

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

ประจุไฟฟ้าและกฎการอนุรักษ์ประจุไฟฟ้า

เวลา 5 ชั่วโมง

1. ผลการเรียนรู้

ทดลอง และอธิบายการทำวัตถุที่เป็นกลางทางไฟฟ้าให้มีประจุไฟฟ้าโดยการขัดสีกันและการเหนี่ยวนำไฟฟ้าสถิต

2. จุดประสงค์การเรียนรู้

- อธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติของไฟฟ้า ประจุไฟฟ้า และกฎการอนุรักษ์ประจุไฟฟ้าได้ (K)
- ปฏิบัติกิจกรรมชนิดของแรงระหว่างประจุและชนิดของประจุไฟฟ้าได้อย่างถูกต้องและเป็นลำดับขั้นตอน (P)
- 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 ไฟแลบ ไฟผ่า การหิวผมที่แห้งด้วยหวีพลาสติกแล้วมีเส้นผมชี้ขึ้นตามหวี)

ขั้นสอน

ขั้นที่ 2 สำรวจค้นหา (Explore)

1. ครูนำอุปกรณ์สาธิตการทดลอง เช่น ลูกโป่ง และกระดาษชิ้นเล็ก ๆ จากนั้นครูขออาสาสมัครนักเรียนจำนวน 1-2 คน ออกมาหน้าชั้นเรียน โดยให้นักเรียนเป่าลูกโป่งแล้วนำลูกโป่งที่ติดกระดาษหลาย 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 อิเล็กตรอนในวัตถุหนึ่งถูกกระตุ้นให้สั่นเร็วขึ้นและแรงขึ้นจนหลุดพ้นจากการยึดเหนี่ยวของนิวเคลียส 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 โดยครูใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบร่วมมือมาจัดกระบวนการเรียนรู้ 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. ปฏิบัติกิจกรรมการทำให้วัตถุเล็กทรอนิกส์มีประจุโดยการเหนี่ยวนำได้อย่างถูกต้องและเป็นลำดับขั้นตอน (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” จากนั้นครูกล่าวเชื่อมโยงเข้าสู่กิจกรรมการเรียนรู้การสอน

(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. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายเรื่องที่ได้อ่านศึกษา จากนั้นให้นักเรียนแต่ละคนเขียนสรุปความรู้ที่ได้จากการศึกษาค้นคว้าลงในสมุดประจำตัวนักเรียน เพื่อนำส่งครูท้ายชั่วโมง
(หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล)
3. ครูสุ่มนักเรียนออกมานำเสนอผลจากการศึกษาค้นคว้าหน้าชั้นเรียน โดยสุ่มออกมาเพียง 6 คน ซึ่งครูเป็นคนเลือกว่าจะให้นักเรียนคนไหนนำเสนอเรื่องอะไร ตามหัวข้อเรื่อง ดังต่อไปนี้
 - คนที่ 1-2 เรื่อง การเหนี่ยวนำไฟฟ้า
 - คนที่ 3-4 เรื่อง การใช้อิเล็กทรอนิกส์แบบลูกพิตตรวจสอบชนิดของประจุไฟฟ้าบนวัตถุมีประจุ
 - คนที่ 5-6 เรื่อง การใช้อิเล็กทรอนิกส์แบบแผ่นโลหะตรวจสอบชนิดของประจุไฟฟ้าบนวัตถุมีประจุ(หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบประเมินการนำเสนอผลงาน)
4. ขณะที่นักเรียนนำเสนอ ครูอาจเสนอแนะหรือแทรกข้อมูลเพิ่มเติมในเรื่องนั้น ๆ เพื่อให้นักเรียนมีความเข้าใจที่ถูกต้องมากยิ่งขึ้น
5. ครูตั้งประเด็นคำถามกระตุ้นความคิดนักเรียน โดยให้นักเรียนแต่ละคนร่วมกันอภิปรายแสดงความคิดเห็นเพื่อหาคำตอบ ดังนี้
 - อุปกรณ์ตรวจสอบประจุไฟฟ้า เรียกว่าอะไร

(แนวตอบ : อิเล็กโทรสโคป)

- อิเล็กโทรสโคป แบ่งเป็นกี่ชนิด อะไรบ้าง

(แนวตอบ : อิเล็กโทรสโคป แบ่งเป็น 2 ชนิด ได้แก่ อิเล็กโทรสโคปแบบแผ่นโลหะ และอิเล็กโทรสโคปแบบลูกพิท)

- ถ้าต้องการทำให้ตัวนำที่เป็นกลางกลายเป็นตัวนำที่มีประจุสามารถทำได้ด้วยวิธีใด

(แนวตอบ : การเหนี่ยวนำ โดยตัวนำจะมีประจุชนิดตรงข้ามกับประจุของแท่งวัตถุที่มาเหนี่ยวนำ และปริมาณประจุของวัตถุมีประจุที่มาเหนี่ยวนำยังคงมีค่าเท่าเดิม)

ชั่วโมงที่ 2

ขั้นสอน

ขั้นที่ 2 สำรวจค้นหา (Explore) (ต่อ)

- นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 6 คน ตามความสมัครใจ จากนั้นครูแจ้งจุดประสงค์ของกิจกรรม การทำให้อิเล็กโทรสโคปมีประจุโดยการเหนี่ยวนำ ให้นักเรียนทราบเพื่อเป็นแนวทางการปฏิบัติกิจกรรมที่ถูกต้อง
- นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันศึกษากิจกรรม การทำให้อิเล็กโทรสโคปมีประจุโดยการเหนี่ยวนำ จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 ไฟฟ้าสถิต โดยครูใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบร่วมมือมาจัดกระบวนการเรียนรู้ โดยกำหนดให้สมาชิกแต่ละคน ภายในกลุ่มมีบทบาทหน้าที่ของตนเอง ดังนี้
 - สมาชิกคนที่ 1-2 ทำหน้าที่ เตรียมวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการปฏิบัติกิจกรรมการทำให้อิเล็กโทรสโคปมีประจุโดยการเหนี่ยวนำ
 - 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 นักเรียนมีความเข้าใจที่ถูกต้องมากยิ่งขึ้น
(หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบประเมินการนำเสนอผลงาน)
11. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันตอบคำถามท้ายกิจกรรม การทำให้อิเล็กโทรสโคปมีประจุโดยการเหนี่ยวนำ โดยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายแสดงความคิดเห็นเพื่อหาคำตอบ จากนั้นครูสุ่มนักเรียนจำนวน 4-5 กลุ่ม ออกมานำเสนอคำตอบของกลุ่มตนเองหน้าชั้นเรียน
12. เมื่อนักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอคำตอบของกลุ่มตนเองเรียบร้อยแล้ว นักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายผลท้ายกิจกรรม การทำให้อิเล็กโทรสโคปมีประจุโดยการเหนี่ยวนำ และเฉลยคำถามท้ายกิจกรรม

ขั้นที่ 4 ขยายความเข้าใจ (Elaborate)

13. ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนซักถามเนื้อหาเกี่ยวกับ เรื่อง การเหนี่ยวนำไฟฟ้า และให้ความรู้เพิ่มเติมจากคำถามของนักเรียน 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 รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 ไฟฟ้าสถิต ลงในสมุดประจำตัวนักเรียน
16. นักเรียนแต่ละคนทำแบบฝึกหัด เรื่อง การเหนี่ยวนำไฟฟ้า จากแบบฝึกหัด รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 ไฟฟ้าสถิต เป็นการบ้านส่งในชั่วโมงถัดไป

ขั้นสรุป

ขั้นที่ 5 ตรวจสอบผล (Evaluate)

1. ครูประเมินผล โดยการสังเกตพฤติกรรมการตอบคำถาม พฤติกรรมการทำงานรายบุคคล พฤติกรรมการทำงานกลุ่ม และจากการนำเสนอผลการปฏิบัติกิจกรรมหน้าชั้นเรียน
2. ครูวัดและประเมินผลการปฏิบัติกิจกรรม การทำให้อิเล็กโทรสโคปมีประจุโดยการเหนี่ยวนำ
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) ผลบันทึกการปฏิบัติกิจกรรมการทำให้อิเล็กโทรสโคปมีประจุโดยการเหนี่ยวนำ	- 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

รายการวัด	วิธีวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
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) วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการปฏิบัติกิจกรรมการทำให้อิเล็กโทรสโคปมีประจุโดยการเหนี่ยวนำ
- 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 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 การเหนี่ยวนำไฟฟ้า จากนั้นครูแจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้ให้นักเรียนทราบ
- ครูเปิดวิดีโอเกี่ยวกับแรงกระทำระหว่างวัตถุทั้งสองที่มีประจุชนิดเดียวกัน
จาก <https://www.youtube.com/watch?v=e0wcF5fT0zw> ให้นักเรียนดู จากนั้นครูตั้งประเด็นคำถามกระตุ้นความคิดนักเรียนว่า “แรงดูดและแรงผลักเกิดขึ้นได้อย่างไร”
โดยให้นักเรียนแต่ละคนร่วมกันอภิปรายแสดงความคิดเห็นอย่างอิสระโดยไม่มีการเฉลยว่าถูกหรือผิด
(แนวตอบ : แรงดูดเกิดขึ้นเมื่อประจุไฟฟ้าชนิดเดียวกันอยู่ใกล้กัน ส่วนแรงผลักเกิดจากประจุไฟฟ้าต่างชนิดกันอยู่ใกล้กัน)
- ครูถามคำถาม Prior Knowledge จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 ไฟฟ้าสถิต เพื่อเป็นการนำเข้าสู่บทเรียนว่า “แรงระหว่างประจุ

คู่หนึ่ง ๆ สัมพันธ์กับปริมาณประจุไฟฟ้าหรือไม่อย่างไร” จากนั้นครูกล่าวเชื่อมโยงเข้าสู่กิจกรรมการเรียนการสอน

(แนวตอบ : สัมพันธ์หากปริมาณประจุไฟฟ้ามีค่ามากแรงไฟฟ้าก็จะมีค่ามากไปด้วย แต่อย่างไรก็ตามยังขึ้นอยู่กับระยะห่างระหว่างประจุด้วยเช่นกัน)

ขั้นสอน

ขั้นที่ 2 สำรวจค้นหา (Explore)

1. นักเรียนคู่กับเพื่อนชั้นในเรียน ตามความสมัครใจ จากนั้นให้นักเรียนแต่ละคู่ร่วมกันศึกษาค้นคว้าข้อมูลเกี่ยวกับ 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 กล่าวว่อย่างไร
(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 ในระหว่างที่นักเรียนนำเสนอ ครูคอยให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม เพื่อให้นักเรียนมีความเข้าใจที่ถูกต้องมากยิ่งขึ้น

(หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบประเมินการนำเสนอผลงาน)

9. ครูตั้งประเด็นคำถามกระตุ้นความคิดนักเรียนว่า “ขนาดและทิศทางของแรงกระทำระหว่างจุดประจุคู่หนึ่ง 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 โดยครูเตรียมสลากหมายเลข แล้วให้นักเรียนแสดงวิธีการคำนวณหาผลลัพธ์จากตัวอย่างที่ได้ร่วมกันศึกษาก่อนหน้านี้ หน้าชั้นเรียน 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 ทำเสร็จแล้วนำส่งครู
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 แรงระหว่างประจุไฟฟ้าสองประจุเป็นปฏิกิริยาโดยตรงกับผลคูณระหว่างประจุทั้งสอง และเป็นปฏิกิริยาผกผันกับกำลังสองของระยะห่างระหว่างประจุนั้น”

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

รายการวัด	วิธีวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
5) 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) ใบงานที่ 6.3.1 เรื่อง แรงระหว่างประจุและกฎของคูลอมบ์
- 4) PowerPoint เรื่อง แรงระหว่างประจุและกฎของคูลอมบ์
- 5) สลากหมายเลข
- 6) วิดิทัศน์เกี่ยวกับแรงกระทำระหว่างวัตถุทั้งสองที่มีประจุชนิดเดียวกัน
จาก <https://www.youtube.com/watch?v=e0wcF5fT0zw>
- 7) สมุดประจำตัวนักเรียน

8.2 แหล่งการเรียนรู้

- 1) ห้องสมุด
- 2) อินเทอร์เน็ต

ใบงานที่ 6.3.1

เรื่อง แรงระหว่างประจุและกฎของคูลอมบ์

คำชี้แจง : แสดงวิธีคำนวณหาผลลัพธ์ของโจทย์ต่อไปนี้

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

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

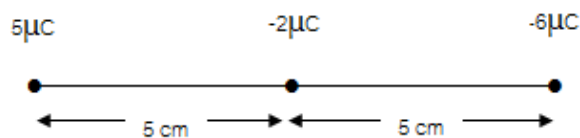
.....

.....

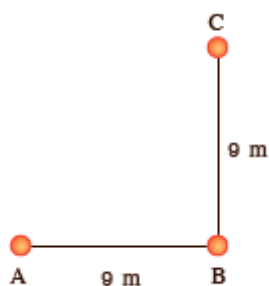
.....

2. วางจุดประจุ 5 ไมโครคูลอมบ์, -2 ไมโครคูลอมบ์ และ -6 ไมโครคูลอมบ์ วางต่อกันเป็นเส้นตรงเรียงกันเป็น

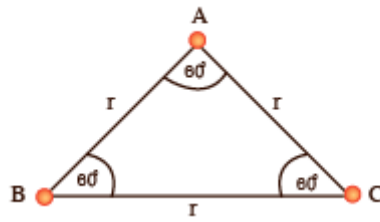
เส้นตรง ดังภาพ จงหาแรงลัพธ์ที่จุดประจุ 5 ไมโครคูลอมบ์



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 จงหาแรงดูดระหว่างประจุที่เกิดขึ้น

วิธีทำ จาก $F = \frac{kq_1q_2}{r^2}$

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

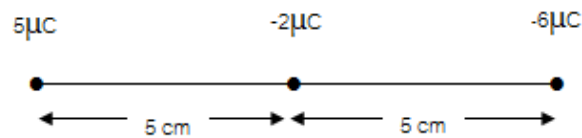
$$F = \frac{180 \times 10^{-3}}{100 \times 10^{-4}} = \frac{180 \times 10^{-3}}{10^2 \times 10^{-4}} = \frac{180 \times 10^{-3}}{10^{-2}}$$

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

ดังนั้น แรงระหว่างประจุที่เกิดขึ้นเท่ากับ 18 นิวตัน

2. วางจุดประจุ 5 ไมโครคูลอมบ์, -2 ไมโครคูลอมบ์ และ -6 ไมโครคูลอมบ์ วางต่อกันเป็นเส้นตรงเรียงกันเป็น

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

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

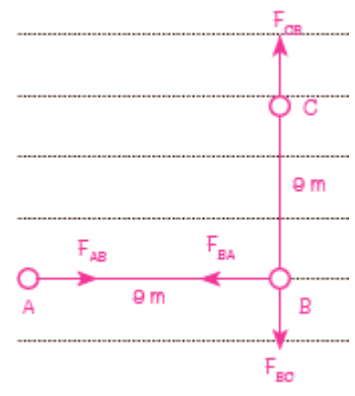
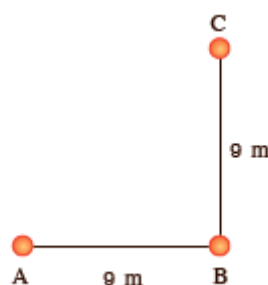
พิจารณาแรง F_2 ; $F_2 = \frac{(9 \times 10^9)(5 \times 10^{-6})(6 \times 10^{-6})}{(10 \times 10^{-2})^2}$

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

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 ;

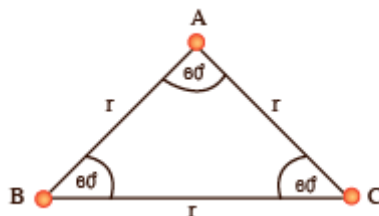
$$F_B = \sqrt{(F_{BA})^2 + (F_{BC})^2}$$

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

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

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_{AC} ;

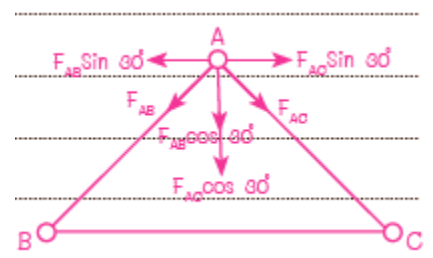
$$F_{AC} = \frac{k(2q)(q)}{r^2} = \frac{kq^2}{r^2}$$

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 รวมทั้งหาสนามไฟฟ้าลัพธ์เนื่องจากระบบจุดประจุโดยรวมกันแบบเวกเตอร์

2. จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายสนามไฟฟ้าและแรงไฟฟ้าที่กระทำกับอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าที่อยู่ในสนามไฟฟ้าได้ (K)
2. อธิบายสนามไฟฟ้าลัพธ์เนื่องจากระบบจุดประจุโดยรวมกันแบบเวกเตอร์ได้ (K)
3. ตรวจสอบหาปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับสนามไฟฟ้าและแรงไฟฟ้าที่กระทำกับอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าที่อยู่

ในสนามไฟฟ้าได้ (P)

4. ตรวจสอบหาสนามไฟฟ้าลัพท์เนื่องจากระบบประจุโดยรวมกันแบบเวกเตอร์ได้ (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 $\vec{E} = \frac{\vec{F}_{12}}{q_2}$ • สนามไฟฟ้าลัพท์เนื่องจากจุดประจุหลายจุดประจุ เท่ากับผลรวมแบบเวกเตอร์ของสนามไฟฟ้าเนื่องจากจุดประจุแต่ละจุดประจุ	พิจารณาตามหลักสูตรของสถานศึกษา

สารการเรียนรู้เพิ่มเติม	สารการเรียนรู้ท้องถิ่น
• ตัวนำทรงกลมที่มีประจุไฟฟ้ามีสนามไฟฟ้าภายในตัวนำเป็นศูนย์ และสนามไฟฟ้าบนตัวนำมีทิศทางตั้งฉากกับผิวตัวนำนั้น โดยสนามไฟฟ้าเนื่องจากประจุบนตัวนำทรงกลมที่ตำแหน่งห่างจากผิวออกไปหาได้เช่นเดียวกับสนามไฟฟ้า เนื่องจากจุดประจุที่มีจำนวนประจุเท่ากันแต่อยู่ที่ศูนย์กลางของทรงกลม	

4. สารสำคัญ/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)

- ครูทบทวนความรู้เดิมของนักเรียนเกี่ยวกับ เรื่อง แรงระหว่างประจุและกฎของคูลอมบ์
จากนั้นครูแจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้ให้นักเรียนทราบ
- ครูเปิดวิดีโอเกี่ยวกับสนามไฟฟ้า (Electric Field Lines)
จาก <https://www.youtube.com/watch?v=F1z5UaX96j8> ให้นักเรียนดู จากนั้นครู

ตั้งประเด็นคำถามกระตุ้นความคิดนักเรียนว่า “สนามไฟฟ้าของประจุบวกและสนามไฟฟ้าของประจุลบเหมือนกันหรือไม่ อย่างไร” โดยให้นักเรียนแต่ละคนร่วมกันอภิปรายแสดงความคิดเห็นอย่างอิสระโดยไม่มีการเฉลยว่าถูกหรือผิด

(แนวตอบ : ไม่เหมือนกัน เพราะสนามไฟฟ้าของประจุบวกมีทิศพุ่งออกจากประจุบวก ส่วนสนามไฟฟ้าของประจุลบจะมีทิศเข้าหาประจุลบ)

3. ครูถามคำถาม Prior Knowledge จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์

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

(แนวตอบ : สามารถตรวจสอบได้โดยทำการทดลอง เช่น โรยผงต่างที่ขั้วขั้วลบบนกระดาษกรองที่เปียกน้ำหมาดๆ บริเวณรอบๆ ขั้วไฟฟ้าที่วางอยู่บนกระดาษกรอง เส้นแนวการเคลื่อนของผงต่างที่ขั้วขั้วลบจะเป็นเส้นสนามไฟฟ้า)

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. นักเรียนแต่ละคู่ร่วมกันอภิปรายเรื่องที่ได้อ่าน จากนั้นให้นักเรียนแต่ละคนเขียนสรุปความรู้ที่ได้จากการศึกษาค้นคว้าลงในสมุดประจำตัวนักเรียน
(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 จากนั้นร่วมกันสรุปความรู้ที่ได้จากการศึกษาค้นคว้าลงในสมุดประจำตัวนักเรียน

(หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม)

ชั่วโมงที่ 3-4

ขั้นสอน

ขั้นที่ 3 อธิบายความรู้ (Explain)

9. นักเรียนแต่ละกลุ่มออกมานำเสนอผลการศึกษาหน้าชั้นเรียน ในระหว่างที่นักเรียนนำเสนอ ครูคอยให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม เพื่อให้นักเรียนมีความเข้าใจที่ถูกต้องมากยิ่งขึ้น
(หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบประเมินการนำเสนอผลงาน)
10. ครูตั้งประเด็นคำถามกระตุ้นความคิดนักเรียนว่า “ความเข้มสนามไฟฟ้าของตัวนำทรงกลมที่ตำแหน่งใด มีค่าเป็นศูนย์” โดยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายแสดงความคิดเห็นเพื่อหาคำตอบ
(แนวตอบ : เนื่องจากตัวนำทรงกลมจะมีประจุกระจายอยู่บนผิว จึงทำให้ที่ตำแหน่งบริเวณภายใน ตัวนำทรงกลมความเข้มสนามไฟฟ้าจะมีค่าเป็นศูนย์)

ขั้นที่ 4 ขยายความเข้าใจ (Elaborate)

11. ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนซักถามเนื้อหาเกี่ยวกับ เรื่อง สนามไฟฟ้า และให้ความรู้เพิ่มเติมจากคำถาม ของนักเรียน 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 ออกมาแสดงวิธีการ คำนวณหาผลลัพธ์จากตัวอย่างที่ได้ศึกษา ครูอาจเสนอแนะ หรืออธิบายเพิ่มเติมในตัวอย่างนั้น ๆ
13. นักเรียนจับคู่ตามเลขที่ของตนเอง เช่น เลขที่ 1 จับคู่กับเลขที่ 2 จากนั้นให้นักเรียนแต่ละคู่ร่วมกันทำ ใบงานที่ 6.4.1 เรื่อง สนามไฟฟ้า
14. ครูสุ่มนักเรียน จำนวน 2 คู่ ออกมาแสดงวิธีการคำนวณหาผลลัพธ์ จากใบงานที่ 6.4.1 เรื่อง สนามไฟฟ้า หน้าชั้นเรียน โดยครูสอบถามนักเรียนคู่อื่น ๆ ว่ามีคำตอบแตกต่างจากสิ่งที่เพื่อน ออกมาแสดงวิธีการคำนวณหรือไม่ 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 รายวิชาเพิ่มเติม วิทยาศาสตร์ 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 การประเมินระหว่าง การจัดกิจกรรม			
1) สนามไฟฟ้า	- ตรวจใบงานที่ 6.4.1 - ตรวจแบบฝึกหัด	- ใบงานที่ 6.4.1 - แบบฝึกหัด	- ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์ - ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์
2) การนำเสนอ ผลงาน/ ผลการปฏิบัติ กิจกรรม	- ประเมินการนำเสนอ ผลงาน/ผลการปฏิบัติ กิจกรรม	- แบบประเมินการ นำเสนอผลงาน	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์

รายการวัด	วิธีวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
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) วิดิทัศน์เกี่ยวกับสนามไฟฟ้า (Electric Field Lines)
จาก <https://www.youtube.com/watch?v=F1z5UaX96j8>
- 8) สมุดประจำตัวนักเรียน

8.2 แหล่งการเรียนรู้

- 1) ห้องสมุด
- 2) อินเทอร์เน็ต

ใบงานที่ 6.4.1

เรื่อง สนามไฟฟ้า

คำชี้แจง : แสดงวิธีคำนวณหาผลลัพธ์ของโจทย์ต่อไปนี้

1. วางประจุ 2 ประจุ ดังภาพ จงหาตำแหน่งที่สนามไฟฟ้าลัพธ์หักล้างกันเป็นศูนย์

7) $Q_1 = -9\mu\text{C}$ $Q_2 = 4\mu\text{C}$



The diagram shows two point charges, $Q_1 = -9\mu\text{C}$ and $Q_2 = 4\mu\text{C}$, represented by black dots. A horizontal line connects them, with a dimension line below indicating a distance of 3 cm.

.....

.....

.....

.....

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

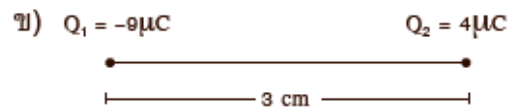
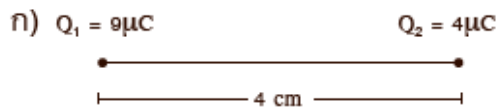
ใบงานที่ 6.4.1

เรื่อง สนามไฟฟ้า

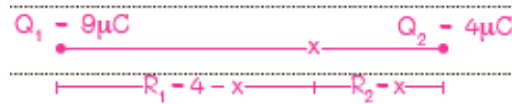
เฉลย

คำชี้แจง : แสดงวิธีคำนวณหาผลลัพธ์ของโจทย์ต่อไปนี้

1. วางประจุ 2 ประจุ ดังภาพ จงหาดำแหน่งที่สนามไฟฟ้าลัพธ์หักล้างกันเป็นศูนย์



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



จุดสะเทิน ; $\sum E = 0$

$$E_1 = E_2$$

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

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

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

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

$$3x = 8 - 2x$$

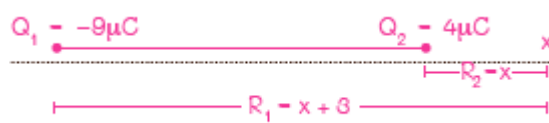
$$5x = 8$$

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

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

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} คูลอมป์ ที่ระยะห่างจากจุดศูนย์กลางของทรงกลม
3 เซนติเมตร และ 10 เซนติเมตร มีค่าสนามไฟฟ้าเท่ากับศูนย์ และ 450 นิวตันต่อคูลอมป์ ตามลำดับ

3. อนุภาคหนึ่งมีมวล 4×10^{-9} กิโลกรัม มีประจุ -2×10^{-9} คูลอมป์ วางอยู่ในระหว่างแผ่นขนานซึ่งมี
สนามไฟฟ้าคงที่ 3,000 นิวตันต่อคูลอมป์ มีทิศพุ่งจากทิศตะวันตกไปตะวันออก จงหาทิศทางการเคลื่อนที่
และความเร่งของอนุภาคนี้อยู่

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 อนุภาคนี้อาจมีความเร่ง 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

1. ผลการเรียนรู้

อธิบาย และคำนวณสนามไฟฟ้าและแรงไฟฟ้าที่กระทำกับอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าที่อยู่ในสนามไฟฟ้า รวมทั้งหาสนามไฟฟ้าลัพท์เนื่องจากระบบจุดประจุโดยรวมกันแบบเวกเตอร์

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 ส่วนจุดที่ไม่มีเส้นสนามไฟฟ้าผ่านหรือจุดที่สนามไฟฟ้าลัพท์เป็นศูนย์ เรียกจุดนั้นว่า จุดสะเทิน

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)

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

ขั้นสอน

ขั้นที่ 2 สำรวจค้นหา (Explore)

1. นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 6 คน ตามความสมัครใจ จากนั้นครูแจ้งจุดประสงค์ของกิจกรรม

- เส้นสนามไฟฟ้า ให้นักเรียนทราบเพื่อเป็นแนวทางการปฏิบัติกิจกรรมที่ถูกต้อง
- นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันศึกษากิจกรรม เส้นสนามไฟฟ้า จากใบกิจกรรม เรื่อง เส้นสนามไฟฟ้า โดยครูใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบร่วมมือมาจัดกระบวนการเรียนรู้ โดยกำหนดให้สมาชิกแต่ละคนภายในกลุ่มมีบทบาทหน้าที่ของตนเอง ดังนี้
 - สมาชิกคนที่ 1-2 ทำหน้าที่ เตรียมวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการปฏิบัติกิจกรรมเส้นสนามไฟฟ้า
 - สมาชิกคนที่ 3-4 ทำหน้าที่ อ่านวิธีปฏิบัติกิจกรรม และนำมาอธิบายให้สมาชิกในกลุ่มฟัง
 - สมาชิกคนที่ 5-6 ทำหน้าที่ บันทึกผลการปฏิบัติกิจกรรมลงในใบกิจกรรม(หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบประเมินการปฏิบัติกิจกรรม)
 - นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันปฏิบัติกิจกรรมตามขั้นตอน จากใบกิจกรรม เรื่อง เส้นสนามไฟฟ้า
 - นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันแลกเปลี่ยนความรู้และวิเคราะห์ผลการปฏิบัติกิจกรรม แล้วอภิปรายผลร่วมกัน

ชั่วโมงที่ 2

ขั้นสอน

ขั้นที่ 3 อธิบายความรู้ (Explain)

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

ชั่วโมงที่ 3-4

ขั้นสอน

ขั้นที่ 3 อธิบายความรู้ (Explain)

8. นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 3-4 คน ตามความสมัครใจ 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 จากนั้นให้นักเรียนจับคู่กับเพื่อนในชั้นเรียนตามความสมัครใจ 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 เส้นแรงไฟฟ้าจะมีระเบียบโดยเส้นแรงไฟฟ้าแต่ละเส้นจะไม่ตัดกัน และสนามไฟฟ้า ณ ตำแหน่งใด ๆ จะมีทิศอยู่ในแนวสัมผัสกับเส้นแรงไฟฟ้า ณ ตำแหน่งนั้น และจุดสะเทิน เป็นจุดที่ความเข้มสนามไฟฟ้าลัพธ์มีค่าเป็นศูนย์”

7. การวัดและประเมินผล

รายการวัด	วิธีวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
7.1 การประเมินระหว่างการจัดกิจกรรม			
1) เส้นสนามไฟฟ้า	- ตรวจใบกิจกรรม - ตรวจแบบฝึกหัด	- ใบกิจกรรม - แบบฝึกหัด	- ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์ - ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์
2) ผลบันทึกการปฏิบัติกิจกรรมเส้นสนามไฟฟ้า	- 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
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. ผงต่างหีบหีบมดละเอียด
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. โรยผงต่างหีบหีบมดอย่างสม่ำเสมอ 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

.....

.....

.....

.....

อภิปรายผลท้ายกิจกรรม

.....

.....

.....

.....

.....

.....

คำถามท้ายกิจกรรม

1. สนามไฟฟ้าของประจุบวกและประจุลบมีลักษณะแตกต่างกันอย่างไร

.....

.....

.....

2. เพราะเหตุใดการกระจายของผงต่างทับทิมในแต่ละบริเวณจึงมีความหนาแน่นไม่เท่ากัน

.....

.....

.....

ใบกิจกรรม

เรื่อง เส้นสนามไฟฟ้า

เนลย

สมาชิกในกลุ่ม

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

จุดประสงค์

1. ทำการทดลองเพื่อแสดงเส้นสนามไฟฟ้าได้
2. อธิบายเส้นสนามไฟฟ้าที่เกิดจากขั้วโลหะปลายแหลมและแผ่นตัวนำโลหะที่มีประจุต่างชนิดกันได้

วัสดุอุปกรณ์

1. ผงต่างหีบหีบมดละเอียด
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. โรยผงต่างหีบหีบอย่างสม่ำเสมอ 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

- อธิบายพลังงานศักย์ไฟฟ้า ศักย์ไฟฟ้า และความต่างศักย์ระหว่างสองตำแหน่งใด ๆ ได้ (K)
- ตรวจสอบหาปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับพลังงานศักย์ไฟฟ้า ศักย์ไฟฟ้า และความต่างศักย์ระหว่างสองตำแหน่งใด ๆ ได้ (P)
- 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)

ชั้นสอน

ขั้นที่ 2 สำรวจค้นหา (Explore)

1. นักเรียนคู่กับเพื่อนชั้นในเรียน ตามความสมัครใจ จากนั้นให้นักเรียนแต่ละคู่ร่วมกันศึกษาค้นคว้า ข้อมูลเกี่ยวกับ เรื่อง พลังงานศักย์ไฟฟ้า และศักย์ไฟฟ้า จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติม วิทยาศาสตร์ 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

ชั้นสอน

ขั้นที่ 2 สำรวจค้นหา (Explore)

5. นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 4 คน ตามความสมัครใจ จากนั้นให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันศึกษาค้นคว้า ข้อมูลเกี่ยวกับ 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. นักเรียนแต่ละกลุ่มออกมานำเสนอผลการศึกษาน้ำขึ้นเรียน ในระหว่างที่นักเรียนนำเสนอ ครูคอยให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม เพื่อให้นักเรียนมีความเข้าใจที่ถูกต้องมากยิ่งขึ้น
(หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบประเมินการนำเสนอผลงาน)
8. ครูตั้งประเด็นคำถามกระตุ้นความคิดนักเรียนว่า “ศักย์ไฟฟ้ารวมเนื่องจากจุดประจุหลายจุดประจุหมายความว่าอย่างไร” โดยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายแสดงความคิดเห็นเพื่อหาคำตอบ
(แนวตอบ : ผลรวมของศักย์ไฟฟ้าเนื่องจากจุดประจุแต่ละจุดประจุ)
9. ครูอธิบายให้นักเรียนเข้าใจเกี่ยวกับเงื่อนไขการใช้สมการศักย์ไฟฟ้าว่า “ศักย์ไฟฟ้าเป็นปริมาณสเกลาร์ ต้องแทนเครื่องหมายของประจุไฟฟ้าลงในสมการทุกครั้ง ถ้าประจุไฟฟ้าเป็นลบจะได้ศักย์ไฟฟ้าลบ 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 โดยครูสอบถามนักเรียนในชั้นเรียนว่ามีคำตอบแตกต่างจากสิ่งที่เพื่อนออกมาแสดงวิธีการคำนวณหรือไม่ ถ้าแตกต่างครูให้นักเรียนออกมาแสดงวิธีการคำนวณหาผลลัพธ์ จากนั้นครูเฉลยคำตอบที่ถูกต้องให้นักเรียน
13. นักเรียนแต่ละคนทำ Unit Question 6 เรื่อง ศักย์ไฟฟ้าเนื่องจากจุดประจุ จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 ไฟฟ้าสถิต ลงในสมุดประจำตัวนักเรียน
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 การประเมินระหว่าง การจัดกิจกรรม			
1) ศักย์ไฟฟ้าและ ศักย์ไฟฟ้าเนื่องจาก จุดประจุ	- ตรวจใบงานที่ 6.6.1 - ตรวจแบบฝึกหัด	- ใบงานที่ 6.6.1 - แบบฝึกหัด	- ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์ - ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์
2) การนำเสนอ ผลงาน/ ผลการปฏิบัติ กิจกรรม	- ประเมินการนำเสนอ ผลงาน/ผลการปฏิบัติ กิจกรรม	- แบบประเมินการ นำเสนอผลงาน	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์

รายการวัด	วิธีวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
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 6.6.1 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

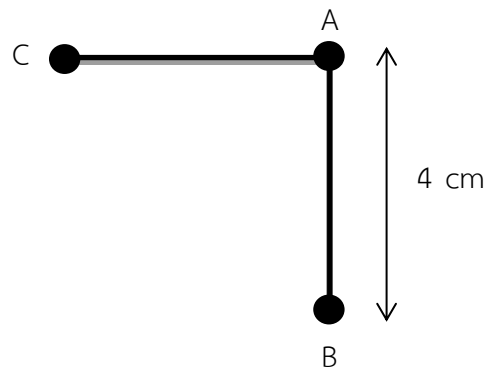
- 1) ห้องสมุด
- 2) อินเทอร์เน็ต

ใบงานที่ 6.6.1

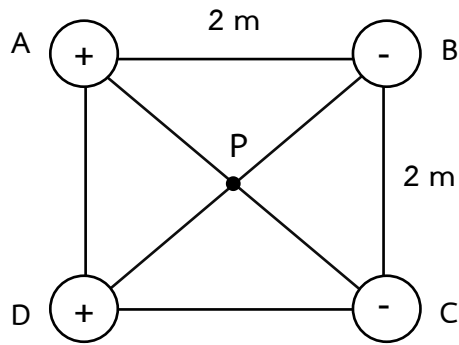
เรื่อง ศักย์ไฟฟ้าเนื่องจากจุดประจุ

คำชี้แจง : แสดงวิธีคำนวณหาผลลัพธ์ของโจทย์ต่อไปนี้

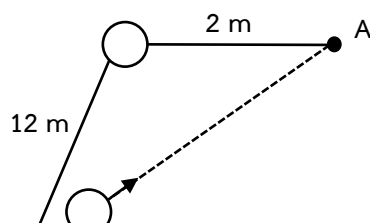
- จุดประจุ -6×10^{-6} คูโลมบ์ และ 10×10^{-6} คูโลมบ์ วางห่างกัน 4 เซนติเมตร ในตำแหน่ง A และ B ดังภาพ กำหนดให้จุด C เป็นตำแหน่งที่ศักย์ไฟฟ้าเป็นศูนย์ และ AC ตั้งฉากกับ AB จงหาว่า AC มีระยะเท่าใด



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 จงหาค่าศักย์ไฟฟ้าที่จุด

[illegible]

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



This image shows a single sheet of white paper with horizontal 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.

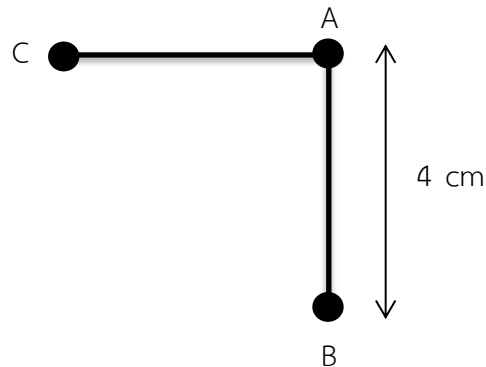
ใบงานที่ 6.6.1

เรื่อง ศักย์ไฟฟ้าเนื่องจากจุดประจุ

ឆេតុ

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

$$\sum V_C = 0$$

$$V_A + V_B = 0$$

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

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

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

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

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

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

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

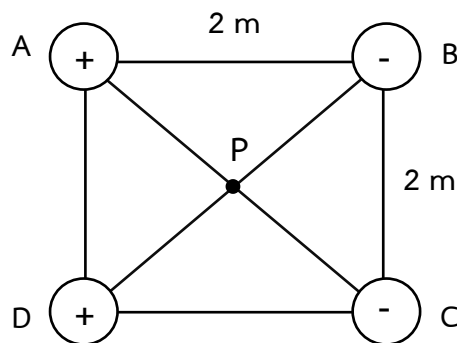
$$100(AC)^2 = 36((AC)^2 + 576)$$

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

$$\begin{aligned}(AC)^2 &= \frac{576}{64} \\(AC)^2 &= 9 \\AC &= 3 \text{ cm}\end{aligned}$$

ดังนั้น AC มีระยะเท่ากับ 3 เซนติเมตร

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 จงหาค่าศักย์ไฟฟ้าที่จุด

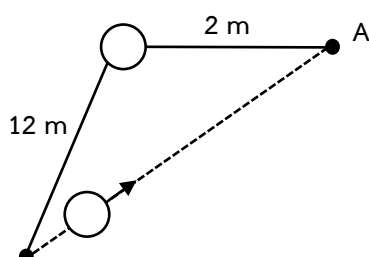


วิธีทำ จากภาพ จะเห็นได้ว่า จุด P เป็นจุดตัดของเส้นทแยงมุม จึงได้ว่า

$$\begin{aligned}\sum V_p &= V_A + V_B + V_C + V_D \\ \sum V_p &= \frac{k}{r} [Q_A + Q_B + Q_C + Q_D] \\ \sum V_p &= \frac{k}{r} [(2 \times 10^{-3}) + (-1 \times 10^{-3}) + (-4 \times 10^{-3}) + (3 \times 10^{-3})] \\ \sum V_p &= 0 \text{ V}\end{aligned}$$

ดังนั้น ศักย์ไฟฟ้าที่จุด P มีค่าเป็นศูนย์

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



วิธีทำ พิจารณาศักย์ไฟฟ้าที่จุด A ซึ่งอยู่ห่างจากจุดประจุเป็นระยะ 2 เมตร

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

พิจารณาศักย์ไฟฟ้าที่จุด B ซึ่งอยู่ห่างจากจุดประจุเป็นระยะ 12 เมตร

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

พิจารณางานที่ใช้เลื่อนประจุ 4 คูอมบ์ 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 คูอมบ์ จาก 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 ในสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอขึ้นกับขนาดของสนามไฟฟ้าและระยะทางระหว่างสองตำแหน่งนั้น ในแนวขนานกับสนามไฟฟ้า ตามสมการ $V_B - V_A = Ed$	พิจารณาตามหลักสูตรของสถานศึกษา

4. สารสำคัญ/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	1. มีวินัย รับผิดชอบ
2. ความสามารถในการคิด	2. ใฝ่เรียนรู้
1) ทักษะการสังเกต	3. ซื่อสัตย์ สุจริต
2) ทักษะการสื่อสาร	4. มุ่งมั่นในการทำงาน
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 ศักย์ไฟฟ้า และศักย์ไฟฟ้าเนื่องจากจุดประจุ จากนั้นครูแจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้ให้นักเรียนทราบ
2. ครูตั้งประเด็นคำถามกระตุ้นความคิดนักเรียนว่า “สนามไฟฟ้าที่บริเวณใดของตัวนำทรงกลมมีค่าเป็นศูนย์” โดยให้นักเรียนแต่ละคนร่วมกันอภิปรายแสดงความคิดเห็นอย่างอิสระโดยไม่มีการเฉลยว่าถูกหรือผิด

(แนวตอบ : สนามไฟฟ้าภายในตัวนำทรงกลม)

3. ครูสนทนากับนักเรียนเกี่ยวกับสนามไฟฟ้าของตัวนำทรงกลมที่บริเวณต่าง ๆ ว่า “สนามไฟฟ้าที่ผิวทรงกลมมีค่ามากที่สุด และสนามไฟฟ้าเนื่องจากตัวนำทรงกลมมีค่าลดลง เมื่อตำแหน่งใด ๆ อยู่ห่างจากผิวทรงกลมมากขึ้น”

ขั้นสอน

ขั้นที่ 2 สำรวจค้นหา (Explore)

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

ชั่วโมงที่ 2

ขั้นสอน

ขั้นที่ 2 สำรวจค้นหา (Explore)

3. นักเรียนแต่ละกลุ่มออกมานำเสนอผลการศึกษาค้นคว้าหน้าชั้นเรียน ในระหว่างที่นักเรียนนำเสนอ ครูอาจเสนอแนะหรือแทรกข้อมูลเพิ่มเติมในเรื่องนั้น ๆ เพื่อให้นักเรียนมีความเข้าใจที่ถูกต้องมากยิ่งขึ้น
(หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบประเมินการนำเสนอผลงาน)
4. 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 “ในการเคลื่อนประจุในสนามไฟฟ้า 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 จากนั้นให้นักเรียนแต่ละคู่ร่วมกันศึกษาค้นคว้าข้อมูลเกี่ยวกับ เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์และสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 ไฟฟ้าสถิต หรือแหล่งการเรียนรู้ต่าง ๆ เช่น อินเทอร์เน็ต ห้องสมุด

10. นักเรียนแต่ละคู่ร่วมกันอภิปรายเรื่องที่ได้ศึกษา จากนั้นให้นักเรียนแต่ละคนเขียนสรุปความรู้ที่ได้

จากการศึกษาค้นคว้าลงในสมุดประจำตัวนักเรียน

(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

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

รายการวัด	วิธีวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
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) 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

.....

.....

.....

.....

.....

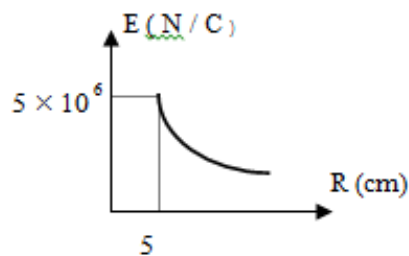
.....

ข) ศักย์ไฟฟ้าที่ผิวทรงกลม

ค) ศักย์ไฟฟ้าที่ห่างจากผิวทรงกลม 2 เซนติเมตร

ง) ศักย์ไฟฟ้าที่ห่างจากจุดศูนย์กลาง 20 เซนติเมตร

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



เรื่อง คักยไฟฟ้าเนื่องจากประจุบนตัวนำทรงกลม

จะได้ว่า

$$V_{\text{ภายใน}} = V_{\text{ที่ผิว}} = \frac{kQ}{r}$$
$$V_{\text{ภายใน}} = \frac{kQ}{r}$$

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

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

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

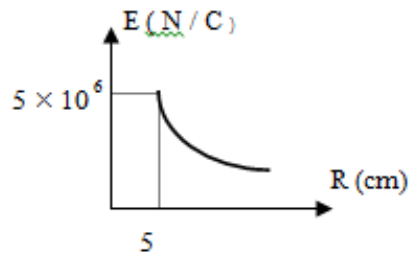
$$V = \frac{(9 \times 10^9)(-10 \times 10^{-6})}{20 \times 10^{-2}}$$

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

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

- 2) ตัวนำทรงกลมมีรัศมี 5 เซนติเมตร มีประจุกระจายอย่างสม่ำเสมอบนผิวดำนำ 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 $V_{\text{ภายใน}} = V_{\text{ที่ผิว}} = \frac{kQ}{r}$

$$V_{\text{ภายใน}} = \frac{kQ}{r}$$

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

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

ดังนั้น ศักย์ไฟฟ้าที่ห่างจากจุดศูนย์กลาง 2 เซนติเมตร มีค่าเป็น 6.25×10^5 โวลต์

ใบงานที่ 6.7.2

เรื่อง ศักย์ไฟฟ้าระหว่างแผ่นโลหะคู่ขนาน

คำชี้แจง : แสดงวิธีคำนวณหาผลลัพธ์ของโจทย์ต่อไปนี้

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

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

3. แผ่นคู่ขนาน 2 แผ่น ห่างกัน 10 เซนติเมตร มีความต่างศักย์ระหว่างแผ่นทั้งสอง 500 โวลต์ จงหา
- ก) สนามไฟฟ้าระหว่างแผ่นคู่ขนานทั้งสอง

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

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ใบงานที่ 6.7.2

เรื่อง ศักย์ไฟฟ้าระหว่างแผ่นโลหะคู่ขนาน

เฉลย

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} คูลอมบ์ 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} คูลอมป์ 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
• ตัวเก็บประจุประกอบด้วยตัวนำไฟฟ้าสองชิ้นที่คั่นด้วยฉนวน โดยปริมาณประจุที่เก็บได้ขึ้นอยู่กับความต่างศักย์คร่อมตัวเก็บประจุและความจุของตัวเก็บประจุ ตามสมการ$C = \frac{Q}{\Delta V}$ • ตัวเก็บประจุจะมีพลังงานสะสมซึ่งมีค่าขึ้นกับความต่างศักย์และปริมาณประจุ ตามสมการ$U = \frac{1}{2} Q \Delta V$	พิจารณาตามหลักสูตรของสถานศึกษา

• เมื่อนำตัวเก็บประจุมาต่อแบบอนุกรม ความจุสมมูลมีค่าลดลง ตามสมการ $\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots$	
---	--

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)

1. นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 9-10 คน ตามความสมัครใจ จากนั้นตัวแทนกลุ่มแต่ละกลุ่มออกมารับ
แผงวงจรไฟฟ้า ที่ประกอบด้วยอุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ แล้วให้สมาชิกภายในกลุ่มร่วมกันพิจารณา
แผงวงจรไฟฟ้า
2. ครูตั้งประเด็นคำถามกระตุ้นความคิดนักเรียนว่า “ในแผงวงจรไฟฟ้า มีอุปกรณ์อะไรบ้าง และอุปกรณ์
แต่ละชิ้นทำหน้าที่อย่างไร” โดยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายแสดงความคิดเห็นอย่างอิสระ
โดยไม่มีการเฉลยว่าถูกหรือผิด จากนั้นบันทึกคำตอบที่ได้ลงในสมุดประจำตัวนักเรียน
(แนวตอบ : ขึ้นอยู่กับดุลยพินิจของครู เช่น ในแผงวงจรไฟฟ้า มีตัวเก็บประจุ สวิตช์ ไดโอด เป็นต้น
ซึ่งอุปกรณ์แต่ละชนิดทำหน้าที่แตกต่างกัน เช่น ตัวเก็บประจุ ทำหน้าที่เก็บพลังงานไฟฟ้า เป็นต้น)
3. ครูถามคำถาม Prior Knowledge จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์
ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 ไฟฟ้าสถิต เพื่อเป็นการนำเข้าสู่บทเรียนว่า “ต้องต่อตัวเก็บประจุ
อย่างไร จึงทำให้ความจุไฟฟ้ารวมมีค่ามากขึ้น” จากนั้นครูกล่าวเชื่อมโยงเข้าสู่กิจกรรมการเรียน
การสอน
(แนวตอบ : ต่อแบบขนานจะทำให้ค่าความจุของตัวเก็บประจุเพิ่มมากขึ้น)

ขั้นสอน

ขั้นที่ 2 สำรวจค้นหา (Explore)

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

ชั่วโมงที่ 2

ขั้นสอน

ขั้นที่ 2 สำรวจค้นหา (Explore)

3. นักเรียนแต่ละกลุ่มออกมานำเสนอผลการศึกษาหน้าชั้นเรียน ในระหว่างที่นักเรียนนำเสนอ ครูคอยให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม เพื่อให้นักเรียนมีความเข้าใจที่ถูกต้องมากยิ่งขึ้น
(หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบประเมินการนำเสนอผลงาน)
4. ครูตั้งประเด็นคำถามกระตุ้นความคิดนักเรียนโดยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายแสดงความคิดเห็นเพื่อหาคำตอบ ดังนี้
 - ตัวเก็บประจุ ทำหน้าที่อะไร
(แนวตอบ : ตัวเก็บประจุ ทำหน้าที่เก็บพลังงานไฟฟ้า และปล่อยออกมาเมื่อต้องการใช้ประจุไฟฟ้าในตัวเก็บประจุ)
 - ตัวเก็บประจุ มีลักษณะอย่างไร
(แนวตอบ : ตัวเก็บประจุ ประกอบด้วยแผ่นโลหะบาง 2 แผ่น ระหว่างแผ่นโลหะ 2 แผ่น จะมีฉนวนคั่นกลาง เรียกว่า ไดอิเล็กตริก)
5. ครูสุ่มเลขที่นักเรียน จำนวน 3-4 คน ยกตัวอย่างตัวเก็บประจุแบบต่าง ๆ ที่นักเรียนรู้จัก มาคนละ 1 ชนิด
(แนวตอบ : ตัวเก็บประจุแบบอิเล็กตริก ตัวเก็บประจุแบบไบโพลาร์ ตัวเก็บประจุแบบเซรามิค ตัวเก็บประจุแบบไมลาร์ เป็นต้น)
6. นักเรียนแต่ละคนพิจารณากราฟระหว่างปริมาณประจุที่เก็บสะสมในตัวเก็บประจุกับความต่างศักย์ ต่อก่อมตัวเก็บประจุ 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 และให้ความรู้เพิ่มเติม

จากคำถามของนักเรียน 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 ออกมาแสดงวิธีการคำนวณหาผลลัพท์ จากใบงานที่ 6.8.2 เรื่อง การต่อตัวเก็บประจุ หน้าชั้นเรียน โดยครูสอบถามนักเรียนในชั้นเรียนว่ามีคำตอบแตกต่างจากสิ่งที่เพื่อนออกมาแสดงวิธีการคำนวณหรือไม่ ถ้าแตกต่างครูให้นักเรียนออกมาแสดงวิธีการคำนวณหาผลลัพท์ จากนั้นครูเฉลยคำตอบที่ถูกต้องให้นักเรียน
17. นักเรียนทำ Topic Question เรื่อง ตัวเก็บประจุและความจุ จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ 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 รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ 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 รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 ไฟฟ้าสถิต
7. นักเรียนและครูร่วมกันสรุปเกี่ยวกับตัวเก็บประจุและความจุ ซึ่งได้ข้อสรุปร่วมกันว่า “ตัวเก็บประจุ เป็นอุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งประกอบด้วยแผ่นโลหะขนาน 2 แผ่น มีฉนวนคั่นกลาง เรียกว่า ไดอิเล็กตริก ซึ่งตัวเก็บประจุ ทำหน้าที่เก็บพลังงานไฟฟ้า และปล่อยออกมาเมื่อต้องการใช้ประจุไฟฟ้า

ในตัวเก็บประจุ ความจุ คือ ความสามารถในการเก็บประจุของตัวนำทรงกลม และการต่อตัวเก็บประจุ มี 2 แบบ คือ การต่อแบบอนุกรม และการต่อแบบขนาน เพื่อให้ได้ความจุไฟฟ้ารวมเท่ากับค่าความจุไฟฟ้าที่ต้องการ”

7. การวัดและประเมินผล

รายการวัด	วิธีวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
7.1 การประเมินระหว่าง การจัดกิจกรรม			
1) ตัวเก็บประจุและ ความจุ	- 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) 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	- สังเกตความมีวินัย	- แบบประเมิน คุณลักษณะ	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์

รายการวัด	วิธีวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
อันพึงประสงค์	รับผิดชอบ ใฝ่เรียนรู้ ซื่อสัตย์ สุจริต และ มุ่งมั่น 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 6.8.1 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

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. ทรงกลมรัศมี 5.4 เซนติเมตร สร้างเป็นตัวเก็บประจุ ถ้าทรงกลมนี้นี้มีศักย์ไฟฟ้า 100 โวลต์ อยากทราบว่าตัวเก็บประจุทรงกลมที่สร้างขึ้นจะมีความจุไฟฟ้าเท่าใด และมีประจุอยู่บนทรงกลมกี่คูลอมบ์

ใบงานที่ 6.8.1

เรื่อง ตัวเก็บประจุและความจุ

เฉลย

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} คูลอมบ์

2. ทรงกลมรัศมี 5.4 เซนติเมตร สร้างเป็นตัวเก็บประจุ ถ้าทรงกลมนี้อัดกักไฟฟ้า 100 โวลต์ อยากทราบว่าตัวเก็บประจุทรงกลมที่สร้างขึ้นจะมีความจุไฟฟ้าเท่าใด และมีประจุอยู่บนทรงกลมกี่คูลอมบ์

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

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

$$Q = C \Delta V$$

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

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

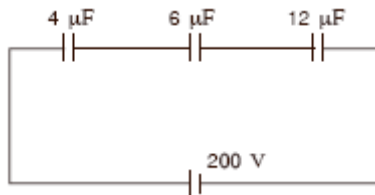
ดังนั้น ตัวเก็บประจุทรงกลมที่สร้างขึ้นจะมีความจุไฟฟ้า และประจุบนทรงกลม เท่ากับ 6×10^{-12} ฟารัด และ 6×10^{-10} คูลอมบ์ ตามลำดับ

ใบงานที่ 6.8.2

เรื่อง การต่อตัวเก็บประจุ

คำชี้แจง : แสดงวิธีคำนวณหาผลลัพธ์ของโจทย์ต่อไปนี้

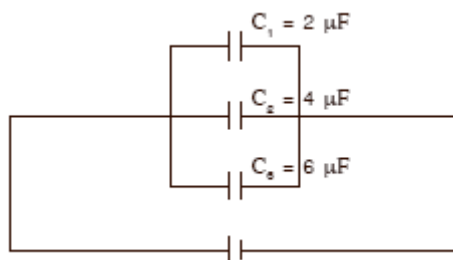
- ตัวเก็บประจุสองตัวต่ออนุกรมกันและต่อกับความต่างศักย์ไฟฟ้า 12 โวลต์ ทำให้ตัวเก็บประจุแต่ละตัวมีประจุตัวละ 24 ไมโครคูลอมบ์ แต่ถ้านำตัวเก็บประจุทั้งสองมาต่อแบบขนานและต่อกับความต่างศักย์ 12 โวลต์ อย่างเดิมจะทำให้เกิดประจุรวมของตัวเก็บประจุทั้งสองเท่ากับ 108 ไมโครคูลอมบ์ จงหาความจุไฟฟ้าของตัวเก็บประจุทั้งสอง



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

1. ตัวเก็บประจุสองตัวต่ออนุกรมกันและต่อกับความต่างศักย์ไฟฟ้า 12 โวลต์ ทำให้ตัวเก็บประจุแต่ละตัวมีประจุตัวละ 24 ไมโครคูลอมบ์ แต่ถ้านำตัวเก็บประจุทั้งสองมาต่อแบบขนานและต่อกับความต่างศักย์ 12 โวลต์ อย่างเดิมจะทำให้เกิดประจุรวมของตัวเก็บประจุทั้งสองเท่ากับ 108 ไมโครคูลอมบ์ จงหาความจุไฟฟ้าของตัวเก็บประจุทั้งสอง

วิธีทำ พิจารณาการต่อตัวเก็บประจุแบบอนุกรม ประจุไฟฟ้าในตัวเก็บประจุแต่ละตัวเท่ากัน และเท่ากับประจุ

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

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 ($Q_{\text{รวม}} = Q_1 + Q_2 = 108 \mu\text{C}$) 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

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

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

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

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

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

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

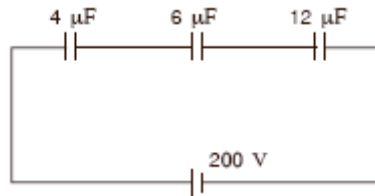
แทนค่า C_1 ในสมการ (2) จะได้ว่า

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

$$\begin{aligned} \frac{1}{C_{\text{รวม}}} &= \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} \\ \frac{1}{C_{\text{รวม}}} &= \frac{1}{4} + \frac{1}{6} + \frac{1}{12} \\ \frac{1}{C_{\text{รวม}}} &= \frac{3+2+1}{12} \\ \frac{1}{C_{\text{รวม}}} &= \frac{6}{12} \\ C_{\text{รวม}} &= \frac{12}{6} = 2 \mu\text{F} \end{aligned}$$

ดังนั้น ความจุไฟฟ้ารวมเท่ากับ 2 ไมโครฟารัด

- ข) จงหาประจุไฟฟ้าที่ผ่านตัวเก็บประจุแต่ละตัว

วิธีทำ เนื่องจากการต่อตัวเก็บประจุแบบอนุกรม ประจุไฟฟ้าในตัวเก็บประจุแต่ละตัวเท่ากันและเท่ากับ ประจุไฟฟ้ารวมของทั้งวงจร

จากสมการ

$$\begin{aligned} Q_{\text{รวม}} &= C_{\text{รวม}} V_{\text{รวม}} \\ Q_{\text{รวม}} &= (2)(200) \\ Q_{\text{รวม}} &= 400 \mu\text{C} \end{aligned}$$

และ

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

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

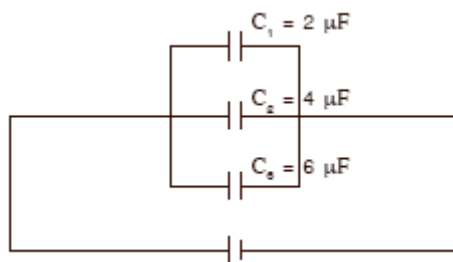
$$V = \frac{400 \times 10^{-6}}{6 \times 10^{-6}} = 66.67 \text{ V}$$

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 เนื่องจากการเป็นารต่อตัวเก็บประจุแบบขนาน ความต่างศักย์ไฟฟ้าของตัวเก็บประจุแต่ละตัวจะเท่ากัน และเท่ากับ ความต่างศักย์ไฟฟ้ารวม

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

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 เครื่องถายลายนิ้วมือ และเครื่องถ่ายเอกสาร • ความรู้เรื่องไฟฟ้าสถิตยังสามารถนำไปอธิบายปรากฏการณ์ในชีวิตประจำวันได้ เช่น พายุฟ้าผ่า 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 “ความรู้ทางไฟฟ้าสถิต

นำไปใช้ประโยชน์ในด้านใดบ้าง” จากนั้นครูกล่าวเชื่อมโยงเข้าสู่กิจกรรมการเรียนรู้การสอน

(แนวตอบ : ขึ้นอยู่กับดุลยพินิจของครู ตัวอย่างความรู้ทางไฟฟ้าสถิตสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในงาน
ด้านต่าง ๆ ได้หลายด้าน เช่น เครื่องถ่ายภาพเอกซเรย์ เครื่องพ่นสี เป็นต้น)

ขั้นสอน

ขั้นที่ 2 สำรวจค้นหา (Explore)

1. นักเรียนแบ่งกลุ่มออกเป็น 4 กลุ่ม กลุ่มละเท่า ๆ กัน ตามความสมัครใจ จากนั้นให้นักเรียนแต่ละกลุ่ม
ส่งตัวแทนออกมาจับสลากเรื่องที่ศึกษา โดยครูเตรียมสลากหมายเลข ไว้หน้าชั้นเรียน ซึ่งหมายเลข
สลากจะระบุเรื่องที่ให้นักเรียนศึกษา 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 จากนั้นให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปราย
ระดมความคิดเห็นกันภายในกลุ่ม 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 การนำความรู้เกี่ยวกับไฟฟ้าสถิตไปใช้

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

ขั้นสรุป

ขั้นที่ 5 ตรวจสอบผล (Evaluate)

- ครูตรวจสอบผลการทำแบบทดสอบหลังเรียนหน่วยการเรียนรู้ที่ 6 ไฟฟ้าสถิต เพื่อตรวจสอบความเข้าใจหลังเรียนของนักเรียน
- ครูประเมินผล โดยการสังเกตพฤติกรรม การตอบคำถาม พฤติกรรมการทำงานรายบุคคล พฤติกรรมการทำงานกลุ่ม และจากการนำเสนอผลการปฏิบัติกิจกรรมหน้าชั้นเรียน
- ครูตรวจสอบผลการตรวจสอบความเข้าใจของตนเองจากกรอบ Self Check เรื่อง ไฟฟ้าสถิต จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 ไฟฟ้าสถิต ในสมุดประจำตัวนักเรียน
- ครูตรวจ Topic Question เรื่อง การนำความรู้เกี่ยวกับไฟฟ้าสถิตไปใช้ประโยชน์ ในสมุดประจำตัวนักเรียน
- ครูตรวจสอบแบบฝึกหัด เรื่อง การนำความรู้เกี่ยวกับไฟฟ้าสถิตไปใช้ประโยชน์ จากแบบฝึกหัด รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 ไฟฟ้าสถิต
- ครูวัดและประเมินผลจากชิ้นงานประโยชน์จากไฟฟ้าสถิต
- นักเรียนและครูร่วมกันสรุปเกี่ยวกับการนำความรู้เกี่ยวกับไฟฟ้าสถิตไปใช้ประโยชน์ ซึ่งได้ข้อสรุปร่วมกันว่า “ไฟฟ้าสถิตสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในงานด้านต่าง ๆ ได้หลายด้าน เช่น เครื่องถ่าย

เอกสาร เครื่องฟ่นส์ 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

1

2



3

4

9. ความเห็นของผู้บริหารสถานศึกษาหรือผู้ที่ได้รับมอบหมาย

ข้อเสนอแนะ

.....

ลงชื่อ
(.....)
ตำแหน่ง

10. บันทึกผลหลังการสอน

- ด้านความรู้

.....
.....

- ด้านสมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

.....
.....

- ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์

.....
.....

- ด้านความสามารถทางวิทยาศาสตร์

.....
.....

- ด้านอื่น ๆ (พฤติกรรมเด่น หรือพฤติกรรมที่มีปัญหาของนักเรียนเป็นรายบุคคล (ถ้ามี))

.....
.....

- ปัญหา/อุปสรรค

.....

- แนวทางการแก้ไข