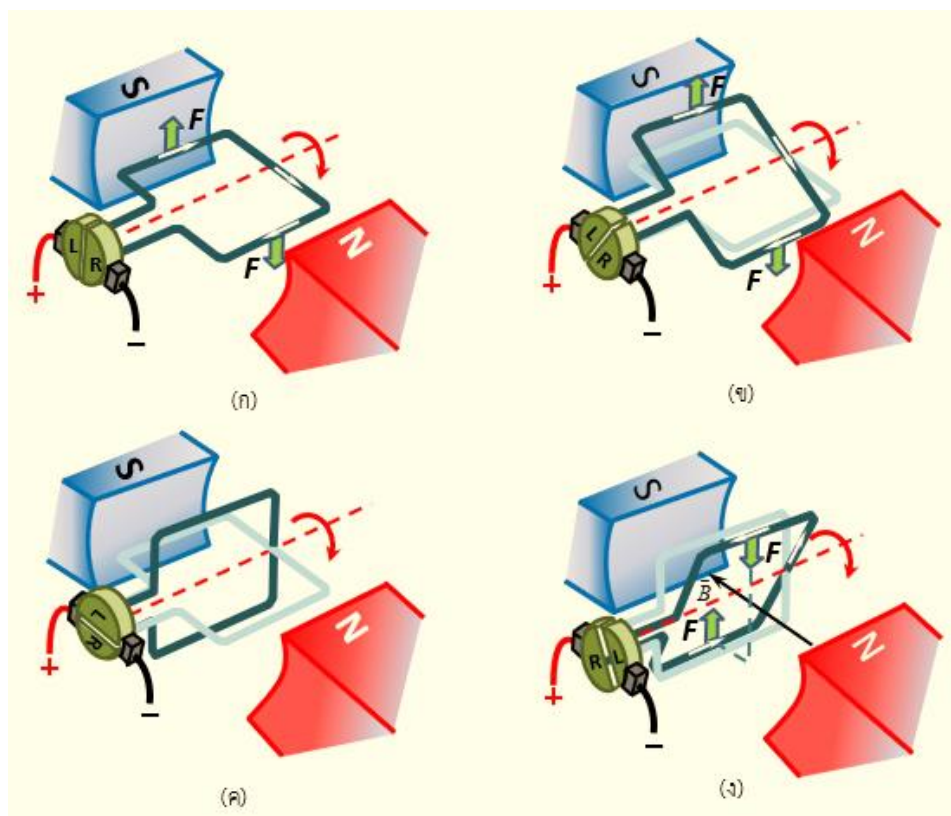
[illegible]

ใบงานที่ 1.5

เรื่อง การประยุกต์ผลของสนามแม่เหล็กต่อขดลวดที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน

เฉลย

คำชี้แจง : จงอธิบายหลักการทำงานของคอมมิวเตเตอร์ในมอเตอร์กระแสตรงในแต่ละขั้นตอน



..... จากภาพ (ก) กระแสไฟฟ้าผ่านเข้าสู่ขดลวดทางซีกซ้ายของคอมมิวเตเตอร์ (L) ซึ่งสัมผัสกับแปรงที่ต่อกับขั้วบวกของแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง กระแสไฟฟ้าจะวนผ่านขดลวดจากปลายด้านซ้ายไปยังปลายด้านขวา โมเมนต์ของแรงที่เกิดขึ้นทำให้ขดลวดหมุนตามเข็มนาฬิกา ดังภาพ (ข) และตำแหน่งที่แต่ละซีกของคอมมิวเตเตอร์สัมผัสกับแปรงจะเปลี่ยนไปแต่ยังคงเป็นแปรงอันเดิม เมื่อขดลวดหมุนไปจนระนาบของขดลวดตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก ดังภาพ (ค) ที่ตำแหน่งนี้ตำแหน่งที่เป็นช่องว่างระหว่างซีกซ้ายและขวาของคอมมิวเตเตอร์จะสัมผัสกับแปรงและไม่มีแรงกระทำต่อขดลวด แต่เพราะมีความเฉื่อยในการหมุนทำให้ขดลวดหมุนผ่านตำแหน่งนี้ไปได้และส่งผลให้ซีกขวาของคอมมิวเตเตอร์ (R) สัมผัสกับแปรงที่ต่อกับขั้วบวกของแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง กระแสไฟฟ้าจึงผ่านเข้าสู่ขดลวดทางซีกขวาของคอมมิวเตเตอร์และวนผ่านขดลวดจากปลายด้านขวาไปยังปลายด้านซ้าย ผลจากการกลับทิศของกระแสไฟฟ้าในขดลวด ทำให้เกิดแรงกระทำต่อขดลวดให้หมุนตามเข็มนาฬิกาต่อไป จนระนาบของขดลวดขนานกับสนามแม่เหล็กอีกครั้ง คือ กลับไปสู่สภาพการณื่อดังภาพ (ก) และเริ่มต้นกระบวนการใหม่

9. ความเห็นของผู้บริหารสถานศึกษาหรือผู้ที่ได้รับมอบหมาย

ข้อเสนอแนะ	ลงชื่อ (.....) ตำแหน่ง
---------------------------	--

10. บันทึกผลหลังการสอน

• ด้านความรู้	
• ด้านสมรรถนะสำคัญของผู้เรียน	
• ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์	
• ด้านความสามารถทางวิทยาศาสตร์	
• ด้านอื่น ๆ (พฤติกรรมเด่น หรือพฤติกรรมที่มีปัญหาของนักเรียนเป็นรายบุคคล (ถ้ามี))	

• ปัญหา/อุปสรรค	
• แนวทางการแก้ไข	

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7

กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำและแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ

เวลา 4 ชั่วโมง

1. ผลการเรียนรู้

สังเกต และอธิบายการเกิดอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำ กฎการเหนี่ยวนำของฟาราเดย์ และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งนำความรู้เรื่องอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำไปอธิบายการทำงานของเครื่องใช้ไฟฟ้าได้

2. จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบาย สืบค้นข้อมูล และอภิปรายเกี่ยวกับกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำและแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำได้ (K)
2. อธิบายกฎการเหนี่ยวนำของฟาราเดย์ กฎของเลนซ์ และนำไปใช้แก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องได้ (K)
3. ปฏิบัติกิจกรรมกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำในชุดทดลองตัวนำได้อย่างถูกต้อง (P)
4. ความเป็นคนช่างสังเกต ช่างคิด ช่างสงสัย ใฝ่เรียนรู้ และมุ่งมั่นในการแสวงหาความรู้ (A)

3. สารการเรียนรู้

สารการเรียนรู้เพิ่มเติม	สารการเรียนรู้ท้องถิ่น
- เมื่อมีฟลักซ์แม่เหล็กเปลี่ยนแปลงตัดขดลวดตัวนำจะเกิดอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำในขดลวดตัวนำนั้นอธิบายได้โดยใช้กฎการเหนี่ยวนำของฟาราเดย์เขียนแทนได้ด้วยสมการ $\mathcal{E} = - \frac{\Delta \Phi_B}{\Delta t}$ - ทิศทางของกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำหาได้โดยใช้กฎของเลนซ์	พิจารณาตามหลักสูตรของสถานศึกษา

4. สารสำคัญ/ความคิดรวบยอด

เมื่อนำขดลวดหมุนตัดกับเส้นสนามแม่เหล็กหรือทำให้เส้นสนามแม่เหล็กเคลื่อนที่ตัดกับขดลวดตัวนำ พบว่า จะมีกระแสไฟฟ้าเกิดขึ้นที่ลวดตัวนำ เรียกปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นว่า การเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า (electromagnetic induction) และกระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้น เรียกว่า กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำ (induced current)

กฎการเหนี่ยวนำของฟาราเดย์ กล่าวว่า แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นในขดลวดจะเป็นสัดส่วนกับอัตราการเปลี่ยนแปลงของฟลักซ์แม่เหล็กที่ผ่านขดลวดนั้นเมื่อเทียบกับเวลา

กฎของเลนซ์ กล่าวว่า แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำในขดลวดจะทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำในทิศที่จะทำให้เกิดฟลักซ์แม่เหล็กใหม่ขึ้นมาต้านการเปลี่ยนแปลงของฟลักซ์แม่เหล็กเดิมที่ตัดผ่านขดลวดนั้น

5. สมรรถนะสำคัญของผู้เรียนและคุณลักษณะอันพึงประสงค์

สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน	คุณลักษณะอันพึงประสงค์
1. ความสามารถในการสื่อสาร 2. ความสามารถในการคิด 1) ทักษะการสังเกต 2) ทักษะการสื่อสาร 3) ทักษะการทดลอง 4) ทักษะการวิเคราะห์ 5) ทักษะการทำงานร่วมกัน 6) ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป 3. ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต	1. มีวินัย รับผิดชอบ 2. ใฝ่เรียนรู้ 3. ซื่อสัตย์ สุจริต 4. มุ่งมั่นในการทำงาน

6. กิจกรรมการเรียนรู้



แนวคิด/รูปแบบการสอน/วิธีสอน/เทคนิค : การสอนแบบเน้นมโนทัศน์ (Concept-Based Instruction)

ชั่วโมงที่ 1-2

ขั้นนำ

ขั้นการใช้ความรู้เดิมเชื่อมโยงความรู้ใหม่ (Prior Knowledge)

- ครูทบทวนเกี่ยวกับหลักการทำงานของแกลวนอมิเตอร์และมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ดังนี้
 - แกลวนอมิเตอร์เป็นเครื่องวัดไฟฟ้าประกอบด้วยขดลวดที่หมุนได้รอบแกน มีลักษณะเป็นขดลวดสี่เหลี่ยมที่มีแกนหมุน ปลายข้างหนึ่งของแกนหมุนอยู่ติดสปริงกันหอยและเข็มชี้ขดลวดเคลื่อนที่นี้หมุนอยู่ในสนามแม่เหล็ก
 - มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงเป็นอุปกรณ์ที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล ประกอบด้วยขดลวดทองแดงเคลือบน้ำยา ที่พันรอบแกนสี่เหลี่ยมซึ่งติดอยู่กับแกนหมุนในสนามแม่เหล็ก ปลายทั้งสองของขดลวดต่อกับขั้วของแบตเตอรี่ เมื่อกระแสไฟฟ้าผ่านขดลวด ขดลวดจะเกิดโมเมนต์ของแรงคกระทำให้ขดลวดหมุนรอบแกนหมุน
- ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยการตั้งคำถามตามหนังสือเรียน จากนั้นครูหรือตัวแทนนักเรียนเป็นผู้สาธิตการใช้ลวดตัวนำเคลื่อนที่ตัดฟลักซ์แม่เหล็ก โดยอุปกรณ์ที่ใช้สาธิตประกอบด้วยสายไฟ แม่เหล็กขั้วขั้วขั้ว และแอมมิเตอร์

3. ครูหรือตัวแทนนักเรียนนำสายไฟมาต่อกับแอมมิเตอร์ขนาด 2 มิลลิแอมป์ แล้วนำสายไฟนี้ไปเคลื่อนที่ตัดฟลักซ์แม่เหล็กในทิศตั้งฉาก ขณะสายไฟกำลังเคลื่อนที่ ครูให้นักเรียนสังเกตเข็มของแอมมิเตอร์ จะพบว่า เข็มของแอมมิเตอร์เบนไป แสดงว่า เกิดกระแสไฟฟ้าขึ้นในสายไฟ
4. ครูเคลื่อนที่สายไฟสวนทางกับครั้งแรก จากนั้นถามนักเรียนว่า จะเกิดกระแสไฟฟ้าในสายไฟหรือไม่ และทิศทางจะเป็นอย่างไร ซึ่งจะทราบได้จากเข็มของแอมมิเตอร์
5. ครูและนักเรียนสรุปได้ว่า ขณะลวดตัวนำเคลื่อนที่ตัดฟลักซ์แม่เหล็กในทิศตั้งฉาก จะเกิดกระแสเหนี่ยวนำในสายไฟ จากนั้นครูให้ความรู้เกี่ยวกับกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำและแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน

ขั้นสอน

ขั้นรู้ (Knowing)

1. ครูทบทวนความรู้เดิมเกี่ยวกับฟลักซ์แม่เหล็กว่า บริเวณใกล้ขั้วแม่เหล็กจะมีฟลักซ์แม่เหล็กอยู่หนาแน่นกว่าบริเวณที่อยู่ห่างออกไป จากนั้นครูตั้งคำถามจากภาพในหนังสือเรียน (ภาพที่ 1.48) เพื่อนำไปสู่กฎของฟาราเดย์ ดังนี้
 - ขณะเคลื่อนขดลวดเข้าหาแม่เหล็ก หรือเคลื่อนแท่งแม่เหล็กเข้าหาขดลวด ฟลักซ์แม่เหล็กที่ผ่านขดลวดจะมีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่ อย่างไร
(แนวตอบ : มีการเปลี่ยนแปลง คือ ฟลักซ์แม่เหล็กที่ผ่านขดลวดจะมีค่าเพิ่มขึ้น ในขณะที่ระยะระหว่างขดลวดกับแท่งแม่เหล็กลดลง)
 - ขณะเคลื่อนขดลวดห่างจากแม่เหล็ก หรือเคลื่อนแท่งแม่เหล็กห่างออกจากขดลวด ฟลักซ์แม่เหล็กที่ผ่านขดลวดจะมีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่ อย่างไร
(แนวตอบ : มีการเปลี่ยนแปลง คือ ฟลักซ์แม่เหล็กที่ผ่านขดลวดจะมีค่าลดลง ในขณะที่ระยะระหว่างขดลวดกับแท่งแม่เหล็กเพิ่มขึ้น)
2. ครูสุ่มเลือกนักเรียน 2-3 คน ให้แสดงความคิดเห็นของตนเองโดยไม่มีการเฉลยว่าถูกหรือผิด
3. ครูชี้ให้นักเรียนเห็นว่า ขณะขดลวดหรือแท่งแม่เหล็กเคลื่อนที่ ฟลักซ์แม่เหล็กที่ผ่านขดลวดมีค่าเปลี่ยนแปลง ซึ่งจะมีผลให้เกิดกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้นในขดลวดนั้น จากนั้นครูจึงให้ความรู้เกี่ยวกับกฎของฟาราเดย์
4. ครูอธิบายให้นักเรียนเข้าใจว่า สิ่งที่เกิดขึ้นในการทดลอง ดังภาพ เรียกว่า **การเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า** (electromagnetic induction) ซึ่งเป็นปรากฏการณ์ที่เป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็ก กล่าวคือ เมื่อสนามแม่เหล็กบริเวณวงจรไฟฟ้าเกิดการเปลี่ยนแปลงจะทำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าขึ้น ในวงจรไฟฟ้าและแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจะขับเคลื่อนกระแสไฟฟ้าให้ไหลผ่านวงจรไฟฟ้านั้น เนื่องจากไม่มีแหล่งกำเนิดไฟฟ้าต่ออยู่ในวงจรไฟฟ้านั้น จึงเรียกแรงเคลื่อนไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้นว่า **แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ** (induced electromotive force) และ**กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำ** (induced current)

current) โดยส่วนประกอบสำคัญในวงจรไฟฟ้าที่ทำให้เกิดการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า คือ **วงลวดหรือขดลวด**

- ครูอธิบายว่า การเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็กบริเวณขดลวดส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของฟลักซ์แม่เหล็กที่ผ่านขดลวด กล่าวคือ จะเกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้นในขดลวด ซึ่งส่งผลให้มีกระแสไฟฟ้าในขดลวดเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของฟลักซ์แม่เหล็กที่ผ่านขดลวด การเปลี่ยนแปลงของฟลักซ์แม่เหล็ก ซึ่งเป็นต้นเหตุของการเกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ
- ครูอธิบายเพิ่มเติมว่า ฟาราเดย์ได้ทดลองเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำและการเปลี่ยนแปลงของฟลักซ์แม่เหล็กที่ผ่านขดลวด ได้ผลสรุปว่า การเปลี่ยนแปลงฟลักซ์แม่เหล็กผ่านวงรอบปิดใด ๆ ต่อหนึ่งหน่วยเวลา จะก่อให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้นและทำให้เกิดกระแสเหนี่ยวนำ จึงได้ตั้งเป็น **กฎเหนี่ยวนำของฟาราเดย์** (Faraday's law of Induction) หรือเรียกสั้น ๆ ว่า กฎของฟาราเดย์ นั่นคือ $\mathcal{E} = - \frac{d\Phi}{dt}$

ขั้นเข้าใจ (Understanding)

- ครูให้นักเรียนแต่ละคนศึกษาสมการที่ใช้ในการคำนวณเกี่ยวกับแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำตามรายละเอียดในหนังสือเรียน
- นักเรียนจับคู่กับเพื่อนในชั้นเรียน ตามความสนใจของนักเรียน จากนั้นร่วมกันทำใบงานที่ 1.6 เรื่อง กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำและแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ
- ครูสุ่มนักเรียนจำนวน 2 คู่ ออกมาเฉลยใบงาน โดยนักเรียนร่วมกันพิจารณาว่าคำตอบใดถูกต้อง จากนั้นครูเฉลยคำตอบที่ถูกต้องให้นักเรียน
- ครูอธิบายให้นักเรียนเข้าใจว่า ทิศของแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ และทิศของกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำ หาได้โดยใช้**กฎของเลนซ์** (Lenz's law) ซึ่งมีใจความว่า แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นจะมีทิศอยู่ในทิศที่ก่อให้เกิดกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำในขดลวดในทิศทางที่ทำให้เกิดสนามแม่เหล็กซึ่งให้ฟลักซ์แม่เหล็กต้านการเปลี่ยนแปลงของฟลักซ์แม่เหล็กเดิม
- ครูอธิบายเพิ่มเติมว่า จากกฎของเลนซ์สรุปได้ว่า ถ้าฟลักซ์แม่เหล็กที่ผ่านวงลวดหรือขดลวดกำลังเพิ่มขึ้น กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำ จะมีทิศที่ก่อให้เกิดสนามแม่เหล็กซึ่งให้ฟลักซ์แม่เหล็กผ่านวงลวดหรือขดลวดสวนทางกับฟลักซ์แม่เหล็กเดิม แต่ถ้าฟลักซ์แม่เหล็กที่ผ่านวงลวดหรือขดลวดกำลังลดลง กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำจะไหลในทิศที่ก่อให้เกิดสนามแม่เหล็กซึ่งให้ฟลักซ์แม่เหล็กตัดผ่านขดลวดทิศทางเดียวกับฟลักซ์แม่เหล็กเดิม

ชั่วโมงที่ 3-4

ขั้นสอน

ขั้นลงมือทำ (Doing)

1. ครูให้นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 3-4 คน ปฏิบัติกิจกรรม กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำในหลอดตัวนำ โดยให้นักเรียนแบ่งบทบาทหน้าที่ของสมาชิกภายในกลุ่มว่าใครมีบทบาทหน้าที่อย่างไร
2. นักเรียนทำกิจกรรมโดยครูกำหนดเวลาในการทำกิจกรรม ขณะที่นักเรียนทำกิจกรรม ครูคอยตรวจพฤติกรรมของนักเรียนและจดบันทึกในแบบบันทึกพฤติกรรม
(หมายเหตุ: ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบประเมินการปฏิบัติกิจกรรม)
3. ครูให้นักเรียนสังเกตที่เข็มของแอมมิเตอร์ขณะที่ขดลวดกำลังเคลื่อนที่ จะพบว่า เข็มของแอมมิเตอร์เบนไปจากตำแหน่งเดิม ต่อไปเลื่อนขดลวดออกห่างแท่งแม่เหล็ก เข็มของแอมมิเตอร์ก็จะเบนออกจากตำแหน่งเดิมเช่นกัน แต่จะเบนไปคนละทางกับครั้งแรก
4. ครูและนักเรียนสรุปได้ว่า กรณีที่มีการเคลื่อนแท่งแม่เหล็กหรือขดลวด อย่างใดอย่างหนึ่ง จะมีกระแสเหนี่ยวนำเกิดขึ้นในขดลวด และกรณีที่ขดลวดและแท่งแม่เหล็กอยู่กับที่ จะไม่มีกระแสเหนี่ยวนำเกิดขึ้นในขดลวด

ขั้นสรุป

1. นักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายเพื่อให้ได้ข้อสรุปว่า การเคลื่อนที่ขดลวดหรือการเคลื่อนแท่งแม่เหล็ก เพื่อให้ฟลักซ์แม่เหล็กที่ผ่านขดลวดมีค่าเปลี่ยนแปลง จะทำให้เกิดกระแสเหนี่ยวนำในขดลวด และถ้าขดลวดอยู่กับที่ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็กที่มีค่าสม่ำเสมอของแม่เหล็กไฟฟ้าซึ่งอยู่กับที่ ก็สามารถทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำในขดลวดนั้นได้
2. ครูให้ความรู้แก่นักเรียนเกี่ยวกับการนำความรู้เรื่องกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำไปอธิบายสาเหตุที่ทำให้กระแสไฟฟ้าที่ผ่านมอเตอร์ขณะหมุนด้วยอัตราเร็วคงตัว มีค่าน้อยกว่ากระแสไฟฟ้าที่ผ่านมอเตอร์ขณะเริ่มหมุน ซึ่งนักเรียนจะเรียนในคาบต่อไป
3. ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนสอบถามเนื้อหาที่ได้ศึกษาผ่านมาแล้วว่ามีส่วนไหนที่ยังไม่เข้าใจ แล้วให้ความรู้เพิ่มเติมในส่วนนั้น โดยที่ครูอาจจะใช้ PowerPoint เรื่อง กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำและแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ มาช่วยในการอธิบาย
4. ครูมอบหมายให้นักเรียนฝึกทำแบบฝึกหัด Topic Question เรื่อง กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำและแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ จากหนังสือเรียนฯ ลงในสมุดประจำตัว
5. ครูให้นักเรียนทำแบบฝึกหัด เรื่อง กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำและแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ เป็นการบ้านแล้วนำเสนอครู และศึกษาเนื้อหา เรื่อง แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำในมอเตอร์และเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ซึ่งจะเรียนในคาบต่อไปมาล่วงหน้า

ขั้นประเมิน

1. ประเมินความรู้เกี่ยวกับเรื่อง กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำและแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ โดยสังเกตพฤติกรรมการตอบคำถาม การทำแบบฝึกหัด ใบงาน และการสรุปสาระสำคัญ

2. ประเมินทักษะและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จากโดยสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม การปฏิบัติกิจกรรม กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำในลวดตัวนำ และการนำความรู้ที่ได้ไปใช้ประโยชน์
3. ประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์โดยสังเกตพฤติกรรมจากการสังเกตพฤติกรรมการปฏิบัติกิจกรรม การอภิปราย และการทำแบบฝึกหัด

7. การวัดและประเมินผล

รายการวัด	วิธีวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
7.1 การประเมินระหว่างการจัดกิจกรรม 1) กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำและแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ	- ตรวจใบงานที่ 1.7 - ตรวจแบบฝึกหัด - ตรวจ Topic Question	- ใบงานที่ 1.7 - ตรวจแบบฝึกหัด - Topic Question	- ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์ - ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์ - ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์
2) การปฏิบัติการ	- ประเมินการปฏิบัติการ	- แบบประเมินการปฏิบัติการ	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
3) พฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- สังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
4) พฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- สังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
5) คุณลักษณะอันพึงประสงค์	- สังเกตความมีวินัยใฝ่เรียนรู้ และมุ่งมั่นในการทำงาน	- แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์

8. สื่อ/แหล่งการเรียนรู้

8.1 สื่อการเรียนรู้

- 1) หนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ฟิสิกส์ ม.6 เล่ม 1
- 2) แบบฝึกหัด รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ฟิสิกส์ ม.6 เล่ม 1
- 3) ใบงานที่ 1.7 เรื่อง กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำและแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ
- 4) PowerPoint เรื่อง กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำและแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ
- 5) สมุดประจำตัว

8.2 แหล่งการเรียนรู้

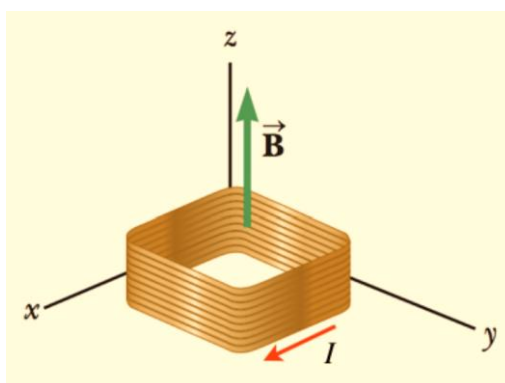
- 1) ห้องเรียน
- 2) ห้องสมุด
- 3) แหล่งข้อมูลสารสนเทศ

ใบงานที่ 1.6

เรื่อง กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำและแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ

คำชี้แจง : ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

ขดลวดตัวนำรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสยาวด้านละ 1.50 เซนติเมตร จำนวน 25.0 รอบ ซึ่งแต่ละรอบมีขนาดเท่ากันและมีความต้านทาน 0.350 โอห์ม ถ้าให้สนามแม่เหล็กที่มีขนาดคงตัวในทิศทางตั้งฉากกับขดลวด ดังภาพ จงหา



ก) ขนาดของแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำในขดลวด ขณะที่สนามแม่เหล็กที่พุ่งผ่านขดลวดเปลี่ยนแปลงจาก 0 เป็น 0.500 เทสลา ภายใน 0.800 วินาที

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ข) ขนาดของกระแสเหนี่ยวนำในขดลวดตัวนำ

.....

.....

.....

.....

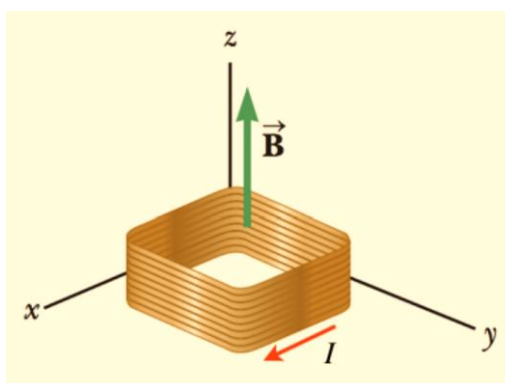
1.6

เรื่อง กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำและแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ

เฉลย

คำชี้แจง : ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

ขดลวดตัวนำรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสยาวด้านละ 1.50 เซนติเมตร จำนวน 25.0 รอบ ซึ่งแต่ละรอบมีขนาดเท่ากันและมีความต้านทาน 0.350 โอห์ม ถ้าให้สนามแม่เหล็กที่มีขนาดคงตัวในทิศทางตั้งฉากกับขดลวด ดังภาพ จงหา



ก) ขนาดของแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำในขดลวด ขณะที่สนามแม่เหล็กที่พุ่งผ่านขดลวดเปลี่ยนแปลงจาก 0 เป็น 0.500 เทสลา ภายใน 0.800 วินาที

พื้นที่หน้าตัดของขดลวดรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส

$$A = d^2 = (0.015 \text{ m})^2 = 2.25 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

จากสมการ $\Phi = BA \cos \theta$

$$\Phi = (0.500 \text{ T})(2.25 \times 10^{-4} \text{ m}^2) \cos 0^\circ$$

$$\Phi = 1.12 \times 10^{-4} \text{ Wb}$$

และอัตราการเปลี่ยนแปลงฟลักซ์แม่เหล็ก $\Delta\Phi$ เนื่องจากการเปลี่ยนสนามแม่เหล็ก

$$\Delta\Phi = \Phi_f - \Phi_i = 1.12 \times 10^{-4} \text{ Wb}$$

จะได้ ขนาดของแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ

$$\begin{aligned} \text{จากสมการ } \epsilon &= -N \left| \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \right| = (25.0) \frac{(1.12 \times 10^{-4} \text{ Wb})}{0.80 \text{ s}} \\ &= 3.50 \text{ mV} \end{aligned}$$

ดังนั้น ขนาดของแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำในขดลวด คือ 3.50 มิลลิโวลต์

ข) ขนาดของกระแสเหนี่ยวนำในขดลวดตัวนำ

$$\text{จากสมการ } I = \frac{\epsilon}{R}$$

$$I = \frac{3.50 \text{ mV}}{0.350 \Omega}$$

$$I = 10.0 \text{ mA}$$

ดังนั้น ขนาดของกระแสเหนี่ยวนำในขดลวดตัวนำ คือ 10.0 มิลลิแอมแปร์

9. ความเห็นของผู้บริหารสถานศึกษาหรือผู้ที่ได้รับมอบหมาย

ข้อเสนอแนะ	ลงชื่อ (.....) ตำแหน่ง
---------------------------	--

10. บันทึกผลหลังการสอน

• ด้านความรู้	
• ด้านสมรรถนะสำคัญของผู้เรียน	
• ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์	
• ด้านความสามารถทางวิทยาศาสตร์	
• ด้านอื่น ๆ (พฤติกรรมเด่น หรือพฤติกรรมที่มีปัญหาของนักเรียนเป็นรายบุคคล (ถ้ามี))	

• ปัญหา/อุปสรรค	
• แนวทางการแก้ไข	

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 8

แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำในมอเตอร์และเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

เวลา 2 ชั่วโมง

1. ผลการเรียนรู้

อธิบายหลักการทำงานและประโยชน์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส การแปลงอีเอ็มเอฟของหม้อแปลง และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องได้

2. จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายหลักการทำงานและประโยชน์ของมอเตอร์และเครื่องกำเนิดไฟฟ้าได้ (K)
2. อธิบายลักษณะของไฟฟ้ากระแสสลับและสรุปความสัมพันธ์ระหว่างกระแสกับเวลา และความต่างศักย์กับเวลา ที่มีค่าการเปลี่ยนค่าในรูปของฟังก์ชันไซน์ได้ (K)
3. อธิบายหลักการผลิตกระแสไฟฟ้าสลับของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 3 เฟส และบอกความหมายของไฟฟ้า 3 ได้ (K)
4. คำนวณหาค่าต่าง ๆ เกี่ยวข้องกับแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำในมอเตอร์และเครื่องกำเนิดไฟฟ้าได้อย่างถูกต้อง (P)
5. ความเป็นคนช่างสังเกต ช่างคิด ช่างสงสัย ใฝ่เรียนรู้ และมุ่งมั่นในการแสวงหาความรู้ (A)

3. สารการเรียนรู้

สารการเรียนรู้เพิ่มเติม	สารการเรียนรู้ท้องถิ่น
- ความรู้เกี่ยวกับอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำไปใช้อธิบายการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า และการทำงานของเครื่องใช้ไฟฟ้าต่าง ๆ เช่น แบลสตัดแบบขดลวดของหลอดฟลูออเรสเซนต์ การเกิดอีเอ็มเอฟกลับในมอเตอร์ไฟฟ้า มอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ และกีตาร์ไฟฟ้า - ไฟฟ้ากระแสสลับที่ส่งไปตามบ้านเรือน มีความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงไปตามเวลาในรูปของฟังก์ชันแบบไซน์	พิจารณาตามหลักสูตรของสถานศึกษา

4. สารสำคัญ/ความคิดรวบยอด

ขณะที่มอเตอร์หมุน ฟลักซ์แม่เหล็กที่ผ่านขดลวดจะมีค่าเปลี่ยนแปลง เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำในขดลวดในทิศตรงข้าม ทำให้กระแสไฟฟ้าที่ผ่านมอเตอร์ขณะหมุนด้วยอัตราเร็วคงตัวมีค่าน้อยกว่าขณะเริ่มหมุน เรียกว่า แรงเคลื่อนไฟฟ้าต้านกลับ

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าหรือไดนาโมเป็นอุปกรณ์ที่ใช้เปลี่ยนพลังงานกลเป็นพลังงานไฟฟ้าจากผลของการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า โดยใช้พลังงานกลจากแหล่งกำเนิดพลังงานกลภายนอก เช่น กังหันไอน้ำ กังหันน้ำ กังหันลม เครื่องยนต์สันดาปภายใน ในการหมุนขดลวดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ซึ่งอยู่ในสนามแม่เหล็ก ทำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำและกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้นในขดลวดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

5. สมรรถนะสำคัญของผู้เรียนและคุณลักษณะอันพึงประสงค์

สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน	คุณลักษณะอันพึงประสงค์
1. ความสามารถในการสื่อสาร 2. ความสามารถในการคิด 1) ทักษะการสังเกต 2) ทักษะการสื่อสาร 3) ทักษะการวิเคราะห์ 4) ทักษะการทำงานร่วมกัน 5) ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป 3. ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต	1. มีวินัย รับผิดชอบ 2. ใฝ่เรียนรู้ 3. ซื่อสัตย์ สุจริต 4. มุ่งมั่นในการทำงาน

6. กิจกรรมการเรียนรู้

 แนวคิด/รูปแบบการสอน/วิธีสอน/เทคนิค : การสอนแบบเน้นมโนทัศน์ (Concept-Based Instruction)

ชั่วโมงที่ 1-2

ขั้นนำ

ขั้นการใช้ความรู้เดิมเชื่อมโยงความรู้ใหม่ (Prior Knowledge)

1. ครูทบทวนเกี่ยวกับกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำและแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำว่า เมื่อนำขดลวดหมุนตัดกับเส้นสนามแม่เหล็กหรือทำให้เส้นสนามแม่เหล็กเคลื่อนที่ตัดกับขดลวดตัวนำ พบว่าจะมีกระแสไฟฟ้าเกิดขึ้นที่ลวดตัวนำ เรียกปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นว่า การเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้น เรียกว่า กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำ

2. ครูถามคำถาม เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนได้แสดงความรู้เดิมว่า ไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) และไฟฟ้ากระแสตรง (DC) แตกต่างกันอย่างไร
3. ครูสนทนากับนักเรียนเกี่ยวกับความแตกต่างของไฟฟ้ากระแสสลับและไฟฟ้ากระแสตรง เช่น ไฟฟ้ากระแสตรง คือ กระแสไฟฟ้าที่อยู่ในวงจรหรือจากถ่านไฟฉาย แต่ไฟฟ้ากระแสสลับนั้นจะใช้งานตามบ้านของเรา และร่วมกันอภิปรายจนได้ข้อสรุป ดังนี้
 - **ไฟฟ้ากระแสตรง (DC)** เป็นไฟฟ้าที่มาจากขั้วลบเพียงอย่างเดียว มีทิศทางการไหลไปในทางเดียว ซึ่งจะเริ่มออกจากแหล่งกำเนิดไฟฟ้าจากขั้วลบผ่านเครื่องใช้ไฟฟ้าแล้วเข้าสู่ขั้วบวกของแหล่งกำเนิดไฟฟ้า มีคุณสมบัติ คือกระแสไฟฟ้านั้นมีแรงดันเป็นบวกอยู่เสมอและสามารถกับประจุเอาไว้ใช้งานกับแบตเตอรี่ได้
 - **ไฟฟ้ากระแสสลับ (AC)** เป็นไฟฟ้าที่มีการไหลไปในทิศทางที่สลับไปสลับมา หรือกล่าวว่าเป็นกระแสไฟฟ้าที่ไม่มีขั้ว มีคุณสมบัติ คือสามารถส่งกระแสไฟฟ้าไปในที่ไกล ๆ โดยที่แรงไม่ตก และสามารถปรับระดับแรงดันได้
4. ครูตั้งคำถามว่า กระแสไฟฟ้าที่เกิดจากการหมุนขดลวดในสนามแม่เหล็กเป็นไฟฟ้ากระแสตรงหรือไฟฟ้ากระแสสลับ เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงมีส่วนประกอบหลักอะไรที่ต่างจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ ซึ่งทำให้กระแสไฟฟ้าไหลในทิศทางเดียว นักเรียนร่วมกันตอบคำถามและแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับคำตอบของคำถาม โดยให้นักเรียนแต่ละคนร่วมกันอภิปรายและแสดงความคิดเห็นอย่างอิสระโดยไม่มีการเฉลยว่าถูกหรือผิด
5. ครูถามคำถาม Key Question ว่า เครื่องกำเนิดไฟฟ้าผลิตกระแสไฟฟ้าได้อย่างไร นักเรียนร่วมกันตอบคำถามและแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับคำตอบของคำถาม เพื่อเชื่อมโยงไปสู่การเรียนรู้เรื่องแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำในมอเตอร์และเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

ขั้นสอน

ขั้นรู้ (Knowing)

1. ครูให้ความรู้กับนักเรียนว่า เราสามารถนำความรู้เกี่ยวกับกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำไปอธิบายผลที่เกิดขึ้นในเครื่องใช้ไฟฟ้าบางชนิด เช่น มอเตอร์ไฟฟ้า แบตเตอรี่ในวงจรฟลูออเรสเซนต์
2. ครูอธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับมอเตอร์ไฟฟ้าและแรงเคลื่อนไฟฟ้าว่า เมื่อพิจารณามอเตอร์ไฟฟ้าที่มีกระแสไฟฟ้าเข้ามอเตอร์ กระแสไฟฟ้านี้จะทำให้เกิดโมเมนต์ของแรงคู่ควบซึ่งจะทำให้ขดลวดหมุน แต่ขณะที่มอเตอร์หมุน ฟลักซ์แม่เหล็กที่ผ่านขดลวดจะมีค่าเปลี่ยนแปลง เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่มีทิศตรงข้ามกับแรงเคลื่อนไฟฟ้าเดิม ทำให้กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำในขดลวดในทิศตรงข้ามกับกระแสไฟฟ้าที่ทำให้ขดลวดหมุน จึงเป็นผลทำให้กระแสไฟฟ้าผ่านมอเตอร์ขณะหมุนด้วยอัตราเร็วคงตัว มีค่าน้อยกว่ากระแสไฟฟ้าที่ผ่านมอเตอร์ขณะเริ่มหมุน แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำนี้เรียกว่า แรงเคลื่อนไฟฟ้าต้านกลับ (back emf)

3. ครูให้นักเรียนจับคู่กัน เปิดโอกาสให้เลือกจับคู่ตามความสมัครใจของนักเรียน จากนั้นให้แต่ละคู่ร่วมกันศึกษาค้นคว้าข้อมูล เรื่อง เครื่องกำเนิดไฟฟ้า จากหนังสือเรียนหรือแหล่งการเรียนรู้ต่าง ๆ เช่น อินเทอร์เน็ต โดยให้แต่ละคู่ เลือกศึกษาคนละ 1 เรื่อง จากนั้นให้แต่ละคนภายในคู่นำเรื่องที่ตนเองศึกษาค้นคว้ามาอธิบายให้เพื่อนฟัง แล้วร่วมกันสรุปข้อมูลที่ได้ลงในสมุดประจำตัว หัวข้อเรื่อง มีดังนี้
 - คนที่ 1 ศึกษาเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง (DC generator)
 - คนที่ 2 ศึกษาเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ (AC generator)
4. ครูคอยแนะนำช่วยเหลือนักเรียนแต่ละกลุ่มขณะปฏิบัติกิจกรรม และเปิดโอกาสให้นักเรียนทุกคนซักถามได้เมื่อเกิดปัญหาหรือข้อสงสัย
5. ครูสุ่มนักเรียนจำนวน 2-3 คู่ ออกมานำเสนอผลการศึกษาข้อมูลหน้าชั้นเรียน ในระหว่างที่นักเรียนนำเสนอครูคอยให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม เพื่อให้นักเรียนมีความเข้าใจที่ถูกต้อง
6. ครูตั้งประเด็นคำถาม โดยให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายแสดงความคิดเห็นเพื่อหาคำตอบร่วมกัน ดังนี้
 - เมื่อพิจารณาระนาบขดลวดขณะตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำมีค่าเท่าใด
 - ณ เวลา $\frac{T}{4}$ ขณะระนาบของขดลวดขนานกับสนามแม่เหล็ก เวลา $\frac{T}{2}$ ขณะระนาบขดลวดตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก เวลา $\frac{3T}{4}$ ขณะระนาบของขดลวดขนานกับสนามแม่เหล็ก และเวลา T ขณะระนาบขดลวดตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก ค่าของกระแสไฟฟ้ามีค่าอย่างไร

ขั้นเข้าใจ (Understanding)

1. ครูชี้ให้นักเรียนเห็นความแตกต่างของกราฟระหว่างแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ (และกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำ) กับเวลาของไฟฟ้ากระแสสลับและกราฟไฟฟ้ากระแสตรง ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน
2. ครูให้ความรู้กับนักเรียนเกี่ยวกับกราฟความต่างศักย์ไฟฟ้ากับเวลาของไฟฟ้ากระแสสลับ ความถี่ของไฟฟ้ากระแสสลับ และความต่างศักย์ไฟฟ้าของไฟฟ้ากระแสสลับในประเทศไทย รวมทั้งแนะนำการใช้เครื่องไฟฟ้าอย่างถูกต้อง ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน
3. ครูอธิบายเพิ่มเติมว่า เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับสำหรับการใช้งาน สำรองไฟฟ้า ในกรณีไฟฟ้าหลักขัดข้อง (Emergency Standby Power – ESP) เครื่องกำเนิดไฟฟ้าประเภทนี้ ในประเทศไทยนิยมใช้มากที่สุด เนื่องจากไฟฟ้าหลักโดยทั่วไป ค่อนข้างมั่นคง และครอบคลุมเกือบทั่วประเทศไทย ซึ่งครูอาจให้นักเรียนไปศึกษาเป็นความรู้เสริม
4. ครูให้ความรู้กับนักเรียนเกี่ยวกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน ซึ่งอาจแยกหัวข้อ ดังนี้
 - การส่งพลังงานไฟฟ้าไปตามบ้านเรือน
 - ข้อดีของการผลิตและการส่งกระแสไฟฟ้า 3 เฟส
 - ความต่างศักย์ไฟฟ้าที่เหมาะสม

ชั้นลงมือทำ (Doing)

1. นักเรียนจับคู่ (คู่เดิม) จากนั้นร่วมกันทำใบงาน เรื่อง แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำในมอเตอร์และเครื่องกำเนิดไฟฟ้า
2. ครูสุ่มนักเรียนจำนวน 2 คู่ ออกมาเฉลยใบงาน โดยครูให้นักเรียนร่วมกันพิจารณาว่าคำตอบใดถูกต้อง จากนั้นครูเฉลยคำตอบที่ถูกต้องให้นักเรียน

ขั้นสรุป

1. ครูกล่าวสรุปว่า โรงไฟฟ้าจะส่งกำลังไฟฟ้าด้วยความต่างศักย์ค่าหนึ่ง เมื่อถึงสถานีย่อยความต่างศักย์จะถูกทำให้ลดลงเหลือ 220 โวลต์ สำหรับใช้ตามบ้านเรือน ซึ่งอุปกรณ์ที่ใช้เปลี่ยนความต่างศักย์ไฟฟ้านี้ คือ หม้อแปลงไฟฟ้า ซึ่งนักเรียนจะได้เรียนในคาบต่อไป
3. ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนสอบถามเนื้อหาที่ได้ศึกษาผ่านมาแล้วว่ามีส่วนไหนที่ยังไม่เข้าใจ แล้วให้ความรู้เพิ่มเติมในส่วนนั้น โดยที่ครูอาจจะใช้ PowerPoint เรื่อง แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำในมอเตอร์และเครื่องกำเนิดไฟฟ้า มาช่วยในการอธิบาย
4. ครูมอบหมายให้นักเรียนฝึกทำแบบฝึกหัด Topic Question เรื่อง แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำในมอเตอร์และเครื่องกำเนิดไฟฟ้า จากหนังสือเรียนฯ ลงในสมุดประจำตัว และศึกษาเนื้อหา เรื่อง หม้อแปลงไฟฟ้า ซึ่งจะเรียนในคาบต่อไปมาล่วงหน้า

ขั้นประเมิน

1. ประเมินความรู้เกี่ยวกับเรื่อง แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำในมอเตอร์และเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดยสังเกตพฤติกรรมการตอบคำถาม การทำแบบฝึกหัด ใบงาน และการสรุปสาระสำคัญ
2. ประเมินทักษะและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จากโดยสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม การปฏิบัติกิจกรรม และการนำความรู้ที่ได้ไปใช้ประโยชน์
3. ประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์โดยสังเกตพฤติกรรมจากการสังเกตพฤติกรรมการปฏิบัติกิจกรรม การอภิปราย และการทำแบบฝึกหัด

7. การวัดและประเมินผล

รายการวัด	วิธีวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
7.1 การประเมินระหว่างการจัดกิจกรรม 1) แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำในมอเตอร์และเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	- ตรวจใบงานที่ 1.7 - ตรวจแบบฝึกหัด - ตรวจ Topic Question	- ใบงานที่ 1.7 - ตรวจแบบฝึกหัด - Topic Question	- ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์ - ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์ - ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์
2) การปฏิบัติการ	- ประเมินการปฏิบัติการ	- แบบประเมินการปฏิบัติการ	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
3) พฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- สังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
4) พฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- สังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
5) คุณลักษณะอันพึงประสงค์	- สังเกตความมีวินัยใฝ่เรียนรู้ และมุ่งมั่นในการทำงาน	- แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์

8. สื่อ/แหล่งการเรียนรู้

8.1 สื่อการเรียนรู้

- 1) หนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ฟิสิกส์ ม.6 เล่ม 1
- 2) แบบฝึกหัด รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ฟิสิกส์ ม.6 เล่ม 1
- 3) ใบงานที่ 1.7 เรื่อง แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำในมอเตอร์และเครื่องกำเนิดไฟฟ้า
- 4) PowerPoint เรื่อง แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำในมอเตอร์และเครื่องกำเนิดไฟฟ้า
- 5) สมุดประจำตัว

8.2 แหล่งการเรียนรู้

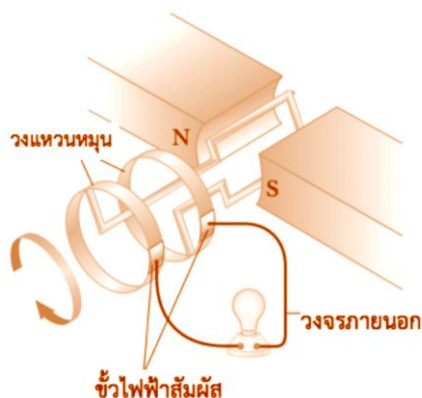
- 1) ห้องเรียน
- 2) ห้องสมุด
- 3) แหล่งข้อมูลสารสนเทศ

ใบงานที่ 1.7

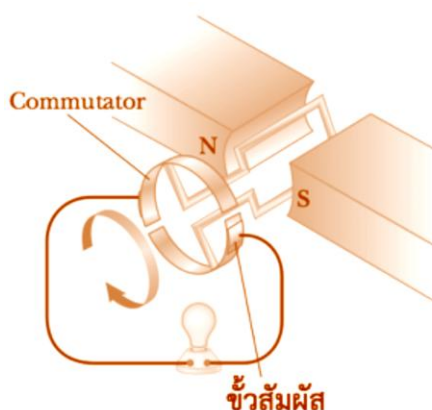
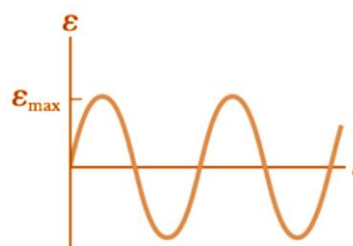
เรื่อง แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำในมอเตอร์และเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

เฉลย

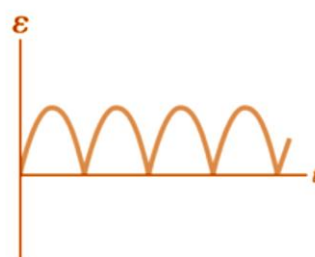
คำชี้แจง : ให้นักเรียนอธิบายความแตกต่างของแรงเคลื่อนไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าระหว่างเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง (DC)



เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง



เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง



เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับประกอบด้วยขดลวดตัวนำที่หมุนอยู่ในสนามแม่เหล็กโดยมีแรงภายนอกมากระทำขดลวดจะทำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ $\mathcal{E} = -N \left(\frac{d\Phi}{dt} \right)$ เมื่อ N คือ จำนวนรอบของขดลวดซึ่งแต่ละรอบมีพื้นที่หน้าตัด A เท่ากัน เมื่อขดลวดหมุนด้วยอัตราเร็วเชิงมุม ω รอบแกนตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก จะได้ $\Phi = BA \cos(\omega t)$ ดังนั้นจะได้ $\mathcal{E} = \omega NBA \sin(\omega t)$ จากสมการจะเห็นว่า แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ (emf) เปลี่ยนแปลงเป็นตามเวลาเป็นฟังก์ชันไซน์ และแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำจะค่าสูงสุดเมื่อ $\omega t = 90^\circ$ หรือ 270° และที่ $\omega t = 0^\circ$ หรือ 180° ซึ่งเป็นมุมที่ระนาบของขดลวดตัวนำตั้งฉากกับสนามแม่เหล็กแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำจะเป็นศูนย์

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง จะมีส่วนประกอบคล้ายกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ เว้นแต่ข้อไฟฟ้าที่สัมผัสและวงแหวนหมุนซึ่งมีเพียงวงเดียวแต่แบ่งออกเป็นสองส่วน ซึ่งเรียกว่า คอมมิวเตเตอร์ (Commutator) มีแรงดันเหมือนกันเสมอ ดังนั้นกระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้น จึงเป็นไฟฟ้ากระแสตรง

9. ความเห็นของผู้บริหารสถานศึกษาหรือผู้ที่ได้รับมอบหมาย

ข้อเสนอแนะ	ลงชื่อ (.....) ตำแหน่ง
---------------------------	--

10. บันทึกผลหลังการสอน

• ด้านความรู้ • ด้านสมรรถนะสำคัญของผู้เรียน • ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ • ด้านความสามารถทางวิทยาศาสตร์ • ด้านอื่น ๆ (พฤติกรรมเด่น หรือพฤติกรรมที่มีปัญหาของนักเรียนเป็นรายบุคคล (ถ้ามี))	• ปัญหา/อุปสรรค • แนวทางการแก้ไข
---	---

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 9

หม้อแปลง

เวลา 4 ชั่วโมง

1. ผลการเรียนรู้

- 4) สังเกต และอธิบายการเกิดอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำ กฎการเหนี่ยวนำของฟาราเดย์ และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งนำความรู้เรื่องอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำไปอธิบายการทำงานของเครื่องใช้ไฟฟ้าได้
- 5) อธิบาย และคำนวณความต่างศักย์อาร์เอ็มเอสและกระแสไฟฟ้าอาร์เอ็มเอสได้
- 6) อธิบายหลักการทำงานและประโยชน์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส การแปลงอีเอ็มเอฟของหม้อแปลง และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องได้

2. จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายการผลิตพลังงานไฟฟ้าและการส่งกำลังไฟฟ้า หม้อแปลง ตลอดจนการนำความรู้ทางแม่เหล็กไฟฟ้าไปใช้ประโยชน์ได้ (K)
2. ปฏิบัติกิจกรรมหม้อแปลงได้อย่างถูกต้อง (P)
3. ความเป็นคนช่างสังเกต ช่างคิด ช่างสงสัย ใฝ่เรียนรู้ และมุ่งมั่นในการแสวงหาความรู้ (A)

3. สารการเรียนรู้

สารการเรียนรู้เพิ่มเติม	สารการเรียนรู้ท้องถิ่น
- การวัดความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าสลับใช้ค่าอย่างผลหรือค่ามีเตอร์ ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยแบบรากที่สองของกำลังสองเฉลี่ย คำนวณได้จากสมการ $V_{rms} = \frac{V_0}{\sqrt{2}}$ และ $I_{rms} = \frac{I_0}{\sqrt{2}}$ - ไฟฟ้ากระแสสลับที่ส่งไปตามบ้านเรือนเป็นไฟฟ้ากระแสสลับที่ต้องเพิ่มอีเอ็มเอฟจากโรงไฟฟ้าแล้วลดอีเอ็มเอฟให้ค่าที่ต้องการโดยใช้หม้อแปลง ซึ่งประกอบด้วยขดลวดปฐมภูมิและขดลวดทุติยภูมิ - ไฟฟ้ากระแสสลับที่ผ่านขดลวดปฐมภูมิของหม้อแปลงจะทำให้เกิดอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำในขดลวดทุติยภูมิของหม้อแปลง โดยอีเอ็มเอฟในขดลวดทุติยภูมิขึ้นกับอีเอ็มเอฟในขดลวดปฐมภูมิและจำนวนรอบของขดลวดทั้งสอง ตามสมการ $\frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1} = \frac{N_2}{N_1}$	พิจารณาตามหลักสูตรของสถานศึกษา

4. สาระสำคัญ/ความคิดรวบยอด

ในระบบส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้าไปยังบ้านเรือนจะมีอุปกรณ์ไฟฟ้าอย่างหนึ่งติดตั้งไว้เป็นช่วงๆ อุปกรณ์ไฟฟ้างี้ดกล่าว คือ หม้อแปลงไฟฟ้า หรือเรียกสั้นๆ ว่า หม้อแปลง ซึ่งใช้สำหรับเพิ่มแรงดันไฟฟ้าให้สูงมากพอที่จะส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าไปตามสายส่งได้ไกลๆ และมีการสูญเสียในสายส่งน้อยที่สุด หรือเพื่อลดแรงดันไฟฟ้าให้เหมาะสมกับแรงดันไฟฟ้าใช้งานของเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ใช้ตามบ้านเรือน

5. สมรรถนะสำคัญของผู้เรียนและคุณลักษณะอันพึงประสงค์

สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน	คุณลักษณะอันพึงประสงค์
1. ความสามารถในการสื่อสาร 2. ความสามารถในการคิด 1) ทักษะการสังเกต 2) ทักษะการสื่อสาร 3) ทักษะการทดลอง 4) ทักษะการวิเคราะห์ 5) ทักษะการทำงานร่วมกัน 6) ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป 3. ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต	1. มีวินัย รับผิดชอบ 2. ใฝ่เรียนรู้ 3. ซื่อสัตย์ สุจริต 4. มุ่งมั่นในการทำงาน

6. กิจกรรมการเรียนรู้

 แนวคิด/รูปแบบการสอน/วิธีสอน/เทคนิค : การสอนแบบเน้นมโนทัศน์ (Concept-Based Instruction)

ชั่วโมงที่ 1-2

ขั้นนำ

ขั้นการใช้ความรู้เดิมเชื่อมโยงความรู้ใหม่ (Prior Knowledge)

- ครูทบทวนความรู้เดิมเกี่ยวกับแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำในมอเตอร์และเครื่องกำเนิดไฟฟ้า และนำเข้าสู่วิธีเรียนเกี่ยวกับหม้อแปลงไฟฟ้า โดยครูถามคำถามเพื่อกระตุ้นการคิด ดังนี้
 - หม้อแปลงทำหน้าที่อะไร ทำงานได้อย่างไร และนำไปใช้ประโยชน์อย่างไรบ้าง
 - แกนหม้อแปลงทำหน้าที่เหมือนอุปกรณ์ใดในวงจรไฟฟ้า
 - หม้อแปลงใช้ลดหรือเพิ่มแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงได้หรือไม่ เพราะเหตุใด
 - การใช้หม้อแปลงที่มีกำลังไฟฟ้าต่ำกว่าเครื่องใช้ไฟฟ้าจะส่งผลต่อหม้อแปลงและเครื่องใช้ไฟฟ้าอย่างไร

- การสูญเสียหม้อแปลงใช้ลดหรือเพิ่มแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงได้หรือไม่ เพราะเหตุใด
2. ครูให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายแสดงความคิดเห็นอย่างอิสระโดยไม่มีการเฉลยว่าถูกหรือผิด ซึ่งนักเรียนจะได้คำตอบที่ถูกต้องจากการเรียนต่อไป

ขั้นสอน

ขั้นรู้ (Knowing)

1. ให้นักเรียนแบ่งกลุ่ม ทั้งหมด 4 กลุ่ม ให้ผู้แทนนักเรียนแต่ละกลุ่มออกมาจับสลากเลือกหัวข้อในการสืบค้นจากแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ ดังนี้
 - ส่วนประกอบของหม้อแปลงไฟฟ้า
 - หลักการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้า
 - ชนิดของหม้อแปลงไฟฟ้า
 - การใช้งานหม้อแปลงไฟฟ้าชนิดต่าง ๆ
2. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายเรื่องที่ได้ศึกษา จากนั้นให้นักเรียนแต่ละคนเขียนสรุปความรู้ที่ได้จากการศึกษาค้นคว้าลงในสมุดประจำตัว เพื่อนำส่งครูท้ายชั่วโมง
3. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำผลการสืบค้นมาจัดให้อยู่ในแบบที่น่าสนใจ
4. ครูให้ตัวแทนนักเรียนแต่ละกลุ่มออกมานำเสนอผลการสืบค้นหน้าชั้นเรียน
5. นักเรียนร่วมกันสรุปสาระสำคัญเกี่ยวกับหม้อแปลงไฟฟ้าให้ได้ประเด็น ดังนี้
 - หม้อแปลงไฟฟ้าทำหน้าที่เพิ่มและลดแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับให้เหมาะสมตามที่วงจรอิเล็กทรอนิกส์ได้ถูกออกแบบ ซึ่งสามารถนำหม้อแปลงไปใช้งานหลายด้าน ทั้งในระบบการจ่ายไฟฟ้า หรือเป็นอุปกรณ์ประกอบในเครื่องใช้ไฟฟ้าต่าง ๆ ที่ใช้กันตามบ้านเรือน เช่น โทรทัศน์ เครื่องขยายเสียง หรืออะแดปเตอร์แปลงไฟเพื่อใช้ในงานต่าง ๆ
 - การทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้าอธิบายได้ด้วยกฎการเหนี่ยวนำของฟาราเดย์ กล่าวคือ ขดลวดปฐมภูมิซึ่งต่ออยู่กับแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับทำให้เกิดสนามแม่เหล็กที่เปลี่ยนแปลงตามเวลา โดยฟลักซ์แม่เหล็กจะวนไปตามแกนเหล็กและตัดผ่านขดลวดทุติยภูมิ ฟลักซ์แม่เหล็กที่เปลี่ยนแปลงตามเวลาจะเหนี่ยวนำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้นในวงจรของขดลวดทุติยภูมิ
 - เมื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าสลับให้กับขดลวดปฐมภูมิ หม้อแปลงจะเกิดสนามแม่เหล็กที่ไหลตามเข็ม และทวนเข็มนาฬิกา สนามแม่เหล็กจะเคลื่อนที่ไปตัดกับขดลวดทุติยภูมิ ทำให้เกิดแรงดันเหนี่ยวนำขึ้นที่ขดลวดทุติยภูมิที่ต่อกับโหลด โดยแรงเคลื่อนเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้น จะมีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็กและจำนวนรอบของขดลวด

ขั้นเข้าใจ (Understanding)

1. ครูให้ความรู้กับนักเรียนเกี่ยวกับขดลวดปฐมภูมิ ขดลวดทุติยภูมิ และความสัมพันธ์ของแรงเคลื่อนไฟฟ้าในขดลวดกับจำนวนรอบของขดลวด ตามรายละเอียดในหนังสือ จนได้ความสัมพันธ์ตามสมการ $\frac{E_2}{E_1} = \frac{N_2}{N_1}$

2. ครูให้นักเรียนแต่ละคนศึกษาสมการที่ใช้ในการคำนวณเกี่ยวกับหม้อแปลง ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน และศึกษาตัวอย่างที่ 1.9 เพื่อให้นักเรียนเกิดความเข้าใจมากยิ่งขึ้น
3. นักเรียนจับคู่กับเพื่อนในชั้นเรียน ตามความสมัครใจของนักเรียน จากนั้นร่วมกันทำใบงาน เรื่อง หม้อแปลงไฟฟ้า
4. ครูสุ่มนักเรียนจำนวน 2 คู่ ออกมาเฉลยใบงาน โดยนักเรียนร่วมกันพิจารณาว่าคำตอบใดถูกต้อง จากนั้นครูเฉลยคำตอบที่ถูกต้องให้นักเรียน
5. ครูให้ความรู้กับนักเรียนเกี่ยวกับหม้อแปลงขึ้น หม้อแปลงลง หม้อแปลงเชิงอุดมคติ การสูญเสียในแกน เหล็กจากการเกิดกระแสวน (eddy current) และการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าบางชนิด ตามรายละเอียดในหนังสือ

ชั่วโมงที่ 3-4

ขั้นสอน

ขั้นลงมือทำ (Doing)

1. ครูให้นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 4-5 คน ปฏิบัติกิจกรรม หม้อแปลง โดยให้นักเรียนแบ่งบทบาทหน้าที่ของสมาชิกภายในกลุ่มว่าใครมีบทบาทหน้าที่อย่างไร
2. นักเรียนทำกิจกรรมโดยครูกำหนดเวลาในการทำกิจกรรม ขณะที่นักเรียนทำกิจกรรม ครูคอยตรวจพฤติกรรมของนักเรียนและจดบันทึกในแบบบันทึกพฤติกรรม
(หมายเหตุ: ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบประเมินการปฏิบัติกิจกรรม)
3. ครูแจ้งจุดประสงค์ของกิจกรรม หม้อแปลง ให้นักเรียนทราบ เพื่อเป็นแนวทางการปฏิบัติที่ถูกต้อง จากนั้นให้นักเรียนแต่ละกลุ่มทำกิจกรรมตามขั้นตอน จากหนังสือเรียน
4. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันแลกเปลี่ยนความรู้และวิเคราะห์ผลการปฏิบัติกิจกรรม แล้วอภิปรายผลร่วมกัน จากนั้นแต่ละกลุ่มส่งตัวแทนออกมานำเสนอผลการทำกิจกรรม ในระหว่างที่นักเรียนนำเสนอครูคอยให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมเพื่อให้นักเรียนมีความเข้าใจที่ถูกต้อง
5. นักเรียนร่วมกันตอบคำถามท้ายกิจกรรม หม้อแปลง โดยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายเพื่อหาคำตอบ
6. ครูสุ่มเลือกนักเรียน 2-3 กลุ่ม ให้ออกมานำเสนอคำตอบของกลุ่มตนเอง เมื่อนักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอคำตอบของกลุ่มตนเองเรียบร้อยแล้ว จากนั้นครูเฉลยคำถามท้ายกิจกรรม

ขั้นสรุป

1. นักเรียนและครูร่วมกันสรุปเกี่ยวกับกิจกรรม หม้อแปลง ดังนี้
 - เมื่อกระแสตรงผ่านขดลวดขดแรก จะไม่มีกระแสเหนี่ยวนำเกิดขึ้นในขดลวดขดที่สอง

- เมื่อกระแสสลับผ่านขดลวดขดแรก จะมีกระแสเหนี่ยวนำเกิดขึ้นในขดลวดขดที่สอง
 - หลอดไฟที่ต่อกับขดลวด 200 รอบ จะสว่างกว่าหลอดไฟที่ต่อกับขดลวด 100 รอบ
2. ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนสอบถามเนื้อหาที่ได้ศึกษาผ่านมาแล้วว่ามีส่วนไหนที่ยังไม่เข้าใจ แล้วให้ความรู้เพิ่มเติมในส่วนนั้น โดยที่ครูอาจจะใช้ PowerPoint เรื่อง หม้อแปลงไฟฟ้า มาช่วยในการอธิบาย
 3. ครูให้นักเรียนทุกคนสรุปเป็นแผนผังมโนทัศน์ (Concept Mapping) เรื่อง หม้อแปลง
 4. ครูมอบหมายให้นักเรียนฝึกทำแบบฝึกหัด Topic Question เรื่อง หม้อแปลง จากหนังสือเรียนฯ ลงในสมุดประจำตัว
 5. ครูให้นักเรียนทำแบบฝึกหัด เรื่อง หม้อแปลง เป็นการบ้านแล้วนำเสนอครู และศึกษาเนื้อหา เรื่อง ค่าของปริมาณที่เกี่ยวข้องกับไฟฟ้ากระแสสลับ ซึ่งจะเรียนในคาบต่อไปมาล่วงหน้า

ขั้นประเมิน

1. ประเมินความรู้เกี่ยวกับเรื่อง หม้อแปลง โดยสังเกตพฤติกรรมการตอบคำถาม การทำแบบฝึกหัด ใบงาน และการสรุปสาระสำคัญ
2. ประเมินทักษะและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จากโดยสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม การปฏิบัติกิจกรรม หม้อแปลง และการนำความรู้ที่ได้ไปใช้ประโยชน์
3. ประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์โดยสังเกตพฤติกรรมจากการสังเกตพฤติกรรมการปฏิบัติกิจกรรม การอภิปราย และการทำแบบฝึกหัด

7. การวัดและประเมินผล

รายการวัด	วิธีวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
7.1 การประเมินระหว่างการจัดกิจกรรม 1) หม้อแปลง	- ตรวจใบงานที่ 1.8 - ตรวจแบบฝึกหัด - ตรวจ Topic Question	- ใบงานที่ 1.8 - ตรวจแบบฝึกหัด - Topic Question	- ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์ - ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์ - ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์
2) การปฏิบัติการ	- ประเมิน การปฏิบัติการ	- แบบประเมิน การปฏิบัติการ	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
3) พฤติกรรม การทำงาน รายบุคคล	- สังเกตพฤติกรรม การทำงานรายบุคคล	- แบบสังเกต พฤติกรรม การทำงานรายบุคคล	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
4) พฤติกรรม การทำงานกลุ่ม	- สังเกตพฤติกรรม การทำงานกลุ่ม	- แบบสังเกต พฤติกรรม การทำงานกลุ่ม	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
5) คุณลักษณะ อันพึงประสงค์	- สังเกตความมีวินัย ใฝ่เรียนรู้ และมุ่งมั่น ในการทำงาน	- แบบประเมิน คุณลักษณะ อันพึงประสงค์	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์

8. สื่อ/แหล่งการเรียนรู้

8.1 สื่อการเรียนรู้

- 1) หนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ฟิสิกส์ ม.6 เล่ม 1
- 2) แบบฝึกหัด รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ฟิสิกส์ ม.6 เล่ม 1
- 3) ใบงานที่ 1.8 เรื่อง หม้อแปลง
- 4) PowerPoint เรื่อง หม้อแปลง
- 5) สมุดประจำตัว

8.2 แหล่งการเรียนรู้

- 1) ห้องเรียน
- 2) ห้องสมุด
- 3) แหล่งข้อมูลสารสนเทศ

ใบงานที่ 1.8

เรื่อง หม้อแปลง

คำชี้แจง : ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

1) จำนวนรอบของขดลวดปฐมภูมิและขดลวดทุติยภูมิของหม้อแปลงเครื่องหนึ่งเป็น 200 รอบ และ 1,200 รอบ ตามลำดับ ถ้ามีกระแสไฟฟ้าผ่านขดลวดปฐมภูมิ 3.0 แอมแปร์ และหม้อแปลงมีประสิทธิภาพ 90% จะมีกระแสไฟฟ้าผ่านขดลวดทุติยภูมิเท่าใด

[illegible]

2) หม้อแปลงลงนำไปใช้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้านที่มีกำลังไฟฟ้า 750 วัตต์ ถ้าหลังจากใช้งานไป 1 นาที พบว่าเกิดความร้อนขึ้นในแกนเหล็ก 5 กิโลจูล โดยเครื่องใช้ไฟฟ้าได้รับกำลังคงเดิม ขนาดของพิวส์ที่นำมาใช้ในวงจรด้านเข้าควรมีค่าต่ำสุดกี่แอมแปร์

[illegible]

ใบงานที่ 1.8

เรื่อง หม้อแปลง

เฉลย

คำชี้แจง : ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

1) จำนวนรอบของขดลวดปฐมภูมิและขดลวดทุติยภูมิของหม้อแปลงเครื่องหนึ่งเป็น 200 รอบ และ 1,200 รอบ ตามลำดับ ถ้ามีกระแสไฟฟ้าผ่านขดลวดปฐมภูมิ 3.0 แอมแปร์ และหม้อแปลงมีประสิทธิภาพ 90% จะมีกระแสไฟฟ้าผ่านขดลวดทุติยภูมิเท่าใด

วิธีทำ จาก $eff. = \left(\frac{I_2 V_2}{I_1 V_1} \right) \times 100\%$ และ $\frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2}$

จะได้ $eff. = \left(\frac{I_2 N_2}{I_1 N_1} \right) \times 100\%$

จึงได้ $90 = \left(\frac{I_2 (1200)}{(3.0)(200)} \right) \times 100$

$$I_2 = \left(\frac{90}{100} \right) \left(\frac{200}{1200} \right) (3.0A) = 0.45A$$

ดังนั้น กระแสไฟฟ้าที่ผ่านขดลวดทุติยภูมิจึงมีค่าเป็น 0.45 แอมแปร์

2) หม้อแปลงลงนำไปใช้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้านที่มีกำลังไฟฟ้า 750 วัตต์ ถ้าหลังจากใช้งานไป 1 นาที พบว่าเกิดความร้อนขึ้นในแกนเหล็ก 5 กิโลจูล โดยเครื่องใช้ไฟฟ้าได้รับกำลังคงเดิม ขนาดของฟิวส์ที่นำมาใช้ในวงจรด้านเข้าควรมีค่าต่ำสุดกี่แอมแปร์

วิธีทำ กำลังไฟฟ้าที่สูญเสียไปในแกนเหล็กมีค่าเป็น $P_{lost} = \frac{Q}{t} = \frac{5 \times 10^3 J}{60 s} = \frac{10^3}{12} W$

โดยที่ กำลังด้านเข้ามีค่าเท่ากับผลบวกของกำลังด้านออกกับกำลังไฟฟ้าที่สูญเสียไปในแกน

หรือ $P_{in} = P_{out} + P_{lost}$ จึงได้ $I_1 (220V) = 750 W + \frac{10^3}{12} W = \frac{10,000}{12} W$

และ $I_1 = \frac{10,000}{12(220V)} = 3.8 A$

ดังนั้น กระแสไฟฟ้าด้านเข้ามีค่าเท่ากับ 3.8 แอมแปร์ ดังนั้นขนาดของฟิวส์ที่นำมาใช้ในวงจรด้านเข้าควรมีค่าต่ำสุด 4.0 แอมแปร์

9. ความเห็นของผู้บริหารสถานศึกษาหรือผู้ที่ได้รับมอบหมาย

ข้อเสนอแนะ	ลงชื่อ (.....) ตำแหน่ง
---------------------------	--

10. บันทึกผลหลังการสอน

• ด้านความรู้	
• ด้านสมรรถนะสำคัญของผู้เรียน	
• ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์	
• ด้านความสามารถทางวิทยาศาสตร์	
• ด้านอื่น ๆ (พฤติกรรมเด่น หรือพฤติกรรมที่มีปัญหาของนักเรียนเป็นรายบุคคล (ถ้ามี))	

• ปัญหา/อุปสรรค	
• แนวทางการแก้ไข	

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

ความร้อน

เวลา 6 ชั่วโมง

1. ผลการเรียนรู้

อธิบายและคำนวณความร้อนที่ทำให้สสารเปลี่ยนอุณหภูมิ ความร้อนที่ทำให้สสารเปลี่ยนสถานะและความร้อนที่เกิดจากการถ่ายโอนตามกฎการอนุรักษ์พลังงาน

2. จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายความหมายของระดับอุณหภูมิหรือสเกลอุณหภูมิได้ (K)
2. อธิบายผลหลักการเปลี่ยนอุณหภูมิและการเปลี่ยนสถานะของสสารได้ (K)
3. คำนวณหาปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนอุณหภูมิและการเปลี่ยนสถานะของสสารได้ (P)
4. มีความสนใจใฝ่รู้หรืออยากรู้อยากเห็น และทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ (A)

3. สารการเรียนรู้

สารการเรียนรู้เพิ่มเติม	สารการเรียนรู้ท้องถิ่น
- เมื่อสสารได้รับหรือคายความร้อน สสารอาจมีอุณหภูมิเปลี่ยนไป และสสารอาจเปลี่ยนสถานะโดยไม่เปลี่ยนอุณหภูมิ ซึ่งปริมาณความร้อนที่ทำให้สสารเปลี่ยนอุณหภูมิ คำนวณได้จากสมการ $Q = mc\Delta T$ ส่วนปริมาณของพลังงานความร้อนที่ทำให้สสารเปลี่ยนสถานะคำนวณได้จากสมการ $Q = mL$ - วัตถุที่มีอุณหภูมิสูงกว่าจะถ่ายโอนความร้อนไปสู่วัตถุที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า เป็นไปตามกฎการอนุรักษ์พลังงาน โดยปริมาณความร้อนที่วัตถุหนึ่งให้จะเท่ากับปริมาณความร้อนที่วัตถุหนึ่งรับ เขียนแทนได้ด้วยสมการ $Q_{\text{ลด}} = Q_{\text{เพิ่ม}}$ - เมื่อวัตถุมีอุณหภูมิเท่ากันจะไม่มีการถ่ายโอนความร้อน เรียกว่า วัตถุอยู่ในสมดุลความร้อน	พิจารณาตามหลักสูตรของสถานศึกษา

4. สาระสำคัญ/ความคิดรวบยอด

ระดับความร้อนของวัตถุสามารถบอกได้ด้วยอุณหภูมิ โดยอุณหภูมิจะแปรผันตามพลังงานจลน์เฉลี่ยของแก๊ส กล่าวได้ว่า วัตถุที่มีความร้อนมากจะมีอุณหภูมิสูง วัตถุที่มีความร้อนน้อยจะมีอุณหภูมิต่ำ และเมื่อเรานำวัตถุที่มีอุณหภูมิต่างกันมาสัมผัสกัน จะเกิดการถ่ายโอนความร้อน จนกระทั่งวัตถุทั้งสองมีอุณหภูมิเท่ากันหรือเรียกว่า เกิดสมดุลความร้อน

เมื่อพิจารณาความร้อนที่เกิดจากพลังงานจลน์ของอะตอมหรือโมเลกุลของสสาร สามารถกล่าวได้ว่า การถ่ายโอนความร้อนเกิดได้ 3 แบบ คือ การนำความร้อน การพาความร้อน และการแผ่รังสีความร้อน

5. สมรรถนะสำคัญของผู้เรียนและคุณลักษณะอันพึงประสงค์

สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน	คุณลักษณะอันพึงประสงค์
1. ความสามารถในการสื่อสาร 2. ความสามารถในการคิด 1) ทักษะการวิเคราะห์ 2) ทักษะการสื่อสาร 3) ทักษะการสังเกต 4) ทักษะการทำงานร่วมกัน 5) ทักษะการนำความรู้ไปใช้ 3. ความสามารถในการแก้ปัญหา	1. มีวินัย 2. ใฝ่เรียนรู้ 3. มุ่งมั่นในการทำงาน

6. กิจกรรมการเรียนรู้

 แนวคิด/รูปแบบการสอน/วิธีการสอน/เทคนิค : เน้นมโนทัศน์ (Concept Based Teaching)

ชั่วโมงที่ 1-2

ขั้นนำ

ขั้นการใช้ความรู้เดิมเชื่อมโยงความรู้ใหม่ (Prior Knowledge)

- ครูให้นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียน เรื่อง ความร้อนและทฤษฎีจลน์ของแก๊ส ซึ่งเป็นปรนัย จำนวน 10 ข้อ ใช้เวลา 10 นาที เพื่อตรวจสอบความรู้พื้นฐานของนักเรียนก่อนเข้าสู่เนื้อหา
- ครูใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนเกิดปัญหาและหาความรู้เพื่อให้ได้คำตอบ โดยใช้คำถาม Big Question จากหนังสือเรียนว่า “บอลลูกสามารถลอยขึ้นไปบนท้องฟ้าได้เกิดจากสิ่งใดและมีหลักการอย่างไร” โดยเมื่อนักเรียนศึกษาเรียนรู้จนจบหน่วยการเรียนรู้แล้ว นักเรียนจะต้องตอบคำถามและให้เหตุผลของข้อคำถามนี้ได้

(แนวตอบ : บอลลูนสามารถลอยขึ้นได้โดยอาศัยหลักการของแก๊สตามกฎของชาร์ล โดยที่อากาศร้อนเกิดจากการเผาไหม้ของแก๊สโพรเพนจากบริเวณฐานบอลลูน ส่งผลให้อากาศภายในบอลลูนร้อนขึ้น โมเลกุลของอากาศเกิดการขยายตัว ความหนาแน่นของอากาศภายในน้อยกว่าภายนอก และเนื่องจากภายใต้ความดันบรรยากาศที่เท่ากันจึงเกิดแรงลอยตัว บอลลูนจึงลอยขึ้นด้านบนได้)

3. ครูให้นักเรียนทำแบบทดสอบความเข้าใจก่อนเรียนจาก Understanding Check จากหนังสือเรียน ลงในสมุดบันทึกประจำตัว

(แนวตอบ : 1. ผิด 2. ถูก 3. ถูก 4. ถูก 5. ถูก)

4. ครูถามคำถาม Key Question กับนักเรียนว่า “สิ่งใดที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสาร” โดยนักเรียนร่วมกันตอบคำถามและแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับคำตอบของคำถามเพื่อเชื่อมโยงเข้าสู่เนื้อหาที่กำลังจะศึกษาเรียนรู้ต่อไป

(แนวตอบ : ความร้อน ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่งที่มีผลโดยตรงต่อสถานะของสสาร)

5. ครูทบทวนความรู้เดิมของนักเรียนว่า พลังงานแบ่งได้ 2 ประเภท คือ พลังงานที่ใช้แล้วหมดไป ได้แก่ น้ำมัน แก๊สธรรมชาติ ถ่านหิน และพลังงานที่ใช้แล้วไม่หมดไปหรือพลังงานทดแทน ได้แก่ แก๊สชีวภาพ (ได้จากการหมักมูลสัตว์) แก๊สโซฮอล์ พลังงานน้ำ พลังงานลม และพลังงานแสงอาทิตย์ โดยนักเรียนจะสังเกตได้ว่า พลังงานที่เราใช้ประโยชน์มากที่สุดนั้นอยู่ในรูปของความร้อน ซึ่งแหล่งพลังงานความร้อนที่มหาศาลที่สุดคือ ดวงอาทิตย์
6. ครูถามคำถามกระตุ้นความสนใจกับนักเรียนว่า “เราใช้พลังงานในรูปของความร้อนอย่างไรบ้าง” โดยให้นักเรียนร่วมกันแสดงความคิดเห็น

(แนวตอบ : ปัจจุบันมีการนำความร้อนไปเปลี่ยนรูปเป็นพลังงานไฟฟ้า เป็นพลังงานแสง นำไปใช้ในการตากแห้งอาหาร การอบ เครื่องทำน้ำอุ่น เตาอบ)

ขั้นสอน

ขั้นรู้ (Knowing)

1. ครูชักชวนนักเรียนสนทนาโดยใช้คำถามว่า นักเรียนคงรู้จักและสัมผัสกับความร้อนมานาน และนักเรียนทราบหรือไม่ว่าความร้อนมีความหมายว่าอย่างไร
- (แนวตอบ : ความร้อนเป็นพลังงานรูปหนึ่งที่สะสมอยู่ในรูปพลังงานจลน์ของโมเลกุลของวัตถุ)
2. ครูถามคำถามกระตุ้นกับนักเรียนต่อว่า “เมื่อทราบถึงความหมายของความร้อนแล้ว นักเรียนสามารถระบุระดับความร้อนได้หรือไม่ อย่างไร” ครูทิ้งช่วงเวลาให้นักเรียนคิดโดยที่ครูยังไม่ต้องการคำตอบ เพื่อเป็นการชักนำเข้าสู่เนื้อหาที่กำลังจะศึกษา
 3. ให้นักเรียนจับคู่กับเพื่อนที่นั่งข้าง ๆ จากนั้นร่วมกันศึกษา เรื่อง ความร้อน ในหัวข้อที่เกี่ยวกับอุณหภูมิ จากหนังสือเรียน ในลักษณะของเพื่อนคู่คิด

4. ครูให้สุ่มตัวแทนนักเรียนคนหนึ่งใช้มือข้างหนึ่งแตะที่แก้วน้ำแข็ง แล้วเอามืออีกข้างหนึ่งไปจับที่แขนเพื่อน และนักเรียนอีกคนที่ไม่ได้แตะแก้วน้ำแข็งจับแขนเพื่อนคนเดียวกันที่แตะแก้วน้ำแข็ง จากนั้นครูถามคำถามกับนักเรียนว่า “จากความรู้สึก ณ ตอนนี้ แขนของเพื่อนร้อนหรือเย็น”
(แนวตอบ : นักเรียนคนที่เอามือแตะแก้วน้ำแข็งจะตอบว่า “เย็น” เนื่องจากความรู้สึกของเราไม่สามารถบอกอุณหภูมิที่แม่นยำได้ โดยที่นักเรียนทั้ง 2 คน ซึ่งจับแขนเพื่อนคนเดียวกันแต่ตอบแตกต่างกัน)
5. ครูเน้นย้ำกับนักเรียนว่า เมื่อนักเรียนได้ศึกษาเกี่ยวกับระดับอุณหภูมิหรือสเกลอุณหภูมิจบแล้ว นักเรียนจะต้องสามารถคำนวณหรือแปลงหน่วยของอุณหภูมิได้
6. นักเรียนแต่ละคู่ร่วมกันศึกษาตัวอย่างที่ 2.1-2.2 จากหนังสือเรียน โดยครูมอบหมายให้นักเรียนจดบันทึกลงในสมุดบันทึกประจำตัว
7. ครูสุ่มตัวแทนนักเรียนออกมาหน้าชั้นเรียน เพื่ออธิบายขั้นตอนและวิธีการแก้โจทย์ปัญหาเพื่อให้ได้คำตอบ เสร็จแล้วครูถามความคิดเห็นนักเรียนในชั้นเรียนว่า “ใครมีขั้นตอนหรือวิธีการแก้โจทย์ปัญหา และหรือมีคำตอบที่แตกต่างจากเพื่อนหรือไม่” (ถ้ามี ครูอาจให้นักเรียนคนนั้นออกมาแนะนำและอธิบายบนกระดานหน้าชั้นเรียน ซึ่งครูคอยสังเกตการณ์และตรวจสอบหรือให้คำแนะนำว่าถูกหรือผิด)
8. ครูให้นักเรียนศึกษาต่อในหัวข้อที่เกี่ยวกับการเปลี่ยนอุณหภูมิของสสาร จากหนังสือเรียน
9. นักเรียนร่วมกันตอบคำถาม Concept Question จากหนังสือเรียนที่ถามว่า “หน่วยที่ใช้ในการวัดปริมาณความร้อนของสสาร นอกจากหน่วยจูลแล้ว ยังมีหน่วยใดอีกบ้างและมีค่าเท่าใดเมื่อเทียบกับหน่วยจูล”
(แนวตอบ : หน่วยแคลอรี โดยที่ 1 แคลอรี มีค่าเท่ากับ 4.2 จูล และหน่วยบีทียู โดยที่ 1 บีทียู มีค่าเท่ากับ 252 แคลอรี หรือ 1,055 จูล)
10. ครูให้นักเรียนแต่ละคู่ (คู่ที่เคยร่วมกันศึกษาเนื้อหาก่อนหน้านี้) ร่วมกันศึกษาตัวอย่างที่ 2.3-2.4 จากหนังสือเรียน โดยจดบันทึกลงในสมุดบันทึกประจำตัว
11. ครูให้นักเรียนปิดหนังสือเรียน ครูแจกกระดาษ A4 ให้นักเรียนคนละ 1 ใบ จากนั้นครูอ่านโจทย์หรือข้อคำถามของตัวอย่างที่ 2.5 จากหนังสือเรียน ให้นักเรียนฟังและจดตามลงในกระดาษ A4 ครูมอบหมายให้แต่ละคนแสดงวิธีการแก้โจทย์ปัญหาเพื่อหาคำตอบ เสร็จแล้วตัวแทนเก็บรวบรวมส่งครูเพื่อตรวจและให้เป็นคะแนนพิเศษ
12. นักเรียนเปิดหนังสือเรียนหน้าตัวอย่างที่ 2.5 จากนั้นครูและนักเรียนร่วมกันศึกษาขั้นตอนและวิธีการแก้โจทย์ปัญหา เพื่อตรวจสอบว่าสิ่งที่ตนเองทำส่งครูนั้นถูกต้องหรือไม่
13. ครูถามคำถามกับนักเรียนว่า “มีใครแสดงวิธีการแก้โจทย์ปัญหาหรือได้คำตอบที่แตกต่างจากหนังสือเรียนบ้าง” (ถ้ามี ครูอาจให้นักเรียนคนนั้นออกมาแนะนำและอธิบายบนกระดานหน้าชั้นเรียน ซึ่งครูคอยสังเกตการณ์และตรวจสอบหรือให้คำแนะนำว่าถูกหรือผิด)

ชั่วโมงที่ 3

ขั้นสอน

ขั้นรู้ (Knowing)

14. ครูเปิดวิดีโอที่เกี่ยวกับการสร้างถนนคอนกรีต หรือการสร้างทางรถไฟ ให้นักเรียนศึกษา โดยครูคอยถามคำถามกระตุ้นเพื่อเชื่อมโยงความรู้ใหม่จากวิดีโอที่เกี่ยวกับความรู้ที่นักเรียนกำลังจะได้ศึกษาเกี่ยวกับการขยายตัวเชิงความร้อนของของแข็ง จากหนังสือเรียน
15. ครูให้นักเรียนศึกษาเกี่ยวกับการขยายตัวเชิงความร้อนของของแข็ง จากหนังสือเรียน
16. ครูสุ่มนักเรียนเพื่อถามคำถามว่า “ในชีวิตประจำวันของนักเรียน นอกจากการสร้างถนนคอนกรีตแล้ว ยังมีสิ่งใดบ้างที่เมื่อผลิตหรือสร้างขึ้นมักจะต้องคำนึงถึงคุณสมบัติการขยายตัวเชิงความร้อนของวัสดุนั้น ๆ ด้วย”
17. ครูและนักเรียนร่วมกันสนทนาอภิปรายเกี่ยวกับการขยายตัวเชิงความร้อนของของแข็งจากที่ได้ศึกษาแล้ว โดยครูให้นักเรียนทำการจดบันทึกสรุปความรู้ลงในสมุดบันทึกประจำตัว
18. นักเรียนศึกษาตัวอย่างที่ 2.6-2.7 จากหนังสือเรียน
19. ครูสุ่มตัวแทนนักเรียน 2 คน ยืนขึ้นแล้วอธิบายตัวอย่างที่ 2.6 และ 2.7 คนละ 1 ตัวอย่าง
20. ครูให้นักเรียนใช้โทรศัพท์มือถือสแกน QR Code เรื่อง การขยายตัวจากความร้อน จากหนังสือเรียน เพื่อเป็นการศึกษาเพิ่มเติมจากสื่อดิจิทัล ซึ่งอาจเป็นความรู้เพิ่มเติมที่นอกเหนือจากหนังสือเรียน
21. นักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายสรุปความรู้เกี่ยวกับการขยายตัวเชิงความร้อนของของแข็งอีกครั้ง เพื่อให้ นักเรียนทุกคนมีความเข้าใจไปในแนวทางเดียวกันก่อนที่จะทำการศึกษาเรื่องอื่น ๆ ต่อไป

ชั่วโมงที่ 4-5

ขั้นสอน

ขั้นรู้ (Knowing)

22. ครูนำวิดีโอที่เกี่ยวกับสถานะของสารมาเปิดให้นักเรียนดู เพื่อเป็นการกระตุ้นความรู้ นำเข้าสู่เนื้อหาที่กำลังจะศึกษา
23. ครูถามคำถามกับนักเรียนว่า “นักเรียนรู้จักสถานะของสารหรือไม่ และสามารถอธิบายและแยกแยะแต่ละสถานะได้มากน้อยขนาดไหน” ซึ่งเป็นคำถามกระตุ้นให้นักเรียนได้เกิดกระบวนการคิดจากความรู้เดิมของแต่ละคนและครูยังไม่ต้องการคำตอบ
24. ครูนำอุปกรณ์มาเป็นสื่อสำหรับสอนเกี่ยวกับสถานะของสารขึ้นมาแสดงให้นักเรียนดู เช่น ลูกอมก้อนช็อคโกแลต เทียนไข น้ำเปล่า น้ำอัดลม ขวดเปล่า จากนั้นครูสุ่มตัวแทนนักเรียนออกมาหน้าชั้นเรียนและให้อธิบายบอกถึงความแตกต่างของสถานะจากสื่อประกอบการสอนที่ครูเตรียมไว้

25. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายถึงความแตกต่างของสถานะจากสื่อประกอบการสอนที่ครูเตรียมไว้
26. ครูขอตัวแทนนักเรียน 12 คน ออกมาหน้าชั้นเรียน จากนั้นครูแบ่งนักเรียนออกเป็น 3 กลุ่ม ดังนี้
 - กลุ่มที่ 1 จำนวน 6 คน โดยครูให้นักเรียนยืนชิดกันให้มากที่สุดเป็นกลุ่ม โดยคนที่อยู่รอบนอกอาจจะกอดคอ กอดเอว หรือจับมือประสานกับเพื่อนทั้ง 2 ข้างของตนเอง
 - กลุ่มที่ 2 จำนวน 4 คน โดยครูให้นักเรียนยืนจับมือกันเป็นวงกลมแบบหลวม ๆ ไม่ต้องชิดกัน
 - กลุ่มที่ 3 จำนวน 2 คน โดยครูให้นักเรียนยืนห่างกัน 2 ช่วงแขน แบบไม่ต้องจับมือ
27. ครูออกแรงผลักไปที่นักเรียนคนหนึ่งของแต่ละกลุ่ม แล้วให้นักเรียนที่เหลือในห้องเรียนสังเกตสิ่งที่เกิดขึ้นกับแต่ละกลุ่ม โดยครูอาจจะทำซ้ำอีก 1-2 รอบ เพื่อให้นักเรียนได้เห็นภาพชัดเจนมากขึ้น
28. ตัวแทนนักเรียนกลับไปนั่งที่ จากนั้นครูอธิบายถึงกิจกรรมสาธิตที่ผ่านมาว่า “นักเรียนแต่ละคนเปรียบเสมือนอนุภาคที่อยู่ในสารแต่ละสถานะ คือ กลุ่มที่ 1 เปรียบได้กับสารในสถานะของแข็ง มีการจัดเรียงตัวของอนุภาคอย่างเป็นระเบียบและรวมตัวอยู่ชิดกันมาก ส่งผลให้ของแข็งมีรูปร่างที่แน่นอนไม่เปลี่ยนแปลงไปตามภาชนะหรือแรงเพียงน้อยนิดที่มากกระทำ กลุ่มที่ 2 เปรียบได้กับสารในสถานะของเหลว มีการจัดเรียงตัวของอนุภาคค่อนข้างหลวม ไม่เป็นระเบียบมากนัก ส่งผลให้ของเหลวมีรูปร่างที่ไม่แน่นอน สามารถเปลี่ยนแปลงไปได้ตามภาชนะที่บรรจุหรือแรงที่มากกระทำ และกลุ่มที่ 3 เปรียบได้กับสารในสถานะแก๊ส มีการจัดเรียงตัวของอนุภาคที่ค่อนข้างหลวม แต่ละอนุภาคจะอยู่ห่างกัน เคลื่อนที่ไปมาได้อย่างอิสระ ส่งผลให้แก๊สมีรูปร่างเปลี่ยนแปลงไปตามภาชนะที่บรรจุเช่นเดียวกับของเหลว แต่ไม่สามารถจับต้องได้”
29. ครูให้นักเรียนแบ่งกลุ่มอย่างอิสระ กลุ่มละ 5-6 คน จากนั้นร่วมกันศึกษาเกี่ยวกับสถานะและการเปลี่ยนสถานะ (ของน้ำ) จากหนังสือเรียน
30. ครูมอบหมายให้แต่ละกลุ่มร่วมกันสร้างสรรค์ผลงานเพื่อนำเสนอความรู้เกี่ยวกับเนื้อหาที่กำลังศึกษาให้ออกมาในรูปแบบที่กลุ่มของตนเองคิดว่าน่าสนใจ (ใบความรู้ แผ่นพับความรู้ แผ่นผังความคิด อินโฟกราฟิก) พร้อมทั้งตกแต่งให้สวยงาม
31. ครูเก็บรวบรวมผลงานของนักเรียน จากนั้นสุ่มผลงานของแต่ละกลุ่มแล้วให้ตัวแทนเจ้าของผลงานออกมานำเสนอผลงานของกลุ่มตนเองหน้าชั้นเรียนจนครบทุกกลุ่ม
32. ครูให้นักเรียนใช้โทรศัพท์มือถือสแกน QR Code เรื่อง การเปลี่ยนสถานะของน้ำ จากหนังสือเรียน เพื่อเป็นการศึกษาเพิ่มเติมจากสื่อดิจิทัล ซึ่งอาจเป็นความรู้เพิ่มเติมที่นอกเหนือจากหนังสือเรียน
33. นักเรียนร่วมกันตอบคำถาม Concept Question จากหนังสือเรียนที่ถามว่า “ความร้อนแฝงในกระบวนการดูดความร้อนของสารและกระบวนการคายความร้อนของสารเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร”

(แนวตอบ : ต่างกัน คือ ความร้อนแฝงในกระบวนการดูดความร้อนของสาร เป็นค่าพลังงาน (ความร้อน) ที่ใช้ในการเปลี่ยนสถานะจากแก๊สเป็นของเหลวหรือจากของเหลวเป็นของแข็ง และความร้อนแฝงในกระบวนการคายความร้อนของสารเป็นค่าพลังงาน (ความร้อน) ที่ใช้ในการเปลี่ยนสถานะจากของแข็งเป็นของเหลวหรือจากของเหลวเป็นแก๊ส)

34. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันศึกษาตัวอย่างที่ 2.8 จากหนังสือเรียน โดยครูมอบหมายให้จดบันทึกลงในสมุดบันทึกประจำตัว
35. นักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับตัวอย่างที่ 2.8 เพื่อให้เกิดความเข้าใจที่ตรงกัน

ชั่วโมงที่ 6

ขั้นสอน

ขั้นรู้ (Knowing)

36. ครูถามคำถามจากประสบการณ์ของนักเรียนว่า “หากนำทัพไฟโลหะใส่ลงไปในหม้อต้มน้ำร้อน เมื่อนักเรียนจับทัพไฟดังกล่าวนักเรียนจะรู้สึกอย่างไร และหากวางทัพไฟไว้ด้านนอกหม้อต้มน้ำร้อนครู่หนึ่งแล้วนักเรียนใช้มือข้างเดิมจับทัพไฟ นักเรียนจะรู้สึกแตกต่างจากครั้งแรกที่จับอย่างไร” โดยครูเปิดโอกาสให้นักเรียนแสดงความคิดเห็น แต่ครูจะยังไม่ตัดสินความคิดเห็นของนักเรียน
37. ครูให้นักเรียนศึกษาเกี่ยวกับ การถ่ายโอนความร้อน จากหนังสือเรียน โดยจดบันทึกความรู้ที่ได้ลงในสมุดบันทึกประจำตัว
38. นักเรียนร่วมกันตอบคำถาม Concept Question จากหนังสือเรียนที่ถามว่า “เหตุใดตะหลิวหรืออุปกรณ์ทำอาหารที่ผลิตมาจากวัสดุประเภทโลหะ จึงต้องมีด้ามจับที่ผลิตมาจากวัสดุประเภทไม้หรือพลาสติก”
(แนวตอบ : เนื่องจากโลหะเป็นตัวนำความร้อนที่ดีชนิดหนึ่ง ซึ่งเมื่อโลหะสัมผัสกับความร้อนและมือเราสัมผัสโลหะต่อ ความร้อนจะถ่ายโอนด้วยกระบวนการนำความร้อนมาสู่มือของเราอย่างรวดเร็ว นั่นคือเหตุผลหนึ่งที่ตะหลิวหรืออุปกรณ์ทำอาหารจะต้องมีด้ามจับที่ทำจากไม้หรือพลาสติก ซึ่งเป็นวัสดุประเภทฉนวนความร้อน เพื่อป้องกันการถ่ายโอนความร้อนมาสู่มือของเรา)

ขั้นเข้าใจ (Understanding)

1. ครูใช้คำถามให้นักเรียนอธิบายสิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้เกี่ยวกับเรื่อง ความร้อน โดยครูสุ่มนักเรียนจำนวนหนึ่งออกมาหน้าห้องเพื่ออธิบายผลการศึกษาในแต่ละหัวข้อ
2. เมื่อนักเรียนอธิบายผลการศึกษาตามความเข้าใจของนักเรียนแล้ว ครูอาจยกตัวอย่างหรือปรับเปลี่ยนสถานการณ์จากตัวอย่างที่ได้ศึกษา แล้วให้นักเรียนอธิบายสิ่งที่เหมือนและสิ่งที่แตกต่าง
3. ครูมอบหมายให้นักเรียนศึกษาทำความเข้าใจเกี่ยวกับความร้อนเพิ่มเติมจากแบบฝึกหัด ฟิสิกส์ ม.6 เล่ม 1 หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 ความร้อนและทฤษฎีจลน์ของแก๊ส

ขั้นลงมือทำ (Doing)

1. ครูให้นักเรียนจับคู่กับเพื่อนข้าง ๆ แล้วร่วมกันศึกษาแบบฝึกหัด Topic Questions จากหนังสือเรียน โดยครูมอบหมายให้นักเรียนแต่ละคนเขียนแสดงวิธีการแก้โจทย์ปัญหาลงในสมุดบันทึกประจำตัว โดยที่ครูกำหนดให้ใช้หลักการแก้โจทย์ปัญหา 4 ขั้นตอน ของโพลยา (Polya's problem solving process) ดังนี้

- ขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจโจทย์ (Understanding the problem) เป็นการคิดเกี่ยวกับปัญหาและตัดสินใจว่าอะไรที่ต้องการค้นหา โดยนักเรียนต้องทำความเข้าใจปัญหาและระบุส่วนที่สำคัญของปัญหา
 - ขั้นที่ 2 วางแผนแก้ปัญหา (Devising the plan) เป็นการค้นหาความเชื่อมโยงหรือความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลกับสิ่งที่ไม่รู้ นำความสัมพันธ์ที่ได้มาผสมผสานกับประสบการณ์ กำหนดแนวทางหรือแผนในการแก้ปัญหา
 - ขั้นที่ 3 ปฏิบัติตามแผน (Carrying out the plan) เป็นการลงมือปฏิบัติตามแผนหรือแนวทางที่วางไว้ อาจตรวจสอบความเป็นไปได้ของแผน เพิ่มเติมรายละเอียด แล้วลงมือปฏิบัติจนได้ความสำเร็จ ถ้าไม่สำเร็จต้องค้นหาและทำการแก้ปัญหาจนสามารถแก้ปัญหาได้
 - ขั้นที่ 4 ตรวจสอบ (Looking back) เป็นการมองย้อนกลับไปยังคำตอบที่ได้มา เริ่มจากการตรวจสอบความถูกต้อง ความสมเหตุสมผลของคำตอบและยุทธวิธีแก้ปัญหาที่ใช้ มีคำตอบหรือยุทธวิธีอื่นในการแก้ปัญหานี้หรือไม่
2. ครูแจกใบงานที่ 2.1 เรื่อง ความร้อน ให้นักเรียนคนละ 1 ชุด จากนั้นมอบหมายให้นักกลับไปศึกษาเป็นการบ้าน เสร็จแล้วตัวแทนรวบรวมส่งครูเพื่อตรวจและให้คะแนนก่อนที่จะเจอกันในชั่วโมงถัดไป

ขั้นสรุป

1. ครูและนักเรียนร่วมกันลงข้อสรุป โดยให้นักเรียนอธิบายสรุปความรู้เกี่ยวกับความร้อนที่ได้ศึกษามาแล้วทั้งเนื้อหาและตัวอย่างจากหนังสือเรียน และกิจกรรมที่นอกเหนือจากหนังสือเรียน พร้อมทั้งยกอย่างสถานการณ์ในชีวิตประจำวันที่เกี่ยวข้องเพื่อทดสอบความเข้าใจ
2. ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนสอบถามเนื้อหาที่ได้ศึกษาผ่านมาแล้วในส่วนที่ยังไม่เข้าใจหรือสงสัย จากนั้นครูให้ความรู้เพิ่มเติมในส่วนนั้น โดยที่ครูอาจจะใช้ PowerPoint เรื่อง ความร้อน มาเปิดให้นักเรียนดูประกอบเพื่อช่วยในการอธิบายให้เข้าใจมากยิ่งขึ้น
3. ครูให้นักเรียนสรุปความรู้เกี่ยวกับความร้อน โดยสร้างสรรค์ออกมาในรูปแบบของ แผนที่ความคิด (Mind Mapping) ลงในกระดาษ A4 พร้อมทั้งตกแต่งให้สวยงาม เสร็จแล้วนำเสนอส่งครูเพื่อตรวจให้คะแนน

ขั้นประเมิน

1. ประเมินความรู้เกี่ยวกับเรื่อง ความร้อน โดยสังเกตพฤติกรรมการตอบคำถาม การทำแบบฝึกหัด และการสรุปสาระสำคัญ
2. ประเมินทักษะและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จากการคำนวณเกี่ยวกับความร้อนจากตัวอย่างที่ครูกำหนดให้ และการนำความรู้ที่ได้ไปใช้ประโยชน์
3. ประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์ โดยสังเกตพฤติกรรมความสนใจใฝ่รู้หรืออยากรู้อยากเห็น การทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์

7. การวัดและประเมินผล

รายการวัด	วิธีวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
7.1 การประเมินก่อนเรียน - แบบทดสอบก่อนเรียน หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง ความร้อนและทฤษฎีจลน์ของแก๊ส	- ตรวจสอบแบบทดสอบก่อนเรียน	- แบบทดสอบก่อนเรียน	- ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์
7.2 การประเมินระหว่างการจัดกิจกรรม 1) ความร้อน	- ตรวจใบงานที่ 2.1 - ตรวจสอบแบบฝึกหัด	- ใบงานที่ 2.1 - แบบฝึกหัด	- ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์ - ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์
2) การนำเสนอผลงาน	- ประเมินการนำเสนอผลงาน	- แบบประเมินการนำเสนอผลงาน	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
3) พฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- สังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
4) พฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- สังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
5) คุณลักษณะอันพึงประสงค์	- สังเกตความมีวินัยใฝ่เรียนรู้ และมุ่งมั่นในการทำงาน	- แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์

8. สื่อ/แหล่งการเรียนรู้

8.1 สื่อการเรียนรู้

- 1) หนังสือเรียน ฟิสิกส์ ม.6 เล่ม 1 หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 ความร้อนและทฤษฎีจลน์ของแก๊ส
- 2) แบบฝึกหัด ฟิสิกส์ ม.6 เล่ม 1 หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 ความร้อนและทฤษฎีจลน์ของแก๊ส
- 3) แบบทดสอบก่อนเรียน หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 ความร้อนและทฤษฎีจลน์ของแก๊ส
- 4) ใบงานที่ 2.1 เรื่อง ความร้อน
- 5) PowerPoint เรื่อง ความร้อน

8.2 แหล่งการเรียนรู้

- 1) ห้องเรียน
- 2) ห้องสมุด
- 3) แหล่งข้อมูลสารสนเทศ

ใบงานที่ 2.1

เรื่อง ความร้อน

คำชี้แจง : ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

1. นายสุวัฒน์มีของเหลวชนิดหนึ่งมวล 3.5 กิโลกรัม โดยเขานำไปให้ความร้อนปริมาณ 600 กิโลจูล จนของเหลวมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นจาก 25 องศาเซลเซียส เป็น 85 องศาเซลเซียส ความจุความร้อนจำเพาะของของเหลวนี้มีค่าเท่าใด

[illegible]

2. ไอน้ำจำนวน 50 กรัม ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส กลั่นตัวเป็นหยดน้ำที่มีอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ยาก
ทราบว่า ไอน้ำนี้จะคายความร้อนออกมาในปริมาณเท่าใด กำหนดให้ความร้อนแฝงจำเพาะของการกลายเป็นไอ
ของน้ำเท่ากับ 540 แคลอรีต่อกรัม และความจุความร้อนจำเพาะของน้ำเท่ากับ 1.0 แคลอรีต่อกรัม องศา
เซลเซียส

This image shows a blank sheet of white paper with horizontal dashed lines, typical of primary-ruled notebook paper. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

ใบงานที่ 2.1

เรื่อง ความร้อน

เฉลย

คำชี้แจง : ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

1. นายสุวัฒน์มีของเหลวชนิดหนึ่งมวล 3.5 กิโลกรัม โดยเขานำไปให้ความร้อนปริมาณ 600 กิโลจูล จนของเหลวมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นจาก 25 องศาเซลเซียส เป็น 85 องศาเซลเซียส ความจุความร้อนจำเพาะของของเหลวนี้มีค่าเท่าใด

วิธีทำ จากสมการ

$$Q = mc\Delta T$$

$$600 \times 10^3 \text{ J} = (3.5 \text{ kg})c(85^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C})$$

$$600 \times 10^3 \text{ J} = (3.5 \text{ kg})c(60^\circ\text{C})$$

$$600 \times 10^3 \text{ J} = (240 \text{ kg}\cdot^\circ\text{C})c$$

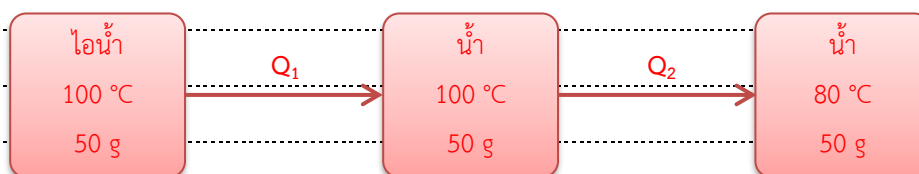
$$c = \frac{600 \times 10^3 \text{ J}}{240 \text{ kg}\cdot^\circ\text{C}}$$

$$c = 2,500 \text{ J/kg}\cdot^\circ\text{C}$$

ดังนั้น ความจุความร้อนจำเพาะของของเหลวนี้มีค่าเท่ากับ 2,500 จูลต่อกิโลกรัม องศาเซลเซียส

2. ใช้น้ำจำนวน 50 กรัม ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส กลั่นตัวเป็นหยดน้ำที่มีอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส อยากทราบว่า ใช้น้ำนี้จะคายความร้อนออกมาในปริมาณเท่าใด กำหนดให้ความร้อนแฝงจำเพาะของการกลายเป็นไอของน้ำเท่ากับ 540 แคลอรีต่อกรัม และความจุความร้อนจำเพาะของน้ำเท่ากับ 1.0 แคลอรีต่อกรัม องศาเซลเซียส

วิธีทำ



จากสมการ

$$Q = mL$$

$$Q_1 = (50 \text{ g})(540 \text{ Cal/g})$$

$$Q_1 = 27,000 \text{ Cal}$$

จากสมการ

$$Q = mc\Delta T$$

$$Q_2 = (50 \text{ g})(1.0 \text{ Cal/g}\cdot^\circ\text{C})(80^\circ\text{C} - 100^\circ\text{C})$$

$$Q_2 = -1,000 \text{ Cal}$$

ความร้อนทั้งหมดของกระบวนการนี้เท่ากับ $Q = Q_1 + Q_2$

$$Q = 27,000 \text{ Cal} + (-1,000 \text{ Cal})$$

$$Q = 26,000 \text{ Cal}$$

ดังนั้น ใช้น้ำนี้จะคายความร้อนออกมาในปริมาณ 26,000 แคลอรี

9. ความเห็นของผู้บริหารสถานศึกษาหรือผู้ที่ได้รับมอบหมาย

ข้อเสนอแนะ

.....

ลงชื่อ

(.....)

ตำแหน่ง

10. บันทึกผลหลังการสอน

- ด้านความรู้

.....

- ด้านสมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

.....

- ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์

.....

- ด้านความสามารถทางวิทยาศาสตร์

.....

- ด้านอื่น ๆ (พฤติกรรมเด่น หรือพฤติกรรมที่มีปัญหาของนักเรียนเป็นรายบุคคล (ถ้ามี))

.....

.....

- ปัญหา/อุปสรรค

.....

.....

- แนวทางการแก้ไข

.....

.....

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2

กฎของแก๊สอุดมคติ

เวลา 6 ชั่วโมง

1. ผลการเรียนรู้

อธิบายกฎของแก๊สอุดมคติและคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง

2. จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ ความดัน และปริมาตรของแก๊สได้ (K)
2. ใช้กฎต่าง ๆ ของแก๊สคำนวณหาอุณหภูมิ ความดัน ปริมาตร และจำนวนโมลหรือมวลของแก๊สได้ (P)
3. มีความสนใจใฝ่รู้หรืออยากรู้อยากเห็น และทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ (A)

3. สารการเรียนรู้

สารการเรียนรู้เพิ่มเติม	สารการเรียนรู้ท้องถิ่น
- แก๊สอุดมคติเป็นแก๊สที่โมเลกุลมีขนาดเล็กมากไม่มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล มีการเคลื่อนที่แบบสุ่ม และมีการชนแบบยืดหยุ่น - ความสัมพันธ์ระหว่างความดัน ปริมาตร และอุณหภูมิของแก๊สอุดมคติเป็นไปตามกฎของแก๊สอุดมคติ เขียนแทนได้ด้วยสมการ $PV = nRT = Nk_B T$	พิจารณาตามหลักสูตรของสถานศึกษา

4. สารสำคัญ/ความคิดรวบยอด

คุณสมบัติของแก๊สอุดมคติสามารถอธิบายได้ด้วยตัวแปร 3 ตัว คือ ความดัน ปริมาตร และอุณหภูมิ นอกจากนี้ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทั้งสามสามารถอธิบายได้ด้วยสมการต่าง ๆ เรียกว่า กฎของแก๊ส ประกอบด้วย กฎของบอยล์ กล่าวไว้ว่า สำหรับแก๊สในภาชนะปิด ถ้ารักษาอุณหภูมิให้คงตัว ปริมาตรของแก๊สจะแปรผกผันกับความดันของแก๊ส ดังสมการ $V \propto \frac{1}{P}$ กฎของชาร์ล กล่าวไว้ว่า สำหรับแก๊สในภาชนะปิด เมื่อความดันคงตัว ปริมาตรของแก๊สที่มีมวลคงตัวจะแปรผันตรงกับอุณหภูมิ ดังสมการ $V \propto T$ และกฎของเกย์-ลูสแซก กล่าวไว้ว่า เมื่อปริมาตรของแก๊สคงตัว ความดันของแก๊สที่มีมวลคงตัวจะแปรผันตรงกับอุณหภูมิ ดังสมการ $P \propto T$ ซึ่งจากกฎของบอยล์ กฎของชาร์ล และกฎของเกย์-ลูสแซก สามารถเขียนความสัมพันธ์ของกฎทั้งสามได้เป็น $PV = nRT$ และ $PV = Nk_B T$ เรียกว่า กฎของแก๊สอุดมคติ

5. สมรรถนะสำคัญของผู้เรียนและคุณลักษณะอันพึงประสงค์

สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน	คุณลักษณะอันพึงประสงค์
1. ความสามารถในการสื่อสาร 2. ความสามารถในการคิด 1) ทักษะการวิเคราะห์ 2) ทักษะการสื่อสาร 3) ทักษะการสังเกต 4) ทักษะการทำงานร่วมกัน 5) ทักษะการนำความรู้ไปใช้ 6) ทักษะการทดลอง 3. ความสามารถในการแก้ปัญหา	1. มีวินัย 2. ใฝ่เรียนรู้ 3. มุ่งมั่นในการทำงาน

6. กิจกรรมการเรียนรู้

 แนวคิด/รูปแบบการสอน/วิธีการสอน/เทคนิค : เน้นมโนทัศน์ (Concept Based Teaching)

ชั่วโมงที่ 1

ขั้นนำ

ขั้นการใช้ความรู้เดิมเชื่อมโยงความรู้ใหม่ (Prior Knowledge)

- ครูทบทวนความรู้เกี่ยวกับสมบัติของของแข็งและของเหลวเกี่ยวกับรูปร่าง ปริมาตร จุดเดือดและจุดหลอมเหลว
- ครูถามคำถาม Key Question กับนักเรียนว่า “แก๊สอุดมคติมีคุณสมบัติอย่างไร” โดยนักเรียนร่วมกันตอบคำถามและแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับคำตอบของคำถามเพื่อเชื่อมโยงเข้าสู่เนื้อหาที่กำลังจะศึกษาเรียนรู้ต่อไป

(แนวตอบ : ในทางทฤษฎีได้กำหนดสมบัติของแก๊สอุดมคติไว้ว่าเป็นแก๊สที่ไม่มีแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลและมีพฤติกรรมเป็นไปตามสมการสถานะของแก๊สอุดมคติ ซึ่งสมการดังกล่าวเกิดจากแนวคิดที่ได้จากการศึกษาพฤติกรรมของแก๊ส 3 หลักการ ได้แก่ กฎของบอยล์ กฎของชาร์ล และกฎของเกย์-ลูสแซก)

ขั้นสอน

ขั้นรู้ (Knowing)

39. ให้นักเรียนจับคู่กับเพื่อนที่นั่งข้าง ๆ จากนั้นร่วมกันศึกษา เรื่อง แก๊สอุดมคติ ในหัวข้อที่เกี่ยวกับสมบัติของแก๊สอุดมคติ จากหนังสือเรียน ในลักษณะของเพื่อนคู่คิด
40. ครูมอบหมายให้นักเรียนเขียนสรุปความรู้เกี่ยวกับสมบัติของแก๊สอุดมคติลงในกระดาษ A4 คู่ละ 1 แผ่น พร้อมทั้งตกแต่งให้สวยงาม
41. ครูสุ่มตัวแทนนักเรียนออกมานำเสนอผลงานของตนเองหน้าชั้นเรียน 2-3 คน จากนั้นตัวแทนนักเรียนเก็บรวบรวมผลงานส่งครูเพื่อตรวจให้คะแนน
42. นักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับสมบัติของแก๊สอุดมคติ หลังจากที่ได้ร่วมกันศึกษาเนื้อหาจากหนังสือเรียนแล้ว
43. นักเรียนร่วมกันตอบคำถามท้าทายการคิดขั้นสูง (H.O.T.S.) จากหนังสือเรียนที่ถามว่า “เพราะเหตุใดรูปร่างและปริมาตรของสารที่อยู่ในสถานะแก๊สจึงมีความไม่แน่นอน”

(แนวตอบ : แก๊สมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค (โมเลกุล หรืออะตอม) น้อยมาก จึงทำให้อนุภาคของแก๊สสามารถเคลื่อนที่หรือแพร่กระจายเต็มภาชนะที่บรรจุ จึงทำให้แก๊สมีรูปร่างเป็นปริมาตรไม่แน่นอนเปลี่ยนแปลงไปตามภาชนะที่บรรจุ)

ชั่วโมงที่ 2-3

ขั้นสอน

ขั้นรู้ (Knowing)

44. ครูทบทวนความรู้เกี่ยวกับสมบัติทางกายภาพของแก๊ส การวัดอุณหภูมิ ความดัน ที่สามารถทำการทดลองและวัดได้ไม่ยากนัก ได้แก่ ปริมาตร V ความดัน P และอุณหภูมิ T
45. ครูให้นักเรียนศึกษาภาพของแก๊สอุดมคติในหัวข้อที่เกี่ยวกับกฎของบอยล์จากหนังสือเรียน โดยจดบันทึกความรู้ที่ได้ลงในสมุดบันทึกประจำตัว
46. ครูชักชวนนักเรียนสนทนาเกี่ยวกับกรอบ Physics Focus จากหนังสือเรียน ซึ่งกล่าวเปรียบเทียบถึงการหายใจของมนุษย์กับกฎของบอยล์ ครูนำวิดีโอที่แสดงให้เห็นถึงกระบวนการหายใจของมนุษย์มาเปิดให้นักเรียนได้ศึกษาเพิ่มเติม เพื่อสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับกฎของบอยล์มากยิ่งขึ้น
47. นักเรียนศึกษาตัวอย่างที่ 2.9-2.10 จากหนังสือเรียน ซึ่งเป็นการคำนวณเกี่ยวกับกฎของบอยล์ เสร็จแล้วครูสุ่มตัวแทนนักเรียนออกมาอธิบายผลการศึกษของตนเองบนกระดานหน้าชั้นเรียน โดยครูคอยให้คำแนะนำเมื่อนักเรียนไม่เข้าใจหรือเกิดความสงสัย
48. ครูแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่มเท่า ๆ กัน กลุ่มละประมาณ 6 คน โดยวัดความสามารถของนักเรียนตามผลสัมฤทธิ์ (เก่ง ค่อนข้างเก่ง ปานกลาง ค่อนข้างอ่อน อ่อน) ให้อยู่ในกลุ่มเดียวกัน เพื่อร่วมกันศึกษา

กิจกรรม กฎของบอยล์ จากหนังสือเรียน โดยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มกำหนดให้สมาชิกแต่ละคนมีบทบาทหน้าที่ของตนเอง เช่น

- สมาชิกคนที่ 1 : เตรียมวัสดุอุปกรณ์
 - สมาชิกคนที่ 2 : อ่านและศึกษาวิธีปฏิบัติกิจกรรม แล้วนำมาอธิบายสมาชิกในกลุ่ม
 - สมาชิกคนที่ 3 : บันทึกผลการปฏิบัติกิจกรรม
 - สมาชิกคนที่ 4-5 : คำนวณเพิ่มเติม หาแหล่งข้อมูลอ้างอิงเพื่อสนับสนุนการปฏิบัติกิจกรรม
 - สมาชิกคนที่ 6 : นำเสนอผลการปฏิบัติกิจกรรม
49. ครูชี้แจงจุดประสงค์ของกิจกรรมให้นักเรียนทราบ เพื่อเป็นแนวทางการปฏิบัติที่ถูกต้อง
50. ครูให้ความรู้เพิ่มเติมหรือเทคนิคเกี่ยวกับการปฏิบัติกิจกรรม จากนั้นให้นักเรียนทุกกลุ่มลงมือปฏิบัติตามขั้นตอน
51. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันพูดคุยวิเคราะห์ผลการปฏิบัติกิจกรรม แล้วอภิปรายผลร่วมกัน
52. ครูเน้นย้ำให้นักเรียนตอบคำถามท้ายกิจกรรม จากหนังสือเรียน ลงในสมุดบันทึกประจำตัว เพื่อนำส่งครูเป็นการตรวจสอบความเข้าใจจากการปฏิบัติกิจกรรม
53. ครูนำอภิปรายและให้ความรู้เกี่ยวกับกฎของบอยล์และกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดัน (P) กับส่วนกลับของปริมาตร ($1/V$) เมื่ออุณหภูมิคงตัว กราฟมีลักษณะเป็นเส้นตรงผ่านจุดกำเนิด ซึ่งสรุปได้ว่าสำหรับแก๊สปริมาณหนึ่งที่มีอุณหภูมิคงตัว ภายในภาชนะปิด ความดันของแก๊สแปรผกผันกับปริมาตรของแก๊ส เรียกข้อสรุปนี้ว่า กฎของบอยล์

ชั่วโมงที่ 4-5

ขั้นสอน

ขั้นรู้ (Knowing)

54. ครูทบทวนความรู้เกี่ยวกับกฎของบอยล์ที่นักเรียนได้ร่วมกันศึกษามาแล้วดังที่กล่าวว่า แก๊สปริมาณหนึ่งเมื่ออุณหภูมิคงตัว ภายในภาชนะปิด ความดันของแก๊สแปรผกผันกับปริมาตรของแก๊ส เรียกข้อสรุปนี้ว่า กฎของบอยล์ และมีความสัมพันธ์ดังสมการ $P_1V_1 = P_2V_2$ โดยครูสอบถามนักเรียนเพิ่มเติมว่ามีใครยังไม่เข้าใจหรือสงสัยเกี่ยวกับกฎของบอยล์อีกหรือไม่
55. ครูให้นักเรียนศึกษากฎของแก๊สอุดมคติในหัวข้อที่เกี่ยวกับกฎของชาร์ลจากหนังสือเรียน โดยจดบันทึกความรู้ที่ได้ลงในสมุดบันทึกประจำตัว
56. ครูให้นักเรียนปิดหนังสือเรียน จากนั้นครูอ่านข้อคำถามตัวอย่างที่ 2.11 จากหนังสือเรียน ให้นักเรียนจดลงในสมุดบันทึกประจำตัว แล้วแสดงวิธีทำเพื่อคำนวณหาคำตอบ
57. ครูสุ่มตัวแทนนักเรียนออกมานำเสนอวิธีทำของตนเองหน้าชั้นเรียน เสร็จแล้วครูสอบถามนักเรียนในชั้นเรียนว่ามีใครที่มีวิธีทำหรือคำตอบที่แตกต่างจากที่เพื่อนนำเสนอหรือไม่ หากมีใครแตกต่างครูอาจให้

ออกมานำเสนอวิธีทำของตนเองหน้าชั้นเรียนเพื่อให้นักเรียนและครูร่วมกันศึกษา พิจารณา และตรวจคำตอบร่วมกัน

58. ครูให้นักเรียนแยกเข้ากลุ่มของตนเองตามที่เคยได้แบ่งไว้แล้วจากการทำกิจกรรมกฎของบอยล์ เพื่อร่วมกันศึกษากิจกรรม กฎของชาร์ล จากหนังสือเรียน โดยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มกำหนดให้สมาชิกแต่ละคนมีบทบาทหน้าที่ของตนเอง ซึ่งอาจเป็นหน้าที่เดิมหรืออาจเปลี่ยนแปลงได้ตามความเหมาะสมหรือตามความสามารถของแต่ละคน
59. ครูชี้แจงจุดประสงค์ของกิจกรรมให้นักเรียนทราบ เพื่อเป็นแนวทางการปฏิบัติที่ถูกต้อง
60. ครูให้ความรู้เพิ่มเติมหรือเทคนิคเกี่ยวกับการปฏิบัติกิจกรรม จากนั้นให้นักเรียนทุกกลุ่มลงมือปฏิบัติตามขั้นตอน
61. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันพูดคุยวิเคราะห์ผลการปฏิบัติกิจกรรม แล้วอภิปรายผลร่วมกัน
62. ครูเน้นย้ำให้นักเรียนตอบคำถามท้ายกิจกรรม จากหนังสือเรียน ลงในสมุดบันทึกประจำตัว เพื่อนำส่งครูเป็นการตรวจสอบความเข้าใจจากการปฏิบัติกิจกรรม
63. ครูนำอภิปรายและให้ความรู้เกี่ยวกับกฎของชาร์ลและกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตร (V) กับอุณหภูมิ (T) ในหน่วยเคลวิน เมื่อความดันคงตัว กราฟมีลักษณะเป็นเส้นตรงผ่านจุดกำเนิด ซึ่งสรุปได้ว่าสำหรับแก๊สปริมาณหนึ่งที่ความดันคงตัว ภายในภาชนะปิด ปริมาตรของแก๊สแปรผันตรงกับอุณหภูมิสัมบูรณ์ของแก๊ส เรียกข้อสรุปนี้ว่า กฎของชาร์ล

ชั่วโมงที่ 6

ขั้นสอน

ขั้นรู้ (Knowing)

64. ครูทบทวนความรู้เกี่ยวกับกฎของบอยล์และกฎของชาร์ลที่นักเรียนได้ร่วมกันศึกษามาแล้ว โดยครูใช้คำถามถามนักเรียนในประเด็น ดังนี้
 - กฎของบอยล์ มีความว่าอย่างไร
(แนวตอบ : สำหรับแก๊สปริมาณหนึ่งที่อุณหภูมิคงตัว ภายในภาชนะปิด ความดันของแก๊สแปรผกผันกับปริมาตรของแก๊ส)
 - สมการกฎของบอยล์ที่ใช้ในการคำนวณมีความสัมพันธ์อย่างไร
(แนวตอบ : $P_1V_1 = P_2V_2$)
 - กฎของชาร์ล มีความว่าอย่างไร
(แนวตอบ : สำหรับแก๊สปริมาณหนึ่งที่ความดันคงตัว ภายในภาชนะปิด ปริมาตรของแก๊สแปรผันตรงกับอุณหภูมิสัมบูรณ์ของแก๊ส)
 - สมการกฎของชาร์ลที่ใช้ในการคำนวณมีความสัมพันธ์อย่างไร
(แนวตอบ : $V_1/T_1 = V_2/T_2$)

65. ครูให้นักเรียนศึกษาทฤษฎีของแก๊สอุดมคติในหัวข้อที่เกี่ยวกับกฎของเกย์-ลูสแซกจากหนังสือเรียน โดยจดบันทึกความรู้ที่ได้ลงในสมุดบันทึกประจำตัว
66. นักเรียนร่วมกันตอบคำถามท้าทายการคิดขั้นสูง (H.O.T.S.) จากหนังสือเรียนที่ถามว่า “เพราะเหตุใดการอุ่นอาหารด้วยเตาอบไมโครเวฟ จึงต้องทำการเปิดฝากล่องหรือกระป๋องที่เป็นบรรจุภัณฑ์”
- (แนวตอบ : เนื่องจากความร้อนที่เกิดจากคลื่นไมโครเวฟทำให้อุณหภูมิของอาหารและภายในบรรจุภัณฑ์เพิ่มสูงขึ้น ซึ่งจากกฎของเกย์-ลูสแซกที่มีใจความสำคัญว่า สำหรับแก๊สภายในภาชนะปิด ถ้าปริมาตรของแก๊สคงตัว ความดันจะแปรผันตรงกับอุณหภูมิของแก๊ส นั่นคือ เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ความดันภายในก็สูงขึ้นตาม ถ้าไม่เปิดหรือแฉกฝาบรรจุภัณฑ์ เมื่อความดันเพิ่มสูงขึ้นถึงจุดหนึ่งอาจทำให้เกิดการระเบิดได้)
67. นักเรียนและครูร่วมกันศึกษาและอธิบายเกี่ยวกับกฎของแก๊ส ซึ่งเมื่อนำกฎของบอยล์ กฎของชาร์ล และกฎของเกย์-ลูสแซก มารวมกัน สามารถเขียนแสดงความสัมพันธ์ได้ ดังสมการ $PV = nRT$ และ $PV = Nk_B T$ เรียกความสัมพันธ์ดังกล่าวว่า กฎของแก๊สอุดมคติ
68. ครูมอบหมายให้นักเรียนศึกษาตัวอย่างที่ 2.12-2.13 ด้วยตนเอง พร้อมทั้งจดบันทึกวิธีการแก้โจทย์ปัญหาตามวิธีคิดของตนเองลงในสมุดบันทึกประจำตัว
69. นักเรียนร่วมกันตอบคำถาม Concept Question จากหนังสือเรียนที่ถามว่า “กฎของแก๊สอุดมคติเกิดจากความสัมพันธ์ระหว่างกฎของแก๊สใดบ้าง อย่างไร”
- (แนวตอบ : เกิดจากการรวมกันของกฎของบอยล์ กฎของชาร์ล และกฎของเกย์-ลูสแซก สามารถเขียนแสดงความสัมพันธ์ได้ ดังสมการ $PV = nRT$ และ $PV = Nk_B T$)
70. ครูถามคำถามกับนักเรียนว่า หากนำแก๊สที่ไม่ทำปฏิกิริยาเคมีต่อกันมากกว่า 2 ชนิด มาผสมรวมกัน จะสามารถใช้กฎของแก๊สอุดมคติที่ได้ศึกษามาแล้วในการพิจารณาได้อย่างไร โดยครูทิ้งช่วงเวลานักเรียนได้เกิดความสงสัยสักครู่หนึ่ง จากนั้นให้นักเรียนศึกษาเนื้อหาเกี่ยวกับการใช้กฎของแก๊สอุดมคติในการพิจารณาการนำแก๊ส 3 ชนิดที่มีจำนวนโมลต่างกันมาผสมกันจากหนังสือเรียน
71. ครูให้นักเรียนจับคู่กับเพื่อนข้าง ๆ แล้วร่วมกันศึกษาตัวอย่างที่ 2.14-2.15 จากหนังสือเรียน

ขั้นเข้าใจ (Understanding)

- ครูใช้คำถามให้นักเรียนอธิบายสิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้เกี่ยวกับเรื่อง กฎของแก๊สอุดมคติ โดยครูสุ่มนักเรียนจำนวนหนึ่งออกมาหน้าห้องเพื่ออธิบายผลการศึกษาในแต่ละหัวข้อ
- เมื่อนักเรียนอธิบายผลการศึกษาตามความเข้าใจของนักเรียนแล้ว ครูอาจยกตัวอย่างหรือปรับเปลี่ยนสถานการณ์จากตัวอย่างที่ได้ศึกษา แล้วให้นักเรียนอธิบายสิ่งที่เหมือนและสิ่งที่แตกต่าง
- ครูมอบหมายให้นักเรียนศึกษาทำความเข้าใจเกี่ยวกับกฎของแก๊สอุดมคติเพิ่มเติมจากแบบฝึกหัด ฟิสิกส์ ม.6 เล่ม 1 หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 ความร้อนและทฤษฎีจลน์ของแก๊ส

ชั้นลงมือทำ (Doing)

3. ครูให้นักเรียนจับคู่กับเพื่อนข้าง ๆ แล้วร่วมกันศึกษาแบบฝึกหัด Topic Questions จากหนังสือเรียน โดยครูมอบหมายให้นักเรียนแต่ละคนเขียนแสดงวิธีการแก้โจทย์ปัญหาลงในสมุดบันทึกประจำตัว โดยที่ครูกำหนดให้ใช้หลักการแก้โจทย์ปัญหา 4 ขั้นตอน ของโพลยา (Polya's problem solving process) ดังนี้
 - ขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจโจทย์ (Understanding the problem) เป็นการคิดเกี่ยวกับปัญหาและตัดสินใจว่าอะไรที่ต้องการค้นหา โดยนักเรียนต้องทำความเข้าใจปัญหาและระบุส่วนที่สำคัญของปัญหา
 - ขั้นที่ 2 วางแผนแก้ปัญหา (Devising the plan) เป็นการค้นหาความเชื่อมโยงหรือความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลกับสิ่งที่ไม่รู้ นำความสัมพันธ์ที่ได้มาผสมผสานกับประสบการณ์ กำหนดแนวทางหรือแผนในการแก้ปัญหา
 - ขั้นที่ 3 ปฏิบัติตามแผน (Carrying out the plan) เป็นการลงมือปฏิบัติตามแผนหรือแนวทางที่วางไว้ อาจตรวจสอบความเป็นไปได้ของแผน เพิ่มเติมรายละเอียด แล้วลงมือปฏิบัติจนได้ความสำเร็จ ถ้าไม่สำเร็จต้องค้นหาและทำการแก้ปัญหาจนสามารถแก้ปัญหาได้
 - ขั้นที่ 4 ตรวจสอบ (Looking back) เป็นการมองย้อนกลับไปยังคำตอบที่ได้มา เริ่มจากการตรวจสอบความถูกต้อง ความสมเหตุสมผลของคำตอบและยุทธวิธีแก้ปัญหาที่ใช้ มีคำตอบหรือยุทธวิธีอื่นในการแก้ปัญหานี้หรือไม่
4. ครูแจกใบงานที่ 2.2 เรื่อง กฎของแก๊สอุดมคติ ให้นักเรียนคนละ 1 ชุด จากนั้นมอบหมายให้นักเรียนกลับไปศึกษาเป็นการบ้าน เสร็จแล้วตัวแทนรวบรวมส่งครูเพื่อตรวจและให้คะแนนก่อนที่จะเจอกันในชั่วโมงถัดไป

ขั้นสรุป

4. ครูและนักเรียนร่วมกันลงข้อสรุป โดยให้นักเรียนอธิบายสรุปความรู้เกี่ยวกับความร้อนที่ได้ศึกษามาแล้วทั้งเนื้อหาและตัวอย่างจากหนังสือเรียน และกิจกรรมที่นอกเหนือจากหนังสือเรียน พร้อมทั้งยกอย่างสถานการณ์ในชีวิตประจำวันที่เกี่ยวข้องเพื่อทดสอบความเข้าใจ
5. ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนสอบถามเนื้อหาที่ได้ศึกษาผ่านมาแล้วในส่วนที่ยังไม่เข้าใจหรือสงสัย จากนั้นครูให้ความรู้เพิ่มเติมในส่วนนั้น โดยที่ครูอาจจะใช้ PowerPoint เรื่อง กฎของแก๊สอุดมคติ มาเปิดให้นักเรียนดูประกอบเพื่อช่วยในการอธิบายให้เข้าใจมากยิ่งขึ้น
6. ครูมอบหมายให้นักเรียนสร้างสรรค์ผลงานการสรุปความรู้ เรื่อง กฎของแก๊สอุดมคติ ออกมาในรูปแบบของผังมโนทัศน์ ลงในกระดาษ A4 พร้อมทั้งตกแต่งให้สวยงาม

ขั้นประเมิน

4. ประเมินความรู้เกี่ยวกับเรื่อง กฎของแก๊สอุดมคติ โดยสังเกตพฤติกรรมการตอบคำถาม การทำแบบฝึกหัด และการสรุปสาระสำคัญ

5. ประเมินทักษะและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จากการคำนวณหาปริมาณที่เกี่ยวข้องกับกฎของแก๊สอุดมคติที่ครูกำหนดให้ และการนำความรู้ที่ได้ไปใช้ประโยชน์
6. ประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์ โดยสังเกตพฤติกรรมความสนใจใฝ่รู้หรืออยากรู้อยากเห็น การทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์

7. การวัดและประเมินผล

รายการวัด	วิธีวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
7.1 การประเมินระหว่างการจัดกิจกรรม			
1) กฎของแก๊สอุดมคติ	- ตรวจใบงานที่ 2.2 - ตรวจแบบฝึกหัด	- ใบงานที่ 2.2 - แบบฝึกหัด	- ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์ - ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์
2) การนำเสนอผลงาน	- ประเมินการนำเสนอผลงาน	- แบบประเมินการนำเสนอผลงาน	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
3) พฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- สังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
4) พฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- สังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
5) คุณลักษณะอันพึงประสงค์	- สังเกตความมีวินัยใฝ่เรียนรู้ และมุ่งมั่นในการทำงาน	- แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์

8. สื่อ/แหล่งการเรียนรู้

8.1 สื่อการเรียนรู้

- 6) หนังสือเรียน ฟิสิกส์ ม.6 เล่ม 1 หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 ความร้อนและทฤษฎีจลน์ของแก๊ส
- 7) แบบฝึกหัด ฟิสิกส์ ม.6 เล่ม 1 หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 ความร้อนและทฤษฎีจลน์ของแก๊ส
- 8) ใบงานที่ 2.2 เรื่อง กฎของแก๊สอุดมคติ
- 9) PowerPoint เรื่อง กฎของแก๊สอุดมคติ

8.2 แหล่งการเรียนรู้

- 4) ห้องเรียน
- 5) ห้องสมุด
- 6) แหล่งข้อมูลสารสนเทศ

ใบงานที่ 2.2

เรื่อง กฎของแก๊สอุดมคติ

คำชี้แจง : ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

1. ขวด 2 ใบ ใบแรกมีขนาดความจุ 2,000 ลูกบาศก์เมตร และใบที่สองมีขนาดความจุ 6,000 ลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ โดยขวดใบที่หนึ่งบรรจุแก๊สความดัน 2 นิวตันต่อตารางเมตร และขวดใบที่สองบรรจุแก๊สความดัน 5 นิวตันต่อตารางเมตร จากนั้นทำการต่อท่อที่มีวาล์วเชื่อมต่อเข้าหากัน อยากทราบว่า เมื่อเปิดวาล์วให้แก๊สผสมกัน ภายในขวดใบที่หนึ่งจะมีความดันเท่าใด

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. ถังเหล็กใบหนึ่งมีความจุ 2 ลิตร ทำการอัดแก๊สไนโตรเจน 5 ลิตร ที่ความดัน 760 มิลลิเมตรปรอท เข้าไปในถังจนหมด สมมติให้อุณหภูมิของแก๊สไนโตรเจนคงตัว จงหาว่าก่อนอัดแก๊สความดันของแก๊สไนโตรเจนในถังเหล็กแต่เดิมจะมีค่าเป็นกี่นิวตันต่อตารางเมตร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ใบงานที่ 2.2

เรื่อง กฎของแก๊สอุดมคติ

เฉลย

คำชี้แจง : ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

1. ขวด 2 ใบ ใบแรกมีขนาดความจุ 2,000 ลูกบาศก์เมตร และใบที่สองมีขนาดความจุ 6,000 ลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ โดยขวดใบที่หนึ่งบรรจุแก๊สความดัน 2 นิวตันต่อตารางเมตร และขวดใบที่สองบรรจุแก๊สความดัน 5 นิวตันต่อตารางเมตร จากนั้นทำการต่อท่อที่มีวาล์วเชื่อมต่อเข้าหากัน อยากรทราบว่า เมื่อเปิดวาล์วให้แก๊สผสมกัน ภายในขวดใบที่หนึ่งจะมีความดันเท่าใด

วิธีทำ จากสมการ $P_{\text{รวม}} V_{\text{รวม}} = P_1 V_1 + P_2 V_2$

$$P_{\text{รวม}} (2,000 \text{ m}^3 + 6,000 \text{ m}^3) = (2 \text{ N/m}^2)(2,000 \text{ m}^3) + (5 \text{ N/m}^2)(6,000 \text{ m}^3)$$

$$P_{\text{รวม}} (8,000 \text{ m}^3) = 4,000 \text{ N m} + 30,000 \text{ N m}$$

$$P_{\text{รวม}} (8,000 \text{ m}^3) = 34,000 \text{ N m}$$

$$P_{\text{รวม}} = \frac{34,000 \text{ N m}}{8,000 \text{ m}^3}$$

$$P_{\text{รวม}} = 4.25 \text{ N/m}^2$$

ดังนั้น ภายในขวดใบที่หนึ่งจะมีความดันเท่ากับ 4.25 นิวตันต่อตารางเมตร

2. ถังเหล็กใบหนึ่งมีความจุ 2 ลิตร ทำการอัดแก๊สไนโตรเจน 5 ลิตร ที่ความดัน 760 มิลลิเมตรปรอท เข้าไปในถังจนหมด สมมติให้อุณหภูมิของแก๊สไนโตรเจนคงตัว จงหาว่าก่อนอัดแก๊สความดันของแก๊สไนโตรเจนในถังเหล็กแต่เดิมจะมีค่าเป็นกี่นิวตันต่อตารางเมตร

วิธีทำ จากสมการ $P_1 V_1 = P_2 V_2$

$$(760 \text{ mmHg})(5 \text{ L}) = P_2 (2 \text{ L})$$

$$P_2 = \frac{(760 \text{ mmHg})(5 \text{ L})}{2 \text{ L}}$$

$$P_2 = 1,900 \text{ mmHg}$$

เนื่องจาก 760 มิลลิเมตรปรอท มีค่าเท่ากับ 101,325 นิวตันต่อตารางเมตร

จะได้ว่า $P_2 = \left(\frac{1,900 \text{ mmHg}}{760 \text{ mmHg}} \right) (101,325 \text{ N/m}^2)$

$$P_2 = 253,312.5 \text{ N/m}^2$$

$$P_2 = 2.53 \times 10^5 \text{ N/m}^2$$

ดังนั้น ความดันของแก๊สไนโตรเจนในถังเหล็กจะมีค่าเป็น 2.53×10^5 นิวตันต่อตารางเมตร

9. ความเห็นของผู้บริหารสถานศึกษาหรือผู้ที่ได้รับมอบหมาย

ข้อเสนอแนะ

.....

ลงชื่อ

(.....)

ตำแหน่ง

10. บันทึกผลหลังการสอน

- ด้านความรู้

.....

- ด้านสมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

.....

- ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์

.....

- ด้านความสามารถทางวิทยาศาสตร์

.....

- ด้านอื่น ๆ (พฤติกรรมเด่น หรือพฤติกรรมที่มีปัญหาของนักเรียนเป็นรายบุคคล (ถ้ามี))

.....

.....

- ปัญหา/อุปสรรค

.....

.....

- แนวทางการแก้ไข

.....

.....

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3

ทฤษฎีจลน์ของแก๊ส

เวลา 2 ชั่วโมง

1. ผลการเรียนรู้

อธิบายแบบจำลองของแก๊สอุดมคติ ทฤษฎีจลน์ของแก๊ส และอัตราเร็วอาร์เอ็มเอสของโมเลกุลของแก๊ส รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง

2. จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความดันและพลังงานจลน์เฉลี่ยของโมเลกุลของแก๊สได้ (K)
2. คำนวณหาความดันและพลังงานจลน์เฉลี่ยของโมเลกุลของแก๊ส และอัตราเร็วอาร์เอ็มเอสของโมเลกุลของแก๊สจากปริมาณที่เกี่ยวข้องได้ (P)
3. มีความสนใจใฝ่รู้หรืออยากรู้อยากเห็น และทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ (A)

3. สารการเรียนรู้

สารการเรียนรู้เพิ่มเติม	สารการเรียนรู้ท้องถิ่น
- จากแบบจำลองของแก๊สอุดมคติ กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน และจากกฎของแก๊สอุดมคติ ทำให้สามารถศึกษาสมบัติทางกายภาพบางประการของแก๊สได้ ได้แก่ ความดัน พลังงานจลน์เฉลี่ย และอัตราเร็วอาร์เอ็มเอสของโมเลกุลของแก๊สได้ - จากทฤษฎีจลน์ของแก๊ส ความดันและพลังงานจลน์เฉลี่ยของโมเลกุลของแก๊สมีความสัมพันธ์ตามสมการ $PV = \frac{2}{3} N \bar{E}_k$ ส่วนอัตราเร็วอาร์เอ็มเอสของโมเลกุลของแก๊สคำนวณได้จากสมการ $v_{rms} = \sqrt{\frac{3k_B T}{m}}$	พิจารณาตามหลักสูตรของสถานศึกษา

4. สารสำคัญ/ความคิดรวบยอด

ทฤษฎีจลน์ของแก๊ส เป็นทฤษฎีที่พยายามอธิบายสมบัติต่าง ๆ ของแก๊ส โดยศึกษาจากทิศทางการเคลื่อนที่ของโมเลกุลของแก๊สและลักษณะของโมเลกุลของแก๊สโดยใช้แบบจำลองหรือทฤษฎีในระดับจุลภาค คือ พิจารณาคุณสมบัติของโมเลกุลของแก๊สเพียง 1 หรือ 2 โมเลกุล เพื่อเป็นตัวแทนของโมเลกุลล้าน ๆ โมเลกุลในระดับมหภาค ดังนั้น การพิจารณาพลังงานที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของโมเลกุลของแก๊ส (พลังงานจลน์) และอัตราเร็วในการเคลื่อนที่ จึงจำเป็นต้องให้หลักการทางคณิตศาสตร์ในการหาค่าเฉลี่ยและความน่าจะเป็น

5. สมรรถนะสำคัญของผู้เรียนและคุณลักษณะอันพึงประสงค์

สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน	คุณลักษณะอันพึงประสงค์
1. ความสามารถในการสื่อสาร 2. ความสามารถในการคิด 1) ทักษะการวิเคราะห์ 2) ทักษะการสื่อสาร 3) ทักษะการสังเกต 4) ทักษะการทำงานร่วมกัน 5) ทักษะการนำความรู้ไปใช้ 3. ความสามารถในการแก้ปัญหา	1. มีวินัย 2. ใฝ่เรียนรู้ 3. มุ่งมั่นในการทำงาน

6. กิจกรรมการเรียนรู้



แนวคิด/รูปแบบการสอน/วิธีการสอน/เทคนิค : เน้นมโนทัศน์ (Concept Based Teaching)

ชั่วโมงที่ 1

ขั้นนำ

ขั้นการใช้ความรู้เดิมเชื่อมโยงความรู้ใหม่ (Prior Knowledge)

9. ครูทบทวนความรู้เกี่ยวกับสมบัติของแก๊สอุดมคติ โดยให้นักเรียนร่วมกันตอบคำถามว่า “แบบจำลองของแก๊สอุดมคติประกอบด้วยอะไรบ้าง”

(แนวตอบ : 1. แก๊สประกอบด้วยโมเลกุลจำนวนมาก โมเลกุลเหล่านั้นอยู่ห่างกันมากและไม่มีแรงกระทำต่อกัน 2. โมเลกุลของแก๊สมีมวลแต่มีขนาดเล็กมากจนถือว่าเป็นปริมาตรเป็นศูนย์ 3. โมเลกุลของแก๊สเคลื่อนที่อย่างอิสระด้วยอัตราเร็วคงตัวตลอดเวลาในแนวเส้นตรง 4. เมื่อโมเลกุลของแก๊สชนกันหรือชนกับผนังภาชนะจะมีการถ่ายโอนพลังงานจลน์ระหว่างกันได้แต่ไม่มีการเปลี่ยนรูปเป็นพลังงานรูปอื่น)

10. ครูถามคำถาม Key Question กับนักเรียนว่า “ทฤษฎีจลน์ของแก๊สศึกษาเกี่ยวกับสิ่งใด” โดยนักเรียนร่วมกันตอบคำถามและแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับคำตอบของคำถามเพื่อเชื่อมโยงเข้าสู่เนื้อหาที่กำลังจะศึกษาเรียนรู้ต่อไป

(แนวตอบ : ศึกษาสมบัติต่าง ๆ ของแก๊สโดยศึกษาจากทิศทางการเคลื่อนที่ของโมเลกุลแก๊สและลักษณะของโมเลกุลแก๊ส)

ชั้นสอน

ชั้นรู้ (Knowing)

72. ครูให้นักเรียนจับคู่กับเพื่อนที่นั่งข้าง ๆ จากนั้นร่วมกันศึกษา เรื่อง ทฤษฎีจลน์ของแก๊ส ในหัวข้อที่เกี่ยวกับ ความดันและพลังงานจลน์เฉลี่ยของโมเลกุลของแก๊ส จากหนังสือเรียน
73. ครูมอบหมายให้นักเรียนจดบันทึกและเขียนสรุปความรู้เกี่ยวกับความดันและพลังงานจลน์เฉลี่ยของ โมเลกุลของแก๊สลงในกระดาษ A4 คนละ 1 แผ่น พร้อมทั้งตกแต่งให้สวยงาม
74. ครูสุ่มตัวแทนนักเรียนออกมานำเสนอผลงานของตนเองหน้าชั้นเรียน 2-3 คน จากนั้นตัวแทนนักเรียนเก็บ รวบรวมผลงานส่งครูเพื่อตรวจให้คะแนน
75. นักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับความดันและพลังงานจลน์เฉลี่ยของโมเลกุลของแก๊ส หลังจากที่ได้ ร่วมกันศึกษาเนื้อหาจากหนังสือเรียนแล้ว
76. นักเรียนร่วมกันตอบคำถาม Concept Question จากหนังสือเรียนที่ถามว่า “การหาสมการพลังงานจลน์เฉลี่ย ของโมเลกุลของแก๊ส สามารถพิจารณาได้จากสิ่งใด”
(แนวตอบ : พิจารณาได้จากอัตราเร็วในการเคลื่อนที่ของโมเลกุลของแก๊สและกฎของแก๊สอุดมคติ)
77. ครูนำนักเรียนอภิปรายเกี่ยวกับสมการความสัมพันธ์ของพลังงานจลน์เฉลี่ยของโมเลกุลของแก๊สว่า ณ อุณหภูมิเดียวกัน โมเลกุลของแก๊สแต่ละโมเลกุลจะมีการเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วที่ไม่เท่ากัน แต่จะมี พลังงานจลน์เฉลี่ยเท่ากัน โดยที่พลังงานจลน์เฉลี่ยของโมเลกุลของแก๊สจะแปรผันตรงกับอุณหภูมิสัมบูรณ์ หรืออุณหภูมิของแก๊สในหน่วยเคลวิน

ชั่วโมงที่ 2

ชั้นสอน

ชั้นรู้ (Knowing)

78. ครูให้นักเรียนคู่เดิมที่เคยร่วมกันศึกษาเนื้อหามาแล้วก่อนหน้านี้ ร่วมกันศึกษา เรื่อง ทฤษฎีจลน์ของแก๊ส ใน หัวข้อที่เกี่ยวกับอัตราเร็วของโมเลกุลของแก๊ส จากหนังสือเรียน
79. ครูใช้คำถามเพื่อทดสอบความสนใจของนักเรียนว่า “การบอกค่าอัตราเร็วเฉลี่ยของโมเลกุลของแก๊ส สามารถบอกได้ด้วยสิ่งใด” โดยครูอาจสุ่มนักเรียนจากการสังเกตการณ์เป็นรายบุคคลเพื่อตอบคำถาม
(แนวตอบ : ค่ารากที่สองของกำลังสองเฉลี่ยของอัตราเร็ว หรือเรียกว่า อัตราเร็วอาร์เอ็มเอส)
80. นักเรียนศึกษาตัวอย่างที่ 2.15 จากหนังสือเรียน ซึ่งเป็นการใช้ทฤษฎีจลน์ของแก๊สในการคำนวณเพื่อหา คำตอบ เสร็จแล้วครูสุ่มตัวแทนนักเรียนออกมาอธิบายผลการศึกษาของตนเองบนกระดานหน้าชั้นเรียน โดยครูคอยให้คำแนะนำเมื่อนักเรียนไม่เข้าใจหรือเกิดความสงสัย

ขั้นเข้าใจ (Understanding)

7. ครูใช้คำถามให้นักเรียนอธิบายสิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้เกี่ยวกับเรื่อง ทฤษฎีจลน์ของแก๊ส โดยครูสุ่มนักเรียนจำนวนหนึ่งออกมาหน้าห้องเพื่ออธิบายผลการศึกษาในแต่ละหัวข้อ
8. เมื่อนักเรียนอธิบายผลการศึกษาตามความเข้าใจของนักเรียนแล้ว ครูอาจยกตัวอย่างหรือปรับเปลี่ยนสถานการณ์จากตัวอย่างที่ได้ศึกษา แล้วให้นักเรียนอธิบายสิ่งที่เหมือนและสิ่งที่แตกต่าง
9. ครูมอบหมายให้นักเรียนศึกษาทำความเข้าใจเกี่ยวกับทฤษฎีจลน์ของแก๊สเพิ่มเติมจากแบบฝึกหัด ฟิสิกส์ ม.6 เล่ม 1 หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 ความร้อนและทฤษฎีจลน์ของแก๊ส

ขั้นลงมือทำ (Doing)

5. ครูให้นักเรียนศึกษาแบบฝึกหัด Topic Questions จากหนังสือเรียน โดยครูมอบหมายให้นักเรียนแต่ละคนเขียนแสดงวิธีการแก้โจทย์ปัญหาลงในสมุดบันทึกประจำตัว
6. ครูแจกใบงานที่ 2.3 เรื่อง ทฤษฎีจลน์ของแก๊ส ให้นักเรียนคนละ 1 ชุด จากนั้นมอบหมายให้นักเรียนกลับไปศึกษาเป็นการบ้าน เสร็จแล้วตัวแทนรวบรวมส่งครูเพื่อตรวจและให้คะแนนก่อนที่จะเจอกันในชั่วโมงถัดไป

ขั้นสรุป

7. ครูและนักเรียนร่วมกันลงข้อสรุป โดยให้นักเรียนอธิบายสรุปความรู้เกี่ยวกับความร้อนที่ได้ศึกษามาแล้วทั้งเนื้อหาและตัวอย่างจากหนังสือเรียน และกิจกรรมที่นอกเหนือจากหนังสือเรียน พร้อมทั้งยกอย่างสถานการณ์ในชีวิตประจำวันที่เกี่ยวข้องเพื่อทดสอบความเข้าใจ
8. ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนสอบถามเนื้อหาที่ได้ศึกษาผ่านมาแล้วในส่วนที่ยังไม่เข้าใจหรือสงสัย จากนั้นครูให้ความรู้เพิ่มเติมในส่วนนั้น โดยที่ครูอาจจะใช้ PowerPoint เรื่อง ทฤษฎีจลน์ของแก๊ส มาเปิดให้นักเรียนดูประกอบเพื่อช่วยในการอธิบายให้เข้าใจมากยิ่งขึ้น
9. ครูมอบหมายให้นักเรียนสร้างสรรค์ผลงานการสรุปความรู้ เรื่อง ทฤษฎีจลน์ของแก๊ส ออกมาในรูปแบบแผ่นพับความรู้ ลงในกระดาษ A4 พร้อมทั้งตกแต่งให้สวยงาม

ขั้นประเมิน

7. ประเมินความรู้เกี่ยวกับเรื่อง ทฤษฎีจลน์ของแก๊ส โดยสังเกตพฤติกรรมการตอบคำถาม การทำแบบฝึกหัด และการสรุปสาระสำคัญ
8. ประเมินทักษะและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จากการคำนวณหาปริมาณที่เกี่ยวข้องกับทฤษฎีจลน์ของแก๊สที่ครูกำหนดให้ และการนำความรู้ที่ได้ไปใช้ประโยชน์
9. ประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์ โดยสังเกตพฤติกรรมความสนใจใฝ่รู้หรืออยากรู้อยากเห็น การทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์

7. การวัดและประเมินผล

รายการวัด	วิธีวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
7.1 การประเมินระหว่างการจัดกิจกรรม			
1) ทฤษฎีจลน์ของแก๊ส	- ตรวจใบงานที่ 2.3 - ตรวจแบบฝึกหัด	- ใบงานที่ 2.3 - แบบฝึกหัด	- ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์ - ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์
2) การนำเสนอผลงาน	- ประเมินการนำเสนอผลงาน	- แบบประเมินการนำเสนอผลงาน	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
3) พฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- สังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
4) พฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- สังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
5) คุณลักษณะอันพึงประสงค์	- สังเกตความมีวินัย ใฝ่เรียนรู้ และมุ่งมั่นในการทำงาน	- แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์

8. สื่อ/แหล่งการเรียนรู้

8.1 สื่อการเรียนรู้

- 10) หนังสือเรียน ฟิสิกส์ ม.6 เล่ม 1 หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 ความร้อนและทฤษฎีจลน์ของแก๊ส
- 11) แบบฝึกหัด ฟิสิกส์ ม.6 เล่ม 1 หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 ความร้อนและทฤษฎีจลน์ของแก๊ส
- 12) ใบงานที่ 2.3 เรื่อง ทฤษฎีจลน์ของแก๊ส
- 13) PowerPoint เรื่อง ทฤษฎีจลน์ของแก๊ส

8.2 แหล่งการเรียนรู้

- 7) ห้องเรียน
- 8) ห้องสมุด
- 9) แหล่งข้อมูลสารสนเทศ

ใบงานที่ 2.3

เรื่อง ทฤษฎีจลน์ของแก๊ส

คำชี้แจง : ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

1. แก๊สอะตอมเดี่ยวชนิดหนึ่งที่อุณหภูมิ 227 องศาเซลเซียส อยากทราบว่า พลังงานจลน์เฉลี่ยของโมเลกุลของแก๊สจะมีค่าเท่ากับเท่าใด

[illegible]

2. พลังงานจลน์เฉลี่ยของโมเลกุลของแก๊สอะตอมเดี่ยวชนิดหนึ่งจะลดลงร้อยละเท่าใดจากเดิม หากเดิมแก๊สชนิดนี้มีอุณหภูมิ 127 องศาเซลเซียส แล้วลดลงเหลือเพียง 27 องศาเซลเซียส

This image shows a full page of white paper with horizontal dashed lines, typical of primary school writing paper. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

ใบงานที่ 2.3

เรื่อง ทฤษฎีจลน์ของแก๊ส

เฉลย

คำชี้แจง : ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

- แก๊สอะตอมเดี่ยวชนิดหนึ่งที่อุณหภูมิ 227 องศาเซลเซียส อยากทราบว่า พลังงานจลน์เฉลี่ยของโมเลกุลของแก๊สจะมีค่าเท่ากับเท่าใด

วิธีทำ จากสมการ

$$\bar{E}_k = \frac{3}{2} k_B T$$

$$\bar{E}_k = \frac{3}{2} (1.38 \times 10^{-23} \text{ J/K})(227 + 273 \text{ K})$$

$$\bar{E}_k = \frac{3}{2} (1.38 \times 10^{-23} \text{ J/K})(500 \text{ K})$$

$$\bar{E}_k = 3(1.38 \times 10^{-23} \text{ J/K})(250 \text{ K})$$

$$\bar{E}_k = (1.38 \times 10^{-23} \text{ J/K})(750 \text{ K})$$

$$\bar{E}_k = 1.035 \times 10^{-23} \text{ J}$$

$$\bar{E}_k = 1.035 \times 10^{-20} \text{ J}$$

ดังนั้น พลังงานจลน์เฉลี่ยของโมเลกุลของแก๊สจะมีค่าเท่ากับ 1.035×10^{-20} จูล

- พลังงานจลน์เฉลี่ยของโมเลกุลของแก๊สอะตอมเดี่ยวชนิดหนึ่งจะลดลงร้อยละเท่าใดจากเดิม หากเดิมแก๊สชนิดนี้มีอุณหภูมิ 127 องศาเซลเซียส แล้วลดลงเหลือเพียง 27 องศาเซลเซียส

วิธีทำ จากโจทย์ หากพูดถึงร้อยละ จะกำหนดให้ $\bar{E}_{k_1} = 100\%$

จะได้ว่า

$$\Delta \bar{E}_k = \bar{E}_{k_2} - \bar{E}_{k_1}$$

$$\Delta \bar{E}_k = \bar{E}_{k_2} - 100\% \quad (1)$$

หา $\bar{E}_{k_2}$ จากสมการ

$$\frac{\bar{E}_{k_2}}{\bar{E}_{k_1}} = \frac{\frac{3}{2} k_B T_2}{\frac{3}{2} k_B T_1}$$

$$\frac{\bar{E}_{k_2}}{100\%} = \frac{27+273 \text{ K}}{127+273 \text{ K}}$$

$$\frac{\bar{E}_{k_2}}{100\%} = \frac{300 \text{ K}}{400 \text{ K}}$$

$$\bar{E}_{k_2} = \left(\frac{300 \text{ K}}{400 \text{ K}} \right) (100\%)$$

$$\bar{E}_{k_2} = 75\%$$

นำค่า $\bar{E}_{k_2}$ ไปแทนลงในสมการที่ (1)

จะได้ว่า

$$\Delta \bar{E}_k = 75\% - 100\%$$

$$\Delta \bar{E}_k = -25\%$$

ดังนั้น พลังงานจลน์เฉลี่ยของโมเลกุลของแก๊สอะตอมเดี่ยวชนิดนี้จะลดลงร้อยละ 25 จากเดิม

- ความเห็นของผู้บริหารสถานศึกษาหรือผู้ที่ได้รับมอบหมาย

ข้อเสนอแนะ

.....

ลงชื่อ

(.....)

ตำแหน่ง

10. บันทึกผลหลังการสอน

- ด้านความรู้

.....

.....

- ด้านสมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

.....

.....

- ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์

.....

.....

- ด้านความสามารถทางวิทยาศาสตร์

.....

.....

- ด้านอื่น ๆ (พฤติกรรมเด่น หรือพฤติกรรมที่มีปัญหาของนักเรียนเป็นรายบุคคล (ถ้ามี))

.....

.....

- ปัญหา/อุปสรรค

.....

.....

- แนวทางการแก้ไข

.....

.....

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4

พลังงานภายในระบบ

เวลา 4 ชั่วโมง

1. ผลการเรียนรู้

อธิบายและคำนวณงานที่ทำโดยแก๊สในภาชนะปิดโดยความดันคงตัว และอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความร้อน พลังงานภายในระบบ และงาน รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องและนำความรู้เรื่องพลังงานภายในระบบไปอธิบายหลักการทำงานของเครื่องใช้ในชีวิตประจำวัน

2. จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความร้อน พลังงานภายในระบบ และงานที่เกิดขึ้นเนื่องจากความร้อนได้ (K)
2. คำนวณหาปริมาณที่เกี่ยวข้องกับพลังงานภายในระบบจากกฎข้อที่หนึ่งของอุณหพลศาสตร์ได้ (P)
3. มีความสนใจใฝ่รู้หรืออยากรู้ อยากเห็น และทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ (A)

3. สารการเรียนรู้

สารการเรียนรู้เพิ่มเติม	สารการเรียนรู้ท้องถิ่น
- ในภาชนะปิดเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงปริมาตรของแก๊ส โดยความดันคงตัว งานที่เกิดขึ้น คำนวณได้จากสมการ $W = P\Delta V$ - โมเลกุลของแก๊สอุดมคติในภาชนะปิดจะมีพลังงานจลน์ โดยพลังงานจลน์รวมของโมเลกุลเรียกว่า พลังงานภายในของแก๊สหรือพลังงานภายในระบบ ซึ่งแปรผันตรงกับจำนวนโมเลกุลและอุณหภูมิสัมบูรณ์ของแก๊ส - พลังงานภายในระบบมีความสัมพันธ์กับความร้อน และงาน เช่น เมื่อมีการถ่ายโอนความร้อนในระบบปิด ผลของการถ่ายโอนความร้อนนี้จะเท่ากับผลรวมของพลังงานภายในระบบที่เปลี่ยนแปลงกับงาน เป็นไปตามกฎการอนุรักษ์พลังงานเรียกกฎข้อที่หนึ่งของอุณหพลศาสตร์ แสดงได้ด้วยสมการ $Q = \Delta U + W$ - ความรู้ เรื่อง พลังงานภายในระบบสามารถนำไปประยุกต์ในด้านต่าง ๆ เช่น การทำงานของเครื่องยนต์ ความร้อน ตู้เย็น เครื่องปรับอากาศ	พิจารณาตามหลักสูตรของสถานศึกษา

4. สาระสำคัญ/ความคิดรวบยอด

พลังงานภายในระบบ หมายถึง ผลรวมของพลังงานจลน์เฉลี่ยทั้งหมดของแก๊สในระบบปิด เนื่องจากแก๊สอุดมคติจะไม่มีแรงอื่นมากระทำต่อโมเลกุลจึงไม่มีพลังงานศักย์ กล่าวได้ว่า พลังงานภายในระบบ คือ ผลรวมของพลังงานจลน์ทั้งหมดของโมเลกุล พลังงานภายในระบบมีความสัมพันธ์กับความร้อนและงาน เช่น เมื่อมีการถ่ายโอนความร้อนในระบบปิด ผลของการถ่ายโอนความร้อนนี้จะเท่ากับผลรวมของพลังงานภายในระบบที่เปลี่ยนแปลงกับงาน เป็นไปตามกฎการอนุรักษ์พลังงาน เรียกกฎข้อที่หนึ่งของอุณหพลศาสตร์ แสดงได้ด้วยสมการ $Q = \Delta U + W$

5. สมรรถนะสำคัญของผู้เรียนและคุณลักษณะอันพึงประสงค์

สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน	คุณลักษณะอันพึงประสงค์
1. ความสามารถในการสื่อสาร 2. ความสามารถในการคิด 1) ทักษะการวิเคราะห์ 2) ทักษะการสื่อสาร 3) ทักษะการสังเกต 4) ทักษะการทำงานร่วมกัน 5) ทักษะการนำความรู้ไปใช้ 3. ความสามารถในการแก้ปัญหา	1. มีวินัย 2. ใฝ่เรียนรู้ 3. มุ่งมั่นในการทำงาน

6. กิจกรรมการเรียนรู้



แนวคิด/รูปแบบการสอน/วิธีการสอน/เทคนิค : เน้นมนทัศน์ (Concept Based Teaching)

ชั่วโมงที่ 1-2

ขั้นนำ

ขั้นการใช้ความรู้เดิมเชื่อมโยงความรู้ใหม่ (Prior Knowledge)

- ครูทบทวนความรู้เกี่ยวกับความร้อน แก๊สอุดมคติ และทฤษฎีจลน์ของแก๊ส โดยครูอาจใช้คำถามเพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจของนักเรียนในเรื่องนั้น ๆ
- ครูถามคำถาม Key Question กับนักเรียนว่า “พลังงานภายในระบบเกี่ยวข้องกับแก๊สอย่างไร” โดยนักเรียนร่วมกันตอบคำถามและแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับคำตอบของคำถามเพื่อเชื่อมโยงเข้าสู่เนื้อหาที่กำลังจะศึกษาเรียนรู้ต่อไป

(แนวตอบ : พลังงานภายในระบบเป็นการศึกษาพลังงานทั้งหมดของโมเลกุลของแก๊สในระบบนั้น)

ชั้นสอน

ชั้นรู้ (Knowing)

81. ครูให้นักเรียนจับคู่กับเพื่อนที่นั่งข้าง ๆ จากนั้นร่วมกันศึกษา เรื่อง พลังงานภายในระบบ จากหนังสือเรียน
82. ครูมอบหมายให้นักเรียนจดบันทึกและเขียนสรุปความรู้เกี่ยวกับพลังงานภายในระบบลงในกระดาษ A4 คนละ 1 แผ่น พร้อมทั้งตกแต่งให้สวยงาม
83. ครูสุ่มนักเรียนเพื่อให้นักเรียนอธิบายภาพการเปลี่ยนแปลงปริมาตรของแก๊สในกระบอกสูบเนื่องจากแรง F จากหนังสือเรียน
84. ครูสุ่มตัวแทนนักเรียนออกมานำเสนอผลงานของตนเองหน้าชั้นเรียน 2-3 คน จากนั้นตัวแทนนักเรียนเก็บรวบรวมผลงานส่งครูเพื่อตรวจให้คะแนน
85. ครูให้นักเรียนศึกษาและทำความเข้าใจเกี่ยวกับความหมายของเครื่องหมายของปริมาณที่เกี่ยวข้องกับ พลังงานภายในระบบ จากตารางความหมายของเครื่องหมายของปริมาณ Q ΔU และ W จากหนังสือเรียน
86. ครูให้นักเรียนปิดหนังสือเรียน จากนั้นครูสุ่มถามเครื่องหมายของปริมาณ Q ΔU และ W โดยให้นักเรียนอธิบายหรือบอกความหมายของปริมาณนั้น ๆ
87. นักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับพลังงานภายในระบบ หลังจากที่ได้ร่วมกันศึกษาเนื้อหาจากหนังสือเรียนแล้ว
88. นักเรียนศึกษาตัวอย่างที่ 2.16 จากหนังสือเรียน โดยจดลงสมุดบันทึกประจำตัว
89. ครูให้นักเรียนปิดหนังสือเรียน จากนั้นครูอ่านโจทย์ตัวอย่างที่ 2.17 ให้นักเรียนจดลงในกระดาษ A4 แล้วครูให้เวลานักเรียนแสดงวิธีคำนวณเพื่อแก้โจทย์ปัญหา เสร็จแล้วครูเก็บรวบรวมนำกลับไปตรวจ เพื่อให้เป็นคะแนนพิเศษ
90. ครูนำนักเรียนอภิปรายเกี่ยวกับพลังงานภายในระบบว่า พลังงานภายในระบบจะมีความสัมพันธ์กับความร้อนและงาน เช่น เมื่อมีการถ่ายโอนความร้อนในภาชนะปิด ผลของการถ่ายโอนความร้อนนี้จะเท่ากับผลรวมของพลังงานภายในระบบที่เปลี่ยนแปลงไปกับงานที่ระบบกระทำหรือถูกกระทำโดยสิ่งแวดล้อมเป็นไปตามกฎการอนุรักษ์พลังงาน เรียกว่า กฎข้อที่หนึ่งของอุณหพลศาสตร์
91. ครูสอบถามความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับเรื่อง พลังงานภายในระบบ และกฎข้อที่หนึ่งของอุณหพลศาสตร์ โดยครูอาจใช้คำถามเพื่อตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียนอีกครั้งหนึ่งก่อนศึกษาเนื้อหาเรื่องถัดไป

ชั่วโมงที่ 3-4

ชั้นสอน

ขั้นรู้ (Knowing)

92. ครูให้นักเรียนนับเลข 1-8 วนไปจนครบทุกคน จากนั้นให้นักเรียนที่นับเลขเดียวกันแยกเข้ากลุ่มของตนเอง
93. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันศึกษา เรื่อง การประยุกต์ใช้ความรู้เกี่ยวกับพลังงานภายในระบบ จากหนังสือเรียน
94. ครูให้นักเรียนนำโทรศัพท์มือถือขึ้นมาแล้วสแกน QR Code เรื่อง พลังงานภายในระบบ จากหนังสือเรียน เพื่อศึกษาเพิ่มเติมจากสื่อดิจิทัล
95. ครูจัดเตรียมสลากชื่อเรื่องที่จะให้แต่ละกลุ่มศึกษาเพิ่มเติม ในหัวข้อดังต่อไปนี้
 - เครื่องยนต์เบนซิน จำนวน 2 แผ่น
 - เครื่องยนต์ดีเซล จำนวน 2 แผ่น
 - ตู้เย็น จำนวน 2 แผ่น
 - เครื่องปรับอากาศ จำนวน 2 แผ่น
96. นักเรียนส่งตัวแทนกลุ่มออกมาหน้าชั้นเรียนเพื่อจับสลากชื่อเรื่องที่จะต้องศึกษาเพิ่มเติม จากนั้นครูมอบหมายให้สมาชิกแต่ละกลุ่มจัดทำโปสเตอร์ความรู้ ซึ่งเป็นการนำเสนอข้อมูลเกี่ยวกับเรื่องที่แต่ละกลุ่มจับสลากได้ โดยครูแจกกระดาษฟลิปชาร์ตให้นักเรียนกลุ่มละ 1 แผ่น แล้วให้เวลานักเรียนได้ศึกษาหาความรู้เพิ่มเติมพร้อมทั้งตกแต่งผลงานของกลุ่มตนเองให้สวยงาม
97. ครูให้นักเรียนนำผลงานของตนเองไปติดไว้กับผนังโดยรอบห้องเรียน จากนั้นครูสุ่มเรียกเลขที่ของนักเรียน โดยกลุ่มใดที่มีคนที่มียุทธศาสตร์ตามที่ครูขานเรียกจะเป็นกลุ่มที่จะต้องนำเสนอผลงานก่อน เสร็จแล้วครูสุ่มเลขที่เพิ่มเติมเพื่อให้ทุกกลุ่มได้นำเสนอผลงานของตนเอง เสร็จแล้วครูเดินตรวจผลงานของนักเรียนในภาพรวมอีกครั้งเพื่อให้คะแนน
98. นักเรียนและครูร่วมกันพูดคุยและอธิบายเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้ความรู้เกี่ยวกับพลังงานภายในระบบในการอธิบายการทำงานของเครื่องยนต์ความร้อน ตู้เย็น และเครื่องปรับอากาศ

ขั้นเข้าใจ (Understanding)

10. ครูใช้คำถามให้นักเรียนอธิบายสิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้เกี่ยวกับเรื่อง พลังงานภายในระบบ โดยครูสุ่มนักเรียนจำนวนหนึ่งออกมาหน้าห้องเพื่ออธิบายผลการศึกษาในแต่ละหัวข้อ
11. เมื่อนักเรียนอธิบายผลการศึกษาดูตามความเข้าใจของนักเรียนแล้ว ครูอาจยกตัวอย่างหรือปรับเปลี่ยนสถานการณ์จากตัวอย่างที่ได้ศึกษา แล้วให้นักเรียนอธิบายสิ่งที่เหมือนและสิ่งที่แตกต่าง
12. ครูมอบหมายให้นักเรียนศึกษาทำความเข้าใจเกี่ยวกับพลังงานภายในระบบเพิ่มเติมจากแบบฝึกหัด ฟิสิกส์ ม.6 เล่ม 1 หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 ความร้อนและทฤษฎีจลน์ของแก๊ส

ชั้นลงมือทำ (Doing)

7. ครูให้นักเรียนจับคู่กับเพื่อน แล้วร่วมกันศึกษาแบบฝึกหัด Topic Questions จากหนังสือเรียน โดยครูมอบหมายให้นักเรียนแต่ละคนเขียนแสดงวิธีการแก้โจทย์ปัญหาลงในสมุดบันทึกประจำตัว โดยที่ครูกำหนดให้ใช้หลักการแก้โจทย์ปัญหา 4 ขั้นตอน ของโพลยา (Polya's problem solving process) ดังนี้
 - ขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจโจทย์ (Understanding the problem) เป็นการคิดเกี่ยวกับปัญหาและตัดสินใจว่าอะไรที่ต้องการค้นหา โดยนักเรียนต้องทำความเข้าใจปัญหาและระบุส่วนที่สำคัญของปัญหา
 - ขั้นที่ 2 วางแผนแก้ปัญห (Devising the plan) เป็นการค้นหาความเชื่อมโยงหรือความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลกับสิ่งที่ไม่รู้ นำความสัมพันธ์ที่ได้มาผสมผสานกับประสบการณ์ กำหนดแนวทางหรือแผนในการแก้ปัญห
 - ขั้นที่ 3 ปฏิบัติตามแผน (Carrying out the plan) เป็นการลงมือปฏิบัติตามแผนหรือแนวทางที่วางไว้ อาจตรวจสอบความเป็นไปได้ของแผน เพิ่มเติมรายละเอียด แล้วลงมือปฏิบัติจนได้ความสำเร็จ ถ้าไม่สำเร็จต้องค้นหาและทำการแก้ปัญหจนสามารถแก้ปัญหได้
 - ขั้นที่ 4 ตรวจสอบ (Looking back) เป็นการมองย้อนกลับไปยังคำตอบที่ได้มา เริ่มจากการตรวจสอบความถูกต้อง ความสมเหตุสมผลของคำตอบและยุทธวิธีแก้ปัญหที่ใช้ มีคำตอบหรือยุทธวิธีอื่นในการแก้ปัญหานี้หรือไม่
8. ครูแจกใบงานที่ 2.4 เรื่อง พลังงานภายในระบบ ให้นักเรียนคนละ 1 ชุด จากนั้นมอบหมายให้นักเรียนกลับไปศึกษาเป็นการบ้าน เสร็จแล้วตัวแทนรวบรวมส่งครูเพื่อตรวจและให้คะแนนก่อนที่จะเจอกันในชั่วโมงถัดไป
9. ครูให้นักเรียนศึกษากรอบ Physics in real life เรื่อง บอลลูกอากาศร้อน จากหนังสือเรียน
10. ครูให้นักเรียนศึกษากิจกรรม Apply Your Knowledge จากหนังสือเรียน โดยจดบันทึกและตอบคำถามลงในสมุดบันทึกประจำตัว
11. ครูให้นักเรียนตรวจสอบความเข้าใจของตนเอง ด้วยกรอบ Self Check เรื่อง ความร้อนและทฤษฎีจลน์ของแก๊ส จากหนังสือเรียน ลงในสมุดบันทึกประจำตัว
12. ครูมอบหมายให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดจาก Unit Questions หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 ความร้อนและทฤษฎีจลน์ของแก๊ส จากหนังสือเรียน โดยทำลงในสมุดบันทึกประจำตัวเป็นการบ้าน แล้วรวบรวมส่งครูเพื่อตรวจสอบและให้คะแนน
13. ครูมอบหมายให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดจาก Test for U หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 ความร้อนและทฤษฎีจลน์ของแก๊ส จากหนังสือเรียน โดยทำลงในสมุดบันทึกประจำตัวเป็นการบ้าน แล้วรวบรวมส่งครูเพื่อตรวจสอบและให้คะแนน
14. ครูให้นักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียน เพื่อทดสอบความรู้ความเข้าใจหลังจากที่ได้ศึกษาแล้ว

ขั้นสรุป

10. ครูและนักเรียนร่วมกันลงข้อสรุป โดยให้นักเรียนอธิบายสรุปความรู้เกี่ยวกับความร้อนที่ได้ศึกษา มาแล้วทั้งเนื้อหาและตัวอย่างจากหนังสือเรียน และกิจกรรมที่นอกเหนือจากหนังสือเรียน พร้อมทั้งยก อย่างสถานการณ์ในชีวิตประจำวันที่เกี่ยวข้องเพื่อทดสอบความเข้าใจ
11. ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนสอบถามเนื้อหาที่ได้ศึกษาผ่านมาแล้วในส่วนที่ยังไม่เข้าใจหรือสงสัย จากนั้นครูให้ ความรู้เพิ่มเติมในส่วนนั้น โดยที่ครูอาจจะใช้ PowerPoint เรื่อง พลังงานภายในระบบ มาเปิดให้ นักเรียนดูประกอบเพื่อช่วยในการอธิบายให้เข้าใจมากยิ่งขึ้น
12. ครูให้นักเรียนทำสรุปผังมโนทัศน์ (Concept Mapping) เรื่อง ความร้อนและทฤษฎีจลน์ของแก๊ส ลงใน กระดาษ A4 พร้อมทั้งตกแต่งให้สวยงาม

ขั้นประเมิน

10. ประเมินความรู้เกี่ยวกับเรื่อง พลังงานภายในระบบ โดยสังเกตพฤติกรรมการตอบคำถาม การทำ แบบฝึกหัด และการสรุปสาระสำคัญ
11. ประเมินทักษะและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จากการคำนวณหาปริมาณที่เกี่ยวข้องกับพลังงาน ภายในระบบที่ครูกำหนดให้ และการนำความรู้ที่ได้ไปใช้ประโยชน์
12. ประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์ โดยสังเกตพฤติกรรมความสนใจใฝ่รู้หรืออยากรู้อยากเห็น การทำงาน ร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์

7. การวัดและประเมินผล

รายการวัด	วิธีวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
7.1 การประเมินหลังเรียน - แบบทดสอบหลังเรียน หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 ความร้อนและทฤษฎีจลน์ของแก๊ส	- ตรวจแบบทดสอบหลังเรียน	- แบบทดสอบหลังเรียน	- ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์
7.2 การประเมินระหว่างการจัดกิจกรรม 1) พลังงานภายในระบบ	- ตรวจใบงานที่ 2.4 - ตรวจแบบฝึกหัด	- ใบงานที่ 2.4 - แบบฝึกหัด	- ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์ - ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์

รายการวัด	วิธีวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
2) การนำเสนอผลงาน	- ประเมินการนำเสนอผลงาน	- แบบประเมินการนำเสนอผลงาน	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
3) พฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- สังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
4) พฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- สังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
5) คุณลักษณะอันพึงประสงค์	- สังเกตความมีวินัย ใฝ่เรียนรู้ และมุ่งมั่นในการทำงาน	- แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์

8. สื่อ/แหล่งการเรียนรู้

8.1 สื่อการเรียนรู้

- 14) หนังสือเรียน ฟิสิกส์ ม.6 เล่ม 1 หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 ความร้อนและทฤษฎีจลน์ของแก๊ส
- 15) แบบฝึกหัด ฟิสิกส์ ม.6 เล่ม 1 หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 ความร้อนและทฤษฎีจลน์ของแก๊ส
- 16) ใบงานที่ 2.4 เรื่อง พลังงานภายในระบบ
- 17) PowerPoint เรื่อง พลังงานภายในระบบ
- 18) กระดาษฟลิปชาร์ต

8.2 แหล่งการเรียนรู้

- 10) ห้องเรียน
- 11) ห้องสมุด
- 12) แหล่งข้อมูลสารสนเทศ

ใบงานที่ 2.4

เรื่อง พลังงานภายในระบบ

เฉลย

คำชี้แจง : ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

1. ภายในกระบอกสูบหนึ่งมีของไหลที่มีความดัน 500×10^3 นิวตันต่อตารางเมตร เกิดการขยายตัวขณะที่ความดันคงตัว โดยจากเดิมมีปริมาตร 0.4 ลูกบาศก์เมตร ขยายตัวจนมีปริมาตร 1.8 ลูกบาศก์เมตร งานที่เกิดขึ้นจากการขยายตัวของของไหลในกระบอกสูบนี้มีค่าเท่าใด

วิธีทำ จากสมการ

$$W = P\Delta V$$

$$W = P(V_2 - V_1)$$

$$W = (500 \times 10^3 \text{ N/m}^2)(1.8 \text{ m}^3 - 0.4 \text{ m}^3)$$

$$W = (500 \times 10^3 \text{ N/m}^2)(1.4 \text{ m}^3)$$

$$W = 700 \times 10^3 \text{ N/m}$$

$$W = 700 \text{ kJ}$$

ดังนั้น งานที่เกิดขึ้นจากการขยายตัวของของไหลในกระบอกสูบนี้มีค่าเท่ากับ 700 กิโลจูล

2. ขดลวดความร้อนเส้นหนึ่งขนาด 100 วัตต์ ให้ความร้อนกับแก๊สอะตอมเดี่ยวจำนวน 1 โมล ซึ่งบรรจุอยู่ในภาชนะปิด สมมติว่าระบบไม่มีการสูญเสียความร้อน จะต้องใช้เวลาเท่าใดจึงจะทำให้อุณหภูมิของแก๊สอะตอมเดี่ยวนี้อเปลี่ยนจาก 27 องศาเซลเซียส ไปเป็น 127 องศาเซลเซียส

วิธีทำ จากสมการ

$$Q = \Delta U + W$$

จะได้ว่า

$$Q = \frac{3}{2}nR\Delta T + P\Delta V$$

เนื่องจากระบบมีปริมาตรคงตัว จะได้ว่า

$$Q = \frac{3}{2}nR\Delta T$$

$$Q = \frac{3}{2}(1 \text{ mol})(8.31 \text{ J/mol K})\Delta T$$

$$Q = \frac{3}{2}(8.31 \text{ J/K})[(127 + 273 \text{ K}) - (27 + 273 \text{ K})]$$

$$Q = \frac{3}{2}(8.31 \text{ J/K})(100 \text{ K}) = 1,246.5 \text{ J}$$

จากสมการ

$$P = \frac{W}{t}$$

$$t = \frac{W}{P}$$

$$t = \frac{Q}{P}$$

$$t = \frac{1,246.5 \text{ J}}{100 \text{ W}} = 12.465 \text{ s}$$

ดังนั้น จะต้องใช้เวลาประมาณ 12 วินาที จึงจะทำให้อุณหภูมิของแก๊สอะตอมเดี่ยวนี้อเปลี่ยนจาก 27 องศาเซลเซียส ไปเป็น 127 องศาเซลเซียส

9. ความเห็นของผู้บริหารสถานศึกษาหรือผู้ที่ได้รับมอบหมาย

ข้อเสนอแนะ

.....

ลงชื่อ

(.....)

ตำแหน่ง

10. บันทึกผลหลังการสอน

- ด้านความรู้

.....

- ด้านสมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

.....

- ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์

.....

- ด้านความสามารถทางวิทยาศาสตร์

.....

- ด้านอื่น ๆ (พฤติกรรมเด่น หรือพฤติกรรมที่มีปัญหาของนักเรียนเป็นรายบุคคล (ถ้ามี))

.....

.....

- ปัญหา/อุปสรรค

.....

.....

- แนวทางการแก้ไข

.....

.....