

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

เรื่อง เส้นสนามแม่เหล็ก

รายวิชา ฟิสิกส์ 5

รหัสวิชา ว30204

เวลา 2 ชั่วโมง

หน่วยการเรียนรู้ที่ 15

ชื่อหน่วยการเรียนรู้ แม่เหล็กและไฟฟ้า

รวม 28 ชั่วโมง

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 1

หัวหน้ากลุ่มสาระ นางธนพร สนามพล

ครูผู้สอน นางพิกุล นามปัดสา

บูรณาการ

- ☐ ปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง ☐ อาเซียน ☐ STEM ☒ PLC
- ☐ สวนพฤษภาคมโรงเรียน ☐ มาตรฐานสากล ☐ ข้ามกลุ่มสาระ

1. สาระฟิสิกส์

3. เข้าใจแรงไฟฟ้าและกฎของคูลอมบ์ สนามไฟฟ้า ศักย์ไฟฟ้า ความจุไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และกฎของโอห์ม วงจรไฟฟ้ากระแสตรง พลังงาน ไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้า การเปลี่ยนพลังงานทดแทนเป็นพลังงานไฟฟ้า สนามแม่เหล็ก แรงแม่เหล็กที่กระทำกับประจุไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้า การเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้าและกฎของฟาราเดย์ ไฟฟ้ากระแสสลับ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและการสื่อสาร รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

2. ผลการเรียนรู้

1. สังเกตและอธิบายเส้นสนามแม่เหล็ก อธิบายและคำนวณฟลักซ์แม่เหล็กในบริเวณที่กำหนด รวมทั้งสังเกตและอธิบายสนามแม่เหล็กที่เกิดจากกระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำเส้นตรงและโซเลนอยด์

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

3.1 ด้านความรู้ (K)

1) นักเรียนอธิบายสนามแม่เหล็กและเส้นสนามแม่เหล็กได้

3.2 ด้านกระบวนการ (P)

1) นักเรียนสังเกตสนามแม่เหล็กและเส้นสนามแม่เหล็กได้

3.3 ด้านคุณลักษณะ (A)

1) ใฝ่เรียนรู้และมุ่งมั่นในการทำงาน

4. สาระสำคัญ

เมื่อแขวนแท่งแม่เหล็กให้หมุนได้อย่างอิสระในแนวราบ แท่งแม่เหล็กก็จะวางตัวในแนวเหนือ-ใต้เสมอ โดยปลายที่ชี้ไปทางทิศเหนือเรียกว่าขั้วเหนือ และปลายที่ชี้ไปทางทิศใต้เรียกว่าขั้วใต้ แท่งแม่เหล็กจะมีขั้วเหนือและขั้วใต้เสมอ เมื่อนำขั้วแม่เหล็กเข้าใกล้กัน ขั้วเหมือนกันจะผลักกัน ขั้วต่างกันจะดึงดูดกัน

สารที่ถูกแม่เหล็กดึงดูดได้ เช่น เหล็ก นิกเกิล เรียกว่าสารแม่เหล็ก บริเวณที่มีแรงจากแท่งแม่เหล็ก กระทำกับสารแม่เหล็กหรือเข็มทิศ เรียกว่าเป็นบริเวณที่มีสนามแม่เหล็ก และเรียกเส้นที่แสดงการเรียงตัว ของผงเหล็กหรือแนวการวางตัวของเข็มทิศในสนามแม่เหล็กว่า เส้นสนามแม่เหล็ก ซึ่งจะมีทิศทางออกจาก ขั้วเหนือเข้าสู่ขั้วใต้ของแท่งแม่เหล็กโดยไม่ตัดกัน บริเวณที่มีเส้นสนามแม่เหล็กหนาแน่น แสดงว่าเป็นบริเวณที่สนามแม่เหล็กมีค่ามาก

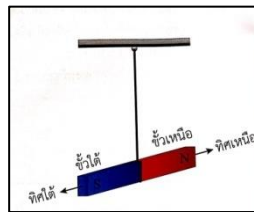
5. สารการเรียนรู้

5.1 ความรู้

สนามแม่เหล็ก

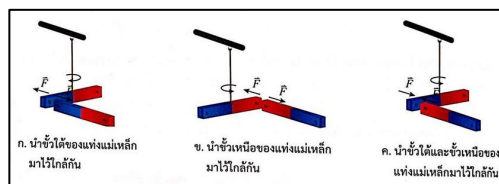
ชาวกรีกโบราณค้นพบแร่ชนิดหนึ่งที่สามารถดึงดูดได้ เรียกแร่นั้นว่า **แมกนีไทต์ (magnetite)** ปัจจุบันเรียกวัสดุที่ดึงดูดเหล็กได้ว่า **แม่เหล็ก (magnet)** ด้วยสมบัติการวางตัวของแม่เหล็ก จึงมีการประยุกต์นำไปสร้างเป็นเข็มทิศเพื่อใช้ในการบอกทิศทาง

เมื่อแขวนแท่งแม่เหล็กให้หมุนได้อย่างอิสระในแนวราบ ดังรูป 15.1 แท่งแม่เหล็กจะวางตัวในแนวทิศเหนือ-ทิศใต้เสมอ โดยปลายแท่งแม่เหล็กที่ชี้ไปทางทิศเหนือ เรียกว่า **ขั้วเหนือ (north pole)** ใช้อักษรตัวย่อ N ส่วนปลายอีกด้านที่ชี้ไปทางทิศใต้ เรียกว่า **ขั้วใต้ (south pole)** ใช้อักษรตัวย่อ S



รูป 15.1 แท่งแม่เหล็กจะวางตัวในแนวทิศเหนือ-ทิศใต้เสมอ

แท่งแม่เหล็กจะมีขั้วเหนือและขั้วใต้เสมอ โดยจะไม่มีแม่เหล็กที่มีเฉพาะขั้วเหนือหรือขั้วใต้เพียงอย่างเดียว เมื่อนำขั้วแม่เหล็กของแท่งแม่เหล็กสองแท่งมาไว้ใกล้กัน ขั้วชนิดเดียวกันจะผลักกัน ขั้วต่างชนิดกันจะดึงดูดกัน ดังรูป 15.2

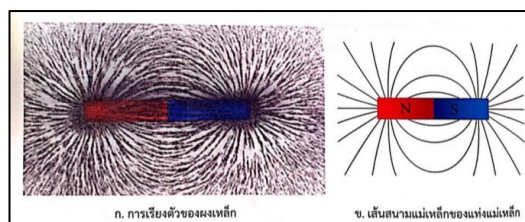


รูป 15.2 แรงระหว่างขั้วแม่เหล็ก

เส้นสนามแม่เหล็ก

เมื่อนำแม่เหล็กเข้าใกล้โลหะบางชนิด เช่น เหล็ก นิกเกิล แม่เหล็กจะดึงดูดโลหะข้างต้น เรียก สารที่ถูกดึงดูดดังกล่าวว่า **สารแม่เหล็ก (magnetic substance)** และหากใช้สารแม่เหล็กที่มีลักษณะเป็นผงสารแม่เหล็ก เช่น ผงเหล็ก จะพบว่าผงเหล็กวางตัวหนาแน่นบริเวณที่เป็น **ขั้วแม่เหล็ก (magnetic pole)**

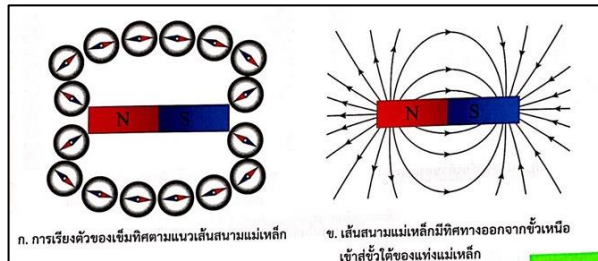
วางกระดาษขาวบนแท่งแม่เหล็ก แล้วยัดกระดาษขาวให้แน่น จากนั้นโรยผงเหล็กกระจายรอบแท่งแม่เหล็กพร้อมทั้งเคาะกระดาษเบา ๆ จนผงเหล็กขยับเรียงตัวเป็นแนว ดังรูป 15.3 ก. แสดงว่าบริเวณรอบแท่งแม่เหล็กมีแรงจากแม่เหล็กกระทำกับผงเหล็ก เรียกบริเวณนี้ว่าบริเวณที่มี **สนามแม่เหล็ก (magnetic field)**



รูป 15.3 การเรียงตัวของผงแม่เหล็กรอบแท่งแม่เหล็ก

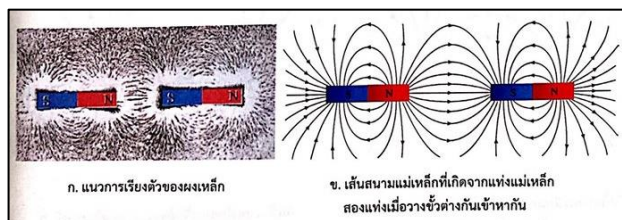
เมื่อพิจารณาแนวการเรียงตัวของผงเหล็กสามารถเขียนเส้นแสดงการเรียงตัวของผงเหล็กได้ ดังรูป 15.3 ข. เส้นเหล่านี้เป็นผลมาจากสนามแม่เหล็ก เรียกว่า **เส้นสนามแม่เหล็ก (magnetic field lines)**

หากนำเข็มทิศวางใกล้แท่งแม่เหล็กตามแนวเส้นสนามแม่เหล็ก จะมีแรงกระทำต่อเข็มทิศให้เบนไปวางตัวอยู่ในแนวเส้นสนามแม่เหล็ก ดังรูป 15.4 ก. แสดงให้เห็นว่าเส้นสนามแม่เหล็กมีทิศออกจากขั้วเหนือเข้าสู่ขั้วใต้ของแท่งแม่เหล็ก ดังนั้นเส้นสนามแม่เหล็กแสดงทิศทางได้ ดังรูป 15.4 ข.



รูป 15.4 การหาทิศทางของเส้นสนามแม่เหล็ก

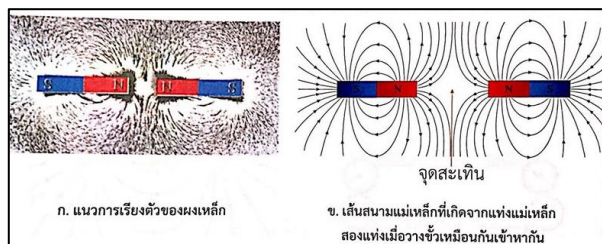
หากนำแท่งแม่เหล็กสองอันมาวางโดยหันขั้วต่างกันเข้าหากัน แล้วโรยผงเหล็กรอบแท่งแม่เหล็กทั้งสอง ผงเหล็กจะเรียงตัว ดังรูป 15.5 ก. และเขียนเส้นสนามแม่เหล็กได้ ดังรูป 15.5 ข.



รูป 15.5 วางแท่งแม่เหล็กสองอันใกล้กัน โดยหันขั้วต่างกันเข้าหากัน

จากรูป 15.5 ข. บริเวณระหว่างแท่งแม่เหล็กทั้งสองที่หันขั้วต่างกันเข้าหากัน จะมีเส้นสนามแม่เหล็กอยู่หนาแน่นมากขึ้น แสดงว่าสนามแม่เหล็กบริเวณนี้มีค่ามากขึ้น

กรณีนำแท่งแม่เหล็กสองอันมาวางโดยหันขั้วเหมือนกันเข้าหากัน เช่น ขั้วเหนือกับขั้วเหนือ แล้วโรยผงแม่เหล็กรอบแท่งแม่เหล็กทั้งสอง ผงเหล็กจะเรียงตัว ดังรูป 15.6 ก. และเขียนเส้นสนามแม่เหล็กได้ ดังรูป 15.6 ข.



รูป 15.6 วางแท่งแม่เหล็กสองอันใกล้กัน โดยหันขั้วเหมือนกันเข้าหากัน

จากรูป 15.6 ข. เมื่อนำแท่งแม่เหล็กที่มีขั้วเหมือนกันมาวางใกล้กัน จะสังเกตเห็นว่าบริเวณที่อยู่ระหว่างขั้วแม่เหล็กนั้น มีเส้นสนามแม่เหล็กหนาแน่นน้อย แสดงว่าบริเวณนั้นสนามแม่เหล็กค่าน้อยและตำแหน่งที่สนามแม่เหล็กมีค่าเป็นศูนย์ เรียกตำแหน่งนี้ว่า **จุดสะเทิน (neutral point)**

5.2 กระบวนการ

- 1) ความสามารถในการสื่อสาร (อ่าน ฟัง พูด เขียน)
- 2) ความสามารถในการคิด (สังเกต วิเคราะห์ จัดกลุ่ม สรุป)
- 3) ความสามารถในการแก้ปัญหา (แสวงหาความรู้)
- 4) ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต (ความรับผิดชอบ)
- 5) ความสามารถในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ (การใช้สืบค้นผ่านคอมพิวเตอร์)

5.3 คุณลักษณะและค่านิยม

ใฝ่เรียนรู้และมุ่งมั่นในการทำงาน

6. บูรณาการ

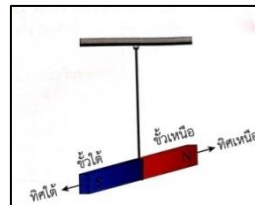
6.1 บูรณาการ PLC นักเรียนแต่ละกลุ่มแลกเปลี่ยนเรียนรู้เล่าสู่กันฟังถึงความรู้ที่ได้จากการทำกิจกรรม และปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการทำกิจกรรม

7. กิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ

1.1 ครูนำเข้าสู่บทเรียน ดังนี้

- 1) ครูจัดอุปกรณ์สำหรับการสาธิต (อุปกรณ์ 1. เส้นด้าย 2. แท่งแม่เหล็ก) โดยให้แท่งแม่เหล็กวางตัวในแนวราบโดยสามารถเคลื่อนตัวได้อย่างอิสระ (ดังรูป) จากนั้นให้นักเรียนผลักให้แท่งแม่เหล็กเบนไปจากแนวเดิมที่ตำแหน่งต่าง ๆ แล้วปล่อย
- 2) ให้นักเรียนสังเกตการวางตัวของแท่งแม่เหล็กเมื่อหยุดนิ่งเทียบกับแนวการวางตัวของเข็มทิศ พร้อมตอบคำถาม ดังนี้



คำถาม เมื่อนักเรียนผลักให้แท่งแม่เหล็กเบนไปจากแนวเดิมที่ตำแหน่งต่าง ๆ แล้วปล่อย เมื่อแท่งแม่เหล็กหยุดนิ่งแนวการวางตัวของเข็มทิศเป็นอย่างไร

แนวคำตอบ แท่งแม่เหล็กวางตัวในแนวราบและหมุนได้อย่างอิสระ

คำถาม เมื่อแท่งแม่เหล็กหยุดนิ่งจะวางตัวในแนวทิศเหนือได้เสมอหรือไม่

แนวคำตอบ เมื่อแท่งแม่เหล็กหยุดนิ่งจะวางตัวในแนวทิศเหนือได้เสมอ

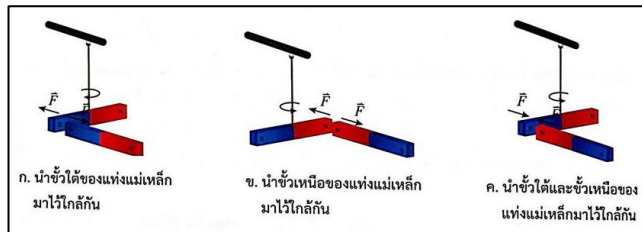
คำถาม เมื่อแท่งแม่เหล็กหยุดนิ่งจะวางตัวในแนวทิศเหนือได้ ปลายแท่งแม่เหล็กที่ชี้ไปทางทิศเหนือ เรียกว่าอะไร และใช้อักษรตัวย่ออะไร

แนวคำตอบ เรียกว่า ขั้วเหนือ (north pole) ใช้อักษรตัวย่อ N

คำถาม เมื่อแท่งแม่เหล็กหยุดนิ่งจะวางตัวในแนวทิศเหนือได้ ปลายแท่งแม่เหล็กที่ชี้ไปทางทิศใต้ เรียกว่าอะไร และใช้อักษรตัวย่ออะไร

แนวคำตอบ เรียกว่า ขั้วใต้ (south pole) ใช้อักษรตัวย่อ S

1.2 ครูนำรูปภาพให้นักเรียนศึกษา แล้วตั้งคำถามให้นักเรียนตอบ ดังนี้



ครูนำอธิบายว่า แท่งแม่เหล็กจะมีขั้วเหนือและขั้วใต้เสมอ โดยจะไม่มีแม่เหล็กที่มีเฉพาะขั้วเหนือหรือขั้วใต้เพียงอย่างเดียว

จากภาพนักเรียนสังเกตเห็นหรือไม่ว่า เมื่อนำขั้วแม่เหล็กของแท่งแม่เหล็กสองแท่งมาไว้ใกล้กัน ขั้วชนิดเดียวกันจะเกิดอะไรขึ้น

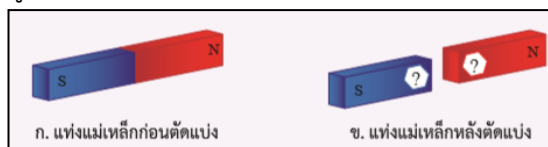
คำถาม แนวการตอบ ขั้วชนิดเดียวกันจะผลักกัน

คำถาม จากภาพนักเรียนสังเกตเห็นหรือไม่ว่า เมื่อนำขั้วแม่เหล็กของแท่งแม่เหล็กสองแท่งมาไว้ใกล้กัน ขั้วต่างชนิดกันจะเกิดอะไรขึ้น

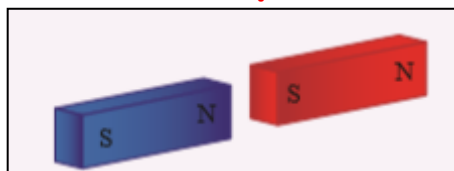
แนวการตอบ ขั้วต่างชนิดกันจะดึงดูดกัน

1.3 ให้นักเรียนลองทำชวนคิด ในหนังสือเรียน หน้า 6 หากนำแท่งแม่เหล็กแท่งหนึ่ง ดังรูป

ก. มาตัดแบ่งเป็นสองแท่ง ดังรูป ข. ตรงปลายที่ตัดแบ่งจะมีขั้ว แม่เหล็กหรือไม่อย่างไร



แนวคำตอบ ปลายที่ตัดแบ่งจะมีขั้วแม่เหล็ก โดยแท่งแม่เหล็กส่วนที่เป็นขั้วใต้ปลายที่ถูกตัดแบ่งจะเป็นขั้วเหนือและแท่งแม่เหล็กส่วนที่เป็นขั้วเหนือ ปลายที่ถูกตัดแบ่งจะเป็นขั้วใต้ดังรูป



1.4 ครูตั้งคำถามเพื่อนำเข้าสู่การทำกิจกรรม เรื่อง เส้นสนามแม่เหล็ก

- 1) หากพิจารณาบริเวณอื่นๆ รอบแท่งแม่เหล็ก ผงเหล็กจะวางตัวอย่างไร
- 2) เส้นสนามแม่เหล็กมีทิศทางอย่างไร

ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา

- 2.1 นักเรียนแบ่งกลุ่มๆ ละ 5-6 คน โดยคละเพศ คละความสามารถ
- 2.2 นักเรียนแต่ละกลุ่มศึกษาใบกิจกรรม เรื่อง เส้นสนามแม่เหล็ก
- 2.3 ครูแจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้ อุปกรณ์ และขั้นตอนการทำกิจกรรมอย่างละเอียด
- 2.4 นักเรียนรับอุปกรณ์ พร้อมติดตั้งอุปกรณ์
- 2.5 นักเรียนแต่ละกลุ่มทำกิจกรรม สังเกตและบันทึกผลการทดลอง ลงในใบกิจกรรมที่ครูแจกให้

ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป

3.1 นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลการสืบค้นและผลการทดลองสนามแม่เหล็ก

3.2 ครุณำนักเรียนอภิปรายเพื่อนำไปสู่การสรุปโดยใช้คำถามต่อไปนี้

- 1) นักเรียนแต่ละกลุ่มได้ผลการสืบค้นและผลการทดลองเหมือนกันหรือต่างกันอย่างไร เพราะเหตุใด
- 2) เมื่อวางแท่งแม่เหล็ก 2 แท่ง ขั้วชนิดเดียวกันเข้าหากัน ลักษณะผงเหล็กเป็นอย่างไร (แนวการตอบ ผงเหล็กเรียงตัวเป็นแนว บริเวณที่อยู่ระหว่างขั้วแม่เหล็กนั้น มีเส้นสนามแม่เหล็กหนาแน่นน้อย และเคลื่อนที่ออกจากกัน)
- 3) เมื่อวางแท่งแม่เหล็ก 2 แท่ง ขั้วต่างชนิดกันเข้าหากัน ลักษณะผงเหล็กเป็นอย่างไร (แนวการตอบ ผงเหล็กเรียงตัวเป็นแนว บริเวณระหว่างแท่งแม่เหล็กทั้งสองที่หันขั้วต่างกันเข้าหากัน จะมีเส้นสนามแม่เหล็กอยู่หนาแน่นมากขึ้น และเคลื่อนที่เข้าหากัน)

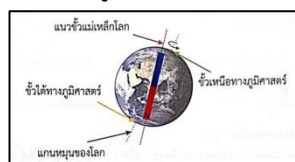
3.3 นักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายและสรุปการทำกิจกรรม เรื่อง เส้นสนามแม่เหล็ก ดังนี้

- เมื่อโรยผงเหล็กกระจายรอบแท่งแม่เหล็กพร้อมทั้งเคาะกระดาษเบา ๆ จนผงเหล็กขยับเรียงตัวเป็นแนวบริเวณรอบแท่งแม่เหล็ก
- เมื่อนำแท่งแม่เหล็กสองอันมาวางโดยหันขั้วต่างกันเข้าหากัน แล้วโรยผงเหล็กรอบแท่งแม่เหล็กทั้งสอง ผงเหล็กจะเรียงตัว บริเวณระหว่างแท่งแม่เหล็กทั้งสองที่หันขั้วต่างกันเข้าหากัน จะมีเส้นสนามแม่เหล็กอยู่หนาแน่นมากขึ้น แสดงว่าสนามแม่เหล็กบริเวณนี้มีค่ามากขึ้น
- เมื่อนำแท่งแม่เหล็กสองอันมาวางโดยหันขั้วเหมือนกันเข้าหากัน แล้วโรยผงเหล็กรอบแท่งแม่เหล็กทั้งสอง ผงเหล็กจะเรียงตัวเช่นกัน และบริเวณที่อยู่ระหว่างขั้วแม่เหล็กนั้น มีเส้นสนามแม่เหล็กหนาแน่นน้อย แสดงว่าบริเวณนั้นสนามแม่เหล็กมีค่าน้อย

ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้

4.1 ครูให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับ ขั้วแม่เหล็กโลก

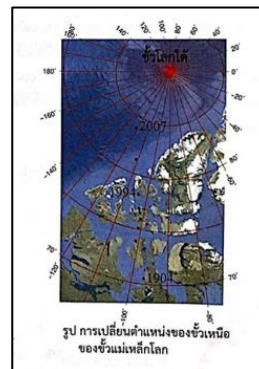
โลกในสนามแม่เหล็ก ขั้วแม่เหล็กโลก (geomagnetic pole) จะอยู่ใกล้กับ ขั้วเหนือทางภูมิศาสตร์ (geographical north pole) และขั้วใต้ทางภูมิศาสตร์ (geographical south pole) ซึ่งเปรียบเทียบแท่งแม่เหล็กวางตัวในแนวเหนือ-ใต้ ดังรูป



รูปขั้วแม่เหล็กโลก

เมื่อวางเข็มทิศในบริเวณที่ไม่มีแม่เหล็กอื่นรบกวน เข็มชี้ทิศเหนือของเข็มทิศ จะชี้ไปยังขั้วใต้ของแม่เหล็กโลกซึ่งเป็นด้านขั้วโลกเหนือทางภูมิศาสตร์ และเข็มชี้ทิศใต้ของเข็มทิศจะชี้ไปยังขั้วเหนือของแม่เหล็กโลก ซึ่งเป็นด้านขั้วโลกใต้ทางภูมิศาสตร์ จะเห็นว่าเข็มชี้ของเข็มทิศจะชี้ไปยังขั้วแม่เหล็กโลกซึ่งจะตรงข้ามกับขั้วทางภูมิศาสตร์

ขั้วแม่เหล็กโลกนั้นไม่ได้ยู่หนึ่งที่ตำแหน่งเดิมตลอด
แต่มีการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งไปในแต่ละปี ดังรูป



ชั้นที่ 5 ชั้นประเมินผล

5.1 นักเรียนส่งใบกิจกรรม เรื่อง เส้นสนามแม่เหล็ก

ประยุกต์และตอบแทนสังคม

ครูให้นักเรียนแต่ละคนนำความรู้ที่เรียนไปค้นคว้าเพิ่มเติมที่ห้องสมุด หรือเว็บไซต์ แล้วนำเสนอในชั้นเรียน

8. สื่อการเรียนรู้/แหล่งเรียนรู้

8.1 หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฟิสิกส์) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เล่ม 5
(ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560)

8.2 ใบกิจกรรม เรื่อง เส้นสนามแม่เหล็ก

8.3 ใบความรู้ เรื่อง เส้นสนามแม่เหล็ก (magnetic field lines)

8.4 อินเทอร์เน็ต

8.5 ห้องสมุด

9. การวัดและประเมินผล

จุดประสงค์การเรียนรู้	วิธีการวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
ด้านความรู้ (K)			
1) นักเรียนอธิบายสนามแม่เหล็กและเส้นสนามแม่เหล็กได้	1) ตรวจใบกิจกรรม เรื่อง เส้นสนามแม่เหล็ก	1) แบบประเมินการทำกิจกรรม 2) ใบกิจกรรม เรื่อง เส้นสนามแม่เหล็ก	1) นักเรียนสามารถสรุปผลการทำกิจกรรมได้ระดับดีผ่านเกณฑ์
ด้านกระบวนการ (P)			
1) นักเรียนสังเกตสนามแม่เหล็กและเส้นสนามแม่เหล็กได้	1) ตรวจใบกิจกรรม เรื่อง เส้นสนามแม่เหล็ก	1) แบบประเมินการทำกิจกรรม 2) ใบกิจกรรม เรื่อง เส้นสนามแม่เหล็ก	1) นักเรียนสามารถบันทึกผลการทำกิจกรรมได้ระดับดีผ่านเกณฑ์
ด้านคุณลักษณะ (A)			
1) ใฝ่เรียนรู้และมุ่งมั่นในการทำงาน	1) ตรวจใบกิจกรรม เรื่อง เส้นสนามแม่เหล็ก	1) แบบประเมินการทำกิจกรรม 2) ใบกิจกรรม เรื่อง เส้นสนามแม่เหล็ก	1) นักเรียนทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายได้ระดับดี ผ่านเกณฑ์

10. เกณฑ์การประเมินผลงานนักเรียน

เกณฑ์การประเมินแบบ Rubrics ของการทำกิจกรรม เรื่อง เส้นสนามแม่เหล็ก

ประเด็นการประเมิน	ค่าน้ำหนักคะแนน	แนวทางการให้คะแนน
ด้านความรู้ (K)	3	สรุปผลการทำกิจกรรมได้ถูกต้องครบถ้วน
	2	สรุปผลการทำกิจกรรมค่อนข้างถูกต้องครบถ้วน
	1	สรุปผลการทำกิจกรรมได้ แต่ไม่ถูกต้องครบถ้วน
ด้านกระบวนการ (P)	3	บันทึกผลกิจกรรมได้ถูกต้องครบถ้วน
	2	บันทึกผลกิจกรรมค่อนข้างถูกต้องครบถ้วน
	1	บันทึกผลกิจกรรมได้ แต่ไม่ถูกต้องครบถ้วน
ด้านคุณลักษณะ (A)	3	ทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายเสร็จภายในเวลาที่กำหนด และเรียบร้อยถูกต้องครบถ้วน
	2	ทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายเสร็จภายในเวลาที่กำหนด แต่งานยังผิดพลาดบางส่วน
	1	ทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายเสร็จ แต่ล่าช้า และเกิดข้อผิดพลาดบางส่วน

ระดับคะแนน

คะแนน	3	หมายถึง	ระดับดีมาก
คะแนน	2	หมายถึง	ระดับดี
คะแนน	1	หมายถึง	ระดับพอใช้

การประเมินการทำกิจกรรม เรื่อง เส้นสนามแม่เหล็ก

ที่	ชื่อ - นามสกุล	จุดประสงค์การเรียนรู้			รวม คะแนน	ระดับ คุณภาพ
		ด้านความรู้ (K)	ด้าน กระบวนการ (P)	ด้าน คุณลักษณะ (A)		
		3	3	3	9	
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28						
29						

ที่	ชื่อ - นามสกุล	จุดประสงค์การเรียนรู้			รวม คะแนน	ระดับ คุณภาพ
		ด้านความรู้ (K)	ด้าน กระบวนการ (P)	ด้าน คุณลักษณะ (A)		
		3	3	3		
30						
31						
32						
33						
34						
35						
36						
37						
38						
39						
40						

ระดับคุณภาพ

คะแนน	9	หมายถึง	ระดับดีมาก
คะแนน	7-8	หมายถึง	ระดับดี
คะแนน	5-6	หมายถึง	ระดับปานกลาง
คะแนน	3-4	หมายถึง	ระดับปรับปรุง

บันทึกหลังการสอน

หน่วยการเรียนรู้ที่ 15 เรื่อง แม่เหล็กและไฟฟ้า

แผนการสอนที่ 1 เรื่อง เส้นสนามแม่เหล็ก

วันที่ เดือน พ.ศ.

ผลการจัดการเรียนรู้

ปัญหา / อุปสรรค

ข้อเสนอแนะ/แนวทางแก้ปัญหา

ลงชื่อ.....ครูผู้สอน

(นางพิกุล นามปัดสา)

ลงชื่อ.....หัวหน้ากลุ่มสาระ

(นางธนพร สนามพล)

ใบกิจกรรม เรื่อง เส้นสนามแม่เหล็ก

1. รายชื่อสมาชิกที่ ชั้น

ชื่อ.....เลขที่.....

ชื่อ.....เลขที่.....

ชื่อ.....เลขที่.....

ชื่อ.....เลขที่.....

ชื่อ.....เลขที่.....

ชื่อ.....เลขที่.....

2. จุดประสงค์ของกิจกรรม

- 1) เพื่อศึกษาลักษณะของสนามแม่เหล็กจากผงเหล็ก
- 2) เพื่อศึกษาทิศทางของสนามแม่เหล็กจากแท่งแม่เหล็ก

3. วัสดุ-อุปกรณ์

1) ผงเหล็ก	1	ขวด	3) แท่งแม่เหล็กที่ระบุขั้ว	2	แท่ง
2) กระดาษขาว	1	แผ่น	4) เข็มทิศ	1	อัน

4. วิธีทำกิจกรรม

1) วางแท่งแม่เหล็ก 1 แท่ง บนโต๊ะทดลอง จากนั้นนำกระดาษขาววางบนแท่งแม่เหล็ก ค่อย ๆ โรยผงเหล็กลงบนกระดาษ แล้วสังเกตลักษณะของผงเหล็ก จากนั้นเข็มทิศวางใกล้แท่งแม่เหล็ก สังเกตทิศทางการชี้ของเข็มทิศ และบันทึกผลการทดลองลงในตาราง

2) วางแท่งแม่เหล็ก 2 แท่ง บนโต๊ะทดลอง โดยขั้วต่างชนิดกันเข้าหา

3) จากนั้นนำกระดาษขาววางบนแท่งแม่เหล็ก

4) ค่อย ๆ โรยผงเหล็กลงบนกระดาษ แล้วเคาะกระดาษเบาๆ

5) สังเกตลักษณะของผงเหล็ก และวาดรูปผลการทดลองลงในตาราง

6) ทำซ้ำ ข้อ 2) – 5) โดยเปลี่ยนการวางแท่งแม่เหล็กตามตารางบันทึกผลการทำกิจกรรม

5. ผลการทำกิจกรรม

ตารางบันทึกผลการทำกิจกรรม

	การวางแท่งแม่เหล็ก	ลักษณะผงเหล็ก	ภาพวาดเส้นสนามแม่เหล็ก	ทิศทางของเข็มทิศ
1	แท่งแม่เหล็ก 1 แท่ง			
2	วางแท่งแม่เหล็ก 2 แท่ง ขั้วต่างชนิดกันเข้าหากัน			
3	วางแท่งแม่เหล็ก 2 แท่ง ขั้วชนิดเดียวกันเข้าหากัน			

6. คำถามท้ายการทดลอง

1) เมื่อวางแท่งแม่เหล็ก 2 แท่ง ขั้วต่างชนิดกันเข้าหากัน ลักษณะผงเหล็กเป็นอย่างไร

ตอบ

2) เมื่อวางแท่งแม่เหล็ก 2 แท่ง ขั้วชนิดเดียวกันเข้าหากัน ลักษณะผงเหล็กเป็นอย่างไร

ตอบ

7. สรุปผลการทำกิจกรรม

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เฉลยใบกิจกรรม เรื่อง เส้นสนามแม่เหล็ก

1. รายชื่อสมาชิกที่ ชั้น

ชื่อ.....เลขที่.....

ชื่อ.....เลขที่.....

ชื่อ.....เลขที่.....

ชื่อ.....เลขที่.....

ชื่อ.....เลขที่.....

ชื่อ.....เลขที่.....

2. จุดประสงค์ของกิจกรรม

- 1) เพื่อศึกษาลักษณะของสนามแม่เหล็กจากผงเหล็ก
- 2) เพื่อศึกษาทิศทางของสนามแม่เหล็กจากแท่งแม่เหล็ก

3. วัสดุ-อุปกรณ์

- | | | | | | |
|--------------|---|------|----------------------------|---|------|
| 1) ผงเหล็ก | 1 | ขวด | 3) แท่งแม่เหล็กที่ระบู้ชี้ | 2 | แท่ง |
| 2) กระดาษขาว | 1 | แผ่น | 4) เข็มทิศ | 1 | อัน |

4. วิธีทำกิจกรรม

1) วางแท่งแม่เหล็ก 1 แท่ง บนโต๊ะทดลอง จากนั้นนำกระดาษขาววางบนแท่งแม่เหล็ก ค่อย ๆ โรยผงเหล็กลงบนกระดาษ แล้วสังเกตลักษณะของผงเหล็ก จากนั้นเข็มทิศวางใกล้แท่งแม่เหล็ก สังเกตทิศทางการชี้ของเข็มทิศ และบันทึกผลการทดลองลงในตาราง

2) วางแท่งแม่เหล็ก 2 แท่ง บนโต๊ะทดลอง โดยขั้วต่างชนิดกันเข้าหา

3) จากนั้นนำกระดาษขาววางบนแท่งแม่เหล็ก

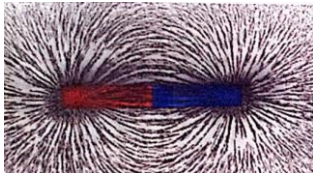
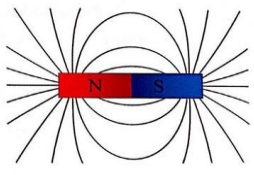
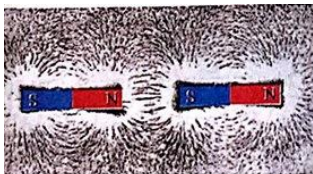
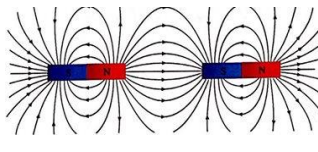
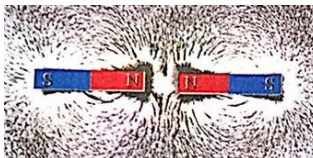
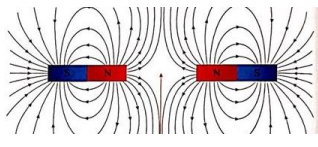
4) ค่อย ๆ โรยผงเหล็กลงบนกระดาษ แล้วเคาะกระดาษเบาๆ

5) สังเกตลักษณะของผงเหล็ก และวาดรูปผลการทดลองลงในตาราง

6) ทำซ้ำ ข้อ 2) – 5) โดยเปลี่ยนการวางแท่งแม่เหล็กตามตารางบันทึกผลการทำกิจกรรม

5. ผลการทำกิจกรรม

ตารางบันทึกผลการทำกิจกรรม

	การวางแท่งแม่เหล็ก	ลักษณะผงเหล็ก	ภาพวาดเส้นสนามแม่เหล็ก	ทิศทางของเข็มทิศ
1	แท่งแม่เหล็ก 1 แท่ง			
2	วางแท่งแม่เหล็ก 2 แท่ง ขั้วต่างชนิดกันเข้าหากัน			-
3	วางแท่งแม่เหล็ก 2 แท่ง ขั้วชนิดเดียวกันเข้าหากัน			-

6. คำถามท้ายการทดลอง

1) เมื่อวางแท่งแม่เหล็ก 2 แท่ง ขั้วต่างชนิดกันเข้าหากัน ลักษณะผงเหล็กเป็นอย่างไร

ตอบ ผงเหล็กเรียงตัวเป็นแนว บริเวณระหว่างแท่งแม่เหล็กทั้งสองที่หันขั้วต่างกันเข้าหากัน จะมีเส้นสนามแม่เหล็กอยู่หนาแน่นมากขึ้น และเคลื่อนที่เข้าหากัน

2) เมื่อวางแท่งแม่เหล็ก 2 แท่ง ขั้วชนิดเดียวกันเข้าหากัน ลักษณะผงเหล็กเป็นอย่างไร

ตอบ ผงเหล็กเรียงตัวเป็นแนว บริเวณที่อยู่ระหว่างขั้วแม่เหล็กนั้น มีเส้นสนามแม่เหล็กหนาแน่นน้อย และเคลื่อนที่ออกจากกัน

7. สรุปผลการทำกิจกรรม

จากการทดลอง พบว่า เมื่อโรยผงเหล็กกระจายรอบแท่งแม่เหล็กพร้อมทั้งเคาะกระดาษเบา ๆ จนผงเหล็กขยับเรียงตัวเป็นแนวบริเวณรอบแท่งแม่เหล็ก เมื่อนำแท่งแม่เหล็กสองอันมาวางโดยหันขั้วต่างกันเข้าหากัน แล้วโรยผงเหล็กรอบแท่งแม่เหล็กทั้งสอง ผงเหล็กจะเรียงตัว บริเวณระหว่างแท่งแม่เหล็กทั้งสองที่หันขั้วต่างกันเข้าหากัน จะมีเส้นสนามแม่เหล็กอยู่หนาแน่นมากขึ้น แสดงว่าสนามแม่เหล็กบริเวณนี้มีค่ามากขึ้น และเมื่อนำแท่งแม่เหล็กสองอันมาวางโดยหันขั้วเหมือนกันเข้าหากัน แล้วโรยผงเหล็กรอบแท่งแม่เหล็กทั้งสอง ผงเหล็กจะเรียงตัวเช่นกัน และบริเวณที่อยู่ระหว่างขั้วแม่เหล็กนั้น มีเส้นสนามแม่เหล็กหนาแน่นน้อย แสดงว่าบริเวณนั้นสนามแม่เหล็กมีค่าน้อย

ใบความรู้ เรื่อง เส้นสนามแม่เหล็ก (magnetic field lines)

➤ สนามแม่เหล็ก

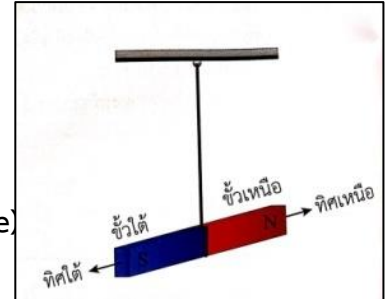
ชาวกรีกโบราณค้นพบแร่ชนิดหนึ่งที่สามารถดึงดูดได้ เรียกแร่นั้นว่า **แมกนีไทต์ (magnetite)** ปัจจุบันเรียกวัสดุที่ดึงดูดเหล็กได้ว่า **แม่เหล็ก (magnet)** ด้วยสมบัติการวางตัวของแม่เหล็ก จึงมีการประยุกต์นำไปสร้างเป็นเข็มทิศเพื่อใช้ในการบอกทิศทาง

เมื่อแขวนแท่งแม่เหล็กให้หมุนได้อย่างอิสระในแนวราบ ดังรูป 15.1 แท่งแม่เหล็กจะวางตัวในแนวทิศเหนือ-ทิศใต้เสมอ

โดยปลายแท่งแม่เหล็กที่ชี้ไปทางทิศเหนือ เรียกว่า **ขั้วเหนือ (north pole)**

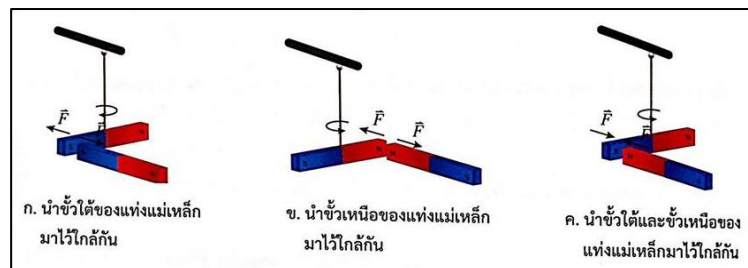
ใช้อักษรตัวย่อ N ส่วนปลายอีกด้านที่ชี้ไปทางทิศใต้ เรียกว่า **ขั้วใต้ (south pole)**

ใช้อักษรตัวย่อ S



รูป 15.1 แท่งแม่เหล็กจะวางตัวในแนวทิศเหนือ-ทิศใต้เสมอ

แท่งแม่เหล็กจะมีขั้วเหนือและขั้วใต้เสมอ โดยจะไม่มีแม่เหล็กที่มีเฉพาะขั้วเหนือหรือขั้วใต้เพียงอย่างเดียว เมื่อนำขั้วแม่เหล็กของแท่งแม่เหล็กสองแท่งมาไว้ใกล้กัน ขั้วชนิดเดียวกันจะผลักรัน ขั้วต่างชนิดกันจะดึงดูดกัน ดังรูป 15.2

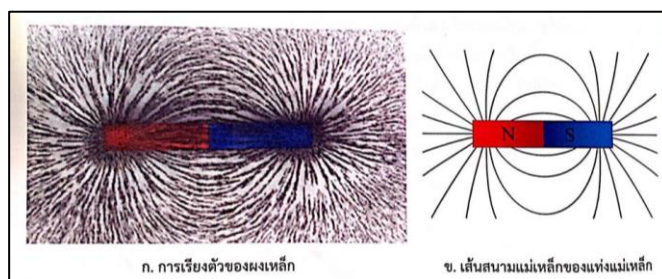


รูป 15.2 แรงระหว่างขั้วแม่เหล็ก

➤ เส้นสนามแม่เหล็ก

เมื่อนำแม่เหล็กเข้าใกล้โลหะบางชนิด เช่น เหล็ก นิกเกิล แม่เหล็กจะดึงดูดโลหะข้างต้น เรียก สารที่ถูกดึงดูดดังกล่าวว่า **สารแม่เหล็ก (magnetic substance)** และหากใช้สารแม่เหล็กที่มีลักษณะเป็นผงสารแม่เหล็ก เช่น ผงเหล็ก จะพบว่าผงเหล็กวางตัวหนาแน่นบริเวณที่เป็น **ขั้วแม่เหล็ก (magnetic pole)**

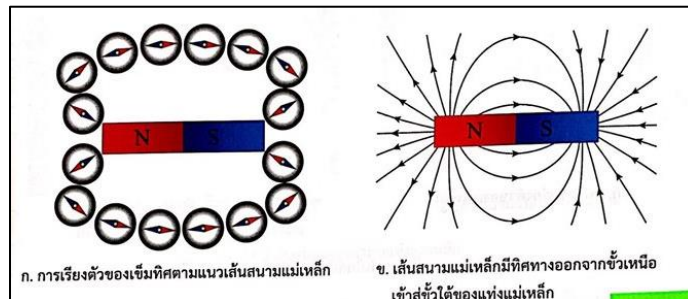
วางกระดาษขาวบนแท่งแม่เหล็ก แล้วยัดกระดาษขาวให้แน่น จากนั้นโรยผงเหล็กกระจายรอบแท่งแม่เหล็กพร้อมทั้งเคาะกระดาษเบา ๆ จนผงเหล็กขยับเรียงตัวเป็นแนว ดังรูป 15.3 ก. แสดงว่าบริเวณรอบแท่งแม่เหล็กมีแรงจากแม่เหล็กกระทำกับผงเหล็ก เรียกบริเวณนี้ว่าบริเวณที่มีสนามแม่เหล็ก (**magnetic field**)



รูป 15.3 การเรียงตัวของผงแม่เหล็กรอบแท่งแม่เหล็ก

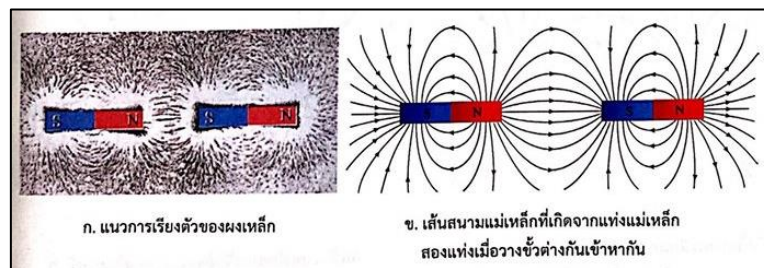
เมื่อพิจารณาแนวการเรียงตัวของผงเหล็กสามารถเขียนเส้นแสดงการเรียงตัวของผงเหล็กได้ ดังรูป 15.3 ข. เส้นเหล่านี้เป็นผลมาจากสนามแม่เหล็ก เรียกว่า **เส้นสนามแม่เหล็ก (magnetic field lines)**

หากนำเข็มทิศวางใกล้แท่งแม่เหล็กตามแนวเส้นสนามแม่เหล็ก จะมีแรงกระทำต่อเข็มทิศให้เบนไปวางตัวอยู่ในแนวเส้นสนามแม่เหล็ก ดังรูป 15.4 ก. แสดงให้เห็นว่าเส้นสนามแม่เหล็กมีทิศออกจากขั้วเหนือเข้าสู่ขั้วใต้ของแท่งแม่เหล็ก ดังนั้นเส้นสนามแม่เหล็กแสดงทิศทางได้ ดังรูป 15.4 ข.



รูป 15.4 การหาทิศทางของเส้นสนามแม่เหล็ก

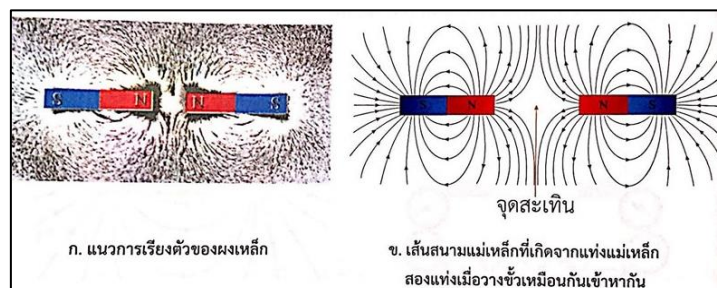
หากนำแท่งแม่เหล็กสองอันมาวางโดยหันขั้วต่างกันเข้าหากัน แล้วโรยผงเหล็กรอบแท่งแม่เหล็กทั้งสอง ผงเหล็กจะเรียงตัว ดังรูป 15.5 ก. และเขียนเส้นสนามแม่เหล็กได้ ดังรูป 15.5 ข.



รูป 15.5 วางแท่งแม่เหล็กสองอันใกล้กัน โดยหันขั้วต่างกันเข้าหากัน

จากรูป 15.5 ข. บริเวณระหว่างแท่งแม่เหล็กทั้งสองที่หันขั้วต่างกันเข้าหากัน จะมีเส้นสนามแม่เหล็กอยู่มากหนาแน่นมากขึ้น แสดงว่าสนามแม่เหล็กบริเวณนี้มีค่ามากขึ้น

กรณีนำแท่งแม่เหล็กสองอันมาวางโดยหันขั้วเหมือนกันเข้าหากัน เช่น ขั้วเหนือกับขั้วเหนือ แล้วโรยผงแม่เหล็กรอบแท่งแม่เหล็กทั้งสอง ผงเหล็กจะเรียงตัว ดังรูป 15.6 ก. และเขียนเส้นสนามแม่เหล็กได้ ดังรูป 15.6 ข.



รูป 15.6 วางแท่งแม่เหล็กสองอันใกล้กัน โดยหันขั้วเหมือนกันเข้าหากัน

จากรูป 15.6 ข. เมื่อนำแท่งแม่เหล็กที่มีขั้วเหมือนกันมาวางใกล้กัน จะสังเกตเห็นว่าบริเวณที่อยู่ระหว่างขั้วแม่เหล็กนั้น มีเส้นสนามแม่เหล็กหนาแน่นน้อย แสดงว่าบริเวณนั้นสนามแม่เหล็กค่าน้อยและตำแหน่งที่สนามแม่เหล็กมีค่าเป็นศูนย์ เรียกตำแหน่งนี้ว่า **จุดสะเทิน (neutral point)**

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2

เรื่อง ฟลักซ์แม่เหล็ก

รายวิชา ฟิสิกส์ 5

รหัสวิชา ว30204

เวลา 2 ชั่วโมง

หน่วยการเรียนรู้ที่ 15

ชื่อหน่วยการเรียนรู้ แม่เหล็กและไฟฟ้า

รวม 28 ชั่วโมง

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 1

หัวหน้ากลุ่มสาระ นางธนพร สนามพล

ครูผู้สอน นางพิกุล นามปัดสา

บูรณาการ

- | | | | |
|---|--------------------------------------|---|------------------------------|
| ☐ ปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง | ☐ อาเซียน | ☐ STEM | ☐ PLC |
| ☐ สวนพฤษภาคมโรงเรียน | ☐ มาตรฐานสากล | ☒ ข้ามกลุ่มสาระ | |

1. สาระฟิสิกส์

3. เข้าใจแรงไฟฟ้าและกฎของคูลอมบ์ สนามไฟฟ้า ศักย์ไฟฟ้า ความจุไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และกฎของโอห์ม วงจรไฟฟ้ากระแสตรง พลังงาน ไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้า การเปลี่ยนพลังงานทดแทนเป็นพลังงานไฟฟ้า สนามแม่เหล็ก แรงแม่เหล็กที่กระทำกับประจุไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้า การเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้าและกฎของฟาราเดย์ ไฟฟ้ากระแสสลับ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและการสื่อสาร รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

2. ผลการเรียนรู้

1. สังเกตและอธิบายเส้นสนามแม่เหล็ก อธิบายและคำนวณฟลักซ์แม่เหล็กในบริเวณที่กำหนด รวมทั้งสังเกตและอธิบายสนามแม่เหล็กที่เกิดจากกระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำเส้นตรงและโซเลนอยด์

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

3.1 ด้านความรู้ (K)

1) นักเรียนอธิบายฟลักซ์แม่เหล็กในบริเวณที่กำหนดได้

3.2 ด้านกระบวนการ (P)

1) นักเรียนสามารถคำนวณฟลักซ์แม่เหล็กในบริเวณที่กำหนด รวมทั้งปริมาณที่เกี่ยวข้องได้

3.3 ด้านคุณลักษณะ (A)

1) ใฝ่เรียนรู้และมุ่งมั่นในการทำงาน

4. สาระสำคัญ

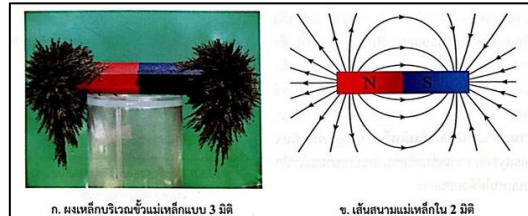
ฟลักซ์แม่เหล็ก คือ จำนวนเส้นสนามแม่เหล็กที่ผ่านพื้นที่ที่พิจารณา และ อัตราส่วนระหว่างฟลักซ์แม่เหล็กต่อพื้นที่ตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก คือ ขนาดของสนามแม่เหล็ก เขียนแทนได้ด้วยสมการ $B = \frac{\Phi}{A}$

5. สารการเรียนรู้

5.1 ความรู้

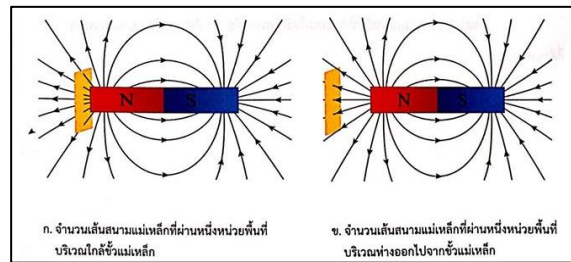
ฟลักซ์แม่เหล็ก

สนามแม่เหล็กที่เกิดจากแท่งแม่เหล็กจะมีอยู่รอบแท่งแม่เหล็กเป็น 3 มิติ เมื่อให้ดึงดูดผงเหล็ก การเรียงตัวของผงเหล็กมีลักษณะ ดังรูป 15.7 ก. สามารถเขียนแสดงได้ด้วยเส้นสนามแม่เหล็กที่เป็นเส้นโค้งชี้ออกจากขั้วเหนือไปขั้วใต้แบบ 2 มิติ ได้ดังรูป 15.7



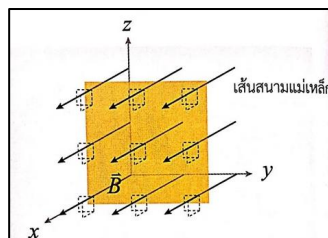
รูป 15.7 สนามแม่เหล็กรอบแท่งแม่เหล็ก

หากพิจารณาความหนาแน่นของเส้นสนามแม่เหล็ก หรือจำนวนเส้นสนามแม่เหล็กต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ที่ตั้งฉากกับเส้นสนามแม่เหล็ก เช่น ในบริเวณพื้นที่สี่เหลี่ยม จะพบว่าบริเวณใกล้ขั้วแม่เหล็ก ดังรูป 15.8 ก. มีความหนาแน่นของเส้นสนามแม่เหล็กมากกว่าบริเวณที่ห่างออกไป ดังรูป 15.8 ข.



รูป 15.8 ความหนาแน่นของเส้นสนามแม่เหล็ก

ความหนาแน่นของเส้นสนามแม่เหล็กในบริเวณที่พิจารณา แสดงถึงความเข้มหรือขนาดสนามแม่เหล็กบริเวณนั้น โดยบริเวณที่มีความหนาแน่นของเส้นสนามแม่เหล็กมาก จะมีขนาดสนามแม่เหล็กมากด้วย เช่น สนามแม่เหล็กบริเวณใกล้ขั้วแม่เหล็กในรูป 15.8 ก. มีค่ามากกว่าในบริเวณที่ห่างออกไปใน รูป 15.8 ข.



รูป 15.9 ฟลักซ์แม่เหล็กที่เกิดจากเส้นสนามแม่เหล็กตั้งฉากกับพื้นที่

พิจารณารูป 15.9 จำนวนเส้นสนามแม่เหล็กที่ผ่านพื้นที่ที่พิจารณานี้ แสดงถึง **ฟลักซ์แม่เหล็ก (magnetic flux)** ในพื้นที่นั้น ซึ่งกล่าวได้ว่า ฟลักซ์แม่เหล็ก คือ จำนวนเส้นสนามแม่เหล็กที่ผ่านพื้นที่ที่พิจารณา และ อัตราส่วนระหว่างฟลักซ์แม่เหล็กต่อพื้นที่ที่ตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก เรียกว่า **ความ**

หนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก (magnetic flux density) คือ ความเข้มข้นหรือขนาดของสนามแม่เหล็ก เขียนแทนได้ด้วยสมการ

$$B = \frac{\Phi}{A}$$

โดย B คือ ขนาดสนามแม่เหล็ก (หรือความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก)

มีหน่วยเป็น เวเบอร์ต่อตารางเมตร (Wb/m²) หรือเทสลา (T)

Φ คือ ฟลักซ์แม่เหล็ก มีหน่วยเป็น เวเบอร์ (Wb)

A คือ พื้นที่ที่ตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก มีหน่วยเป็น ตารางเมตร (m²)

ทิศทางของสนามแม่เหล็กที่ตำแหน่งใดมีทิศทางเดียวกับทิศทางเส้นสนามแม่เหล็กที่ตำแหน่งนั้น

5.2 กระบวนการ

- 1) ความสามารถในการสื่อสาร (อ่าน ฟัง พูด เขียน)
- 2) ความสามารถในการคิด (สังเกต วิเคราะห์ จัดกลุ่ม สรุป)
- 3) ความสามารถในการแก้ปัญหา (แสวงหาความรู้)
- 4) ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต (ความรับผิดชอบ)
- 5) ความสามารถในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ (การใช้สื่อบันทึกผ่านคอมพิวเตอร์)

5.3 คุณลักษณะและค่านิยม

ใฝ่เรียนรู้และมุ่งมั่นในการทำงาน

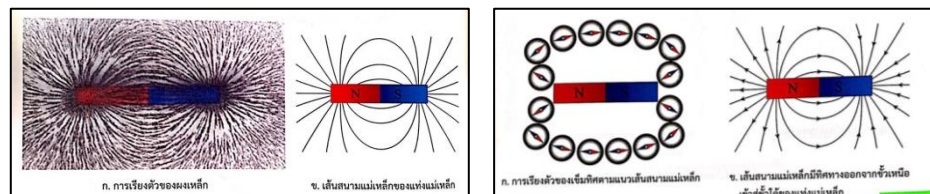
6. บูรณาการ

6.1 บูรณาการกับกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่อง การแก้สมการหาคำตอบ

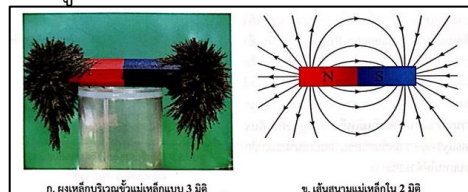
7. กิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ

1.1 ครูทบทวนความรู้เดิมในหัวข้อ 15.1.1 เรื่อง เส้นสนามแม่เหล็ก พร้อมนำภาพประกอบอธิบาย



1.2 ครูนำเข้าสู่บทเรียน โดยนำรูปให้นักเรียนสังเกตและศึกษา พร้อมตั้งคำถามให้นักเรียนตอบ



คำถาม ถ้าพิจารณาสนามแม่เหล็กจากรูป จะมีลักษณะอย่างไร

แนวคำตอบ สนามแม่เหล็กที่เกิดจากแท่งแม่เหล็กมีทุกทิศทุกทางรอบแท่งแม่เหล็กใน

สามมิติ

1.3 ครูตั้งคำถามเพื่อนำเข้าสู่การทำกิจกรรม เรื่อง ฟลักซ์แม่เหล็ก ดังนี้

1) เมื่อพิจารณาพื้นที่ขนาดเท่ากัน ณ ตำแหน่งซึ่งอยู่ห่างจากขั้วแม่เหล็กต่างกัน ดังรูป

15.8 จำนวนเส้นสนามแม่เหล็กที่ผ่านพื้นที่ทั้งสองมีค่าเท่ากันหรือไม่ อย่างไร

2) เส้นสนามแม่เหล็กมีความหนาแน่นแตกต่างกันหรือไม่

ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา

2.1 ครูให้นักเรียนทุกคนศึกษาค้นคว้าเนื้อหา เรื่อง ฟลักซ์แม่เหล็ก ในหนังสือเรียน หน้า 9-10

2.2 นักเรียนทุกคนศึกษาใบงาน เรื่อง ฟลักซ์แม่เหล็ก

2.3 นักเรียนทำใบงาน เรื่อง ฟลักซ์แม่เหล็ก

2.4 ครูนำนักเรียนศึกษาเกี่ยวกับข้อสังเกต ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน หน้า 12 จนได้สมการ

$$\Phi = B A \sin \theta$$

2.5 ครูนำนักเรียนศึกษาตัวอย่าง 15.1 และ 15.2 ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน หน้า 13-14

2.6 นักเรียนทำแบบฝึกหัด 15.1 ข้อ 1-3 ลงในสมุด

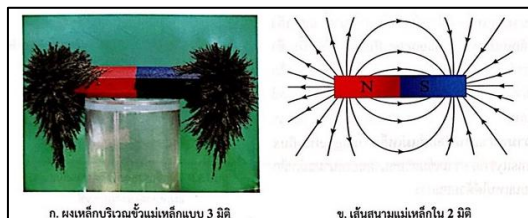
ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป

3.1 ครูสุมนักเรียนจำนวน 3 คน ในการเฉลยแบบฝึกหัด 15.1 ข้อ 1-3 หน้าชั้นเรียน

3.2 ครูนำนักเรียนอภิปรายเพื่อนำไปสู่การสรุป โดยใช้คำถามต่อไปนี้

1) สนามแม่เหล็กที่เกิดจากแท่งแม่เหล็กจะมีอยู่รอบแท่งแม่เหล็กเป็น 3 มิติ เมื่อให้ดึงดูดผงเหล็ก การเรียงตัวของผงเหล็ก นักเรียนสามารถเขียนแสดงได้ด้วยเส้นสนามแม่เหล็ก แบบ 2 มิติ ได้อย่างไร

แนวการตอบ



2) หากพิจารณาความหนาแน่นของเส้นสนามแม่เหล็ก หรือจำนวนเส้นสนามแม่เหล็กต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ที่ตั้งฉากกับเส้นสนามแม่เหล็ก บริเวณใกล้ขั้วแม่เหล็กมีความหนาแน่นของเส้นสนามแม่เหล็กอย่างไรเมื่อเทียบกับบริเวณที่ห่างออกไป (แนวการตอบ บริเวณใกล้ขั้วแม่เหล็กมีความหนาแน่นของเส้นสนามแม่เหล็กมากกว่าบริเวณที่ห่างออกไป)

3) ความหนาแน่นของเส้นสนามแม่เหล็กในบริเวณที่พิจารณา แสดงถึงความเข้มหรือขนาดสนามแม่เหล็กบริเวณนั้น โดยบริเวณที่มีความหนาแน่นของเส้นสนามแม่เหล็กมาก จะมีขนาดสนามแม่เหล็กอย่างไร (แนวการตอบ บริเวณที่มีความหนาแน่นของเส้นสนามแม่เหล็กมาก จะมีขนาดสนามแม่เหล็กมากด้วย)

4) จงบอกความหมายของฟลักซ์แม่เหล็ก (magnetic flux) (แนวการตอบ จำนวนเส้นสนามแม่เหล็กที่ผ่านพื้นที่ที่พิจารณา)

5) อัตราส่วนระหว่างฟลักซ์แม่เหล็กต่อพื้นที่ที่ตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก เรียกว่า (แนวการตอบ ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก (magnetic flux density))

6) จงบอกความหมายของความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก (magnetic flux density)
(แนวการตอบ ความเข้มหรือขนาดของสนามแม่เหล็ก)

7) จงเขียนสมการหาขนาดแม่เหล็ก (แนวการตอบ $B = \frac{\Phi}{A}$)

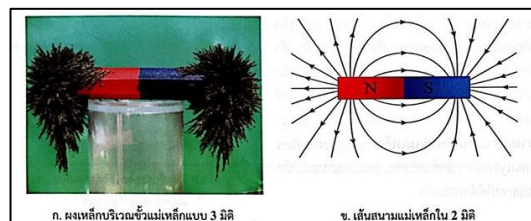
8) จากสมการหาขนาดแม่เหล็ก สัญลักษณ์ B มีหน่วยเป็น (แนวการตอบ เวเบอร์ต่อตารางเมตร (Wb/m²) หรือเทสลา (T))

9) จากสมการหาขนาดแม่เหล็ก สัญลักษณ์ Φ คืออะไร และมีหน่วยเป็น (แนวการตอบ Φ คือ ฟลักซ์แม่เหล็ก มีหน่วยเป็น เวเบอร์ (Wb))

10) จากสมการหาขนาดแม่เหล็ก สัญลักษณ์ A คืออะไร และมีหน่วยเป็น (แนวการตอบ A คือ พื้นที่ที่ตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก มีหน่วยเป็น ตารางเมตร (m²))

3.3 นักเรียนและครูร่วมกันสรุปเนื้อหาจากศึกษาค้นคว้า เรื่อง ฟลักซ์แม่เหล็ก ดังนี้

- สนามแม่เหล็กที่เกิดจากแท่งแม่เหล็กจะมีอยู่รอบแท่งแม่เหล็กเป็น 3 มิติ เมื่อให้ตั้งดูผงเหล็ก การเรียงตัวของผงเหล็ก สามารถเขียนแสดงได้ด้วยเส้นสนามแม่เหล็กที่เป็นเส้นโค้งออกจากขั้วเหนือไปขั้วใต้แบบ 2 มิติ



- หากพิจารณาความหนาแน่นของเส้นสนามแม่เหล็ก หรือจำนวนเส้นสนามแม่เหล็กต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ที่ตั้งฉากกับเส้นสนามแม่เหล็ก บริเวณใกล้ขั้วแม่เหล็กมีความหนาแน่นของเส้นสนามแม่เหล็กมากกว่าบริเวณที่ห่างออกไป

- ความหนาแน่นของเส้นสนามแม่เหล็กในบริเวณที่พิจารณา แสดงถึงความเข้มหรือขนาดสนามแม่เหล็กบริเวณนั้น โดยบริเวณที่มีความหนาแน่นของเส้นสนามแม่เหล็กมาก จะมีขนาดสนามแม่เหล็กมากด้วย

- ฟลักซ์แม่เหล็ก คือ จำนวนเส้นสนามแม่เหล็กที่ผ่านพื้นที่ที่พิจารณา และอัตราส่วนระหว่างฟลักซ์แม่เหล็กต่อพื้นที่ที่ตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก เรียกว่า ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก (magnetic flux density) คือ ความเข้มหรือขนาดของสนามแม่เหล็ก เขียนแทนได้ด้วยสมการ

$$B = \frac{\Phi}{A}$$

โดย B คือ ขนาดสนามแม่เหล็ก (หรือความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก)

มีหน่วยเป็น เวเบอร์ต่อตารางเมตร (Wb/m²) หรือเทสลา (T)

Φ คือ ฟลักซ์แม่เหล็ก มีหน่วยเป็น เวเบอร์ (Wb)

A คือ พื้นที่ที่ตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก มีหน่วยเป็น ตารางเมตร (m²)

ทิศทางของสนามแม่เหล็กที่ตำแหน่งใดมีทิศทางเดียวกับทิศทางเส้นสนามแม่เหล็กที่ตำแหน่งนั้น

ชั้นที่ 4 ขั้ขยายความรู้

4.1 ครูให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับ ตัวอย่างขนาดของสนามแม่เหล็กจากแหล่งต่างๆ แสดงดังตารางตามรายละเอียดในหนังสือเรียน หน้า 11

ตาราง 15.1 สนามแม่เหล็กจากแหล่งต่าง ๆ	
แหล่ง	ขนาดสนามแม่เหล็ก (T)
แม่เหล็กโลก	2×10^{-5} - 6×10^{-5}
แม่เหล็กติดตู้เย็น	5×10^{-3} - 10×10^{-3}
แม่เหล็กน้ไอโคเมียม	1.0 - 1.4
แม่เหล็กเครื่องเอ็มอาร์ไอ	0.5 - 3.0
แม่เหล็กตัวนำยวดยิ่ง	2 - 32

ชั้นที่ 5 ขั้นประเมินผล

5.1 ครูตรวจใบงาน เรื่อง ฟลักซ์แม่เหล็ก

5.2 ครูตรวจสอบนักเรียนในการทำแบบฝึกหัด 15.1 ข้อ 1-3

ประยุกต์และตอบแทนสังคม

ครูให้นักเรียนแต่ละคนนำความรู้ที่เรียนไปค้นคว้าเพิ่มเติมที่ห้องสมุด หรือเว็บไซต์ แล้วนำเสนอในชั้นเรียน

8. สื่อการเรียนรู้/แหล่งเรียนรู้

8.1 หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฟิสิกส์) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เล่ม 5 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560)

8.2 ใบงาน เรื่อง ฟลักซ์แม่เหล็ก

8.3 ใบความรู้ เรื่อง ฟลักซ์แม่เหล็ก (magnetic flux)

8.4 อินเทอร์เน็ต

8.5 ห้องสมุด

9. การวัดและประเมินผล

จุดประสงค์การเรียนรู้	วิธีการวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
ด้านความรู้ (K)			
1) นักเรียนอธิบายพลั๊กซ์แม่เหล็กในบริเวณที่กำหนดได้	1) ตรวจใบงาน เรื่อง พลั๊กซ์แม่เหล็ก	1) แบบประเมินการทำกิจกรรม 2) ใบงาน เรื่อง พลั๊กซ์แม่เหล็ก	1) นักเรียนสามารถตอบคำถามได้ระดับดี ผ่านเกณฑ์
ด้านกระบวนการ (P)			
1) นักเรียนสามารถคำนวณพลั๊กซ์แม่เหล็กในบริเวณที่กำหนด รวมทั้งปริมาณที่เกี่ยวข้องได้	1) ตรวจสอบผู้เรียนในการทำแบบฝึกหัด 15.1 ข้อ 1-3	1) แบบประเมินการทำกิจกรรม 2) แบบฝึกหัด 15.1 ข้อ 1-3	1) นักเรียนสามารถทำแบบฝึกหัดได้ระดับดี ผ่านเกณฑ์
ด้านคุณลักษณะ (A)			
1) ใฝ่เรียนรู้และมุ่งมั่นในการทำงาน	1) ตรวจใบงาน เรื่อง พลั๊กซ์แม่เหล็ก 2) 1) ตรวจสอบผู้เรียนในการทำแบบฝึกหัด 15.1 ข้อ 1-3	1) แบบประเมินการทำกิจกรรม 2) ใบงาน เรื่อง พลั๊กซ์แม่เหล็ก 3) แบบฝึกหัด 15.1 ข้อ 1-3	1) นักเรียนทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายได้ระดับดี ผ่านเกณฑ์

10. เกณฑ์การประเมินผลงานนักเรียน

เกณฑ์การประเมินแบบ Rubrics ของการทำกิจกรรม เรื่อง พลั๊กซ์แม่เหล็ก

ประเด็นการประเมิน	ค่าน้ำหนักคะแนน	แนวทางการให้คะแนน
ด้านความรู้ (K)	3	สามารถตอบคำถามได้ถูกต้องครบถ้วน จำนวน 8-10 ข้อ
	2	สามารถตอบคำถามได้ถูกต้องครบถ้วน จำนวน 5-7 ข้อ
	1	สามารถตอบคำถามได้ถูกต้องครบถ้วน จำนวน 1-4 ข้อ หรือไม่มีข้อใดถูกต้อง
ด้านกระบวนการ (P)	3	สามารถทำแบบฝึกหัดได้ถูกต้องครบถ้วน จำนวน 3 ข้อ
	2	สามารถทำแบบฝึกหัดได้ถูกต้องครบถ้วน จำนวน 2 ข้อ
	1	สามารถทำแบบฝึกหัดได้ถูกต้องครบถ้วน จำนวน 1 ข้อ หรือทำแบบฝึกหัดไม่ถูกต้องทั้ง 3 ข้อ
ด้านคุณลักษณะ (A)	3	ทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายเสร็จภายในเวลาที่กำหนด และเรียบร้อยถูกต้องครบถ้วน
	2	ทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายเสร็จภายในเวลาที่กำหนด แต่งานยังผิดพลาดบางส่วน
	1	ทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายเสร็จ แต่ล่าช้า และเกิดข้อผิดพลาดบางส่วน

ระดับคะแนน

คะแนน	3	หมายถึง	ระดับดีมาก
คะแนน	2	หมายถึง	ระดับดี
คะแนน	1	หมายถึง	ระดับพอใช้

การประเมินการทำกิจกรรม เรื่อง ฟลักซ์แม่เหล็ก

ที่	ชื่อ - นามสกุล	จุดประสงค์การเรียนรู้			รวม คะแนน	ระดับ คุณภาพ
		ด้านความรู้ (K)	ด้าน กระบวนการ (P)	ด้าน คุณลักษณะ (A)		
		3	3	3	9	
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28						

ที่	ชื่อ - นามสกุล	จุดประสงค์การเรียนรู้			รวม คะแนน	ระดับ คุณภาพ
		ด้านความรู้ (K)	ด้าน กระบวนการ (P)	ด้าน คุณลักษณะ (A)		
		3	3	3		
29						
30						
31						
32						
33						
34						
35						
36						
37						
38						
39						
40						

ระดับคุณภาพ

คะแนน	9	หมายถึง	ระดับดีมาก
คะแนน	7-8	หมายถึง	ระดับดี
คะแนน	5-6	หมายถึง	ระดับปานกลาง
คะแนน	3-4	หมายถึง	ระดับปรับปรุง

บันทึกหลังการสอน

หน่วยการเรียนรู้ที่ 15 เรื่อง แม่เหล็กและไฟฟ้า

แผนการสอนที่ 2 เรื่อง พลิกซ์แม่เหล็ก

วันที่ เดือน พ.ศ.

ผลการจัดการเรียนรู้

ปัญหา / อุปสรรค

ข้อเสนอแนะ/แนวทางแก้ปัญหา

ลงชื่อ.....ครูผู้สอน

(นางพิกุล นามปัดสา)

ลงชื่อ.....หัวหน้ากลุ่มสาระ

(นางธนพร สนามพล)

ใบงาน เรื่อง ฟลักซ์แม่เหล็ก

คำชี้แจง จงตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้องครบถ้วน

1) สนามแม่เหล็กที่เกิดจากแท่งแม่เหล็กจะมีอยู่รอบแท่งแม่เหล็กเป็น 3 มิติ เมื่อให้ดึงดูดผงเหล็ก การเรียงตัวของผงเหล็ก นักเรียนสามารถเขียนแสดงได้ด้วยเส้นสนามแม่เหล็ก แบบ 2 มิติ ได้อย่างไร

ตอบ



2) หากพิจารณาความหนาแน่นของเส้นสนามแม่เหล็ก หรือจำนวนเส้นสนามแม่เหล็กต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ที่ตั้งฉากกับเส้นสนามแม่เหล็ก บริเวณใกล้ขั้วแม่เหล็กมีความหนาแน่นของเส้นสนามแม่เหล็กอย่างไรเมื่อเทียบกับบริเวณที่ห่างออกไป

ตอบ _____

3) ความหนาแน่นของเส้นสนามแม่เหล็กในบริเวณที่พิจารณา แสดงถึงความเข้มหรือขนาดสนามแม่เหล็กบริเวณนั้น โดยบริเวณที่มีความหนาแน่นของเส้นสนามแม่เหล็กมาก จะมีขนาดสนามแม่เหล็กอย่างไร

ตอบ _____

4) จงบอกความหมายของฟลักซ์แม่เหล็ก (magnetic flux)

ตอบ _____

5) อัตราส่วนระหว่างฟลักซ์แม่เหล็กต่อพื้นที่ตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก เรียกว่า

ตอบ _____

6) จงบอกความหมายของความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก (magnetic flux density)

ตอบ _____

7) จงเขียนสมการหาขนาดแม่เหล็ก

ตอบ _____

8) จากสมการหาขนาดแม่เหล็ก สัญลักษณ์ B มีหน่วยเป็น

ตอบ _____

9) จากสมการหาขนาดแม่เหล็ก สัญลักษณ์ Φ คืออะไร และมีหน่วยเป็น

ตอบ _____

10) จากสมการหาขนาดแม่เหล็ก สัญลักษณ์ A คืออะไร และมีหน่วยเป็น

ตอบ _____

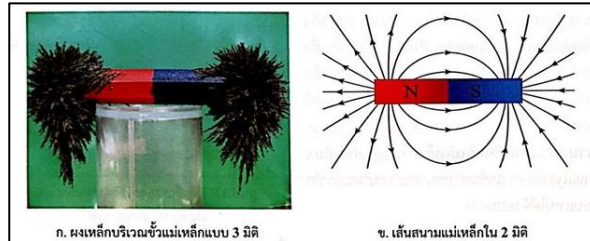
ชื่อ _____ ชั้น _____ เลขที่ _____

เฉลยใบงาน เรื่อง ฟลักซ์แม่เหล็ก

คำชี้แจง จงตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้องครบถ้วน

1) สนามแม่เหล็กที่เกิดจากแท่งแม่เหล็กจะมีอยู่รอบแท่งแม่เหล็กเป็น 3 มิติ เมื่อให้ตั้งดูดผงเหล็ก การเรียงตัวของผงเหล็ก นักเรียนสามารถเขียนแสดงได้ด้วยเส้นสนามแม่เหล็ก แบบ 2 มิติ ได้อย่างไร

ตอบ



2) หากพิจารณาความหนาแน่นของเส้นสนามแม่เหล็ก หรือจำนวนเส้นสนามแม่เหล็กต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ที่ตั้งฉากกับเส้นสนามแม่เหล็ก บริเวณใกล้ขั้วแม่เหล็กมีความหนาแน่นของเส้นสนามแม่เหล็กอย่างไรเมื่อเทียบกับบริเวณที่ห่างออกไป

ตอบ บริเวณใกล้ขั้วแม่เหล็กมีความหนาแน่นของเส้นสนามแม่เหล็กมากกว่าบริเวณที่ห่างออกไป

3) ความหนาแน่นของเส้นสนามแม่เหล็กในบริเวณที่พิจารณา แสดงถึงความเข้มหรือขนาดสนามแม่เหล็กบริเวณนั้น โดยบริเวณที่มีความหนาแน่นของเส้นสนามแม่เหล็กมาก จะมีขนาดสนามแม่เหล็กอย่างไร

ตอบ บริเวณที่มีความหนาแน่นของเส้นสนามแม่เหล็กมาก จะมีขนาดสนามแม่เหล็กมากด้วย

4) จงบอกความหมายของฟลักซ์แม่เหล็ก (magnetic flux)

ตอบ จำนวนเส้นสนามแม่เหล็กที่ผ่านพื้นที่ที่พิจารณา

5) อัตราส่วนระหว่างฟลักซ์แม่เหล็กต่อพื้นที่ที่ตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก เรียกว่า

ตอบ ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก (magnetic flux density)

6) จงบอกความหมายของความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก (magnetic flux density)

ตอบ ความเข้มหรือขนาดของสนามแม่เหล็ก

7) จงเขียนสมการหาขนาดแม่เหล็ก

ตอบ $B = \frac{\Phi}{A}$

8) จากสมการหาขนาดแม่เหล็ก สัญลักษณ์ B มีหน่วยเป็น

ตอบ เวเบอร์ต่อตารางเมตร (Wb/m²) หรือเทสลา (T)

9) จากสมการหาขนาดแม่เหล็ก สัญลักษณ์ Φ คืออะไร และมีหน่วยเป็น

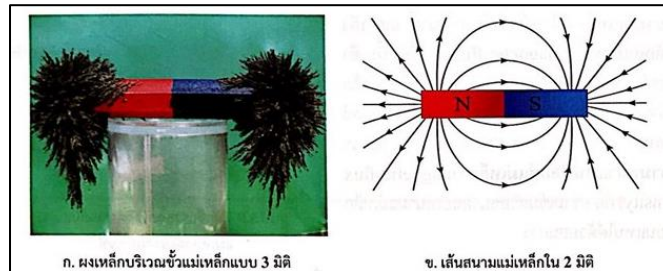
ตอบ Φ คือ ฟลักซ์แม่เหล็ก มีหน่วยเป็น เวเบอร์ (Wb)

10) จากสมการหาขนาดแม่เหล็ก สัญลักษณ์ A คืออะไร และมีหน่วยเป็น

ตอบ A คือ พื้นที่ที่ตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก มีหน่วยเป็น ตารางเมตร (m²)

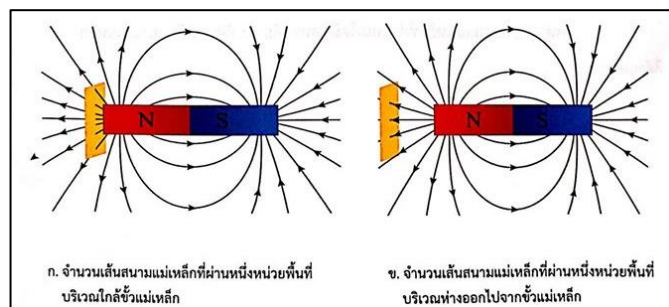
ใบความรู้ เรื่อง ฟลักซ์แม่เหล็ก (magnetic flux)

สนามแม่เหล็กที่เกิดจากแท่งแม่เหล็กจะมีอยู่รอบแท่งแม่เหล็กเป็น 3 มิติ เมื่อให้ตั้งดูผงเหล็ก การเรียงตัวของผงเหล็กมีลักษณะ ดังรูป 15.7 ก. สามารถเขียนแสดงได้ด้วยเส้นสนามแม่เหล็กที่เป็นเส้นโค้งชี้ออกจากขั้วเหนือไปขั้วใต้แบบ 2 มิติ ได้ดังรูป 15.7



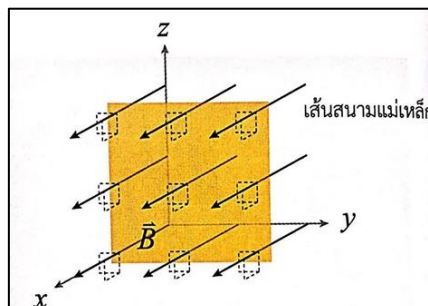
รูป 15.7 สนามแม่เหล็กรอบแท่งแม่เหล็ก

หากพิจารณาความหนาแน่นของเส้นสนามแม่เหล็ก หรือจำนวนเส้นสนามแม่เหล็กต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ที่ตั้งฉากกับเส้นสนามแม่เหล็ก เช่น ในบริเวณพื้นที่สี่เหลี่ยม จะพบว่าบริเวณใกล้ขั้วแม่เหล็ก ดังรูป 15.8 ก. มีความหนาแน่นของเส้นสนามแม่เหล็กมากกว่าบริเวณที่ห่างออกไป ดังรูป 15.8 ข.



รูป 15.8 ความหนาแน่นของเส้นสนามแม่เหล็ก

ความหนาแน่นของเส้นสนามแม่เหล็กในบริเวณที่พิจารณา แสดงถึงความเข้มหรือขนาดสนามแม่เหล็กบริเวณนั้น โดยบริเวณที่มีความหนาแน่นของเส้นสนามแม่เหล็กมาก จะมีขนาดสนามแม่เหล็กมากด้วย เช่น สนามแม่เหล็กบริเวณใกล้ขั้วแม่เหล็กในรูป 15.8 ก. มีค่ามากกว่าในบริเวณที่ห่างออกไปใน รูป 15.8 ข.



รูป 15.9 ฟลักซ์แม่เหล็กที่เกิดจากเส้นสนามแม่เหล็กตั้งฉากกับพื้นที่

พิจารณารูป 15.9 จำนวนเส้นสนามแม่เหล็กที่ผ่านพื้นที่ที่พิจารณานี้ แสดงถึง **ฟลักซ์แม่เหล็ก (magnetic flux)** ในพื้นที่นั้น ซึ่งกล่าวได้ว่า ฟลักซ์แม่เหล็ก คือ จำนวนเส้นสนามแม่เหล็กที่ผ่านพื้นที่ที่พิจารณา และ อัตราส่วนระหว่างฟลักซ์แม่เหล็กต่อพื้นที่ตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก เรียกว่า **ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก (magnetic flux density)** คือ ความเข้มข้นหรือขนาดของสนามแม่เหล็ก เขียนแทนได้ด้วยสมการ

$$B = \frac{\Phi}{A}$$

โดย B คือ ขนาดสนามแม่เหล็ก (หรือความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก)

มีหน่วยเป็น เวเบอร์ต่อตารางเมตร (Wb/m²) หรือเทสลา (T)

Φ คือ ฟลักซ์แม่เหล็ก มีหน่วยเป็น เวเบอร์ (Wb)

A คือ พื้นที่ที่ตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก มีหน่วยเป็น ตารางเมตร (m²)

ทิศทางของสนามแม่เหล็กที่ตำแหน่งใดมีทิศทางเดียวกับทิศทางเส้นสนามแม่เหล็กที่ตำแหน่งนั้น

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3

เรื่อง สนามแม่เหล็กจากกระแสไฟฟ้าผ่านเส้นลวดตัวนำ

รายวิชา ฟิสิกส์ 5

รหัสวิชา ว30204

เวลา 2 ชั่วโมง

หน่วยการเรียนรู้ที่ 15

ชื่อหน่วยการเรียนรู้ แม่เหล็กและไฟฟ้า

รวม 28 ชั่วโมง

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 1

หัวหน้ากลุ่มสาระ นางธนพร สนามพล

ครูผู้สอน นางพิกุล นามปัดสา

บูรณาการ

- ☐ ปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง ☐ อาเซียน ☐ STEM ☒ PLC
- ☐ สวนพฤษภาคมโรงเรียน ☐ มาตรฐานสากล ☐ ข้ามกลุ่มสาระ

1. สาระฟิสิกส์

3. เข้าใจแรงไฟฟ้าและกฎของคูลอมบ์ สนามไฟฟ้า ศักย์ไฟฟ้า ความจุไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และกฎของโอห์ม วงจรไฟฟ้ากระแสตรง พลังงาน ไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้า การเปลี่ยนพลังงานทดแทนเป็นพลังงานไฟฟ้า สนามแม่เหล็ก แรงแม่เหล็กที่กระทำกับประจุไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้า การเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้าและกฎของฟาราเดย์ ไฟฟ้ากระแสสลับ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและการสื่อสาร รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

2. ผลการเรียนรู้

1. สังเกตและอธิบายเส้นสนามแม่เหล็ก อธิบายและคำนวณฟลักซ์แม่เหล็กในบริเวณที่กำหนด รวมทั้งสังเกตและอธิบายสนามแม่เหล็กที่เกิดจากกระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำเส้นตรงและโซเลนอยด์

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

3.1 ด้านความรู้ (K)

1) นักเรียนอธิบายสนามแม่เหล็กของลวดตัวนำเส้นตรง ลวดตัวนำวงกลม และโซเลนอยด์ที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านได้

3.2 ด้านกระบวนการ (P)

1) นักเรียนทดลองและสังเกตสนามแม่เหล็กของลวดตัวนำเส้นตรง ลวดตัวนำวงกลม และโซเลนอยด์ที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านได้

3.3 ด้านคุณลักษณะ (A)

1) ใฝ่เรียนรู้และมุ่งมั่นในการทำงาน

4. สาระสำคัญ

เมื่อกระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำเส้นตรง จะเกิดสนามแม่เหล็กรอบลวดตัวนำ ทิศทางของสนามแม่เหล็กได้โดย ใช้นิ้วหัวแม่มือของมือขวาชี้ไปตามทิศทางของกระแสไฟฟ้า จากนั้นกำมือขวา รอบ ลวดตัวนำเส้นตรง ทิศทางการวนของนิ้วทั้งสี่จะแสดงทิศทางของสนามแม่เหล็ก

เมื่อกระแสไฟฟ้าผ่านโซเลนอยด์หรือลวดตัวนำวงกลม จะเกิดสนามแม่เหล็กที่มีลักษณะคล้ายกับสนามแม่เหล็กของแท่งแม่เหล็ก ทิศทางของสนามแม่เหล็กภายในโซเลนอยด์ได้โดยใช้มือขวานิ้วทั้งสี่ไปตามทิศทางของกระแสไฟฟ้าที่ผ่านลวดตัวนำ นิ้วหัวแม่มือจะชี้ทิศทางของสนามแม่เหล็ก

5. สารการเรียนรู้

5.1 ความรู้

สนามแม่เหล็กจากกระแสไฟฟ้าผ่านเส้นลวดตัวนำ

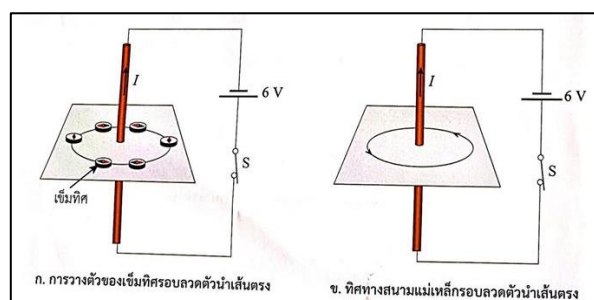
ในปี พ.ศ. 2363 ฮันส์ คริสเตียน เออร์สเตด (Hans C. Oersted) ชาวเดนมาร์กสังเกตเห็นเข็มทิศเบนไป เมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำที่วางบนเข็มทิศ แสดงว่า กระแสไฟฟ้าทำให้เกิดสนามแม่เหล็กได้ สนามแม่เหล็กที่ได้จากกระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำที่เออร์สเตดพบ รวมทั้งกรณีอื่น ๆ เช่น กระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำที่มีฉนวนหุ้มมาขดเป็นวงกลมหลาย ๆ วง เรียงซ้อนกันเป็นรูปทรงกระบอก เรียกว่า โซเลนอยด์ (solenoid)

จากกิจกรรม 15.1 ในกรณีกระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำเส้นตรง แล้วโรยผงเหล็กรอบ ๆ จะสังเกตเห็นผงเหล็กเรียงตัวเป็นวงกลมรอบลวดตัวนำ ดังรูป 15.10



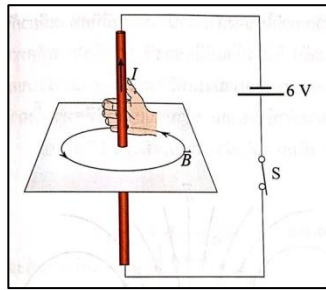
รูป 15.10 แนวการเรียงตัวของผงเหล็กรอบลวดตัวนำเส้นตรงที่มีกระแสไฟฟ้าผ่าน

เมื่อนำเข็มทิศมาวางรอบลวดตัวนำเส้นตรงตามการเรียงตัวของผงเหล็ก จะทราบทิศทางของสนามแม่เหล็ก ดังรูป 15.11 ก. โดยทิศทางของสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นเมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำเส้นตรงมีทิศทาง ดังรูป 15.11 ข.

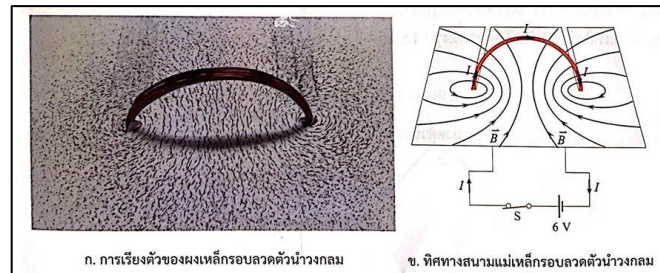


รูป 15.11 สนามแม่เหล็กรอบลวดตัวนำเส้นตรงเมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่าน

การหาทิศทางของสนามแม่เหล็กที่เกิดจาก กระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำนั้นทำได้โดยใช้นิ้วหัวแม่มือของมือขวาชี้ไปตามทิศทางของกระแสไฟฟ้า จากนั้นกำมือขวารอบลวดตัวนำเส้นตรง ทิศทางการวนของนิ้วทั้งสี่จะแสดงทิศทางของสนามแม่เหล็ก ดังรูป 15.12

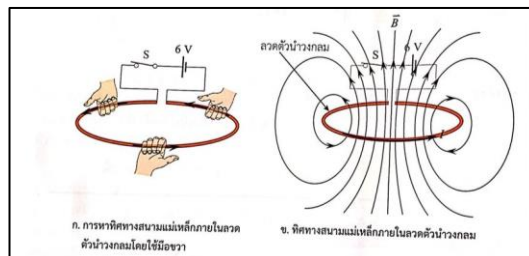


รูป 15.12 การหาทิศทางสนามแม่เหล็กรอบเส้นลวดที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านโดยใช้มือขวา
กรณีลวดตัวนำวงกลม เมื่อให้กระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำวงกลม จะสังเกตเห็นผงเหล็กเรียงตัวเป็น
วงรอบลวดตัวนำดังรูป 15.13 เมื่อนำเข็มทิศวางรอบเส้นลวดตัวนำทั้งสองข้าง จะได้ทิศทางของ
สนามแม่เหล็ก บริเวณโดยรอบมีทิศทาง ดังรูป 15.13 ข. ก.



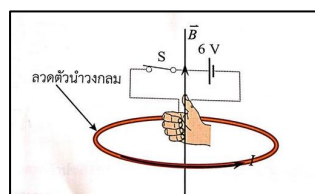
รูป 15.13 สนามแม่เหล็กรอบลวดตัวนำวงกลมเมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่าน

จากรูป 15.13 ข. จะเห็นว่าสนามแม่เหล็กบริเวณภายในของลวดตัวนำวงกลมมีทิศทางเดียวกัน
หากพิจารณากรณีตัวนำวงกลมอยู่ในแนวขนานกับระนาบระดับ ใช้นิ้วหัวแม่มือของมือขวาชี้ไปตามทิศทาง
ของกระแสไฟฟ้าของลวดตัวนำวงกลมในแต่ละส่วน จะได้ทิศทางของสนามแม่เหล็กตามทิศทางการวนของ
นิ้วทั้งสี่ ดังรูป 15.14 ก. จึงสรุปได้ว่าบริเวณพื้นที่ภายในขดลวดตัวนำวงกลม สนามแม่เหล็กมีทิศทางตั้ง
ฉาก กับระนาบของลวดตัวนำ สามารถเขียนเส้นสนามแม่เหล็กภายในลวดตัวนำวงกลมได้ดังรูป 15.14 ข.



รูป 15.14 สนามแม่เหล็กรอบลวดตัวนำวงกลมเมื่อระนาบขดลวด
อยู่ในแนวขนานกับระนาบระดับและมีกระแสไฟฟ้าผ่าน

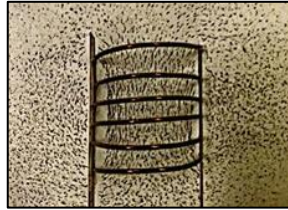
นอกจากวิธีการข้างต้นอาจหาทิศทางของสนามแม่เหล็กได้อีกวิธีหนึ่ง ดังนี้กำมือขวาบนระนาบ
ขดลวดตัวนำ โดยให้นิ้วทั้งสี่ส่วนตามทิศทางของกระแสไฟฟ้า นิ้วหัวแม่มือจะชี้ไปตามทิศทางของ
สนามแม่เหล็กที่ผ่านพื้นที่ขดลวด ดังรูป 15.15



รูป 15.15 การหาทิศทางของสนามแม่เหล็กของลวดตัวนำวงกลมที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านอีกวิธีหนึ่ง

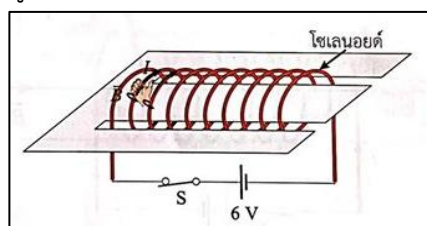
กรณีเมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่านโซเลนอยด์ จะสังเกตเห็นการเรียงตัวของผงเหล็ก มีลักษณะดังรูป

15.16



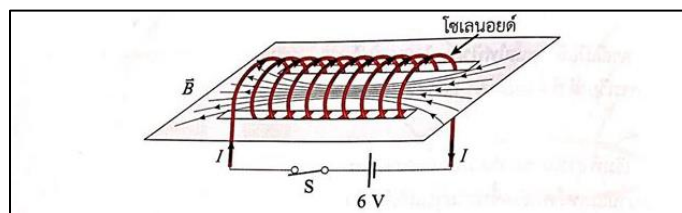
รูป 15.16 การเรียงตัวของผงเหล็กเมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่านโซเลนอยด์

เริ่มพิจารณาขดลวดวงกลมสองวงของโซเลนอยด์ สนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นสามารถใช้มือขวาในการหาทิศทางได้ โดยใช้นิ้วหัวแม่มือชี้ไปตามทิศทางของกระแสไฟฟ้า ทิศทางการวนของนิ้วทั้งสี่ จะแสดงทิศทางของสนามแม่เหล็ก แสดงได้ดังรูป 15.17



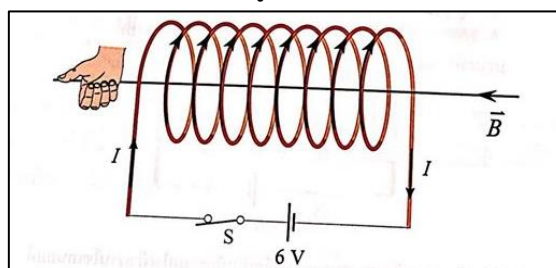
รูป 15.17 การหาทิศทางสนามแม่เหล็กเมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่านโซเลนอยด์

จะเห็นว่าบริเวณภายในของขดลวดวงกลมวงที่อยู่ติดกัน ทิศทางของสนามแม่เหล็กจะทิศทางเดียวกัน เมื่อพิจารณาขดลวดวงกลมซ้อนกันหลายวง สนามแม่เหล็กจึงรวมกันทำให้เกิดสนามแม่เหล็กบริเวณแกนของโซเลนอยด์มีขนาดมากกว่าบริเวณอื่น ทิศทางสนามแม่เหล็กด้านนอกโซเลนอยด์จะมีทิศทางออกจากปลายด้านหนึ่ง และเข้าสู่ปลายอีกด้านหนึ่งตามแกนโซเลนอยด์ มีลักษณะคล้ายกับสนามแม่เหล็กจากแท่งแม่เหล็ก จึงสรุปได้ว่าโซเลนอยด์ที่มีกระแสไฟฟ้าผ่าน สามารถเขียนเส้นสนามแม่เหล็กได้ ดังรูป 15.18



รูป 15.18 เส้นสนามแม่เหล็กของโซเลนอยด์เมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่าน

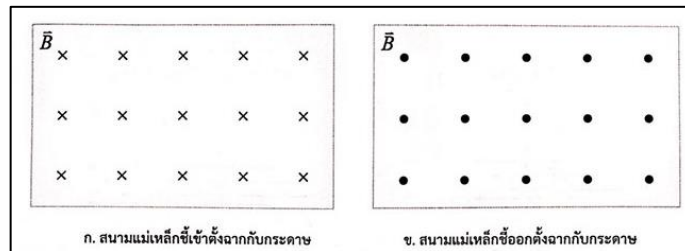
การหาทิศทางของสนามแม่เหล็กในแนวแกนของโซเลนอยด์ อีกวิธีหนึ่งคล้ายกับการหาทิศทางของสนามแม่เหล็กของลวดตัวนำวงกลม โดยใช้มือขวาวนนิ้วทั้งสี่ไปตามทิศทางของกระแสไฟฟ้าที่ผ่านลวดตัวนำ นิ้วหัวแม่มือจะชี้ทิศทางของสนามแม่เหล็ก ดังรูป 15.19



รูป 15.19 การหาทิศทางสนามแม่เหล็กของโซเลนอยด์โดยใช่มือขวา

การเขียนทิศทางของสนามแม่เหล็กนอกจากการเขียนเส้นลูกศรแสดงทิศทางแล้ว ยังใช้สัญลักษณ์

X แสดงสนามแม่เหล็กที่ชี้เข้าตั้งฉากกับกระดาษ ดังรูป 15.20 ก. และใช้สัญลักษณ์ • แสดงสนามแม่เหล็กที่ชี้ออกตั้งฉากกับกระดาษ ดังรูป 15.20 ข.



รูป 15.20 การใช้สัญลักษณ์ X และ • แสดงทิศทางของสนามแม่เหล็ก

5.2 กระบวนการ

- 1) ความสามารถในการสื่อสาร (อ่าน ฟัง พูด เขียน)
- 2) ความสามารถในการคิด (สังเกต วิเคราะห์ จัดกลุ่ม สรุป)
- 3) ความสามารถในการแก้ปัญหา (แสวงหาความรู้)
- 4) ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต (ความรับผิดชอบ)
- 5) ความสามารถในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ (ใช้การสืบค้นผ่านคอมพิวเตอร์)

5.3 คุณลักษณะและค่านิยม

ใฝ่เรียนรู้และมุ่งมั่นในการทำงาน

6. บูรณาการ

6.1 บูรณาการ PLC นักเรียนแต่ละกลุ่มแลกเปลี่ยนเรียนรู้เล่าสู่กันฟังถึงความรู้ที่ได้จากการทำกิจกรรม และปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการทำกิจกรรม

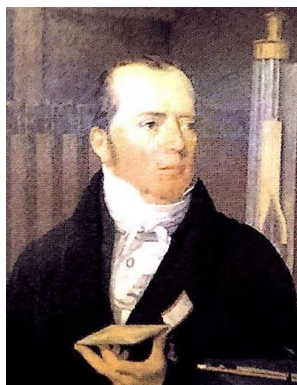
7. กิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ

1.1 ครูทบทวนความรู้เดิมในหัวข้อ 15.1.2 เรื่อง ฟลักซ์แม่เหล็ก

1.2 ครูนำเข้าสู่บทเรียน โดยนำรูปนักวิทยาศาสตร์ท่านหนึ่งให้นักเรียนศึกษา พร้อมตั้งคำถามให้

นักเรียนตอบ



คำถาม นักวิทยาศาสตร์คนนี้เชื่อว่าจะไร

แนวการตอบ อันส์ คริสเตียน เออร์สเทด

คำถาม นักวิทยาศาสตร์คนนี้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับอะไร

แนวการตอบ ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าสนามแม่เหล็ก

1.3 ครูตั้งคำถามเพื่อนำเข้าสู่การทำกิจกรรม

1) กระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำที่มีฉนวนหุ้มมาขดเป็นวงกลมหลาย ๆ วง เรียงซ้อนกันเป็นรูปทรงกระบอก เรียกว่า โซเลนอยด์ (solenoid) มีลักษณะอย่างไร

2) วางเข็มทิศบนพื้นราบ เข็มทิศจะวางตัวอย่างไร (แนวการตอบ เข็มทิศจะวางตัวในแนวเหนือใต้)

3) สนามแม่เหล็กที่เกิดจากกระแสไฟฟ้าที่ผ่านลวดตัวนำมีลักษณะอย่างไร

ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา

2.1 นักเรียนแบ่งกลุ่มๆ ละ 5-6 คน โดยแต่ละเพศ แต่ละความสามารถ

2.2 นักเรียนแต่ละกลุ่มศึกษาใบกิจกรรม เรื่อง สนามแม่เหล็กที่เกิดจากกระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำ

2.3 ครูแจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้ อุปกรณ์ และขั้นตอนการทำกิจกรรมอย่างละเอียด

2.4 นักเรียนรับอุปกรณ์ พร้อมติดตั้งอุปกรณ์

2.5 นักเรียนแต่ละกลุ่มทำกิจกรรม สังเกตและบันทึกผลการทำกิจกรรม ลงในใบกิจกรรมที่ครูแจกให้

ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป

3.1 นักเรียนแต่ละกลุ่มส่งตัวแทนออกมานำเสนอผลการทำกิจกรรมหน้าชั้นเรียน

3.2 ครูนำนักเรียนอภิปรายเพื่อนำไปสู่การสรุป โดยใช้คำถามต่อไปนี้

1) นักเรียนแต่ละกลุ่มได้ผลการสืบค้นและผลการทดลองเหมือนกันหรือต่างกันอย่างไร เพราะเหตุใด

2) แนวการเรียงตัวของผงเหล็กของสามกรณีเมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำเหมือนหรือต่างกันอย่างไร

(แนวการตอบ แตกต่างกันโดย

- กรณีลวดตัวนำเส้นตรงผงเหล็กจะเรียงตัวเป็นวงกลมรอบเส้นลวด

- กรณีลวดตัวนำวงกลมบริเวณใกล้ ๆ ลวดตัวนำ ผงเหล็กจะเรียงตัวเป็นวงกลมรอบเส้นลวด คล้ายกรณีลวดตัวนำเส้นตรง แต่บริเวณกึ่งกลางของลวดตัวนำวงกลม ผงเหล็กมีการเรียงตัวตั้งฉากกับระนาบลวดตัวนำวงกลม

- กรณีโซเลนอยด์ บริเวณภายในโซเลนอยด์ผงเหล็กมีการเรียงตัวอยู่ในแนวแกนโซเลนอยด์ ภายนอกกรอบ ๆ โซเลนอยด์ ผงเหล็กจะเรียงตัวคล้ายกับการเรียงตัวของผงเหล็กรอบแท่งแม่เหล็ก)

3) ขณะไม่มีกระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำกับเมื่อมีกระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำ การวางตัวของเข็มทิศต่างกันหรือไม่ อย่างไร

(แนวการตอบ ขณะที่ยังไม่มีกระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำ เข็มทิศ ณ ตำแหน่งต่าง ๆ วางตัวอยู่ในแนวเดียวกัน (ในแนวสนามแม่เหล็กโลก) ส่วนกรณีที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำจะเห็นเข็มทิศแต่ละตำแหน่งเบนไปจากแนวเดิม)

3.3 นักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายและสรุปผลการทำกิจกรรม เรื่อง สนามแม่เหล็กที่เกิดจากกระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำ ดังนี้

ในกรณีกระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำเส้นตรง แล้วโรยผงเหล็กรอบ ๆ จะสังเกตเห็นผงเหล็กเรียงตัวเป็นวงกลมรอบลวดตัวนำ เมื่อนำเข็มทิศมาวางรอบลวดตัวนำเส้นตรงตามการเรียงตัวของผงเหล็ก จะทราบทิศทางของสนามแม่เหล็ก โดยทิศทางของสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นเมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำ เส้นตรงมีทิศทางกรณีลวดตัวนำวงกลม เมื่อให้กระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำวงกลม จะสังเกตเห็นผงเหล็กเรียงตัวเป็นวงรอบลวดตัวนำ เมื่อนำเข็มทิศวางรอบเส้นลวดตัวนำทั้งสองข้าง จะได้ทิศทางของสนามแม่เหล็ก บริเวณโดยรอบมีทิศทาง กรณีโซเลนอยด์บริเวณภายในโซเลนอยด์ผงเหล็กมีการเรียงตัวอยู่ในแนวแกนโซเลนอยด์ ภายนอกกรอบ ๆ โซเลนอยด์ ผงเหล็กจะเรียงตัวคล้ายกับการเรียงตัวของผงเหล็กรอบแท่งแม่เหล็ก

ขั้นที่ 4 ขันขยายความรู้

4.1 ครูให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับแนวการเรียงตัวของผงเหล็ก และการหาทิศทางของสนามแม่เหล็ก ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน หน้า 18-23

4.2 ครูให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับขวนคิด หน้า 19

- จากรูป 15.11 เมื่อกลับทิศทางของกระแสไฟฟ้า สนามแม่เหล็กจะมีทิศทางอย่างไร

แนวคำตอบ สนามแม่เหล็กจะมีทิศทางตรงข้ามกับสนามแม่เหล็กก่อนกลับทิศทางของกระแสไฟฟ้า เช่นจากรูป 15.11 สนามแม่เหล็กมีทิศทางทวนเข็มนาฬิกา เมื่อกลับทิศทางของกระแสไฟฟ้า สนามแม่เหล็กจะมีทิศทางตามเข็มนาฬิกา หากกลับทิศทางของกระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำ

4.3 ครูให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับแนวการเรียงตัวของผงเหล็ก ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน หน้า 18-20

4.4 ครูนำนักเรียนศึกษาเกี่ยวกับคำถามตรวจสอบความเข้าใจ 15.1

ขั้นที่ 5 ขันประเมินผล

5.1 นักเรียนส่งใบกิจกรรม เรื่อง สนามแม่เหล็กจากกระแสไฟฟ้าผ่านเส้นลวดตัวนำ

ประยุกต์และตอบแทนสังคม

ครูให้นักเรียนแต่ละคนนำความรู้ที่เรียนไปค้นคว้าเพิ่มเติมที่ห้องสมุด หรือเว็บไซต์ แล้วนำเสนอในชั้นเรียน

8. สื่อการเรียนรู้/แหล่งเรียนรู้

8.1 หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฟิสิกส์) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เล่ม 5 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560)

8.2 ใบกิจกรรม เรื่อง สนามแม่เหล็กจากกระแสไฟฟ้าผ่านเส้นลวดตัวนำ

8.3 ใบความรู้ เรื่อง สนามแม่เหล็กจากกระแสไฟฟ้าผ่านเส้นลวดตัวนำ

8.4 อินเทอร์เน็ต

8.5 ห้องสมุด

9. การวัดและประเมินผล

จุดประสงค์การเรียนรู้	วิธีการวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
ด้านความรู้ (K)			
1) นักเรียนอธิบายสนามแม่เหล็กของลวดตัวนำเส้นตรง ลวดตัวนำวงกลม และโซเลนอยด์ที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านได้	1) ตรวจใบกิจกรรม เรื่อง สนามแม่เหล็กจากกระแสไฟฟ้าผ่านเส้นลวดตัวนำ	1) แบบประเมินการทำกิจกรรม 2) ใบกิจกรรม เรื่อง สนามแม่เหล็กจากกระแสไฟฟ้าผ่านเส้นลวดตัวนำ	1) นักเรียนสามารถสรุปผลการทำกิจกรรมได้ระดับดีผ่านเกณฑ์
ด้านกระบวนการ (P)			
1) นักเรียนทดลองและสังเกตสนามแม่เหล็กของลวดตัวนำเส้นตรง ลวดตัวนำวงกลม และโซเลนอยด์ที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านได้	1) ตรวจใบกิจกรรม เรื่อง สนามแม่เหล็กจากกระแสไฟฟ้าผ่านเส้นลวดตัวนำ	1) แบบประเมินการทำกิจกรรม 2) ใบกิจกรรม เรื่อง สนามแม่เหล็กจากกระแสไฟฟ้าผ่านเส้นลวดตัวนำ	1) นักเรียนสามารถบันทึกผลการทำกิจกรรมได้ระดับดีผ่านเกณฑ์
ด้านคุณลักษณะ (A)			
1) ใฝ่เรียนรู้และมุ่งมั่นในการทำงาน	1) ตรวจใบกิจกรรม เรื่อง สนามแม่เหล็กจากกระแสไฟฟ้าผ่านเส้นลวดตัวนำ	1) แบบประเมินการทำกิจกรรม 2) ใบกิจกรรม เรื่อง สนามแม่เหล็กจากกระแสไฟฟ้าผ่านเส้นลวดตัวนำ	1) นักเรียนทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายได้ระดับดี ผ่านเกณฑ์

10. เกณฑ์การประเมินผลงานนักเรียน

เกณฑ์การประเมินแบบ Rubrics ของการทำกิจกรรม เรื่อง สนามแม่เหล็กจากกระแสไฟฟ้าผ่านเส้นลวดตัวนำ

ประเด็นการประเมิน	ค่าน้ำหนักคะแนน	แนวทางการให้คะแนน
ด้านความรู้ (K)	3	สรุปผลการทำกิจกรรมได้ถูกต้องครบถ้วน
	2	สรุปผลการทำกิจกรรมค่อนข้างถูกต้องครบถ้วน
	1	สรุปผลการทำกิจกรรม แต่ไม่ถูกต้อง
ด้านกระบวนการ (P)	3	บันทึกผลกิจกรรมได้ถูกต้องครบถ้วน
	2	บันทึกผลกิจกรรมค่อนข้างถูกต้องครบถ้วน
	1	บันทึกผลกิจกรรม แต่ไม่ถูกต้อง
ด้านคุณลักษณะ (A)	3	ทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายเสร็จภายในเวลาที่กำหนด และเรียบร้อยถูกต้องครบถ้วน
	2	ทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายเสร็จภายในเวลาที่กำหนด แต่งานยังผิดพลาดบางส่วน
	1	ทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายเสร็จ แต่ล่าช้า และเกิดข้อผิดพลาดบางส่วน

ระดับคะแนน

คะแนน	3	หมายถึง	ระดับดีมาก
คะแนน	2	หมายถึง	ระดับดี
คะแนน	1	หมายถึง	ระดับพอใช้

การประเมินการทำกิจกรรม เรื่อง สนามแม่เหล็กจากกระแสไฟฟ้าผ่านเส้นลวดตัวนำ

ที่	ชื่อ - นามสกุล	จุดประสงค์การเรียนรู้			รวม คะแนน	ระดับ คุณภาพ
		ด้านความรู้ (K)	ด้าน กระบวนการ (P)	ด้าน คุณลักษณะ (A)		
		3	3	3	9	
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28						

ที่	ชื่อ - นามสกุล	จุดประสงค์การเรียนรู้			รวม คะแนน	ระดับ คุณภาพ
		ด้านความรู้ (K)	ด้าน กระบวนการ (P)	ด้าน คุณลักษณะ (A)		
		3	3	3		
29						
30						
31						
32						
33						
34						
35						
36						
37						
38						
39						
40						

ระดับคุณภาพ

คะแนน	9	หมายถึง	ระดับดีมาก
คะแนน	7-8	หมายถึง	ระดับดี
คะแนน	5-6	หมายถึง	ระดับปานกลาง
คะแนน	3-4	หมายถึง	ระดับปรับปรุง

บันทึกหลังการสอน

หน่วยการเรียนรู้ที่ 15 เรื่อง แม่เหล็กและไฟฟ้า
แผนการสอนที่ 3 เรื่อง สนามแม่เหล็กจากกระแสไฟฟ้าผ่านเส้นลวดตัวนำ
วันที่ เดือน พ.ศ.

ผลการจัดการเรียนรู้

ปัญหา / อุปสรรค

ข้อเสนอแนะ/แนวทางแก้ปัญหา

ลงชื่อ.....ครูผู้สอน
(นางพิกุล นามปัดสา)

ลงชื่อ.....หัวหน้ากลุ่มสาระ
(นางธนพร สนามพล)

ใบกิจกรรม เรื่อง สนามแม่เหล็กจากกระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำ

1. รายชื่อสมาชิกที่ ชั้น

ชื่อ.....เลขที่.....

ชื่อ.....เลขที่.....

ชื่อ.....เลขที่.....

ชื่อ.....เลขที่.....

ชื่อ.....เลขที่.....

ชื่อ.....เลขที่.....

2. จุดประสงค์ของกิจกรรม

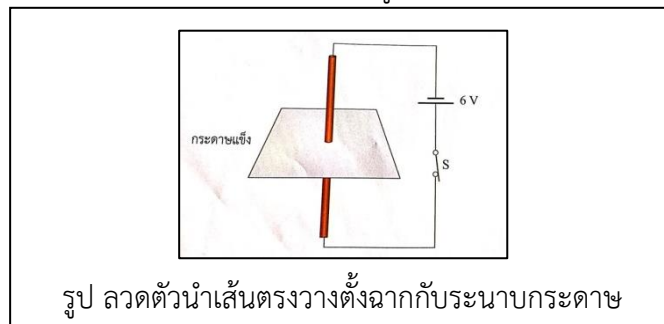
เพื่อสังเกตทิศทางของสนามแม่เหล็กที่เกิดจากกระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำเส้นตรง ลวดตัวนำวงกลม และโซเลนอยด์

3. วัสดุ-อุปกรณ์

1) ลวดตัวนำเส้นตรง	1	เส้น	6) พงเหล็ก	1	กล่อง
2) ลวดตัวนำวงกลม	1	ขด	7) สายไฟ	4	เส้น
3) โซเลนอยด์	1	ขด	8) กระดาษแข็ง	3	แผ่น
4) แบตเตอรี่ขนาด 1.5 โวลต์ 4 ก้อน พร้อมกระบะ 2 ชุด			9) สวิตช์	1	อัน
5) เข็มทิศ	5	อัน			

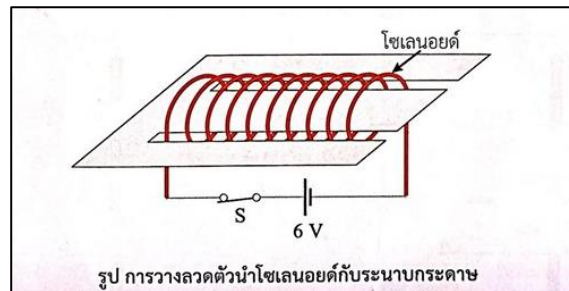
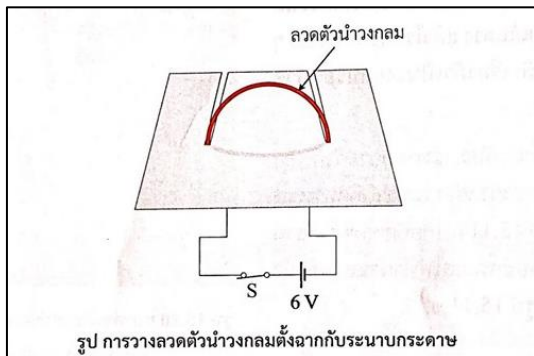
4. วิธีทำกิจกรรม

- 1) สอดลวดตัวนำเส้นตรงผ่านกระดาษแข็งตั้งฉากกับระนาบกระดาษ แล้วต่อปลายทั้งสองของลวดตัวนำกับกระแสไฟฟ้ากระแสตรง 6 โวลต์ จากแบตเตอรี่และสวิตช์ (ดังรูป)



- 2) เปิดสวิตช์แล้วโรยผงเหล็กรอบ ๆ จากนั้นเคาะกระดาษแข็งจนกระทั่งผงเหล็กเรียงตัวเป็นแนว
- 3) ปิดสวิตช์ สังเกตและวาดเส้นแนวการเรียงตัวของผงเหล็ก
- 4) วางเข็มทิศบนกระดาษแข็งตามแนวการเรียงตัวของผงเหล็ก ณ ตำแหน่งต่าง ๆ เปิดสวิตช์ สังเกตการวางตัวของเข็มทิศ ปิดสวิตช์ เขียนทิศทางบนเส้นแนวการเรียงตัวของเข็มทิศ

5) ทำซ้ำ ข้อ 1-4 โดยเปลี่ยนลวดตัวนำเส้นตรงเป็นลวดตัวนำวงกลมและโซเลนอยด์ (ดังรูป)



5. ผลการทำกิจกรรม

ตารางบันทึกผลการทำกิจกรรม

ที่	ลวดตัวนำ	แนวการเรียงตัวของผงเหล็ก
1	ลวดตัวนำเส้นตรง	
2	ลวดตัวนำวงกลม	
3	โซเลนอยด์	

6. คำถามท้ายกิจกรรม

1) แนวการเรียงตัวของวงเหล็กของสามกรณีเมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำเหมือนหรือต่างกันอย่างไร

[illegible]

2) ขณะไม่มีกระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำกับเมื่อมีกระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำ การวางตัวของเข็มทิศต่างกันหรือไม่ อย่างไร

ตอบ

.....

.....

.....

7. สรุปผลการทำกิจกรรม

[illegible]

เฉลยใบกิจกรรม เรื่อง สนามแม่เหล็กจากกระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำ

1. รายชื่อสมาชิกที่ ชั้น

ชื่อ.....เลขที่.....

ชื่อ.....เลขที่.....

ชื่อ.....เลขที่.....

ชื่อ.....เลขที่.....

ชื่อ.....เลขที่.....

ชื่อ.....เลขที่.....

2. จุดประสงค์ของกิจกรรม

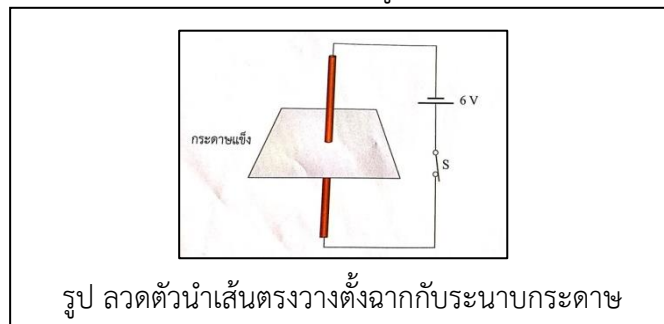
เพื่อสังเกตทิศทางของสนามแม่เหล็กที่เกิดจากกระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำเส้นตรง ลวดตัวนำวงกลม และโซเลนอยด์

3. วัสดุ-อุปกรณ์

1) ลวดตัวนำเส้นตรง	1	เส้น	6) พงเหล็ก	1	กล่อง
2) ลวดตัวนำวงกลม	1	ชุด	7) สายไฟ	4	เส้น
3) โซเลนอยด์	1	ชุด	8) กระดาษแข็ง	3	แผ่น
4) แบตเตอรี่ขนาด 1.5 โวลต์ 4 ก้อน พร้อมกระบะ 2 ชุด			9) สวิตช์	1	อัน
5) เข็มทิศ	5	อัน			

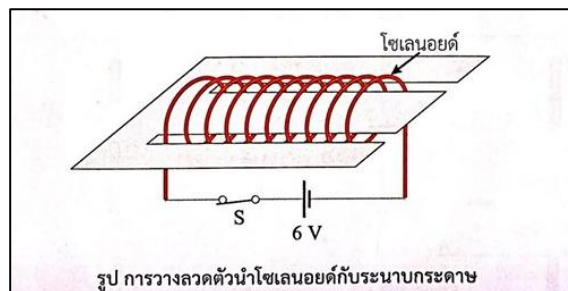
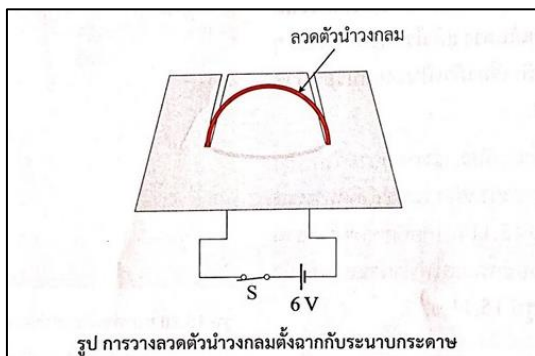
4. วิธีทำกิจกรรม

- 1) สอดลวดตัวนำเส้นตรงผ่านกระดาษแข็งตั้งฉากกับระนาบกระดาษ แล้วต่อปลายทั้งสองของลวดตัวนำกับกระแสไฟฟ้ากระแสตรง 6 โวลต์ จากแบตเตอรี่และสวิตช์ (ดังรูป)



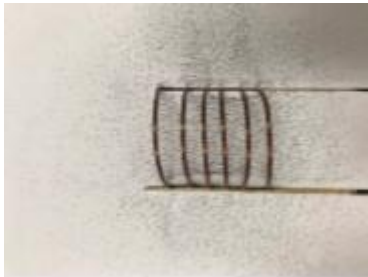
- 2) เปิดสวิตช์แล้วโรยผงเหล็กรอบ ๆ จากนั้นเคาะกระดาษแข็งจนกระทั่งผงเหล็กเรียงตัวเป็นแนว
- 3) ปิดสวิตช์ สังเกตและวาดเส้นแนวการเรียงตัวของผงเหล็ก
- 4) วางเข็มทิศบนกระดาษแข็งตามแนวการเรียงตัวของผงเหล็ก ณ ตำแหน่งต่าง ๆ เปิดสวิตช์ สังเกตการวางตัวของเข็มทิศ ปิดสวิตช์ เขียนทิศทางบนเส้นแนวการเรียงตัวของเข็มทิศ

5) ทำซ้ำ ข้อ 1-4 โดยเปลี่ยนลวดตัวนำเส้นตรงเป็นลวดตัวนำวงกลมและโซเลนอยด์ (ดังรูป)



5. ผลการทำกิจกรรม

ตารางบันทึกผลการทำกิจกรรม

ที่	ลวดตัวนำ	แนวการเรียงตัวของผงเหล็ก
1	ลวดตัวนำเส้นตรง	
2	ลวดตัวนำวงกลม	
3	โซเลนอยด์	

6. คำถามท้ายกิจกรรม

1) แนวการเรียงตัวของผงเหล็กของสามกรณีเมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำเหมือนหรือต่างกันอย่างไร

ตอบ แตกต่างกันโดย

- กรณีลวดตัวนำเส้นตรงผงเหล็กจะเรียงตัวเป็นวงกลมรอบเส้นลวด

- กรณีลวดตัวนำวงกลมบริเวณใกล้ ๆ ลวดตัวนำ ผงเหล็กจะเรียงตัวเป็นวงกลมรอบเส้นลวด คล้ายกรณีลวดตัวนำเส้นตรง แต่บริเวณกึ่งกลางของลวดตัวนำวงกลม ผงเหล็กมีการเรียงตัว ตั้งฉากกับระนาบลวดตัวนำวงกลม

- กรณีโซเลนอยด์บริเวณภายในโซเลนอยด์ผงเหล็กมีการเรียงตัวอยู่ในแนวแกนโซเลนอยด์ ภายนอกกรอบ ๆ โซเลนอยด์ ผงเหล็กจะเรียงตัวคล้ายกับการเรียงตัวของผงเหล็กรอบแท่งแม่เหล็ก

2) ขณะไม่มีกระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำกับเมื่อมีกระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำ การวางตัวของเข็มทิศต่างกันหรือไม่ อย่างไร

ตอบ ขณะที่ยังไม่มีกระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำ เข็มทิศ ณ ตำแหน่งต่าง ๆ วางตัวอยู่ในแนวเดียวกัน

(ในแนวสนามแม่เหล็กโลก) ส่วนกรณีที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำ จะเห็นเข็มทิศ แต่ละตำแหน่งเบนไปจากแนวเดิม

7. สรุปผลการทำกิจกรรม

จากการทำกิจกรรม พบว่า ในกรณีกระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำเส้นตรง แล้วโรยผงเหล็กกรอบ ๆ จะสังเกตเห็นผงเหล็กเรียงตัวเป็นวงกลมรอบลวดตัวนำ เมื่อนำเข็มทิศมาวางรอบลวดตัวนำเส้นตรงตามการเรียงตัวของผงเหล็ก จะทราบทิศทางของสนามแม่เหล็ก โดยทิศทางของสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นเมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำ เส้นตรงมีทิศทางกรณีลวดตัวนำวงกลม เมื่อให้กระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำวงกลม จะสังเกตเห็นผงเหล็กเรียงตัวเป็นวงรอบลวดตัวนำ เมื่อนำเข็มทิศวางรอบเส้นลวดตัวนำทั้งสองข้าง จะได้ทิศทางของสนามแม่เหล็ก บริเวณโดยรอบมีทิศทาง กรณีโซเลนอยด์บริเวณภายในโซเลนอยด์ผงเหล็กมีการเรียงตัวอยู่ในแนวแกนโซเลนอยด์ ภายนอกกรอบ ๆ โซเลนอยด์ ผงเหล็กจะเรียงตัวคล้ายกับการเรียงตัวของผงเหล็กรอบแท่งแม่เหล็ก

ใบความรู้ เรื่อง สนามแม่เหล็กจากกระแสไฟฟ้าผ่านเส้นลวดตัวนำ

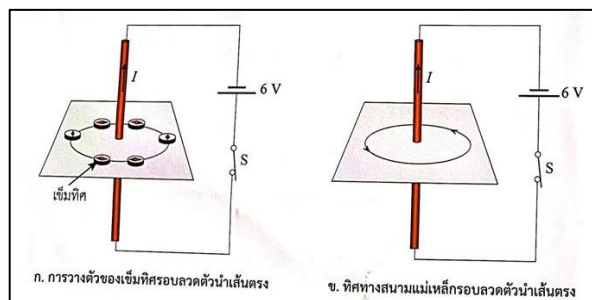
ในปี พศ. 2363 ฮันส์ คริสเตียน เออร์สเตด (Hans C. Oersted) ชาวเดนมาร์กสังเกตเห็นเข็มทิศเบนไปเมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำที่วางบนเข็มทิศ แสดงว่า กระแสไฟฟ้าทำให้เกิดสนามแม่เหล็กได้ สนามแม่เหล็กที่ได้จากกระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำที่เออร์สเตดพบ รวมทั้งกรณีอื่น ๆ เช่น กระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำที่มีฉนวนหุ้มมาขดเป็นวงกลมหลาย ๆ วง เรียงซ้อนกันเป็นรูปทรงกระบอก เรียกว่า โซเลนอยด์ (solenoid)

จากกิจกรรม 15.1 ในกรณีกระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำเส้นตรง แล้วโรยผงเหล็กกรอบ ๆ จะสังเกตเห็นผงเหล็กเรียงตัวเป็นวงกลมรอบลวดตัวนำ ดังรูป 15.10



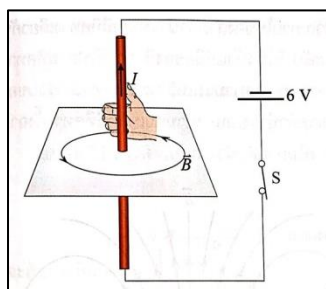
รูป 15.10 แนวการเรียงตัวของผงเหล็กรอบลวดตัวนำเส้นตรงที่มีกระแสไฟฟ้าผ่าน

เมื่อนำเข็มทิศมาวางรอบลวดตัวนำเส้นตรงตามการเรียงตัวของผงเหล็ก จะทราบทิศทางของ สนามแม่เหล็ก ดังรูป 15.11 ก. โดยทิศทางของสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นเมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำ เส้นตรงมีทิศทาง ดังรูป 15.11 ข.



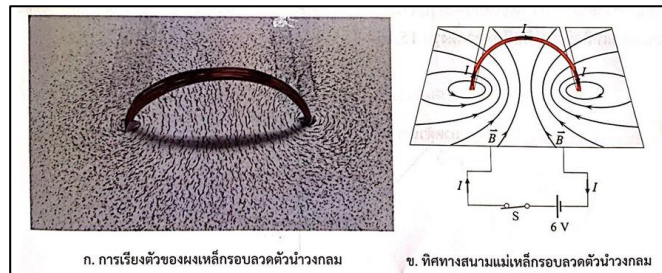
รูป 15.11 สนามแม่เหล็กรอบลวดตัวนำเส้นตรงเมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่าน

การหาทิศทางของสนามแม่เหล็กที่เกิดจาก กระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำนั้นทำได้โดยใช้นิ้วหัวแม่มือของมือขวาชี้ไปตามทิศทางของกระแสไฟฟ้า จากนั้นกำมือขวารอบลวดตัวนำเส้นตรง ทิศทางการวนของนิ้วทั้งสี่จะแสดงทิศทางของสนามแม่เหล็ก ดังรูป 15.12



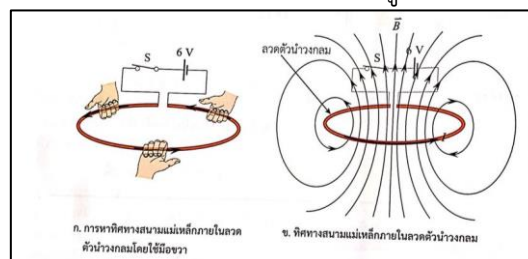
รูป 15.12 การหาทิศทางสนามแม่เหล็กรอบเส้นลวดที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านโดยใช้มือขวา

กรณีลวดตัวนำวงกลม เมื่อให้กระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำวงกลม จะสังเกตเห็นผงเหล็กเรียงตัวเป็นวงรอบลวดตัวนำดังรูป 15.13 เมื่อนำเข็มทิศวางรอบเส้นลวดตัวนำทั้งสองข้าง จะได้ทิศทางของ สนามแม่เหล็ก บริเวณโดยรอบมีทิศทาง ดังรูป 15.13 ข. ก.



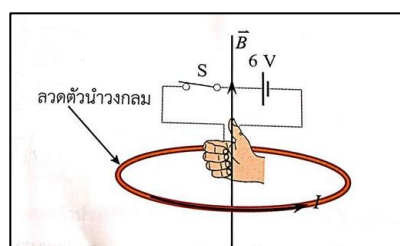
รูป 15.13 สนามแม่เหล็กรอบลวดตัวนำวงกลมเมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่าน

จากรูป 15.13 ข. จะเห็นว่าสนามแม่เหล็กบริเวณภายในของลวดตัวนำวงกลมมีทิศทางเดียวกัน หากพิจารณากรณีลวดตัวนำวงกลมอยู่ในแนวขนานกับระนาบระดับ ใช้นิ้วหัวแม่มือของมือขวาชี้ไปตามทิศทางของกระแสไฟฟ้าของลวดตัวนำวงกลมในแต่ละส่วน จะได้ทิศทางของสนามแม่เหล็กตามทิศทางการวนของ นิ้วทั้งสี่ ดังรูป 15.14 ก. จึงสรุปได้ว่าบริเวณพื้นที่ภายในขดลวดตัวนำวงกลม สนามแม่เหล็กมีทิศทางตั้งฉาก กับระนาบของลวดตัวนำ สามารถเขียนเส้นสนามแม่เหล็กภายในลวดตัวนำวงกลมได้ ดังรูป 15.14 ข.



รูป 15.14 สนามแม่เหล็กรอบลวดตัวนำวงกลมเมื่อระนาบขดลวดอยู่ในแนวขนานกับระนาบระดับและมีกระแสไฟฟ้าผ่าน

นอกจากวิธีการข้างต้นอาจหาทิศทางของสนามแม่เหล็กได้อีกวิธีหนึ่ง ดังนี้กำมือขวาบนระนาบขดลวดตัวนำ โดยให้นิ้วทั้งสี่ส่วนตามทิศทางของกระแสไฟฟ้า นิ้วหัวแม่มือจะชี้ไปตามทิศทางของ สนามแม่เหล็กที่ผ่านพื้นที่ขดลวด ดังรูป 15.15



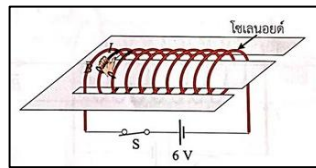
รูป 15.15 การหาทิศทางของสนามแม่เหล็กของลวดตัวนำวงกลมที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านอีกวิธีหนึ่ง

กรณีเมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่านโซเลนอยด์ จะสังเกตเห็นการเรียงตัวของผงเหล็ก มีลักษณะดังรูป 15.16



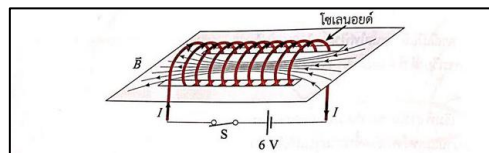
รูป 15.16 การเรียงตัวของผงเหล็กเมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่านโซเลนอยด์

เริ่มพิจารณาขดลวดวงกลมสองวงของโซเลนอยด์ สนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นสามารถใช้มือขวาในการหาทิศทางได้ โดยใช้นิ้วหัวแม่มือชี้ไปตามทิศทางของกระแสไฟฟ้า ทิศทางการวนของนิ้วทั้งสี่ จะแสดงทิศทางของสนามแม่เหล็ก แสดงได้ดังรูป 15.17



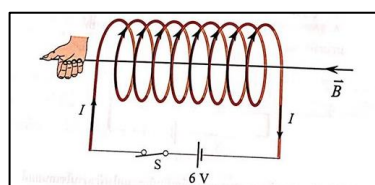
รูป 15.17 การหาทิศทางสนามแม่เหล็กเมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่านโซเลนอยด์

จะเห็นว่าบริเวณภายในของขดลวดวงกลมวงที่อยู่ติดกัน ทิศทางของสนามแม่เหล็กจะทิศทางเดียวกัน เมื่อพิจารณาขดลวดวงกลมซ้อนกันหลายวง สนามแม่เหล็กจึงรวมกันทำให้เกิดสนามแม่เหล็กบริเวณแกนของโซเลนอยด์มีขนาดมากกว่าบริเวณอื่น ทิศทางสนามแม่เหล็กด้านนอกโซเลนอยด์จะมีทิศทางออกจากปลายด้านหนึ่ง และเข้าสู่ปลายอีกด้านหนึ่งตามแกนโซเลนอยด์ มีลักษณะคล้ายกับสนามแม่เหล็กจากแท่งแม่เหล็ก จึงสรุปได้ว่าโซเลนอยด์ที่มีกระแสไฟฟ้าผ่าน สามารถเขียนเส้นสนามแม่เหล็กได้ ดังรูป 15.18



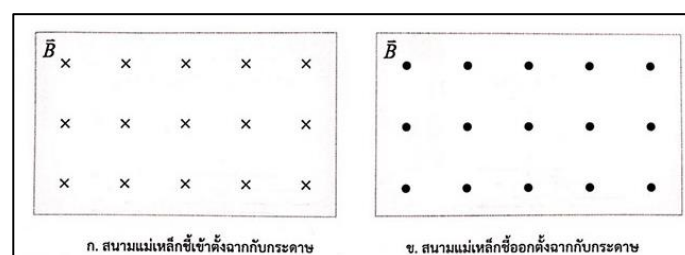
รูป 15.18 เส้นสนามแม่เหล็กของโซเลนอยด์เมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่าน

การหาทิศทางของสนามแม่เหล็กในแนวแกนของโซเลนอยด์ อีกวิธีหนึ่งคล้ายกับการหาทิศทาง ของสนามแม่เหล็กของลวดตัวนำวงกลม โดยใช้มือขวาวนนิ้วทั้งสี่ไปตามทิศทางของกระแสไฟฟ้าที่ผ่านลวดตัวนำ นิ้วหัวแม่มือจะชี้ทิศทางของสนามแม่เหล็ก ดังรูป 15.19



รูป 15.19 การหาทิศทางสนามแม่เหล็กของโซเลนอยด์โดยใช้มือขวา

การเขียนทิศทางของสนามแม่เหล็กนอกจากการเขียนเส้นลูกศรแสดงทิศทางแล้ว ยังใช้สัญลักษณ์ X แสดงสนามแม่เหล็กที่ชี้เข้าต้งฉากกับกระดาษ ดังรูป 15.20 ก. และใช้สัญลักษณ์ • แสดง สนามแม่เหล็กที่ชี้ออกต้งฉากกับกระดาษ ดังรูป 15.20 ข.



รูป 15.20 การใช้สัญลักษณ์ X และ • แสดงทิศทางของสนามแม่เหล็ก

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4

เรื่อง แรงแม่เหล็กกระทำต่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้า

รายวิชา ฟิสิกส์ 5

รหัสวิชา ว30204

เวลา 2 ชั่วโมง

หน่วยการเรียนรู้ที่ 15

ชื่อหน่วยการเรียนรู้ แม่เหล็กและไฟฟ้า

รวม 28 ชั่วโมง

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 1

หัวหน้ากลุ่มสาระ นางธนพร สนามพล

ครูผู้สอน นางพิกุล นามปัดสา

บูรณาการ

- | | | | |
|---|--------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------|
| ☐ ปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง | ☐ อาเซียน | ☐ STEM | ☐ PLC |
| ☐ สวนพฤษภาคมโรงเรียน | ☐ มาตรฐานสากล | ☐ ชำมกลุ่มสาระ | |

1. สาระฟิสิกส์

3. เข้าใจแรงไฟฟ้าและกฎของคูลอมบ์ สนามไฟฟ้า ศักย์ไฟฟ้า ความจุไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และกฎของโอห์ม วงจรไฟฟ้ากระแสตรง พลังงาน ไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้า การเปลี่ยนพลังงานทดแทนเป็นพลังงานไฟฟ้า สนามแม่เหล็ก แรงแม่เหล็กที่กระทำกับประจุไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้า การเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้าและกฎของฟาราเดย์ ไฟฟ้า กระแสสลับ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและการสื่อสาร รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

2. ผลการเรียนรู้

2. อธิบายและคำนวณแรงแม่เหล็กที่กระทำต่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก แรงแม่เหล็กที่กระทำต่อเส้นลวดที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านและวางในสนามแม่เหล็ก รัศมีความโค้งของการเคลื่อนที่เมื่อ ประจุเคลื่อนที่ตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก รวมทั้งอธิบายแรงระหว่างเส้นลวดตัวนำคู่ขนานที่มีกระแสไฟฟ้าผ่าน

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

3.1 ด้านความรู้ (K)

- 1) นักเรียนอธิบายแรงแม่เหล็กที่กระทำต่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็กได้
- 2) นักเรียนอธิบายรัศมีความโค้งของการเคลื่อนที่ของอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ตั้งฉากกับสนามแม่เหล็กได้

3.2 ด้านกระบวนการ (P)

- 1) นักเรียนคำนวณหาแรงแม่เหล็กที่กระทำต่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก รวมทั้งปริมาณที่เกี่ยวข้องได้
- 2) นักเรียนคำนวณหารัศมีความโค้งของการเคลื่อนที่ของอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก รวมทั้งปริมาณที่เกี่ยวข้องได้

3.3 ด้านคุณลักษณะ (A)

- 1) ใฝ่เรียนรู้และมุ่งมั่นในการทำงาน

4. สารสำคัญ

เมื่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้า $+q$ เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว v ทำมุม θ กับสนามแม่เหล็ก B จะมีขนาดของแรงแม่เหล็กกระทำต่ออนุภาค ตามสมการ $F = qvB\sin\theta$ ทิศทางของแรงแม่เหล็ก หาได้โดยใช้มือขวา ชี้นิ้วทั้งสี่ไปตามทิศทางของความเร็ว แล้วนิ้วหัวแม่มือชี้ไปหาทิศทางสนามแม่เหล็ก นิ้วหัวแม่มือจะชี้ทิศทางของแรงแม่เหล็กซึ่งตั้งฉากกับความเร็วและสนามแม่เหล็ก หากเป็นประจุลบแรงที่กระทำต่อประจุลบจะมีทิศทางตรงข้ามกับทิศทางของนิ้วหัวแม่มือ กรณีที่อนุภาคเคลื่อนที่อยู่ในสนามแม่เหล็กโดยทิศทางความเร็วของอนุภาคตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก อนุภาคจะเคลื่อนที่แบบวงกลมในสนามแม่เหล็ก โดยมีรัศมีความโค้งของการเคลื่อนที่ r ตามสมการ $r = \frac{mv}{qB}$

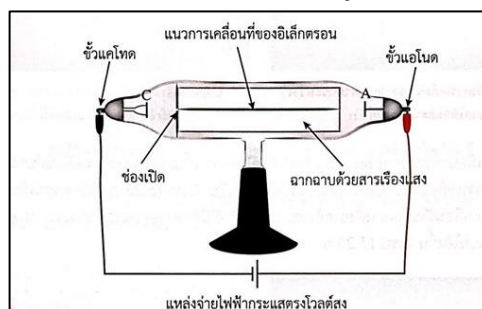
5. สารการเรียนรู้

5.1 ความรู้

แรงแม่เหล็กกระทำต่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้า

เมื่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าอยู่ในสนามไฟฟ้า จะเกิดแรงไฟฟ้ากระทำต่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้านั้น หากอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก จะเกิดแรงแม่เหล็กกระทำต่ออนุภาคนั้น

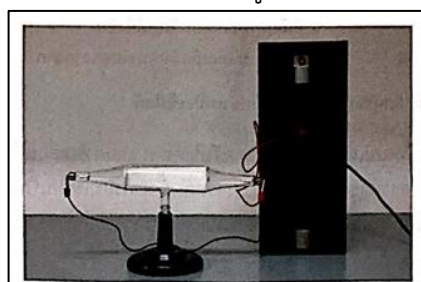
หลอดรังสีแคโทดเป็นหลอดสุญญากาศชนิดหนึ่ง ประกอบด้วยขั้วแคโทดและขั้วแอโนด สำหรับต่อเข้ากับขั้วลบและขั้วบวกของแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงโวลต์สูง ตามลำดับดังรูป



รูป ตัวอย่างหลอดรังสีแคโทด

เมื่อต่อแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงโวลต์สูงเข้ากับขั้วแคโทดและแอโนด ทำให้อิเล็กตรอนหลุดจากแผ่นแคโทด C เคลื่อนที่ผ่านฉากที่ฉาบด้วยสารเรืองแสง (phosphor) ไปยังแผ่นแอโนด A ซึ่งมีศักย์ไฟฟ้าสูงกว่าแผ่นแคโทด C ทำให้ปรากฏเป็นแนวสว่างขึ้น เรียกว่า **แนวการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอน**

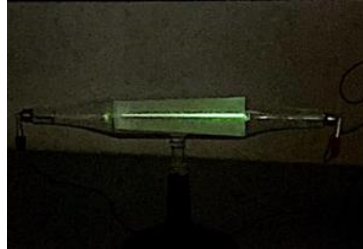
ต่อขั้วแคโทดของหลอดรังสีแคโทดเข้ากับขั้วลบ และต่อขั้วแอโนดเข้ากับขั้วบวกของแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงโวลต์สูง (12 000 – 15 000 โวลต์) ดังรูป 15.21



รูป 15.21 การจัดอุปกรณ์

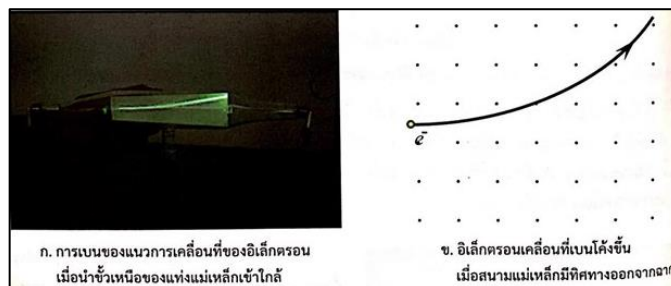
เปิดสวิตช์ให้เครื่องจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงโวลต์สูงทำงาน สังเกตผลที่เกิดขึ้นในกรณีนำขั้วเหนือของแท่งแม่เหล็กเข้าใกล้หลอดรังสีแคโทด ในทิศทางตั้งฉากกับแนวการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนและในกรณีสลับขั้วแท่งแม่เหล็กเป็นขั้วใต้

จากสถานการณ์ข้างต้น เมื่อเปิดสวิตช์แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงโวลต์สูง หลอดรังสีแคโทดทำงาน จะเห็นแนวสว่างหรือแนวการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนเป็นเส้นตรงเกิดขึ้นระหว่างขั้วแคโทดและขั้วแอโนด ดังรูป 15.22



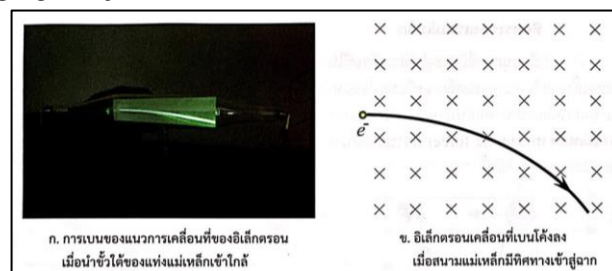
รูป 15.22 แนวการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนระหว่างขั้วแคโทดและขั้วแอโนด

เมื่อนำขั้วเหนือของแท่งแม่เหล็กเข้าใกล้ในทิศทางตั้งฉากกับแนวการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอน จะเห็นว่าแนวการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนเบนไปจากแนวเดิม ดังรูป 15.23 ก. อิเล็กตรอนเป็นอนุภาคประจุไฟฟ้าลบเคลื่อนที่ในทิศทางตั้งฉากกับสนามแม่เหล็กที่มีทิศทางออกจากฉาก แนวการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนจะเบนโค้งขึ้น ดังรูป 15.23 ข.



รูป 15.23 การเบนของแนวการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนเมื่อนำแม่เหล็กขั้วเหนือเข้าใกล้

เมื่อสลับขั้วแท่งแม่เหล็ก โดยนำขั้วใต้ของแท่งแม่เหล็กเข้าใกล้หลอดรังสีแคโทด แนวการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนจะเบนจากแนวเดิมในทิศทางเบนโค้งลง ดังรูป 15.24 ก. การสลับขั้วแท่งแม่เหล็กเป็นการเปลี่ยนทิศทางของสนามแม่เหล็ก ทำให้สนามแม่เหล็กมีทิศทางเข้าสู่ฉาก ทำให้แนวการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนเบนโค้งลง ดังรูป 15.24 ข.

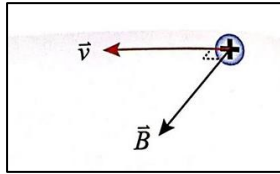


รูป 15.24 การเบนของแนวการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนเมื่อนำแม่เหล็กขั้วใต้เข้าใกล้

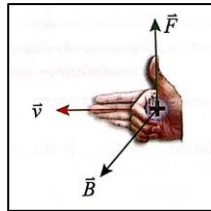
การที่อิเล็กตรอนภายในหลอดรังสีแคโทดเคลื่อนที่เบนโค้งในสนามแม่เหล็ก แสดงว่ามีแรงเนื่องจากสนามแม่เหล็กกระทำต่ออิเล็กตรอน

ทิศทางของแรงแม่เหล็ก

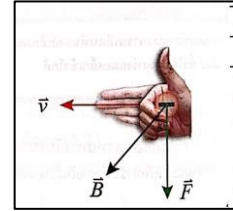
เมื่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ในทิศทางตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก จะมีแรงเนื่องจากสนามแม่เหล็กกระทำต่ออนุภาคนั้น หรือเรียกว่า **แรงแม่เหล็ก (magnetic force)** พิจารณาทิศทางและขนาดของแรงได้ดังนี้



ก. อนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าบวกเคลื่อนที่ในทิศทางตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก



ข. ทิศทางของแรงแม่เหล็กที่กระทำต่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าบวก โดยใช้มือขวา



ค. ทิศทางของแรงแม่เหล็กที่กระทำต่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าลบ โดยใช้มือขวา

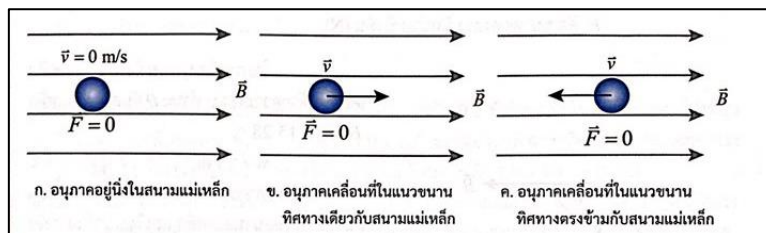
รูป 15.25 การหาทิศทางของแรงกระทำต่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก

ทิศทางของแรงแม่เหล็กที่กระทำต่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าบวกเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว (v) ในทิศทางตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก ($\vec{B}$) ดังรูป 15.25 ก. หาทิศทางของแรงแม่เหล็กที่กระทำต่ออนุภาคโดยใช้มือขวา ชี้นิ้วทั้งสี่ไปตามทิศทางของความเร็ว แล้วนิ้วหัวแม่มือชี้ทิศทางสนามแม่เหล็ก นิ้วหัวแม่มือจะชี้ทิศทางของแรง ($\vec{F}$) ดังรูป 15.25 ข.

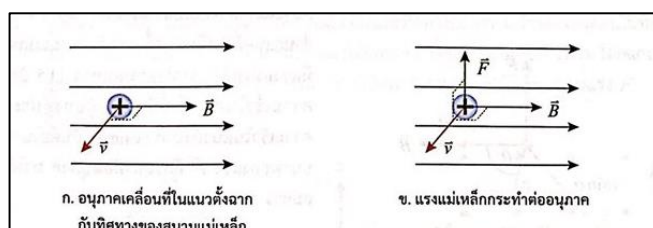
สำหรับการหาทิศทางของแรงที่กระทำต่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าลบ ยังคงใช้มือขวา ในการหาทิศทางของแรง $\vec{F}$ ได้ แต่ทิศทางของแรงที่กระทำต่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าลบจะมีทิศทางตรงข้ามกับทิศของนิ้วหัวแม่มือ ดังรูป 15.25 ค.

ขนาดของแรงแม่เหล็ก

สำหรับอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าแต่อยู่นิ่ง ในสนามแม่เหล็ก ดังรูป 15.26 ก. หรือเคลื่อนที่ในแนวขนานกับทิศทางสนามแม่เหล็ก ดังรูป 15.26 ข. และ 15.26 ค. ตามลำดับ จะไม่มีแรงแม่เหล็กกระทำกับอนุภาคนั้น



รูป 15.26 แรงแม่เหล็กที่กระทำต่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าที่อยู่นิ่งหรือเคลื่อนที่ขนานกับสนามแม่เหล็กมีค่าเป็นศูนย์



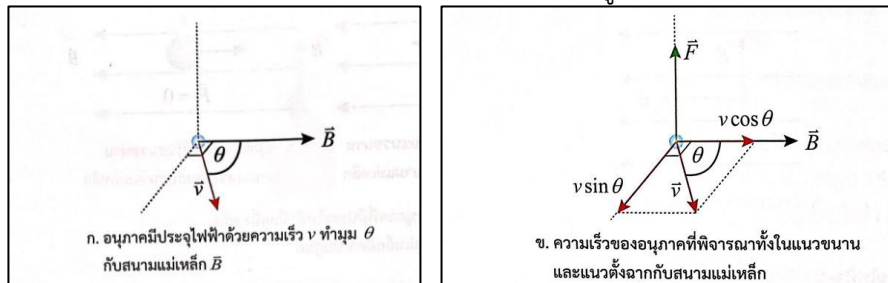
รูป 15.27 แรงแม่เหล็กที่กระทำต่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าและเคลื่อนที่ตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก

แต่ในกรณีอนุภาคเคลื่อนที่ในแนวตั้งฉากกับทิศทางของสนามแม่เหล็ก ดังรูป 15.27 ก. จะมีแรงแม่เหล็กกระทำต่ออนุภาค ดังรูป 15.27 ข. โดยขนาดแรงแม่เหล็กหาได้จากสมการ

$$F = qvB$$

เมื่อ	F	คือ	ขนาดของแรง	มีหน่วย นิวตัน (N)
	q	คือ	ขนาดของประจุไฟฟ้า	มีหน่วย คูลอมบ์ (C)
	v	คือ	ขนาดของความเร็ว	มีหน่วย เมตรต่อวินาที (m/s)
	B	คือ	ขนาดของสนามแม่เหล็ก	มีหน่วย เทสลา (T)

ในกรณีอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว v ทำมุม θ กับสนามแม่เหล็ก $\vec{B}$ ดังรูป 15.28 ก. พิจารณาได้ว่าอนุภาคนี้น้องค์ประกอบความเร็วของการเคลื่อนที่ทั้งในแนวขนานกับสนามแม่เหล็ก และในแนวตั้งฉากกับสนามแม่เหล็กพร้อมกัน ดังรูป 15.28 ข.



รูป 15.28 อนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว v ทำมุม θ กับสนามแม่เหล็ก $\vec{B}$

การเคลื่อนที่ในแนวขนานกับสนามแม่เหล็กจะไม่มีแรงแม่เหล็กกระทำต่ออนุภาค ส่วนการเคลื่อนที่ในแนวตั้งฉากกับสนามแม่เหล็กจะมีแรงแม่เหล็กกระทำตามสมการ $F = qvB$ โดยความเร็วในสมการนี้มีค่าเท่ากับองค์ประกอบความเร็วในแนวตั้งฉาก ($v \sin \theta$) นั่นคือในกรณีนี้ขนาดของแรง $\vec{F}$ ที่กระทำต่ออนุภาค หาได้จากสมการ

$$F = q(v \sin \theta)B$$

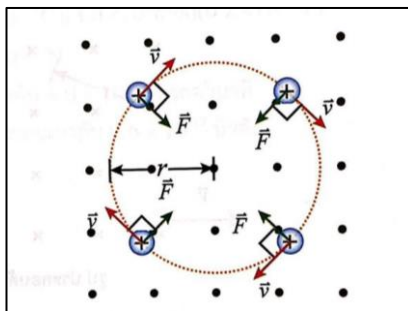
$$F = qvB \sin \theta$$

เมื่อ θ เป็นมุมระหว่างความเร็ว v ของอนุภาคกับสนามแม่เหล็ก $\vec{B}$

การเคลื่อนที่ของอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าในสนามแม่เหล็ก

เมื่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็กจะมีแรงแม่เหล็กกระทำต่ออนุภาค ดังกล่าว หากความเร็วของอนุภาคนี้นี้มีทิศทางตั้งฉากกับสนามแม่เหล็กตลอดเวลา อนุภาคจะมีการเคลื่อนที่เป็นแบบใด พิจารณาได้ดังนี้

เมื่ออนุภาคมีประจุไฟฟ้าบวก q มวล m เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว v ในทิศทางตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก $\vec{B}$ แรงแม่เหล็ก $\vec{F}$ ที่เกิดขึ้นมีทิศทางตั้งฉากกับความเร็วตลอดเวลา ทำให้อนุภาคมีประจุไฟฟ้าบวกเคลื่อนที่แบบวงกลมในสนามแม่เหล็ก ดังรูป 15.29



รูป 15.29 อนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าบวกเคลื่อนที่แบบวงกลมในสนามแม่เหล็ก

พิจารณารัศมีการเคลื่อนที่แบบวงกลม (r) ของอนุภาคมีประจุไฟฟ้าได้ดังนี้
แรงแม่เหล็กตั้งฉากกับความเร็วตลอดเวลาและทำหน้าที่เป็นแรงสู่ศูนย์กลาง จะได้

$$F = F_c$$

$$qvB = \frac{mv^2}{R} \quad \text{หรือ} \quad r = \frac{mv}{qB}$$

เมื่อ r คือ รัศมีการเคลื่อนที่แบบวงกลมของอนุภาคมวล m ที่มีประจุไฟฟ้า q

5.2 กระบวนการ

- 1) ความสามารถในการสื่อสาร (อ่าน ฟัง พูด เขียน)
- 2) ความสามารถในการคิด (สังเกต วิเคราะห์ จัดกลุ่ม สรุป)
- 3) ความสามารถในการแก้ปัญหา (แสวงหาความรู้)
- 4) ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต (ความรับผิดชอบ)
- 5) ความสามารถในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ (การใช้สืบค้นผ่านคอมพิวเตอร์)

5.3 คุณลักษณะและค่านิยม

ใฝ่เรียนรู้และมุ่งมั่นในการทำงาน

6. บูรณาการ

7. กิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ

1.1 ครูทบทวนความรู้เดิมในหัวข้อ 15.1.3 เรื่อง สนามแม่เหล็กที่เกิดจากกระแสไฟฟ้าผ่านลวด
ตัวนำ

1.2 ครูทบทวนเกี่ยวกับอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าอยู่ในสนามไฟฟ้าจะมีแรงเนื่องจากสนามไฟฟ้า
กระทำต่ออนุภาค

1.3 ครูตั้งคำถามเพื่อนำเข้าสู่การทำกิจกรรม

1) หากอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็กและไม่มีสนามแม่เหล็ก
จะเกิดแรงแม่เหล็กกระทำต่ออนุภาคนั้นหรือไม่ อย่างไร

2) ลักษณะการเคลื่อนที่ของอนุภาคเป็นอย่างไร

(ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นอย่างอิสระ โดยไม่คาดหวังคำตอบที่ถูกต้อง)

ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา

2.1 ครูสาธิตการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนในสนามแม่เหล็กด้วยหลอดรังสีแคโทด ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน (หรือเปิดคลิปวิดีโอ) จากนั้นให้นักเรียนสังเกตแนวการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอน

2.2 นักเรียนตอบคำถาม จำนวน 2 ข้อ ดังนี้ลงในสมุดของตนเอง

1) จากการสาธิต เมื่อไม่มีสนามแม่เหล็ก แนวการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนเป็นอย่างไร

2) จากการสาธิต เมื่อมีสนามแม่เหล็ก แนวการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนเป็นอย่างไร

2.3 ครูนำนักเรียนศึกษาเกี่ยวกับเนื้อหา ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน หน้า 27-36 จนได้สมการต่าง ๆ

2.4 ครูนำนักเรียนศึกษาตัวอย่าง 15.3 15.4 และ 15.5 ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน

2.5 นักเรียนทำคำถามตรวจสอบความเข้าใจ 15.2 ลงในสมุดของตนเอง

2.6 นักเรียนทำแบบฝึกหัด 15.2 ข้อ 1-2 ลงในสมุด

ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป

3.1 นักเรียนแต่ละกลุ่มส่งตัวแทนออกมานำเสนอผลการทำกิจกรรมหน้าชั้นเรียน

3.2 ครูนำนักเรียนอภิปรายเพื่อนำไปสู่การสรุป โดยใช้คำถามต่อไปนี้

1) จากการสาธิต เมื่อไม่มีสนามแม่เหล็ก แนวการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนเป็นอย่างไร

(แนวการตอบ เมื่อไม่มีสนามแม่เหล็กการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนเป็น แนวเส้นตรง แสดงว่าไม่มีแรงกระทำต่ออิเล็กตรอน)

2) จากการสาธิต เมื่อมีสนามแม่เหล็ก แนวการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนเป็นอย่างไร

(แนวการตอบ เมื่อมีสนามแม่เหล็ก โดยนำขั้วเหนือหรือขั้วใต้ของแท่งแม่เหล็กใกล้กับแนวการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนในทิศทางตั้งฉาก แนวการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนจะเบนตรงข้ามกัน)

3.3 นักเรียนและครูร่วมกันสรุปเนื้อหา เรื่อง แรงแม่เหล็กกระทำต่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้า

ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้

4.1 ครูให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับขวนคิด หน้า 29 และ 35

4.2 ครูให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับข้อสังเกต หน้า 30 กับ 33

4.3 ครูให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับการเคลื่อนที่เป็นเกลียวของอนุภาคที่มีประจุบวก ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน หน้า 38

ขั้นที่ 5 ขั้นประเมินผล

5.1 ครูตรวจสอบสมุดนักเรียนในการตอบคำถามตรวจสอบความเข้าใจ 15.2

5.2 ครูตรวจสอบสมุดนักเรียนในการทำแบบฝึกหัด 15.2 ข้อ 1-2

ประยุกต์และตอบแทนสังคม

ครูให้นักเรียนแต่ละคนนำความรู้ที่เรียนไปค้นคว้าเพิ่มเติมที่ห้องสมุด หรือเว็บไซต์ แล้วนำเสนอในชั้นเรียน

8. สื่อการเรียนรู้/แหล่งเรียนรู้

8.1 หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฟิสิกส์) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เล่ม 5
(ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560)

8.2 ใบความรู้ เรื่อง แรงแม่เหล็กกระทำต่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้า

8.3 อินเทอร์เน็ต

8.4 ห้องสมุด

9. การวัดและประเมินผล

จุดประสงค์การเรียนรู้	วิธีการวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
ด้านความรู้ (K)			
1) นักเรียนอธิบายแรงแม่เหล็กที่กระทำต่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็กได้ 2) นักเรียนอธิบายรัศมีความโค้งของการเคลื่อนที่ของอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ตัดฉากกับสนามแม่เหล็กได้	1) ตรวจสอบสมุดนักเรียนในการตอบคำถาม ตรวจสอบความเข้าใจ 15.2	1) แบบประเมินการทำกิจกรรม 2) คำถามตรวจสอบความเข้าใจ 15.2	1) นักเรียนสามารถตอบคำถามได้ระดับดี ผ่านเกณฑ์
ด้านกระบวนการ (P)			
1) นักเรียนคำนวณหาแรงแม่เหล็กที่กระทำต่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก รวมทั้งปริมาณที่เกี่ยวข้องได้ 2) นักเรียนคำนวณหารัศมีความโค้งของการเคลื่อนที่ของอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ตัดฉากกับสนามแม่เหล็ก รวมทั้งปริมาณที่เกี่ยวข้องได้	1) ตรวจสอบสมุดนักเรียนในการทำแบบฝึกหัด 15.2 ข้อ 1-2	1) แบบประเมินการทำกิจกรรม 2) แบบฝึกหัด 15.2 ข้อ 1-2	1) นักเรียนสามารถทำแบบฝึกหัดได้ระดับดี ผ่านเกณฑ์
ด้านคุณลักษณะ (A)			
1) ใฝ่เรียนรู้และมุ่งมั่นในการทำงาน	1) ตรวจสอบสมุดนักเรียนในการตอบคำถาม ตรวจสอบความเข้าใจ 15.2 2) ตรวจสอบสมุดนักเรียนในการทำแบบฝึกหัด 15.2 ข้อ 1-2	1) แบบประเมินการทำกิจกรรม 2) คำถามตรวจสอบความเข้าใจ 15.2 3) แบบฝึกหัด 15.2 ข้อ 1-2	1) นักเรียนทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายได้ระดับดี ผ่านเกณฑ์

10. เกณฑ์การประเมินผลงานนักเรียน

เกณฑ์การประเมินแบบ Rubrics ของการทำกิจกรรม เรื่อง แร่แม่เหล็กกระทำต่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้า

ประเด็นการประเมิน	ค่าน้ำหนักคะแนน	แนวทางการให้คะแนน
ด้านความรู้ (K)	3	สามารถตอบคำถามได้ถูกต้องครบถ้วน จำนวน 3 ข้อ
	2	สามารถตอบคำถามได้ถูกต้องครบถ้วน จำนวน 2 ข้อ
	1	สามารถตอบคำถามได้ถูกต้องครบถ้วน จำนวน 1 ข้อ หรือไม่มีข้อใดถูกต้อง
ด้านกระบวนการ (P)	3	ทำแบบฝึกหัดได้ถูกต้องครบถ้วน จำนวน 2 ข้อ
	2	ทำแบบฝึกหัดได้ถูกต้องครบถ้วน จำนวน 1 ข้อ
	1	ทำแบบฝึกหัดไม่ถูกต้องทั้ง 2 ข้อ
ด้านคุณลักษณะ (A)	3	ทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายเสร็จภายในเวลาที่กำหนด และเรียบร้อยถูกต้องครบถ้วน
	2	ทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายเสร็จภายในเวลาที่กำหนด แต่งานยังผิดพลาดบางส่วน
	1	ทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายเสร็จ แต่ล่าช้า และเกิดข้อผิดพลาดบางส่วน

ระดับคะแนน

คะแนน	3	หมายถึง	ระดับดีมาก
คะแนน	2	หมายถึง	ระดับดี
คะแนน	1	หมายถึง	ระดับพอใช้

การประเมินการทำกิจกรรม เรื่อง แรงแม่เหล็กกระทำต่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้า

ที่	ชื่อ - นามสกุล	จุดประสงค์การเรียนรู้			รวม คะแนน	ระดับ คุณภาพ
		ด้านความรู้ (K)	ด้าน กระบวนการ (P)	ด้าน คุณลักษณะ (A)		
		3	3	3	9	
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28						

ที่	ชื่อ - นามสกุล	จุดประสงค์การเรียนรู้			รวม คะแนน	ระดับ คุณภาพ
		ด้านความรู้ (K)	ด้าน กระบวนการ (P)	ด้าน คุณลักษณะ (A)		
		3	3	3		
29						
30						
31						
32						
33						
34						
35						
36						
37						
38						
39						
40						

ระดับคุณภาพ

คะแนน	9	หมายถึง	ระดับดีมาก
คะแนน	7-8	หมายถึง	ระดับดี
คะแนน	5-6	หมายถึง	ระดับปานกลาง
คะแนน	3-4	หมายถึง	ระดับปรับปรุง

บันทึกหลังการสอน

หน่วยการเรียนรู้ที่ 15 เรื่อง แม่เหล็กและไฟฟ้า

แผนการสอนที่ 4 เรื่อง แรงแม่เหล็กกระทำต่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้า

วันที่ เดือน พ.ศ.

ผลการจัดการเรียนรู้

ปัญหา / อุปสรรค

ข้อเสนอแนะ/แนวทางแก้ปัญหา

ลงชื่อ.....ครูผู้สอน

(นางพิกุล นามปัดสา)

ลงชื่อ.....หัวหน้ากลุ่มสาระ

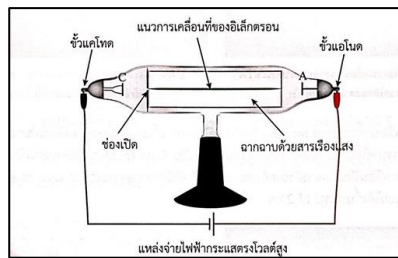
(นางธนพร สนามพล)

ใบความรู้ เรื่อง แรงแม่เหล็กกระทำต่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้า

➤ แรงแม่เหล็กกระทำต่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้า

เมื่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าอยู่ในสนามไฟฟ้า จะเกิดแรงไฟฟ้ากระทำต่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้านั้น หากอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก จะเกิดแรงแม่เหล็กกระทำต่ออนุภาคนั้น

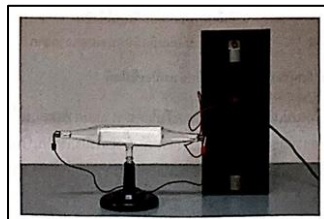
หลอดรังสีแคโทดเป็นหลอดสุญญากาศชนิดหนึ่ง ประกอบด้วยขั้วแคโทดและขั้วแอโนด สำหรับต่อเข้ากับขั้วลบและขั้วบวกของแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงโวลต์สูง ตามลำดับดังรูป



รูป ตัวอย่างหลอดรังสีแคโทด

เมื่อต่อแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงโวลต์สูงเข้ากับขั้วแคโทดและแอโนด ทำให้อิเล็กตรอนหลุดจากแผ่นแคโทด C เคลื่อนที่ผ่านฉากที่ฉาบด้วยสารเรืองแสง (phosphor) ไปยังแผ่นแอโนด A ซึ่งมีศักย์ไฟฟ้าสูงกว่าแผ่นแคโทด C ทำให้ปรากฏเป็นแนวสว่างขึ้น เรียกว่า แนวการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอน

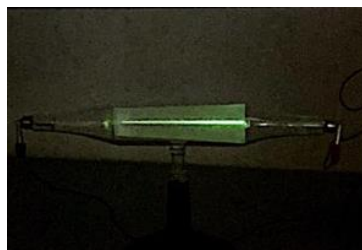
ต่อขั้วแคโทดของหลอดรังสีแคโทดเข้ากับขั้วลบ และต่อขั้วแอโนดเข้ากับขั้วบวกของแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงโวลต์สูง (12 000 – 15 000 โวลต์) ดังรูป 15.21



รูป 15.21 การจัดอุปกรณ์

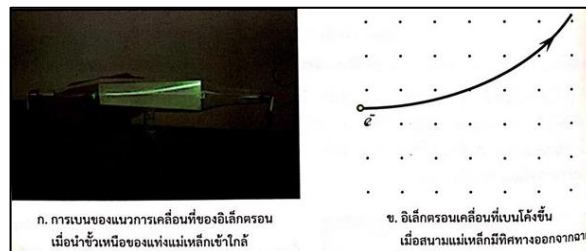
เปิดสวิตช์ให้เครื่องจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงโวลต์สูงทำงาน สังเกตผลที่เกิดขึ้นในกรณีนำขั้วเหนือของแท่งแม่เหล็กเข้าใกล้หลอดรังสีแคโทด ในทิศทางตั้งฉากกับแนวการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนและในกรณีสลับขั้วแท่งแม่เหล็กเป็นขั้วใต้

จากสถานการณ์ข้างต้น เมื่อเปิดสวิตช์แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงโวลต์สูง หลอดรังสีแคโทดทำงาน จะเห็นแนวสว่างหรือแนวการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนเป็นเส้นตรงเกิดขึ้นระหว่างขั้วแคโทดและขั้วแอโนด ดังรูป 15.22



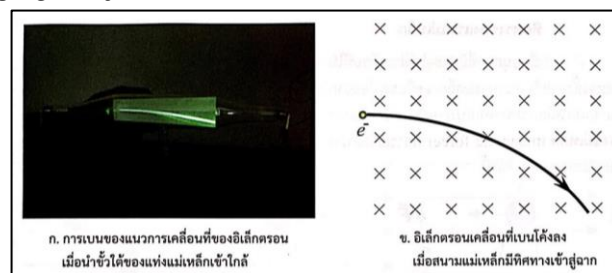
รูป 15.22 แนวการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนระหว่างขั้วแคโทดและขั้วแอโนด

เมื่อนำขั้วเหนือของแท่งแม่เหล็กเข้าใกล้ในทิศทางตั้งฉากกับแนวการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอน จะเห็นว่าแนวการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนเบนไปจากแนวเดิม ดังรูป 15.23 ก. อิเล็กตรอนเป็นอนุภาค ประจุไฟฟ้าลบเคลื่อนที่ในทิศทางตั้งฉากกับสนามแม่เหล็กที่มีทิศทางออกจากฉาก แนวการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนจะเบนโค้งขึ้น ดังรูป 15.23 ข.



รูป 15.23 การเบนของแนวการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนเมื่อนำแม่เหล็กขั้วเหนือเข้าใกล้

เมื่อสลับขั้วแท่งแม่เหล็ก โดยนำขั้วใต้ของแท่งแม่เหล็กเข้าใกล้หลอดรังสีแคโทด แนวการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนจะเบนจากแนวเดิมในทิศทางเบนโค้งลง ดังรูป 15.24 ก. การสลับขั้วแท่งแม่เหล็กเป็นการเปลี่ยนทิศทางของสนามแม่เหล็ก ทำให้สนามแม่เหล็กมีทิศทางเข้าสู่ฉาก ทำให้แนวการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนเบนโค้งลง ดังรูป 15.24 ข.

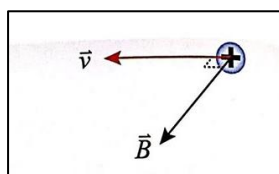


รูป 15.24 การเบนของแนวการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนเมื่อนำแม่เหล็กขั้วใต้เข้าใกล้

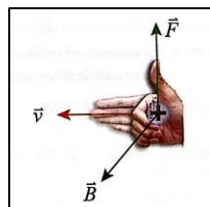
การที่อิเล็กตรอนภายในหลอดรังสีแคโทดเคลื่อนที่เบนโค้งในสนามแม่เหล็ก แสดงว่ามีแรงเนื่องจากสนามแม่เหล็กกระทำต่ออิเล็กตรอน

➤ ทิศทางของแรงแม่เหล็ก

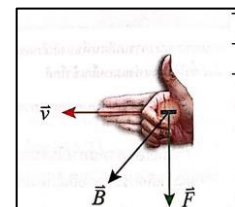
เมื่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ในทิศทางตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก จะมีแรงเนื่องจากสนามแม่เหล็กกระทำต่ออนุภาคนั้น หรือเรียกว่า **แรงแม่เหล็ก (magnetic force)** พิจารณาทิศทางและขนาดของแรงได้ดังนี้



ก. อนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าบวกเคลื่อนที่ในทิศทางตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก



ข. ทิศทางของแรงแม่เหล็กที่กระทำต่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าบวก โดยใช้มือขวา



ค. ทิศทางของแรงแม่เหล็กที่กระทำต่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าลบ โดยใช้มือขวา

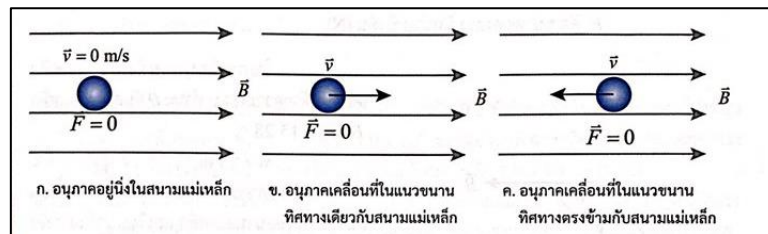
รูป 15.25 การหาทิศทางของแรงกระทำต่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก

ทิศทางของแรงแม่เหล็กที่กระทำต่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าบวกเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว (v) ในทิศทางตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก ($\vec{B}$) ดังรูป 15.25 ก. หาทิศทางของแรงแม่เหล็กที่กระทำต่ออนุภาคโดยใช้มือขวา ชี้นิ้วทั้งสี่ไปตามทิศทางของความเร็ว แล้วนิ้วหัวแม่มือจะชี้ทิศทางของแรง ($\vec{F}$) ดังรูป 15.25 ข.

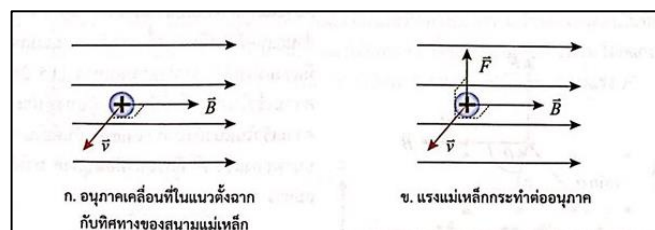
สำหรับการหาทิศทางของแรงที่กระทำต่ออนุภาคที่มีประจุ ยังคงใช้มือขวา ในการหาทิศทางของแรง $\vec{F}$ ได้ แต่ทิศทางของแรงที่กระทำต่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าลบจะมีทิศทางตรงข้ามกับทิศของนิ้วหัวแม่มือ ดังรูป 15.25 ค.

➤ ขนาดของแรงแม่เหล็ก

สำหรับอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าแต่อยู่นิ่ง ในสนามแม่เหล็ก ดังรูป 15.26 ก. หรือเคลื่อนที่ในแนวขนานกับทิศทางสนามแม่เหล็ก ดังรูป 15.26 ข. และ 15.26 ค. ตามลำดับ จะไม่มีแรงแม่เหล็กกระทำกับอนุภาคนั้น



รูป 15.26 แรงแม่เหล็กที่กระทำต่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าที่อยู่นิ่งหรือเคลื่อนที่ขนานกับสนามแม่เหล็กมีค่าเป็นศูนย์

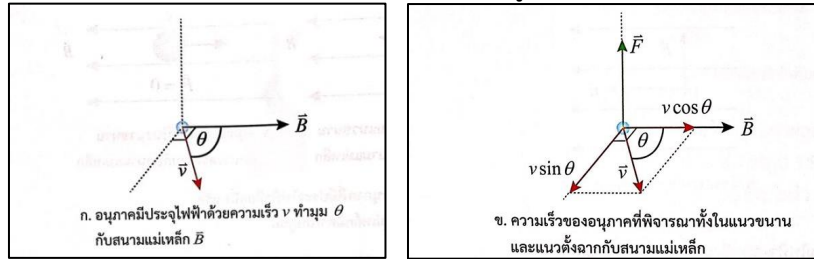


รูป 15.27 แรงแม่เหล็กที่กระทำต่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าและเคลื่อนที่ตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก แต่ในกรณีอนุภาคเคลื่อนที่ในแนวตั้งฉากกับทิศทางของสนามแม่เหล็ก ดังรูป 15.27 ก. จะมีแรงแม่เหล็กกระทำต่ออนุภาค ดังรูป 15.27 ข. โดยขนาดแรงแม่เหล็กหาได้จากสมการ

$$F = qvB$$

เมื่อ	F	คือ	ขนาดของแรง	มีหน่วย นิวตัน (N)
	q	คือ	ขนาดของประจุไฟฟ้า	มีหน่วย คูอมบ์ (C)
	v	คือ	ขนาดของความเร็ว	มีหน่วย เมตรต่อวินาที (m/s)
	B	คือ	ขนาดของสนามแม่เหล็ก	มีหน่วย เทสลา (T)

ในกรณีอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว v ทำมุม θ กับสนามแม่เหล็ก $\vec{B}$ ดังรูป 15.28 ก. พิจารณาได้ว่าอนุภาคนี้มีองค์ประกอบความเร็วของการเคลื่อนที่ทั้งในแนวขนานกับสนามแม่เหล็ก และในแนวตั้งฉากกับสนามแม่เหล็กพร้อมกัน ดังรูป 15.28 ข.



รูป 15.28 อนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว v ทำมุม θ กับสนามแม่เหล็ก $\vec{B}$

การเคลื่อนที่ในแนวขนานกับสนามแม่เหล็กจะไม่มีแรงแม่เหล็กกระทำต่ออนุภาค ส่วนการเคลื่อนที่ในแนวตั้งฉากกับสนามแม่เหล็กจะมีแรงแม่เหล็กกระทำตามสมการ $F = qvB$ โดยความเร็วในสมการนี้มีค่าเท่ากับองค์ประกอบความเร็วในแนวตั้งฉาก ($v \sin \theta$) นั่นคือในกรณีนี้ขนาดของแรง $\vec{F}$ ที่กระทำต่ออนุภาค หาได้จากสมการ

$$F = q(v \sin \theta)B$$

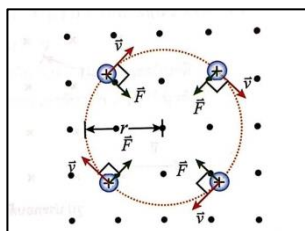
$$F = qvB \sin \theta$$

เมื่อ θ เป็นมุมระหว่างความเร็ว v ของอนุภาคกับสนามแม่เหล็ก $\vec{B}$

➤ การเคลื่อนที่ของอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าในสนามแม่เหล็ก

เมื่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็กจะมีแรงแม่เหล็กกระทำต่ออนุภาค ดังกล่าว หากความเร็วของอนุภาคนี้มีทิศทางตั้งฉากกับสนามแม่เหล็กตลอดเวลา อนุภาคจะมีการเคลื่อนที่เป็นแบบใด พิจารณาได้ดังนี้

เมื่ออนุภาคมีประจุไฟฟ้าบวก q มวล m เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว v ในทิศทางตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก $\vec{B}$ แรงแม่เหล็ก $\vec{F}$ ที่เกิดขึ้นมีทิศทางตั้งฉากกับความเร็วตลอดเวลา ทำให้อนุภาคมีประจุไฟฟ้าบวกเคลื่อนที่แบบวงกลมในสนามแม่เหล็ก ดังรูป 15.29



รูป 15.29 อนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าบวกเคลื่อนที่แบบวงกลมในสนามแม่เหล็ก

พิจารณารัศมีการเคลื่อนที่แบบวงกลม (r) ของอนุภาคมีประจุไฟฟ้าได้ดังนี้
แรงแม่เหล็กตั้งฉากกับความเร็วตลอดเวลาและทำหน้าที่เป็นแรงสู่ศูนย์กลาง จะได้

$$F = F_c$$

$$qvB = \frac{mv^2}{R} \quad \text{หรือ} \quad r = \frac{mv}{qB}$$

เมื่อ r คือ รัศมีการเคลื่อนที่แบบวงกลมของอนุภาคมวล m ที่มีประจุไฟฟ้า q

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5

เรื่อง แรงกระทำต่อลวดตัวนำที่อยู่ในสนามแม่เหล็กขณะมีกระแสไฟฟ้าผ่าน

รายวิชา ฟิสิกส์ 5

รหัสวิชา ว30204

เวลา 2 ชั่วโมง

หน่วยการเรียนรู้ที่ 15

ชื่อหน่วยการเรียนรู้ แม่เหล็กและไฟฟ้า

รวม 28 ชั่วโมง

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 1

หัวหน้ากลุ่มสาระ นางธนพร สนามพล

ครูผู้สอน นางพิกุล นามปัดสา

บูรณาการ

- | | | | |
|---|--------------------------------------|--|---|
| ☐ ปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง | ☐ อาเซียน | ☐ STEM | ☒ PLC |
| ☐ สวนพฤษภาคมโรงเรียน | ☐ มาตรฐานสากล | ☐ ข้ามกลุ่มสาระ | |

1. สาระฟิสิกส์

3. เข้าใจแรงไฟฟ้าและกฎของคูลอมบ์ สนามไฟฟ้า ศักย์ไฟฟ้า ความจุไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และกฎของโอห์ม วงจรไฟฟ้ากระแสตรง พลังงาน ไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้า การเปลี่ยนพลังงานทดแทนเป็นพลังงานไฟฟ้า สนามแม่เหล็ก แรงแม่เหล็กที่กระทำกับประจุไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้า การเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้าและกฎของฟาราเดย์ ไฟฟ้ากระแสสลับ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและการสื่อสาร รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

2. ผลการเรียนรู้

2. อธิบายและคำนวณแรงแม่เหล็กที่กระทำต่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก แรงแม่เหล็กที่กระทำต่อเส้นลวดที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านและวางในสนามแม่เหล็ก รัศมีความโค้งของการเคลื่อนที่เมื่อประจุเคลื่อนที่ตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก รวมทั้งอธิบายแรงระหว่างเส้นลวดตัวนำคู่ขนานที่มีกระแสไฟฟ้าผ่าน

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

3.1 ด้านความรู้ (K)

1) นักเรียนอธิบายแรงแม่เหล็กที่กระทำต่อเส้นลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านและวางในสนามแม่เหล็กได้

3.2 ด้านกระบวนการ (P)

1) นักเรียนทำกิจกรรมและสังเกตแรงกระทำต่อลวดตัวนำเส้นตรงที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านและอยู่ในสนามแม่เหล็กได้

2) นักเรียนคำนวณหาแรงแม่เหล็กที่กระทำต่อเส้นลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านและวางในสนามแม่เหล็ก รวมทั้งปริมาณที่เกี่ยวข้องได้

3.3 ด้านคุณลักษณะ (A)

1) ใฝ่เรียนรู้และมุ่งมั่นในการทำงาน

4. สำคัญ

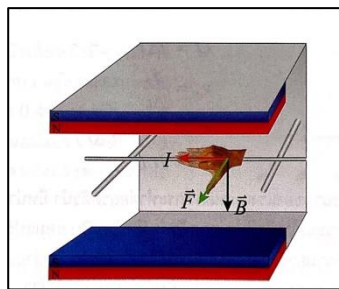
ลวดตัวนำเส้นตรงมีกระแสไฟฟ้าผ่าน I วางทำมุม θ กับสนามแม่เหล็ก $\vec{B}$ โดยมีความยาวของลวดตัวนำ L ที่อยู่ในสนามแม่เหล็ก จะเกิดแรงกระทำกับลวดตัวนำด้วยขนาด $F = ILB\sin\theta$ หาทิศทางของแรง โดยใช้มือขวา ชี้นิ้วทั้งสี่ไปตามทิศทางของกระแสไฟฟ้า แล้วนิ้วหัวแม่มือจะชี้ทิศทางสนามแม่เหล็ก นิ้วหัวแม่มือจะชี้ทิศทางของแรงซึ่งตั้งฉากกับสนามแม่เหล็กและกระแสไฟฟ้าที่ผ่านลวดตัวนำ

5. การเรียนรู้

5.1 ความรู้

แรงแม่เหล็กกระทำต่อลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่าน

จากกิจกรรม 15.2 พบว่า เมื่อลวดตัวนำเส้นตรงมีกระแสไฟฟ้าผ่านขณะอยู่ในสนามแม่เหล็ก จะมีแรงแม่เหล็กกระทำต่อลวดตัวนำนั้น และเมื่อกลับทิศทางของกระแสไฟฟ้าหรือทิศทางของสนามแม่เหล็ก พบว่าแรงกระทำจะกลับทิศทางด้วย แสดงว่าแรงที่กระทำต่อลวดตัวนำมีความสัมพันธ์กับทิศทางของกระแสไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก หาทิศทางของแรงได้โดยใช้มือขวา ชี้นิ้วทั้งสี่ไปตามทิศทางของกระแสไฟฟ้า I แล้วนิ้วหัวแม่มือจะชี้ทิศทางสนามแม่เหล็ก $\vec{B}$ นิ้วหัวแม่มือจะชี้ทิศทางของแรง $\vec{F}$ ดังรูป 15.30



รูป 15.30 ทิศทางของกระแสไฟฟ้า สนามแม่เหล็ก และแรงกระทำต่อลวดตัวนำ

จากแรงแม่เหล็กกระทำต่อลวดตัวนำเส้นตรงดังกล่าว พิจารณาขนาดของแรงได้ ดังนี้

- กระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำเส้นตรงเกิดจากการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนอิสระด้วยความเร็วลอยเลื่อน v_d ดังนั้นเมื่อลวดตัวนำวางตั้งฉากกับสนามแม่เหล็กจะเกิดแรงแม่เหล็กกระทำต่ออิเล็กตรอนอิสระประจุ e เหล่านี้ตามสมการ

$$F_e = ev_d B$$

เมื่อ F_e คือ แรงแม่เหล็กกระทำต่ออิเล็กตรอนอิสระประจุ e

พิจารณาตลอดความยาวลวดมีอิเล็กตรอนอิสระจำนวน N อนุภาคอยู่ภายในลวดตัวนำ ดังนั้นขนาดแรงลัพธ์ F ที่กระทำต่อลวดตัวนำเท่ากับผลรวมแรงแม่เหล็กที่กระทำต่ออิเล็กตรอนอิสระ N อนุภาค ตามสมการ

$$F = Nev_d B$$

แทนค่า $Q = Ne$ ในสมการนี้จะได้

$$F = Qv_d B$$

ถ้าประจุไฟฟ้า Q เคลื่อนที่ผ่านภาคตัดขวางของลวดตัวนำในเวลา Δt เป็นระยะทางเท่ากับ ความยาวลวดตัวนำ L ที่อยู่ในสนามแม่เหล็ก จากนิยามของกระแสไฟฟ้า เขียนได้ว่า

$$Q = I\Delta t$$

และ
$$v_d = \frac{L}{\Delta t}$$

จะได้
$$F = (I\Delta t) \left(\frac{L}{\Delta t} \right) B$$

$$F = ILB$$

เมื่อ F คือ ขนาดของแรงแม่เหล็กที่กระทำต่อลวดตัวนำ มีหน่วยเป็น นิวตัน (N)

I คือ กระแสไฟฟ้าที่ผ่านลวดตัวนำ มีหน่วยเป็น แอมแปร์ (A)

L คือ ความยาวลวดตัวนำที่อยู่ในสนามแม่เหล็ก มีหน่วยเป็น เมตร (m)

B คือ ขนาดของสนามแม่เหล็ก มีหน่วยเป็น เทสลา (T)

พิจารณากำหนดเดียวกันกับการนิยามภาคที่มีประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว v ไม่ตั้ง

ฉากกับสนามแม่เหล็ก $\vec{B}$ ทำให้เกิดแรงกระทำต่อประจุไฟฟ้า q ตามสมการ $F = qvB\sin\theta$

จะนำมาใช้หาแรงกระทำต่อลวดตัวนำมีกระแสไฟฟ้าผ่าน ขณะลวดตัวนำวางตัวในแนวทำมุม θ

กับสนามแม่เหล็ก $\vec{B}$ เป็นไปตามสมการ

$$F = ILB\sin\theta$$

โดย θ คือ มุมระหว่างกระแสไฟฟ้าที่ผ่านลวดตัวนำกับสนามแม่เหล็ก

5.2 กระบวนการ

- 1) ความสามารถในการสื่อสาร (อ่าน ฟัง พูด เขียน)
- 2) ความสามารถในการคิด (สังเกต วิเคราะห์ จัดกลุ่ม สรุป)
- 3) ความสามารถในการแก้ปัญหา (แสวงหาความรู้)
- 4) ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต (ความรับผิดชอบ)
- 5) ความสามารถในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ (การใช้การสืบค้นผ่านคอมพิวเตอร์)

5.3 คุณลักษณะและค่านิยม

ใฝ่เรียนรู้และมุ่งมั่นในการทำงาน

6. บูรณาการ

6.1 บูรณาการ PLC นักเรียนแต่ละกลุ่มแลกเปลี่ยนเรียนรู้เล่าสู่กันฟังถึงความรู้ที่ได้จากการทำกิจกรรม และ ปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการทำกิจกรรม

7. กิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ

1.1 ครูทบทวนความรู้เดิมในเรื่อง ทิศทางของแรงแม่เหล็ก โดยใช้มือขวา ขนาดของแรงแม่เหล็ก และการเคลื่อนที่ของอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าในสนามแม่เหล็ก

1.2 ครูตั้งคำถามเพื่อนำเข้าสู่การทำกิจกรรม

1) กระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำเกิดจากการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนอิสระ ถ้านำลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าไปไว้ในสนามแม่เหล็กจะเกิดแรงกระทำต่อลวดตัวนำนั้นหรือไม่ อย่างไร

(เปิดโอกาสให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นอย่างอิสระ โดยไม่คาดหวังคำตอบที่ถูกต้อง)

ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา

- 2.1 นักเรียนแบ่งกลุ่มๆ ละ 5-6 คน โดยแต่ละเพศ แต่ละความสามารถ
- 2.2 นักเรียนแต่ละกลุ่มศึกษาใบกิจกรรม เรื่อง แรงกระทำต่อลวดตัวนำที่อยู่ในสนามแม่เหล็กขณะมีกระแสไฟฟ้าผ่าน
- 2.3 ครูแจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้ อุปกรณ์ และขั้นตอนการทำกิจกรรมอย่างละเอียด
- 2.4 นักเรียนรับอุปกรณ์ พร้อมติดตั้งอุปกรณ์
- 2.5 นักเรียนแต่ละกลุ่มทำกิจกรรม สังเกตและบันทึกผลการทำกิจกรรม ลงในใบกิจกรรมที่ครูแจกให้

ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป

- 3.1 ครูสุ่มตัวแทนนักเรียน 2 คน ออกมานำเสนอผลการทำกิจกรรมของกลุ่มตนเองหน้าชั้นเรียน
- 3.2 ครูนำนักเรียนอภิปรายเพื่อนำไปสู่การสรุป โดยใช้คำถามต่อไปนี้
 - 1) นักเรียนแต่ละกลุ่มได้ผลการสืบค้นและผลการทดลองเหมือนกันหรือต่างกันอย่างไร เพราะเหตุใด
 - 2) กระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำเส้นตรงมีทิศทางจาก B ไป A สนามแม่เหล็กมีทิศทางชี้ลง ลวดตัวนำเส้นตรงเคลื่อนที่ไปทางใด (แนวการตอบ ลวดตัวนำเส้นตรงเคลื่อนที่ออกจากแม่เหล็กขั้วตัว)
 - 3) กระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำเส้นตรงมีทิศทางจาก A ไป B สนามแม่เหล็กมีทิศทางชี้ลง ลวดตัวนำเส้นตรงเคลื่อนที่ไปทางใด (แนวการตอบ ลวดตัวนำเส้นตรงเคลื่อนที่เข้าหาแม่เหล็กขั้วตัว)
 - 4) ทิศทางของกระแสไฟฟ้ามีผลต่อการเคลื่อนที่ของลวดตัวนำเส้นตรงหรือไม่ อย่างไร (แนวการตอบ มีผล เพราะ เมื่อกลับทิศทางของกระแสไฟฟ้า การเคลื่อนที่ของลวดตัวนำเส้นตรงจะมีทิศทางตรงข้าม)
 - 5) เมื่อกลับขั้วของแม่เหล็กขั้วตัว สนามแม่เหล็กมีทิศทางไปทางใด และลวดตัวนำเคลื่อนที่อย่างไร เมื่อเทียบกับตอนแรก (แนวการตอบ เมื่อกลับขั้วของแม่เหล็กขั้วตัว สนามแม่เหล็กมีทิศทางตรงข้ามกับทิศทางเดิม มีผล ทำให้ลวดตัวนำเส้นตรงเคลื่อนที่ในทิศทางตรงข้ามกับตอนแรก)
 - 6) ทิศทางของสนามแม่เหล็กมีผลต่อการเคลื่อนที่ของลวดตัวนำเส้นตรงที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านหรือไม่ อย่างไร (แนวการตอบ มีผล เพราะเมื่อกลับทิศทางของสนามแม่เหล็ก การเคลื่อนที่ของลวดตัวนำเส้นตรงจะมีทิศทางตรงข้าม)
 - 7) เพราะเหตุใดเมื่อกระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำเส้นตรงจึงเคลื่อนที่ได้ (แนวการตอบ เพราะมีแรงแม่เหล็กกระทำกับลวดตัวนำ เมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำที่อยู่ในสนามแม่เหล็ก)
 - 8) ในแต่ละกรณี ลวดตัวนำเส้นตรงเคลื่อนที่ในทิศทางที่ตั้งฉากกับทิศทางของกระแสไฟฟ้าและ ทิศทางของสนามแม่เหล็กหรือไม่ (แนวการตอบ ลวดตัวนำเคลื่อนที่ในทิศทางตั้งฉากกับทิศทางของกระแสไฟฟ้าและทิศทางของสนามแม่เหล็ก)

3.3 นักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายและสรุปการผลการทำกิจกรรม เรื่อง แรงกระทำต่อลวดตัวนำที่อยู่ในสนามแม่เหล็กขณะมีกระแสไฟฟ้าผ่าน ดังนี้

เมื่อให้กระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำเส้นตรงที่อยู่ในสนามแม่เหล็ก จะมีแรงแม่เหล็กกระทำต่อลวดตัวนำ โดยทิศทางของแรงที่กระทำกับลวดตัวนำขึ้นอยู่กับทิศทางของกระแสไฟฟ้าและ ทิศทางของสนามแม่เหล็ก ซึ่งหาทิศทางของแรงได้โดยใช้มือขวา

ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้

4.1 ครูให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับการหาขนาดของแรงแม่เหล็กที่กระทำต่อลวดตัวนำเส้นตรง จนได้สมการที่เกี่ยวข้อง ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน หน้า 41-42

4.2 ครูอธิบายโจทย์ตัวอย่าง 15.6 และ 15.7 อย่างละเอียด

ขั้นที่ 5 ขั้นประเมินผล

5.1 นักเรียนส่งใบกิจกรรม เรื่อง แรงกระทำต่อลวดตัวนำที่อยู่ในสนามแม่เหล็กขณะมีกระแสไฟฟ้าผ่าน

5.2 นักเรียนทำแบบฝึกหัด 15.2 ข้อที่ 3 ลงในสมุด

ประยุกต์และตอบแทนสังคม

ครูให้นักเรียนแต่ละคนนำความรู้ที่เรียนไปค้นคว้าเพิ่มเติมที่ห้องสมุด หรือเว็บไซต์ แล้วนำเสนอในชั้นเรียน

8. สื่อการเรียนรู้/แหล่งเรียนรู้

8.1 หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฟิสิกส์) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เล่ม 5 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560)

8.2 ใบกิจกรรม เรื่อง แรงกระทำต่อลวดตัวนำที่อยู่ในสนามแม่เหล็กขณะมีกระแสไฟฟ้าผ่าน

8.3 ใบความรู้ เรื่อง สนามแม่เหล็กจากกระแสไฟฟ้าผ่านเส้นลวดตัวนำ

8.4 อินเทอร์เน็ต

8.5 ห้องสมุด

9. การวัดและประเมินผล

จุดประสงค์การเรียนรู้	วิธีการวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
ด้านความรู้ (K)			
1) นักเรียนอธิบายแรงแม่เหล็กที่กระทำต่อเส้นลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านและวางในสนามแม่เหล็กได้	1) ตรวจใบกิจกรรม เรื่อง แรงกระทำต่อลวดตัวนำที่อยู่ในสนามแม่เหล็กขณะมีกระแสไฟฟ้าผ่าน	1) แบบประเมินการทำกิจกรรม 2) ใบกิจกรรม เรื่อง แรงกระทำต่อลวดตัวนำที่อยู่ในสนามแม่เหล็กขณะมีกระแสไฟฟ้าผ่าน	1) นักเรียนสามารถสรุปผลการทำกิจกรรมได้ระดับดีผ่านเกณฑ์
ด้านกระบวนการ (P)			
1) นักเรียนทำกิจกรรมและสังเกตแรงกระทำต่อลวดตัวนำเส้นตรงที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านและอยู่ในสนามแม่เหล็กได้ 2) นักเรียนคำนวณหาแรงแม่เหล็กที่กระทำต่อเส้นลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านและวางในสนามแม่เหล็ก รวมทั้งปริมาณที่เกี่ยวข้องได้	1) ตรวจใบกิจกรรม เรื่อง แรงกระทำต่อลวดตัวนำที่อยู่ในสนามแม่เหล็กขณะมีกระแสไฟฟ้าผ่าน 2) ตรวจสอบในการทำแบบฝึกหัด 15.2 ข้อที่ 3	1) แบบประเมินการทำกิจกรรม 2) ใบกิจกรรม เรื่อง แรงกระทำต่อลวดตัวนำที่อยู่ในสนามแม่เหล็กขณะมีกระแสไฟฟ้าผ่าน 2) แบบฝึกหัด 15.2 ข้อที่ 3	1) นักเรียนสามารถบันทึกผลการทำกิจกรรมได้ระดับดีผ่านเกณฑ์ 2) นักเรียนแสดงวิธีการหาคำตอบได้ระดับดี ผ่านเกณฑ์
ด้านคุณลักษณะ (A)			
1) ใฝ่เรียนรู้และมุ่งมั่นในการทำงาน	1) ตรวจใบกิจกรรม เรื่อง แรงกระทำต่อลวดตัวนำที่อยู่ในสนามแม่เหล็กขณะมีกระแสไฟฟ้าผ่าน 2) ตรวจสอบในการทำแบบฝึกหัด 15.2 ข้อที่ 3	1) แบบประเมินการทำกิจกรรม 2) ใบกิจกรรม เรื่อง แรงกระทำต่อลวดตัวนำที่อยู่ในสนามแม่เหล็กขณะมีกระแสไฟฟ้าผ่าน 3) แบบฝึกหัด 15.2 ข้อที่ 3	1) นักเรียนทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายได้ระดับดี ผ่านเกณฑ์

10. เกณฑ์การประเมินผลงานนักเรียน

เกณฑ์การประเมินแบบ Rubrics ของการทำกิจกรรม เรื่อง แรงกระทำต่อลวดตัวนำที่อยู่ในสนามแม่เหล็กขณะมีกระแสไฟฟ้าผ่าน

ประเด็นการประเมิน	ค่าน้ำหนักคะแนน	แนวทางการให้คะแนน
ด้านความรู้ (K)	3	สรุปผลการทำกิจกรรมได้ถูกต้องครบถ้วน
	2	สรุปผลการทำกิจกรรมค่อนข้างถูกต้องครบถ้วน
	1	สรุปผลการทำกิจกรรม แต่ไม่ถูกต้อง
ด้านกระบวนการ (P)	3	บันทึกผลกิจกรรมได้ถูกต้องครบถ้วน
	2	บันทึกผลกิจกรรมค่อนข้างถูกต้องครบถ้วน
	1	บันทึกผลกิจกรรม แต่ไม่ถูกต้อง
	3	แสดงวิธีการหาคำตอบได้ถูกต้องครบถ้วน
	2	แสดงวิธีการหาคำตอบได้ถูกต้องบางส่วน
	1	แสดงวิธีการหาคำตอบไม่ถูกต้อง
ด้านคุณลักษณะ (A)	3	ทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายเสร็จภายในเวลาที่กำหนด และเรียบร้อยถูกต้องครบถ้วน
	2	ทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายเสร็จภายในเวลาที่กำหนด แต่งานยังผิดพลาดบางส่วน
	1	ทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายเสร็จ แต่ล่าช้า และเกิดข้อผิดพลาดบางส่วน

ระดับคะแนน

คะแนน	3	หมายถึง	ระดับดีมาก
คะแนน	2	หมายถึง	ระดับดี
คะแนน	1	หมายถึง	ระดับพอใช้

หมายเหตุ หาค่าเฉลี่ยของคะแนนด้านกระบวนการ (P) ซึ่งคะแนนเต็ม เท่ากับ 3

การประเมินการทำกิจกรรม เรื่อง แรงกระทำต่อลวดตัวนำที่อยู่ในสนามแม่เหล็กขณะมีกระแสไฟฟ้าผ่าน

ที่	ชื่อ - นามสกุล	จุดประสงค์การเรียนรู้			รวม คะแนน	ระดับ คุณภาพ
		ด้านความรู้ (K)	ด้าน กระบวนการ (P)	ด้าน คุณลักษณะ (A)		
		3	3	3		
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28						

ที่	ชื่อ - นามสกุล	จุดประสงค์การเรียนรู้			รวม คะแนน	ระดับ คุณภาพ
		ด้านความรู้ (K)	ด้าน กระบวนการ (P)	ด้าน คุณลักษณะ (A)		
		3	3	3		
29						
30						
31						
32						
33						
34						
35						
36						
37						
38						
39						
40						

ระดับคุณภาพ

คะแนน	9	หมายถึง	ระดับดีมาก
คะแนน	7-8	หมายถึง	ระดับดี
คะแนน	5-6	หมายถึง	ระดับปานกลาง
คะแนน	3-4	หมายถึง	ระดับปรับปรุง

บันทึกหลังการสอน

หน่วยการเรียนรู้ที่ 15 เรื่อง แม่เหล็กและไฟฟ้า

แผนการสอนที่ 5 เรื่อง แรงกระทำต่อลวดตัวนำที่อยู่ในสนามแม่เหล็กขณะมีกระแสไฟฟ้าผ่าน

วันที่ เดือน พ.ศ.

ผลการจัดการเรียนรู้

ปัญหา / อุปสรรค

ข้อเสนอแนะ/แนวทางแก้ปัญหา

ลงชื่อ.....ครูผู้สอน

(นางพิกุล นามปัดสา)

ลงชื่อ.....หัวหน้ากลุ่มสาระ

(นางธนพร สนามพล)

ใบกิจกรรม เรื่อง แรงกระทำต่อลวดตัวนำที่อยู่ในสนามแม่เหล็กขณะมีกระแสไฟฟ้าผ่าน

1. รายชื่อสมาชิกที่ ชั้น

ชื่อ.....เลขที่.....

ชื่อ.....เลขที่.....

ชื่อ.....เลขที่.....

ชื่อ.....เลขที่.....

ชื่อ.....เลขที่.....

ชื่อ.....เลขที่.....

2. จุดประสงค์ของกิจกรรม

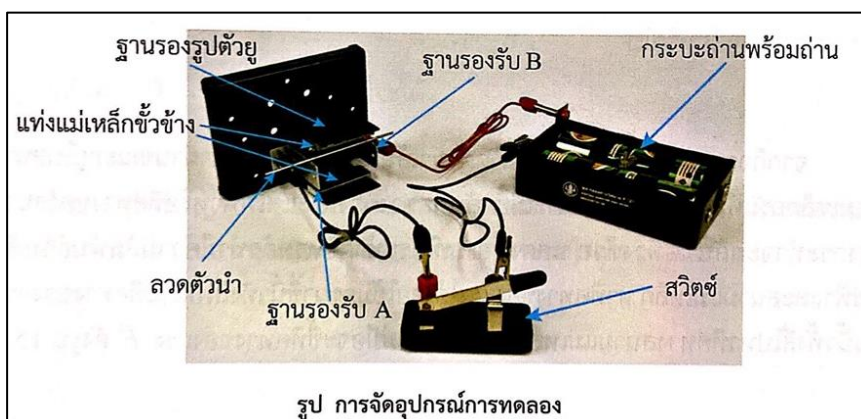
เพื่อสังเกตและอธิบายแรงกระทำต่อลวดตัวนำเส้นตรงที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านและอยู่ในสนามแม่เหล็ก

3. วัสดุ-อุปกรณ์

- | | | | | | |
|--|---|------|------------|---|------|
| 1) ลวดตัวนำเส้นตรง | 3 | เส้น | 5) เข็มทิศ | 1 | อัน |
| 2) แท่งแม่เหล็กขั้วข้าง | 2 | อัน | 6) สายไฟ | 2 | เส้น |
| 3) ฐานรองรับรูปตัวยู | 1 | อัน | 7) สวิตช์ | 1 | อัน |
| 4) แบตเตอรี่ขนาด 1.5 โวลต์ 4 ก้อน พร้อมกระบะ 1 ชุด | | | | | |

4. วิธีทำกิจกรรม

- 1) ติดแม่เหล็กขั้วข้างเข้ากับฐานรองรับรูปตัวยู โดยหันขั้วต่างกันเข้าหากัน จากนั้นใช้เข็มทิศหาทิศทางของสนามแม่เหล็กและต่อลวดตัวนำ 2 เส้น เข้าเป็นฐานรองรับ A และ B
- 2) ต่อวงจรไฟฟ้ากับฐานรองรับ A และ B แล้ววางลวดตัวนำตรงเส้นที่ 3 บนฐาน จัดลวดตัวนำเส้นตรงให้อยู่ระหว่างขั้วทั้งสองของแม่เหล็กรูปตัวยูและให้ลวดตัวนำตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก โดยให้ทิศทางของสนามแม่เหล็กอยู่ในแนวตั้งดังรูป



- 3) เปิดสวิตช์และสังเกตการเคลื่อนที่ของลวดตัวนำเส้นตรง แล้วปิดสวิตช์
- 4) เขียนแผนภาพแสดงทิศทางของกระแสไฟฟ้า ทิศทางของสนามแม่เหล็กและทิศทางการเคลื่อนที่ของลวดตัวนำ
- 5) ทำซ้ำ ข้อ 2-4 โดยกลับทิศทางของกระแสไฟฟ้า
- 6) ทดลองซ้ำข้อ 2 - 4 โดยกลับทิศทางของสนามแม่เหล็ก ด้วยการกลับขั้วของแม่เหล็กขั้วตัวยู ให้มีทิศทางตรงข้ามกับทิศทางในข้อ 2

5. ผลการทำกิจกรรม

ตารางบันทึกผลการทำกิจ กรรม

ที่	กระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำ	เขียนแผนภาพแสดงทิศทางของกระแสไฟฟ้า ทิศทางของสนามแม่เหล็กและทิศทางการเคลื่อนที่ของลวดตัวนำ
1	กระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำ A ไป B	
2	กระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำ B ไป A	

6. คำถามท้ายกิจกรรม

1) กระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำเส้นตรงมีทิศทางจาก B ไป A สนามแม่เหล็กมีทิศทางชี้ลงลวดตัวนำเส้นตรงเคลื่อนที่ไปทางใด

ตอบ

2) กระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำเส้นตรงมีทิศทางจาก A ไป B สนามแม่เหล็กมีทิศทางชี้ลงลวดตัวนำเส้นตรงเคลื่อนที่ไปทางใด

ตอบ

3) ทิศทางของกระแสไฟฟ้ามีผลต่อการเคลื่อนที่ของลวดตัวนำเส้นตรงหรือไม่ อย่างไร

ตอบ

4) เมื่อกลับขั้วของแม่เหล็กขั้วขั้ว สนามแม่เหล็กมีทิศทางไปทางใด และลวดตัวนำเคลื่อนที่อย่างไร เมื่อเทียบกับตอนแรก

ตอบ

5) ทิศทางของสนามแม่เหล็กมีผลต่อการเคลื่อนที่ของลวดตัวนำเส้นตรงที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านหรือไม่ อย่างไร

ตอบ

6) เพราะเหตุใดเมื่อกระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำเส้นตรงจึงเคลื่อนที่ได้

ตอบ

7) ในแต่ละกรณีลวดตัวนำเส้นตรงเคลื่อนที่ในทิศทางที่ตั้งฉากกับทิศทางของกระแสไฟฟ้าและ ทิศทางของสนามแม่เหล็กหรือไม่

ตอบ

7. สรุปผลการทำกิจกรรม

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เฉลยใบกิจกรรม เรื่อง แรงกระทำต่อลวดตัวนำที่อยู่ในสนามแม่เหล็กขณะมีกระแสไฟฟ้าผ่าน

1. รายชื่อสมาชิกที่ ชั้น

ชื่อ.....เลขที่.....

ชื่อ.....เลขที่.....

ชื่อ.....เลขที่.....

ชื่อ.....เลขที่.....

ชื่อ.....เลขที่.....

ชื่อ.....เลขที่.....

2. จุดประสงค์ของกิจกรรม

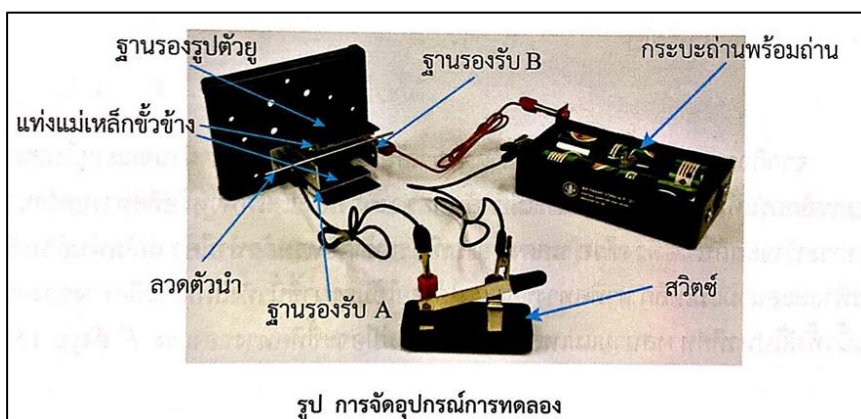
เพื่อสังเกตและอธิบายแรงกระทำต่อลวดตัวนำเส้นตรงที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านและอยู่ในสนามแม่เหล็ก

3. วัสดุ-อุปกรณ์

1) ลวดตัวนำเส้นตรง	3	เส้น	5) เข็มทิศ	1	อัน
2) แท่งแม่เหล็กขั้วข้าง	2	อัน	6) สายไฟ	2	เส้น
3) ฐานรองรับรูปตัวยู	1	อัน	7) สวิตช์	1	อัน
4) แบตเตอรี่ขนาด 1.5 โวลต์ 4 ก้อน พร้อมกระบะ 1 ชุด					

4. วิธีทำกิจกรรม

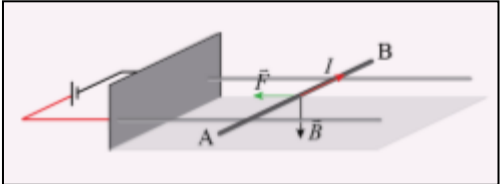
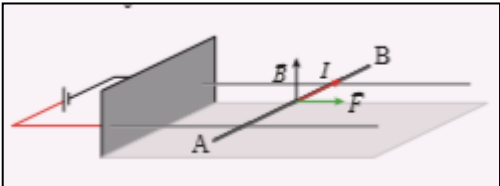
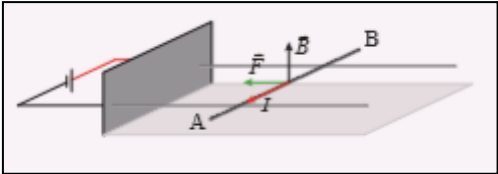
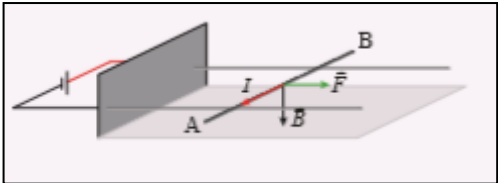
- 1) ติดแม่เหล็กขั้วข้างเข้ากับฐานรองรับรูปตัวยู โดยหันขั้วต่างกันเข้าหากัน จากนั้นใช้เข็มทิศหาทิศทางของสนามแม่เหล็กและต่อลวดตัวนำ 2 เส้น เข้าเป็นฐานรองรับ A และ B
- 2) ต่อวงจรไฟฟ้ากับฐานรองรับ A และ B แล้ววางลวดตัวนำตรงเส้นที่ 3 บนฐาน จัดลวดตัวนำเส้นตรงให้อยู่ระหว่างขั้วทั้งสองของแม่เหล็กรูปตัวยูและให้ลวดตัวนำตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก โดยให้ทิศทางของสนามแม่เหล็กอยู่ในแนวตั้งดังรูป



- 3) เปิดสวิตช์และสังเกตการเคลื่อนที่ของลวดตัวนำเส้นตรง แล้วปิดสวิตช์
- 4) เขียนแผนภาพแสดงทิศทางของกระแสไฟฟ้า ทิศทางของสนามแม่เหล็กและทิศทางการเคลื่อนที่ของลวดตัวนำ
- 5) ทำซ้ำ ข้อ 2-4 โดยกลับทิศทางของกระแสไฟฟ้า
- 6) ทดลองซ้ำข้อ 2 - 4 โดยกลับทิศทางของสนามแม่เหล็ก ด้วยการกลับขั้วของแม่เหล็กขั้วด้วย ให้มีทิศทางตรงข้ามกับทิศทางในข้อ 2

5. ผลการทำกิจกรรม

ตารางบันทึกผลการทำกิจกรรม

ที่	กระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำ	เขียนแผนภาพแสดงทิศทางของกระแสไฟฟ้า ทิศทางของสนามแม่เหล็กและทิศทางการเคลื่อนที่ของลวดตัวนำ
1	กระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำ A ไป B	 
2	กระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำ B ไป A	 

6. คำถามท้ายกิจกรรม

1) กระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำเส้นตรงมีทิศทางจาก B ไป A สนามแม่เหล็กมีทิศทางชี้ลงลวดตัวนำเส้นตรงเคลื่อนที่ไปทางใด

ตอบ ลวดตัวนำเส้นตรงเคลื่อนที่ออกจากแม่เหล็กขั้วตัวนำ.....

2) กระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำเส้นตรงมีทิศทางจาก A ไป B สนามแม่เหล็กมีทิศทางชี้ลงลวดตัวนำเส้นตรงเคลื่อนที่ไปทางใด

ตอบ ลวดตัวนำเส้นตรงเคลื่อนที่เข้าหาแม่เหล็กขั้วตัวนำ.....

3) ทิศทางของกระแสไฟฟ้ามีผลต่อการเคลื่อนที่ของลวดตัวนำเส้นตรงหรือไม่ อย่างไร

ตอบ มีผล เพราะ เมื่อกลับทิศทางของกระแสไฟฟ้า การเคลื่อนที่ของลวดตัวนำเส้นตรงจะมีทิศทางตรงข้าม.....

4) เมื่อกลับขั้วของแม่เหล็กขั้วตัวนำ สนามแม่เหล็กมีทิศทางไปทางใด และลวดตัวนำเคลื่อนที่อย่างไร เมื่อเทียบกับตอนแรก

ตอบ เมื่อกลับขั้วของแม่เหล็กขั้วตัวนำ สนามแม่เหล็กมีทิศทางตรงข้ามกับทิศทางเดิม มีผล ทำให้ลวดตัวนำเส้นตรงเคลื่อนที่ในทิศทางตรงข้ามกับตอนแรก.....

5) ทิศทางของสนามแม่เหล็กมีผลต่อการเคลื่อนที่ของลวดตัวนำเส้นตรงที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านหรือไม่ อย่างไร

ตอบ มีผล เพราะเมื่อกลับทิศทางของสนามแม่เหล็ก การเคลื่อนที่ของลวดตัวนำเส้นตรงจะมีทิศทางตรงข้าม.....

6) เพราะเหตุใดเมื่อกระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำเส้นตรงจึงเคลื่อนที่ได้

ตอบ เพราะมีแรงแม่เหล็กกระทำกับลวดตัวนำ เมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำที่อยู่ในสนามแม่เหล็ก.....

7) ในแต่ละกรณีลวดตัวนำเส้นตรงเคลื่อนที่ในทิศทางที่ตั้งฉากกับทิศทางของกระแสไฟฟ้าและ ทิศทางของสนามแม่เหล็กหรือไม่

ตอบ ลวดตัวนำเคลื่อนที่ในทิศทางตั้งฉากกับทิศทางของกระแสไฟฟ้าและทิศทางของสนามแม่เหล็ก.....

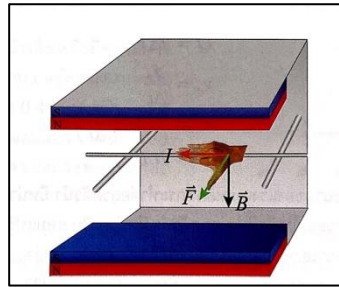
7. สรุปผลการทำกิจกรรม

.....จากการทำกิจกรรม พบว่า เมื่อลวดตัวนำเส้นตรงมีกระแสไฟฟ้าผ่านขณะอยู่ในสนามแม่เหล็ก จะมีแรงแม่เหล็กกระทำต่อลวดตัวนำนั้น และเมื่อกลับทิศทางของกระแสไฟฟ้าหรือทิศทางของสนามแม่เหล็กพบว่าแรงกระทำจะกลับทิศทางด้วย แสดงว่าแรงที่กระทำต่อลวดตัวนำมีความสัมพันธ์กับทิศทางของกระแสไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก.....

ใบความรู้ เรื่อง แรงกระทำต่อลวดตัวนำที่อยู่ในสนามแม่เหล็กขณะมีกระแสไฟฟ้าผ่าน

แรงแม่เหล็กกระทำต่อลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่าน

จากกิจกรรมแรงกระทำต่อลวดตัวนำที่อยู่ในสนามแม่เหล็กขณะมีกระแสไฟฟ้าผ่าน พบว่า เมื่อลวดตัวนำเส้นตรงมีกระแสไฟฟ้าผ่านขณะอยู่ในสนามแม่เหล็ก จะมีแรงแม่เหล็กกระทำต่อลวดตัวนำนั้น และเมื่อกลับทิศทางของกระแสไฟฟ้าหรือทิศทางของสนามแม่เหล็กพบว่าแรงกระทำจะกลับทิศทางด้วย แสดงว่าแรงที่กระทำต่อลวดตัวนำมีความสัมพันธ์กับทิศทางของกระแสไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก ทิศทางของแรงได้โดยใช้มือขวาชี้นิ้วทั้งสี่ไปตามทิศทางของกระแสไฟฟ้า I แล้วนิ้วทั้งสี่ไปหาทิศทางสนามแม่เหล็ก $\vec{B}$ นิ้วหัวแม่มือจะชี้ทิศทางของแรง $\vec{F}$ ดังรูป 15.30



รูป 15.30 ทิศทางของกระแสไฟฟ้า สนามแม่เหล็ก และแรงกระทำต่อลวดตัวนำ

จากแรงแม่เหล็กกระทำต่อลวดตัวนำเส้นตรงดังกล่าว พิจารณาขนาดของแรงได้ ดังนี้

- กระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำเส้นตรงเกิดจากการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนอิสระด้วยความเร็วลอยเลื่อน v_d ดังนั้นเมื่อลวดตัวนำวางตั้งฉากกับสนามแม่เหล็กจะเกิดแรงแม่เหล็กกระทำต่ออิเล็กตรอนอิสระประจุ e เหล่านี้ตามสมการ

$$F_e = ev_d B$$

เมื่อ F_e คือ แรงแม่เหล็กกระทำต่ออิเล็กตรอนอิสระประจุ e

พิจารณาตลอดความยาวลวดมีอิเล็กตรอนอิสระจำนวน N อนุภาคอยู่ภายในลวดตัวนำ ดังนั้นขนาดแรงลัพธ์ F ที่กระทำต่อลวดตัวนำเท่ากับผลรวมแรงแม่เหล็กที่กระทำต่ออิเล็กตรอนอิสระ N อนุภาค ตามสมการ

$$F = Nev_d B$$

แทนค่า $Q = Ne$ ในสมการนี้จะได้

$$F = Qv_d B$$

ถ้าประจุไฟฟ้า Q เคลื่อนที่ผ่านภาคตัดขวางของลวดตัวนำในเวลา Δt เป็นระยะทางเท่ากับความยาวลวดตัวนำ L ที่อยู่ในสนามแม่เหล็ก จากนิยามของกระแสไฟฟ้า เขียนได้ว่า

$$Q = I\Delta t$$

$$\begin{aligned} \text{และ} \quad v_d &= \frac{L}{\Delta t} \\ \text{จะได้} \quad F &= (I\Delta t) \left(\frac{L}{\Delta t} \right) B \\ F &= ILB \end{aligned}$$

เมื่อ F คือ ขนาดของแรงแม่เหล็กที่กระทำต่อลวดตัวนำ มีหน่วยเป็น นิวตัน (N)

I คือ กระแสไฟฟ้าที่ผ่านลวดตัวนำ มีหน่วยเป็น แอมแปร์ (A)

L คือ ความยาวลวดตัวนำที่อยู่ในสนามแม่เหล็ก มีหน่วยเป็น เมตร (m)

B คือ ขนาดของสนามแม่เหล็ก มีหน่วยเป็น เทสลา (T)

พิจารณาทำนองเดียวกันกับกรณีอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว v ไม่ตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก $\vec{B}$ ทำให้เกิดแรงกระทำต่อประจุไฟฟ้า q ตามสมการ $F = qvB\sin\theta$ จะนำมาใช้หาแรงกระทำต่อลวดตัวนำมีกระแสไฟฟ้าผ่าน ขณะลวดตัวนำวางตัวในแนวทำมุม θ กับสนามแม่เหล็ก $\vec{B}$ เป็นไปตามสมการ

$$F = ILB\sin\theta$$

โดย θ คือ มุมระหว่างกระแสไฟฟ้าที่ผ่านลวดตัวนำกับสนามแม่เหล็ก

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6

เรื่อง แรงระหว่างลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้า

รายวิชา ฟิสิกส์ 5

รหัสวิชา ว30204

เวลา 2 ชั่วโมง

หน่วยการเรียนรู้ที่ 15

ชื่อหน่วยการเรียนรู้ แม่เหล็กและไฟฟ้า

รวม 28 ชั่วโมง

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 1

หัวหน้ากลุ่มสาระ นางธนพร สนามพล

ครูผู้สอน นางพิกุล นามปัดสา

บูรณาการ

- | | | | |
|---|--------------------------------------|--|------------------------------|
| ☐ ปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง | ☐ อาเซียน | ☐ STEM | ☐ PLC |
| ☐ สวนพฤษภาคมโรงเรียน | ☐ มาตรฐานสากล | ☐ ข้ามกลุ่มสาระ | |

1. สาระฟิสิกส์

3. เข้าใจแรงไฟฟ้าและกฎของคูลอมบ์ สนามไฟฟ้า ศักย์ไฟฟ้า ความจุไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และกฎของโอห์ม วงจรไฟฟ้ากระแสตรง พลังงาน ไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้า การเปลี่ยนพลังงานทดแทนเป็นพลังงานไฟฟ้า สนามแม่เหล็ก แรงแม่เหล็กที่กระทำกับประจุไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้า การเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้าและกฎของฟาราเดย์ ไฟฟ้ากระแสสลับ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและการสื่อสาร รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

2. ผลการเรียนรู้

2. อธิบายและคำนวณแรงแม่เหล็กที่กระทำต่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก แรงแม่เหล็กที่กระทำต่อเส้นลวดที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านและวางในสนามแม่เหล็ก รัศมีความโค้งของการเคลื่อนที่เมื่อประจุเคลื่อนที่ตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก รวมทั้งอธิบายแรงระหว่างเส้นลวดตัวนำคู่ขนานที่มีกระแสไฟฟ้าผ่าน

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

3.1 ด้านความรู้ (K)

- 1) นักเรียนอธิบายแรงระหว่างเส้นลวดตัวนำคู่ขนานที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านได้

3.2 ด้านกระบวนการ (P)

- 1) นักเรียนสามารถเขียนแผนภาพการต่อเครื่องซึ่งกระแสกับวงจรไฟฟ้าได้

3.3 ด้านคุณลักษณะ (A)

- 1) ใฝ่เรียนรู้และมุ่งมั่นในการทำงาน

4. สาระสำคัญ

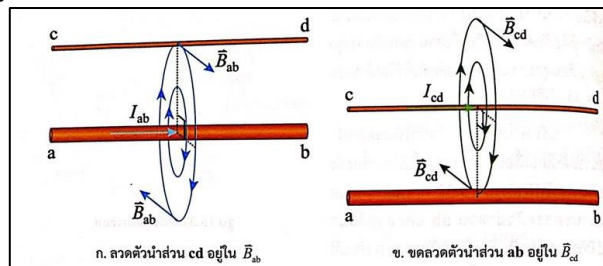
ลวดตัวนำสองเส้นวางขนานกัน จะมีแรงกระทำระหว่างลวดตัวนำทั้งสองเมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่าน โดยดึงดูดกันถ้ากระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำทั้งสองมีทิศทางเดียวกัน แต่ผลักกัน ถ้ากระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำทั้งสอง มีทิศทางตรงข้ามกัน

5. สารการเรียนรู้

5.1 ความรู้

แรงระหว่างลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้า

กรณีกระแสไฟฟ้าผ่านขดลวดตัวนำส่วน ab และลวดตัวนำส่วน cd ในทิศเดียวกัน เมื่อกระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำทั้งสองจะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กรอบลวดตัวนำ โดยลวดตัวนำส่วน cd อยู่ในสนามแม่เหล็กที่เกิดจากขดลวด ab ($\vec{B}_{ab}$) และขดลวดตัวนำส่วน ab อยู่ในสนามแม่เหล็กที่เกิดจากลวดตัวนำส่วน cd ($\vec{B}_{cd}$) ดังรูป 15.33 ก. และ 15.33 ข. ตามลำดับ



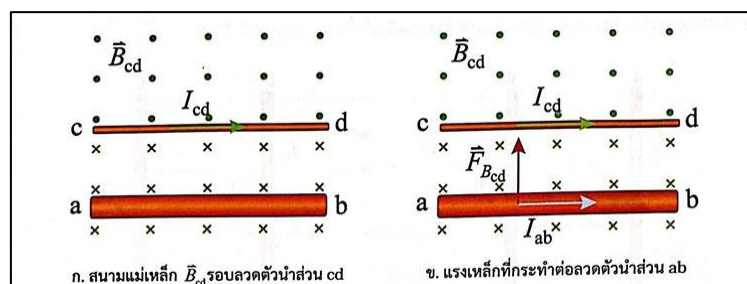
รูป 15.33 สนามแม่เหล็กที่เกิดจากกระแสไฟฟ้า I_{ab} ผ่านขดลวดตัวนำส่วน ab และสนามแม่เหล็กที่เกิดจากกระแสไฟฟ้า I_{cd} ผ่านลวดตัวนำส่วน cd

ลวดตัวนำส่วน cd อยู่ในสนามแม่เหล็ก $\vec{B}_{ab}$ ที่เกิดจากกระแสไฟฟ้า I_{ab} ผ่านขดลวดตัวนำส่วน ab ดังรูป 15.34 ก. เมื่อกระแสไฟฟ้า I_{cd} ผ่านลวดตัวนำส่วน cd จะเกิดแรงแม่เหล็ก $\vec{F}_{\vec{B}_{ab}}$ กระทำต่อลวดตัวนำ ทิศทางของแรงหาได้โดยใช้มือขวา ดังรูป 15.34 ข.



ก. สนามแม่เหล็ก $\vec{B}_{ab}$ รอบขดลวดตัวนำส่วน ab ข. แรงแม่เหล็กที่กระทำต่อลวดตัวนำส่วน cd รูป 15.34 แรงแม่เหล็กเนื่องจากสนามแม่เหล็กของขดลวดตัวนำส่วน ab ที่กระทำต่อลวดตัวนำส่วน cd

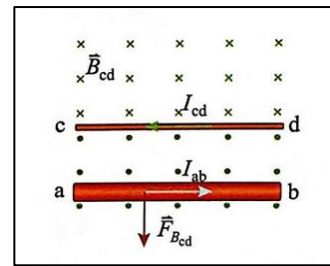
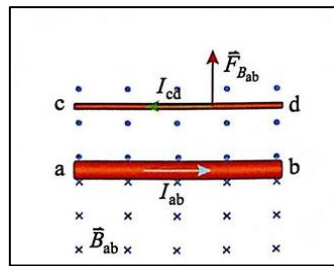
ในทำนองเดียวกัน ขดลวดตัวนำส่วน ab อยู่ในสนามแม่เหล็ก $\vec{B}_{cd}$ ที่เกิดจากกระแสไฟฟ้า I_{cd} ผ่านลวดตัวนำส่วน cd ดังรูป 15.35 ก. เมื่อกระแสไฟฟ้า I_{ab} ผ่านขดลวดตัวนำส่วน ab จะเกิดแรงแม่เหล็ก $\vec{F}_{\vec{B}_{cd}}$ กระทำต่อลวดตัวนำส่วน cd ดังรูป 15.35 ข.



รูป 15.35 แรงแม่เหล็กจากสนามแม่เหล็กของลวดตัวนำส่วน cd ที่กระทำต่อลวดตัวนำส่วน ab

จะเห็นว่าแรง $\vec{F}_{B_{ab}}$ และ $\vec{F}_{B_{cd}}$ มีทิศทางเข้าหากัน แต่เนื่องจากลวดตัวนำส่วน ab ถูกตรึงไว้กับกล่องจึงทำให้สังเกตเห็นเฉพาะลวดตัวนำส่วน cd เคลื่อนที่ในทิศลงเข้าหาลวดตัวนำส่วน ab

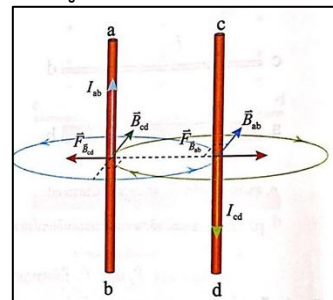
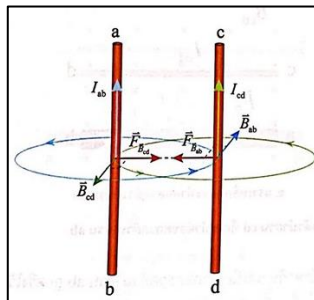
กรณีกลับทิศทางกระแสไฟฟ้าที่ผ่านลวดตัวนำส่วน cd ให้มีทิศทางตรงข้ามกับกระแสไฟฟ้าที่ผ่านลวดตัวนำส่วน ab หลังเปิดสวิตช์ พิจารณาแรงแม่เหล็กที่กระทำต่อลวดตัวนำส่วน ab และลวดตัวนำส่วน cd ในทำนองเดียวกับกรณีข้างต้นจะได้ว่า เมื่อกระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำส่วน ab และลวดตัวนำส่วน cd ในทิศทางตรงข้ามกัน จะเกิดแรงแม่เหล็กกระทำต่อลวดตัวนำส่วน cd และแรงแม่เหล็กกระทำต่อลวดตัวนำส่วน ab ดังรูป 15.36 ก. และ 15.36 ข. ตามลำดับ



ก. แรงแม่เหล็กที่กระทำต่อลวดตัวนำส่วน cd ข. แรงแม่เหล็กที่กระทำต่อลวดตัวนำส่วน ab

รูป 15.36 แรงแม่เหล็กที่กระทำลวดตัวนำทั้งสอง เมื่อกระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำในทิศทางตรงข้ามกัน

จะเห็นว่าแรง $\vec{F}_{B_{ab}}$ และ $\vec{F}_{B_{cd}}$ มีทิศทางตรงข้ามกัน แต่เนื่องจากลวดตัวนำส่วน ab ถูกตรึงไว้กับกล่องจึงทำให้สังเกตเห็นเฉพาะลวดตัวนำส่วน cd เคลื่อนที่ในทิศขึ้นออกจากลวดตัวนำส่วน ab จึงสรุปได้ว่า ถ้าวางลวดตัวนำเส้นตรงสองเส้นขนานกัน เมื่อกระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำทั้งสองในทิศทางเดียวกัน จะเกิดแรงดึงดูดระหว่างลวดตัวนำทั้งสองดังรูป 13.37 ก. แต่ถ้ากระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำในทิศทางตรงข้ามกัน จะเกิดแรงผลักระหว่างลวดตัวนำทั้งสองดังรูป 13.37



ก. แรงดึงดูด เมื่อกระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำ

ข. แรงผลักระหว่างลวดตัวนำ

สองเส้นในทิศทางเดียวกัน

สองเส้นในทิศทางตรงข้ามกัน

รูป 15.37 แรงระหว่างลวดตัวนำสองเส้นที่วางขนานกันและมีกระแสไฟฟ้าผ่าน

5.2 กระบวนการ

- 1) ความสามารถในการสื่อสาร (อ่าน ฟัง พูด เขียน)
- 2) ความสามารถในการคิด (สังเกต วิเคราะห์ จัดกลุ่ม สรุป)
- 3) ความสามารถในการแก้ปัญหา (แสวงหาความรู้)
- 4) ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต (ความรับผิดชอบ)
- 5) ความสามารถในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ (การใช้การสืบค้นผ่านคอมพิวเตอร์)

5.3 คุณลักษณะและค่านิยม

ใฝ่เรียนรู้และมุ่งมั่นในการทำงาน

6. บูรณาการ

-

7. กิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ

1.1 ครูทบทวนความรู้เดิมในเรื่อง ทิศทางของแรงแบบลวดตัวนำ เส้นตรงที่มีกระแสไฟฟ้าผ่าน และแรงแม่เหล็กกระทำต่อลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้า

1.2 ครูตั้งคำถามเพื่อนำเข้าสู่การทำกิจกรรม

1) หากมีกระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำสองเส้นที่อยู่ใกล้กันและขนานกันจะเกิดอะไรขึ้น ระหว่างลวดตัวนำทั้งสอง

(เปิดโอกาสให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นอย่างอิสระ โดยไม่คาดหวังคำตอบที่ถูกต้อง)

ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา

2.1 ครูใช้สถานการณ์หรืออาจสาธิตเครื่องซึ่งกระแสที่ประกอบด้วยลวดตัวนำและลวดตัวนำ เส้นตรงวางขนานกันหรือการสาธิตเครื่องซึ่งกระแส ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน ประกอบการจัดการ เรียนรู้

2.2 นักเรียนทุกคนศึกษาใบกิจกรรม เรื่อง แรงระหว่างลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้า

2.3 นักเรียนทุกคนทำกิจกรรม เรื่อง แรงระหว่างลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้า

2.4 นักเรียนตอบคำถามตรวจสอบความเข้าใจ จำนวน 2 ข้อ ลงในสมุด

ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป

3.1 ครูสุ่มตัวแทนนักเรียน 2 คน ออกมานำเสนอผลการทำกิจกรรมของตนเองหน้าชั้นเรียน

3.2 ครูนำนักเรียนอภิปรายเพื่อนำไปสู่การสรุป โดยใช้คำถามต่อไปนี้

1) จากการสาธิตเครื่องซึ่งกระแส กระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำ ab และลวดตัวนำ cd มีทิศทางเดียวกัน เมื่อกระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำทั้งสองเกิดแรงระหว่างลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้า อย่างไร (แนวคำตอบ ลวดตัวนำ เส้นตรงสองเส้นวางขนานกัน เมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่านในทิศทางเดียวกัน จะมีแรงดึงดูดกัน)

2) จากการสาธิตเครื่องซึ่งกระแส กระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำ ab และลวดตัวนำ cd มีทิศทางข้ามกัน เมื่อกระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำทั้งสองเกิดแรงระหว่างลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าอย่างไร (แนวคำตอบ ลวดตัวนำเส้นตรงสองเส้นวางขนานกัน เมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่านในทิศทางตรงข้ามกันจะมีแรง ผลักกัน)

3.3 นักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายและสรุปผลการทำกิจกรรม เรื่อง แรงระหว่างลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้า ดังนี้

กรณีกระแสไฟฟ้าผ่านขดลวดตัวนำส่วน ab และลวดตัวนำส่วน cd ในทิศเดียวกัน เมื่อกระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำทั้งสองจะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กรอบลวดตัวนำ โดยลวดตัวนำส่วน cd อยู่ในสนามแม่เหล็กที่เกิดจากขดลวด ab ($\vec{B}_{ab}$) และขดลวดตัวนำส่วน ab อยู่ในสนามแม่เหล็กที่เกิดจากลวดตัวนำส่วน cd ($\vec{B}_{cd}$) ดังรูป 15.33 ก. และ 15.33 ข. ตามลำดับ

จะเห็นว่าแรง $\vec{F}_{\vec{B}_{ab}}$ และ $\vec{F}_{\vec{B}_{cd}}$ มีทิศทางเข้าหากัน แต่เนื่องจากขดลวดตัวนำส่วน ab ถูกตรึงไว้กับกล่องจึงทำให้สังเกตเห็นเฉพาะลวดตัวนำส่วน cd เคลื่อนที่ในทิศลงเข้าหาขดลวดตัวนำส่วน ab

กรณีกลับทิศทางกระแสไฟฟ้าที่ผ่านลวดตัวนำส่วน cd ให้มีทิศทางตรงข้ามกับกระแสไฟฟ้าที่ผ่านขดลวดตัวนำส่วน ab หลังเปิดสวิตช์ พิจารณาแรงแม่เหล็กที่กระทำต่อขดลวดตัวนำส่วน ab และลวดตัวนำส่วน cd ในทำนองเดียวกับกรณีข้างต้นจะได้ว่า เมื่อกระแสไฟฟ้าผ่านขดลวดตัวนำส่วน ab และลวดตัวนำส่วน cd ในทิศทางตรงข้ามกัน จะเกิดแรงแม่เหล็กกระทำต่อลวดตัวนำส่วน cd และแรงแม่เหล็กกระทำต่อลวดตัวนำส่วน ab ดังรูป 15.36 ก. และ 15.36 ข. ตามลำดับ

จะเห็นว่าแรง $\vec{F}_{\vec{B}_{ab}}$ และ $\vec{F}_{\vec{B}_{cd}}$ มีทิศทางตรงข้ามกัน แต่เนื่องจากขดลวดตัวนำส่วน ab ถูกตรึงไว้กับกล่องจึงทำให้สังเกตเห็นเฉพาะลวดตัวนำส่วน cd เคลื่อนที่ในทิศขึ้นออกจากขดลวดตัวนำส่วน ab จึงสรุปได้ว่า ถ้าวางลวดตัวนำเส้นตรงสองเส้นขนานกัน เมื่อกระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำทั้งสองในทิศทางเดียวกัน จะเกิดแรงดึงดูดระหว่างลวดตัวนำทั้งสองดังรูป 13.37 ก. แต่ถ้ากระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำในทิศทางตรงข้ามกัน จะเกิดแรงผลักระหว่างลวดตัวนำทั้งสองดังรูป 13.37

ขั้นที่ 4 ขันขยายความรู้

4.1 ครูถามคำถามตรวจสอบความเข้าใจ ข้อ 5. ในหนังสือเรียน หน้า 50 พร้อมเฉลยให้นักเรียนทราบ

4.2 ครูให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับแบบฝึกหัด 15.2 ข้อ 4 ในหนังสือเรียน หน้า 52

ขั้นที่ 5 ขันประเมินผล

5.1 นักเรียนส่งใบกิจกรรม เรื่อง แรงระหว่างลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้า

5.2 นักเรียนส่งสมุดในการตอบคำถาม

ประยุกต์และตอบแทนสังคม

ครูให้นักเรียนแต่ละคนนำความรู้ที่เรียนไปค้นคว้าเพิ่มเติมที่ห้องสมุด หรือเว็บไซต์ แล้วนำเสนอในชั้นเรียน

8. สื่อการเรียนรู้/แหล่งเรียนรู้

8.1 หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฟิสิกส์) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เล่ม 5 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560)

8.2 ใบกิจกรรม เรื่อง แรงกระทำต่อลวดตัวนำที่อยู่ในสนามแม่เหล็กขณะมีกระแสไฟฟ้าผ่าน

8.3 ใบความรู้ เรื่อง แรงระหว่างลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้า

9. การวัดและประเมินผล

จุดประสงค์การเรียนรู้	วิธีการวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
ด้านความรู้ (K)			
1) นักเรียนอธิบายแรงระหว่างเส้นลวดตัวนำคู่ขนานที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านได้	1) ตรวจสอบชุดในการตอบคำถาม	1) แบบประเมินการทำกิจกรรม 2) คำถามจำนวน 2 ข้อ	1) นักเรียนสามารถตอบคำถามได้ระดับดี ผ่านเกณฑ์
ด้านกระบวนการ (P)			
1) นักเรียนสามารถเขียนแผนภาพการต่อเครื่องซึ่งกระแสกับวงจรไฟฟ้าได้	1) ตรวจสอบใบกิจกรรมเรื่อง แรงระหว่างลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้า	1) แบบประเมินการทำกิจกรรม 2) ใบกิจกรรม เรื่อง แรงระหว่างลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้า	1) นักเรียนสามารถเขียนแผนภาพได้ระดับดี ผ่านเกณฑ์
ด้านคุณลักษณะ (A)			
1) ใฝ่เรียนรู้และมุ่งมั่นในการทำงาน	1) ตรวจสอบใบกิจกรรมเรื่อง แรงระหว่างลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้า 2) ตรวจสอบชุดในการตอบคำถาม	1) แบบประเมินการทำกิจกรรม 2) ใบกิจกรรม เรื่อง แรงระหว่างลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้า 3) คำถามจำนวน 3 ข้อ	1) นักเรียนทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายได้ระดับดี ผ่านเกณฑ์

10. เกณฑ์การประเมินผลงานนักเรียน

เกณฑ์การประเมินแบบ Rubrics ของการทำกิจกรรม เรื่อง แรงระหว่างลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้า

ประเด็นการประเมิน	ค่าน้ำหนักคะแนน	แนวทางการให้คะแนน
ด้านความรู้ (K)	3	ตอบคำถามได้ถูกต้อง จำนวน 2 ข้อ
	2	ตอบคำถามได้ถูกต้อง จำนวน 1 ข้อ
	1	ตอบคำถามไม่ถูกต้องทั้ง 2 ข้อ
ด้านกระบวนการ (P)	3	เขียนแผนภาพได้ถูกต้องครบถ้วน
	2	เขียนแผนภาพได้ค่อนข้างถูกต้องครบถ้วน
	1	เขียนแผนภาพ แต่ไม่ถูกต้อง
ด้านคุณลักษณะ (A)	3	ทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายเสร็จภายในเวลาที่กำหนด และเรียบร้อยถูกต้องครบถ้วน
	2	ทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายเสร็จภายในเวลาที่กำหนด แต่งานยังผิดพลาดบางส่วน
	1	ทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายเสร็จ แต่ล่าช้า และเกิดข้อผิดพลาดบางส่วน

ระดับคะแนน

คะแนน	3	หมายถึง	ระดับดีมาก
คะแนน	2	หมายถึง	ระดับดี
คะแนน	1	หมายถึง	ระดับพอใช้

การประเมินการทำกิจกรรม เรื่อง แรงระหว่างลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้า

ที่	ชื่อ - นามสกุล	จุดประสงค์การเรียนรู้			รวม คะแนน	ระดับ คุณภาพ
		ด้านความรู้ (K)	ด้าน กระบวนการ (P)	ด้าน คุณลักษณะ (A)		
		3	3	3	9	
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28						

ที่	ชื่อ - นามสกุล	จุดประสงค์การเรียนรู้			รวม คะแนน	ระดับ คุณภาพ
		ด้านความรู้ (K)	ด้าน กระบวนการ (P)	ด้าน คุณลักษณะ (A)		
		3	3	3		
29						
30						
31						
32						
33						
34						
35						
36						
37						
38						
39						
40						

ระดับคุณภาพ

คะแนน	9	หมายถึง	ระดับดีมาก
คะแนน	7-8	หมายถึง	ระดับดี
คะแนน	5-6	หมายถึง	ระดับปานกลาง
คะแนน	3-4	หมายถึง	ระดับปรับปรุง

บันทึกหลังการสอน

หน่วยการเรียนรู้ที่ 15 เรื่อง แม่เหล็กและไฟฟ้า

แผนการสอนที่ 6 เรื่อง แรงระหว่างลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้า

วันที่ เดือน พ.ศ.

ผลการจัดการเรียนรู้

ปัญหา / อุปสรรค

ข้อเสนอแนะ/แนวทางแก้ปัญหา

ลงชื่อ.....ครูผู้สอน

(นางพิกุล นามปัดสา)

ลงชื่อ.....หัวหน้ากลุ่มสาระ

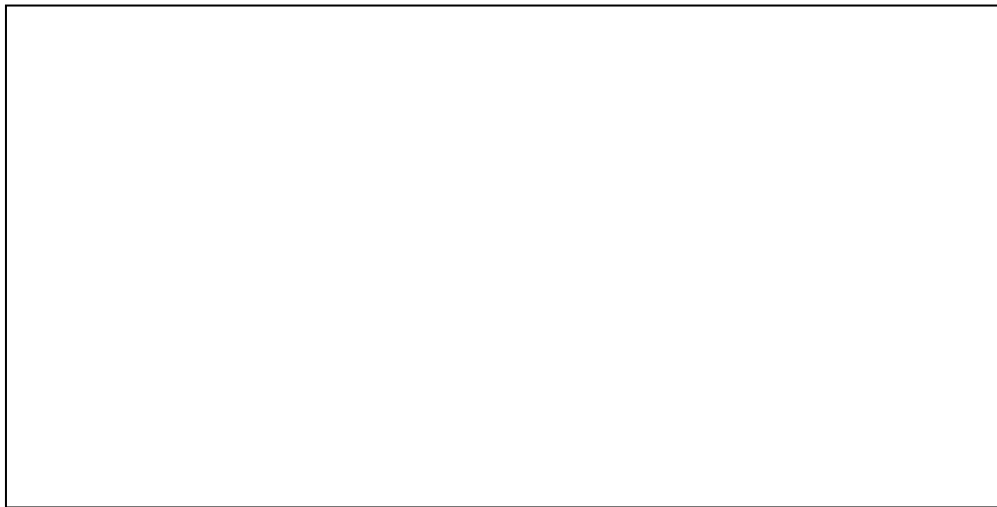
(นางธนพร สนามพล)

ใบกิจกรรม เรื่อง แรงระหว่างลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้า

ตอนที่ 1 แผนภาพของเครื่องชั่งกระแสกับวงจรไฟฟ้า

คำชี้แจง ให้นักเรียนศึกษาแผนภาพของเครื่องชั่งกระแส ในหนังสือเรียน หน้า 45 แล้วเขียนแผนภาพการต่อเครื่องชั่งกระแสกับวงจรไฟฟ้าให้ถูกต้องสมบูรณ์

1. จงวาดแผนภาพวงจรไฟฟ้า เมื่อกระแสไฟฟ้าผ่านขดลวดตัวนำส่วน ab และลวดตัวนำส่วน cd มีทิศทางเดียวกัน



2. จงวาดแผนภาพวงจรไฟฟ้า เมื่อกระแสไฟฟ้าผ่านขดลวดตัวนำส่วน ab และลวดตัวนำส่วน cd มีทิศทางตรงข้ามกัน

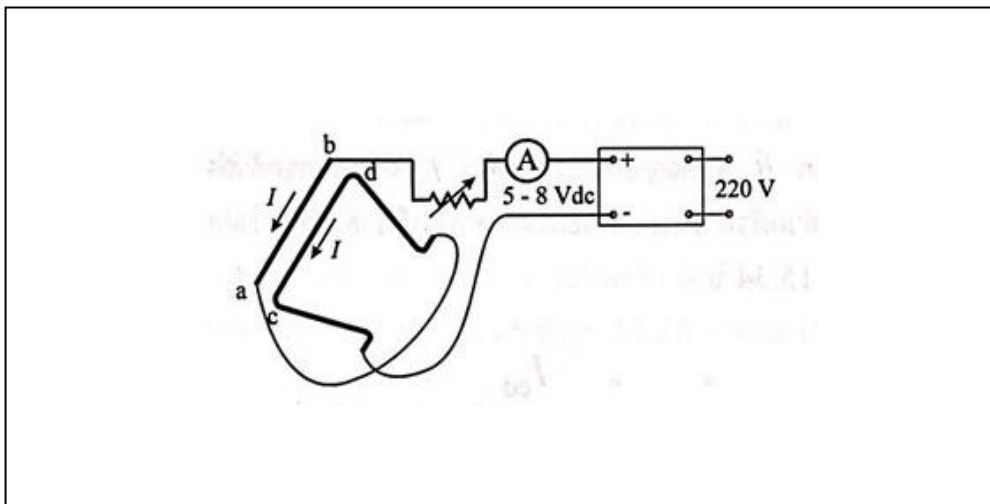


เฉลยใบกิจกรรม เรื่อง แรงระหว่างลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้า

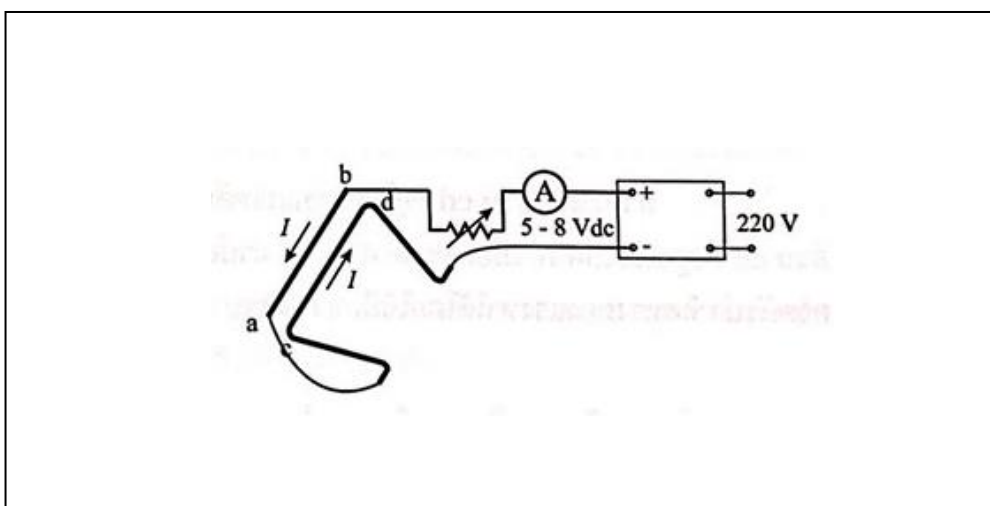
ตอนที่ 1 แผนภาพของเครื่องชั่งกระแสกับวงจรไฟฟ้า

คำชี้แจง ให้นักเรียนศึกษาแผนภาพของเครื่องชั่งกระแส ในหนังสือเรียน หน้า 45 แล้วเขียนแผนภาพการต่อเครื่องชั่งกระแสกับวงจรไฟฟ้าให้ถูกต้องสมบูรณ์

1. จงวาดแผนภาพวงจรไฟฟ้า เมื่อกระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำส่วน ab และลวดตัวนำส่วน cd มีทิศทางเดียวกัน

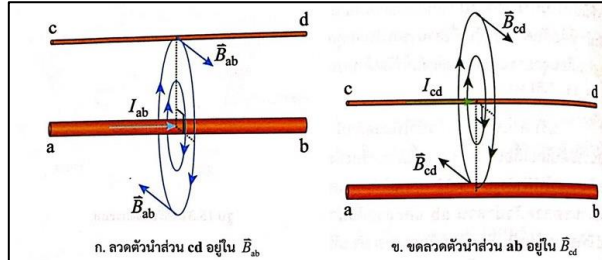


2. จงวาดแผนภาพวงจรไฟฟ้า เมื่อกระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำส่วน ab และลวดตัวนำส่วน cd มีทิศทางตรงข้ามกัน



ใบความรู้ เรื่อง แรงระหว่างลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้า

กรณีกระแสไฟฟ้าผ่านขดลวดตัวนำส่วน ab และลวดตัวนำส่วน cd ในทิศเดียวกัน เมื่อกระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำทั้งสองจะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กรอบลวดตัวนำ โดยลวดตัวนำส่วน cd อยู่ในสนามแม่เหล็กที่เกิดจากขดลวด ab ($\vec{B}_{ab}$) และขดลวดตัวนำส่วน ab อยู่ในสนามแม่เหล็กที่เกิดจากลวดตัวนำส่วน cd ($\vec{B}_{cd}$) ดังรูป 15.33 ก. และ 15.33 ข. ตามลำดับ



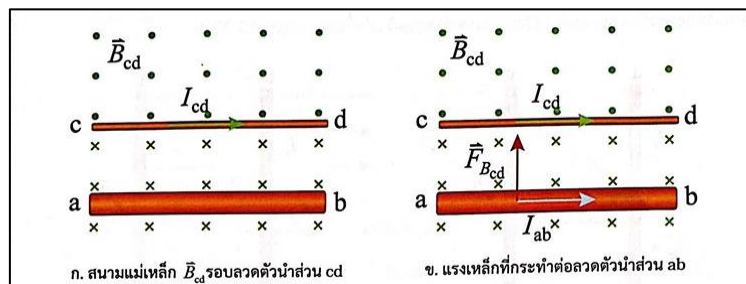
รูป 15.33 สนามแม่เหล็กที่เกิดจากกระแสไฟฟ้า I_{ab} ผ่านขดลวดตัวนำส่วน ab และสนามแม่เหล็กที่เกิดจากกระแสไฟฟ้า I_{cd} ผ่านลวดตัวนำส่วน cd

ลวดตัวนำส่วน cd อยู่ในสนามแม่เหล็ก $\vec{B}_{ab}$ ที่เกิดจากกระแสไฟฟ้า I_{ab} ผ่านขดลวดตัวนำส่วน ab ดังรูป 15.34 ก. เมื่อกระแสไฟฟ้า I_{cd} ผ่านลวดตัวนำส่วน cd จะเกิดแรงแม่เหล็ก $\vec{F}_{B_{ab}}$ กระทำต่อลวดตัวนำ ทิศทางของแรงหาได้โดยใช้มือขวา ดังรูป 15.34 ข.



ก. สนามแม่เหล็ก $\vec{B}_{ab}$ รอบขดลวดตัวนำส่วน ab ข. แรงแม่เหล็กที่กระทำต่อลวดตัวนำส่วน cd
รูป 15.34 แรงแม่เหล็กเนื่องจากสนามแม่เหล็กของขดลวดตัวนำส่วน ab ที่กระทำต่อลวดตัวนำส่วน cd

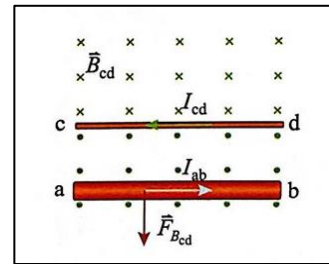
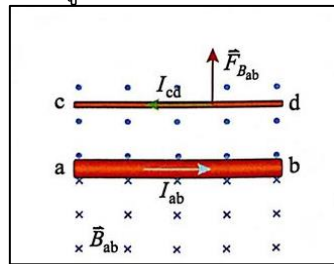
ในทำนองเดียวกัน ขดลวดตัวนำส่วน ab อยู่ในสนามแม่เหล็ก $\vec{B}_{cd}$ ที่เกิดจากกระแสไฟฟ้า I_{cd} ผ่านลวดตัวนำส่วน cd ดังรูป 15.35 ก. เมื่อกระแสไฟฟ้า I_{ab} ผ่านขดลวดตัวนำส่วน ab จะเกิดแรงแม่เหล็ก $\vec{F}_{B_{cd}}$ กระทำต่อลวดตัวนำส่วน cd ดังรูป 15.35 ข.



รูป 15.35 แรงแม่เหล็กจากสนามแม่เหล็กของลวดตัวนำส่วน cd ที่กระทำต่อขดลวดตัวนำส่วน ab

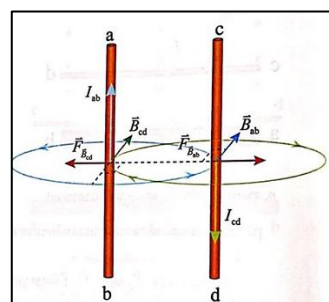
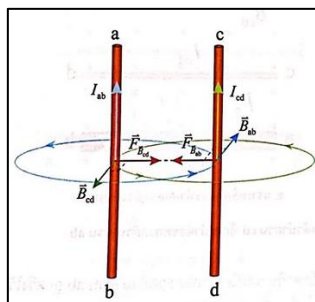
จะเห็นว่าแรง $\vec{F}_{B_{ab}}$ และ $\vec{F}_{B_{cd}}$ มีทิศทางเข้าหากัน แต่เนื่องจากขดลวดตัวนำส่วน ab ถูกตรึงไว้กับกล่องจึงทำให้สังเกตเห็นเฉพาะลวดตัวนำส่วน cd เคลื่อนที่ในทิศลงเข้าหาขดลวดตัวนำส่วน ab

กรณีกลับทิศทางกระแสไฟฟ้าที่ผ่านลวดตัวนำส่วน cd ให้มีทิศทางตรงข้ามกับกระแสไฟฟ้าที่ผ่านขดลวดตัวนำส่วน ab หลังเปิดสวิตช์ พิจารณาแรงแม่เหล็กที่กระทำต่อขดลวดตัวนำส่วน ab และลวดตัวนำส่วน cd ในทำนองเดียวกับกรณีข้างต้นจะได้ว่า เมื่อกระแสไฟฟ้าผ่านขดลวดตัวนำส่วน ab และลวดตัวนำส่วน cd ในทิศทางตรงข้ามกัน จะเกิดแรงแม่เหล็กที่กระทำต่อลวดตัวนำส่วน cd และแรงแม่เหล็กที่กระทำต่อลวดตัวนำส่วน ab ดังรูป 15.36 ก. และ 15.36 ข. ตามลำดับ



ก. แรงแม่เหล็กที่กระทำต่อลวดตัวนำส่วน cd ข. แรงแม่เหล็กที่กระทำต่อลวดตัวนำส่วน ab
รูป 15.36 แรงแม่เหล็กที่กระทำลวดตัวนำทั้งสอง เมื่อกระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำในทิศทางตรงข้ามกัน

จะเห็นว่าแรง $\vec{F}_{B_{ab}}$ และ $\vec{F}_{B_{cd}}$ มีทิศทางตรงข้ามกัน แต่เนื่องจากขดลวดตัวนำส่วน ab ถูกตรึงไว้กับกล่องจึงทำให้สังเกตเห็นเฉพาะลวดตัวนำส่วน cd เคลื่อนที่ในทิศขึ้นออกจากขดลวดตัวนำส่วน ab จึงสรุปได้ว่า ถ้าวางลวดตัวนำเส้นตรงสองเส้นขนานกัน เมื่อกระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำทั้งสองในทิศทางเดียวกัน จะเกิดแรงดึงดูดระหว่างลวดตัวนำทั้งสองดังรูป 13.37 ก. แต่ถ้ากระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำในทิศทางตรงข้ามกัน จะเกิดแรงผลักระหว่างลวดตัวนำทั้งสองดังรูป 13.37



ก. แรงดึงดูด เมื่อกระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำ
สองเส้นในทิศทางเดียวกัน

ข. แรงผลักระหว่างลวดตัวนำ
สองเส้นในทิศทางตรงข้ามกัน

รูป 15.37 แรงระหว่างลวดตัวนำสองเส้นที่วางขนานกันและมีกระแสไฟฟ้าผ่าน

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7

เรื่อง โมเมนต์ของแรงคู่ควบ

รายวิชา ฟิสิกส์ 5

รหัสวิชา ว30204

เวลา 2 ชั่วโมง

หน่วยการเรียนรู้ที่ 15

ชื่อหน่วยการเรียนรู้ แม่เหล็กและไฟฟ้า

รวม 28 ชั่วโมง

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 1

หัวหน้ากลุ่มสาระ นางธนพร สนามพล

ครูผู้สอน นางพิกุล นามปัดสา

บูรณาการ

- ☐ ปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง ☐ อาเซียน ☐ STEM ☐ PLC
☐ สวนพฤษภาคมโรงเรียน ☐ มาตรฐานสากล ☒ ข้ามกลุ่มสาระ

1. สาระฟิสิกส์

3. เข้าใจแรงไฟฟ้าและกฎของคูลอมบ์ สนามไฟฟ้า ศักย์ไฟฟ้า ความจุไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และกฎของโอห์ม วงจรไฟฟ้ากระแสตรง พลังงาน ไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้า การเปลี่ยนพลังงานทดแทนเป็นพลังงานไฟฟ้า สนามแม่เหล็ก แรงแม่เหล็กที่กระทำกับประจุไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้า การเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้าและกฎของฟาราเดย์ ไฟฟ้ากระแสสลับ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและการสื่อสาร รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

2. ผลการเรียนรู้

3. อธิบายหลักการทำงานของแกลวนอมิเตอร์และมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง รวมทั้งคำนวณปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

3.1 ด้านความรู้ (K)

1) นักเรียนอธิบายโมเมนต์ของแรงคู่ควบกระทำต่อขดลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านเมื่ออยู่ในสนามแม่เหล็กได้

3.2 ด้านกระบวนการ (P)

1) นักเรียนสามารถคำนวณโมเมนต์ของแรงคู่ควบกระทำต่อขดลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านเมื่ออยู่ในสนามแม่เหล็ก รวมทั้งปริมาณที่เกี่ยวข้องได้

3.3 ด้านคุณลักษณะ (A)

1) ใฝ่เรียนรู้และมุ่งมั่นในการทำงาน

4. สาระสำคัญ

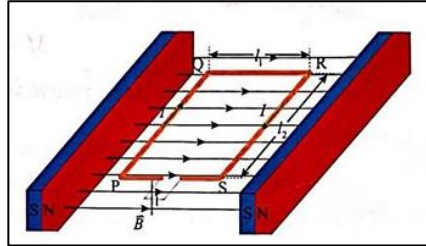
เมื่อนำขดลวดตัวนำจำนวน N รอบซึ่งมีพื้นที่หน้าตัด A วางในสนามแม่เหล็ก และมีกระแสไฟฟ้า I ผ่าน โดยระนาบของขดลวดทำมุม θ กับสนามแม่เหล็ก B จะเกิดโมเมนต์ของแรงคู่ควบกระทำต่อขดลวด มีขนาดเป็น $M = NIAB\cos\theta$

5. สารการเรียนรู้

5.1 ความรู้

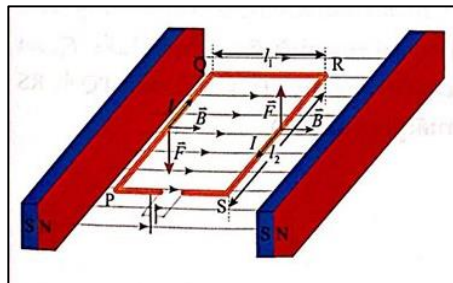
โมเมนต์ของแรงคู่ควบ

พิจารณาขดลวดตัวนำสี่เหลี่ยม มุมฉาก (PQRS) วางให้ระนาบขดลวดขนานกับ สนามแม่เหล็ก ($\vec{B}$) สมมติว่า มีความยาวด้าน $PS = QR = l_1$ และความยาวด้าน $PQ = RS = l_2$ เมื่อให้กระแสไฟฟ้า (I) ผ่านขดลวดในทิศทาง $P \rightarrow Q \rightarrow R \rightarrow S$ ดังรูป 15.38



รูป 15.38 ทิศทางที่กระแสไฟฟ้าผ่านขดลวดตัวนำ

พิจารณาแรงแม่เหล็กกระทำต่อเส้นลวดแต่ละส่วนดังนี้ ด้าน PS และ QR กระแสไฟฟ้าในขดลวดตัวนำอยู่ในทิศทางขนานกับสนามแม่เหล็ก ทำให้ไม่มีแรงกระทำต่อด้านทั้งสองนี้ ส่วนด้าน PQ และ RS เป็นด้านที่กระแสไฟฟ้าผ่านขดลวดในทิศทางตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก จึงเกิดแรงกระทำต่อด้านทั้งสองมีขนาดเท่ากัน โดยขนาดของแรงหาได้จากสมการ $F = Il_2B$



รูป 15.39 ทิศทางของแรงกระทำต่อขดลวดตัวนำ ขณะระนาบขดลวดขนานกับสนามแม่เหล็ก

ในการหาทิศทางของแรง โดยใช้มือขวา พบว่าแรงที่กระทำต่อด้าน PQ มีทิศทางตรงข้ามกับแรงที่กระทำต่อด้าน RS ดังรูป 15.39 จะเห็นว่าแรงที่กระทำต่อด้านทั้งสองมีขนาดเท่ากัน ทิศทางตรงข้ามกัน และขนานกันจึงเป็นแรงคู่ควบ ทำให้เกิดโมเมนต์ของแรงคู่ควบหาขนาดได้จากสมการ

$$M_c = Fl$$

เมื่อ M_c คือ โมเมนต์ของแรงคู่ควบ

F คือ ขนาดของแรงคู่ควบ

l คือ ระยะทางตั้งฉากระหว่างแนวแรงทั้งสอง

แทนค่า F จากสมการ $F = Il_2B$ และแทน l ด้วย ในสมการ $M_c = Fl$ จะได้

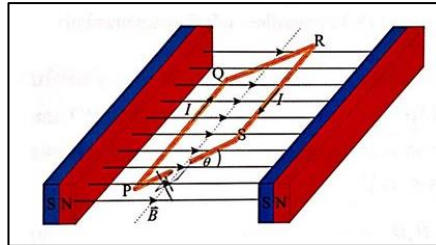
โมเมนต์ของแรงคู่ควบ

$$M = (Il_2B) l_1$$

กำหนดให้ A เป็นพื้นที่ของขดลวด มีค่าเท่ากับ $l_1 l_2$ เขียนสมการขนาดโมเมนต์ของแรงคู่ควบได้เป็น

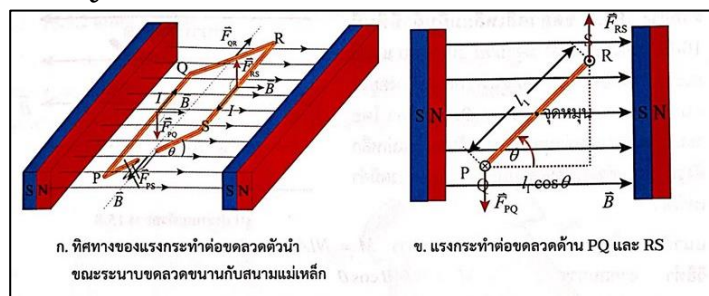
$$M = IAB$$

ถ้าวางขดลวดตัวนำสี่เหลี่ยมมุมฉาก (PQRS) ให้ระนาบขดลวดทำมุม θ กับสนามแม่เหล็ก ($\vec{B}$) มีด้าน PS และ QR ทำมุม θ กับสนามแม่เหล็ก ดังรูป 15.40



รูป 15.40 ระนาบขดลวดทำมุม θ กับสนามแม่เหล็ก

พิจารณาด้าน PS กับ QR พบว่ามีแรงกระทำขนาดเท่ากัน ทิศทางตรงข้ามกัน คือ F_{PS} และ F_{QS} และอยู่ในแนวเดียวกัน ทำให้โมเมนต์ของแรงคู่นี้เป็นศูนย์ดังรูป 15.41 ก. ส่วนด้าน PQ กับ RS จะมีแรงคู่ควบกระทำ ได้แก่ F_{PQ} และ F_{RS} มีทิศทางดังรูป 15.41 ข.



รูป 15.41 ขดลวดตัวนำสี่เหลี่ยมฉากเอียงทำมุมกับสนามแม่เหล็กและมีกระแสไฟฟ้าผ่าน

โดยขนาดของแรงเท่ากับ $Il_2 B$ และระยะทางตั้งฉากระหว่างแนวแรงทั้งสองเท่ากับ $l_1 \cos \theta$ จากสมการ $M_c = Fl$ จะได้ขนาดของโมเมนต์ของแรงคู่ควบกระทำต่อขดลวด ตามสมการ

$$M = (Il_2 B)l_1 \cos \theta$$

$$M = IAB \cos \theta$$

ในกรณีขดลวดตัวนำจำนวน N รอบ จะทำให้เกิดโมเมนต์ของแรงคู่ควบกระทำต่อขดลวดเป็นจำนวน N เท่าของขดลวด 1 รอบ จะได้ขนาดโมเมนต์ของแรงคู่ควบกระทำต่อขดลวด ตามสมการ

$$M = NIAB \cos \theta$$

เมื่อ θ คือ มุมระหว่างระนาบขดลวดตัวนำกับสนามแม่เหล็ก

ในกรณีที่พื้นที่ของขดลวดเป็นขดลวดระนาบรูปทรงอื่น เช่น ขดลวดระนาบรูปวงกลมโมเมนต์ของแรงคู่ควบกระทำต่อขดลวดยังคงหาได้จากสมการ $M = NIAB \cos \theta$

5.2 กระบวนการ

- 1) ความสามารถในการสื่อสาร (อ่าน ฟัง พูด เขียน)
- 2) ความสามารถในการคิด (สังเกต วิเคราะห์ จัดกลุ่ม สรุป)
- 3) ความสามารถในการแก้ปัญหา (แสวงหาความรู้)
- 4) ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต (ความรับผิดชอบ)
- 5) ความสามารถในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ (การใช้สืบค้นผ่านคอมพิวเตอร์)

5.3 คุณลักษณะและค่านิยม

ใฝ่เรียนรู้และมุ่งมั่นในการทำงาน

6. บูรณาการ

6.1 บูรณาการกับกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่อง การแก้สมการหาคำตอบ

7. กิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ

1.1 ครูทบทวนความรู้เกี่ยวกับ การเกิดแรงแม่เหล็กเมื่อลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านและอยู่ในสนามแม่เหล็ก

1.2 ครูตั้งคำถามเพื่อนำเข้าสู่การทำกิจกรรม เรื่อง โมเมนต์ของแรงคู่ควบ ดังนี้

1) หากเปลี่ยนลวดตัวนำเส้นตรงเป็นขดลวดตัวนำรูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก เมื่อกระแสไฟฟ้าผ่านขดลวดตัวนำจะมีผลอย่างไร

(ให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นได้อย่างอิสระ โดยไม่คาดหวังคำตอบที่ถูกต้อง)

ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา

2.1 ครูให้นักเรียนทุกคนศึกษาค้นคว้าเนื้อหา เรื่อง โมเมนต์ของแรงคู่ควบ ในหนังสือเรียน หน้า 53-55

2.2 นักเรียนทุกคนศึกษาและทำใบงาน เรื่อง โมเมนต์ของแรงคู่ควบ

2.3 ครูนำนักเรียนศึกษาตัวอย่าง 15.8 ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน หน้า 56

2.4 นักเรียนทำแบบฝึกหัด 15.3 ข้อ 1-2 ลงในสมุด

ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป

3.1 ครูสุ่มนักเรียนจำนวน 2 คน ออกมาเฉลยแบบฝึกหัด 15.3 ข้อ 1-2 หน้าชั้นเรียน

3.2 ครูนำนักเรียนอภิปรายเพื่อนำไปสู่การสรุป โดยใช้คำถามต่อไปนี้

1) ถ้าพิจารณาแรงแม่เหล็กกระทำต่อเส้นลวดแต่ละส่วน ด้าน PS และ QR กระแสไฟฟ้าในขดลวดตัวนำอยู่ในทิศทางอย่างไรกับสนามแม่เหล็ก (แนวการตอบ กระแสไฟฟ้าในขดลวดตัวนำอยู่ในทิศทางขนานกับสนามแม่เหล็ก)

2) ถ้าพิจารณาแรงแม่เหล็กกระทำต่อเส้นลวดแต่ละส่วน ด้าน PS และ QR กระแสไฟฟ้าในขดลวดตัวนำอยู่ในทิศทางขนานกับสนามแม่เหล็ก ทำให้เกิดแรงกระทำต่อด้าน PS และ QR หรือไม่ อย่างไร (แนวการตอบ ทำให้ไม่มีแรงกระทำต่อด้านทั้งสองนี้)

3) ถ้าพิจารณาแรงแม่เหล็กกระทำต่อเส้นลวดแต่ละส่วน ด้าน PQ และ RS กระแสไฟฟ้าในขดลวดตัวนำอยู่ในทิศทางอย่างไรกับสนามแม่เหล็ก (แนวการตอบ กระแสไฟฟ้าผ่านขดลวดอยู่ในทิศตั้งฉากขนานกับสนามแม่เหล็ก)

4) ถ้าพิจารณาแรงแม่เหล็กกระทำต่อเส้นลวดแต่ละส่วน ด้าน PQ และ RS กระแสไฟฟ้าผ่านขดลวดอยู่ในทิศตั้งฉากขนานกับสนามแม่เหล็ก ทำให้เกิดแรงกระทำต่อด้าน PQ และ RS หรือไม่อย่างไร (แนวการตอบ เกิดแรงกระทำต่อด้านทั้งสอง มีขนาดเท่ากัน)

5) จากข้อ 3) ขนาดของแรงหาได้จากสมการ (แนวการตอบ $F = Il_2 B$)

6) แรงที่กระทำต่อด้าน PQ มีทิศทางตรงข้ามกับแรงที่กระทำต่อด้าน RS จะเห็นว่าแรงที่กระทำต่อด้านทั้งสองมีขนาดเท่ากัน ทิศทางตรงข้ามกัน และขนานกันจึงเป็นแรงที่เรียกว่า (แนวการตอบ แรงคู่ควบ)

7) โมเมนต์ของแรงคู่ควบหาขนาดได้จากสมการ (แนวการตอบ $M_c = Fl$)

8) สัญลักษณ์ F ในสมการข้อ 7) หมายถึงอะไร (แนวการตอบ ขนาดของแรงคู่ควบ)

9) สัญลักษณ์ l ในสมการข้อ 7) หมายถึงอะไร (แนวการตอบ ระยะทางตั้งฉากระหว่างแนวแรงทั้งสอง)

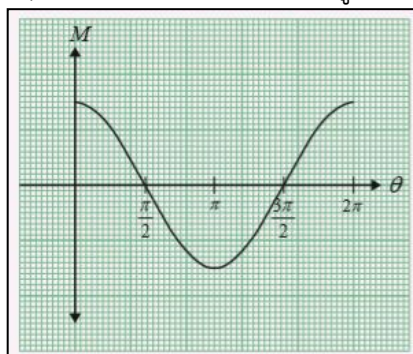
10) “ในกรณีขดลวดตัวนำจำนวน N รอบ จะทำให้เกิดโมเมนต์ของแรงคู่ควบกระทำต่อขดลวดเป็น จำนวน N เท่าของขดลวด 1 รอบ” จากข้อความดังกล่าวสามารถหาขนาดโมเมนต์ของแรงคู่ควบกระทำต่อขดลวดได้สมการใด (แนวการตอบ $M = NIAB \cos \theta$)

3.3 นักเรียนและครูร่วมกันสรุปเนื้อหาจากศึกษาค้นคว้า เรื่อง โมเมนต์ของแรงคู่ควบ จนได้สมการต่างๆ

ขั้นที่ 4 ขันขยายความรู้

4.1 ครูให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับ กราฟความสัมพันธ์ระหว่างโมเมนต์ของแรงคู่ควบที่กระทำต่อขดลวดกับมุมที่ระนาบของขดลวดทำกับสนามแม่เหล็ก ดังนี้

กราฟความสัมพันธ์ระหว่างโมเมนต์ของแรงคู่ควบที่กระทำต่อขดลวดกับมุมที่ระนาบของขดลวดทำกับสนามแม่เหล็ก ตามสมการ $M = NIAB \cos \theta$ โดยให้แกน y เป็นโมเมนต์ของแรงคู่ควบและแกน x คือ มุมที่ระนาบขดลวดทำกับสนามแม่เหล็กจะได้กราฟความสัมพันธ์ $y = k \cos x$ เมื่อ $k = NIAB$ เป็นค่าคงตัว y เป็น M และ x เป็น θ ดังรูป



ชั้นที่ 5 ชั้นประเมินผล

5.1 ครูตรวจใบงาน เรื่อง โมเมนต์ของแรงคู่ควบ

5.2 ครูตรวจสอบสมุดนักเรียนในการทำแบบฝึกหัด 15.3 ข้อ 1-2

ประยุกต์และตอบแทนสังคม

ครูให้นักเรียนแต่ละคนนำความรู้ที่เรียนไปค้นคว้าเพิ่มเติมที่ห้องสมุด หรือเว็บไซต์ แล้วนำเสนอในชั้นเรียน

8. สื่อการเรียนรู้/แหล่งเรียนรู้

8.1 หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฟิสิกส์) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เล่ม 5 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560)

8.2 ใบงาน เรื่อง โมเมนต์ของแรงคู่ควบ

8.3 ใบความรู้ เรื่อง โมเมนต์ของแรงคู่ควบ

8.4 อินเทอร์เน็ต

8.5 ห้องสมุด

9. การวัดและประเมินผล

จุดประสงค์การเรียนรู้	วิธีการวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
ด้านความรู้ (K)			
1) นักเรียนอธิบายโมเมนต์ของแรงคู่ควบกระทำต่อขดลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านเมื่ออยู่ในสนามแม่เหล็กได้	1) ตรวจใบงาน เรื่อง โมเมนต์ของแรงคู่ควบ	1) แบบประเมินการทำกิจกรรม 2) ใบงาน เรื่อง โมเมนต์ของแรงคู่ควบ	1) นักเรียนสามารถตอบคำถามได้ระดับดี ผ่านเกณฑ์
ด้านกระบวนการ (P)			
1) นักเรียนสามารถคำนวณโมเมนต์ของแรงคู่ควบกระทำต่อขดลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านเมื่ออยู่ในสนามแม่เหล็ก รวมทั้งปริมาณที่เกี่ยวข้องได้	1) ตรวจสอบสมุดนักเรียนในการทำแบบฝึกหัด 15.3 ข้อ 1-2	1) แบบประเมินการทำกิจกรรม 2) แบบฝึกหัด 15.3 ข้อ 1-2	1) นักเรียนสามารถทำแบบฝึกหัดได้ระดับดี ผ่านเกณฑ์
ด้านคุณลักษณะ (A)			
1) ใฝ่เรียนรู้และมุ่งมั่นในการทำงาน	1) ตรวจใบงาน เรื่อง โมเมนต์ของแรงคู่ควบ 2) ตรวจสอบสมุดนักเรียนในการทำแบบฝึกหัด 15.3 ข้อ 1-2	1) แบบประเมินการทำกิจกรรม 2) ใบงาน เรื่อง โมเมนต์ของแรงคู่ควบ 3) แบบฝึกหัด 15.3 ข้อ 1-2	1) นักเรียนทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายได้ระดับดี ผ่านเกณฑ์

10. เกณฑ์การประเมินผลงานนักเรียน

เกณฑ์การประเมินแบบ Rubrics ของการทำกิจกรรม เรื่อง โมเมนต์ของแรงคู่ควบ

ประเด็นการประเมิน	ค่าน้ำหนักคะแนน	แนวทางการให้คะแนน
ด้านความรู้ (K)	3	สามารถตอบคำถามได้ถูกต้องครบถ้วน จำนวน 8-10 ข้อ
	2	สามารถตอบคำถามได้ถูกต้องครบถ้วน จำนวน 5-7 ข้อ
	1	สามารถตอบคำถามได้ถูกต้องครบถ้วน จำนวน 1-4 ข้อ หรือไม่มีข้อใดถูกต้อง
ด้านกระบวนการ (P)	3	ทำแบบฝึกหัดได้ถูกต้องครบถ้วน จำนวน 2 ข้อ
	2	ทำแบบฝึกหัดได้ถูกต้องครบถ้วน จำนวน 1 ข้อ
	1	ทำแบบฝึกหัดไม่ถูกต้องทั้ง 2 ข้อ
ด้านคุณลักษณะ (A)	3	ทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายเสร็จภายในเวลาที่กำหนด และเรียบร้อยถูกต้องครบถ้วน
	2	ทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายเสร็จภายในเวลาที่กำหนด แต่งานยังผิดพลาดบางส่วน
	1	ทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายเสร็จ แต่ล่าช้า และเกิดข้อผิดพลาดบางส่วน

ระดับคะแนน

คะแนน	3	หมายถึง	ระดับดีมาก
คะแนน	2	หมายถึง	ระดับดี
คะแนน	1	หมายถึง	ระดับพอใช้

การประเมินการทำกิจกรรม เรื่อง โมเมนต์ของแรงคู่ควบ

ที่	ชื่อ - นามสกุล	จุดประสงค์การเรียนรู้			รวม คะแนน	ระดับ คุณภาพ
		ด้านความรู้ (K)	ด้าน กระบวนการ (P)	ด้าน คุณลักษณะ (A)		
		3	3	3	9	
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28						

ที่	ชื่อ - นามสกุล	จุดประสงค์การเรียนรู้			รวม คะแนน	ระดับ คุณภาพ
		ด้านความรู้ (K)	ด้าน กระบวนการ (P)	ด้าน คุณลักษณะ (A)		
		3	3	3		
29						
30						
31						
32						
33						
34						
35						
36						
37						
38						
39						
40						

ระดับคุณภาพ

คะแนน	9	หมายถึง	ระดับดีมาก
คะแนน	7-8	หมายถึง	ระดับดี
คะแนน	5-6	หมายถึง	ระดับปานกลาง
คะแนน	3-4	หมายถึง	ระดับปรับปรุง

บันทึกหลังการสอน

หน่วยการเรียนรู้ที่ 15 เรื่อง แม่เหล็กและไฟฟ้า

แผนการสอนที่ 7 เรื่อง โมเมนต์ของแรงคู่ควบ

วันที่ เดือน พ.ศ.

ผลการจัดการเรียนรู้

ปัญหา / อุปสรรค

ข้อเสนอแนะ/แนวทางแก้ปัญหา

ลงชื่อ.....ครูผู้สอน

(นางพิกุล นามปัดสา)

ลงชื่อ.....หัวหน้ากลุ่มสาระ

(นางธนพร สนามพล)

ใบงาน เรื่อง โมเมนต์ของแรงคู่ควบ

คำชี้แจง จงตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้องครบถ้วน

1) ถ้าพิจารณาแรงแม่เหล็กกระทำต่อเส้นลวดแต่ละส่วน ด้าน PS และ QR กระแสไฟฟ้าในขดลวดตัวนำอยู่ในทิศทางอย่างไรกับสนามแม่เหล็ก

ตอบ _____

2) ถ้าพิจารณาแรงแม่เหล็กกระทำต่อเส้นลวดแต่ละส่วน ด้าน PS และ QR กระแสไฟฟ้าในขดลวดตัวนำอยู่ในทิศทางขนานกับสนามแม่เหล็ก ทำให้เกิดแรงกระทำต่อด้าน PS และ QR หรือไม่ อย่างไร

ตอบ _____

3) ถ้าพิจารณาแรงแม่เหล็กกระทำต่อเส้นลวดแต่ละส่วน ด้าน PQ และ RS กระแสไฟฟ้าในขดลวดตัวนำอยู่ในทิศทางอย่างไรกับสนามแม่เหล็ก

ตอบ _____

4) ถ้าพิจารณาแรงแม่เหล็กกระทำต่อเส้นลวดแต่ละส่วน ด้าน PQ และ RS กระแสไฟฟ้าผ่านขดลวดอยู่ในทิศตั้งฉากขนานกับสนามแม่เหล็ก ทำให้เกิดแรงกระทำต่อด้าน PQ และ RS หรือไม่ อย่างไร

ตอบ _____

5) จากข้อ 3) ขนาดของแรงหาได้จากสมการ

ตอบ _____

6) แรงที่กระทำต่อด้าน PQ มีทิศทางตรงข้ามกับแรงที่กระทำต่อด้าน RS จะเห็นว่าแรงที่กระทำต่อด้านทั้งสองมีขนาดเท่ากัน ทิศทางตรงข้ามกัน และขนานกันจึงเป็นแรงที่เรียกว่า

ตอบ _____

7) โมเมนต์ของแรงคู่ควบหาขนาดได้จากสมการ

ตอบ _____

8) สัญลักษณ์ F ในสมการข้อ 7) หมายถึงอะไร

ตอบ _____

9) สัญลักษณ์ l ในสมการข้อ 7) หมายถึงอะไร

ตอบ _____

10) “ในกรณีขดลวดตัวนำจำนวน N รอบ จะทำให้เกิดโมเมนต์ของแรงคู่ควบกระทำต่อขดลวดเป็นจำนวน N เท่าของขดลวด 1 รอบ” จากข้อความดังกล่าวสามารถหาขนาดโมเมนต์ของแรงคู่ควบกระทำต่อขดลวดได้สมการใด

ตอบ _____

เฉลยใบงาน เรื่อง โมเมนต์ของแรงคู่ควบ

คำชี้แจง จงตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้องครบถ้วน

1) ถ้าพิจารณาแรงแม่เหล็กกระทำต่อเส้นลวดแต่ละส่วน ด้าน PS และ QR กระแสไฟฟ้าในขดลวดตัวนำอยู่ในทิศทางอย่างไรกับสนามแม่เหล็ก

ตอบ กระแสไฟฟ้าในขดลวดตัวนำอยู่ในทิศทางขนานกับสนามแม่เหล็ก

2) ถ้าพิจารณาแรงแม่เหล็กกระทำต่อเส้นลวดแต่ละส่วน ด้าน PS และ QR กระแสไฟฟ้าในขดลวดตัวนำอยู่ในทิศทางขนานกับสนามแม่เหล็ก ทำให้เกิดแรงกระทำต่อด้าน PS และ QR หรือไม่ อย่างไร

ตอบ ทำให้ไม่มีแรงกระทำต่อด้านทั้งสองนี้

3) ถ้าพิจารณาแรงแม่เหล็กกระทำต่อเส้นลวดแต่ละส่วน ด้าน PQ และ RS กระแสไฟฟ้าในขดลวดตัวนำอยู่ในทิศทางอย่างไรกับสนามแม่เหล็ก

ตอบ กระแสไฟฟ้าผ่านขดลวดอยู่ในทิศตั้งฉากขนานกับสนามแม่เหล็ก

4) ถ้าพิจารณาแรงแม่เหล็กกระทำต่อเส้นลวดแต่ละส่วน ด้าน PQ และ RS กระแสไฟฟ้าผ่านขดลวดอยู่ในทิศตั้งฉากขนานกับสนามแม่เหล็ก ทำให้เกิดแรงกระทำต่อด้าน PQ และ RS หรือไม่ อย่างไร

ตอบ เกิดแรงกระทำต่อด้านทั้งสอง มีขนาดเท่ากัน

5) จากข้อ 3) ขนาดของแรงหาได้จากสมการ

ตอบ $F = Il_2 B$

6) แรงที่กระทำต่อด้าน PQ มีทิศทางตรงข้ามกับแรงที่กระทำต่อด้าน RS จะเห็นว่าแรงที่กระทำต่อด้านทั้งสองมีขนาดเท่ากัน ทิศทางตรงข้ามกัน และขนานกันจึงเป็นแรงที่เรียกว่า

ตอบ แรงคู่ควบ

7) โมเมนต์ของแรงคู่ควบหาขนาดได้จากสมการ

ตอบ $M_c = Fl$

8) สัญลักษณ์ F ในสมการข้อ 7) หมายถึงอะไร

ตอบ ขนาดของแรงคู่ควบ

9) สัญลักษณ์ l ในสมการข้อ 7) หมายถึงอะไร

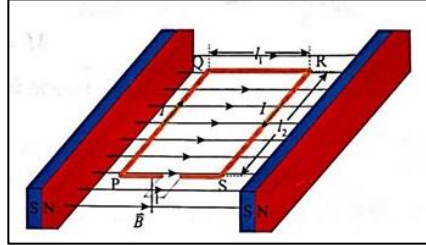
ตอบ ระยะทางตั้งฉากระหว่างแนวแรงทั้งสอง

10) “ในกรณีขดลวดตัวนำจำนวน N รอบ จะทำให้เกิดโมเมนต์ของแรงคู่ควบกระทำต่อขดลวดเป็นจำนวน N เท่าของขดลวด 1 รอบ” จากข้อความดังกล่าวสามารถหาขนาดโมเมนต์ของแรงคู่ควบกระทำต่อขดลวดได้สมการใด

ตอบ $M = NIAB \cos \theta$

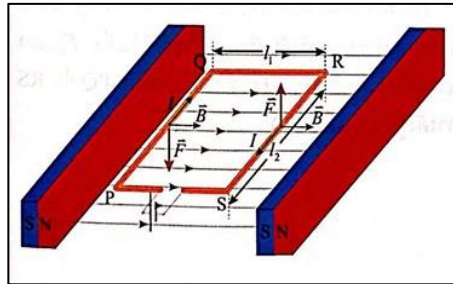
ใบความรู้ เรื่อง โมเมนต์ของแรงคู่ควบ

พิจารณาขดลวดตัวนำสี่เหลี่ยม มุมฉาก (PQRS) วางให้ระนาบขดลวดขนานกับ สนามแม่เหล็ก ($\vec{B}$) สมมุติว่า มีความยาวด้าน $PS = QR = l_1$ และความยาวด้าน $PQ = RS = l_2$ เมื่อให้กระแสไฟฟ้า (I) ผ่านขดลวดในทิศทาง $P \rightarrow Q \rightarrow R \rightarrow S$ ดังรูป 15.38



รูป 15.38 ทิศทางที่กระแสไฟฟ้าผ่านขดลวดตัวนำ

พิจารณาแรงแม่เหล็กกระทำต่อเส้นลวดแต่ละส่วนดังนี้ ด้าน PS และ QR กระแสไฟฟ้าในขดลวดตัวนำอยู่ในทิศทางขนานกับสนามแม่เหล็ก ทำให้ไม่มีแรงกระทำต่อด้านทั้งสองนี้ ส่วนด้าน PQ และ RS เป็นด้านที่กระแสไฟฟ้าผ่านขดลวดในทิศทางตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก จึงเกิดแรงกระทำต่อด้านทั้งสอง มีขนาดเท่ากัน โดยขนาดของแรงหาได้จากสมการ $F = Il_2B$



รูป 15.39 ทิศทางของแรงกระทำต่อขดลวดตัวนำ ขณะระนาบขดลวดขนานกับสนามแม่เหล็ก

ในการหาทิศทางของแรง โดยใช้มือขวา พบว่าแรงที่กระทำต่อด้าน PQ มีทิศทางตรงข้ามกับแรงที่กระทำต่อด้าน RS ดังรูป 15.39 จะเห็นว่าแรงที่กระทำต่อด้านทั้งสองมีขนาดเท่ากัน ทิศทางตรงข้ามกัน และขนานกันจึงเป็นแรงคู่ควบ ทำให้เกิดโมเมนต์ของแรงคู่ควบหาขนาดได้จากสมการ

$$M_c = Fl$$

เมื่อ M_c คือ โมเมนต์ของแรงคู่ควบ

F คือ ขนาดของแรงคู่ควบ

l คือ ระยะทางตั้งฉากระหว่างแนวแรงทั้งสอง

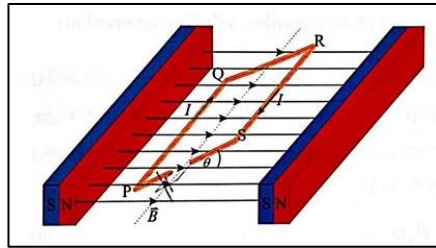
แทนค่า F จากสมการ $F = Il_2B$ และแทน l ด้วย ในสมการ $M_c = Fl$ จะได้
โมเมนต์ของแรงคู่ควบ

$$M = (Il_2B) l_1$$

กำหนดให้ A เป็นพื้นที่ของขดลวด มีค่าเท่ากับ $l_1 l_2$ เขียนสมการขนาดโมเมนต์ของแรงคู่ควบได้
เป็น

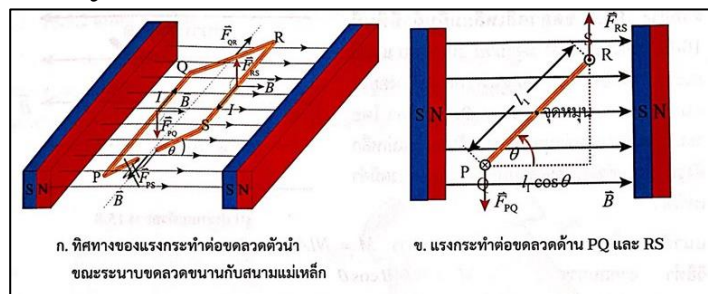
$$M = IAB$$

ถ้าวางขดลวดตัวนำสี่เหลี่ยมมุมฉาก (PQRS) ให้ระนาบขดลวดทำมุม θ กับสนามแม่เหล็ก ($\vec{B}$)
มีด้าน PS และ QR ทำมุม θ กับสนามแม่เหล็ก ดังรูป 15.40



รูป 15.40 ระนาบขดลวดทำมุม θ กับสนามแม่เหล็ก

พิจารณาด้าน PS กับ QR พบว่ามีแรงกระทำขนาดเท่ากัน ทิศทางตรงข้ามกัน คือ F_{PS} และ F_{QS} และอยู่ในแนวเดียวกัน ทำให้โมเมนต์ของแรงคู่นี้เป็นศูนย์ดังรูป 15.41 ก. ส่วนด้าน PQ กับ RS จะมีแรงคู่ควบกระทำ ได้แก่ F_{PQ} และ F_{RS} มีทิศทางดังรูป 15.41 ข.



รูป 15.41 ขดลวดตัวนำสี่เหลี่ยมฉากเอียงทำมุมกับสนามแม่เหล็กและมีกระแสไฟฟ้าผ่าน

โดยขนาดของแรงเท่ากับ Il_2B และระยะทางตั้งฉากระหว่างแนวแรงทั้งสองเท่ากับ $l_1 \cos \theta$
จากสมการ $M_c = Fl$ จะได้ขนาดของโมเมนต์ของแรงคู่ควบกระทำต่อขดลวด ตามสมการ

$$M = (Il_2B)l_1 \cos \theta$$

$$M = IAB \cos \theta$$

ในกรณีขดลวดตัวนำจำนวน N รอบ จะทำให้เกิดโมเมนต์ของแรงคู่ควบกระทำต่อขดลวดเป็น
จำนวน N เท่าของขดลวด 1 รอบ จะได้ขนาดโมเมนต์ของแรงคู่ควบกระทำต่อขดลวด ตามสมการ

$$M = NIAB \cos \theta$$

เมื่อ θ คือ มุมระหว่างระนาบขดลวดตัวนำกับสนามแม่เหล็ก

ในกรณีที่พื้นที่ของขดลวดเป็นขดลวดระนาบรูปทรงอื่น เช่น ขดลวดระนาบรูปวงกลมโมเมนต์ของ
แรงคู่ควบกระทำต่อขดลวดยังคงหาได้จากสมการ $M = NIAB \cos \theta$

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 8

เรื่อง แกลวนอิมเตอร์ และมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

รายวิชา ฟิสิกส์ 5

รหัสวิชา ว30204

เวลา 2 ชั่วโมง

หน่วยการเรียนรู้ที่ 15

ชื่อหน่วยการเรียนรู้ แม่เหล็กและไฟฟ้า

รวม 28 ชั่วโมง

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 1

หัวหน้ากลุ่มสาระ นางธนพร สนามพล

ครูผู้สอน นางพิกุล นามปัดสา

บูรณาการ

- | | | | |
|---|--------------------------------------|--|------------------------------|
| ☐ ปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง | ☐ อาเซียน | ☐ STEM | ☐ PLC |
| ☐ สวนพฤษภาคมโรงเรียน | ☐ มาตรฐานสากล | ☐ ข้ามกลุ่มสาระ | |

1. สาระฟิสิกส์

3. เข้าใจแรงไฟฟ้าและกฎของคูลอมบ์ สนามไฟฟ้า ศักย์ไฟฟ้า ความจุไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และกฎของโอห์ม วงจรไฟฟ้ากระแสตรง พลังงาน ไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้า การเปลี่ยนพลังงานทดแทนเป็นพลังงานไฟฟ้า สนามแม่เหล็ก แรงแม่เหล็กที่กระทำกับประจุไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้า การเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้าและกฎของฟาราเดย์ ไฟฟ้ากระแสสลับ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและการสื่อสาร รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

2. ผลการเรียนรู้

3. อธิบายหลักการทำงานของแกลวนอิมเตอร์และมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง รวมทั้งคำนวณปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

3.1 ด้านความรู้ (K)

1) นักเรียนอธิบายหลักการทำงานของแกลวนอิมเตอร์ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงได้

3.2 ด้านกระบวนการ (P)

1) นักเรียนสามารถคำนวณปริมาณที่เกี่ยวข้องได้

2) นักเรียนสามารถทำกิจกรรม เรื่อง มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงอย่างง่ายได้

3.3 ด้านคุณลักษณะ (A)

1) ใฝ่เรียนรู้และมุ่งมั่นในการทำงาน

4. สาระสำคัญ

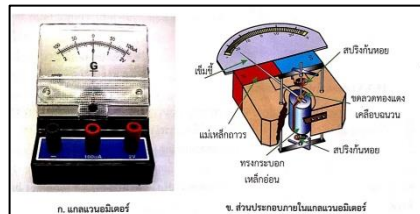
แกลวนอิมเตอร์เป็นเครื่องวัดทางไฟฟ้า ประกอบด้วยขดลวดสี่เหลี่ยมที่ติดเข็มชี้และหมุนได้คล่องอยู่ในสนามแม่เหล็ก เมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่านขดลวดจะหมุนพร้อมกับเข็มชี้เบนไป และมอเตอร์ไฟฟ้า กระแสตรงเป็นเครื่องมือเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล ประกอบด้วยขดลวดพันอยู่กับแกนซึ่ง หมุนได้คล่องและอยู่ในสนามแม่เหล็กเมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่านขดลวดจะหมุนต่อเนื่องรอบแกน การทำงานแกลวนอิมเตอร์และมอเตอร์ไฟฟ้าใช้หลักโมเมนต์แรงคู่ควบของขดลวดที่อยู่ในสนามแม่เหล็กและมีกระแสไฟฟ้าผ่าน

5. สารการเรียนรู้

5.1 ความรู้

แกลแวนอมิเตอร์ (galvanometer)

แกลแวนอมิเตอร์เป็นเครื่องวัดทางไฟฟ้า ดังรูป 15.42 ก. ประกอบด้วยขดลวดทองแดงเคลือบฉนวน พันหลายรอบบนกรอบรูปสี่เหลี่ยมที่ติดเข็มชี้และแกนหมุนได้คล่องทำให้ขดลวดหมุนรอบทรงกระบอกเหล็กอ่อนที่ตรึงอยู่กับที่ โดยปลายของแกนหมุนติดกับสปริงกันหอย ดังรูป 15.42 ข.

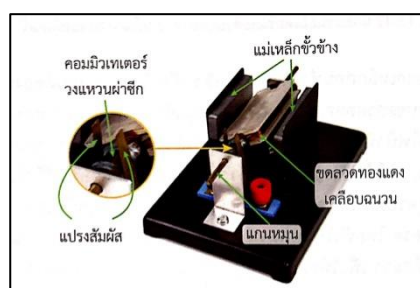


รูป 15.42 แกลแวนอมิเตอร์และส่วนประกอบภายในแกลแวนอมิเตอร์

ทรงกระบอกเหล็กอ่อนทำให้แรงแม่เหล็ก (ที่ทำให้เกิดโมเมนต์ของแรงคู่ควบกระทำต่อขดลวด) ตั้งฉากกับระนาบขดลวดตลอดเวลา จึงทำให้โมเมนต์ของแรงคู่ควบจากระแสไฟฟ้าที่กระทำต่อขดลวดขึ้นอยู่กับกระแสไฟฟ้าที่ผ่านขดลวดเท่านั้น เมื่อให้กระแสไฟฟ้าผ่าน ขดลวดจะหมุนพร้อมกับเข็มชี้เบนไปและแกนหมุนทำให้สปริงกันหอยบิดตัว จนกระทั่งโมเมนต์ของแรงบิดกลับของสปริงกันหอยเท่ากับโมเมนต์ของแรงคู่ควบที่กระทำต่อขดลวด ขดลวดและเข็มชี้จะหยุดนิ่ง มุมที่เข็มชี้เบนไปจึงขึ้นกับกระแสไฟฟ้าที่ผ่านขดลวด โดยทั่วไปแกลแวนอมิเตอร์มีวัตถุประสงค์ให้มีความไวต่อกระแสไฟฟ้าจึงใช้เส้นลวดที่มีขนาดเล็กมาก เพื่อให้ขดลวดมีน้ำหนักน้อย และสปริงกันหอยที่มีค่าคงตัวสปริงน้อย ๆ เมื่อกระแสไฟฟ้าผ่านเพียงเล็กน้อย ก็สามารถทำให้เข็มชี้เบนได้

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

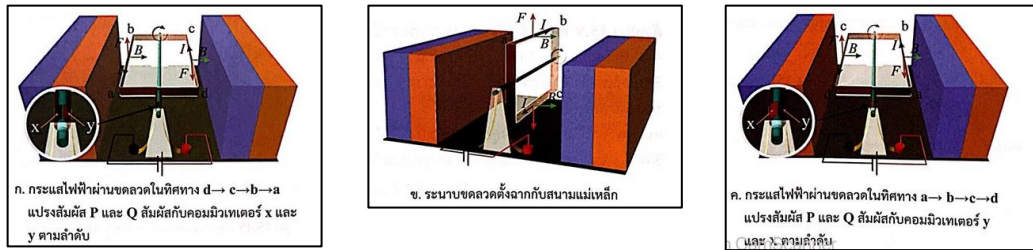
มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง เป็นการประยุกต์ใช้ความรู้โมเมนต์ของแรงคู่ควบที่กระทำต่อขดลวดในสนามแม่เหล็กเมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่าน ทำให้สามารถเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกลได้ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงอย่างง่าย ประกอบด้วยขดลวดทองแดงเคลือบฉนวน พันเป็นรูปสี่เหลี่ยมติดกับแกนหมุนได้คล่องในสนามแม่เหล็ก และส่วนที่ทำหน้าที่เปลี่ยนทิศทางของกระแสไฟฟ้าในขดลวด คือ คอมมิวเตเตอร์วงแหวนผ่าซีก (split-ring commutator) และแปรงสัมผัส (contact brush) ดังรูป 15.43



รูป 15.43 ส่วนประกอบของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

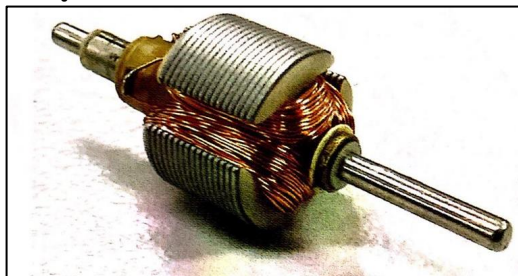
เมื่อกระแสไฟฟ้าผ่านขดลวดตัวนำในทิศทาง $d \rightarrow c \rightarrow b \rightarrow a$ จะเกิดโมเมนต์ของแรงคู่ควบหมุนขดลวดรอบแกนหมุนตามเข็มนาฬิกา ดังรูป 15.44 ก. เมื่อขดลวดหมุนไปจนระนาบของขดลวดตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก ดังรูป 15.44 ข. โมเมนต์ของแรงคู่ควบมีค่าเป็นศูนย์ แต่เนื่องจากความเฉื่อยจึงทำให้

ขดลวดหมุนต่อไป โดยแปรงสัมผัส P และ Q จะเปลี่ยนจากสัมผัสคอมมิวเตเตอร์ x และ y ไปสัมผัสกับคอมมิวเตเตอร์ y และ x ทำให้กระแสไฟฟ้าในขดลวดมีทิศทาง $a \rightarrow b \rightarrow c \rightarrow d$ โมเมนต์ของแรงคู่ควบที่เกิดขึ้นในขณะนี้ จะทำให้ขดลวดหมุนในทางเดิมต่อไป ดังรูป 15.44 ค.



รูป 15.44 แรงกระทำต่อขดลวดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

จะเห็นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงนี้มีขดลวดเพียงระนาบเดียว จึงใช้คอมมิวเตเตอร์ 1 คู่ ถ้าพิจารณาในขณะที่ระนาบของขดลวดตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก โมเมนต์ของแรงคู่ควบจะมีค่าเป็นศูนย์ (ตามสมการ $M = NIAB \cos \theta$ เพราะ $\cos 90^\circ = 0$) แต่ขดลวดจะหมุนต่อไปได้อีกเนื่องจากความเฉื่อย ดังนั้นตำแหน่งที่ระนาบของขดลวดตั้งฉากกับสนามแม่เหล็กจึงเป็นตำแหน่งที่มอเตอร์ไม่มีโมเมนต์ของแรงคู่ควบกระทำ เพื่อให้โมเมนต์ของแรงคู่ควบที่กระทำต่อขดลวดตลอดเวลา จึงต้องเพิ่มขดลวดในระนาบอื่นอีก โดยอาจใช้ตั้งแต่ 3 ระนาบขึ้นไป ดังรูป 15.45



รูป 15.45 ตัวอย่างมอเตอร์กระแสตรงแบบ 3 ระนาบ

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงถูกนำไปใช้ทำให้เกิดการเคลื่อนที่หรือการหมุนของอุปกรณ์ในเครื่องยนต์ เครื่องมือและเครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ เช่น ชิ้นส่วนในของเล่นเด็ก มอเตอร์ที่ใช้ในอุปกรณ์รถยนต์

5.2 กระบวนการ

- 1) ความสามารถในการสื่อสาร (อ่าน ฟัง พูด เขียน)
- 2) ความสามารถในการคิด (สังเกต วิเคราะห์ จัดกลุ่ม สรุป)
- 3) ความสามารถในการแก้ปัญหา (แสวงหาความรู้)
- 4) ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต (ความรับผิดชอบ)
- 5) ความสามารถในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ (การใช้สื่อบันทึกผ่านคอมพิวเตอร์)

5.3 คุณลักษณะและค่านิยม

ใฝ่เรียนรู้และมุ่งมั่นในการทำงาน

6. บูรณาการ

-

7. กิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ

1.1 ครูทบทวนความรู้เกี่ยวกับ สมการเกี่ยวกับโมเมนต์ของแรงคู่ควบกระทำต่อขดลวดที่มีกระแสไฟฟ้าผ่าน เมื่ออยู่ในสนามแม่เหล็ก

1.2 ครูตั้งคำถามเพื่อนำเข้าสู่การทำกิจกรรม เรื่อง แกลแวนอมิเตอร์ และมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ดังนี้

1) โมเมนต์ของแรงคู่ควบของขดลวดที่มีกระแสไฟฟ้าในสนามแม่เหล็ก สามารถนำไปประยุกต์ใช้อย่างไรได้บ้าง

2) หากจะนำความรู้นี้มาประยุกต์ใช้ในการสร้างเป็นเครื่องวัดทางไฟฟ้าจะสามารถทำได้ อย่างไร

3) มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงมีส่วนประกอบอะไรบ้าง

4) มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงหมุนได้อย่างไร เกี่ยวข้องกับโมเมนต์แรงคู่ควบของขดลวดที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านและอยู่ในสนามแม่เหล็กอย่างไร

(ให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นได้อย่างอิสระ โดยไม่คาดหวังคำตอบที่ถูกต้อง)

ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา

2.1 ครูให้นักเรียนทุกคนศึกษาค้นคว้าเนื้อหา เรื่อง แกลแวนอมิเตอร์ และมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ในหนังสือเรียน หน้า 57-60 และแหล่งความรู้อื่น เช่น ห้องสมุด อินเทอร์เน็ต

2.2 นักเรียนทุกคนศึกษาและทำใบงาน เรื่อง แกลแวนอมิเตอร์ และมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

2.3 ครูแบ่งกลุ่มนักเรียน กลุ่มละ 5-6 คน ละครความสามารถ และละครเพศ

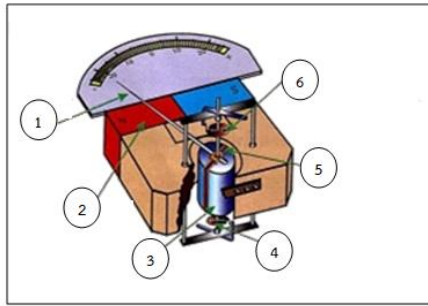
2.4 ครูให้นักเรียนศึกษาใบกิจกรรม เรื่อง มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงอย่างง่าย

2.5 นักเรียนทำกิจกรรม เรื่อง มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงอย่างง่าย

ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป

3.1 ครูนำนักเรียนอภิปรายเพื่อนำไปสู่การสรุป โดยใช้คำถามต่อไปนี้

1) “แกลแวนอมิเตอร์ (galvanometer) เป็นเครื่องวัดทางไฟฟ้า ประกอบด้วย ขดลวดทองแดงเคลือบฉนวน ซึ่งพันหลายรอบบนกรอบรูปสี่เหลี่ยมที่ติดเข็มชี้และแกนหมุนได้คล่อง”
อยากทราบว่าข้อความดังกล่าวทำให้ขดลวดเคลื่อนที่อย่างไร (แนวคำตอบ ทำให้ขดลวดหมุนรอบ
ทรงกระบอกเหล็กอ่อนที่ตรึงอยู่กับที่ โดยปลายของแกนหมุนติดกับสปริงกันหอย)



ภาพส่วนประกอบภายในแกลแวนอมิเตอร์

- 2) จากภาพส่วนประกอบภายในแกลแวนอมิเตอร์ หมายเลข 2 คืออะไร (แนวการตอบ แม่เหล็กถาวร)
- 3) จากภาพส่วนประกอบภายในแกลแวนอมิเตอร์ หมายเลข 3 คืออะไร (แนวการตอบ ทรงกระบอกเหล็กอ่อน)
- 4) จากภาพส่วนประกอบภายในแกลแวนอมิเตอร์ หมายเลข 4 คืออะไร (แนวการตอบ สปริงกันหอย)
- 5) จากภาพส่วนประกอบภายในแกลแวนอมิเตอร์ หมายเลข 5 คืออะไร (แนวการตอบ ขดลวดทองแดงเคลือบฉนวน)
- 6) ทรงกระบอกเหล็กอ่อนทำให้แรงแม่เหล็กที่ทำให้เกิดโมเมนต์ของแรงคู่ควบกระทำต่อขดลวดตั้งฉากกับอะไร (แนวการตอบ ทำให้แรงแม่เหล็กที่ทำให้เกิดโมเมนต์ของแรงคู่ควบกระทำต่อขดลวดตั้งฉากกับระนาบขดลวดตลอดเวลา)
- 7) โมเมนต์ของแรงคู่ควบจากระแสไฟฟ้าที่กระทำต่อขดลวดขึ้นอยู่กับอะไร (แนวการตอบ กระแสไฟฟ้าที่ผ่านขดลวดเท่านั้น)
- 8) มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง เป็นการประยุกต์ใช้ความรู้โมเมนต์ของแรงคู่ควบที่กระทำต่อขดลวดในสนามแม่เหล็กเมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่าน ทำให้สามารถเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานอะไร (แนวการตอบ ทำให้สามารถเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกลได้)
- 9) มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงอย่างง่าย ประกอบด้วยอะไรบ้าง และส่วนที่ทำหน้าที่เปลี่ยนทิศทางของกระแสไฟฟ้า คืออะไร (แนวการตอบ ประกอบด้วยขดลวดทองแดงเคลือบฉนวน พันเป็นรูปสี่เหลี่ยมติดกับแกนหมุนได้คล่องในสนามแม่เหล็ก และส่วนที่ทำหน้าที่เปลี่ยนทิศทางของกระแสไฟฟ้าในขดลวด คือ คอมมิวเตเตอร์วงแหวนผ่าซีก (split-ring commutator) และแปรงสัมผัส (contact brush))
- 10) มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงถูกนำไปใช้ทำให้เกิดการเคลื่อนที่หรือการหมุนของอุปกรณ์ในเครื่องยนต์ เครื่องมือและเครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ เช่นอะไรบ้าง (แนวการตอบ ชิ้นส่วนในของเล่นเด็ก มอเตอร์ที่ใช้ในอุปกรณ์รถยนต์)

3.2 นักเรียนและครูร่วมกันสรุปเนื้อหาจากศึกษาค้นคว้า จนได้ข้อสรุป ดังนี้

เมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่านขดลวดแกลแวนอมิเตอร์ จะทำให้ขดลวดหมุนพร้อมกับเข็มชี้เบนไป โดยการเบนของเข็มจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับกระแสไฟฟ้า

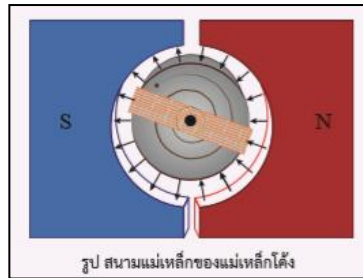
มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง เป็นการประยุกต์ใช้ความรู้โมเมนต์ของแรงคู่ควบที่กระทำต่อขดลวดในสนามแม่เหล็กเมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่าน ทำให้สามารถเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกลได้ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงอย่างง่าย ประกอบด้วยขดลวดทองแดงเคลือบฉนวน พันเป็นรูปสี่เหลี่ยมติดกับแกนหมุนได้

คล่องในสนามแม่เหล็ก และส่วนที่ทำหน้าที่เปลี่ยนทิศทางของกระแสไฟฟ้าในขดลวด คือ คอมมิวเตเตอร์ วงแหวนผ่าซีก (split-ring commutator) และแปรงสัมผัส (contact brush)

ขั้นที่ 4 ขันขยายความรู้

4.1 ครูอธิบายให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับกลแวนอมีเตอร์ ดังนี้

กลแวนอมีเตอร์ โดยทั่วไปจะมีเหล็กอ่อนรูปทรงกระบอกอยู่ตรงกลางระหว่างขั้ว N และขั้ว S ของแม่เหล็กค้ำ ทำให้สนามแม่เหล็กมีทิศทางอยู่ในแนวรัศมีของรูปทรงกระบอก (ดังรูป) ระบายของขดลวดสี่เหลี่ยมจะอยู่ในแนวขนานกับสนามแม่เหล็กทุกตำแหน่งที่ขดลวดหมุนไป



ด้วยเหตุนี้มุมที่ระบายของขดลวดทำกับสนามแม่เหล็กจึงเท่ากับ 0 องศา นั่นคือ ระบายของขดลวดขนานกับสนามแม่เหล็กตลอดเวลา

$$\text{จากสมการ} \quad M = NIAB \cos \theta$$

$$\text{ดังนั้น} \quad M = NIAB \cos 0 = NIAB$$

เนื่องจากจำนวนรอบของขดลวด N พื้นที่ระบายของขดลวด A และสนามแม่เหล็ก B เป็นค่าคงตัว

$$\text{ดังนั้น} \quad M \propto I$$

เมื่อมีกระแสไฟฟ้าค่าหนึ่งผ่านขดลวดกลแวนอมีเตอร์ ขดลวดจะหมุนด้วยโมเมนต์ของแรงคู่ควบค่าหนึ่ง การหมุนของขดลวดเป็นเหตุให้เกิดแรงบิดกลับในสปริงกันหอย ซึ่งต้านการหมุนของขดลวด โดยพยายามบิดให้ขดลวดเบนกลับสู่ตำแหน่งเดิม จนกระทั่งขดลวดหยุดนิ่งที่ตำแหน่งหนึ่ง นั่นคือ โมเมนต์ของแรงบิดกลับในสปริงมีทิศทางตรงข้ามกับโมเมนต์ของแรงคู่ควบกระทำต่อขดลวด และมีขนาดเท่ากันพอดีที่ตำแหน่งนั้น ซึ่งจะได้

โมเมนต์ของแรงบิดกลับของสปริง = โมเมนต์ของแรงคู่ควบกระทำต่อขดลวด

ถ้าพิจารณาขณะขดลวดหมุนไปหยุด ณ ตำแหน่งที่ทำมุม θ กับแนวเดิม จะได้ โมเมนต์ของแรงบิดกลับของสปริง = $k' \theta$

เมื่อ k' คือ ค่าคงตัวโมเมนต์แรงบิดกลับของสปริงกันหอย (torsion constant)

(k' คล้ายกับกรณีของสปริงในสมการ $F = ks$ ซึ่งอยู่ในแนวแกนตามยาวของสปริง)

$$\text{นั่นคือ} \quad k' \theta = NIAB$$

เนื่องจาก $k' N A$ และ B มีค่าคงตัว

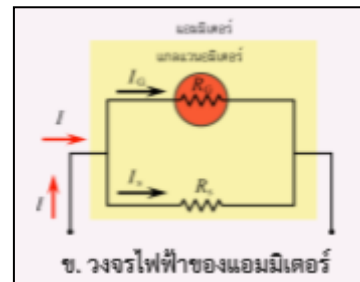
$$\text{ดังนั้น} \quad \theta \propto I$$

การที่มุมที่ขดลวดเบนไปจากเดิมหรือมุมที่เข็มชี้ของกลแวนอมีเตอร์เบนไปจากเดิมแปรผันตาม I ทำให้สามารถกำหนดสเกลที่เข็มชี้บน เพื่อระบุค่ากระแสไฟฟ้าได้

4.2 ครูอธิบายโจทย์ตัวอย่าง 15.9 ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน หน้า 60 อย่างละเอียด

4.3 ครูอธิบายให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับแอมมิเตอร์ (ammeter) ดังนี้

แอมมิเตอร์ ดังรูป ก. เป็นการดัดแปลงแกลเวนอมิเตอร์เพื่อวัดกระแสไฟฟ้าได้สูงสุด I ตามที่ต้องการ ซึ่งมีค่ามากกว่ากระแสไฟฟ้าสูงสุดของแกลเวนอมิเตอร์ I_G (เข็มเต็มสเกล) ทำได้โดยนำตัวต้านทานที่เรียกว่า **ชัณฑ์ (shunt)** ซึ่งมีความต้านทาน R_s มาต่อขนานกับแกลเวนอมิเตอร์ เพื่อแบ่งกระแสไฟฟ้าสูงสุด I ออกเป็นสองส่วน คือส่วนหนึ่งที่ผ่านแกลเวนอมิเตอร์เท่ากับ I_G ส่วนที่เหลือที่ผ่านชัณฑ์ เท่ากับ I_s ดังรูป ข. นั่นคือ $I_s = I - I_G$



เนื่องจากแกลเวนอมิเตอร์และชัณฑ์ต่อขนานกัน ดังนั้นความต่างศักย์ระหว่างปลายของชัณฑ์จะเท่ากับความต่างศักย์ระหว่างขั้วของแกลเวนอมิเตอร์

หรือ
$$I_s R_s = I_G R_G$$

จะได้
$$R_s = \frac{I_G R_G}{I_s}$$

4.4 ครูอธิบายให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับโวลต์มิเตอร์ (voltmeter) ดังนี้

โวลต์มิเตอร์ ดังรูป ค. เป็นการดัดแปลงแกลเวนอมิเตอร์ เพื่อวัดความต่างศักย์สูงสุด V ตามที่ต้องการ ซึ่งมีค่ามากกว่าความต่างศักย์สูงสุดของแกลเวนอมิเตอร์ V_G ทำได้โดยนำตัวต้านทานเรียกว่า **มัลติพลายเออร์ (multiplier)** ที่มีความต้านทาน R_m มา ต่ออนุกรมกับแกลเวนอมิเตอร์เพื่อแบ่งความต่างศักย์สูงสุดที่ต้องการวัด V ออกเป็นสองส่วน

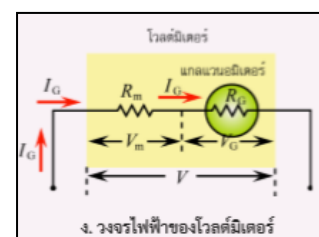


ส่วนหนึ่งเป็นความต่างศักย์ระหว่างปลายของมัลติพลายเออร์ V_m อีกส่วนหนึ่งเป็นความต่างศักย์สูงสุดของแกลเวนอมิเตอร์ V_G ดังรูป ง. นั่นคือ

หรือ
$$V = V_m + V_G$$

จะได้
$$V = I_G R_m + I_G R_G$$

$$R_m = \frac{V - I_G R_G}{I_G}$$



ชั้นที่ 5 ชั้นประเมินผล

- 5.1 ครูตรวจใบงาน เรื่อง แกลแวนอมิเตอร์ และมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง
- 5.2 นักเรียนทำแบบฝึกหัด 15.3 ข้อ 3 ลงในสมุด
- 5.3 นักเรียนแต่ละส่งชิ้นงานมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงอย่างง่าย

ประยุกต์และตอบแทนสังคม

ครูให้นักเรียนแต่ละคนนำความรู้ที่เรียนไปค้นคว้าเพิ่มเติมที่ห้องสมุด หรือเว็บไซต์ แล้วนำเสนอในชั้นเรียน

8. สื่อการเรียนรู้/แหล่งเรียนรู้

- 8.1 หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฟิสิกส์) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เล่ม 5 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560)
- 8.2 ใบงาน เรื่อง แกลแวนอมิเตอร์ และมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง
- 8.3 ใบความรู้ เรื่อง แกลแวนอมิเตอร์ และมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง
- 8.4 ใบกิจกรรม เรื่อง มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงอย่างง่าย
- 8.5 อินเทอร์เน็ต
- 8.6 ห้องสมุด

9. การวัดและประเมินผล

จุดประสงค์การเรียนรู้	วิธีการวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
ด้านความรู้ (K)			
1) นักเรียนอธิบายหลักการทำงานของ แกลแวนอมิเตอร์ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงได้	1) ตรวจใบงาน เรื่อง แกลแวนอมิเตอร์ และ มอเตอร์ไฟฟ้า กระแสตรง	1) แบบประเมินการ ทำกิจกรรม 2) ใบงาน เรื่อง แกลแวนอมิเตอร์ และมอเตอร์ไฟฟ้า กระแสตรง	1) นักเรียนสามารถ ตอบคำถามได้ระดับ ดี ผ่านเกณฑ์
ด้านกระบวนการ (P)			
1) นักเรียนสามารถคำนวณปริมาณที่ เกี่ยวข้องได้ 2) นักเรียนสามารถทำกิจกรรม เรื่อง มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงอย่างง่ายได้	1) ตรวจสอบผู้เรียน ในการทำแบบฝึกหัด 15.3 ข้อ 3 2) ตรวจชิ้นงาน มอเตอร์ไฟฟ้า กระแสตรงอย่างง่าย	1) แบบประเมินการ ทำกิจกรรม 2) แบบฝึกหัด 15.3 ข้อ 3	1) นักเรียนสามารถ ทำแบบฝึกหัดได้ ระดับดี ผ่านเกณฑ์ 2) นักเรียนสร้าง มอเตอร์ไฟฟ้า กระแสตรงอย่างง่าย ได้ระดับดี ผ่านเกณฑ์

ด้านคุณลักษณะ (A)			
1) ใฝ่เรียนรู้และมุ่งมั่นในการทำงาน	1) ตรวจสอบงาน เรื่อง แกลแวนอมิเตอร์ และมอเตอร์ไฟฟ้า กระแสตรง 2) ตรวจสอบนักเรียนในการทำแบบฝึกหัด 15.3 ข้อ 3 3) ตรวจสอบงาน มอเตอร์ไฟฟ้า กระแสตรงอย่างง่าย	1) แบบประเมินการทำกิจกรรม 2) ใบงาน เรื่อง แกลแวนอมิเตอร์ และมอเตอร์ไฟฟ้า กระแสตรง 3) แบบฝึกหัด 15.3 ข้อ 3	1) นักเรียนทำภาระงานที่ได้รับมอบหมาย ได้ระดับดี ผ่านเกณฑ์

10. เกณฑ์การประเมินผลงานนักเรียน

เกณฑ์การประเมินแบบ Rubrics ของการทำกิจกรรม เรื่อง แกลแวนอมิเตอร์ และมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

ประเด็นการประเมิน	ค่าน้ำหนักคะแนน	แนวทางการให้คะแนน
ด้านความรู้ (K)	3	สามารถตอบคำถามได้ถูกต้องครบถ้วน จำนวน 8-10 ข้อ
	2	สามารถตอบคำถามได้ถูกต้องครบถ้วน จำนวน 5-7 ข้อ
	1	สามารถตอบคำถามได้ถูกต้องครบถ้วน จำนวน 1-4 ข้อ หรือไม่มีข้อใดถูกต้อง
ด้านกระบวนการ (P)	3	ทำแบบฝึกหัด 15.3 ข้อ 3 ก. และ ข. ได้ถูกต้องครบถ้วน
	2	ทำแบบฝึกหัด 15.3 ข้อ 3 ก. หรือ ข. ได้ถูกต้องครบถ้วน
	1	ทำแบบฝึกหัด 15.3 ข้อ 3 ไม่ถูกต้อง
	3	สร้างมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงอย่างง่ายได้ถูกต้องตามขั้นตอนและทดลองใช้งานได้จริง
	2	สร้างมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงอย่างง่ายได้ถูกต้องตามขั้นตอน แต่ทดลองใช้งานไม่ได้
	1	สร้างมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงอย่างง่ายไม่ถูกต้อง และทดลองใช้งานไม่ได้
ด้านคุณลักษณะ (A)	3	ทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายเสร็จภายในเวลาที่กำหนด และเรียบเรียงถูกต้องครบถ้วน
	2	ทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายเสร็จภายในเวลาที่กำหนด แต่งานยังผิดพลาดบางส่วน
	1	ทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายเสร็จ แต่ล่าช้า และเกิดข้อผิดพลาดบางส่วน

ระดับคะแนน

คะแนน	3	หมายถึง	ระดับดีมาก
คะแนน	2	หมายถึง	ระดับดี
คะแนน	1	หมายถึง	ระดับพอใช้

หมายเหตุ หาค่าเฉลี่ยของคะแนนด้านกระบวนการ (P) ซึ่งคะแนนเต็ม เท่ากับ 3

การประเมินการทำกิจกรรม เรื่อง แกลแวนอมีเตอร์ และมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

ที่	ชื่อ - นามสกุล	จุดประสงค์การเรียนรู้			รวม คะแนน	ระดับ คุณภาพ
		ด้านความรู้ (K)	ด้าน กระบวนการ (P)	ด้าน คุณลักษณะ (A)		
		3	3	3		
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28						

ที่	ชื่อ - นามสกุล	จุดประสงค์การเรียนรู้			รวม คะแนน	ระดับ คุณภาพ
		ด้านความรู้ (K)	ด้าน กระบวนการ (P)	ด้าน คุณลักษณะ (A)		
		3	3	3		
29						
30						
31						
32						
33						
34						
35						
36						
37						
38						
39						
40						

ระดับคุณภาพ

คะแนน	9	หมายถึง	ระดับดีมาก
คะแนน	7-8	หมายถึง	ระดับดี
คะแนน	5-6	หมายถึง	ระดับปานกลาง
คะแนน	3-4	หมายถึง	ระดับปรับปรุง

บันทึกหลังการสอน

หน่วยการเรียนรู้ที่ 15 เรื่อง แม่เหล็กและไฟฟ้า

แผนการสอนที่ 8 เรื่อง แกลแวนอมิเตอร์ และมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

วันที่ เดือน พ.ศ.

ผลการจัดการเรียนรู้

ปัญหา / อุปสรรค

ข้อเสนอแนะ/แนวทางแก้ปัญหา

ลงชื่อ.....ครูผู้สอน

(นางพิกุล นามปัดสา)

ลงชื่อ.....หัวหน้ากลุ่มสาระ

(นางธนพร สนามพล)

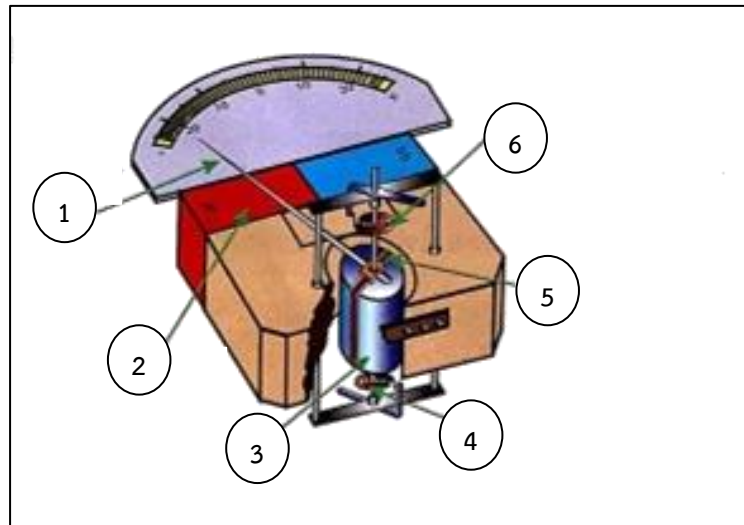
ใบงาน เรื่อง แกลแวนอมิเตอร์ และมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

คำชี้แจง จงตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้องครบถ้วน

- 1) “แกลแวนอมิเตอร์ (galvanometer) เป็นเครื่องวัดทางไฟฟ้า ประกอบด้วยขดลวดทองแดงเคลือบฉนวน ซึ่งพันหลายรอบบนกรอบรูปสี่เหลี่ยมที่ติดเข็มชี้และแกนหมุนได้คล่อง” อยากทราบว่าข้อความดังกล่าวทำให้ขดลวดเคลื่อนที่อย่างไร

ตอบ _____

ภาพส่วนประกอบภายในแกลแวนอมิเตอร์ ใช้ตอบคำถามข้อ 2 - 5



- 2) จากภาพส่วนประกอบภายในแกลแวนอมิเตอร์ หมายเลข 2 คืออะไร

ตอบ _____

- 3) จากภาพส่วนประกอบภายในแกลแวนอมิเตอร์ หมายเลข 3 คืออะไร

ตอบ _____

- 4) จากภาพส่วนประกอบภายในแกลแวนอมิเตอร์ หมายเลข 4 คืออะไร

ตอบ _____

- 5) จากภาพส่วนประกอบภายในแกลแวนอมิเตอร์ หมายเลข 5 คืออะไร

ตอบ _____

- 6) ทรงแบบไหนทำให้แรงแม่เหล็กที่ทำให้เกิดโมเมนต์ของแรงคู่ควบกระทำต่อขดลวดตั้งฉากกับอะไร

ตอบ _____

7) โหมดของแรงคู่ควบจากระแสไฟฟ้าที่กระทำต่อขดลวดขึ้นอยู่กับอะไร

ตอบ _____

8) มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง เป็นการประยุกต์ใช้ความรู้โหมดของแรงคู่ควบที่กระทำต่อขดลวดในสนามเหล็ก
เมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่าน ทำให้สามารถเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานอะไร

ตอบ _____

9) มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงอย่างง่าย ประกอบด้วยอะไรบ้าง และส่วนที่ทำหน้าที่เปลี่ยนทิศทางของกระแสไฟฟ้า
คืออะไร

ตอบ _____

10) มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงถูกนำไปใช้ทำให้เกิดการเคลื่อนที่หรือการหมุนของอุปกรณ์ในเครื่องยนต์ เครื่องมือ
และเครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ เช่นอะไรบ้าง

ตอบ _____

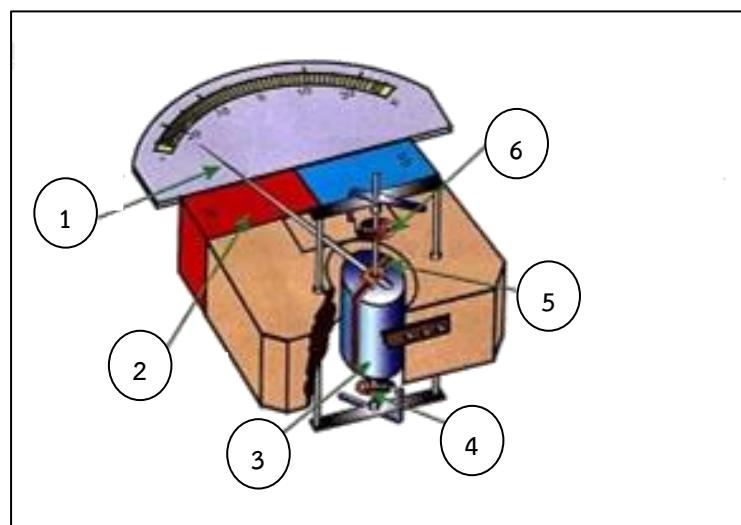
เฉลยใบงาน เรื่อง แกลแวนอมิเตอร์ และมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

คำชี้แจง จงตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้องครบถ้วน

- 1) “แกลแวนอมิเตอร์ (galvanometer) เป็นเครื่องวัดทางไฟฟ้า ประกอบด้วยขดลวดทองแดงเคลือบฉนวน ซึ่งพันหลายรอบบนกรอบรูปสี่เหลี่ยมที่ติดเข็มชี้และแกนหมุนได้คล่อง” อยากทราบว่าข้อความดังกล่าวทำให้ขดลวดเคลื่อนที่อย่างไร

ตอบ ทำให้ขดลวดหมุนรอบทรงกระบอกเหล็กอ่อนที่ตรึงอยู่กับที่ โดยปลายของแกนหมุนติดกับสปริงกันหอย

ภาพส่วนประกอบภายในแกลแวนอมิเตอร์ ใช้ตอบคำถามข้อ 2 - 5



- 2) จากภาพส่วนประกอบภายในแกลแวนอมิเตอร์ หมายเลข 2 คืออะไร

ตอบ แม่เหล็กถาวร

- 3) จากภาพส่วนประกอบภายในแกลแวนอมิเตอร์ หมายเลข 3 คืออะไร

ตอบ ทรงกระบอกเหล็กอ่อน

- 4) จากภาพส่วนประกอบภายในแกลแวนอมิเตอร์ หมายเลข 4 คืออะไร

ตอบ สปริงกันหอย

- 5) จากภาพส่วนประกอบภายในแกลแวนอมิเตอร์ หมายเลข 5 คืออะไร

ตอบ ขดลวดทองแดงเคลือบฉนวน

- 6) ทรงกระบอกเหล็กอ่อนทำให้แรงแม่เหล็กที่ทำให้เกิดโมเมนต์ของแรงคู่ควบกระทำต่อขดลวดตั้งฉากกับอะไร

ตอบ ทำให้แรงแม่เหล็กที่ทำให้เกิดโมเมนต์ของแรงคู่ควบกระทำต่อขดลวดตั้งฉากกับระนาบขดลวดตลอดเวลา

7) โหมดของแรงคู่ควบจากระแสไฟฟ้าที่กระทำต่อขดลวดขึ้นอยู่กับอะไร

ตอบ กระแสไฟฟ้าที่ผ่านขดลวดเท่านั้น

8) มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง เป็นการประยุกต์ใช้ความรู้โหมดของแรงคู่ควบที่กระทำต่อขดลวดในสนามแม่เหล็ก เมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่าน ทำให้สามารถเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานอะไร

ตอบ ทำให้สามารถเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกลได้

9) มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงอย่างง่าย ประกอบด้วยอะไรบ้าง และส่วนที่ทำหน้าที่เปลี่ยนทิศทางของกระแสไฟฟ้าคืออะไร

ตอบ ประกอบด้วยขดลวดทองแดงเคลือบฉนวน พันเป็นรูปสี่เหลี่ยมติดกับแกนหมุนได้คล่องในสนามแม่เหล็ก และส่วนที่ทำหน้าที่เปลี่ยนทิศทางของกระแสไฟฟ้าในขดลวด คือ คอมมิวเตเตอร์วงแหวนผ่าซีก (split-ring commutator) และแปรงสัมผัส (contact brush)

10) มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงถูกนำไปใช้ทำให้เกิดการเคลื่อนที่หรือการหมุนของอุปกรณ์ในเครื่องยนต์ เครื่องมือ และเครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ เช่นอะไรบ้าง

ตอบ ชิ้นส่วนในของเล่นเด็ก มอเตอร์ที่ใช้ในอุปกรณ์รถยนต์

ใบกิจกรรม เรื่อง มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงอย่างง่าย

1. รายชื่อสมาชิกที่ ชั้น

ชื่อ.....เลขที่.....

ชื่อ.....เลขที่.....

ชื่อ.....เลขที่.....

ชื่อ.....เลขที่.....

ชื่อ.....เลขที่.....

ชื่อ.....เลขที่.....

2. จุดประสงค์ของกิจกรรม

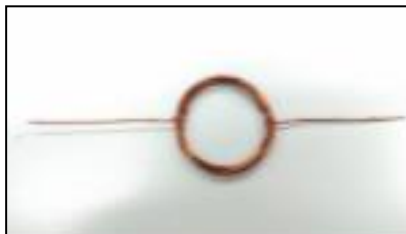
อธิบายหลักการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

3. วัสดุ-อุปกรณ์

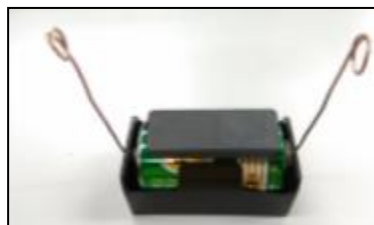
- | | | |
|---|---|------|
| 1) ลวดทองแดงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 0.3 มิลลิเมตร | 1 | เส้น |
| หรือลวดเบอร์ 28 ยาวประมาณ 1 เมตร | | |
| 2) แท่งแม่เหล็กขั้วข้าง | 1 | อัน |
| 3) เสาลวดสายไฟฟ้าทองแดงปลายมีห่วง | 2 | เส้น |
| 4) แบตเตอรี่ขนาด 1.5 โวลต์ 1 ก้อน พร้อมกระบะ | 1 | ชุด |

4. วิธีทำกิจกรรม

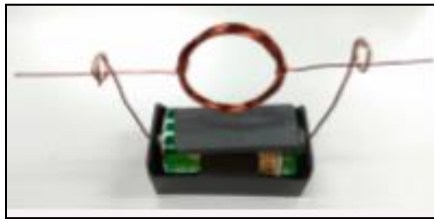
- 1) สร้างขดลวดของมอเตอร์ โดยนำลวดทองแดงพันเป็นวงกลม ให้มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 3 เซนติเมตร และเหลือปลายทั้งสองด้านให้เป็นแกนหมุน (ดังรูป)



- 2) สร้างฐานรองรับ โดยติดแท่งแม่เหล็กเข้ากับแบตเตอรี่ที่ติดกับเสาลวดทองแดง (ดังรูป)



3) นำขดลวดในข้อ 1)วางบนฐานรองรับเพื่อหาตำแหน่งที่แกนขดลวดสัมผัสกับห่วงเสาทองแดง (ดังรูป)



4) ชูคณวนหุ้มลวดทองแดงบริเวณที่สัมผัสกับเข็มขัดรัดสายไฟทั้งสองปลาย (ดังรูป) โดยชูคครึ่งซีกด้านเดียวกันทั้งสองข้างปลาย

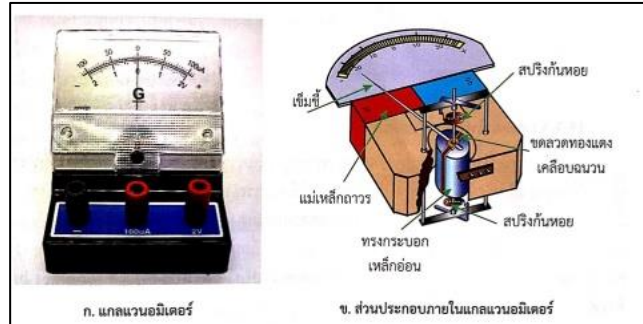


5) นำขดลวดในข้อ 4)วางบนฐานรองรับ หากขดลวดไม่หมุนให้สังเกตบริเวณที่ชูคณวนนอกัสัมผัสกับเข็มขัดรัดสายไฟหรือไม่

ใบความรู้ เรื่อง แกลแวนอมมิเตอร์ และมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

➤ แกลแวนอมมิเตอร์ (galvanometer)

แกลแวนอมมิเตอร์เป็นเครื่องวัดทางไฟฟ้า ดังรูป 15.42 ก. ประกอบด้วยขดลวดทองแดงเคลือบฉนวน พันหลายรอบบนกรอบรูปสี่เหลี่ยมที่ติดเข็มชี้และแกนหมุนได้คล่องทำให้ขดลวดหมุนรอบทรงกระบอกเหล็กอ่อนที่ตรึงอยู่กับที่ โดยปลายของแกนหมุนติดกับสปริงกันหอย ดังรูป 15.42 ข.

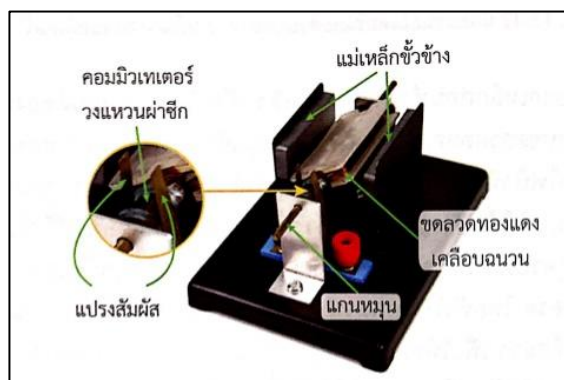


รูป 15.42 แกลแวนอมมิเตอร์และส่วนประกอบภายในแกลแวนอมมิเตอร์

ทรงกระบอกเหล็กอ่อนทำให้แรงแม่เหล็ก (ที่ทำให้เกิดโมเมนต์ของแรงคู่ควบกระทำต่อขดลวด) ตั้งฉากกับระนาบขดลวดตลอดเวลา จึงทำให้โมเมนต์ของแรงคู่ควบจากกระแสไฟฟ้าที่กระทำต่อขดลวดขึ้นอยู่กับกระแสไฟฟ้าที่ผ่านขดลวดเท่านั้น เมื่อให้กระแสไฟฟ้าผ่านขดลวดจะหมุนพร้อมกับเข็มชี้เบนไป และแกนหมุนทำให้สปริงกันหอยบิดตัว จนกระทั่งโมเมนต์ของแรงบิดกลับของสปริงกันหอยเท่ากับโมเมนต์ของแรงคู่ควบที่กระทำต่อขดลวด ขดลวดและเข็มชี้จะหยุดนิ่ง มุมที่เข็มชี้เบนไปจึงขึ้นกับกระแสไฟฟ้าที่ผ่านขดลวด โดยทั่วไปแกลแวนอมมิเตอร์มีวัตถุประสงค์ให้ความไวต่อกระแสไฟฟ้าจึงใช้เส้นลวดที่มีขนาดเล็กมาก เพื่อให้ขดลวดมีน้ำหนักน้อย และสปริงกันหอยที่มีค่าคงตัวสปริงน้อย ๆ เมื่อกระแสไฟฟ้าผ่านเพียงเล็กน้อย ก็สามารถทำให้เข็มชี้เบนได้

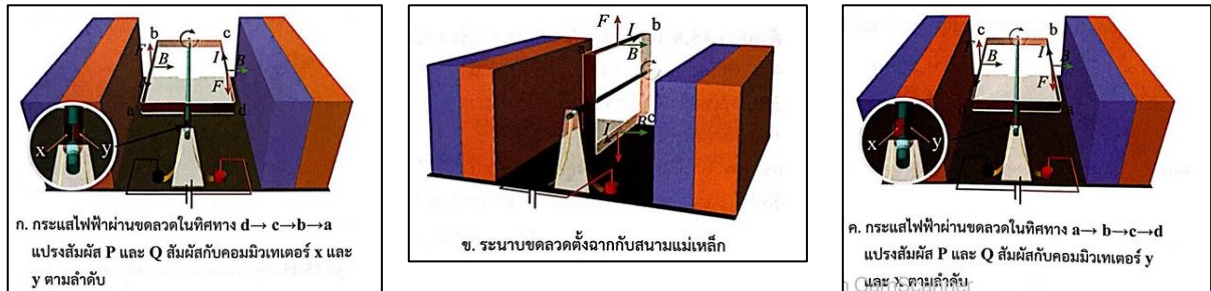
➤ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง เป็นการประยุกต์ใช้ความรู้โมเมนต์ของแรงคู่ควบที่กระทำต่อขดลวดในสนามแม่เหล็กเมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่าน ทำให้สามารถเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกลได้ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงอย่างง่าย ประกอบด้วยขดลวดทองแดงเคลือบฉนวน พันเป็นรูปสี่เหลี่ยมติดกับแกนหมุนได้คล่องในสนามแม่เหล็ก และส่วนที่ทำหน้าที่เปลี่ยนทิศทางของกระแสไฟฟ้าในขดลวด คือ คอมมิวเตเตอร์วงแหวนผ่าซีก (split-ring commutator) และแปรงสัมผัส (contact brush) ดังรูป 15.43



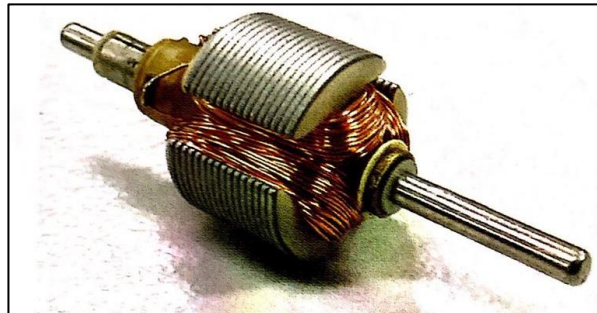
รูป 15.43 ส่วนประกอบของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

เมื่อกระแสไฟฟ้าผ่านขดลวดตัวนำในทิศทาง $d \rightarrow c \rightarrow b \rightarrow a$ จะเกิดโมเมนต์ของแรงคู่ควบหมุนขดลวดรอบแกนหมุนตามเข็มนาฬิกา ดังรูป 15.44 ก. เมื่อขดลวดหมุนไปจนระนาบของขดลวดตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก ดังรูป 15.44 ข. โมเมนต์ของแรงคู่ควบมีค่าเป็นศูนย์ แต่เนื่องจากความเฉื่อยจึงทำให้ขดลวดหมุนต่อไป โดยแปรงสัมผัส P และ Q จะเปลี่ยนจากสัมผัสคอมมิวเตเตอร์ x และ y ไปสัมผัสกับคอมมิวเตเตอร์ y และ x ทำให้กระแสไฟฟ้าในขดลวดมีทิศทาง $a \rightarrow b \rightarrow c \rightarrow d$ โมเมนต์ของแรงคู่ควบที่เกิดขึ้นในขณะนี้จะทำให้ขดลวดหมุนในทางเดิมต่อไป ดังรูป 15.44 ค.



รูป 15.44 แรงกระทำต่อขดลวดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

จะเห็นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงนี้มีขดลวดเพียงระนาบเดียว จึงใช้คอมมิวเตเตอร์ 1 คู่ ถ้าพิจารณาในขณะที่ระนาบของขดลวดตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก โมเมนต์ของแรงคู่ควบจะมีค่าเป็นศูนย์ (ตามสมการ $M = NIAB \cos \theta$ เพราะ $\cos 90^\circ = 0$) แต่ขดลวดจะหมุนต่อไปได้อีกเนื่องจากความเฉื่อย ดังนั้นตำแหน่งที่ระนาบของขดลวดตั้งฉากกับสนามแม่เหล็กจึงเป็นตำแหน่งที่มอเตอร์ไม่มีโมเมนต์ของแรงคู่ควบกระทำ เพื่อให้โมเมนต์ของแรงคู่ควบที่กระทำต่อขดลวดตลอดเวลา จึงต้องเพิ่มขดลวดในระนาบอื่นอีก โดยอาจใช้ตั้งแต่ 3 ระนาบขึ้นไป ดังรูป 15.45



รูป 15.45 ตัวอย่างมอเตอร์กระแสตรงแบบ 3 ระนาบ

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงถูกนำไปใช้ทำให้เกิดการเคลื่อนที่หรือการหมุนของอุปกรณ์ในเครื่องยนต์ เครื่องมือและเครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ เช่น ชิ้นส่วนในของเล่นเด็ก มอเตอร์ที่ใช้ในอุปกรณ์รถยนต์

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 9

เรื่อง กฎการเหนี่ยวนำของฟาราเดย์

รายวิชา ฟิสิกส์ 5

รหัสวิชา ว30204

เวลา 2 ชั่วโมง

หน่วยการเรียนรู้ที่ 15

ชื่อหน่วยการเรียนรู้ แม่เหล็กและไฟฟ้า

รวม 28 ชั่วโมง

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 1

หัวหน้ากลุ่มสาระ นางธนพร สนามพล

ครูผู้สอน นางพิกุล นามปัดสา

บูรณาการ

- ☐ ปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง ☐ อาเซียน ☐ STEM ☒ PLC
- ☐ สวนพฤษภาคมโรงเรียน ☐ มาตรฐานสากล ☐ ข้ามกลุ่มสาระ

1. สาระฟิสิกส์

3. เข้าใจแรงไฟฟ้าและกฎของคูลอมบ์ สนามไฟฟ้า ศักย์ไฟฟ้า ความจุไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และกฎของโอห์ม วงจรไฟฟ้ากระแสตรง พลังงาน ไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้า การเปลี่ยนพลังงานทดแทนเป็นพลังงานไฟฟ้า สนามแม่เหล็ก แรงแม่เหล็กที่กระทำกับประจุไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้า การเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้าและกฎของฟาราเดย์ ไฟฟ้ากระแสสลับ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและการสื่อสาร รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

2. ผลการเรียนรู้

4. สังเกตและอธิบายการเกิดอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำ กฎการเหนี่ยวนำของฟาราเดย์ และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งนำความรู้เรื่องอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำไปอธิบายการทำงานของเครื่องใช้ไฟฟ้า

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

3.1 ด้านความรู้ (K)

- 1) นักเรียนอธิบายการเกิดอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำโดยใช้กฎของฟาราเดย์ได้
- 2) นักเรียนอธิบายทิศทางของกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำโดยใช้กฎของเลนซ์ได้

3.2 ด้านกระบวนการ (P)

- 1) นักเรียนทดลองและสังเกตการเกิดอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำโดยใช้กฎของฟาราเดย์ได้
- 2) นักเรียนหาทิศทางของกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำโดยใช้กฎของเลนซ์ได้

3.3 ด้านคุณลักษณะ (A)

- 1) ใฝ่เรียนรู้และมุ่งมั่นในการทำงาน

4. สาระสำคัญ

เมื่อมีฟลักซ์แม่เหล็กเปลี่ยนแปลง $\Delta\Phi_B$ ตัดขดลวดตัวนำจะเกิดอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำ $\mathcal{E}$ ในขดลวดตัวนำนั้น เท่ากับอัตราการเปลี่ยนแปลงของฟลักซ์แม่เหล็กที่ผ่านขดลวดตัวนำนั้น เมื่อเทียบกับเวลา อธิบายได้โดยกฎการเหนี่ยวนำของฟาราเดย์ เขียนแทนด้วยสมการ $\mathcal{E} = -\frac{\Delta\Phi_B}{\Delta t}$ เครื่องหมายลบ หมายถึง อีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำใน

ขดลวดจะทำให้เกิดกระแสเหนี่ยวนำในทิศทางที่จะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กใหม่ ขึ้นมาต้านการเปลี่ยนแปลงของ ฟลักซ์แม่เหล็กที่มาเหนี่ยวนำและตัดผ่านขดลวดนั้นตามกฎของเลนส์

5. สารการเรียนรู้

5.1 ความรู้

กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำและอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำ

เครื่องกำเนิดไฟฟ้า เป็นอุปกรณ์เปลี่ยนพลังงานกลเป็นพลังงานไฟฟ้า โดยใช้หลักการเกี่ยวกับการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งถูกค้นพบโดย ไมเคิล ฟาราเดย์ (Michael Faraday) การเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้าและการนำความรู้เกี่ยวกับอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำประยุกต์ใช้

กฎการเหนี่ยวนำของฟาราเดย์

การเกิดกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำในขดลวดตัวนำ ขณะแท่งแม่เหล็กอยู่หนึ่งในขดลวด เข็มแกลแวนอมิเตอร์อยู่นิ่งและชี้ตำแหน่งศูนย์ตลอดเวลา แต่เมื่อเคลื่อนที่ปลายขั้วแม่เหล็กออกจากขดลวด เข็มแกลแวนอมิเตอร์เบนไปทางหนึ่ง และเมื่อเคลื่อนที่ปลายขั้วแม่เหล็กเข้าขดลวด เข็มแกลแวนอมิเตอร์เบนไปทิศทางตรงข้าม แล้วเมื่อเคลื่อนที่ปลายขั้วแม่เหล็กให้เร็วขึ้นเข็มแกลแวนอมิเตอร์จะเบนเช่นเดิมแต่เบนห่างจากตำแหน่งศูนย์มากขึ้น

ขณะแท่งแม่เหล็กอยู่นิ่ง เข็มแกลแวนอมิเตอร์อยู่ที่ตำแหน่งศูนย์แสดงว่าไม่มีกระแสไฟฟ้าจากขดลวดผ่านแกลแวนอมิเตอร์ แต่เมื่อเคลื่อนที่ปลายขั้วแม่เหล็กออกแล้วเข้า เข็มแกลแวนอมิเตอร์เบนไปจากตำแหน่งศูนย์แสดงว่ามีกระแสไฟฟ้าจากขดลวดผ่านแกลแวนอมิเตอร์ และการที่เข็มแกลแวนอมิเตอร์เบนในทิศตรงข้ามกันเมื่อเคลื่อนที่แท่งแม่เหล็กออกและเข้า แสดงว่ากระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้นมีทิศตรงข้ามด้วย และเมื่อเคลื่อนที่ปลายขั้วแม่เหล็กเร็วขึ้นเข็มแกลแวนอมิเตอร์เบนมากขึ้นแสดงว่ามีกระแสไฟฟ้าจากขดลวดมากขึ้น

จากการเคลื่อนที่ปลายขั้วแม่เหล็กข้างต้นเป็นการทำให้ฟลักซ์แม่เหล็กที่ผ่านพื้นที่หน้าตัดขดลวดเปลี่ยนแปลงจึงทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าในขดลวด เรียกกระแสไฟฟ้าที่เกิดจากวิธีนี้ว่า **กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำ (induced electric current)** และเรียกการทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าในตัวนำด้วยสนามแม่เหล็กว่า **การเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า (electromagnetic induction)**

การเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้าเพื่อให้เกิดกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำ ทำได้โดยการเคลื่อนที่แท่งแม่เหล็กหรือขดลวดอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือทั้งสองอย่างก็ได้ เพื่อทำให้ฟลักซ์แม่เหล็กที่ผ่านพื้นที่หน้าตัดขดลวดเปลี่ยนแปลง โดยฟาราเดย์ได้ทำการทดลอง และเสนอ**กฎการเหนี่ยวนำของฟาราเดย์ (Faraday's law of induction)** สรุปได้ว่าเมื่อมี ฟลักซ์แม่เหล็กที่ตัดขดลวดตัวนำมีการเปลี่ยนแปลงทำให้เกิด **อีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำ (induced electromotive force)** ในขดลวดตัวนำนั้นมีค่าขึ้นกับอัตราการเปลี่ยนแปลงของฟลักซ์แม่เหล็กที่ตัดขดลวดตัวนำส่วนทิศทางของกระแสเหนี่ยวนำเป็นไปตาม**กฎของเลนส์ (Lenz's law)**

เมื่อนำกฎการเหนี่ยวนำของฟาราเดย์และกฎของเลนส์ มาเขียนสมการอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำได้ดังนี้

$$\varepsilon = - \frac{\Delta \Phi_B}{\Delta t}$$

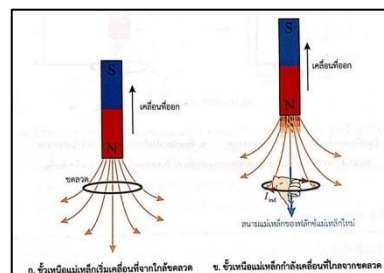
โดย ε เป็นอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำ

$$\frac{\Delta \Phi_B}{\Delta t}$$

เป็นอัตราการเปลี่ยนแปลงของฟลักซ์แม่เหล็กที่ตัดขดลวดตัวนำเทียบกับเวลา

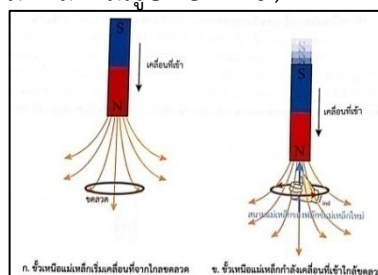
เครื่องหมายลบในสมการเป็นไปตามกฎของเลนซ์ มีความหมายว่า อีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้น มีทิศทางด้านการเปลี่ยนแปลงของฟลักซ์แม่เหล็กที่มาเหนี่ยวนำ และจากกิจกรรม 15.3 กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำ สามารถใช้กฎการเหนี่ยวนำของฟาราเดย์และกฎของเลนซ์มาอธิบายการเกิดกระแสเหนี่ยวนำในขดลวดตัวนำได้ดังนี้

เมื่อเคลื่อนที่ปลายขั้วแม่เหล็กออกจากขดลวดตัวนำ เช่น เคลื่อนที่ปลายขั้วเหนือ (N) ออกจากขดลวดตัวนำ โดยขั้วเหนือเริ่มเคลื่อนที่จากใกล้ขดลวด ดังรูป 15.46 ก. จนขั้วเหนือกำลังเคลื่อนที่ไกลจากขดลวด ดังรูป 15.46 ข. ทำให้ฟลักซ์แม่เหล็กที่ผ่านขดลวดตัวนำมีปริมาณลดลง เกิดอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำตามกฎของฟาราเดย์ และเกิดกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำ (I_{ind}) ในขดลวดในทิศทางที่ทำให้เกิดฟลักซ์แม่เหล็กใหม่ด้านการเปลี่ยนแปลงฟลักซ์แม่เหล็กเดิมตามกฎของเลนซ์ (โดยสนามแม่เหล็กของฟลักซ์แม่เหล็กใหม่ชี้ไปในทิศทางเดียวกับทิศทางสนามแม่เหล็กของฟลักซ์แม่เหล็กเดิม ตามที่แสดงในรูป 15.46 ข.)



รูป 15.46 การเกิดอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำและกระแสเหนี่ยวนำในขดลวดเมื่อฟลักซ์แม่เหล็กลดลง

ในทางตรงกันข้าม ถ้าเคลื่อนที่ปลายขั้วเหนือของแท่งแม่เหล็กเข้าหาขดลวดตัวนำ โดยขั้วเหนือเริ่มเคลื่อนที่จากไกลขดลวด ดังรูป 15.47 ก. จนขั้วเหนือกำลังเคลื่อนที่อยู่ใกล้ขดลวด ดังรูป 15.47 ข. ทำให้ฟลักซ์แม่เหล็กที่ผ่านขดลวดตัวนำมีปริมาณเพิ่มขึ้น เกิดอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำตามกฎของฟาราเดย์ และเกิดกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำในขดลวดในทิศทางทำให้เกิดฟลักซ์แม่เหล็กใหม่ด้านการเปลี่ยนแปลงฟลักซ์แม่เหล็กเดิมตามกฎของเลนซ์ (โดยสนามแม่เหล็กของฟลักซ์แม่เหล็กใหม่ชี้ไปในทิศทางตรงข้ามกับทิศทางสนามแม่เหล็กของฟลักซ์แม่เหล็กเดิม ตามที่แสดงในรูป 15.47 ข.)



รูป 15.47 การเกิดอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำและกระแสเหนี่ยวนำในขดลวดเมื่อฟลักซ์แม่เหล็กเพิ่มขึ้น

5.2 กระบวนการ

- 1) ความสามารถในการสื่อสาร (อ่าน ฟัง พูด เขียน)
- 2) ความสามารถในการคิด (สังเกต วิเคราะห์ จัดกลุ่ม สรุป)
- 3) ความสามารถในการแก้ปัญหา (แสวงหาความรู้)
- 4) ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต (ความรับผิดชอบ)
- 5) ความสามารถในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ (การใช้สื่อบันทึกผ่านคอมพิวเตอร์)

5.3 คุณลักษณะและค่านิยม

ใฝ่เรียนรู้และมุ่งมั่นในการทำงาน

6. บูรณาการ

6.1 บูรณาการ PLC นักเรียนแต่ละกลุ่มแลกเปลี่ยนเรียนรู้เล่าสู่กันฟังถึงความรู้ที่ได้จากการทำกิจกรรม และปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการทำกิจกรรม

7. กิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ

1.1 ครูทบทวนความรู้เดิมเกี่ยวกับฟลักซ์แม่เหล็ก โดยบริเวณใกล้ขั้วแม่เหล็กมีฟลักซ์แม่เหล็กหนาแน่นกว่าบริเวณที่ไกลออกไป และการใช้งานของแกลแวนอมิเตอร์

1.2 ครูตั้งคำถามเพื่อนำเข้าสู่การทำกิจกรรม เรื่อง กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำ ดังนี้

1) กระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำทำให้เกิดสนามแม่เหล็กรอบลวดตัวนำ ในทางกลับกัน สนามแม่เหล็กทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำได้หรือไม่ อย่างไร

(เปิดโอกาสให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นอย่างอิสระ โดยไม่คาดหวังคำตอบ)

ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา

2.1 นักเรียนแบ่งกลุ่มๆ ละ 5-6 คน โดยแต่ละเพศ ละครความสามารถ

2.2 นักเรียนแต่ละกลุ่มศึกษาใบกิจกรรม เรื่อง กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำ

2.3 ครูแจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้ อุปกรณ์ และขั้นตอนการทำกิจกรรมอย่างละเอียด

2.4 นักเรียนรับอุปกรณ์ พร้อมติดตั้งอุปกรณ์

2.5 นักเรียนแต่ละกลุ่มทำกิจกรรม สังเกตและบันทึกผลการทำกิจกรรม ลงในใบกิจกรรมที่ครูแจกให้

ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป

3.1 นักเรียนแต่ละกลุ่มส่งตัวแทนออกมานำเสนอผลการทำกิจกรรมหน้าชั้นเรียน

3.2 ครูนำนักเรียนอภิปรายเพื่อนำไปสู่การสรุป โดยใช้คำถามต่อไปนี้

1) นักเรียนแต่ละกลุ่มได้ผลการสืบค้นและผลการทดลองเหมือนกันหรือต่างกันอย่างไร เพราะเหตุใด

2) ขณะแท่งแม่เหล็กอยู่นิ่งในขดลวดเคลื่อนบนวน เข็มแกลแวนอมิเตอร์เบนจากเดิมหรือไม่ (แนวคำตอบ ไม่เบนจากเดิม)

3) ขณะเคลื่อนที่ปลายขั้วแม่เหล็กออกแล้วเข้าขดลวด เข็มแกลแวนอมิเตอร์เบนอย่างไร (แนวคำตอบ ขณะเคลื่อนที่ปลายขั้วแม่เหล็กออกจากขดลวดเข็มแกลแวนอมิเตอร์จะเบนจากตำแหน่งศูนย์ไปในทิศทางหนึ่ง และขณะเคลื่อนที่เข้าขดลวดจะเบนจากตำแหน่งศูนย์ไปในทิศทางตรงข้าม)

4) ขณะเคลื่อนที่ปลายขั้วแม่เหล็กออกแล้วเข้าขดลวดเร็วมากขึ้น เข็มแกลแวนอมิเตอร์เบนต่างจากตอนแรกอย่างไร (แนวคำตอบ เข็มแกลแวนอมิเตอร์จะเบนจากตำแหน่งศูนย์ไปในทิศทางเช่นเดียวกับตอนแรก แต่เบนมากกว่าตอนแรก และขณะเคลื่อนที่เข้าขดลวดจะเบนจากตำแหน่งศูนย์ไปในทิศทางตรงข้าม)

5) ขณะเคลื่อนที่ปลายขั้วแม่เหล็กออกแล้วเข้า ขดลวดมีกระแสไฟฟ้าเกิดขึ้นหรือไม่ สังเกตได้อย่างไร (แนวการตอบ มีกระแสไฟฟ้าเกิดขึ้นสังเกตได้จากการเบนจากตำแหน่งศูนย์ของเข็มกลแวนอมิเตอร์)

6) ขณะเคลื่อนที่ปลายขั้วแม่เหล็กออกและขณะเคลื่อนที่เข้าขดลวด กระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้นมีทิศทางเดียวกันหรือไม่ สังเกตได้อย่างไร (แนวการตอบ ขณะเคลื่อนที่ปลายขั้วแม่เหล็กออกและขณะเคลื่อนที่เข้าขดลวด กระแสไฟฟ้ามีทิศทางตรงข้ามกัน สังเกตได้จากทิศทางการเบนของเข็มกลแวนอมิเตอร์จากตำแหน่งศูนย์มีทิศทางตรงข้ามกัน)

7) การเคลื่อนที่ปลายขั้วแม่เหล็กออกแล้วเข้าขดลวดด้วยความเร็วต่างกัน เกิดกระแสไฟฟ้าภายใน ขดลวดมีขนาดเท่ากันหรือไม่ สังเกตได้อย่างไร (แนวการตอบ ไม่เท่ากัน สังเกตได้จากการเบนของเข็มกลแวนอมิเตอร์จากตำแหน่งศูนย์เบนไม่เท่ากัน)

3.3 นักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายและสรุปผลการทำกิจกรรม เรื่อง กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำ ดังนี้

ขณะแท่งแม่เหล็กอยู่นิ่งเข็มกลแวนอมิเตอร์อยู่ที่ตำแหน่งศูนย์ แสดงว่าไม่มีกระแสไฟฟ้าจากขดลวดผ่านกลแวนอมิเตอร์ เมื่อเคลื่อนที่ปลายขั้วแม่เหล็กออกแล้วเข้าขดลวด เข็มกลแวนอมิเตอร์เบนไปจากตำแหน่งศูนย์แสดงว่ามีกระแสไฟฟ้าจากขดลวดผ่านกลแวนอมิเตอร์ และการที่เข็มกลแวนอมิเตอร์เบนในทิศทางตรงข้ามกันแสดงว่ากระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้นในขดลวดมีทิศทางตรงข้ามกัน เมื่อเคลื่อนที่ปลายขั้วแม่เหล็กเข้า-ออกจากขดลวดเร็วขึ้น เข็มกลแวนอมิเตอร์เบนมากขึ้น แสดงว่ามีกระแสไฟฟ้าจากขดลวดมากขึ้น

ขั้นที่ 4 ขันขยายความรู้

4.1 ครูให้ความรู้เพิ่มเติมข้อสังเกต ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน หน้า 66

4.2 ครูให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับโจทย์ตัวอย่าง 15.10 ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน หน้า 67-68

ขั้นที่ 5 ขันประเมินผล

5.1 ครูตรวจใบกิจกรรม เรื่อง กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำ

5.2 นักเรียนทำคำถามตรวจสอบความเข้าใจ 15.4 ข้อ 1-3 ลงในสมุด

5.3 นักเรียนทำแบบฝึกหัด 15.4 ข้อ 1 ลงในสมุด

ประยุกต์และตอบแทนสังคม

ครูให้นักเรียนแต่ละคนนำความรู้ที่เรียนไปค้นคว้าเพิ่มเติมที่ห้องสมุด หรือเว็บไซต์ แล้วนำเสนอในชั้นเรียน

8. สื่อการเรียนรู้/แหล่งเรียนรู้

8.1 หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฟิสิกส์) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เล่ม 5 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560)

8.2 ใบกิจกรรม เรื่อง กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำ

8.3 ใบความรู้ เรื่อง กฎการเหนี่ยวนำของฟาราเดย์

8.4 อินเทอร์เน็ต

8.5 ห้องสมุด

9. การวัดและประเมินผล

จุดประสงค์การเรียนรู้	วิธีการวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
ด้านความรู้ (K)			
1) นักเรียนอธิบายการเกิดอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำโดยใช้กฎของฟาราเดย์ได้ 2) นักเรียนอธิบายทิศทางของกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำโดยใช้กฎของเลนซ์ได้	1) ตรวจใบกิจกรรมเรื่อง กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 2) ตรวจสมุดนักเรียนคำถามตรวจสอบความเข้าใจ 15.4 ข้อ 1-3 ลงในสมุด	1) แบบประเมินการทำกิจกรรม 2) ใบกิจกรรม เรื่อง กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3) คำถามตรวจสอบความเข้าใจ 15.4 ข้อ 1-3 ลงในสมุด	1) นักเรียนสามารถสรุปผลการทำกิจกรรมได้ระดับดีผ่านเกณฑ์ 2) นักเรียนตอบคำถามได้ระดับดีผ่านเกณฑ์
ด้านกระบวนการ (P)			
1) นักเรียนทดลองและสังเกตการเกิดอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำโดยใช้กฎของฟาราเดย์ได้ 2) นักเรียนหาทิศทางของกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำโดยใช้กฎของเลนซ์ได้	1) ตรวจใบกิจกรรมเรื่อง กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 2) ตรวจสมุดนักเรียนในการทำแบบฝึกหัด 15.4 ข้อ 1	1) แบบประเมินการทำกิจกรรม 2) ใบกิจกรรม เรื่อง กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3) แบบฝึกหัด 15.4 ข้อ 1	1) นักเรียนสามารถบันทึกผลการทำกิจกรรมได้ระดับดีผ่านเกณฑ์ 2) นักเรียนทำแบบฝึกหัด 15.4 ข้อ 1 ได้ระดับดี ผ่านเกณฑ์
ด้านคุณลักษณะ (A)			
1) ใฝ่เรียนรู้และมุ่งมั่นในการทำงาน	1) ตรวจใบกิจกรรมเรื่อง กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 2) ตรวจสมุดนักเรียนในการทำแบบฝึกหัด 15.4 ข้อ 1	1) แบบประเมินการทำกิจกรรม 2) ใบกิจกรรม เรื่อง กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3) แบบฝึกหัด 15.4 ข้อ 1	1) นักเรียนทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายได้ระดับดี ผ่านเกณฑ์

10. เกณฑ์การประเมินผลงานนักเรียน

เกณฑ์การประเมินแบบ Rubrics ของการทำกิจกรรม เรื่อง กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำ

ประเด็นการประเมิน	ค่าน้ำหนักคะแนน	แนวทางการให้คะแนน
ด้านความรู้ (K)	3	สรุปผลการทำกิจกรรมได้ถูกต้องครบถ้วน
	2	สรุปผลการทำกิจกรรมค่อนข้างถูกต้องครบถ้วน
	1	สรุปผลการทำกิจกรรม แต่ไม่ถูกต้อง
	3	ตอบคำถามตรวจสอบความเข้าใจ 15.4 ได้ถูกต้องครบถ้วน จำนวน 3 ข้อ
	2	ตอบคำถามตรวจสอบความเข้าใจ 15.4 ได้ถูกต้องครบถ้วน จำนวน 2 ข้อ
	1	ตอบคำถามตรวจสอบความเข้าใจ 15.4 ได้ถูกต้องครบถ้วน จำนวน 1 ข้อ หรือตอบคำถามไม่ถูกต้องทั้ง 3 ข้อ
ด้านกระบวนการ (P)	3	บันทึกผลกิจกรรมได้ถูกต้องครบถ้วน
	2	บันทึกผลกิจกรรมค่อนข้างถูกต้องครบถ้วน
	1	บันทึกผลกิจกรรม แต่ไม่ถูกต้อง
	3	ทำแบบฝึกหัด 15.4 ข้อ 1 ได้ถูกต้องครบถ้วน
	2	ทำแบบฝึกหัด 15.4 ข้อ 1 ได้ถูกต้อง แต่ไม่ครบถ้วน
	1	ทำแบบฝึกหัด 15.4 ข้อ 1 แต่ไม่ถูกต้อง
ด้านคุณลักษณะ (A)	3	ทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายเสร็จภายในเวลาที่กำหนด และเรียบร้อยถูกต้องครบถ้วน
	2	ทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายเสร็จภายในเวลาที่กำหนด แต่งานยังผิดพลาดบางส่วน
	1	ทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายเสร็จ แต่ล่าช้า และเกิดข้อผิดพลาดบางส่วน

ระดับคะแนน

คะแนน	3	หมายถึง	ระดับดีมาก
คะแนน	2	หมายถึง	ระดับดี
คะแนน	1	หมายถึง	ระดับพอใช้

หมายเหตุ

- หาค่าเฉลี่ยของคะแนนด้านความรู้ (K) ซึ่งคะแนนเต็ม เท่ากับ 3
- หาค่าเฉลี่ยของคะแนนด้านกระบวนการ (P) ซึ่งคะแนนเต็ม เท่ากับ 3

การประเมินการทำกิจกรรม เรื่อง กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำ

ที่	ชื่อ - นามสกุล	จุดประสงค์การเรียนรู้			รวม คะแนน	ระดับ คุณภาพ
		ด้านความรู้ (K)	ด้าน กระบวนการ (P)	ด้าน คุณลักษณะ (A)		
		3	3	3	9	
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28						

ที่	ชื่อ - นามสกุล	จุดประสงค์การเรียนรู้			รวม คะแนน	ระดับ คุณภาพ
		ด้านความรู้ (K)	ด้าน กระบวนการ (P)	ด้าน คุณลักษณะ (A)		
		3	3	3		
29						
30						
31						
32						
33						
34						
35						
36						
37						
38						
39						
40						

ระดับคุณภาพ

คะแนน	9	หมายถึง	ระดับดีมาก
คะแนน	7-8	หมายถึง	ระดับดี
คะแนน	5-6	หมายถึง	ระดับปานกลาง
คะแนน	3-4	หมายถึง	ระดับปรับปรุง

บันทึกหลังการสอน

หน่วยการเรียนรู้ที่ 15 เรื่อง แม่เหล็กและไฟฟ้า
แผนการสอนที่ 9 เรื่อง กฎการเหนี่ยวนำของฟาราเดย์
วันที่ เดือน พ.ศ.

ผลการจัดการเรียนรู้

ปัญหา / อุปสรรค

ข้อเสนอแนะ/แนวทางแก้ปัญหา

ลงชื่อ.....ครูผู้สอน
(นางพิกุล นามปัดสา)

ลงชื่อ.....หัวหน้ากลุ่มสาระ
(นางธนพร สนามพล)

ใบกิจกรรม เรื่อง กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำ

1. รายชื่อสมาชิกที่ ชั้น

ชื่อ.....เลขที่.....

ชื่อ.....เลขที่.....

ชื่อ.....เลขที่.....

ชื่อ.....เลขที่.....

ชื่อ.....เลขที่.....

ชื่อ.....เลขที่.....

2. จุดประสงค์ของกิจกรรม

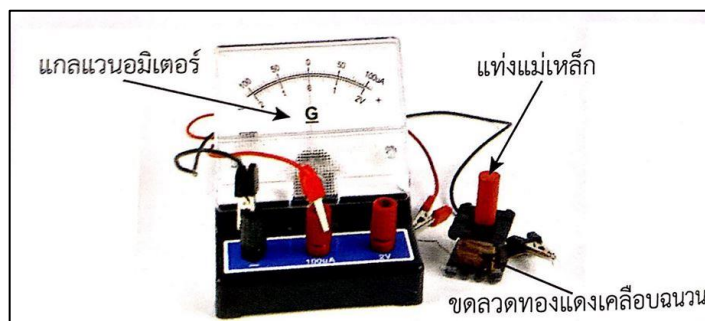
สังเกตการเกิดกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำในลวดขดตัวนำ

3. วัสดุ-อุปกรณ์

- | | | | | | |
|--------------------------|---|---------|-----------------|---|------|
| 1) ขดลวดทองแดงเคลือบฉนวน | 1 | ชุด | 3) แท่งแม่เหล็ก | 1 | อัน |
| 2) แกลแวนอมิเตอร์ | 1 | เครื่อง | 4) สายไฟ | 2 | เส้น |

4. วิธีทำกิจกรรม

- 1) นำแท่งแม่เหล็กโดยใช้ปลายขั้วแม่เหล็กสอดไว้ในขดลวดทองแดงเคลือบฉนวน แล้วต่อกับแกลแวนอมิเตอร์ (ดังรูป)
สังเกตเข็มแกลแวนอมิเตอร์ขณะแท่งแม่เหล็กอยู่นิ่ง



รูป ประกอบวิธีทำกิจกรรม 15.3 ข้อ 1

- 2) เคลื่อนแท่งแม่เหล็กให้ปลายขั้วแม่เหล็กเคลื่อนที่ออกแล้วเข้าขดลวด พร้อมทั้งสังเกตเข็มของแกลแวนอมิเตอร์
3) ทำซ้ำข้อ 2) โดยเคลื่อนแท่งแม่เหล็กให้เร็วมากขึ้น

5. ผลการทำกิจกรรม

ตารางบันทึกผลการทำกิจกรรม

ที่	การเคลื่อนที่ของแท่งแม่เหล็ก	ผลการสังเกตเข็มแกลแวนอมิเตอร์
1	แท่งแม่เหล็กอยู่นิ่งในขดลวด	
2	เคลื่อนปลายขั้วแม่เหล็กออก จากขดลวด	
3	เคลื่อนปลายขั้วแม่เหล็ก เข้าขดลวด	
4	เคลื่อนปลายขั้วแม่เหล็กออก ขดลวดเร็วมากขึ้น	
5	เคลื่อนปลายขั้วแม่เหล็ก เข้าขดลวด	

6. คำถามท้ายกิจกรรม

1) ขณะแท่งแม่เหล็กอยู่นิ่งในขดลวดเคลื่อนบน ขั้วแม่เหล็กแวนอไมเตอร์เบนจากเดิมหรือไม่

ตอบ

2) ขณะเคลื่อนที่ปลายขั้วแม่เหล็กออกแล้วเข้าขดลวด ขั้วแม่เหล็กแวนอไมเตอร์เบนอย่างไร

ตอบ

3) ขณะเคลื่อนที่ปลายขั้วแม่เหล็กออกแล้วเข้าขดลวดเร็วมากขึ้น ขั้วแม่เหล็กแวนอไมเตอร์เบนต่างจากตอนแรกอย่างไร

ตอบ

4) ขณะเคลื่อนที่ปลายขั้วแม่เหล็กออกแล้วเข้า ขดลวดมีกระแสไฟฟ้าเกิดขึ้นหรือไม่ สังเกตได้อย่างไร

ตอบ

5) ขณะเคลื่อนที่ปลายขั้วแม่เหล็กออกและขณะเคลื่อนที่เข้าขดลวด กระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้นมีทิศทางเดียวกันหรือไม่
สังเกตได้อย่างไร

ตอบ

6) การเคลื่อนที่ปลายขั้วแม่เหล็กออกแล้วเข้าขดลวดด้วยความเร็วต่างกัน เกิดกระแสไฟฟ้าภายใน ขดลวดมีขนาดเท่ากันหรือไม่ สังเกตได้อย่างไร

ตอบ

7. สรุปผลการทำกิจกรรม

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เฉลยใบกิจกรรม เรื่อง กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำ

1. รายชื่อสมาชิกที่ ชั้น

ชื่อ.....เลขที่.....

ชื่อ.....เลขที่.....

ชื่อ.....เลขที่.....

ชื่อ.....เลขที่.....

ชื่อ.....เลขที่.....

ชื่อ.....เลขที่.....

2. จุดประสงค์ของกิจกรรม

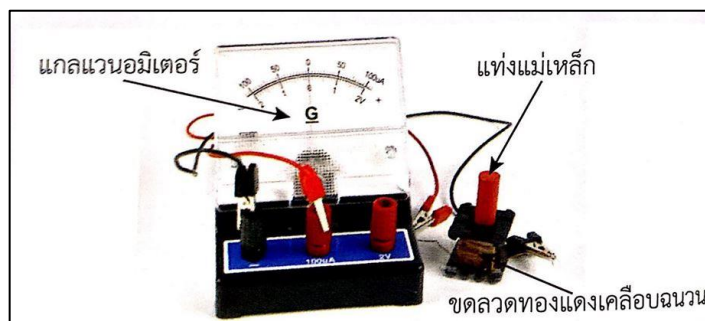
สังเกตการเกิดกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำในลวดขดตัวนำ

3. วัสดุ-อุปกรณ์

- | | | | | | |
|--------------------------|---|---------|-----------------|---|------|
| 1) ขดลวดทองแดงเคลือบฉนวน | 1 | ขด | 3) แท่งแม่เหล็ก | 1 | อัน |
| 2) แกลแวนอมิเตอร์ | 1 | เครื่อง | 4) สายไฟ | 2 | เส้น |

4. วิธีทำกิจกรรม

- 1) นำแท่งแม่เหล็กโดยใช้ปลายขั้วแม่เหล็กสอดไว้ในขดลวดทองแดงเคลือบฉนวน แล้วต่อกับแกลแวนอมิเตอร์ (ดังรูป)
สังเกตเข็มแกลแวนอมิเตอร์ขณะแท่งแม่เหล็กอยู่นิ่ง

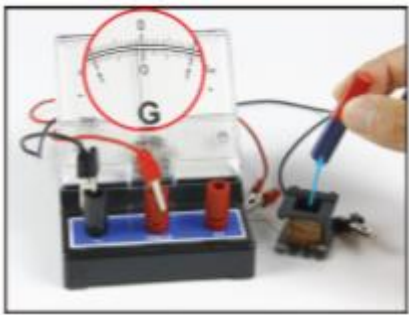
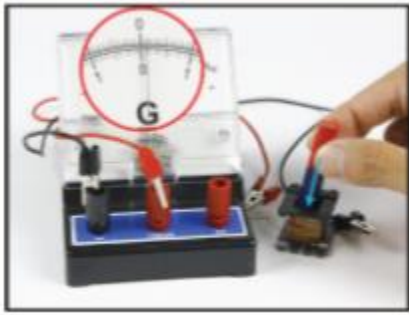


รูป ประกอบวิธีทำกิจกรรม 15.3 ข้อ 1

- 2) เคลื่อนแท่งแม่เหล็กให้ปลายขั้วแม่เหล็กเคลื่อนที่ออกแล้วเข้าขดลวด พร้อมทั้งสังเกตเข็มของแกลแวนอมิเตอร์
- 3) ทำซ้ำข้อ 2) โดยเคลื่อนแท่งแม่เหล็กให้เร็วมากขึ้น

5. ผลการทำกิจกรรม

ตารางบันทึกผลการทำกิจกรรม

ที่	การเคลื่อนที่ของแท่งแม่เหล็ก	ผลการสังเกตเข็มแกลแวนอมิเตอร์
1	แท่งแม่เหล็กอยู่นิ่งในขดลวด	
2	เคลื่อนปลายขั้วแม่เหล็กออกจากขดลวด	
3	เคลื่อนปลายขั้วแม่เหล็กเข้าขดลวด	
4	เคลื่อนปลายขั้วแม่เหล็กออกจากขดลวดเร็วมากขึ้น	
5	เคลื่อนปลายขั้วแม่เหล็กเข้าขดลวด	

6. คำถามท้ายกิจกรรม

1) ขณะแท่งแม่เหล็กอยู่นิ่งในขดลวดเคลื่อนบนวน เข็มแกลแวนอมิเตอร์เบนจากเดิมหรือไม่

ตอบ ไม่เบนจากเดิม

2) ขณะเคลื่อนที่ปลายขั้วแม่เหล็กออกแล้วเข้าขดลวด เข็มแกลแวนอมิเตอร์เบนอย่างไร

ตอบ ขณะเคลื่อนที่ปลายขั้วแม่เหล็กออกจากขดลวดเข็มแกลแวนอมิเตอร์จะเบนจากตำแหน่งศูนย์ไปในทิศทางหนึ่ง และขณะเคลื่อนที่เข้าขดลวดจะเบนจากตำแหน่งศูนย์ไปใน ทิศทางตรงข้าม

3) ขณะเคลื่อนที่ปลายขั้วแม่เหล็กออกแล้วเข้าขดลวดเร็วมากขึ้น เข็มแกลแวนอมิเตอร์เบนต่างจากตอนแรกอย่างไร

ตอบ เข็มแกลแวนอมิเตอร์จะเบนจากตำแหน่งศูนย์ไปในทิศทางเช่นเดียวกับตอนแรก แต่เบนมากกว่าตอนแรก

4) ขณะเคลื่อนที่ปลายขั้วแม่เหล็กออกแล้วเข้า ขดลวดมีกระแสไฟฟ้าเกิดขึ้นหรือไม่ สังเกตได้อย่างไร

ตอบ มีกระแสไฟฟ้าเกิดขึ้นสังเกตได้จากการเบนจากตำแหน่งศูนย์ของเข็มแกลแวนอมิเตอร์

5) ขณะเคลื่อนที่ปลายขั้วแม่เหล็กออกและขณะเคลื่อนที่เข้าขดลวด กระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้นมีทิศทางเดียวกันหรือไม่ สังเกตได้อย่างไร

ตอบ ขณะเคลื่อนที่ปลายขั้วแม่เหล็กออกและขณะเคลื่อนที่เข้าขดลวด กระแสไฟฟ้ามีทิศทางตรงข้ามกัน

สังเกตได้จากทิศทางการเบนของเข็มแกลแวนอมิเตอร์จากตำแหน่งศูนย์มีทิศทางตรงข้ามกัน

6) การเคลื่อนที่ปลายขั้วแม่เหล็กออกแล้วเข้าขดลวดด้วยความเร็วต่างกัน เกิดกระแสไฟฟ้าภายใน ขดลวดมีขนาดเท่ากันหรือไม่ สังเกตได้อย่างไร

ตอบ ไม่เท่ากัน สังเกตได้จากการเบนของเข็มแกลแวนอมิเตอร์จากตำแหน่งศูนย์เบนไม่เท่ากัน

7. สรุปผลการทำกิจกรรม

จากการทำกิจกรรม พบว่า ขณะแท่งแม่เหล็กอยู่นิ่งเข็มแกลแวนอมิเตอร์อยู่ที่ตำแหน่งศูนย์ แสดงว่าไม่มีกระแสไฟฟ้าจากขดลวดผ่านแกลแวนอมิเตอร์ เมื่อเคลื่อนที่ปลายขั้วแม่เหล็กออกแล้วเข้าขดลวด เข็มแกลแวนอมิเตอร์เบนไปจากตำแหน่งศูนย์แสดงว่ามีกระแสไฟฟ้าจากขดลวดผ่านแกลแวนอมิเตอร์ และการที่เข็มแกลแวนอมิเตอร์เบนในทิศทางตรงข้ามกันแสดงว่ากระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้นในขดลวดมีทิศทางตรงข้ามกัน เมื่อเคลื่อนที่ปลายขั้วแม่เหล็กเข้า-ออกจากขดลวดเร็วขึ้นเข็มแกลแวนอมิเตอร์เบนมากขึ้น แสดงว่ามีกระแสไฟฟ้าจากขดลวดมากขึ้น

ใบความรู้ เรื่อง กฎการเหนี่ยวนำของฟาราเดย์

➤ กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำและอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำ

เครื่องกำเนิดไฟฟ้า เป็นอุปกรณ์เปลี่ยนพลังงานกลเป็นพลังงานไฟฟ้า โดยใช้หลักการเกี่ยวกับการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งถูกค้นพบโดย ไมเคิล ฟาราเดย์ (Michael Faraday) การเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้าและการนำความรู้เกี่ยวกับอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำประยุกต์ใช้

● กฎการเหนี่ยวนำของฟาราเดย์

การเกิดกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำในขดลวดตัวนำ ขณะแท่งแม่เหล็กอยู่นิ่งในขดลวด เข็มแกลแวนอมิเตอร์อยู่นิ่งและชี้ตำแหน่งศูนย์ตลอดเวลา แต่เมื่อเคลื่อนที่ปลายขั้วแม่เหล็กออกจากขดลวด เข็มแกลแวนอมิเตอร์เบนไปทางหนึ่ง และเมื่อเคลื่อนที่ปลายขั้วแม่เหล็กเข้าขดลวด เข็มแกลแวนอมิเตอร์เบนไปในทิศตรงข้าม แล้วเมื่อเคลื่อนที่ปลายขั้วแม่เหล็กให้เร็วขึ้นเข็มแกลแวนอมิเตอร์จะเบนเช่นเดิมแต่เบนห่างจากตำแหน่งศูนย์มากขึ้น

ขณะแท่งแม่เหล็กอยู่นิ่ง เข็มแกลแวนอมิเตอร์อยู่ที่ตำแหน่งศูนย์แสดงว่าไม่มีกระแสไฟฟ้าจากขดลวดผ่านแกลแวนอมิเตอร์ แต่เมื่อเคลื่อนที่ปลายขั้วแม่เหล็กออกแล้วเข้า เข็มแกลแวนอมิเตอร์เบนไปจากตำแหน่งศูนย์แสดงว่ามีกระแสไฟฟ้าจากขดลวดผ่านแกลแวนอมิเตอร์ และการที่เข็มแกลแวนอมิเตอร์เบนในทิศตรงข้ามกันเมื่อเคลื่อนที่แท่งแม่เหล็กออกและเข้า แสดงว่ากระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้นมีทิศตรงข้ามด้วย และเมื่อเคลื่อนที่ปลายขั้วแม่เหล็กเร็วขึ้นเข็มแกลแวนอมิเตอร์เบนมากขึ้นแสดงว่ามีกระแสไฟฟ้าจากขดลวดมากขึ้น

จากการเคลื่อนที่ปลายขั้วแม่เหล็กข้างต้นเป็นการทำให้ฟลักซ์แม่เหล็กที่ผ่านพื้นที่หน้าตัดขดลวดเปลี่ยนแปลงจึงทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าในขดลวด เรียกกระแสไฟฟ้าที่เกิดจากวิธีนี้ว่า **กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำ (induced electric current)** และเรียกการทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าในตัวนำด้วยสนามแม่เหล็กว่า **การเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า (electromagnetic induction)**

การเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้าเพื่อให้เกิดกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำ ทำได้โดยการเคลื่อนแท่งแม่เหล็กหรือขดลวดอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือทั้งสองอย่างก็ได้ เพื่อทำให้ฟลักซ์แม่เหล็กที่ผ่านพื้นที่หน้าตัดขดลวดเปลี่ยนแปลง โดยฟาราเดย์ได้ทำการทดลอง และเสนอ**กฎการเหนี่ยวนำของฟาราเดย์ (Faraday's law of induction)** สรุปได้ว่าเมื่อมีฟลักซ์แม่เหล็กที่ตัดขดลวดตัวนำมีการเปลี่ยนแปลงทำให้เกิด **อีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำ (induced electromotive force)** ในขดลวดตัวนำนั้นมีค่าขึ้นกับอัตราการเปลี่ยนแปลงของ ฟลักซ์แม่เหล็กที่ตัดขดลวดตัวนำส่วนทิศทางการเหนี่ยวนำเป็นไปตาม**กฎของเลนซ์ (Lenz's law)**

เมื่อนำกฎการเหนี่ยวนำของฟาราเดย์และกฎของเลนซ์ มาเขียนสมการอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำได้ดังนี้

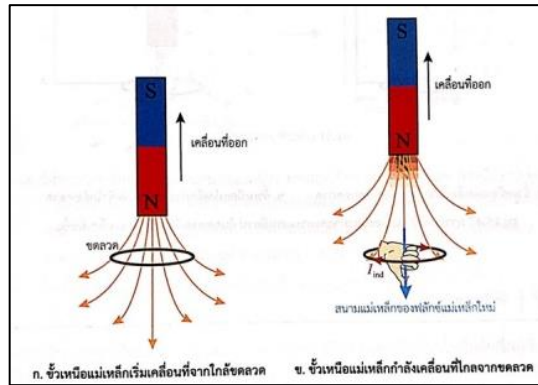
$$\varepsilon = - \frac{\Delta \Phi_B}{\Delta t}$$

โดย ε เป็นอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำ

$\frac{\Delta \Phi_B}{\Delta t}$ เป็นอัตราการเปลี่ยนแปลงของฟลักซ์แม่เหล็กที่ตัดขดลวดตัวนำเทียบกับเวลา

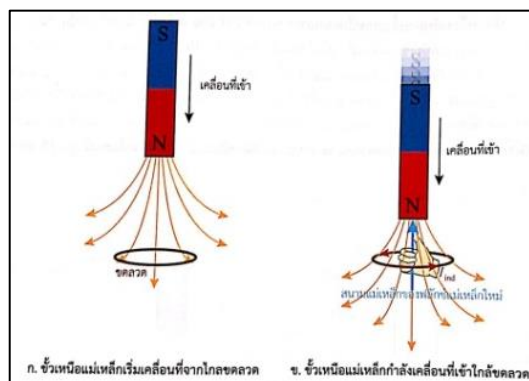
เครื่องหมายลบในสมการเป็นไปตามกฎของเลนซ์ มีความหมายว่า อีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นมีทิศทางการเปลี่ยนแปลงของฟลักซ์แม่เหล็กที่มาเหนี่ยวนำ และจากกิจกรรม 15.3 กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำ สามารถใช้กฎการเหนี่ยวนำของฟาราเดย์และกฎของเลนซ์มาอธิบายการเกิดกระแสเหนี่ยวนำในขดลวดตัวนำได้ ดังนี้

เมื่อเคลื่อนที่ปลายขั้วแม่เหล็กออกจากขดลวดตัวนำ เช่น เคลื่อนที่ปลายขั้วเหนือ (N) ออกจากขดลวดตัวนำ โดยขั้วเหนือเริ่มเคลื่อนที่จากใกล้ขดลวด ดังรูป 15.46 ก. จนขั้วเหนือกำลังเคลื่อนที่ไกลจากขดลวด ดังรูป 15.46 ข. ทำให้ฟลักซ์แม่เหล็กที่ผ่านขดลวดตัวนำมีปริมาณลดลง เกิดอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำตามกฎของฟาราเดย์ และเกิดกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำ (I_{ind}) ในขดลวดในทิศทางที่ทำให้เกิดฟลักซ์แม่เหล็กใหม่ด้านการเปลี่ยนแปลงฟลักซ์แม่เหล็กเดิมตามกฎของเลนซ์ (โดยสนามแม่เหล็กของฟลักซ์แม่เหล็กใหม่ชี้ไปในทิศทางเดียวกับทิศทางสนามแม่เหล็กของฟลักซ์แม่เหล็กเดิม ตามที่แสดงในรูป 15.46 ข.)



รูป 15.46 การเกิดอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำและกระแสเหนี่ยวนำในขดลวดเมื่อฟลักซ์แม่เหล็กลดลง

ในทางตรงกันข้าม ถ้าเคลื่อนที่ปลายขั้วเหนือของแท่งแม่เหล็กเข้าหาขดลวดตัวนำ โดยขั้วเหนือเริ่มเคลื่อนที่จากไกลขดลวด ดังรูป 15.47 ก. จนขั้วเหนือกำลังเคลื่อนที่ที่อยู่ใกล้ขดลวด ดังรูป 15.47 ข. ทำให้ฟลักซ์แม่เหล็กที่ผ่านขดลวดตัวนำมีปริมาณเพิ่มขึ้น เกิดอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำตามกฎของฟาราเดย์ และเกิดกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำในขดลวดในทิศทางให้เกิดฟลักซ์แม่เหล็กใหม่ด้านการเปลี่ยนแปลงฟลักซ์แม่เหล็กเดิมตามกฎของเลนซ์ (โดยสนามแม่เหล็กของฟลักซ์แม่เหล็กใหม่ชี้ไปในทิศทางตรงข้ามกับทิศทางสนามแม่เหล็กของฟลักซ์แม่เหล็กเดิม ตามที่แสดงในรูป 15.47 ข.)



รูป 15.47 การเกิดอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำและกระแสเหนี่ยวนำในขดลวดเมื่อฟลักซ์แม่เหล็กเพิ่มขึ้น

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 10

เรื่อง เครื่องกำเนิดไฟฟ้า

รายวิชา ฟิสิกส์ 5

รหัสวิชา ว30204

เวลา 2 ชั่วโมง

หน่วยการเรียนรู้ที่ 15

ชื่อหน่วยการเรียนรู้ แม่เหล็กและไฟฟ้า

รวม 28 ชั่วโมง

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 1

หัวหน้ากลุ่มสาระ นางธนพร สนามพล

ครูผู้สอน นางพิกุล นามปัดสา

บูรณาการ

- | | | | |
|--|--------------------------------------|---|---|
| ☒ ปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง | ☐ อาเซียน | ☐ STEM | ☒ PLC |
| ☐ สวนพฤษภาคมโรงเรียน | ☐ มาตรฐานสากล | ☐ ชำนาญกลุ่มสาระ | |

1. สาระฟิสิกส์

3. เข้าใจแรงไฟฟ้าและกฎของคูลอมบ์ สนามไฟฟ้า ศักย์ไฟฟ้า ความจุไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และกฎของโอห์ม วงจรไฟฟ้ากระแสตรง พลังงาน ไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้า การเปลี่ยนพลังงานทดแทนเป็นพลังงานไฟฟ้า สนามแม่เหล็ก แรงแม่เหล็กที่กระทำกับประจุไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้า การเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้าและกฎของฟาราเดย์ ไฟฟ้ากระแสสลับ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและการสื่อสาร รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

2. ผลการเรียนรู้

4. สังเกตและอธิบายการเกิดอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำ กฎการเหนี่ยวนำของฟาราเดย์ และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งนำความรู้เรื่องอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำไปอธิบายการทำงานของเครื่องใช้ไฟฟ้า

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

3.1 ด้านความรู้ (K)

1) นักเรียนอธิบายการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดยใช้ความรู้เกี่ยวกับอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำได้

3.2 ด้านกระบวนการ (P)

1) นักเรียนทดลองและสังเกตทิศทางของกระแสไฟฟ้ากระแสตรงและไฟฟ้ากระแสสลับจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าอย่างง่ายได้

3.3 ด้านคุณลักษณะ (A)

1) ใฝ่เรียนรู้และมุ่งมั่นในการทำงาน

4. สาระสำคัญ

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเป็นอุปกรณ์เปลี่ยนพลังงานกลเป็นพลังงานไฟฟ้าประกอบด้วย ขดลวดพันอยู่บนแกนที่หมุนได้ค้ำอยู่ในสนามแม่เหล็ก ขดลวดทั้งสองต่ออยู่กับวงแหวนซึ่งสัมผัสกับแปรงสัมผัส เมื่อหมุนขดลวดจะทำให้ฟลักซ์แม่เหล็กที่ผ่านขดลวดมีการเปลี่ยนแปลง เกิดอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำในขดลวด และเกิดกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำเมื่อต่อแปรงกับอุปกรณ์ภายนอก จะเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง เมื่อใช้วงแหวนผ่าซีกและเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับเมื่อใช้วงแหวนแยก

อีเอ็มเอฟไฟฟ้ากระแสสลับเปลี่ยนค่าตามเวลาในรูปของฟังก์ชันแบบไซน์ ตามสมการ $\varepsilon(t) = \varepsilon_0 \sin(\omega t)$ เมื่อต่ออีเอ็มเอฟกับตัวต้านทาน กระแสไฟฟ้าของไฟฟ้ากระแสสลับ i ที่ผ่านตัวต้านทานและความต่างศักย์ v ระหว่างปลายตัวต้านทานที่เวลา t ใด ๆ เป็นไปตามสมการ

$$i = I_0 \sin(\omega t) \quad \text{และ} \quad v = V_0 \sin(\omega t)$$

5. การเรียนรู้

5.1 ความรู้

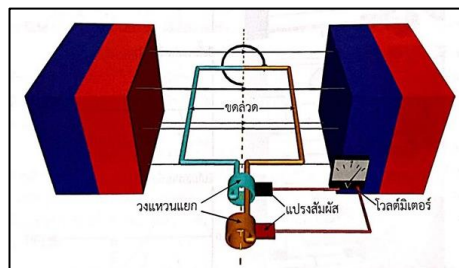
เครื่องกำเนิดไฟฟ้า

การหมุนขดลวดตัวนำในสนามแม่เหล็กทำให้ฟลักซ์แม่เหล็กที่ตัดขดลวดตัวนำมีการเปลี่ยนแปลง จึงทำให้อีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำเกิดขึ้นในขดลวด

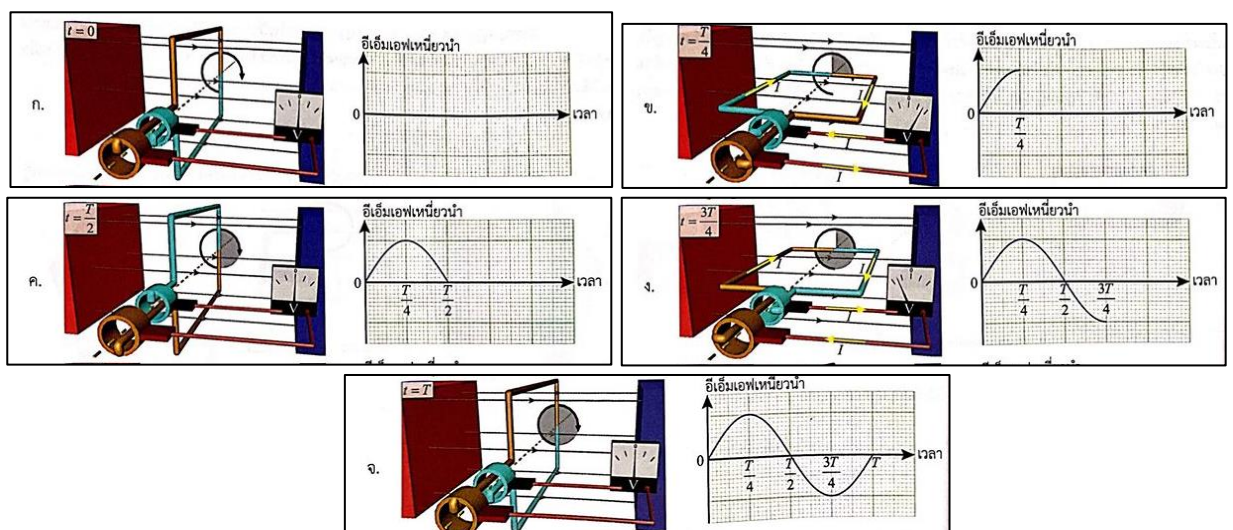
กิจกรรมเครื่องกำเนิดไฟฟ้า จะสังเกตเห็นว่า กระแสไฟฟ้าจากกรณีที่แปรงสัมผัสต่กับวงแหวนผ่าซีกมีทิศทางเดียว เรียกกระแสไฟฟ้านี้ว่า **กระแสตรง (Direct Current : DC)** แต่สำหรับกระแสไฟฟ้ากรณีที่แปรงสัมผัสต่กับวงแหวนแยก จะมีทิศทางสลับไปมา เรียกกระแสไฟฟ้านี้ว่า **กระแสสลับ (Alternating Current : AC)**

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

พิจารณาเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ ดังรูป 15.48 ประกอบด้วยขดลวดหมุนได้คล้องอยู่ระหว่างขั้วแม่เหล็ก ปลายขดลวดแต่ละด้านต่กับวงแหวนแยกที่หมุนไปพร้อมกับขดลวด และแตะอยู่กับแปรงสัมผัสอันเดิมตลอดเวลา ซึ่งต่กับอุปกรณ์ไฟฟ้าภายนอก เช่น โวลต์มิเตอร์ เมื่อขดลวดหมุนด้วยอัตราเร็วเชิงมุม ω คงตัว ครบหนึ่งรอบโดยใช้เวลา T อีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาดังกล่าวสามารถอธิบายได้ดังนี้



รูป 15.48 เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ



รูป 15.49 การหมุนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ 0 ถึง T และกราฟอีเอ็มเอฟที่เกิดขึ้น

พิจารณาช่วงเวลา $0 \leq t \leq \frac{T}{4}$ โดยเริ่มต้นที่เวลา $t = 0$ ระบุขนาดความถี่ของตัวตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก ดังรูป 15.49 ก. ฟลักซ์แม่เหล็กที่ตัดขดลวดมีค่าสูงสุด แต่อัตราการเปลี่ยนแปลงฟลักซ์แม่เหล็กเป็นศูนย์ ทำให้อีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำเป็นศูนย์ หลังจากนั้นอัตราการเปลี่ยนแปลงฟลักซ์จะมีค่าเพิ่มขึ้น ทำให้อีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำเพิ่มขึ้นตามเวลาที่เปลี่ยนไป จนที่เวลา $t = \frac{T}{4}$ ขดลวดหมุนไปเป็นมุม 90 องศา ฟลักซ์แม่เหล็กที่ตัดขดลวดมีค่าเป็นศูนย์ แต่อัตราการเปลี่ยนแปลงฟลักซ์แม่เหล็กมีค่าสูงสุด ทำให้อีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำมีค่าสูงสุด และเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำกับเวลาในช่วงเวลา $0 \leq t \leq \frac{T}{4}$ ได้ดังรูป 15.49 ข.

ในช่วงเวลา $\frac{T}{4} < t \leq \frac{T}{2}$ ขดลวดหมุนต่อไป อัตราการเปลี่ยนแปลงฟลักซ์แม่เหล็กจะมีค่าลดลง ทำให้อีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำมีค่าลดลง จนที่เวลา $t = \frac{T}{2}$ ขดลวดหมุนไปเป็นมุม 180 องศา กับตำแหน่งเริ่มต้น ($t = 0$) ฟลักซ์แม่เหล็กที่ตัดขดลวดมีค่าสูงสุด แต่อัตราการเปลี่ยนแปลงฟลักซ์แม่เหล็กมีค่าเป็นศูนย์ และเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำกับเวลา ในช่วงเวลาครึ่งรอบแรกได้ดังรูป 15.49 ค.

ทำนองเดียวกันในช่วงเวลา $\frac{T}{2} < t \leq \frac{3T}{4}$ อัตราการเปลี่ยนแปลงฟลักซ์แม่เหล็กมีลักษณะคล้ายกับช่วงเวลา $0 \leq t \leq \frac{T}{4}$ แต่เนื่องจากขดลวดจะเปลี่ยนตำแหน่งตรงข้าม (ลวดสีเหลืองสลับที่กับลวดสีฟ้า) ดังนั้นทิศทางของอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำในขดลวดจึงตรงข้ามกับช่วงเวลา $0 \leq t \leq \frac{T}{4}$ สามารถเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำกับเวลาได้ดังรูป 15.49 ง.

ทำนองเดียวกันในช่วงเวลา $\frac{3T}{4} < t \leq T$ อัตราการเปลี่ยนแปลงฟลักซ์แม่เหล็กมีลักษณะคล้ายกับช่วงเวลา $\frac{T}{4} < t \leq \frac{T}{2}$ แต่เนื่องจากขดลวดจะเปลี่ยนตำแหน่งตรงข้าม (ลวดสีเหลืองสลับที่กับลวดสีฟ้า) ดังนั้นทิศทางของอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำในขดลวดจึงตรงข้ามกับช่วงเวลา $\frac{T}{4} < t \leq \frac{T}{2}$ สามารถเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำกับเวลาได้ดังรูป 15.49 จ.

หากหมุนขดลวดในรอบต่อ ๆ ไปจะได้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำกับเวลา เช่นเดียวกับรอบที่พิจารณาข้างต้น ซึ่งมีความสัมพันธ์ในรูปของฟังก์ชันแบบไซน์

จากการเปลี่ยนแปลงของอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับเมื่อขดลวดหมุนด้วยอัตราเร็วเชิงมุม ω คงตัว จากรูป 15.49 ก. (ที่ $t = 0$ ระบุขนาดความถี่ของตัวตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก) จนครบรอบ ดังรูป 15.49 จ. กราฟการเปลี่ยนแปลงของอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำจะอยู่ในรูปของฟังก์ชันแบบไซน์ สามารถเขียนสมการอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำที่ได้จากเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับขณะเวลา t ใด ๆ ได้ดังนี้

$$\varepsilon(t) = \varepsilon_0 \sin \omega t$$

เมื่อ $\varepsilon(t)$ เป็นอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำขณะเวลา t ใด ๆ

ε_0 เป็นอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำสูงสุด

ω เป็นความถี่เชิงมุม (เท่ากับอัตราเร็วเชิงมุมของการหมุนขดลวด)

ค่า ω จะบอกให้ทราบคาบ (T) และความถี่ (f) ในการเปลี่ยนค่าซ้ำเดิมของอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำ ซึ่งความถี่เชิงมุม คาบ และความถี่ของการหมุนขดลวดสัมพันธ์กันตามสมการ

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$$

โดย ω มีหน่วยเป็นเรเดียนต่อวินาที

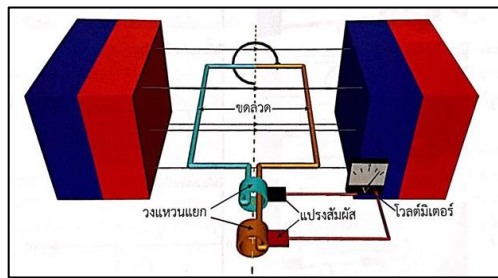
T มีหน่วยเป็นวินาที

f มีหน่วยเป็นรอบต่อวินาที หรือเฮิรตซ์ (Hz)

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ ในวงจรไฟฟ้าแทนด้วยสัญลักษณ์ดังนี้ 

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง

พิจารณาเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง ดังรูป 15.50 ประกอบด้วยขดลวดหมุนได้คล่องอยู่ ระหว่างขั้วแม่เหล็ก เช่นเดียวกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ ต่างกันที่ปลายขดลวดแต่ละด้านของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงต่อกับวงแหวนผ่าซีกที่หมุนไปพร้อมกับขดลวด และสลับการแตะกับแปรงสัมผัสทุกครึ่งรอบ ซึ่งจะทำให้กระแสไฟฟ้าจากแปรงสัมผัสไปผ่านอุปกรณ์ไฟฟ้าภายนอกมีทิศเดิมเสมอที่เรียกว่า **ไฟฟ้ากระแสตรง** ซึ่งอธิบายได้ดังนี้

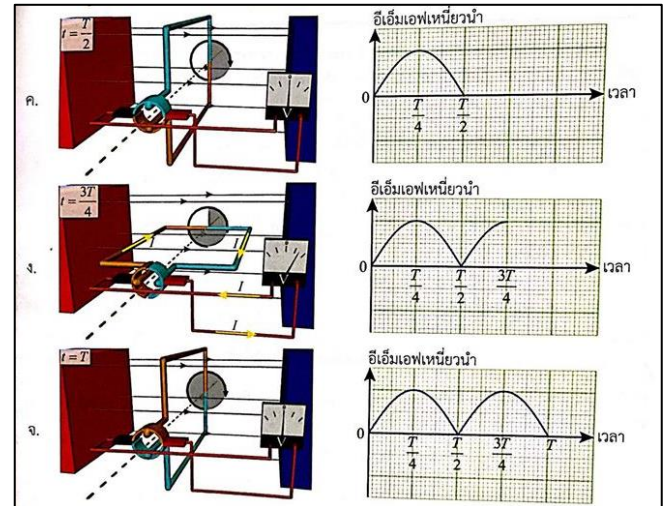
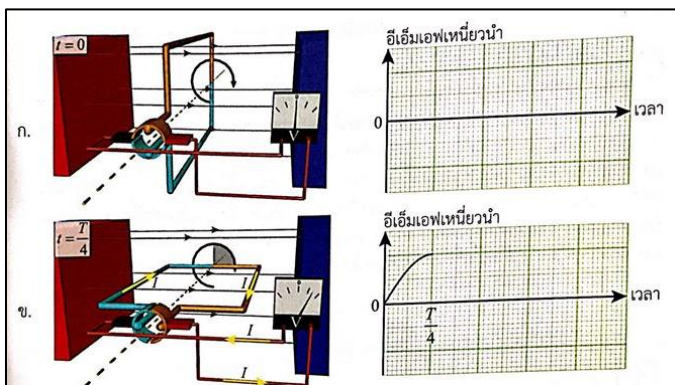


รูป 15.50 เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง

พิจารณาการหมุนขดลวดในลักษณะเดียวกับขดลวดเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับก่อนหน้านี้ ในช่วงเวลา $0 < t \leq \frac{T}{2}$ ครึ่งรอบนี้แหวนซีกสีเหลืองแตะอยู่กับแปรงสัมผัสสีแดง และแหวนสีฟ้าจะแตะกับแปรงสัมผัสดำ อีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำทำให้มีกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำผ่านออกทางปลายเส้นลวดสีเหลืองซึ่งต่อกับแหวนซีกสีเหลือง ผ่านแปรงสัมผัสสีแดงไปยังโวลต์มิเตอร์และกลับเข้าทางแปรงสัมผัสสีดำ ผ่านแหวนสีฟ้า เข้าสู่ลวดสีฟ้า และสามารถเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำ (ความต่างศักย์) กับเวลาที่ผ่านโวลต์มิเตอร์ ได้ดังรูป 15.51 ก. ถึง 15.51 ค.

และเมื่อขดลวดหมุนครึ่งรอบต่อไปในช่วงเวลา $\frac{T}{2} < t \leq T$ ครึ่งรอบนี้แหวนซีกสีฟ้าจะเปลี่ยนมาแตะกับแปรงสัมผัสสีแดง และแหวนสีเหลืองจะเปลี่ยนมาแตะกับแปรงสีดำ อีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำทำให้มีกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำผ่านออกทางปลายเส้นลวดสีฟ้าซึ่งต่อกับแหวนซีกสีฟ้า ผ่านแปรงสัมผัสสีแดง ไปยังโวลต์มิเตอร์และกลับเข้าทางแปรงสัมผัสสีดำ ผ่านสีเหลืองเข้าสู่ลวดสีเหลือง และสามารถเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำกับเวลาที่ผ่านโวลต์มิเตอร์ ในช่วงเวลาถัดมาจนครบรอบ ได้ดังรูป 15.51 ง. ถึง 15.51 จ.

หากหมุนขดลวดในรอบต่อ ๆ ไปจะได้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำกับเวลา เช่นเดียวกับรอบที่พิจารณาข้างต้น



รูป 15.51 การหมุนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง จาก 0 ถึง T และอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้น

5.2 กระบวนการ

- 1) ความสามารถในการสื่อสาร (อ่าน ฟัง พูด เขียน)
- 2) ความสามารถในการคิด (สังเกต วิเคราะห์ จัดกลุ่ม สรุป)
- 3) ความสามารถในการแก้ปัญหา (แสวงหาความรู้)
- 4) ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต (ความรับผิดชอบ)
- 5) ความสามารถในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ (การใช้สื่อบันทึกผ่านคอมพิวเตอร์)

5.3 คุณลักษณะและค่านิยม

ใฝ่เรียนรู้และมุ่งมั่นในการทำงาน

6. บูรณาการ

6.1 บูรณาการ PLC นักเรียนแต่ละกลุ่มแลกเปลี่ยนเรียนรู้เล่าสู่กันฟังถึงความรู้ที่ได้จากการทำกิจกรรม และปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการทำกิจกรรม

6.2 บูรณาการโดยใช้หลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง

- นักเรียนใช้วัสดุอุปกรณ์ในการทดลองที่มีเหมาะสม ประหยัดและปลอดภัย

7. กิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ

1.1 ครูทบทวนความรู้เดิมเกี่ยวกับกฎการเหนี่ยวนำของฟาราเดย์ และการหมุนแกนของมอเตอร์ ทำให้หลอดไฟสว่าง ดังนี้

พลักซ์แม่เหล็กในขดลวดของมอเตอร์มีการเปลี่ยนแปลงขณะหมุนทำให้เกิดอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำ แสดงว่าพลังงานกลสามารถเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้าได้

1.2 ครูตั้งคำถามเพื่อนำเข้าสู่การทำกิจกรรม เรื่อง เครื่องกำเนิดไฟฟ้า ดังนี้

- 1) เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ผลิตไฟฟ้าที่ใช้ในบ้านของเรามีหลักการทำงานอย่างไร

(เปิดโอกาสให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นอย่างอิสระ โดยไม่คาดหวังคำตอบ)

ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา

- 2.1 นักเรียนแบ่งกลุ่มๆ ละ 5-6 คน โดยคณะพิเศษ คณะความสามารถ
- 2.2 นักเรียนแต่ละกลุ่มศึกษาใบกิจกรรม เรื่อง เครื่องกำเนิดไฟฟ้า
- 2.3 ครูแจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้ อุปกรณ์ และขั้นตอนการทำกิจกรรมอย่างละเอียด
- 2.4 นักเรียนรับอุปกรณ์ พร้อมติดตั้งอุปกรณ์
- 2.5 นักเรียนแต่ละกลุ่มทำกิจกรรม สังเกตและบันทึกผลการทำกิจกรรม ลงในใบกิจกรรมที่ครูแจกให้

ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป

- 3.1 นักเรียนแต่ละกลุ่มส่งตัวแทนออกมานำเสนอผลการทำกิจกรรมหน้าชั้นเรียน
- 3.2 ครูนำนักเรียนอภิปรายเพื่อนำไปสู่การสรุป โดยใช้คำถามต่อไปนี้
 - 1) นักเรียนแต่ละกลุ่มได้ผลการสืบค้นและผลการทดลองเหมือนกันหรือต่างกันอย่างไร เพราะเหตุใด
 - 2) ในกรณีที่แปรงสัมผัสแตะกับวงแหวนแยก เมื่อหมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าการเบนของเข็มแกลแวนอมิเตอร์มีลักษณะเป็นอย่างไร (แนวการตอบ การเบนของเข็มแกลแวนอมิเตอร์เบนกลับไปกลับมาระหว่างบวกกับลบ)
 - 3) ในกรณีที่แปรงสัมผัสแตะกับวงแหวนแยก ทิศทางของกระแสไฟฟ้ามีลักษณะอย่างไร สังเกตได้อย่างไร (แนวการตอบ ทิศทางของกระแสไฟฟ้ามีลักษณะสลับทิศไปมา สังเกตได้จากเข็มแกลแวนอมิเตอร์เบนกลับไปกลับมาระหว่างบวกกับลบ)
 - 4) ในกรณีที่แปรงสัมผัสแตะกับวงแหวนผ่าซีก เมื่อหมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าการเบนของเข็มแกลแวนอมิเตอร์มีลักษณะเป็นอย่างไร (แนวการตอบ การเบนของเข็มแกลแวนอมิเตอร์ลักษณะเบนไปเบนมา ระหว่างศูนย์กับบวกหรือศูนย์กับลบ ทางใดทางหนึ่ง)
 - 5) ในกรณีที่แปรงสัมผัสแตะกับวงแหวนผ่าซีก เมื่อหมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในทิศทางตรงข้าม การเบนของเข็มแกลแวนอมิเตอร์ มีลักษณะเป็นอย่างไร (แนวการตอบ เข็มแกลแวนอมิเตอร์จะเบนออกจากตำแหน่งศูนย์เช่นเดียวกัน แต่เบนในทิศตรงข้ามกับครั้งก่อน)
- 3.3 นักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายและสรุปผลการทำกิจกรรม เรื่อง เครื่องกำเนิดไฟฟ้า ดังนี้
ในกรณีที่แปรงสัมผัสแตะกับวงแหวนแยก เมื่อหมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะสังเกตได้ว่าแปรงสัมผัสจะแตะกับวงแหวนหนึ่งเสมอ และเข็มแกลแวนอมิเตอร์จะเบนกลับไปกลับมาระหว่างบวกกับลบ แสดงว่ากระแสไฟฟ้าที่ผ่านแปรงสัมผัสมีทิศทางกลับไปกลับมา ในกรณีที่แปรงสัมผัสแตะกับวงแหวนผ่าซีก เมื่อหมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะสังเกตได้ว่าแปรงสัมผัสจะสลับการแตะกับวงแหวนทุกครั้งรอบ และเข็มแกลแวนอมิเตอร์จะเบนไปเบนมาระหว่างศูนย์กับบวกหรือศูนย์กับลบทางใดทางหนึ่ง แสดงว่ากระแสไฟฟ้าที่ผ่านแปรงสัมผัสมีทิศทางเดียวตลอดเวลา

ขั้นที่ 4 ขยายความรู้

- 4.1 ครูอธิบายให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับ เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ และเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน หน้า 73-77
- 4.2 ครูอธิบายให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับขวนคิด ในหนังสือเรียน หน้า 75
- 4.3 ครูอธิบายให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับ เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับต่อเข้ากับตัวต้านทาน ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน หน้า 75
- 4.4 ครูอธิบายให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับข้อสังเกต ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน หน้า 78
- 4.5 ครูอธิบายให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับขวนคิด ในหนังสือเรียน หน้า 78

ขั้นที่ 5 ประเมินผล

- 5.1 ครูตรวจใบกิจกรรม เรื่อง เครื่องกำเนิดไฟฟ้า

ประยุกต์และตอบแทนสังคม

ครูให้นักเรียนแต่ละคนนำความรู้ที่เรียนไปค้นคว้าเพิ่มเติมที่ห้องสมุด หรือเว็บไซต์ แล้วนำเสนอในชั้นเรียน

8. สื่อการเรียนรู้/แหล่งเรียนรู้

- 8.1 หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฟิสิกส์) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เล่ม 5 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560)
- 8.2 ใบกิจกรรม เรื่อง เครื่องกำเนิดไฟฟ้า
- 8.3 ใบความรู้ เรื่อง เครื่องกำเนิดไฟฟ้า
- 8.4 อินเทอร์เน็ต
- 8.5 ห้องสมุด

9. การวัดและประเมินผล

จุดประสงค์การเรียนรู้	วิธีการวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
ด้านความรู้ (K)			
1) นักเรียนอธิบายการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดยใช้ความรู้เกี่ยวกับอีเอ็มเอฟ เหนียวมาได้	1) ตรวจใบกิจกรรม เรื่อง เครื่องกำเนิดไฟฟ้า	1) แบบประเมินการทำกิจกรรม 2) ใบกิจกรรม เรื่อง เครื่องกำเนิดไฟฟ้า	1) นักเรียนสามารถสรุปผลการทำกิจกรรมได้ระดับดีผ่านเกณฑ์
ด้านกระบวนการ (P)			
1) นักเรียนทดลองและสังเกตทิศทางของกระแสไฟฟ้ากระแสตรงและไฟฟ้ากระแสสลับจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าอย่างง่ายได้	1) ตรวจใบกิจกรรม เรื่อง เครื่องกำเนิดไฟฟ้า	1) แบบประเมินการทำกิจกรรม 2) ใบกิจกรรม เรื่อง เครื่องกำเนิดไฟฟ้า	1) นักเรียนสามารถบันทึกผลการทำกิจกรรมได้ระดับดีผ่านเกณฑ์

ด้านคุณลักษณะ (A)			
1) ใฝ่เรียนรู้และมุ่งมั่นในการทำงาน	1) ตรวจใบกิจกรรม เรื่อง เครื่องกำเนิดไฟฟ้า	1) แบบประเมินการทำกิจกรรม 2) ใบกิจกรรม เรื่อง เครื่องกำเนิดไฟฟ้า	1) นักเรียนทำภาระงานที่ได้รับมอบหมาย ได้ระดับดี ผ่านเกณฑ์

10. เกณฑ์การประเมินผลงานนักเรียน

เกณฑ์การประเมินแบบ Rubrics ของการทำกิจกรรม เรื่อง เครื่องกำเนิดไฟฟ้า

ประเด็นการประเมิน	ค่าน้ำหนักคะแนน	แนวทางการให้คะแนน
ด้านความรู้ (K)	3	สรุปผลการทำกิจกรรมได้ถูกต้องครบถ้วน
	2	สรุปผลการทำกิจกรรมค่อนข้างถูกต้องครบถ้วน
	1	สรุปผลการทำกิจกรรม แต่ไม่ถูกต้อง
ด้านกระบวนการ (P)	3	บันทึกผลกิจกรรมได้ถูกต้องครบถ้วน
	2	บันทึกผลกิจกรรมค่อนข้างถูกต้องครบถ้วน
	1	บันทึกผลกิจกรรม แต่ไม่ถูกต้อง
ด้านคุณลักษณะ (A)	3	ทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายเสร็จภายในเวลาที่กำหนด และเรียบร้อยถูกต้องครบถ้วน
	2	ทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายเสร็จภายในเวลาที่กำหนด แต่งานยังผิดพลาดบางส่วน
	1	ทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายเสร็จ แต่ล่าช้า และเกิดข้อผิดพลาดบางส่วน

ระดับคะแนน

คะแนน	3	หมายถึง	ระดับดีมาก
คะแนน	2	หมายถึง	ระดับดี
คะแนน	1	หมายถึง	ระดับพอใช้

การประเมินการทำกิจกรรม เรื่อง เครื่องกำเนิดไฟฟ้า

ที่	ชื่อ - นามสกุล	จุดประสงค์การเรียนรู้			รวม คะแนน	ระดับ คุณภาพ
		ด้านความรู้ (K)	ด้าน กระบวนการ (P)	ด้าน คุณลักษณะ (A)		
		3	3	3	9	
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28						

ที่	ชื่อ - นามสกุล	จุดประสงค์การเรียนรู้			รวม คะแนน	ระดับ คุณภาพ
		ด้านความรู้ (K)	ด้าน กระบวนการ (P)	ด้าน คุณลักษณะ (A)		
		3	3	3		
29						
30						
31						
32						
33						
34						
35						
36						
37						
38						
39						
40						

ระดับคุณภาพ

คะแนน	9	หมายถึง	ระดับดีมาก
คะแนน	7-8	หมายถึง	ระดับดี
คะแนน	5-6	หมายถึง	ระดับปานกลาง
คะแนน	3-4	หมายถึง	ระดับปรับปรุง

บันทึกหลังการสอน

หน่วยการเรียนรู้ที่ 15 เรื่อง แม่เหล็กและไฟฟ้า

แผนการสอนที่ 10 เรื่อง เครื่องกำเนิดไฟฟ้า

วันที่ เดือน พ.ศ.

ผลการจัดการเรียนรู้

ปัญหา / อุปสรรค

ข้อเสนอแนะ/แนวทางแก้ปัญหา

ลงชื่อ.....ครูผู้สอน

(นางพิกุล นามปัดสา)

ลงชื่อ.....หัวหน้ากลุ่มสาระ

(นางธนพร สนามพล)

ใบกิจกรรม เรื่อง เครื่องกำเนิดไฟฟ้า

1. รายชื่อสมาชิกที่ ชั้น

ชื่อ.....เลขที่.....

ชื่อ.....เลขที่.....

ชื่อ.....เลขที่.....

ชื่อ.....เลขที่.....

ชื่อ.....เลขที่.....

ชื่อ.....เลขที่.....

2. จุดประสงค์ของกิจกรรม

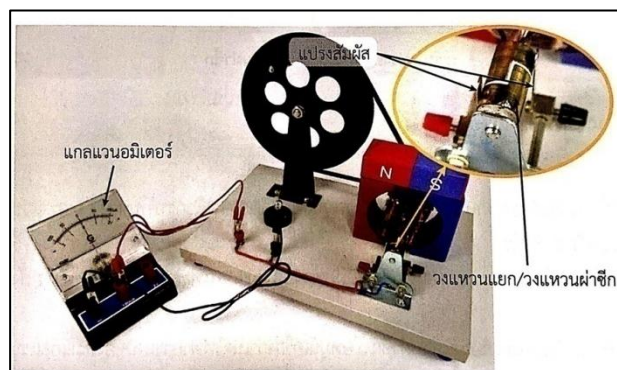
สังเกตทิศทางของกระแสไฟฟ้ากระแสตรงและไฟฟ้ากระแสสลับจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าอย่างง่าย

3. วัสดุ-อุปกรณ์

- | | | | | | |
|--------------------------|---|---------|----------|---|------|
| 1) ชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า | 1 | เครื่อง | 3) สายไฟ | 2 | เส้น |
| 2) แกลลแวนอิมิตอร์ | 1 | เครื่อง | | | |

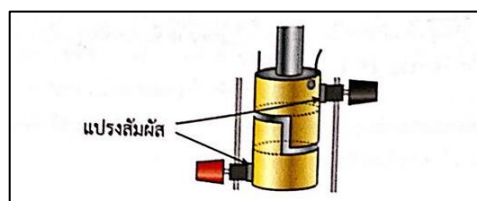
4. วิธีทำกิจกรรม

- 1) ต่อแกลลแวนอิมิตอร์เข้ากับชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (ดังรูป)



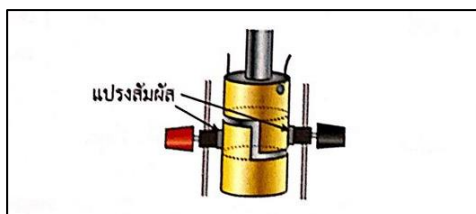
รูป การจัดอุปกรณ์สำหรับกิจกรรม 15.4

- 2) เลื่อนแปรงสัมผัสจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าไปแตะที่วงแหวนแยก



รูป แปรงสัมผัสแตะกับวงแหวนแยก

- 3) หมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้า พร้อมสังเกตทิศทางการเบนของเข็มของเครื่องแกลแวนอมิเตอร์
- 4) หมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในทิศทางตรงข้ามกับข้อ 3) พร้อมสังเกตทิศทางการเบนของเข็มของเครื่องแกลแวนอมิเตอร์
- 5) ทำซ้ำข้อ 3) – 4) โดยเลื่อนแปรงสัมผัสไปแต่ละที่บริเวณวงแหวนผ่าซีก (ดังรูป)



รูป แปรงสัมผัสแตะกับวงแหวนผ่าซีก

5. ผลการทำกิจกรรม

ตารางบันทึกผลการทำกิจกรรม

กรณีที่แปรงสัมผัสกับวงแหวน	ผลการสังเกตเข็มแกลแวนอมิเตอร์
วงแหวนแยก	
วงแหวนผ่าซีก	

6. คำถามท้ายกิจกรรม

1) ในกรณีที่แปรงสัมผัสต่อกับวงแหวนแยก เมื่อหมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าการเบนของเข็มแกลลวานอมิเตอร์มีลักษณะเป็นอย่างไร

ตอบ

2) ในกรณีที่แปร่งสัมผัสแต่ละกับวงแหวนแยก ทิศทางของกระแสไฟฟ้ามีลักษณะอย่างไร สังเกตได้อย่างไร

ตอบ

3) ในกรณีที่แปรสัณฐานแต่ละกับวงแหวนผ่าซีก เมื่อหมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าการเบนของเข็มกลแวนอิมเตอร์มีลักษณะเป็นอย่างไร

ตอบ

4) ในกรณีที่ประจุสัมผัสต่อกับวงแหวนผ่าซีก เมื่อหมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในทิศทางตรงข้าม การเบนของเข็มกลวงอมิเตอร์ มีลักษณะเป็นอย่างไร

ตอบ

7. สรุปผลการทำกิจกรรม

[illegible]

เฉลยใบกิจกรรม เรื่อง เครื่องกำเนิดไฟฟ้า

1. รายชื่อสมาชิกที่ ชั้น

ชื่อ.....เลขที่.....

ชื่อ.....เลขที่.....

ชื่อ.....เลขที่.....

ชื่อ.....เลขที่.....

ชื่อ.....เลขที่.....

ชื่อ.....เลขที่.....

2. จุดประสงค์ของกิจกรรม

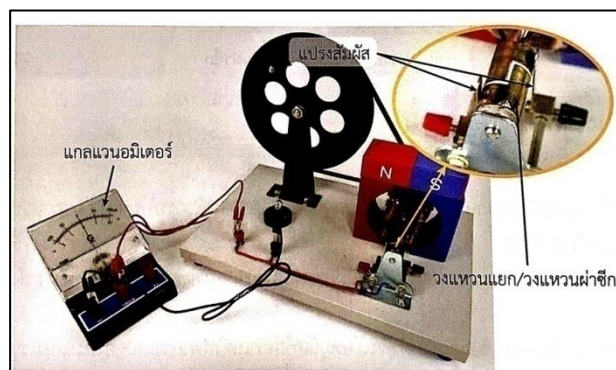
สังเกตทิศทางของกระแสไฟฟ้ากระแสตรงและไฟฟ้ากระแสสลับจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าอย่างง่าย

3. วัสดุ-อุปกรณ์

- | | | | | | |
|--------------------------|---|---------|----------|---|------|
| 1) ชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า | 1 | เครื่อง | 3) สายไฟ | 2 | เส้น |
| 2) แกลลแวนอมิเตอร์ | 1 | เครื่อง | | | |

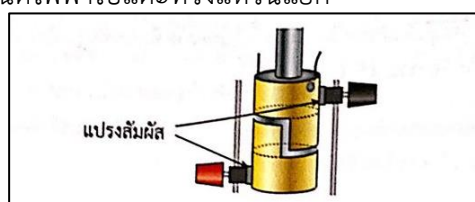
4. วิธีทำกิจกรรม

- 1) ต่อแกลลแวนอมิเตอร์เข้ากับชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (ดังรูป)



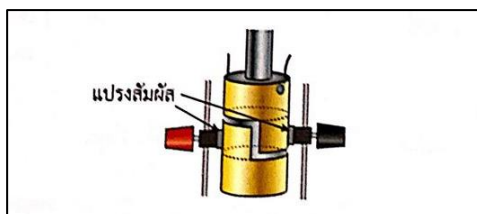
รูป การจัดอุปกรณ์สำหรับกิจกรรม 15.4

- 2) เลื่อนแปรงสัมผัสจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าไปแตะที่วงแหวนแยก



รูป แปรงสัมผัสแตะกับวงแหวนแยก

- 3) หมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้า พร้อมสังเกตทิศทางการเบนของเข็มของเครื่องแกลแวนอมิเตอร์
- 4) หมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในทิศทางตรงข้ามกับข้อ 3) พร้อมสังเกตทิศทางการเบนของเข็มของเครื่องแกลแวนอมิเตอร์
- 5) ทำซ้ำข้อ 3) – 4) โดยเลื่อนแปรงสัมผัสไปแต่ละที่บริเวณวงแหวนผ่าซีก (ดังรูป)



รูป แปรงสัมผัสแตะกับวงแหวนผ่าซีก

5. ผลการทำกิจกรรม

ตารางบันทึกผลการทำกิจกรรม

กรณีที่แปรงสัมผัสกับวงแหวน	ผลการสังเกตเข็มแกลแวนอมิเตอร์
วงแหวนแยก	
	
วงแหวนผ่าซีก	
	

6. คำถามท้ายกิจกรรม

1) ในกรณีที่แปรงสัมผัสแตะกับวงแหวนแยก เมื่อหมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าการเบนของเข็มแกลแวนอมิเตอร์มีลักษณะเป็นอย่างไร

ตอบ การเบนของเข็มแกลแวนอมิเตอร์เบนกลับไปกลับมาระหว่างบวกกับลบ

2) ในกรณีที่แปรงสัมผัสแตะกับวงแหวนแยก ทิศทางของกระแสไฟฟ้ามีลักษณะอย่างไร สังเกตได้อย่างไร

ตอบ ทิศทางของกระแสไฟฟ้ามีลักษณะสลับทิศไปมา สังเกตได้จากเข็มแกลแวนอมิเตอร์เบนกลับไปกลับมาะหว่างบวกกับลบ

3) ในกรณีที่แปรงสัมผัสแตะกับวงแหวนผ่าซีก เมื่อหมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าการเบนของเข็มแกลแวนอมิเตอร์มีลักษณะเป็นอย่างไร

ตอบ การเบนของเข็มแกลแวนอมิเตอร์ลักษณะเบนไปเบนมา ระหว่างศูนย์กับบวกหรือศูนย์กับลบ ทางใดทางหนึ่ง

4) ในกรณีที่แปรงสัมผัสแตะกับวงแหวนผ่าซีก เมื่อหมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในทิศทางตรงข้าม การเบนของเข็มแกลแวนอมิเตอร์ มีลักษณะเป็นอย่างไร

ตอบ เข็มแกลแวนอมิเตอร์จะเบนออกจากตำแหน่งศูนย์เช่นเดียวกัน แต่เบนในทิศตรงข้ามกับครั้งก่อน

7. สรุปผลการทำกิจกรรม

จากการทำกิจกรรม พบว่า ในกรณีที่แปรงสัมผัสแตะกับวงแหวนแยก เมื่อหมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะสังเกตได้ว่าแปรงสัมผัสจะแตะกับวงแหวนหนึ่งเสมอ และเข็มแกลแวนอมิเตอร์จะเบนกลับไปกลับมาะหว่างบวกกับลบ แสดงว่ากระแสไฟฟ้าที่ผ่านแปรงสัมผัสมีทิศทางกลับไปกลับมา ในกรณีที่แปรงสัมผัสแตะกับวงแหวนผ่าซีก เมื่อหมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะสังเกตได้ว่าแปรงสัมผัสจะสลับการแตะกับวงแหวนทุกครั้งรอบ และเข็มแกลแวนอมิเตอร์จะเบนไปเบนมา ระหว่างศูนย์กับบวกหรือศูนย์กับลบทางใดทางหนึ่ง แสดงว่ากระแสไฟฟ้าที่ผ่านแปรงสัมผัสมีทิศทางเดียวตลอดเวลา

ใบความรู้ เรื่อง เครื่องกำเนิดไฟฟ้า

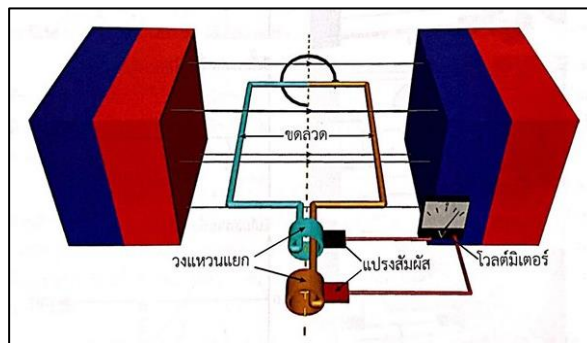
➤ เครื่องกำเนิดไฟฟ้า

การหมุนขดลวดตัวนำในสนามแม่เหล็กทำให้ฟลักซ์แม่เหล็กที่ตัดขดลวดตัวนำมีการเปลี่ยนแปลง จึงทำให้เกิดมีอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำเกิดขึ้นในขดลวด

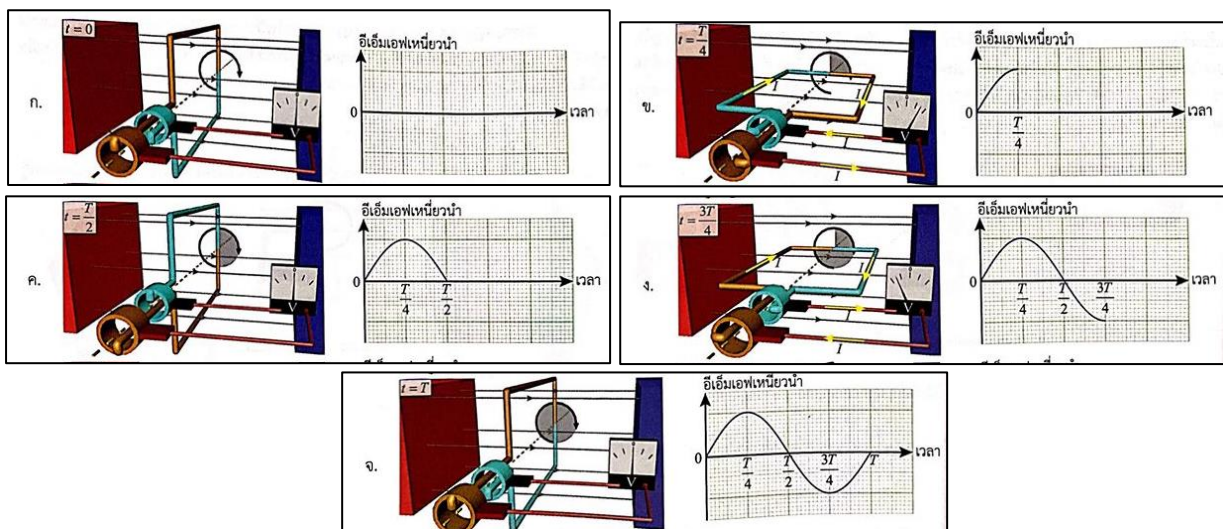
กิจกรรมเครื่องกำเนิดไฟฟ้า จะสังเกตเห็นว่า กระแสไฟฟ้าจากกรณีที่แปร่งสัมผัสต่อกับวงแหวนผ่าซีกมีทิศทางเดียว เรียกกระแสไฟฟ้านี้ว่า **กระแสตรง (Direct Current : DC)** แต่สำหรับกระแสไฟฟ้ากรณีที่แปร่งสัมผัสต่อกับวงแหวนแยก จะมีทิศทางสลับไปมา เรียกกระแสไฟฟ้านี้ว่า **กระแสสลับ (Alternating Current : AC)**

➤ เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

พิจารณาเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ ดังรูป 15.48 ประกอบด้วยขดลวดหมุนได้คล้องอยู่ระหว่างขั้วแม่เหล็ก ปลายขดลวดแต่ละด้านต่อกับวงแหวนแยกที่หมุนไปพร้อมกับขดลวด และแต่ละอยู่กับแปรงสัมผัสอันเดิมตลอดเวลา ซึ่งต่อกับอุปกรณ์ไฟฟ้าภายนอก เช่น โวลต์มิเตอร์ เมื่อขดลวดหมุนด้วยอัตราเร็วเชิงมุม ω คงตัว ครบหนึ่งรอบโดยใช้เวลา T อีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาดังกล่าวสามารถอธิบายได้ดังนี้



รูป 15.48 เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ



รูป 15.49 การหมุนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ 0 ถึง T และกราฟอีเอ็มเอฟที่เกิดขึ้น

พิจารณาช่วงเวลา $0 \leq t \leq \frac{T}{4}$ โดยเริ่มต้นที่เวลา $t = 0$ ระบุว่าขดลวดวางตัวตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก ดังรูป 15.49 ก. ฟลักซ์แม่เหล็กที่ตัดขดลวดมีค่าสูงสุด แต่อัตราการเปลี่ยนแปลงฟลักซ์แม่เหล็กเป็นศูนย์ ทำให้อีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำเป็นศูนย์ หลังจากนั้นอัตราการเปลี่ยนแปลงฟลักซ์จะมีค่าเพิ่มขึ้น ทำให้อีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำเพิ่มขึ้นตามเวลาที่เปลี่ยนไป จนที่เวลา $t = \frac{T}{4}$ ขดลวดหมุนไปเป็นมุม 90 องศา ฟลักซ์แม่เหล็กที่ตัดขดลวดมีค่าเป็นศูนย์ แต่อัตราการเปลี่ยนแปลงฟลักซ์แม่เหล็กมีค่าสูงสุด ทำให้อีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำมีค่าสูงสุด และเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำกับเวลาในช่วงเวลา $0 \leq t \leq \frac{T}{4}$ ได้ดังรูป 15.49 ข.

ในช่วงเวลา $\frac{T}{4} < t \leq \frac{T}{2}$ ขดลวดหมุนต่อไป อัตราการเปลี่ยนแปลงฟลักซ์แม่เหล็กจะมีค่าลดลง ทำให้อีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำมีค่าลดลง จนที่เวลา $t = \frac{T}{2}$ ขดลวดหมุนไปเป็นมุม 180 องศา กับตำแหน่งเริ่มต้น ($t = 0$) ฟลักซ์แม่เหล็กที่ตัดขดลวดมีค่าสูงสุด แต่อัตราการเปลี่ยนแปลงฟลักซ์แม่เหล็กมีค่าเป็นศูนย์ และเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำกับเวลา ในช่วงเวลาครึ่งรอบแรกได้ดังรูป 15.49 ค.

ทำนองเดียวกันในช่วงเวลา $\frac{T}{2} < t \leq \frac{3T}{4}$ อัตราการเปลี่ยนแปลงฟลักซ์แม่เหล็กมีลักษณะคล้ายกับช่วงเวลา $0 \leq t \leq \frac{T}{4}$ แต่เนื่องจากขดลวดจะเปลี่ยนตำแหน่งตรงข้าม (ลวดสีเหลืองสลับที่กับลวดสีฟ้า) ดังนั้นทิศทางของอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำในขดลวดจึงตรงข้ามกับช่วงเวลา $0 \leq t \leq \frac{T}{4}$ สามารถเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำกับเวลาได้ดังรูป 15.49 ง.

ทำนองเดียวกันในช่วงเวลา $\frac{3T}{4} < t \leq T$ อัตราการเปลี่ยนแปลงฟลักซ์แม่เหล็กมีลักษณะคล้ายกับช่วงเวลา $\frac{T}{4} < t \leq \frac{T}{2}$ แต่เนื่องจากขดลวดจะเปลี่ยนตำแหน่งตรงข้าม (ลวดสีเหลืองสลับที่กับลวดสีฟ้า) ดังนั้นทิศทางของอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำในขดลวดจึงตรงข้ามกับช่วงเวลา $\frac{T}{4} < t \leq \frac{T}{2}$ สามารถเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำกับเวลาได้ดังรูป 15.49 จ.

หากหมุนขดลวดในรอบต่อ ๆ ไปจะได้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำกับเวลาเช่นเดียวกับรอบที่พิจารณาข้างต้น ซึ่งมีความสัมพันธ์ในรูปของฟังก์ชันแบบไซน์

จากการเปลี่ยนแปลงของอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับเมื่อขดลวดหมุนด้วยอัตราเร็วเชิงมุม ω คงตัว จากรูป 15.49 ก. (ที่ $t = 0$ ระบุว่าขดลวดตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก) จนครบรอบ ดังรูป 15.49 จ. กราฟการเปลี่ยนแปลงของอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำจะอยู่ในรูปของฟังก์ชันแบบไซน์ สามารถเขียนสมการอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำที่ได้จากเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับขณะเวลา t ใด ๆ ได้ดังนี้

$$\varepsilon(t) = \varepsilon_0 \sin \omega t$$

เมื่อ $\varepsilon(t)$ เป็นอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำขณะเวลา t ใด ๆ

ε_0 เป็นอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำสูงสุด

ω เป็นความถี่เชิงมุม (เท่ากับอัตราเร็วเชิงมุมของการหมุนขดลวด)

ค่า ω จะบอกให้ทราบคาบ (T) และความถี่ (f) ในการเปลี่ยนค่าซ้ำเดิมของอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำ ซึ่งความถี่เชิงมุม คาบ และความถี่ของการหมุนขดลวดสัมพันธ์กันตามสมการ

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$$

โดย ω มีหน่วยเป็นเรเดียนต่อวินาที

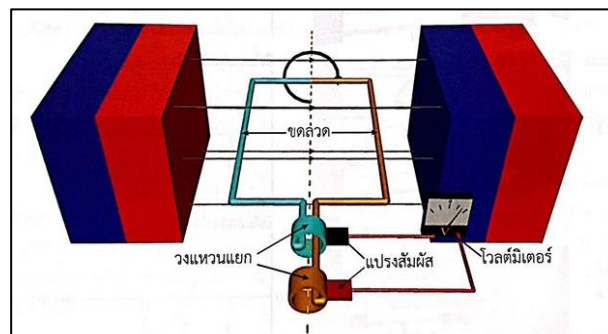
T มีหน่วยเป็นวินาที

f มีหน่วยเป็นรอบต่อวินาที หรือเฮิรตซ์ (Hz)

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ ในวงจรไฟฟ้าแทนด้วยสัญลักษณ์ดังนี้ 

➤ เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง

พิจารณาเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง ดังรูป 15.50 ประกอบด้วยขดลวดหมุนได้คล่องอยู่ระหว่าง ขั้วแม่เหล็ก เช่นเดียวกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ ต่างกันที่ปลายขดลวดแต่ละด้านของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กระแสตรงต่อกับวงแหวนผ่าซีกที่หมุนไปพร้อมกับขดลวด และสลับการแตะกับแปรงสัมผัสทุกครึ่งรอบ ซึ่งจะทำให้ กระแสไฟฟ้าจากแปรงสัมผัสไปผ่านอุปกรณ์ไฟฟ้าภายนอกมีทิศเดิมเสมอที่เรียกว่า **ไฟฟ้ากระแสตรง** ซึ่งอธิบายได้ ดังนี้

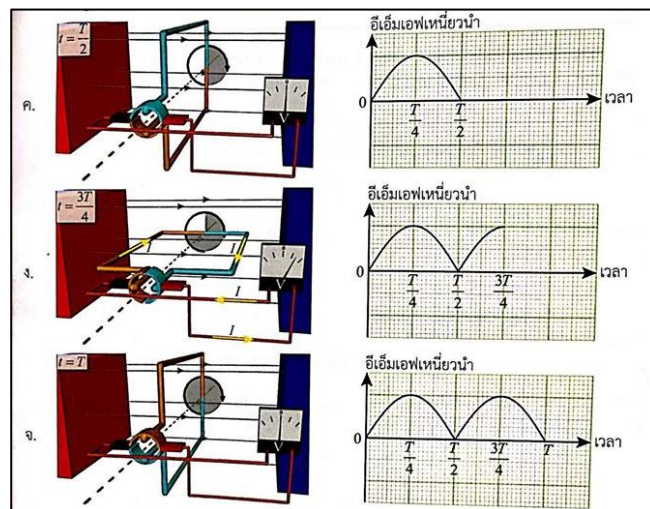
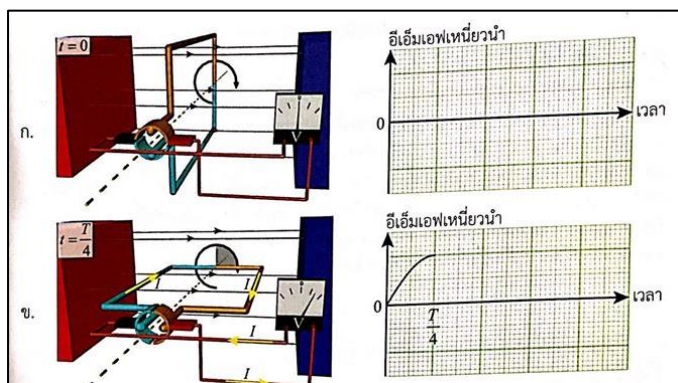


รูป 15.50 เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง

พิจารณาการหมุนขดลวดในลักษณะเดียวกับขดลวดเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับก่อนหน้าในช่วงเวลา $0 < t \leq \frac{T}{2}$ ครึ่งรอบนี้แหวนซีกสีเหลืองแตะอยู่กับแปรงสัมผัสสีแดง และแหวนสีฟ้าจะแตะกับแปรงสัมผัสดำ อีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำทำให้มีกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำผ่านออกทางปลายเส้นลวดสีเหลืองซึ่งต่ออยู่กับแหวนซีกสีเหลือง ผ่านแปรงสัมผัสสีแดงไปยังโวลต์มิเตอร์และกลับเข้าทางแปรงสัมผัสสีดำ ผ่านแหวนสีฟ้า เข้าสู่ลวดสีฟ้า และสามารถเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำ (ความต่างศักย์) กับเวลาที่ผ่านโวลต์มิเตอร์ ได้ดังรูป 15.51 ก. ถึง 15.51 ค.

และเมื่อขดลวดหมุนครึ่งรอบต่อไปในช่วงเวลา $\frac{T}{2} < t \leq T$ ครึ่งรอบนี้แหวนซีกสีฟ้าจะเปลี่ยนมาแตะกับ แปรงสัมผัสสีแดง และแหวนสีเหลืองจะเปลี่ยนมาแตะกับแปรงสีดำ อีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำทำให้มีกระแสไฟฟ้า เหนี่ยวนำผ่านออกทางปลายเส้นลวดสีฟ้าซึ่งต่ออยู่กับแหวนซีกสีฟ้า ผ่านแปรงสัมผัสสีแดง ไปยังโวลต์มิเตอร์และกลับ เข้าทางแปรงสัมผัสสีดำ ผ่านสีเหลืองเข้าสู่ลวดสีเหลือง และสามารถเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอีเอ็มเอฟ เหนี่ยวนำกับเวลาที่ผ่านโวลต์มิเตอร์ ในช่วงเวลาถัดมาจนครบรอบ ได้ดังรูป 15.51 ง. ถึง 15.51 จ.

หากหมุนขดลวดในรอบต่อ ๆ ไปจะได้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำกับเวลาเช่นเดียวกับ
 รอบที่พิจารณาข้างต้น



รูป 15.51 การหมุนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง จาก 0 ถึง T และอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้น

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 11

เรื่อง การประยุกต์ใช้หลักการอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำ

รายวิชา ฟิสิกส์5

รหัสวิชา ว30204

เวลา 2 ชั่วโมง

หน่วยการเรียนรู้ที่ 15

ชื่อหน่วยการเรียนรู้ แม่เหล็กและไฟฟ้า

รวม 28 ชั่วโมง

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 1

หัวหน้ากลุ่มสาระ นางธนพร สนามพล

ครูผู้สอน นางพิกุล นามปัดสา

บูรณาการ

- | | | | |
|---|--------------------------------------|--|---|
| ☐ ปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง | ☐ อาเซียน | ☐ STEM | ☒ PLC |
| ☐ สวนพฤษภาคมโรงเรียน | ☐ มาตรฐานสากล | ☐ ข้ามกลุ่มสาระ | |

1. สาระฟิสิกส์

3. เข้าใจแรงไฟฟ้าและกฎของคูลอมบ์ สนามไฟฟ้า ศักย์ไฟฟ้า ความจุไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และกฎของโอห์ม วงจรไฟฟ้ากระแสตรง พลังงาน ไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้า การเปลี่ยนพลังงานทดแทนเป็นพลังงานไฟฟ้า สนามแม่เหล็ก แรงแม่เหล็กที่กระทำกับประจุไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้า การเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้าและกฎของฟาราเดย์ ไฟฟ้ากระแสสลับ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและการสื่อสาร รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

2. ผลการเรียนรู้

4. สังเกตและอธิบายการเกิดอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำ กฎการเหนี่ยวนำของฟาราเดย์ และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งนำความรู้เรื่องอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำไปอธิบายการทำงานของเครื่องใช้ไฟฟ้า

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

3.1 ด้านความรู้ (K)

- 1) นักเรียนอธิบายการทำงานของเครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ โดยใช้ความรู้เกี่ยวกับอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำได้

3.2 ด้านกระบวนการ (P)

- 1) นักเรียนสามารถจัดกระทำและสื่อความหมายของข้อมูลที่ศึกษาค้นคว้าได้

3.3 ด้านคุณลักษณะ (A)

- 1) ใฝ่เรียนรู้และมุ่งมั่นในการทำงาน

4. สาระสำคัญ

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเป็นอุปกรณ์เปลี่ยนพลังงานกลเป็นพลังงานไฟฟ้าประกอบด้วย ขดลวดพันอยู่บนแกนที่หมุนได้คล่องอยู่ในสนามแม่เหล็ก ปลายขดลวดทั้งสองต่ออยู่กับวงแหวนซึ่งสัมผัสกับแปรงสัมผัส เมื่อหมุนขดลวดจะทำให้ฟลักซ์แม่เหล็กที่ผ่านขดลวดมีการเปลี่ยนแปลง เกิดอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำในขดลวด และเกิดกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำเมื่อต่อแปรงกับอุปกรณ์ภายนอก จะเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง เมื่อใช้วงแหวนผ่าซีกและเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับเมื่อใช้วงแหวนแยก

อีเอ็มเอฟไฟฟ้ากระแสสลับเปลี่ยนค่าตามเวลาในรูปของฟังก์ชันแบบไซน์ ตามสมการ $\varepsilon(t) = \varepsilon_0 \sin(\omega t)$ เมื่อต่ออีเอ็มเอฟกับตัวต้านทาน กระแสไฟฟ้าของไฟฟ้ากระแสสลับ i ที่ผ่านตัวต้านทานและความต่างศักย์ v ระหว่างปลายตัวต้านทานที่เวลา t ใด ๆ เป็นไปตามสมการ

$$i = I_0 \sin(\omega t) \quad \text{และ} \quad v = V_0 \sin(\omega t)$$

5. การเรียนรู้

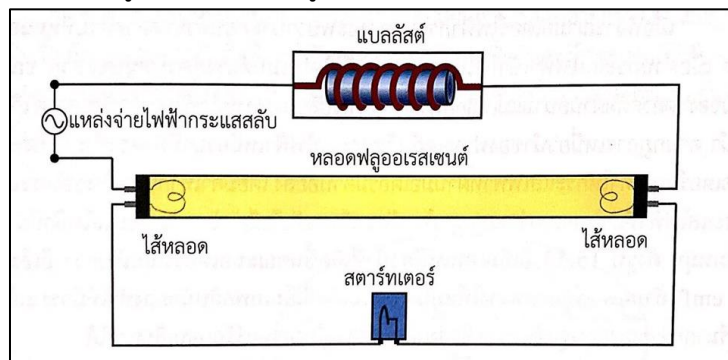
5.1 ความรู้

การประยุกต์ใช้หลักการอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำ

ในปัจจุบัน หลักการอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำนอกจากนำไปใช้กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้ายังสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ เช่น แบลลิสต์แบบขดลวดของหลอดฟลูออเรสเซนต์ มอเตอร์ไฟฟ้า เหนี่ยวนำ กีตาร์ไฟฟ้า เต้าแม่เหล็กไฟฟ้าเหนี่ยวนำ ซึ่งจะได้อธิบายหลักการทำงาน ดังรายละเอียดต่อไปนี้

แบลลิสต์แบบขดลวดของหลอดฟลูออเรสเซนต์

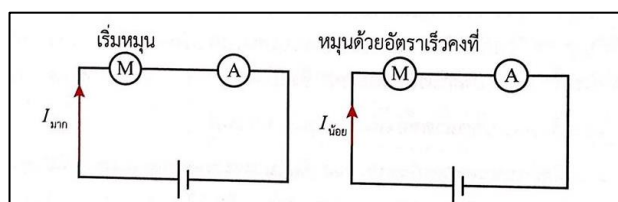
แบลลิสต์แบบขดลวดเป็นอุปกรณ์สำคัญในวงจรหลอดฟลูออเรสเซนต์ประกอบด้วยขดลวดพันอยู่รอบแกนเหล็ก ต่อในวงจรหลอดฟลูออเรสเซนต์ ดังรูป 15.52



รูป 15.52 แผนภาพแสดงส่วนประกอบของวงจรหลอดฟลูออเรสเซนต์

เมื่อต่อไฟฟ้ากระแสสลับเข้ากับวงจรหลอดฟลูออเรสเซนต์ ทันทีที่เปิดสวิตช์ กระแสไฟฟ้าจะผ่าน แบลลิสต์ ไส้หลอด สตาร์ทเตอร์ และไส้หลอดอีกด้านหนึ่งจนครบวงจร เมื่อไส้หลอดร้อนและสตาร์ทเตอร์ตัดวงจรและหยุดทำงาน ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของกระแสไฟฟ้าลดลงอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้ฟลักซ์แม่เหล็กในขดลวดของแบลลิสต์ มีอัตราการเปลี่ยนแปลงมาก เกิดอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำที่สูงมากในขดลวด และระหว่างขั้วหลอดทั้งสอง ทำให้แก๊สในหลอดฟลูออเรสเซนต์แตกตัวและสามารถนำไฟฟ้ากระแสไฟฟ้า จึงเคลื่อนที่จากปลายหลอดด้านหนึ่งผ่านแก๊สภายในหลอดไปยังขั้วหลอดอีกด้านหนึ่ง ส่งผลให้แก๊สในหลอดปล่อยรังสีอัลตราไวโอเลต ไปกระตุ้นสารเรืองแสงที่ฉาบอยู่ภายในหลอด เปล่งแสงสว่างออกมา หลังจากนั้น แบลลิสต์ยังคงทำให้เกิดอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำ และคุมกระแสไฟฟ้าที่ผ่านหลอด ทำให้หลอดสว่างสม่ำเสมอได้อย่างต่อเนื่อง

การเกิดอีเอ็มเอฟกลับในมอเตอร์ไฟฟ้า

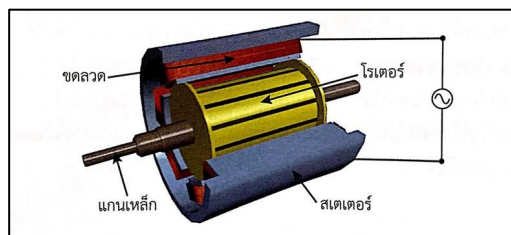


รูป 15.53 แสดงกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำระหว่างมอเตอร์เริ่มหมุนและหมุนด้วยอัตราเร็วคงที่

เมื่อพิจารณามอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงจะพบว่าประกอบด้วยขดลวดส่วนที่หมุนอยู่ในสนามแม่เหล็ก เมื่อผ่านกระแสไฟฟ้าเข้าไปในขดลวดทำให้เกิดโมเมนต์แรงคู่ควบหมุนขดลวด ขณะเดียวกันการหมุนของขดลวดตัดผ่านสนามแม่เหล็กก็ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงฟลักซ์แม่เหล็กตัดขดลวด เกิดอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำ ตามกฎการเหนี่ยวนำของฟาราเดย์ เกิดกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำมีทิศตรงข้ามกับกระแสไฟฟ้าที่ทำให้มอเตอร์หมุน ทำให้กระแสไฟฟ้าที่ผ่านมอเตอร์มีค่าน้อยลง โดยมีค่าเท่ากับผลต่างของกระแสไฟฟ้าทั้งสอง กระแสไฟฟ้าที่ผ่านมอเตอร์ขณะหมุนด้วยอัตราเร็วคงตัวจึงมีค่าน้อยกว่ากระแสไฟฟ้าที่ผ่านมอเตอร์ขณะเริ่มหมุน ดังรูป 15.53 อีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นขณะมอเตอร์หมุนเรียกว่า **อีเอ็มเอฟกลับ (back emf)** ถ้ามอเตอร์ถูกขัดขวางให้หมุนช้าลงจะเกิดอีเอ็มเอฟกลับน้อยลงทำให้มีกระแสไฟฟ้าผ่านมอเตอร์มากกว่าขณะก่อนถูกขัดขวาง ซึ่งส่งผลให้ขดลวดในมอเตอร์ร้อนจนเสียหายได้

มอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ

มอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ (induction motors) มีหลายแบบตามวัตถุประสงค์ตามการใช้ประโยชน์ ใช้หลักการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า มอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำแบบที่พบทั่วไป ประกอบด้วยส่วนที่หมุนได้เรียกว่า **โรเตอร์** ติดกับแกนเหล็กที่หมุนได้คล่อง และส่วนที่อยู่กับที่ ได้แก่ โครงมอเตอร์และชุดขดลวดเรียกว่า **สเตเตอร์** ดังรูป 15.54

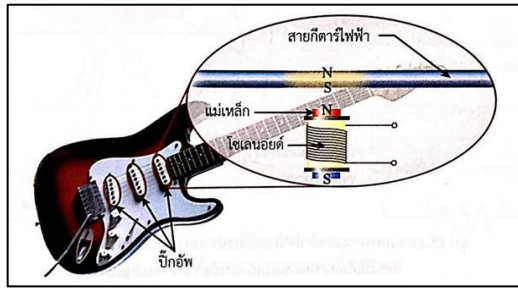


รูป 15.54 แสดงส่วนประกอบของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ

การหมุนของมอเตอร์เกิดขึ้นจากการเหนี่ยวนำเหล็กไฟฟ้าที่ขดลวดในสเตเตอร์ และเนื่องจากกระแสไฟฟ้าสลับที่จ่ายให้มอเตอร์ ทำให้ขดลวดในสเตเตอร์สร้างฟลักซ์แม่เหล็กที่เปลี่ยนแปลงและเหนี่ยวนำให้เกิดกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำในโรเตอร์ เกิดแรงแม่เหล็กแม่เหล็กผลักกันระหว่างขดลวดของสเตเตอร์กับโรเตอร์ ส่งผลให้โรเตอร์หมุน ปกติขดลวดที่สเตเตอร์ของมอเตอร์เหนี่ยวนำจะมี 3 ชุด เกิดการเหนี่ยวนำทำให้มีแรงผลักกันตามลักษณะดังกล่าวทำให้โรเตอร์ของมอเตอร์หมุนได้อย่างต่อเนื่อง โดยมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำลักษณะนี้จะมีราคาถูก บำรุงรักษาง่าย และมีความเร็วคงที่ ทำให้นิยมใช้มอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำชนิดนี้มาใช้ประโยชน์ เช่น มอเตอร์พัดลม มอเตอร์ปั้มน้ำ

กีตาร์ไฟฟ้า

กีตาร์ไฟฟ้ามีส่วนประกอบที่สำคัญที่ทำหน้าที่เปลี่ยนการสั่นของสายกีตาร์เป็นสัญญาณไฟฟ้าของเสียง คือ ปิ๊กอัพ (pickup) หรืออีกชื่อหนึ่งคือคอนแทคท์ ภายในปิ๊กอัพจะมีโซเลนอยด์ที่พันอยู่บนแท่งแม่เหล็ก ตรงกับตำแหน่งของสายกีตาร์ โดยแท่งแม่เหล็กในขดลวดจะเหนี่ยวนำสายกีตาร์ที่อยู่ใกล้ให้เป็นแม่เหล็ก ดังรูป 15.55

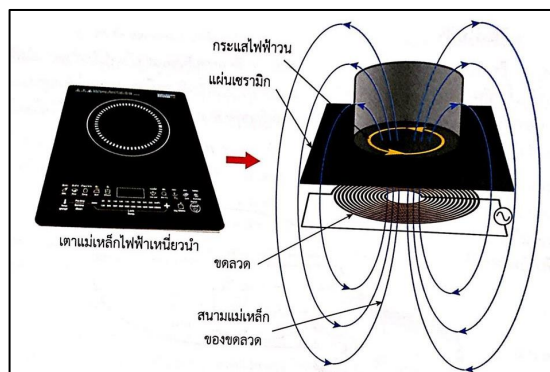


รูป 15.55 แสดงขั้วคอยล์ที่ใช้กับกีตาร์เพื่อรับสัญญาณไฟฟ้าจากการสั่นของสายกีตาร์

เมื่อดีดสายกีตาร์ทำให้สั่นไปมา การเหนี่ยวนำระหว่างแท่งแม่เหล็กกับสายกีตาร์จะทำให้ฟลักซ์แม่เหล็กในขั้วคอยล์เกิดการเปลี่ยนแปลง และเกิดอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำตามกฎการเหนี่ยวนำของฟาราเดย์ ทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำในขั้วคอยล์ส่งไปยังเครื่องขยายสัญญาณและเปลี่ยนเป็นเสียงต่อไป

เตาแม่เหล็กไฟฟ้าเหนี่ยวนำ

เตาแม่เหล็กไฟฟ้าเหนี่ยวนำทำงานโดยให้กระแสไฟฟ้าสลับผ่านขดลวดที่อยู่ภายในเตา ทำให้เกิดสนามแม่เหล็กที่เปลี่ยนแปลงตามเวลา ส่งผลให้เกิดการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้าขึ้นในภาชนะโลหะเกิด **กระแสไฟฟ้าวน (eddy current)** กลับไป-มาที่ก้นภาชนะ ตามความถี่ของกระแสไฟฟ้าที่ให้กับขดลวดภายในเตา ดังรูป 15.56 ซึ่งกระแสไฟฟ้าวนนี้จะทำให้ภาชนะโลหะเกิดความร้อน อย่างไรก็ตามภาชนะโลหะที่ใช้กับเตาแม่เหล็กไฟฟ้าเหนี่ยวนำต้องถูกออกแบบให้เหมาะสมจึงจะนำมาใช้กับเตาชนิดนี้ได้



รูป 15.56 แสดงเตาแม่เหล็กไฟฟ้าเหนี่ยวนำ และแผนภาพส่วนประกอบที่ทำให้เกิดความร้อนจากการเหนี่ยวนำที่ก้นภาชนะ

5.2 กระบวนการ

- 1) ความสามารถในการสื่อสาร (อ่าน ฟัง พูด เขียน)
- 2) ความสามารถในการคิด (สังเกต วิเคราะห์ จัดกลุ่ม สรุป)
- 3) ความสามารถในการแก้ปัญหา (แสวงหาความรู้)
- 4) ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต (ความรับผิดชอบ)
- 5) ความสามารถในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ (การใช้สืบค้นผ่านคอมพิวเตอร์)

5.3 คุณลักษณะและค่านิยม

ใฝ่เรียนรู้และมุ่งมั่นในการทำงาน

6. บูรณาการ

6.1 บูรณาการ PLC นักเรียนในกลุ่มแลกเปลี่ยนเรียนรู้เล่าสู่กันฟังถึงความรู้ที่ได้จากการทำกิจกรรม และปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการทำกิจกรรม

7. กิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ

1.1 ครูทบทวนความรู้เดิมเกี่ยวกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ และเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง

1.2 ครูตั้งคำถามเพื่อนำเข้าสู่การทำกิจกรรม เรื่อง การประยุกต์ใช้หลักการอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำ ดังนี้

1) ให้นักเรียนยกตัวอย่างอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ประยุกต์ใช้การเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้าและมีการประยุกต์ใช้การเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้าอย่างไร

(เปิดโอกาสให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นอย่างอิสระ โดยไม่คาดหวังคำตอบ)

ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา

2.1 จัดกลุ่มนักเรียน กลุ่มละ 5 คน โดยให้สมาชิกแต่ละกลุ่มมีความรู้ความสามารถที่คล่องแคล่วกลุ่มนี้จะเป็นกลุ่มประจำ

2.2 ครูจัดแบ่งเนื้อหาที่จะเรียนเป็นเนื้อหาย่อย ๆ เท่ากับจำนวนสมาชิกในกลุ่มของนักเรียนอาจจัดทำเป็นบทเรียนหน้าเดียวก็ได้

2.3 ให้สมาชิกในแต่ละกลุ่มจับฉลากหมายเลขของเนื้อหา คนละ 1 ฉลาก เพื่อรับผิดชอบในการศึกษาหัวข้อย่อยของเนื้อหา คนละ 1 หัวข้อ

2.4 ให้นักเรียนแต่ละคนศึกษาและทำความเข้าใจเนื้อหาตามหมายเลขที่ตัวเองได้ ซึ่งครูติดเนื้อหาบนโต๊ะ (ใช้เวลา 15 นาที)

2.5 เมื่อนักเรียนศึกษาและทำความเข้าใจเนื้อหาแล้ว ให้นักเรียนกลับไปยังกลุ่มตัวเองแล้วอธิบายความรู้ที่ได้จากการศึกษาและทำความเข้าใจในเนื้อหาที่ได้รับผิดชอบให้เพื่อนฟัง

2.6 นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันสรุปความรู้ที่ได้ในการศึกษาลงในกระดาษปอ (น้ำตาล)

ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป

3.1 ครูให้นักเรียนทุกกลุ่มออกมานำเสนอผลการสืบค้นของกลุ่มตนเองหน้าชั้นเรียน โดยสุ่มกลุ่มออกมานำเสนอจากเว็บไซต์ (<https://random.thaiware.com/>) หรือ โปรแกรม Super Soomm And Goomm

3.2 ครูนำนักเรียนอธิบายและสรุปเนื้อหา เรื่อง การประยุกต์ใช้หลักการอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำ ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน

ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้

4.1 ครูอธิบายให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้หลักการอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำในชีวิตประจำวัน

ขั้นที่ 5 ขั้นประเมินผล

- 5.1 นักเรียนส่งกระดาษปฐพี (น้ำตาล) ของแต่ละกลุ่มที่ได้จากการศึกษาค้นคว้า
- 5.2 นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลงานที่ได้จากการศึกษาค้นคว้า

ประยุกต์และตอบแทนสังคม

ครูให้นักเรียนแต่ละคนนำความรู้ที่เรียนไปค้นคว้าเพิ่มเติมที่ห้องสมุด หรือเว็บไซต์ แล้วนำเสนอในชั้นเรียน

8. สื่อการเรียนรู้/แหล่งเรียนรู้

8.1 หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฟิสิกส์) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เล่ม 5 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560)

8.2 Jigsaw เรื่อง การประยุกต์ใช้หลักการอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำ จำนวน 5 หัวข้อย่อย

- แบลลิสต์แบบขดลวดของหลอดฟลูออเรสเซนต์
- การเกิดอีเอ็มเอฟกลับในมอเตอร์ไฟฟ้า
- มอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ
- กีตาร์ไฟฟ้า
- เต้าแม่เหล็กไฟฟ้าเหนี่ยวนำ

8.3 อินเทอร์เน็ต เว็บไซต์ <https://random.thaiware.com/>) หรือ โปรแกรม Super Soomm And Goomm

9. การวัดและประเมินผล

จุดประสงค์การเรียนรู้	วิธีการวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
ด้านความรู้ (K)			
1) นักเรียนอธิบายการทำงานของเครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ โดยใช้ความรู้เกี่ยวกับอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำได้	1) ตรวจกระดาษปฐุพ (น้ำตาล)ของแต่ละกลุ่มที่ได้จากการศึกษาค้นคว้า 2) สังเกตการนำเสนอผลงานของแต่ละกลุ่ม	1) แบบประเมินการทำกิจกรรม	1) นักเรียนสามารถสรุปเนื้อหาที่ศึกษาได้ระดับดี ผ่านเกณฑ์
ด้านกระบวนการ (P)			
1) นักเรียนสามารถจัดกระทำและสื่อความหมายของข้อมูลที่ศึกษาค้นคว้าได้	1) สังเกตการนำเสนอผลงานของแต่ละกลุ่ม	1) แบบประเมินการทำกิจกรรม	1) นักเรียนนำเสนอผลงานได้ระดับดี ผ่านเกณฑ์
ด้านคุณลักษณะ (A)			
1) ใฝ่เรียนรู้และมุ่งมั่นในการทำงาน	1) ตรวจกระดาษปฐุพ (น้ำตาล)ของแต่ละกลุ่มที่ได้จากการศึกษาค้นคว้า 2) สังเกตการนำเสนอผลงานของแต่ละกลุ่มค้นคว้า	1) แบบประเมินการทำกิจกรรม	1) นักเรียนทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายได้ระดับดี ผ่านเกณฑ์

10. เกณฑ์การประเมินผลงานนักเรียน

เกณฑ์การประเมินแบบ Rubrics ของการทำกิจกรรม เรื่อง การประยุกต์ใช้หลักการอีเอ็มเอฟหนึ่งยวน้ำ

เกณฑ์	คุณภาพ			
	ดีมาก	ดี	พอใช้	ควรปรับปรุง
1. เนื้อหา (20)				
1.1 อธิบายเนื้อหาได้ถูกต้อง (10)	เนื้อหาถูกต้องสมบูรณ์ (10)	เนื้อหาผิด 1 จุด (6)	เนื้อหาผิด 2 จุด (4)	เนื้อหาผิดตั้งแต่ 3 จุดขึ้นไป (2)
1.2 ความสมบูรณ์ของเนื้อหา (10)	เนื้อหาสมบูรณ์ครบถ้วนในทุกด้าน (10)	เนื้อหาไม่สมบูรณ์ขาดหายไป 1 ด้าน (6)	เนื้อหาไม่สมบูรณ์ขาดหายไป 2 ด้าน (4)	เนื้อหาไม่สมบูรณ์ขาดหายไป ตั้งแต่ 3 ด้านขึ้นไป (2)
2. องค์ประกอบของชิ้นงาน (20)				
2.1 ตัวสะกดและไวยากรณ์ (5)	ใช้ตัวตัวสะกดและไวยากรณ์ถูกต้องทุกจุด (5)	ใช้ตัวตัวสะกดและไวยากรณ์ผิดพลาด 1 จุด (4)	ใช้ตัวตัวสะกดและไวยากรณ์ผิดพลาด 2 จุด (3)	ใช้ตัวตัวสะกดและไวยากรณ์ผิดพลาดตั้งแต่ 3 จุด ขึ้นไป (2)
2.2 การนำเสนอมีความต่อเนื่อง (5)	การนำเสนอมีความต่อเนื่องเหมาะสมในระดับมากที่สุด (5)	การนำเสนอมีความต่อเนื่องเหมาะสมในระดับมาก (4)	การนำเสนอมีความต่อเนื่องเหมาะสมในระดับปานกลาง (3)	การนำเสนอมีความต่อเนื่องเหมาะสมในระดับน้อย (2)
2.3 การนำเสนอน่าสนใจ (5)	การนำเสนอน่าสนใจในระดับมากที่สุด (5)	การนำเสนอน่าสนใจในระดับมาก (4)	การนำเสนอน่าสนใจในระดับปานกลาง (3)	การนำเสนอน่าสนใจในระดับน้อย (2)
2.4 มีการจัดวางรูปแบบที่เหมาะสม (5)	มีการจัดวางรูปแบบที่เหมาะสม ในระดับมากที่สุด (5)	มีการจัดวางรูปแบบที่เหมาะสม ในระดับมาก (4)	มีการจัดวางรูปแบบที่เหมาะสม ในระดับปานกลาง (3)	มีการจัดวางรูปแบบที่เหมาะสม ในระดับน้อย (2)
3. คุณลักษณะของสมาชิกในกลุ่ม (10)				
3.1 ความร่วมมือในกลุ่ม (5)	แสดงออกถึงความสามัคคีกันในกลุ่มเป็นอย่างมาก (5)	แสดงออกถึงความสามัคคีกันในกลุ่ม (4)	แสดงออกถึงความสามัคคีกันในกลุ่มในบางครั้ง (3)	แสดงออกถึงความสามัคคีกันในกลุ่มน้อย (2)
3.2 ความตรงต่อเวลาในการส่งงาน (5)	ส่งงานภายในเวลาที่กำหนด (5)	ส่งงานล่าช้า 1 วัน (4)	ส่งงานล่าช้า 2 วัน (3)	ส่งงานล่าช้า ตั้งแต่ 3 วันขึ้นไป (2)

แบบประเมินงานนำเสนอ

วิชา.....กลุ่มที่.....วันที่.....

ผู้ประเมิน ☐ ครูผู้สอน ☐ นักเรียน ☐ อื่นๆ

รายการประเมิน	คะแนนเต็ม	คะแนนประเมิน
1. เนื้อหา		
1.1 อธิบายเนื้อหาได้ถูกต้อง	10	
1.2 ความสมบูรณ์ของเนื้อหา	10	
รวม	20	
2. องค์ประกอบของชิ้นงาน		
2.1 ตัวสะกดและไวยากรณ์	5	
2.2 การนำเสนอมีความต่อเนื่อง	5	
2.3 การนำเสนอน่าสนใจ	5	
2.4 มีการจัดวางรูปแบบที่เหมาะสม	5	
รวม	20	
3. คุณลักษณะของสมาชิกในกลุ่ม		
3.1 ความร่วมมือในกลุ่ม	5	
3.2 ความตรงต่อเวลาในการส่งงาน	5	
รวม	10	
คะแนนรวมทั้งหมด	50	

แบบบันทึกคะแนนนักเรียนรายบุคคล เรื่อง การประยุกต์ใช้หลักการอีเอ็มเอฟเพื่อย่นำ

ที่	ชื่อ - นามสกุล	จุดประสงค์การเรียนรู้			รวม คะแนน	ระดับ คุณภาพ
		ด้านความรู้ (K)	ด้าน กระบวนการ (P)	ด้าน คุณลักษณะ (A)		
		20	20	10		
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28						

ที่	ชื่อ - นามสกุล	จุดประสงค์การเรียนรู้			รวม คะแนน	ระดับ คุณภาพ
		ด้านความรู้ (K)	ด้าน กระบวนการ (P)	ด้าน คุณลักษณะ (A)		
		20	20	10		
29						
30						
31						
32						
33						
34						
35						
36						
37						
38						
39						
40						

ระดับคุณภาพ

คะแนน	41-50	หมายถึง	ระดับดีมาก
คะแนน	31-40	หมายถึง	ระดับดี
คะแนน	21-30	หมายถึง	ระดับปานกลาง
คะแนน	16-20	หมายถึง	ระดับปรับปรุง

บันทึกหลังการสอน

หน่วยการเรียนรู้ที่ 15 เรื่อง แม่เหล็กและไฟฟ้า
แผนการสอนที่ 11 เรื่อง การประยุกต์ใช้หลักการอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำ
วันที่ เดือน พ.ศ.

ผลการจัดการเรียนรู้

ปัญหา / อุปสรรค

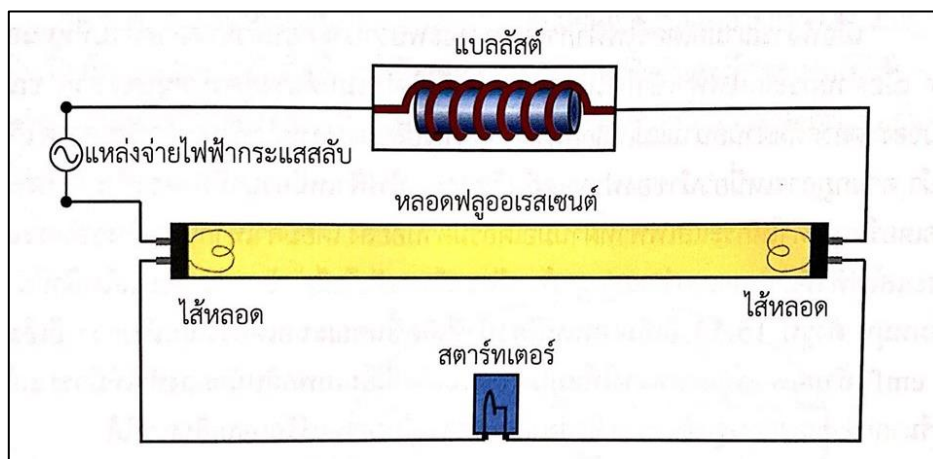
ข้อเสนอแนะ/แนวทางแก้ปัญหา

ลงชื่อ.....ครูผู้สอน
(นางพิกุล นามปัดสา)

ลงชื่อ.....หัวหน้ากลุ่มสาระ
(นางธนพร สนามพล)

แบลลิสต์แบบขดลวดของหลอดฟลูออเรสเซนต์

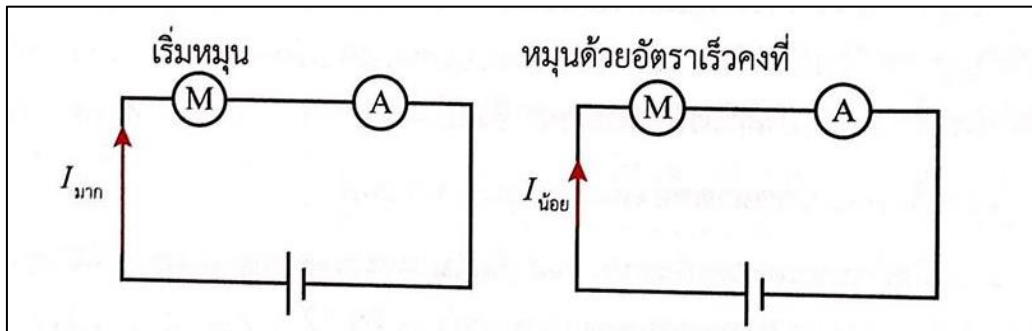
แบลลิสต์แบบขดลวด เป็นอุปกรณ์สำคัญในวงจรหลอดฟลูออเรสเซนต์ ประกอบด้วยขดลวดพันอยู่รอบแกนเหล็ก ต่อในวงจรหลอดฟลูออเรสเซนต์ (ดังรูป)



รูปแผนภาพแสดงส่วนประกอบของวงจรหลอดฟลูออเรสเซนต์

เมื่อต่อไฟฟ้ากระแสสลับเข้ากับวงจรหลอดฟลูออเรสเซนต์ ทันทีที่เปิดสวิตช์ กระแสไฟฟ้าจะผ่านแบลลิสต์ ไส้หลอด สตาร์ทเตอร์ และไส้หลอดอีกด้านหนึ่งจนครบวงจร เมื่อไส้หลอดร้อนและสตาร์ทเตอร์ตัดวงจรและหยุดทำงาน ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของกระแสไฟฟาลดลงอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้ฟลักซ์แม่เหล็กในขดลวดของแบลลิสต์ มีอัตราการเปลี่ยนแปลงมาก เกิดอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำที่สูงมากในขดลวดและระหว่างขั้วหลอดทั้งสอง ทำให้แก๊สในหลอดฟลูออเรสเซนต์แตกตัวและสามารถนำไฟฟ้ากระแสไฟฟ้าจึงเคลื่อนที่จากปลายหลอดด้านหนึ่งผ่านแก๊สภายในหลอดไปยังขั้วหลอดอีกด้านหนึ่ง ส่งผลให้แก๊สในหลอดปล่อยรังสีอัลตราไวโอเลต ไปกระตุ้นสารเรืองแสงที่ฉาบอยู่ภายในหลอด เปล่งแสงสว่างออกมา หลังจากนั้นแบลลิสต์ยังคงทำให้เกิดอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำ และคุมกระแสไฟฟ้าที่ผ่านหลอด ทำให้หลอดสว่างสม่ำเสมอได้อย่างต่อเนื่อง

การเกิดอีเอ็มเอฟกลับในมอเตอร์ไฟฟ้า

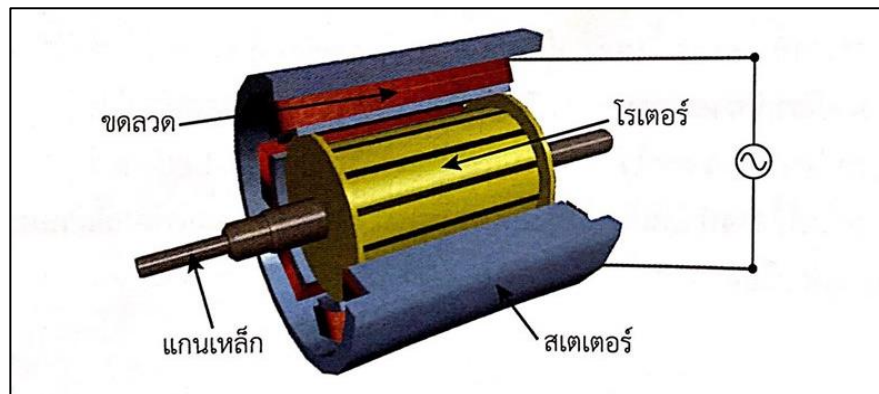


รูปแสดงกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำระหว่างมอเตอร์เริ่มหมุนและหมุนด้วยอัตราเร็วคงที่

เมื่อพิจารณามอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงจะพบว่าประกอบด้วยขดลวดส่วนที่หมุนอยู่ในสนามแม่เหล็ก เมื่อผ่านกระแสไฟฟ้าเข้าไปในขดลวดทำให้เกิดโมเมนต์แรงคู่ควบหมุนขดลวด ขณะเดียวกันการหมุนของขดลวดตัดผ่านสนามแม่เหล็กก็ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงฟลักซ์แม่เหล็กตัดขดลวด เกิดอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำ ตามกฎการเหนี่ยวนำของฟาราเดย์ เกิดกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำมีทิศตรงข้ามกับกระแสไฟฟ้าที่ทำให้มอเตอร์หมุน ทำให้กระแสไฟฟ้าที่ผ่านมอเตอร์มีค่าน้อยลง โดยมีค่าเท่ากับผลต่างของกระแสไฟฟ้าทั้งสอง กระแสไฟฟ้าที่ผ่านมอเตอร์ขณะหมุนด้วยอัตราเร็วคงตัวจึงมีค่าน้อยกว่ากระแสไฟฟ้าที่ผ่านมอเตอร์ขณะเริ่มหมุน (ดังรูป) อีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นขณะมอเตอร์หมุนเรียกว่า **อีเอ็มเอฟกลับ (back emf)** ถ้ามอเตอร์ถูกขัดขวางให้หมุนช้าลงจะเกิดอีเอ็มเอฟกลับน้อยลงทำให้มีกระแสไฟฟ้าผ่านมอเตอร์มากกว่าขณะก่อนถูกขัดขวาง ซึ่งส่งผลให้ขดลวดในมอเตอร์ร้อนจนเสียหายได้

มอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ

มอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ (induction motors) มีหลายแบบตามวัตถุประสงค์ตามการใช้ประโยชน์ใช้หลักการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า มอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำแบบที่พบทั่วไปประกอบด้วยส่วนที่หมุนได้ เรียกว่า **โรเตอร์** ติดกับแกนเหล็กที่หมุนได้คล่อง และส่วนที่อยู่กับที่ ได้แก่ โครงมอเตอร์และชุดขดลวด เรียกว่า **สเตเตอร์** (ดังรูป)

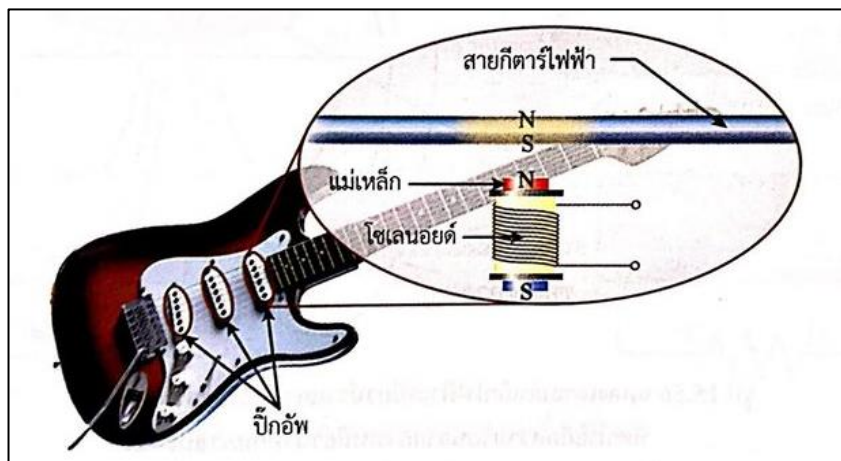


รูปแสดงส่วนประกอบของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ

การหมุนของมอเตอร์เกิดขึ้นจากการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้าที่ขดลวดในสเตเตอร์ และเนื่องจากกระแสไฟฟ้าสลับที่จ่ายให้มอเตอร์ ทำให้ขดลวดในสเตเตอร์สร้างฟลักซ์แม่เหล็กที่เปลี่ยนแปลงและเหนี่ยวนำให้เกิดกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำในโรเตอร์ เกิดแรงแม่เหล็กแม่เหล็กผลักดันระหว่างขดลวดของสเตเตอร์กับโรเตอร์ ส่งผลให้โรเตอร์หมุน ปกติขดลวดที่สเตเตอร์ของมอเตอร์เหนี่ยวนำจะมี 3 ชุด เกิดการเหนี่ยวนำทำให้มีแรงผลักดันตามลักษณะดังกล่าว ทำให้โรเตอร์ของมอเตอร์หมุนได้อย่างต่อเนื่อง โดยมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำลักษณะนี้จะมีราคาถูก บำรุงรักษาง่าย และมีความเร็วคงที่ ทำให้นิยมนำมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำชนิดนี้มาใช้ประโยชน์ เช่น มอเตอร์พัดลม มอเตอร์ปั้มน้ำ

กีตาร์ไฟฟ้า

กีตาร์ไฟฟ้ามีส่วนประกอบที่สำคัญที่ทำหน้าที่เปลี่ยนการสั่นของสายกีตาร์เป็นสัญญาณไฟฟ้าของเสียง คือ **ปิ๊กอัพ (pickup)** หรืออีกชื่อหนึ่งคือคอนแทคต์ ภายในปิ๊กอัพจะมีโซเลนอยด์ที่พันอยู่บนแท่งแม่เหล็ก ตรงกับตำแหน่งของสายกีตาร์ โดยแท่งแม่เหล็กในขดลวดจะเหนี่ยวนำสายกีตาร์ที่อยู่ใกล้ให้เป็นแม่เหล็ก (ดังรูป)

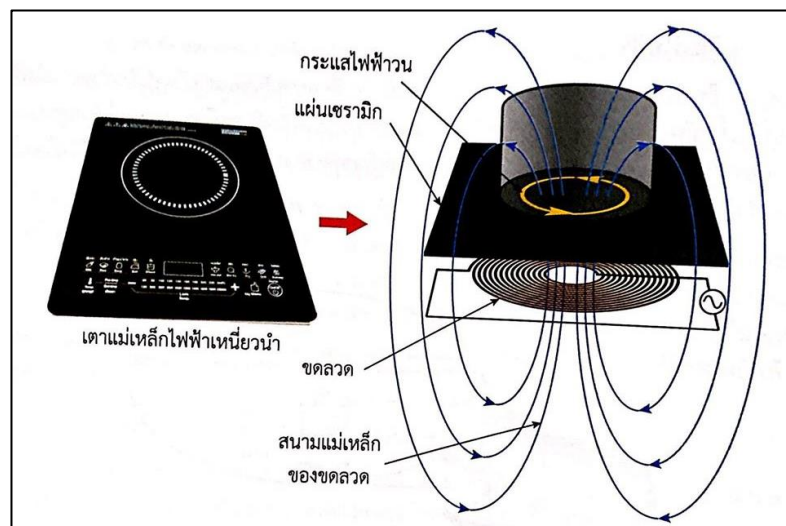


รูปแสดงปิ๊กอัพที่ใช้กับกีตาร์เพื่อรับสัญญาณไฟฟ้าจากการสั่นของสายกีตาร์

เมื่อดีดสายกีตาร์ทำให้สั่นไปมา การเหนี่ยวนำระหว่างแท่งแม่เหล็กกับสายกีตาร์จะทำให้ฟลักซ์แม่เหล็กในโซเลนอยด์เกิดการเปลี่ยนแปลง และเกิดอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำตามกฎการเหนี่ยวนำของฟาราเดย์ ทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำในโซเลนอยด์ส่งไปยังเครื่องขยายสัญญาณและเปลี่ยนเป็นเสียงต่อไป

เตาแม่เหล็กไฟฟ้าเหนี่ยวนำ

เตาแม่เหล็กไฟฟ้าเหนี่ยวนำทำงานโดยให้กระแสไฟฟ้าสลับผ่านขดลวดที่อยู่ภายในเตา ทำให้เกิดสนามแม่เหล็กที่เปลี่ยนแปลงตามเวลา ส่งผลให้เกิดการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้าขึ้น ในภาชนะโลหะเกิดกระแสไฟฟ้าวน (eddy current) กลับไป-มาที่ก้นภาชนะ ตามความถี่ของกระแสไฟฟ้าที่ให้กับขดลวดภายในเตา (ดังรูป) ซึ่งกระแสไฟฟ้าวนนี้จะทำให้ภาชนะโลหะเกิดความร้อน อย่างไรก็ตามภาชนะโลหะที่ใช้กับเตาแม่เหล็กไฟฟ้าเหนี่ยวนำต้องถูกออกแบบให้เหมาะสมจึงจะนำมาใช้กับเตาชนิดนี้ได้



รูปแสดงเตาแม่เหล็กไฟฟ้าเหนี่ยวนำ และแผนภาพส่วนประกอบ
ที่ทำให้เกิดความร้อนจากการเหนี่ยวนำที่ก้นภาชนะ

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 12

เรื่อง ค่ายังผลของความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าของไฟฟ้ากระแสสลับ

รายวิชา ฟิสิกส์ 5

รหัสวิชา ว30204

เวลา 2 ชั่วโมง

หน่วยการเรียนรู้ที่ 15

ชื่อหน่วยการเรียนรู้ แม่เหล็กและไฟฟ้า

รวม 28 ชั่วโมง

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 1

หัวหน้ากลุ่มสาระ นางธนพร สนามพล

ครูผู้สอน นางพิกุล นามปัดสา

บูรณาการ

- | | | | |
|---|--------------------------------------|--|------------------------------|
| ☐ ปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง | ☐ อาเซียน | ☐ STEM | ☐ PLC |
| ☐ สวนพฤษภาคมโรงเรียน | ☐ มาตรฐานสากล | ☐ ข้ามกลุ่มสาระ | |

1. สาระฟิสิกส์

3. เข้าใจแรงไฟฟ้าและกฎของคูลอมบ์ สนามไฟฟ้า ศักย์ไฟฟ้า ความจุไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และกฎของโอห์ม วงจรไฟฟ้ากระแสตรง พลังงาน ไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้า การเปลี่ยนพลังงานทดแทนเป็นพลังงานไฟฟ้า สนามแม่เหล็ก แรงแม่เหล็กที่กระทำกับประจุไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้า การเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้าและกฎของฟาราเดย์ ไฟฟ้ากระแสสลับ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและการสื่อสาร รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

2. ผลการเรียนรู้

5. อธิบายและคำนวณความต่างศักย์อาร์เอ็มเอส และกระแสไฟฟ้าอาร์เอ็มเอส

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

3.1 ด้านความรู้ (K)

1) นักเรียนอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ กระแสไฟฟ้ากับเวลาในรูปของฟังก์ชันแบบไซน์ของกระแสไฟฟ้าสลับได้

2) นักเรียนอธิบายความต่างศักย์อาร์เอ็มเอสและกระแสไฟฟ้าอาร์เอ็มเอสได้

3.2 ด้านกระบวนการ (P)

1) นักเรียนสามารถคำนวณหาค่าความต่างศักย์อาร์เอ็มเอสและกระแสไฟฟ้าอาร์เอ็มเอสได้

3.3 ด้านคุณลักษณะ (A)

1) ใฝ่เรียนรู้และมุ่งมั่นในการทำงาน

4. สาระสำคัญ

การระบุค่ากระแสไฟฟ้าหรือความต่างศักย์ของไฟฟ้ากระแสสลับเป็นค่าคงตัว ใช้การเทียบค่ากับไฟฟ้ากระแสตรงที่ให้กำลังไฟฟ้าที่เท่ากันแก่ตัวต้านทาน ซึ่งเรียกว่า ค่ายังผล หรือ ค่ามีเตอร์ ค่าดังกล่าวเป็นค่าเฉลี่ยแบบรากที่สองของกำลังสองเฉลี่ย หรือค่าอาร์เอ็มเอส โดย $I_{\text{rms}} = \frac{I_0}{\sqrt{2}}$ และ $V_{\text{rms}} = \frac{V_0}{\sqrt{2}}$

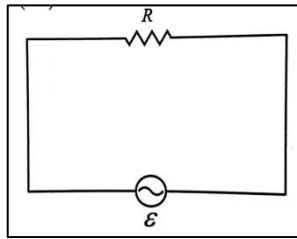
5. การเรียนรู้

5.1 ความรู้

ค่าอาร์เอ็มเอสของความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าของไฟฟ้ากระแสสลับ

จากการพิจารณาการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับทำให้ทราบว่าอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำจากแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับเปลี่ยนแปลงกับเวลาตามสมการ $\mathcal{E}(t) = \varepsilon_0 \sin(\omega t)$

หากนำตัวต้านทาน R มาต่อกับแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับเป็นวงจร ดังรูป 15.57 ความต่างศักย์ระหว่างปลายตัวต้านทาน จะมีค่าเปลี่ยนแปลงกับเวลาเช่นเดียวกับอีเอ็มเอฟ $\mathcal{E}$ สามารถเขียนความต่างศักย์ v และความต่างศักย์สูงสุด V_0 ระหว่างปลายตัวต้านทาน ได้ดังนี้



รูป 15.57 วงจรตัวต้านทานต่อกับแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

จะได้

$$\begin{aligned} v &= \mathcal{E} \\ v &= \varepsilon_0 \sin(\omega t) \\ v &= V_0 \sin(\omega t) \end{aligned}$$

โดย

$$v = \varepsilon_0$$

จากกฎของโอห์มสามารถเขียนให้อยู่ในรูปกระแสไฟฟ้า i ดังนี้

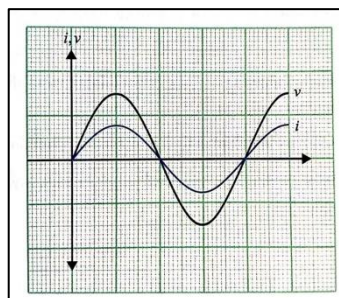
$$i = \frac{v}{R} = \frac{V_0 \sin(\omega t)}{R} = \frac{V_0}{R} \sin(\omega t)$$

เมื่อกระแสไฟฟ้าสูงสุด I_0 หาได้จาก $I_0 = \frac{V_0}{R}$

จะได้

$$i = I_0 \sin(\omega t)$$

จากที่พิจารณาข้างต้นจะเห็นว่าความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าของไฟฟ้ากระแสสลับเปลี่ยนแปลงตามเวลาในรูปของฟังก์ชันแบบไซน์โดยความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าของไฟฟ้ากระแสสลับที่ตัวต้านทานมีค่ามากที่สุดพร้อมกัน และเป็นศูนย์พร้อมกัน กล่าวคือมีเฟสตรงกัน ดังรูป 15.58



รูป 15.58 กราฟความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าของตัวต้านทานกับเวลา

จากที่ศึกษามาข้างต้น กระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ของไฟฟ้ากระแสสลับมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา แต่ในชีวิตประจำวันค่าต่าง ๆ เหล่านี้ ถูกวัดหรือระบุเป็นค่าคงตัว เช่น ความต่างศักย์ที่ใช้ตามบ้านเรือนมีค่า 230 โวลต์ การวัดหรือระบุค่าเช่นนี้เป็นการเทียบค่ากับไฟฟ้ากระแสตรง ซึ่งเรียกว่า **ค่ายังผล (effective value)** หรือเป็นค่าที่ได้จากการวัดเรียกว่า **ค่ามิเตอร์ (meter value)** ค่านี้จะเป็นค่าเฉลี่ยแบบรากที่สองของกำลังสองเฉลี่ย (root mean square) หรือ ค่าอาร์เอ็มเอส (rms value) จะได้ศึกษาดังนี้

ค่าอาร์เอ็มเอสของกระแสไฟฟ้า I_{rms} คำนวณได้จาก

$$I_{rms} = \sqrt{\bar{i^2}}$$

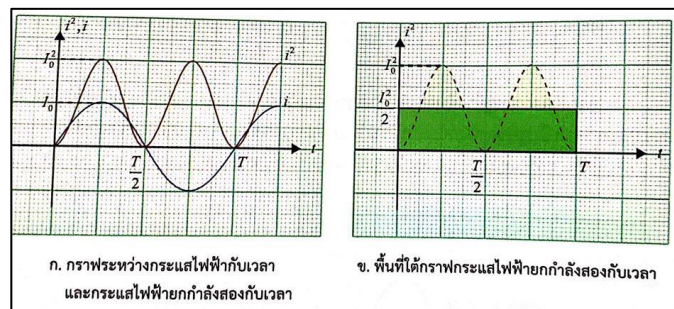
พิจารณากระแสไฟฟ้าของไฟฟ้ากระแสสลับที่ผ่านตัวต้านทาน ตามสมการ

$$i = I_0 \sin(\omega t)$$

ยกกำลังสองจะได้

$$i^2 = (I_0 \sin(\omega t))^2$$

เมื่อเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับเวลา และกระแสไฟฟ้ายกกำลังสองกับเวลา จะได้กราฟดังรูป 15.59 ก.



รูป 15.59 การหาค่าเฉลี่ยกระแสไฟฟ้ายกกำลังสองจากพื้นที่ใต้กราฟ

จากรูป 15.59 ข. หาค่าเฉลี่ยกระแสไฟฟ้ายกกำลังสองจากพื้นที่ใต้กราฟกระแสไฟฟ้ายกกำลังสองกับเวลาในช่วงเวลาหนึ่งคาบ จะได้

$$\bar{i^2} = \frac{I_0^2}{2}$$

$$\sqrt{\bar{i^2}} = \frac{I_0}{\sqrt{2}} \text{ หรือ } I_{rms} = \frac{I_0}{\sqrt{2}}$$

ในทำนองเดียวกัน ความต่างศักย์ของไฟฟ้ากระแสสลับ สามารถหาความต่างศักย์อาร์เอ็มเอส (V_{rms}) มีความสัมพันธ์ในลักษณะเช่นเดียวกับกระแสไฟฟ้า เขียนได้เป็น

$$V_{rms} = \frac{V_0}{\sqrt{2}}$$

5.2 กระบวนการ

- 1) ความสามารถในการสื่อสาร (อ่าน ฟัง พูด เขียน)
- 2) ความสามารถในการคิด (สังเกต วิเคราะห์ จัดกลุ่ม สรุป)
- 3) ความสามารถในการแก้ปัญหา (แสวงหาความรู้)
- 4) ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต (ความรับผิดชอบ)
- 5) ความสามารถในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ (การใช้สืบค้นผ่านคอมพิวเตอร์)

5.3 คุณลักษณะและค่านิยม

ใฝ่เรียนรู้และมุ่งมั่นในการทำงาน

6. บูรณาการ

7. กิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ

1.1 ครูนำเข้าสู่บทเรียน โดยตั้งคำถามให้นักเรียนตอบ

1) เมื่อต่อไฟฟ้ากระแสสลับกับอุปกรณ์ไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าที่ผ่านอุปกรณ์ไฟฟ้าจะมีค่าคงตัวหรือไม่อย่างไร

(ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นอย่างอิสระ โดยไม่คาดหวังคำตอบที่ถูกต้อง)

1.2 ครูตั้งคำถามเพื่อนำเข้าสู่การทำกิจกรรม เรื่อง ค่ายังผลของความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าของไฟฟ้าของไฟฟ้ากระแสสลับ ดังนี้

1) ความต่างศักย์ไฟฟ้ากระแสสลับที่ใช้ตามบ้านเรือนในประเทศไทยมีค่าเป็นเท่าไร

2) การระบุความต่างศักย์ที่ใช้ตามบ้านเรือนในประเทศไทยเป็นค่าคงตัวทำได้อย่างไร

(ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นอย่างอิสระ โดยไม่คาดหวังคำตอบที่ถูกต้อง)

ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา

2.1 ครูนำนักเรียนทุกคนศึกษาเนื้อหา เรื่อง ค่ายังผลของความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าของไฟฟ้าของไฟฟ้ากระแสสลับ ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน หน้า 86-88

2.2 นักเรียนทุกคนศึกษาและทำใบงาน เรื่อง ค่ายังผลของความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าของไฟฟ้าของไฟฟ้ากระแสสลับ

2.3 ครูนำนักเรียนศึกษาตัวอย่าง 15.11 ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน 89

2.4 นักเรียนทำแบบฝึกหัด 15.5 ข้อ 1-2 ลงในสมุด

ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป

3.1 ครูสุ่มนักเรียนจำนวน 4 คน ในการเฉลยแบบฝึกหัด 15.5 ข้อ 1-2 หน้าชั้นเรียน ดังนี้

1) คนที่ 1 เฉลย ข้อ 1 ก.

2) คนที่ 2 เฉลย ข้อ 1 ข.

3) คนที่ 3 เฉลย ข้อ 1 ค.

4) คนที่ 4 เฉลย ข้อ 2

3.2 ครุณำนักเรียนอภิปรายเพื่อนำไปสู่การสรุป โดยใช้คำถามต่อไปนี้

1) จากกราฟความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าของตัวต้านทานกับเวลาข้างต้น อยากทราบว่าความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าของไฟฟ้ากระแสสลับเปลี่ยนแปลงอย่างไร (แนวการตอบ เปลี่ยนแปลงตามเวลาในรูปของฟังก์ชันแบบไซน์โดยความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าของไฟฟ้ากระแสสลับที่ตัวต้านทานมีค่ามากที่สุดพร้อมกัน และเป็นศูนย์พร้อมกัน กล่าวคือมีเฟสตรงกัน)

2) กระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ของไฟฟ้ากระแสสลับมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา แต่ในชีวิตประจำวันค่าต่าง ๆ เหล่านี้ ถูกวัดหรือระบุเป็นค่าคงตัว เช่น ความต่างศักย์ที่ใช้ตามบ้านเรือนมีค่า 230 โวลต์ การวัดหรือระบุค่าเช่นนี้เป็นการเทียบค่ากับไฟฟ้ากระแสตรง เราเรียกค่านี้ว่าอะไร (แนวการตอบ ค่ายังผล (effective value) หรือเป็นค่าที่ได้จากการวัดเรียกว่า ค่ามิเตอร์ (meter value))

3) ค่าเฉลี่ยแบบรากที่สองของกำลังสองเฉลี่ย (root mean square) หรือเรียกอีกชื่อว่าค่าอะไร (แนวการตอบ ค่าอาร์เอ็มเอส (rms value))

4) สมการในการหากระแสไฟฟ้าอาร์เอ็มเอส (แนวการตอบ $I_{rms} = \frac{I_0}{\sqrt{2}}$)

5) สมการในการหาความต่างศักย์อาร์เอ็มเอส (แนวการตอบ $V_{rms} = \frac{V_0}{\sqrt{2}}$)

3.3 นักเรียนและครุร่วมกันสรุปเนื้อหา เรื่อง ค่ายังผลของความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าของไฟฟ้าของไฟฟ้ากระแสสลับ

ขั้นที่ 4 ขันขยายความรู้

4.1 ครุให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับ ค่ายังผลของปริมาณที่เกี่ยวข้องกับไฟฟ้ากระแสสลับ

4.2 ครุให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับ อีเอ็มเอฟหรือความต่างศักย์ตามบ้านเรือนของประเทศไทย ดังนี้

วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ ได้ระบุไว้ในหนังสือ “มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พ.ศ. 2556” ซึ่งสรุปได้ว่า อีเอ็มเอฟของระบบไฟฟ้า อีเอ็มเอฟต่ำชนิด 3 เฟส 4 สาย จากเดิมระบุไว้เป็น 220/380 โวลต์ และ 240/415 โวลต์ ให้ปรับเป็นค่าเดียวคือ 230/400 โวลต์

ขั้นที่ 5 ขันประเมินผล

5.1 ครุตรวจใบงาน เรื่อง ค่ายังผลของความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าของไฟฟ้าของไฟฟ้ากระแสสลับ

5.2 ครุตรวจสมุดนักเรียนในการทำแบบฝึกหัด 15.5 ข้อ 1-2

ประยุกต์และตอบแทนสังคม

ครุให้นักเรียนแต่ละคนนำความรู้ที่เรียนไปค้นคว้าเพิ่มเติมที่ห้องสมุด หรือเว็บไซต์ แล้วนำเสนอในชั้นเรียน

8. สื่อการเรียนรู้/แหล่งเรียนรู้

8.1 หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฟิสิกส์) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เล่ม 5 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560)

8.2 ใบงาน เรื่อง ค่ายังผลของความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าของไฟฟ้าของไฟฟ้ากระแสสลับ

8.3 ใบความรู้ เรื่อง ค่ายังผลของความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าของไฟฟ้าของไฟฟ้ากระแสสลับ

8.4 อินเทอร์เน็ต

8.5 ห้องสมุด

9. การวัดและประเมินผล

จุดประสงค์การเรียนรู้	วิธีการวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
ด้านความรู้ (K)			
1) นักเรียนอธิบายฟลักซ์แม่เหล็กในบริเวณที่กำหนดได้	1) ตรวจใบงาน เรื่อง ค่ายังผลของความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าของไฟฟ้าของไฟฟ้ากระแสสลับ	1) แบบประเมินการทำกิจกรรม 2) ใบงาน เรื่อง ค่ายังผลของความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าของไฟฟ้าของไฟฟ้ากระแสสลับ	1) นักเรียนสามารถตอบคำถามได้ระดับดีผ่านเกณฑ์
ด้านกระบวนการ (P)			
1) นักเรียนสามารถคำนวณฟลักซ์แม่เหล็กในบริเวณที่กำหนด รวมทั้งปริมาณที่เกี่ยวข้องได้	1) ตรวจสอบสมุดนักเรียนในการทำแบบฝึกหัด 15.5 ข้อ 1-2	1) แบบประเมินการทำกิจกรรม 2) แบบฝึกหัด 15.5 ข้อ 1-2	1) นักเรียนทำแบบฝึกหัดได้ระดับดีผ่านเกณฑ์
ด้านคุณลักษณะ (A)			
1) ใฝ่เรียนรู้และมุ่งมั่นในการทำงาน	1) ตรวจใบงาน เรื่อง ค่ายังผลของความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าของไฟฟ้าของไฟฟ้ากระแสสลับ 2) 1) ตรวจสอบสมุดนักเรียนในการทำแบบฝึกหัด 15.5 ข้อ 1-2	1) แบบประเมินการทำกิจกรรม 2) ใบงาน เรื่อง ค่ายังผลของความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าของไฟฟ้าของไฟฟ้ากระแสสลับ 3) แบบฝึกหัด 15.5 ข้อ 1-2	1) นักเรียนทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายได้ระดับดีผ่านเกณฑ์

10. เกณฑ์การประเมินผลงานนักเรียน

เกณฑ์การประเมินแบบ Rubrics ของการทำกิจกรรม เรื่อง ค่ายังผลของความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าของไฟฟ้าของไฟฟ้ากระแสสลับ

ประเด็นการประเมิน	ค่าน้ำหนักคะแนน	แนวทางการให้คะแนน
ด้านความรู้ (K)	3	สามารถตอบคำถามได้ถูกต้องครบถ้วน จำนวน 5 ข้อ
	2	สามารถตอบคำถามได้ถูกต้องครบถ้วน จำนวน 3-4 ข้อ
	1	สามารถตอบคำถามได้ถูกต้องครบถ้วน จำนวน 1-2 ข้อ หรือไม่มีข้อใดถูกต้อง
ด้านกระบวนการ (P)	3	ทำแบบฝึกหัดได้ถูกต้องครบถ้วน จำนวน 2 ข้อ
	2	ทำแบบฝึกหัดได้ถูกต้องครบถ้วน จำนวน 1 ข้อ
	1	ทำแบบฝึกหัดไม่ถูกต้องทั้ง 2 ข้อ
ด้านคุณลักษณะ (A)	3	ทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายเสร็จภายในเวลาที่กำหนด และเรียบร้อยถูกต้องครบถ้วน
	2	ทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายเสร็จภายในเวลาที่กำหนด แต่งานยังผิดพลาดบางส่วน
	1	ทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายเสร็จ แต่ล่าช้า และเกิดข้อผิดพลาดบางส่วน

ระดับคะแนน

คะแนน	3	หมายถึง	ระดับดีมาก
คะแนน	2	หมายถึง	ระดับดี
คะแนน	1	หมายถึง	ระดับพอใช้

การประเมินการทำกิจกรรม เรื่อง ค่ายังผลของความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าของไฟฟ้าของไฟฟ้ากระแสสลับ

ที่	ชื่อ - นามสกุล	จุดประสงค์การเรียนรู้			รวม คะแนน	ระดับ คุณภาพ
		ด้านความรู้ (K)	ด้าน กระบวนการ (P)	ด้าน คุณลักษณะ (A)		
		3	3	3	9	
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28						

ที่	ชื่อ - นามสกุล	จุดประสงค์การเรียนรู้			รวม คะแนน	ระดับ คุณภาพ
		ด้านความรู้ (K)	ด้าน กระบวนการ (P)	ด้าน คุณลักษณะ (A)		
		3	3	3		
29						
30						
31						
32						
33						
34						
35						
36						
37						
38						
39						
40						

ระดับคุณภาพ

คะแนน	9	หมายถึง	ระดับดีมาก
คะแนน	7-8	หมายถึง	ระดับดี
คะแนน	5-6	หมายถึง	ระดับปานกลาง
คะแนน	3-4	หมายถึง	ระดับปรับปรุง

บันทึกหลังการสอน

หน่วยการเรียนรู้ที่ 15 เรื่อง แม่เหล็กและไฟฟ้า

แผนการสอนที่ 12 เรื่อง ค่ายังผลของความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าของไฟฟ้าของไฟฟ้ากระแสสลับ

วันที่ เดือน พ.ศ.

ผลการจัดการเรียนรู้

ปัญหา / อุปสรรค

ข้อเสนอแนะ/แนวทางแก้ปัญหา

ลงชื่อ.....ครูผู้สอน

(นางพิกุล นามปัดสา)

ลงชื่อ.....หัวหน้ากลุ่มสาระ

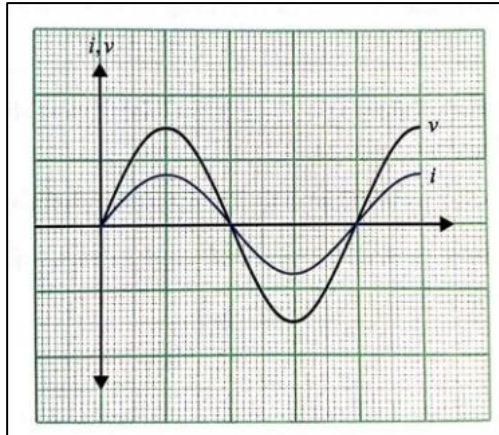
(นางธนพร สนามพล)

ชื่อ _____ ชั้น _____ เลขที่ _____

ใบงาน

เรื่อง ค่ายังผลของความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าของไฟฟ้าของไฟฟ้ากระแสสลับ

คำชี้แจง จงตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้องครบถ้วน



กราฟความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าของตัวต้านทานกับเวลา

- 1) จากกราฟความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าของตัวต้านทานกับเวลาข้างต้น อยากทราบว่าความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าของไฟฟ้ากระแสสลับเปลี่ยนแปลงอย่างไร

ตอบ _____

- 2) กระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ของไฟฟ้ากระแสสลับมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา แต่ในชีวิตประจำวันค่าต่าง ๆ เหล่านี้ ถูกวัดหรือระบุเป็นค่าคงตัว เช่น ความต่างศักย์ที่ใช้ตามบ้านเรือนมีค่า 230 โวลต์ การวัดหรือระบุค่าเช่นนี้เป็นการเทียบค่ากับไฟฟ้ากระแสตรง เราเรียกค่านี้ว่าอะไร

ตอบ _____

- 3) ค่าเฉลี่ยแบบรากที่สองของกำลังสองเฉลี่ย (root mean square) หรือเรียกอีกชื่อว่าค่าอะไร

ตอบ _____

- 4) สมการในการหากระแสไฟฟ้าอาร์เอ็มเอส

ตอบ _____

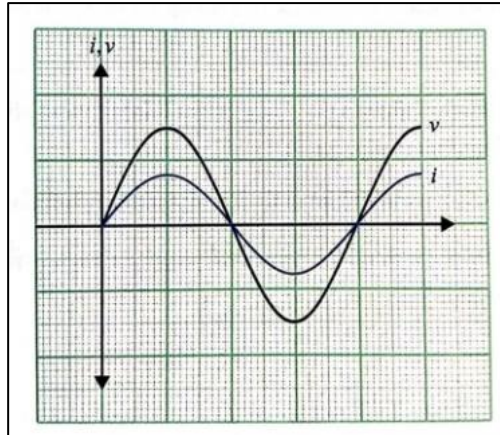
- 5) สมการในการหาความต่างศักย์อาร์เอ็มเอส

ตอบ _____

เฉลยใบงาน

เรื่อง ค่ายังผลของความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าของไฟฟ้าของไฟฟ้ากระแสสลับ

คำชี้แจง จงตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้องครบถ้วน



กราฟความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าของตัวต้านทานกับเวลา

- 1) จากกราฟความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าของตัวต้านทานกับเวลาข้างต้น อยากทราบว่าความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าของไฟฟ้ากระแสสลับเปลี่ยนแปลงอย่างไร

ตอบ เปลี่ยนแปลงตามเวลาในรูปของฟังก์ชันแบบไซน์โดยความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าของไฟฟ้ากระแสสลับที่ตัวต้านทานมีค่ามากที่สุดพร้อมกัน และเป็นศูนย์พร้อมกัน กล่าวคือมีเฟสตรงกัน

- 2) กระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ของไฟฟ้ากระแสสลับมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา แต่ในชีวิตประจำวันค่าต่าง ๆ เหล่านี้ ถูกวัดหรือระบุเป็นค่าคงตัว เช่น ความต่างศักย์ที่ใช้ตามบ้านเรือนมีค่า 230 โวลต์ การวัดหรือระบุค่าเช่นนี้เป็นการเทียบค่ากับไฟฟ้ากระแสตรง เราเรียกค่านี้ว่าอะไร

ตอบ ค่ายังผล (effective value) หรือเป็นค่าที่ได้จากการวัดเรียกว่า ค่ามิเตอร์ (meter value)

- 3) ค่าเฉลี่ยแบบรากที่สองของกำลังสองเฉลี่ย (root mean square) หรือเรียกอีกชื่อว่าค่าอะไร

ตอบ ค่าอาร์เอ็มเอส (rms value)

- 4) สมการในการหากระแสไฟฟ้าอาร์เอ็มเอส

ตอบ $I_{rms} = \frac{I_0}{\sqrt{2}}$

- 5) สมการในการหาความต่างศักย์อาร์เอ็มเอส

ตอบ $V_{rms} = \frac{V_0}{\sqrt{2}}$

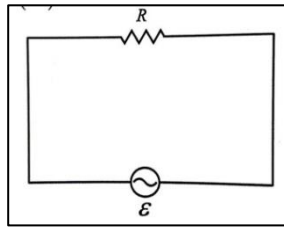
ใบความรู้

เรื่อง ค่ายังผลของความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าของไฟฟ้ากระแสสลับ

➤ ค่าอาร์เอ็มเอสของความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าของไฟฟ้ากระแสสลับ

จากการพิจารณาการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับทำให้ทราบว่าอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำจากแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับเปลี่ยนแปลงกับเวลาตามสมการ $\varepsilon(t) = \varepsilon_0 \sin(\omega t)$

หากนำตัวต้านทาน R มาต่อกับแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับเป็นวงจร ดังรูป 15.57 ความต่างศักย์ระหว่างปลายตัวต้านทาน จะมีค่าเปลี่ยนแปลงกับเวลาเช่นเดียวกับอีเอ็มเอฟ ε สามารถเขียนความต่างศักย์ v และความต่างศักย์สูงสุด V_0 ระหว่างปลายตัวต้านทาน ได้ดังนี้



รูป 15.57 วงจรตัวต้านทานต่อกับแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

$$\begin{aligned} v &= \varepsilon \\ \text{จะได้} \quad v &= \varepsilon_0 \sin(\omega t) \\ v &= V_0 \sin(\omega t) \\ \text{โดย} \quad v &= \varepsilon_0 \end{aligned}$$

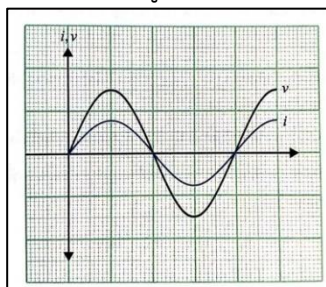
จากกฎของโอห์มสามารถเขียนให้อยู่ในรูปกระแสไฟฟ้า i ดังนี้

$$i = \frac{v}{R} = \frac{V_0 \sin(\omega t)}{R} = \frac{V_0}{R} \sin(\omega t)$$

$$\text{เมื่อกระแสไฟฟ้าสูงสุด } I_0 \text{ หาได้จาก } I_0 = \frac{V_0}{R}$$

$$\text{จะได้} \quad i = I_0 \sin(\omega t)$$

จากที่พิจารณาข้างต้นจะเห็นว่าความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าของไฟฟ้ากระแสสลับเปลี่ยนแปลงตามเวลาในรูปของฟังก์ชันแบบไซน์โดยความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าของไฟฟ้ากระแสสลับที่ตัวต้านทานมีค่ามากที่สุดพร้อมกัน และเป็นศูนย์พร้อมกัน กล่าวคือมีเฟสตรงกัน ดังรูป 15.58



รูป 15.58 กราฟความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าของตัวต้านทานกับเวลา

จากที่ศึกษามาข้างต้น กระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ของไฟฟ้ากระแสสลับมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา แต่ในชีวิตประจำวันค่าต่าง ๆ เหล่านี้ ถูกวัดหรือระบุเป็นค่าคงตัว เช่น ความต่างศักย์ที่ใช้ตามบ้านเรือนมีค่า 230 โวลต์ การวัดหรือระบุค่าเช่นนี้เป็นการเทียบค่ากับไฟฟ้ากระแสตรง ซึ่งเรียกว่า **ค่ายังผล (effective value)** หรือเป็นค่าที่ได้จากการวัดเรียกว่า **ค่ามิเตอร์ (meter value)** ค่านี้จะเป็นค่าเฉลี่ยแบบรากที่สองของกำลังสองเฉลี่ย (root mean square) หรือ **ค่าอาร์เอ็มเอส (rms value)** จะได้ศึกษาดังนี้

ค่าอาร์เอ็มเอสของกระแสไฟฟ้า I_{rms} คำนวณได้จาก

$$I_{rms} = \sqrt{i^2}$$

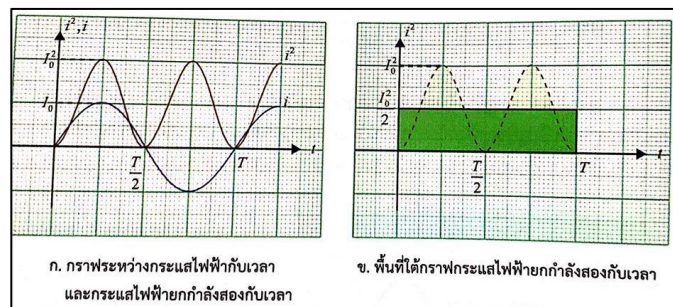
พิจารณากระแสไฟฟ้าของไฟฟ้ากระแสสลับที่ผ่านตัวต้านทาน ตามสมการ

$$i = I_0 \sin(\omega t)$$

ยกกำลังสองจะได้

$$i^2 = (I_0 \sin(\omega t))^2$$

เมื่อเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับเวลา และกระแสไฟฟ้ายกกำลังสองกับเวลา จะได้กราฟดังรูป 15.59 ก.



รูป 15.59 การหาค่าเฉลี่ยกระแสไฟฟ้ายกกำลังสองจากพื้นที่ใต้กราฟ

จากรูป 15.59 ข. หาค่าเฉลี่ยกระแสไฟฟ้ายกกำลังสองจากพื้นที่ใต้กราฟกระแสไฟฟ้ายกกำลังสองกับเวลา ในช่วงเวลาหนึ่งคาบ จะได้

$$\bar{i^2} = \frac{I_0^2}{2}$$

$$\sqrt{\bar{i^2}} = \frac{I_0}{\sqrt{2}} \text{ หรือ } I_{rms} = \frac{I_0}{\sqrt{2}}$$

ในทำนองเดียวกัน ความต่างศักย์ของไฟฟ้ากระแสสลับ สามารถหาความต่างศักย์อาร์เอ็มเอส (V_{rms}) มีความสัมพันธ์ในลักษณะเช่นเดียวกับกระแสไฟฟ้า เขียนได้เป็น

$$V_{rms} = \frac{V_0}{\sqrt{2}}$$

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 13

เรื่อง การผลิตไฟฟ้ากระแสสลับ

รายวิชา ฟิสิกส์ 5

รหัสวิชา ว30204

เวลา 2 ชั่วโมง

หน่วยการเรียนรู้ที่ 15

ชื่อหน่วยการเรียนรู้ แม่เหล็กและไฟฟ้า

รวม 28 ชั่วโมง

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 1

หัวหน้ากลุ่มสาระ นางธนพร สนามพล

ครูผู้สอน นางพิกุล นามปัดสา

บูรณาการ

- | | | | |
|---|--------------------------------------|---|------------------------------|
| ☐ ปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง | ☐ อาเซียน | ☐ STEM | ☐ PLC |
| ☐ สวนพฤษภาคมโรงเรียน | ☐ มาตรฐานสากล | ☐ ชำนาญกลุ่มสาระ | |

1. สาระฟิสิกส์

3. เข้าใจแรงไฟฟ้าและกฎของคูลอมบ์ สนามไฟฟ้า ศักย์ไฟฟ้า ความจุไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และกฎของโอห์ม วงจรไฟฟ้ากระแสตรง พลังงาน ไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้า การเปลี่ยนพลังงานทดแทนเป็นพลังงานไฟฟ้า สนามแม่เหล็ก แรงแม่เหล็กที่กระทำกับประจุไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้า การเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้าและกฎของฟาราเดย์ ไฟฟ้ากระแสสลับ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและการสื่อสาร รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

2. ผลการเรียนรู้

6. อธิบายหลักการทำงานและประโยชน์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส การแปลงอีเอ็มเอฟของ หม้อแปลง และคำนวณปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

3.1 ด้านความรู้ (K)

1) นักเรียนอธิบายหลักการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส และการส่งไฟฟ้ากระแสสลับไปตามบ้านเรือนได้

3.2 ด้านกระบวนการ (P)

1) นักเรียนคำนวณหาค่าพลังงานที่สูญเสียไปในสายไฟฟ้า เมื่อส่งด้วยความต่างศักย์ได้

3.3 ด้านคุณลักษณะ (A)

1) ใฝ่เรียนรู้และมุ่งมั่นในการทำงาน

4. สาระสำคัญ

เครื่องกำเนิดไฟฟ้า 3 เฟส ประกอบด้วยขดลวด 3 ชุด แต่ละชุดวางทำมุม 120 องศา ซึ่งกันและกัน เมื่อหมุนแท่งแม่เหล็กจะเกิดอีเอ็มเอฟไฟฟ้ากระแสสลับจากขดลวดแต่ละชุด มีเฟสต่างกัน 120 องศา ทำให้ผลิตพลังงานไฟฟ้าได้มากกว่าเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 1 เฟส เมื่อใช้พลังงานในการผลิตเท่ากัน และการส่งกำลังไฟฟ้าจะถูกแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ทำให้ใช้จำนวนสายไฟฟ้าน้อยลงเมื่อเทียบกับการส่งไฟฟ้า 1 เฟส 3 ชุด ทำให้การผลิตและการส่งไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส มีประสิทธิภาพมากกว่าไฟฟ้า 1 เฟส

การส่งไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้าไปยังผู้ใช้นั้น จะเกิดการสูญเสียกำลังไฟฟ้าในสายไฟฟ้า เพื่อลดการสูญเสียดังกล่าว จึงต้องลดกระแสไฟฟ้าที่ส่ง โดยการเพิ่มความต่างศักย์หรืออีเอ็มเอฟให้สูงขึ้นก่อนทำการส่งไฟฟ้า แล้วจึงลดความต่างศักย์ให้ต่ำลงจนเหมาะกับการใช้งานโดยใช้หม้อแปลง

5. การเรียนรู้

5.1 ความรู้

การผลิตและการส่งไฟฟ้ากระแสสลับ

การทำให้เกิดไฟฟ้ากระแสสลับ โดยการหมุนขดลวดเพื่อทำให้ฟลักซ์แม่เหล็กที่ตัดผ่านขดลวดมีการเปลี่ยนแปลง

การผลิตไฟฟ้ากระแสสลับ

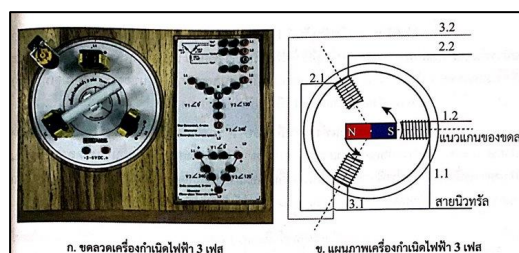
การผลิตไฟฟ้ากระแสสลับโดยเครื่องกำเนิดไฟฟ้านั้นเป็นการเปลี่ยนพลังงานกลเป็นพลังงานไฟฟ้า ด้วยการทำให้ฟลักซ์แม่เหล็กที่ตัดผ่านขดลวดมีการเปลี่ยนแปลง เพื่อทำให้เกิดไฟฟ้ากระแสสลับสามารถทำได้ทั้งการหมุนขดลวดตัดผ่านฟลักซ์แม่เหล็ก และการหมุนแท่งแม่เหล็กเพื่อทำให้ฟลักซ์แม่เหล็กตัดผ่านขดลวด เช่น เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับของรถจักรยานบางรุ่น ดังรูป 15.60 ก. โดยมีส่วนประกอบดังรูป 15.60 ข.



รูป 15.60 ตัวอย่างเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

การผลิตไฟฟ้ากระแสสลับด้วยเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่มีขดลวด 1 ชุด ไฟฟ้ากระแสสลับที่ผลิตได้จะถูกส่งจากเครื่องกำเนิดด้วยสายส่ง 2 เส้น เรียกระบบไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส แต่โรงไฟฟ้าจะใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่มีขดลวด 3 ชุด ในการหมุนแม่เหล็กแต่ละรอบทำให้สามารถผลิตไฟฟ้ากระแสสลับออกมาทั้ง 3 ชุด เรียกว่าระบบไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับที่ใช้งานตามโรงไฟฟ้าจะเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 3 เฟส มีขดลวดตัวนำอยู่ 3 ชุด โดยแนวแกนของขดลวดแต่ละชุดทำมุม 120 องศา ซึ่งกันและกันในลักษณะ ดังรูป 15.61 ก.

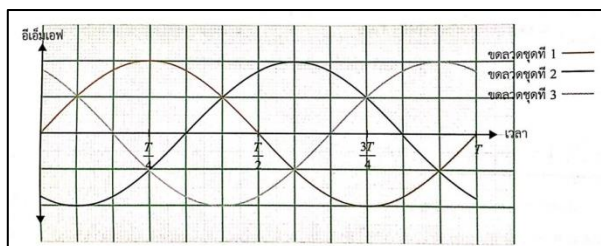


รูป 15.61 แบบจำลองเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 3 เฟส

จากรูป 15.61 ข. สายไฟฟ้าเส้นที่ 1.1 2.1 และ 3.1 ของแต่ละชุด จะต่อรวมกัน เรียกว่า สายนิวทรัล (neutral line) และต่อลงดินที่โรงไฟฟ้า เรียกว่า สายดิน ส่วนสายไฟฟ้าเส้นที่ 1.2 2.2 และ 3.2

ของแต่ละชุด จะมีอีเอ็มเอฟไฟฟ้ากระแสสลับเปลี่ยนแปลงตามการหมุนของแม่เหล็กเมื่อเทียบกับสายนิวทรัล จึงมีสายไฟฟ้าที่ต่อออกจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส จำนวน 4 เส้น

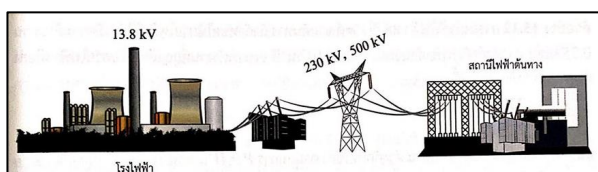
เมื่อพิจารณาการหมุนแท่งแม่เหล็กครบ 1 รอบ สนามแม่เหล็กจะเหนี่ยวนำให้เกิดไฟฟ้ากระแสสลับออกมาจากขดลวดทั้งสามชุด แต่เนื่องจากขดลวดทั้งสามมีแนวแกนของขดลวดทำมุมกัน 120 องศา ดังนั้นอีเอ็มเอฟไฟฟ้ากระแสสลับที่เกิดขึ้นในขดลวดแต่ละชุด จะมีค่าสูงสุดไม่พร้อมกัน สามารถเขียนกราฟระหว่างอีเอ็มเอฟกับเวลาของขดลวดแต่ละชุดได้ ดังรูป 15.62



รูป 15.62 กราฟอีเอ็มเอฟจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 3 เฟสกับเวลา

จากกราฟ อธิบายได้ว่าไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 3 เฟส จะมีเฟสของอีเอ็มเอฟไฟฟ้ากระแสสลับจากขดลวดแต่ละชุดต่างกัน 120 องศา

ในการผลิตไฟฟ้ากระแสสลับจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 3 เฟส ประกอบด้วยสายไฟฟ้า 4 เส้น แต่ในการส่งไฟฟ้าจากโรงผลิตไปยังสถานีไฟฟ้าย่อย สายนิวทรัลจะถูกต่อลงดินที่โรงผลิต ทำให้เหลือสายไฟฟ้าที่ใช้ในการส่งไฟฟ้า 3 เฟส จำนวน 3 เส้น ดังรูป 15.63



รูป 15.63 โรงไฟฟ้าถึงสถานีไฟฟ้าต้นทาง

ข้อดีของการผลิตและการส่งไฟฟ้า 3 เฟส คือ การผลิตไฟฟ้าด้วยเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 3 เฟส ให้พลังงานไฟฟ้ามากกว่าเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 1 เฟส เมื่อใช้พลังงานในการผลิตเท่ากัน และการส่งกำลังไฟฟ้าจะถูกแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ทำให้ใช้จำนวนสายไฟฟ้าน้อยลงเมื่อเทียบกับการส่งไฟฟ้า 1 เฟส 3 ชุด และการส่งไฟฟ้า 3 เฟส ทำให้กระแสรวมน้อยกว่าการส่งไฟฟ้า 1 เฟส เมื่อส่งด้วยพลังงานที่เท่ากัน จึงลดขนาดสายไฟฟ้าและเสาที่ใช้ส่งได้ ซึ่งช่วยให้มีประสิทธิภาพในการผลิตและการส่งพลังงานไฟฟ้า นอกจากนี้หากเฟสใดเฟสหนึ่งเกิดปัญหายังสามารถใช้ไฟฟ้าเฟสอื่นได้ตามปกติ ซึ่งถ้าเป็นการส่งกำลังไฟฟ้าเพียงเฟสเดียวเมื่อไฟฟ้าขัดข้องจะไม่สามารถใช้ไฟฟ้าได้เลย

การสูญเสียกำลังไฟฟ้าในสายไฟฟ้า

เนื่องจากสายไฟฟ้ามีความต้านทาน R ดังนั้น กระแสไฟฟ้า I ที่ผ่านสายไฟฟ้าจะทำให้เกิด การสูญเสียกำลังไฟฟ้า P_{loss} ที่ความต้านทานในสายไฟฟ้าในรูปความร้อน ตามสมการ

$$P_{loss} = I^2 R$$

จะเห็นได้ว่าการสูญเสียกำลังไฟฟ้ากับความต้านทานในสายไฟฟ้าขึ้นกับกระแสไฟฟ้าที่ผ่านสายไฟฟ้า ดังนั้นถ้าต้องการให้สูญเสียกำลังไฟฟ้าในสายไฟฟ้าน้อย จะต้องให้กระแสไฟฟ้าที่ผ่านสายไฟฟ้ามีค่าน้อย ๆ

ขณะเดียวกันการส่งกำลังไฟฟ้าผ่านสายไฟฟ้า ขึ้นอยู่กับกระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ใช้ส่ง ตามสมการ

$$P = IV$$

การส่งกำลังไฟฟ้าปริมาณมากจากโรงไฟฟ้าผ่านสายไฟฟ้าเป็นระยะทางไกลให้มีการสูญเสียกำลังไฟฟ้าในสายไฟฟ้าน้อย จะต้องส่งกำลังไฟฟ้าด้วยกระแสไฟฟ้าน้อย จึงต้องใช้ความต่างศักย์สูง

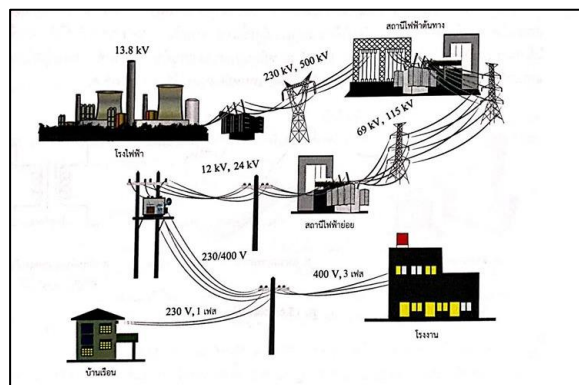
การส่งไฟฟ้ากระแสสลับที่มีกำลังไฟฟ้ามาก ไประยะทางไกล ๆ ต้องส่งไฟฟ้าด้วยความต่างศักย์สูง เพื่อให้กระแสไฟฟ้าต่ำ ทำให้มีการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าไปกับความต้านทานของสายไฟฟ้าน้อย และสามารถใช้สายส่งไฟฟ้าที่มีขนาดเล็กลง

ถ้าความต่างศักย์สูงมากเกินไป สนามไฟฟ้าระหว่างสายจะทำให้อากาศบริเวณระหว่างสายไฟฟ้าแตกตัวเป็นประจุไฟฟ้ามีสภาพเป็นตัวนำไฟฟ้า ส่งผลให้เกิดไฟฟ้าลัดวงจรระหว่างสายส่งไฟฟ้าได้ ซึ่งเป็นสาเหตุของการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าอีกแบบหนึ่ง นอกจากนี้เมื่อฝนตกก็อาจมีอันตรายเนื่องจากไฟฟ้ารั่วลงมาจากเสาไฟฟ้าที่เป็นโลหะได้ ดังนั้นความต่างศักย์ที่จะใช้ส่งกระแสไฟฟ้าจากโรงผลิตไฟฟ้าจึงต้องมีค่าเหมาะสม

การส่งกำลังไฟฟ้า

การส่งกำลังไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้าจนถึงผู้ใช้ไฟฟ้าจะมีการปรับค่าความต่างศักย์ ทั้งการปรับค่าความต่างศักย์ไกล ๆ และปรับค่าความต่างศักย์ให้สูงขึ้นเพื่อลดการสูญเสียในการส่งกำลังไฟฟ้าไปไกล ๆ และปรับค่าความต่างศักย์ให้น้อยลงให้เหมาะสมกับการใช้งาน มีลำดับขั้นตอนการปรับค่าความต่างศักย์ ดังรูป

15.64



รูป 15.64 แผนภาพแสดงการส่งไฟฟ้าจากโรงผลิตไฟฟ้าสู่บ้านเรือน

การส่งพลังงานไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ผลิตจากโรงไฟฟ้า เพื่อให้ส่งกำลังไฟฟ้าได้ไกล และลดการสูญเสียกำลังไฟฟ้าในสายส่ง จะต้องเพิ่มความต่างศักย์ในสายส่งให้สูงขึ้น ในปัจจุบันระบบส่งพลังงานไฟฟ้าแรงสูงของการไฟฟ้าฝ่ายผลิต (กฟผ.) จะแปลงความต่างศักย์จาก 13 800 โวลต์เป็น 500 000 โวลต์ หรือ 230 000 โวลต์ หรือ 115 000 โวลต์ หรือ 69 000 โวลต์ ก่อนส่งไปยังสถานีไฟฟ้าย่อยผ่านระบบสายส่งไฟฟ้าแรงสูง โดยความต่างศักย์ความต่างศักย์ที่แปลงขึ้นอยู่กับระยะทาง และกำลังไฟฟ้าที่ต้องการส่ง

สถานีไฟฟ้าย่อยจะทำหน้าที่แปลงความต่างศักย์สูงให้มีความต่างศักย์ลดลงเหลือ 24 000 โวลต์ หรือ 12 000 โวลต์ และส่งผ่านระบบจำหน่ายไปตามพื้นที่ต่าง ๆ โดยจะแปลงค่าความต่างศักย์ให้เหลือ 400 โวลต์ 3 เฟส ก่อนถูกนำไปใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม แต่สำหรับบ้านเรือนความต่างศักย์จะถูกลดลงเหลือ 230 โวลต์ 1 เฟส

5.2 กระบวนการ

- 1) ความสามารถในการสื่อสาร (อ่าน ฟัง พูด เขียน)
- 2) ความสามารถในการคิด (สังเกต วิเคราะห์ จัดกลุ่ม สรุป)
- 3) ความสามารถในการแก้ปัญหา (แสวงหาความรู้)
- 4) ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต (ความรับผิดชอบ)
- 5) ความสามารถในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ (การใช้สืบค้นผ่านคอมพิวเตอร์)

5.3 คุณลักษณะและค่านิยม

ใฝ่เรียนรู้และมุ่งมั่นในการทำงาน

6. บูรณาการ

-

7. กิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ

1.1 ครูทบทวนบทเรียนที่ผ่านมาเกี่ยวกับการทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าในขดลวด โดยตั้งคำถามให้นักเรียนตอบ ดังนี้

- 1) มีวิธีการใดบ้างที่ทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าในขดลวดได้

แนวการตอบ ทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าในขดลวดได้เมื่อทำให้ฟลักซ์แม่เหล็กขดลวดเปลี่ยนแปลง

1.2 ครูตั้งคำถามเพื่อนำเข้าสู่การทำกิจกรรม เรื่อง การผลิตไฟฟ้ากระแสสลับ ดังนี้

1) การทำให้เกิดไฟฟ้ากระแสสลับโดยการหมุนแม่เหล็กเพื่อทำให้ฟลักซ์แม่เหล็กที่ตัดผ่านขดลวดมีการเปลี่ยนแปลงได้หรือไม่

(ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นอย่างอิสระ โดยไม่คาดหวังคำตอบที่ถูกต้อง)

ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา

2.1 ครูให้นักเรียนทุกคนศึกษาเนื้อหา เรื่อง การผลิตไฟฟ้ากระแสสลับ ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน หน้า 90-96

2.2 นักเรียนทุกคนศึกษาและทำใบงาน เรื่อง การผลิตไฟฟ้ากระแสสลับ

2.3 ครูนำนักเรียนศึกษาตัวอย่าง 15.12 ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน 94

2.4 นักเรียนทำแบบฝึกหัดเสริม จำนวน 1 ข้อ ลงในสมุด

ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป

3.1 ครูนำนักเรียนอภิปรายเพื่อนำไปสู่การสรุป โดยใช้คำถามต่อไปนี้

1) การผลิตไฟฟ้ากระแสสลับโดยเครื่องกำเนิดไฟฟ้านั้นเป็นการเปลี่ยนพลังงานกลเป็นพลังงานอะไร (แนวการตอบ เปลี่ยนพลังงานกลเป็นพลังงานไฟฟ้า)

2) การผลิตไฟฟ้ากระแสสลับโดยเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ทำได้อย่างไร (แนวการตอบ ค่าการทำให้ฟลักซ์แม่เหล็กที่ตัดผ่านขดลวดมีการเปลี่ยนแปลง เพื่อทำให้เกิดไฟฟ้ากระแสสลับสามารถทำได้ทั้งการหมุนขดลวดตัดผ่านฟลักซ์แม่เหล็ก และการหมุนแท่งแม่เหล็กเพื่อทำให้ฟลักซ์แม่เหล็กตัดผ่านขดลวด)

3) การผลิตไฟฟ้ากระแสสลับด้วยเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่มีขดลวด 1 ชุด ไฟฟ้ากระแสสลับที่ผลิตได้จะถูกส่งจากเครื่องกำเนิดด้วยสายส่ง 2 เส้น เรียกระบบไฟฟ้านี้ว่า (แนวการตอบ ระบบไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส)

4) จากข้อ 3) แต่โรงไฟฟ้าจะใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่มีขดลวด 3 ชุด ในการหมุนแม่เหล็ก แต่ละรอบทำให้สามารถผลิตไฟฟ้ากระแสสลับออกมาทั้ง 3 ชุด เรียกระบบไฟฟ้านี้ว่า (แนวการตอบ ระบบไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส)

5) เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับที่ใช้งานตามโรงไฟฟ้าจะเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากี่เฟส และมีขดลวดตัวนำอยู่ที่ชุด (แนวการตอบ 3 เฟส มีขดลวดตัวนำอยู่ 3 ชุด)

6) จากกราฟความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าของตัวต้านทานกับเวลาข้างต้น อยากทราบว่าความต่างศักย์ และกระแสไฟฟ้าของไฟฟ้ากระแสสลับเปลี่ยนแปลงอย่างไร (แนวการตอบ เปลี่ยนแปลงตามเวลาในรูปของฟังก์ชันแบบไซน์โดยความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าของไฟฟ้ากระแสสลับที่ตัวต้านทานมีค่ามากที่สุดพร้อมกัน และเป็นศูนย์พร้อมกัน กล่าวคือมีเฟสตรงกัน)

7) ในการผลิตไฟฟ้ากระแสสลับจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 3 เฟส ประกอบด้วยสายไฟฟ้ากี่เส้น (แนวการตอบ ประกอบด้วยสายไฟฟ้า 4 เส้น)

8) จงบอกข้อดีของการผลิตและการส่งไฟฟ้า 3 เฟส (แนวการตอบ การผลิตไฟฟ้าด้วยเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 3 เฟส ให้พลังงานไฟฟ้ามากกว่าเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 1 เฟส เมื่อใช้พลังงานในการผลิตเท่ากัน และการส่งกำลังไฟฟ้า)

9) ถ้าต้องการให้สูญเสียกำลังไฟฟ้าในสายไฟฟ้าน้อย จะต้องให้กระแสไฟฟ้าที่ผ่านสายไฟฟ้ามีค่าอย่างไร (แนวการตอบ ถ้าต้องการให้สูญเสียกำลังไฟฟ้าในสายไฟฟ้าน้อย จะต้องให้กระแสไฟฟ้าที่ผ่านสายไฟฟ้ามีค่าน้อย ๆ)

10) การส่งกำลังไฟฟ้าปริมาณมากจากโรงไฟฟ้าผ่านสายไฟฟ้าเป็นระยะทางไกลให้มีการสูญเสียกำลังไฟฟ้าในสายไฟฟ้าอย่างไร จะต้องส่งกำลังไฟฟ้าด้วยกระแสไฟฟ้าน้อย จึงต้องใช้ความต่างศักย์สูง (แนวการตอบ มีการสูญเสียกำลังไฟฟ้าในสายไฟฟ้าน้อย จะต้องส่งกำลังไฟฟ้าด้วยกระแสไฟฟ้าน้อย จึงต้องใช้ความต่างศักย์สูง)

3.3 นักเรียนและครูร่วมกันสรุปเนื้อหา เรื่อง การผลิตไฟฟ้ากระแสสลับ

ชั้นที่ 4 ขัณขยายความรู้

4.1 ครูให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยว ดังนี้

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.) ได้กำหนดสีของสายไฟฟ้าที่มีตัวนำเป็นทองแดงและหุ้มฉนวนพอลิไวนิลคลอไรด์ (polyvinylchloride : PVC) ในระบบไฟฟ้าแรงต่ำ (ไม่เกิน 1000 โวลต์) ของระบบไฟฟ้า 3 เฟส ดังนี้

				
สีฟ้า	สีเขียวแถบเหลือง	สีน้ำตาล	สีดำ	สีเทา
สายนิวทรัล	สายดิน	สายไฟฟ้าของ ขดลวดชุดที่ 1	สายไฟฟ้าของ ขดลวดชุดที่ 2	สายไฟฟ้าของ ขดลวดชุดที่ 3

ชั้นที่ 5 ขัณประเมินผล

5.1 ครูตรวจใบงาน เรื่อง การผลิตไฟฟ้ากระแสสลับ

5.2 ครูตรวจสอบนักเรียนในการทำแบบฝึกหัดเสริม จำนวน 1 ข้อ

ประยุกต์และตอบแทนสังคม

ครูให้นักเรียนแต่ละคนนำความรู้ที่เรียนไปค้นคว้าเพิ่มเติมที่ห้องสมุด หรือเว็บไซต์ แล้วนำเสนอในชั้นเรียน

8. สื่อการเรียนรู้/แหล่งเรียนรู้

8.1 หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฟิสิกส์) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เล่ม 5 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560)

8.2 ใบงาน เรื่อง การผลิตไฟฟ้ากระแสสลับ

8.3 ใบความรู้ เรื่อง การผลิตไฟฟ้ากระแสสลับ

8.4 แบบฝึกหัดเสริม เรื่อง ค่าพลังงานที่สูญเสียไปในสายไฟฟ้า เมื่อส่งด้วยความต่างศักย์

9. การวัดและประเมินผล

จุดประสงค์การเรียนรู้	วิธีการวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
ด้านความรู้ (K)			
1) นักเรียนอธิบายหลักการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส และการส่งไฟฟ้ากระแสสลับไปตามบ้านเรือนได้	1) ตรวจใบงาน เรื่อง การผลิตไฟฟ้ากระแสสลับ	1) แบบประเมินการทำกิจกรรม 2) ใบงาน เรื่อง การผลิตไฟฟ้ากระแสสลับ	1) นักเรียนสามารถตอบคำถามได้ระดับดีผ่านเกณฑ์
ด้านกระบวนการ (P)			
1) นักเรียนคำนวณหาค่าพลังงานที่สูญเสียไปในสายไฟฟ้า เมื่อส่งด้วยความต่างศักย์ได้	1) ตรวจสอบผู้เรียนในการทำแบบฝึกหัดเสริม	1) แบบประเมินการทำกิจกรรม 2) แบบฝึกหัดเสริม เรื่อง ค่าพลังงานที่สูญเสียไปในสายไฟฟ้า เมื่อส่งด้วยความต่างศักย์ จำนวน 1 ข้อ	1) นักเรียนทำแบบฝึกหัดได้ระดับดีผ่านเกณฑ์
ด้านคุณลักษณะ (A)			
1) ใฝ่เรียนรู้และมุ่งมั่นในการทำงาน	1) ตรวจใบงาน เรื่อง การผลิตไฟฟ้ากระแสสลับ 2) ตรวจสอบผู้เรียนในการทำแบบฝึกหัดเสริม	1) แบบประเมินการทำกิจกรรม 2) ใบงาน เรื่อง การผลิตไฟฟ้ากระแสสลับ 3) แบบฝึกหัดเสริม เรื่อง ค่าพลังงานที่สูญเสียไปในสายไฟฟ้า เมื่อส่งด้วยความต่างศักย์ จำนวน 1 ข้อ	1) นักเรียนทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายได้ระดับดีผ่านเกณฑ์

10. เกณฑ์การประเมินผลงานนักเรียน

เกณฑ์การประเมินแบบ Rubrics ของการทำกิจกรรม เรื่อง การผลิตไฟฟ้ากระแสสลับ

ประเด็นการประเมิน	ค่าน้ำหนักคะแนน	แนวทางการให้คะแนน
ด้านความรู้ (K)	3	สามารถตอบคำถามได้ถูกต้องครบถ้วน จำนวน 8-10 ข้อ
	2	สามารถตอบคำถามได้ถูกต้องครบถ้วน จำนวน 5-7 ข้อ
	1	สามารถตอบคำถามได้ถูกต้องครบถ้วน จำนวน 1-4 ข้อ หรือไม่มีข้อใดถูกต้อง
ด้านกระบวนการ (P)	3	ทำแบบฝึกหัดเสริมได้ถูกต้องครบถ้วน ทั้งข้อ ก. และ ข.
	2	ทำแบบฝึกหัดเสริมได้ถูกต้องครบถ้วน เพียงข้อ ก. หรือ ข. เท่านั้น
	1	ทำแบบฝึกหัดเสริมไม่ถูกต้องทั้ง ก. และ ข.
ด้านคุณลักษณะ (A)	3	ทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายเสร็จภายในเวลาที่กำหนด และเรียบร้อยถูกต้องครบถ้วน
	2	ทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายเสร็จภายในเวลาที่กำหนด แต่งานยังผิดพลาดบางส่วน
	1	ทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายเสร็จ แต่ล่าช้า และเกิดข้อผิดพลาดบางส่วน

ระดับคะแนน

คะแนน	3	หมายถึง	ระดับดีมาก
คะแนน	2	หมายถึง	ระดับดี
คะแนน	1	หมายถึง	ระดับพอใช้

การประเมินการทำกิจกรรม เรื่อง การผลิตไฟฟ้ากระแสสลับ

ที่	ชื่อ - นามสกุล	จุดประสงค์การเรียนรู้			รวม คะแนน	ระดับ คุณภาพ
		ด้านความรู้ (K)	ด้าน กระบวนการ (P)	ด้าน คุณลักษณะ (A)		
		3	3	3	9	
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28						

ที่	ชื่อ - นามสกุล	จุดประสงค์การเรียนรู้			รวม คะแนน	ระดับ คุณภาพ
		ด้านความรู้ (K)	ด้าน กระบวนการ (P)	ด้าน คุณลักษณะ (A)		
		3	3	3		
29						
30						
31						
32						
33						
34						
35						
36						
37						
38						
39						
40						

ระดับคุณภาพ

คะแนน	9	หมายถึง	ระดับดีมาก
คะแนน	7-8	หมายถึง	ระดับดี
คะแนน	5-6	หมายถึง	ระดับปานกลาง
คะแนน	3-4	หมายถึง	ระดับปรับปรุง

บันทึกหลังการสอน

หน่วยการเรียนรู้ที่ 15 เรื่อง แม่เหล็กและไฟฟ้า

แผนการสอนที่ 13 เรื่อง การผลิตไฟฟ้ากระแสสลับ

วันที่ เดือน พ.ศ.

ผลการจัดการเรียนรู้

ปัญหา / อุปสรรค

ข้อเสนอแนะ/แนวทางแก้ปัญหา

ลงชื่อ.....ครูผู้สอน

(นางพิกุล นามปัดสา)

ลงชื่อ.....หัวหน้ากลุ่มสาระ

(นางธนพร สนามพล)

ใบงาน เรื่อง การผลิตไฟฟ้ากระแสสลับ

คำชี้แจง จงตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้องครบถ้วน

- 1) การผลิตไฟฟ้ากระแสสลับโดยเครื่องกำเนิดไฟฟ้านั้นเป็นการเปลี่ยนพลังงานกลเป็นพลังงานอะไร

ตอบ _____

- 2) การผลิตไฟฟ้ากระแสสลับโดยเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ทำได้อย่างไร

ตอบ _____

- 3) การผลิตไฟฟ้ากระแสสลับด้วยเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่มีขดลวด 1 ชุด ไฟฟ้ากระแสสลับที่ผลิตได้จะถูกส่งจากเครื่องกำเนิดด้วยสายส่ง 2 เส้น เรียกระบบไฟฟ้านี้ว่า

ตอบ _____

- 4) จากข้อ 3) แต่โรงไฟฟ้าจะใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่มีขดลวด 3 ชุด ในการหมุนแม่เหล็กแต่ละรอบทำให้สามารถผลิตไฟฟ้ากระแสสลับออกมาทั้ง 3 ชุด เรียกระบบไฟฟ้านี้ว่า

ตอบ _____

- 5) เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับที่ใช้งานตามโรงไฟฟ้าจะเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากี่เฟส และมีขดลวดตัวนำอยู่ที่ขั้ว

ตอบ _____

- 6) จากกราฟความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าของตัวต้านทานกับเวลาข้างต้น อยากทราบว่าความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าของไฟฟ้ากระแสสลับเปลี่ยนแปลงอย่างไร

ตอบ _____

- 7) ในการผลิตไฟฟ้ากระแสสลับจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 3 เฟส ประกอบด้วยสายไฟฟ้ากี่เส้น

ตอบ _____

- 8) จงบอกข้อดีของการผลิตและการส่งไฟฟ้า 3 เฟส

ตอบ _____

- 9) ถ้าต้องการให้สูญเสียกำลังไฟฟ้าในสายไฟฟ้าน้อย จะต้องให้กระแสไฟฟ้าที่ผ่านสายไฟฟ้ามีค่าอย่างไร

ตอบ _____

- 10) การส่งกำลังไฟฟ้าปริมาณมากจากโรงไฟฟ้าผ่านสายไฟฟ้าเป็นระยะทางไกลให้มีการสูญเสียกำลังไฟฟ้าในสายไฟฟ้าอย่างไร จะต้องส่งกำลังไฟฟ้าด้วยกระแสไฟฟ้าน้อย จึงต้องใช้ความต่างศักย์สูง

ตอบ _____

ชื่อ _____ ชั้น _____ เลขที่ _____

แบบฝึกหัดเสริม เรื่อง ค่าพลังงานที่สูญเสียไปในสายไฟฟ้า เมื่อส่งด้วยความต่างศักย์

คำชี้แจง จงแสดงวิธีการหาคำตอบให้ถูกต้อง

การส่งกำลังไฟฟ้า 13.2 กิโลวัตต์ จากต้นทาง ถ้ากำหนดให้สายไฟฟ้าที่ใช้ส่งมีความต้านทาน 0.5 โอห์ม หากส่งกำลังไฟฟ้าจำนวนนี้เป็นเวลา 10 วินาที จงหาพลังงานที่สูญเสียไปในสายไฟฟ้า เมื่อส่งด้วยความต่างศักย์ต่อไปนี้

ก. 220 โวลต์

วิธีทำ

ข. 22 000 โวลต์

วิธีทำ

ตอบ

เฉลยใบงาน เรื่อง การผลิตไฟฟ้ากระแสสลับ

คำชี้แจง จงตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้องครบถ้วน

- 1) การผลิตไฟฟ้ากระแสสลับโดยเครื่องกำเนิดไฟฟ้านั้นเป็นการเปลี่ยนพลังงานกลเป็นพลังงานอะไร
ตอบ เปลี่ยนพลังงานกลเป็นพลังงานไฟฟ้า
- 2) การผลิตไฟฟ้ากระแสสลับโดยเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ทำได้อย่างไร
ตอบ การทำให้ฟลักซ์แม่เหล็กที่ตัดผ่านขดลวดมีการเปลี่ยนแปลง เพื่อทำให้เกิดไฟฟ้ากระแสสลับสามารถทำได้ทั้งการหมุนขดลวดตัดผ่านฟลักซ์แม่เหล็ก และการหมุนแท่งแม่เหล็กเพื่อทำให้ฟลักซ์แม่เหล็กตัดผ่านขดลวด
- 3) การผลิตไฟฟ้ากระแสสลับด้วยเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่มีขดลวด 1 ชุด ไฟฟ้ากระแสสลับที่ผลิตได้จะถูกส่งจากเครื่องกำเนิดด้วยสายส่ง 2 เส้น เรียกระบบไฟฟ้านี้ว่า
ตอบ ระบบไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส
- 4) จากข้อ 3) แต่โรงไฟฟ้าจะใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่มีขดลวด 3 ชุด ในการหมุนแม่เหล็กแต่ละรอบทำให้สามารถผลิตไฟฟ้ากระแสสลับออกมาทั้ง 3 ชุด เรียกระบบไฟฟ้านี้ว่า
ตอบ ระบบไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส
- 5) เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับที่ใช้งานตามโรงไฟฟ้าจะเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากี่เฟส และมีขดลวดตัวนำอยู่ที่ชุด
ตอบ 3 เฟส มีขดลวดตัวนำอยู่ 3 ชุด
- 6) จากกราฟความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าของตัวต้านทานกับเวลาข้างต้น อยากทราบว่าความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าของไฟฟ้ากระแสสลับเปลี่ยนแปลงอย่างไร
ตอบ เปลี่ยนแปลงตามเวลาในรูปของฟังก์ชันแบบไซน์โดยความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าของไฟฟ้ากระแสสลับที่ตัวต้านทานมีค่ามากที่สุดพร้อมกัน และเป็นศูนย์พร้อมกัน กล่าวคือมีเฟสตรงกัน
- 7) ในการผลิตไฟฟ้ากระแสสลับจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 3 เฟส ประกอบด้วยสายไฟฟ้ากี่เส้น
ตอบ ประกอบด้วยสายไฟฟ้า 4 เส้น
- 8) จงบอกข้อดีของการผลิตและการส่งไฟฟ้า 3 เฟส
ตอบ การผลิตไฟฟ้าด้วยเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 3 เฟส ให้พลังงานไฟฟ้ามากกว่าเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 1 เฟส เมื่อใช้พลังงานในการผลิตเท่ากัน และการส่งกำลังไฟฟ้า
- 9) ถ้าต้องการให้สูญเสียกำลังไฟฟ้าในสายไฟฟ้าน้อย จะต้องให้กระแสไฟฟ้าที่ผ่านสายไฟฟ้ามีค่าอย่างไร
ตอบ ถ้าต้องการให้สูญเสียกำลังไฟฟ้าในสายไฟฟ้าน้อย จะต้องให้กระแสไฟฟ้าที่ผ่านสายไฟฟ้ามีค่าน้อย ๆ
- 10) การส่งกำลังไฟฟ้าปริมาณมากจากโรงไฟฟ้าผ่านสายไฟฟ้าเป็นระยะทางไกลให้มีการสูญเสียกำลังไฟฟ้าในสายไฟฟ้าอย่างไร จะต้องส่งกำลังไฟฟ้าด้วยกระแสไฟฟ้าน้อย จึงต้องใช้ความต่างศักย์สูง
ตอบ มีการสูญเสียกำลังไฟฟ้าในสายไฟฟ้าน้อย จะต้องส่งกำลังไฟฟ้าด้วยกระแสไฟฟ้าน้อย จึงต้องใช้ความต่างศักย์สูง

เฉลยแบบฝึกหัดเสริม เรื่อง ค่าพลังงานที่สูญเสียไปในสายไฟฟ้า เมื่อส่งด้วยความต่างศักย์

คำชี้แจง จงแสดงวิธีการหาคำตอบให้ถูกต้อง

การส่งกำลังไฟฟ้า 13.2 กิโลวัตต์ จากต้นทาง ถ้ากำหนดให้สายไฟฟ้าที่ใช้ส่งมีความต้านทาน 0.5 โอห์ม หากส่งกำลังไฟฟ้าจำนวนนี้เป็นเวลา 10 วินาที จงหาพลังงานที่สูญเสียไปในสายไฟฟ้า เมื่อส่งด้วยความต่างศักย์ต่อไปนี้

ก. 220 โวลต์

วิธีทำ ก. หากระแสไฟฟ้าได้

$$\text{จากสูตร} \quad I = \frac{P}{V}$$

เมื่อส่งไฟฟ้าด้วยความต่างศักย์ 220 โวลต์

$$\begin{aligned} \text{แทนค่าในสมการ} \quad I &= \frac{13.2 \times 10^3 W}{220 V} \\ I &= \frac{13200}{220} = 60 A \end{aligned}$$

หาพลังงานไฟฟ้าที่สูญเสียในสายไฟฟ้า จากสมการ

$$\begin{aligned} W &= P_{loss} \Delta t \quad \text{และ} \quad P_{loss} = I^2 R \\ \text{จะได้} \quad W &= I^2 R \Delta t \\ \text{แทนค่าในสมการ} \quad W &= (60 A)^2 (0.5 \Omega) (10 s) \\ W &= 18,000 J \end{aligned}$$

ข. 22 000 โวลต์

วิธีทำ ข. หากระแสไฟฟ้าได้

$$\text{จากสูตร} \quad I = \frac{P}{V}$$

เมื่อส่งไฟฟ้าด้วยความต่างศักย์ 22000 โวลต์

$$\begin{aligned} \text{แทนค่าในสมการ} \quad I &= \frac{13.2 \times 10^3 W}{22000 V} \\ I &= \frac{13200}{22000} = 0.6 A \end{aligned}$$

หาพลังงานไฟฟ้าที่สูญเสียในสายไฟฟ้า จากสมการ

$$\begin{aligned} W &= P_{loss} \Delta t \quad \text{และ} \quad P_{loss} = I^2 R \\ \text{จะได้} \quad W &= I^2 R \Delta t \\ \text{แทนค่าในสมการ} \quad W &= (0.6 A)^2 (0.5 \Omega) (10 s) \\ W &= 1.8 J \end{aligned}$$

ตอบ ก. เมื่อส่งไฟฟ้าด้วยความต่างศักย์ 220 โวลต์ สูญเสียพลังงานในสายไฟฟ้าเท่ากับ 18,000 จูล

ข. เมื่อส่งไฟฟ้าด้วยความต่างศักย์ 22000 โวลต์ สูญเสียพลังงานในสายไฟฟ้าเท่ากับ 1.8 จูล

ใบความรู้ เรื่อง การผลิตไฟฟ้ากระแสสลับ

➤ การผลิตและการส่งไฟฟ้ากระแสสลับ

การทำให้เกิดไฟฟ้ากระแสสลับ โดยการหมุนขดลวดเพื่อทำให้ฟลักซ์แม่เหล็กที่ตัดผ่านขดลวดมีการเปลี่ยนแปลง

● การผลิตไฟฟ้ากระแสสลับ

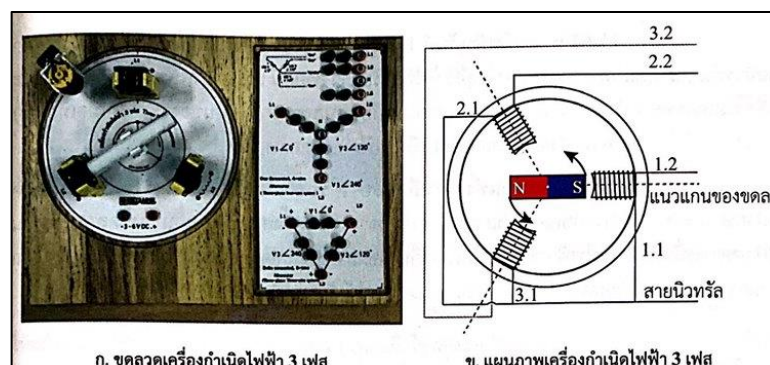
การผลิตไฟฟ้ากระแสสลับโดยเครื่องกำเนิดไฟฟ้านั้นเป็นการเปลี่ยนพลังงานกลเป็นพลังงานไฟฟ้า ด้วยการทำให้ฟลักซ์แม่เหล็กที่ตัดผ่านขดลวดมีการเปลี่ยนแปลง เพื่อทำให้เกิดไฟฟ้ากระแสสลับสามารถทำได้ทั้งการหมุนขดลวดตัดผ่านฟลักซ์แม่เหล็ก และการหมุนแท่งแม่เหล็กเพื่อทำให้ฟลักซ์แม่เหล็กตัดผ่านขดลวด เช่น เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับของรถจักรยานบางรุ่น ดังรูป 15.60 ก. โดยมีส่วนประกอบดังรูป 15.60 ข.



รูป 15.60 ตัวอย่างเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

การผลิตไฟฟ้ากระแสสลับด้วยเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่มีขดลวด 1 ชุด ไฟฟ้ากระแสสลับที่ผลิตได้จะถูกส่งจากเครื่องกำเนิดด้วยสายส่ง 2 เส้น เรียกระบบไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส แต่โรงไฟฟ้าจะใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่มีขดลวด 3 ชุด ในการหมุนแม่เหล็กแต่ละรอบทำให้สามารถผลิตไฟฟ้ากระแสสลับออกมาทั้ง 3 ชุด เรียกว่าระบบไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับที่ใช้งานตามโรงไฟฟ้าจะเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 3 เฟส มีขดลวดตัวนำอยู่ 3 ชุด โดยแนวแกนของขดลวดแต่ละชุดทำมุม 120 องศา ซึ่งกันและกันในลักษณะ ดังรูป 15.61 ก.

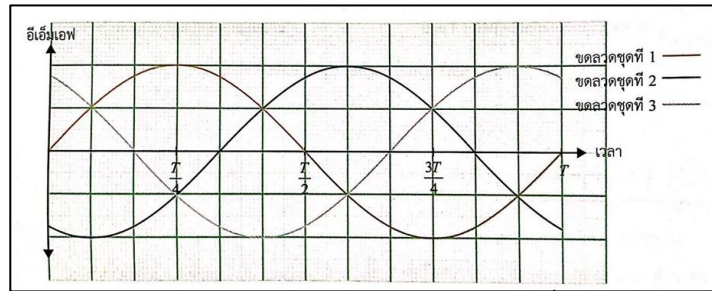


รูป 15.61 แบบจำลองเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 3 เฟส

จากรูป 15.61 ข. สายไฟฟ้าเส้นที่ 1.1 2.1 และ 3.1 ของแต่ละชุด จะต่อรวมกัน เรียกว่า สายนิวทรัล (neutral line) และต่อลงดินที่โรงไฟฟ้า เรียกว่า สายดิน ส่วนสายไฟฟ้าเส้นที่ 1.2 2.2 และ 3.2 ของแต่ละชุด

จะมีอีเอ็มเอฟไฟฟ้ากระแสสลับเปลี่ยนแปลงตามการหมุนของแม่เหล็กเมื่อเทียบกับสายนิวทรัล จึงมีสายไฟฟ้าที่ต่อออกจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส จำนวน 4 เส้น

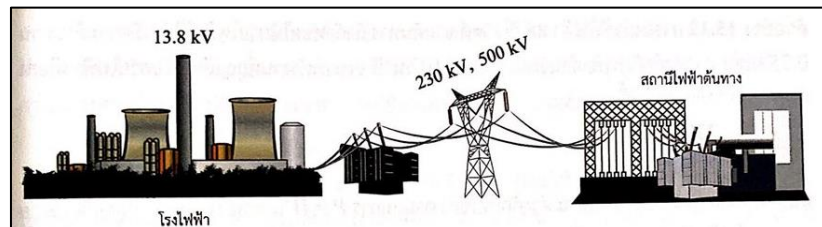
เมื่อพิจารณาการหมุนแท่งแม่เหล็กครบ 1 รอบ สนามแม่เหล็กจะเหนี่ยวนำให้เกิดไฟฟ้ากระแสสลับออกมาจากขดลวดทั้งสามชุด แต่เนื่องจากขดลวดทั้งสามมีแนวแกนของขดลวดทำมุมกัน 120 องศา ดังนั้นอีเอ็มเอฟไฟฟ้ากระแสสลับที่เกิดขึ้นในขดลวดแต่ละชุด จะมีค่าสูงสุดไม่พร้อมกัน สามารถเขียนกราฟระหว่างอีเอ็มเอฟกับเวลาของขดลวดแต่ละชุดได้ ดังรูป 15.62



รูป 15.62 กราฟอีเอ็มเอฟจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 3 เฟสกับเวลา

จากกราฟ อธิบายได้ว่าไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 3 เฟส จะมีเฟสของอีเอ็มเอฟไฟฟ้ากระแสสลับจากขดลวดแต่ละชุดต่างกัน 120 องศา

ในการผลิตไฟฟ้ากระแสสลับจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 3 เฟส ประกอบด้วยสายไฟฟ้า 4 เส้น แต่ในการส่งไฟฟ้าจากโรงผลิตไปยังสถานีไฟฟ้าย่อย สายนิวทรัลจะถูกต่อลงดินที่โรงผลิต ทำให้เหลือสายไฟฟ้าที่ใช้ในการส่งไฟฟ้า 3 เฟส จำนวน 3 เส้น ดังรูป 15.63



รูป 15.63 โรงไฟฟ้าถึงสถานีไฟฟ้าดันทาง

ข้อดีของการผลิตและการส่งไฟฟ้า 3 เฟส คือ การผลิตไฟฟ้าด้วยเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 3 เฟส ให้พลังงานไฟฟ้ามากกว่าเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 1 เฟส เมื่อใช้พลังงานในการผลิตเท่ากัน และการส่งกำลังไฟฟ้า

จะถูกแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ทำให้ใช้จำนวนสายไฟฟ้าน้อยลงเมื่อเทียบกับการส่งไฟฟ้า 1 เฟส 3 ชุด และการส่งไฟฟ้า 3 เฟส ทำให้กระแสรวมน้อยกว่าการส่งไฟฟ้า 1 เฟส เมื่อส่งด้วยพลังงานที่เท่ากัน จึงลดขนาดสายไฟฟ้าและเสาที่ใช้ส่งได้ ซึ่งช่วยให้มีประสิทธิภาพในการผลิตและการส่งพลังงานไฟฟ้า นอกจากนี้หากเฟสใดเฟสหนึ่งเกิดปัญหาก็ยังสามารถใช้ไฟฟ้าเฟสอื่นได้ตามปกติ ซึ่งถ้าเป็นการส่งกำลังไฟฟ้าเพียงเฟสเดียวเมื่อไฟฟ้าขัดข้องจะไม่สามารถใช้ไฟฟ้าได้เลย

- การสูญเสียกำลังไฟฟ้าในสายไฟฟ้า

เนื่องจากสายไฟฟ้ามีความต้านทาน R ดังนั้น กระแสไฟฟ้า I ที่ผ่านสายไฟฟ้าจะทำให้เกิดการสูญเสียกำลังไฟฟ้า P_{loss} ที่ความต้านทานในสายไฟฟ้าในรูปความร้อน ตามสมการ

$$P_{loss} = I^2 R$$

จะเห็นได้ว่าการสูญเสียกำลังไฟฟ้ากับความต้านทานในสายไฟฟ้าขึ้นกับกระแสไฟฟ้าที่ผ่านสายไฟฟ้า ดังนั้นถ้าต้องการให้สูญเสียกำลังไฟฟ้าในสายไฟฟ้าน้อย จะต้องให้กระแสไฟฟ้าที่ผ่านสายไฟฟ้ามีค่าน้อย ๆ

ขณะเดียวกันการส่งกำลังไฟฟ้าผ่านสายไฟฟ้า ขึ้นอยู่กับกระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ใช้ส่งตามสมการ

$$P = IV$$

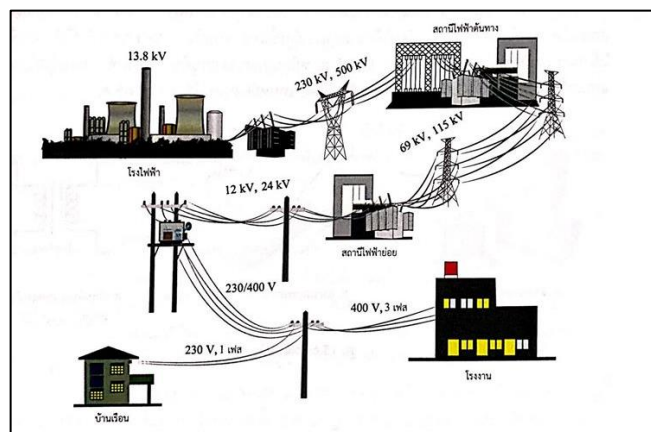
การส่งกำลังไฟฟ้าปริมาณมากจากโรงไฟฟ้าผ่านสายไฟฟ้าเป็นระยะทางไกลให้มีการสูญเสียกำลังไฟฟ้าในสายไฟฟ้าน้อย จะต้องส่งกำลังไฟฟ้าด้วยกระแสนี้น้อย จึงต้องใช้ความต่างศักย์สูง

การส่งไฟฟ้ากระแสสลับที่มีกำลังไฟฟ้ามาก ไประยะทางไกล ๆ ต้องส่งไฟฟ้าด้วยความต่างศักย์สูงเพื่อให้กระแสไฟฟ้าต่ำ ทำให้มีการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าไปกับความต้านทานของสายไฟฟ้าน้อย และสามารถใช้สายส่งไฟฟ้าที่มีขนาดเล็กลง

ถ้าความต่างศักย์สูงมากเกินไป สนามไฟฟ้าระหว่างสายจะทำให้อากาศบริเวณระหว่างสายไฟฟ้าแตกตัวเป็นประจุไฟฟ้ามีสภาพเป็นตัวนำไฟฟ้า ส่งผลให้เกิดไฟฟ้าลัดวงจรระหว่างสายส่งไฟฟ้าได้ ซึ่งเป็นสาเหตุของการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าอีกแบบหนึ่ง นอกจากนี้เมื่อฝนตกก็อาจมีอันตรายเนื่องจากไฟฟ้ารั่วลงมาตามเสาไฟฟ้าที่เป็นโลหะได้ ดังนั้นความต่างศักย์ที่จะใช้ส่งกระแสไฟฟ้าจากโรงผลิตไฟฟ้าจึงต้องมีค่าเหมาะสม

● การส่งกำลังไฟฟ้า

การส่งกำลังไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้าจนถึงผู้ใช้ไฟฟ้าจะมีการปรับค่าความต่างศักย์ ทั้งการปรับค่าความต่างศักย์ไกล ๆ และปรับค่าความต่างศักย์ให้สูงขึ้นเพื่อลดการสูญเสียในการส่งกำลังไฟฟ้าไปไกล ๆ และปรับค่าความต่างศักย์ให้น้อยลงให้เหมาะสมกับการใช้งาน มีลำดับขั้นตอนการปรับค่าความต่างศักย์ ดังรูป 15.64



รูป 15.64 แผนภาพแสดงการส่งไฟฟ้าจากโรงผลิตไฟฟ้าสู่บ้านเรือน

การส่งพลังงานไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ผลิตจากโรงไฟฟ้า เพื่อให้ส่งกำลังไฟฟ้าได้ไกลและลดการสูญเสียกำลังไฟฟ้าในสายส่ง จะต้องเพิ่มความต่างศักย์ในสายส่งให้สูงขึ้น ในปัจจุบันระบบส่งพลังงานไฟฟ้าแรงสูงของการไฟฟ้าฝ่ายผลิต (กฟผ.) จะแปลงความต่างศักย์จาก 13 800 โวลต์เป็น 500 000 โวลต์ หรือ 230 000 โวลต์ หรือ 115 000 โวลต์ หรือ 69 000 โวลต์ ก่อนส่งไปยังสถานีไฟฟ้าย่อยผ่านระบบสายส่งไฟฟ้าแรงสูง โดยความต่างศักย์ความต่างศักย์ที่แปลงขึ้นอยู่กับระยะทาง และกำลังไฟฟ้าที่ต้องการส่ง

สถานีไฟฟ้าย่อยจะทำหน้าที่แปลงความต่างศักย์สูงให้มีความต่างศักย์ลดลงเหลือ 24 000 โวลต์ หรือ 12 000 โวลต์ และส่งผ่านระบบจำหน่ายไปตามพื้นที่ต่าง ๆ โดยจะแปลงค่าความต่างศักย์ ให้เหลือ 400 โวลต์ 3 เฟส ก่อนถูกนำไปใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม แต่สำหรับบ้านเรือนความต่างศักย์จะถูกลดลงเหลือ 230 โวลต์ 1 เฟส

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 14

เรื่อง หลักการทำงานของหม้อแปลง

รายวิชา ฟิสิกส์ 5

รหัสวิชา ว30204

เวลา 2 ชั่วโมง

หน่วยการเรียนรู้ที่ 15

ชื่อหน่วยการเรียนรู้ แม่เหล็กและไฟฟ้า

รวม 28 ชั่วโมง

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 1

หัวหน้ากลุ่มสาระ นางธนพร สนามพล

ครูผู้สอน นางพิกุล นามปัดสา

บูรณาการ

- | | | | |
|---|--------------------------------------|--|------------------------------|
| ☐ ปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง | ☐ อาเซียน | ☐ STEM | ☐ PLC |
| ☐ สวนพฤษภาคมโรงเรียน | ☐ มาตรฐานสากล | ☐ ข้ามกลุ่มสาระ | |

1. สาระฟิสิกส์

3. เข้าใจแรงไฟฟ้าและกฎของคูลอมบ์ สนามไฟฟ้า ศักย์ไฟฟ้า ความจุไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และกฎของโอห์ม วงจรไฟฟ้ากระแสตรง พลังงาน ไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้า การเปลี่ยนพลังงานทดแทนเป็นพลังงานไฟฟ้า สนามแม่เหล็ก แรงแม่เหล็กที่กระทำกับประจุไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้า การเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้าและกฎของฟาราเดย์ ไฟฟ้ากระแสสลับ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและการสื่อสาร รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

2. ผลการเรียนรู้

6. อธิบายหลักการทำงานและประโยชน์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส การแปลงอีเอ็มเอฟของหม้อแปลง และคำนวณปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

3.1 ด้านความรู้ (K)

- 1) นักเรียนอธิบายหลักการทำงานของหม้อแปลงได้

3.2 ด้านกระบวนการ (P)

- 1) นักเรียนคำนวณหาปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องได้

3.3 ด้านคุณลักษณะ (A)

- 1) ใฝ่เรียนรู้และมุ่งมั่นในการทำงาน

4. สาระสำคัญ

หม้อแปลงประกอบด้วยขดลวด 2 ชุด พันอยู่บนแกนเหล็กเดียวกัน โดยขดลวดที่ใช้ต่อกับแหล่งกำเนิดไฟฟ้า เรียกว่า ขดลวดปฐมภูมิและขดลวดที่ใช้ต่อกับเครื่องใช้ไฟฟ้า เรียกว่าขดลวดทุติยภูมิ เมื่อต่อขดลวดปฐมภูมิกับไฟฟ้ากระแสสลับเกิดอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำ $\mathcal{E}_1$ ในขดลวดปฐมภูมิ จะเกิดอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำ $\mathcal{E}_2$ ในขดลวดทุติยภูมิ ซึ่งสัมพันธ์กับจำนวนรอบของขดลวดปฐมภูมิ N_1 และทุติยภูมิ N_2 ตามสมการ $\frac{\mathcal{E}_2}{\mathcal{E}_1} = \frac{N_2}{N_1}$

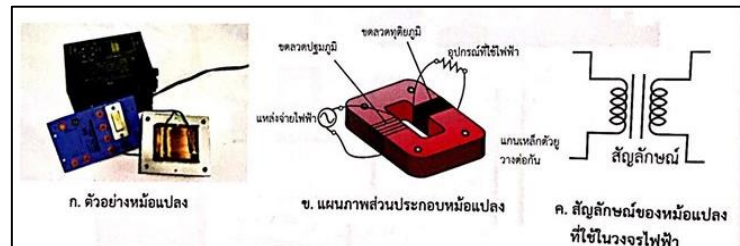
หาก $N_2 > N_1$ จะได้ $\mathcal{E}_2 > \mathcal{E}_1$ เรียกหม้อแปลงขึ้น และถ้า $N_2 < N_1$ จะได้ $\mathcal{E}_2 < \mathcal{E}_1$ เรียกหม้อแปลงลง

5. สารการเรียนรู้

5.1 ความรู้

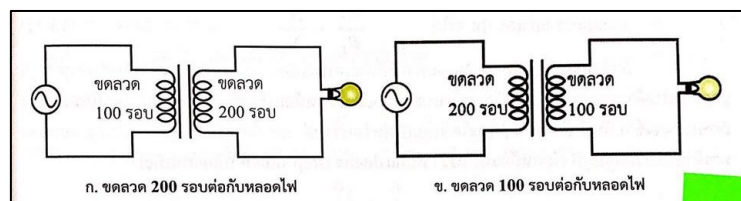
หม้อแปลง

อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้เปลี่ยนความต่างศักย์หรืออีเอ็มเอฟของไฟฟ้ากระแสสลับ คือ **หม้อแปลง (transformer)** โดยมีทั้งแบบที่เปลี่ยนให้ความต่างศักย์สูงขึ้น และแบบที่เปลี่ยนความต่างศักย์ให้ต่ำลง เพื่อให้เหมาะสมกับการนำไปใช้งานดังรูป 15.65 ก. หม้อแปลงประกอบด้วยขดลวดที่มีฉนวนหุ้มพันบนแกนเหล็ก 2 ขด ดังรูป 15.65 ข. และเขียนสัญลักษณ์แทนหม้อแปลงได้ดังรูป 15.65 ค.



รูป 15.65 หม้อแปลง

ขดลวดที่ต่อกับแหล่งจ่ายไฟฟ้า เรียกว่า **ขดลวดปฐมภูมิ (primary winding)** ขดลวดที่ต่ออยู่กับอุปกรณ์ที่ใช้ไฟฟ้า เรียกว่า **ขดลวดทุติยภูมิ (secondary winding)**



รูป 15.66 การจัดอุปกรณ์ทดสอบ

ต่อแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับเข้ากับขดลวด 100 รอบ และนำหลอดไฟต่อกับขดลวด 200 รอบ ดังรูป 15.66 ก. เปิดสวิตช์ให้แหล่งกำเนิดไฟฟ้าทำงาน พบว่าหลอดไฟสว่าง แต่เมื่อสลับด้าน โดยต่อแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับเข้ากับขดลวด 200 รอบ และนำหลอดไฟต่อกับขดลวด 100 รอบ ดังรูป 15.66 ข. เมื่อเปิดสวิตช์ให้แหล่งกำเนิดไฟฟ้าทำงาน พบว่าหลอดไฟสว่าง แต่จะมีความสว่างน้อยกว่ากรณีก่อนหน้านี้

จากสถานการณ์ดังกล่าว พบว่าเมื่อต่อแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับเข้ากับขดลวดปฐมภูมิ จะเห็นว่าหลอดไฟที่ต่ออยู่กับขดลวดทุติยภูมิจะสว่างทั้งสองครั้ง แต่เมื่อหลอดไฟต่ออยู่กับขดลวด 200 รอบ จะมีความสว่างมากกว่า ตอนที่ต่ออยู่กับขดลวด 100 รอบ

ความสว่างของหลอดไฟขึ้นอยู่กับความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าจากขดลวดทุติยภูมิที่ผ่านหลอดไฟ ซึ่งมีความสัมพันธ์กับจำนวนรอบของขดลวดปฐมภูมิและขดลวดทุติยภูมิอย่างไร ศึกษาได้ดังนี้

เนื่องจากขดลวดปฐมภูมิและขดลวดทุติยภูมิมีแกนเหล็กร่วมกัน ทำให้ฟลักซ์แม่เหล็กที่ผ่านขดลวดทั้งสอง มีอัตราการเปลี่ยนแปลงฟลักซ์แม่เหล็ก ($\Delta\phi$) เท่ากัน เมื่อกระแสไฟฟ้าจากแหล่งกำเนิดไฟฟ้ามีการเปลี่ยนแปลง จะทำให้เกิดฟลักซ์แม่เหล็กเปลี่ยนแปลงในขดลวดทั้งสอง เกิดอีเอ็มเอฟ $\mathcal{E}_1$ ที่ขดลวดปฐมภูมิ และอีเอ็มเอฟ $\mathcal{E}_2$ ที่ขดลวดทุติยภูมิ ซึ่งเกี่ยวข้องกับจำนวนรอบของขดลวดดังนี้

ถ้าขดลวดปฐมภูมิมีจำนวน N_1 รอบ และขดลวดทุติยภูมิมีจำนวน N_2 รอบ อีเอ็มเอฟที่สัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงฟลักซ์แม่เหล็กในขดลวดทั้งสองตามกฎการเหนี่ยวนำของฟาราเดย์ เป็นดังสมการ

$$\text{ที่ขดลวดปฐมภูมิ} \quad \varepsilon_1 = N_1 \left| \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \right|$$

$$\text{ที่ขดลวดทุติยภูมิ} \quad \varepsilon_2 = N_2 \left| \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \right|$$

$$\text{จากสมการทั้งสอง จะได้ว่า} \quad \frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1} = \frac{N_2}{N_1}$$

ถ้าจำนวนรอบ $N_2 > N_1$ จะทำให้อีเอ็มเอฟหรือความต่างศักย์ทางด้านขดลวดทุติยภูมิมากกว่าทางด้านขดลวดปฐมภูมิ เรียกหม้อแปลงลักษณะนี้ว่า **หม้อแปลงขึ้น (step-up transformer)** ลักษณะตรงข้ามกันนี้ ถ้า $N_2 < N_1$ จะได้อีเอ็มเอฟหรือความต่างศักย์ทางด้านขดลวดทุติยภูมิน้อยกว่าทางด้านขดลวดปฐมภูมิ เรียกหม้อแปลงนี้ว่า **หม้อแปลงลง (step-down transformer)**

5.2 กระบวนการ

- 1) ความสามารถในการสื่อสาร (อ่าน ฟัง พูด เขียน)
- 2) ความสามารถในการคิด (สังเกต วิเคราะห์ จัดกลุ่ม สรุป)
- 3) ความสามารถในการแก้ปัญหา (แสวงหาความรู้)
- 4) ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต (ความรับผิดชอบ)
- 5) ความสามารถในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ (การใช้สืบค้นผ่านคอมพิวเตอร์)

5.3 คุณลักษณะและค่านิยม

ใฝ่เรียนรู้และมุ่งมั่นในการทำงาน

6. บูรณาการ

-

7. กิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ

- 1.1 ครูทบทวนบทเรียนที่ผ่านมา เรื่อง การผลิตไฟฟ้ากระแสสลับ และสมการที่เกี่ยวข้อง
- 1.2 ครูตั้งคำถามเพื่อนำเข้าสู่การทำกิจกรรม เรื่อง หม้อแปลง ดังนี้

1) หากนำขดลวดปฐมภูมิของหม้อแปลงต่อเข้ากับแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ หลอดไฟฟ้าที่ต่ออยู่กับขดลวดทุติยภูมิจะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร

(ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นอย่างอิสระ โดยไม่คาดหวังคำตอบที่ถูกต้อง)

ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา

2.1 ครูให้นักเรียนทุกคนศึกษาเนื้อหา เรื่อง หลักการทำงานของหม้อแปลง ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน หน้า 96-98

2.2 นักเรียนทุกคนศึกษาและทำใบงาน เรื่อง หลักการทำงานของหม้อแปลง

2.3 ครูนำนักเรียนศึกษาตัวอย่าง 15.13 ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน 99

2.4 นักเรียนทำแบบฝึกหัดเสริม จำนวน 1 ข้อ ลงในสมุด

ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป

3.1 ครูนำนักเรียนอภิปรายเพื่อนำไปสู่การสรุป โดยใช้คำถามต่อไปนี้

- 1) อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้เปลี่ยนความต่างศักย์หรืออีเอ็มเอฟของไฟฟ้ากระแสสลับ คืออะไร (แนวการตอบ หม้อแปลง(transformer))
 - 2) หม้อแปลง(transformer) มีกี่แบบ อะไรบ้าง (แนวการตอบ มี 2 แบบ คือ แบบที่เปลี่ยนให้ความต่างศักย์สูงขึ้น และแบบที่เปลี่ยนความต่างศักย์ให้ต่ำลง)
 - 3) จงเขียนสัญลักษณ์แทนหม้อแปลง (แนวการตอบ )
 - 4) ขดลวดที่ต่อกับแหล่งจ่ายไฟฟ้า เรียกว่าอะไร (แนวการตอบ ขดลวดปฐมภูมิ (primary winding))
 - 5) ขดลวดที่ต่ออยู่กับอุปกรณ์ที่ใช้ไฟฟ้า เรียกว่าอะไร (แนวการตอบ ขดลวดทุติยภูมิ (secondary winding))
 - 6) กรณีที่ 1 ต่อแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับเข้ากับขดลวด 100 รอบ และนำหลอดไฟต่อกับขดลวด 200 รอบ และกรณีที่ 2 ต่อแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับเข้ากับขดลวด 200 รอบ และนำหลอดไฟต่อกับขดลวด 100 รอบ เมื่อเปิดสวิตช์ให้แหล่งกำเนิดไฟฟ้าทำงาน ทั้ง 2 กรณี ผลที่เกิดขึ้นเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร (แนวการตอบ เหมือนกัน คือ หลอดไฟสว่าง แต่แตกต่างกัน คือ กรณีที่ 2 มีความสว่างน้อยกว่ากรณี 1)
 - 7) ความสว่างของหลอดไฟขึ้นอยู่กับค่าใดบ้าง (แนวการตอบ ความสว่างของหลอดไฟขึ้นอยู่กับความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าจากขดลวดทุติยภูมิที่ผ่านหลอดไฟ)
 - 8) จงเขียนสมการหาอีเอ็มเอฟด้านขดลวดปฐมภูมิ (แนวการตอบ $\mathcal{E}_1 = N_1 \left| \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \right|$)
 - 9) จงเขียนสมการหาอีเอ็มเอฟด้านขดลวดทุติยภูมิ (แนวการตอบ $\mathcal{E}_2 = N_2 \left| \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \right|$)
 - 10) จากสมการ $\frac{\mathcal{E}_2}{\mathcal{E}_1} = \frac{N_2}{N_1}$ ถ้าจำนวนรอบ $N_2 > N_1$ จะทำให้อีเอ็มเอฟหรือความต่างศักย์ทางด้านขดลวดทุติยภูมิมากกว่าทางด้านขดลวดปฐมภูมิ เรียกหม้อแปลงลักษณะนี้ (แนวการตอบ หม้อแปลงขึ้น (step-up transformer))
 - 11) จากสมการ $\frac{\mathcal{E}_2}{\mathcal{E}_1} = \frac{N_2}{N_1}$ ถ้าจำนวนรอบ $N_2 < N_1$ จะได้อีเอ็มเอฟหรือความต่างศักย์ทางด้านขดลวดทุติยภูมิน้อยกว่าทางด้านขดลวดปฐมภูมิ เรียกหม้อแปลงนี้ว่า (แนวการตอบ หม้อแปลงลง (step-down transformer))
- 3.2 นักเรียนและครูร่วมกันสรุปเนื้อหา เรื่อง หลักการทำงานของหม้อแปลง

ขั้นที่ 4 ขยายความรู้

4.1 ครูให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับวงจร ในหนังสือเรียน หน้า 98 ดังนี้

หากเปลี่ยนแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับซึ่งต่อเข้ากับขดลวดปฐมภูมิของหม้อแปลงเป็นแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงที่มีค่าคงตัว เมื่อเปิดสวิตช์ให้แหล่งกำเนิดไฟฟ้าทำงาน หลอดไฟที่ต่ออยู่กับขดลวดทุติยภูมิจะสว่างหรือไม่เพราะเหตุใด

(แนวการตอบ ทันทีก่อนเปิดสวิตช์จะสังเกตเห็นหลอดไฟสว่างชั่วขณะ หลังจากนั้นหลอดไฟจะไม่สว่าง เพราะในขณะที่เปิดสวิตช์ กระแสไฟฟ้าผ่านขดลวดปฐมภูมิเปลี่ยนแปลงจากไม่มีกระแสไฟฟ้าเป็นมีกระแสไฟฟ้า เกิดการเปลี่ยนแปลงฟลักซ์แม่เหล็กชั่วขณะทำให้เกิดอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำที่ขดลวดทุติยภูมิ ทำให้หลอดไฟสว่างชั่วขณะ หลังจากนั้นเมื่อกระแสไฟฟ้าคงตัว ทำให้เกิดฟลักซ์แม่เหล็กคงตัวผ่าน ขดลวดทั้งสองของหม้อแปลง จึงไม่เกิดอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำที่ขดลวดทุติยภูมิ ทำให้หลอดไฟไม่สว่าง)

ขั้นที่ 5 ขั้นประเมินผล

5.1 ครูตรวจใบงาน เรื่อง หลักการทำงานของหม้อแปลง

5.2 ครูตรวจสมุดนักเรียนในการทำแบบฝึกหัดเสริม จำนวน 1 ข้อ

ประยุกต์และตอบแทนสังคม

ครูให้นักเรียนแต่ละคนนำความรู้ที่เรียนไปค้นคว้าเพิ่มเติมที่ห้องสมุด หรือเว็บไซต์ แล้วนำเสนอในชั้นเรียน

8. สื่อการเรียนรู้/แหล่งเรียนรู้

8.1 หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฟิสิกส์) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เล่ม 5 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560)

8.2 ใบงาน เรื่อง หลักการทำงานของหม้อแปลง

8.3 ใบความรู้ เรื่อง หลักการทำงานของหม้อแปลง

8.4 แบบฝึกหัดเสริม เรื่อง หาค่าอีเอ็มเอฟ ด้านขดลวดทุติยภูมิ

9. การวัดและประเมินผล

จุดประสงค์การเรียนรู้	วิธีการวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
ด้านความรู้ (K)			
1) นักเรียนอธิบายหลักการทำงานของหม้อแปลงได้	1) ตรวจใบงาน เรื่อง หลักการทำงานของหม้อแปลง	1) แบบประเมินการทำกิจกรรม 2) ใบงาน เรื่อง หลักการทำงานของหม้อแปลง	1) นักเรียนสามารถตอบคำถามได้ระดับดี ผ่านเกณฑ์
ด้านกระบวนการ (P)			
1) นักเรียนคำนวณหาปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องได้	1) ตรวจสอบผู้เรียนในการทำแบบฝึกหัดเสริม	1) แบบประเมินการทำกิจกรรม 2) แบบฝึกหัดเสริม เรื่อง หาค่าเฉลี่ยทางคณิตศาสตร์ จำนวน 1 ข้อ	1) นักเรียนทำแบบฝึกหัดได้ระดับดี ผ่านเกณฑ์
ด้านคุณลักษณะ (A)			
1) ใฝ่เรียนรู้และมุ่งมั่นในการทำงาน	1) ตรวจใบงาน เรื่อง หลักการทำงานของหม้อแปลง 2) ตรวจสอบผู้เรียนในการทำแบบฝึกหัดเสริม	1) แบบประเมินการทำกิจกรรม 2) ใบงาน เรื่อง หลักการทำงานของหม้อแปลง 3) แบบฝึกหัดเสริม เรื่อง หาค่าเฉลี่ยทางคณิตศาสตร์ จำนวน 1 ข้อ	1) นักเรียนทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายได้ระดับดี ผ่านเกณฑ์

10. เกณฑ์การประเมินผลงานนักเรียน

เกณฑ์การประเมินแบบ Rubrics ของการทำกิจกรรม เรื่อง หลักการทำงานของหม้อแปลง

ประเด็นการประเมิน	ค่าน้ำหนักคะแนน	แนวทางการให้คะแนน
ด้านความรู้ (K)	3	สามารถตอบคำถามได้ถูกต้องครบถ้วน จำนวน 8-10 ข้อ
	2	สามารถตอบคำถามได้ถูกต้องครบถ้วน จำนวน 5-7 ข้อ
	1	สามารถตอบคำถามได้ถูกต้องครบถ้วน จำนวน 1-4 ข้อ หรือไม่มีข้อใดถูกต้อง
ด้านกระบวนการ (P)	3	ทำแบบฝึกหัดเสริมได้ถูกต้องครบถ้วน ทั้งข้อ ก. และ ข.
	2	ทำแบบฝึกหัดเสริมได้ถูกต้องครบถ้วน เพียงข้อ ก. หรือ ข. เท่านั้น
	1	ทำแบบฝึกหัดเสริมไม่ถูกต้องทั้ง ก. และ ข.
ด้านคุณลักษณะ (A)	3	ทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายเสร็จภายในเวลาที่กำหนด และเรียบร้อยถูกต้องครบถ้วน
	2	ทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายเสร็จภายในเวลาที่กำหนด แต่งานยังผิดพลาดบางส่วน
	1	ทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายเสร็จ แต่ล่าช้า และเกิดข้อผิดพลาดบางส่วน

ระดับคะแนน

คะแนน	3	หมายถึง	ระดับดีมาก
คะแนน	2	หมายถึง	ระดับดี
คะแนน	1	หมายถึง	ระดับพอใช้

การประเมินการทำกิจกรรม เรื่อง หลักการทำงานของหม้อแปลง

ที่	ชื่อ - นามสกุล	จุดประสงค์การเรียนรู้			รวม คะแนน	ระดับ คุณภาพ
		ด้านความรู้ (K)	ด้าน กระบวนการ (P)	ด้าน คุณลักษณะ (A)		
		3	3	3	9	
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28						

ที่	ชื่อ - นามสกุล	จุดประสงค์การเรียนรู้			รวม คะแนน	ระดับ คุณภาพ
		ด้านความรู้ (K)	ด้าน กระบวนการ (P)	ด้าน คุณลักษณะ (A)		
		3	3	3		
29						
30						
31						
32						
33						
34						
35						
36						
37						
38						
39						
40						

ระดับคุณภาพ

คะแนน	9	หมายถึง	ระดับดีมาก
คะแนน	7-8	หมายถึง	ระดับดี
คะแนน	5-6	หมายถึง	ระดับปานกลาง
คะแนน	3-4	หมายถึง	ระดับปรับปรุง

บันทึกหลังการสอน

หน่วยการเรียนรู้ที่ 15 เรื่อง แม่เหล็กและไฟฟ้า

แผนการสอนที่ 14 เรื่อง หลักการทำงานของหม้อแปลง

วันที่ เดือน พ.ศ.

ผลการจัดการเรียนรู้

ปัญหา / อุปสรรค

ข้อเสนอแนะ/แนวทางแก้ปัญหา

ลงชื่อ.....ครูผู้สอน

(นางพิกุล นามปัดสา)

ลงชื่อ.....หัวหน้ากลุ่มสาระ

(นางธนพร สนามพล)

ใบงาน เรื่อง หลักการทำงานของหม้อแปลง

คำชี้แจง จงตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้องครบถ้วน

- 1) อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้เปลี่ยนความต่างศักย์หรืออีเอ็มเอฟของไฟฟ้ากระแสสลับ คืออะไร

ตอบ _____

- 2) หม้อแปลง(transformer) มีกี่แบบ อะไรบ้าง

ตอบ _____

- 3) จงเขียนสัญลักษณ์แทนหม้อแปลง

ตอบ _____

- 4) ขดลวดที่ต่อกับแหล่งจ่ายไฟฟ้า เรียกว่าอะไร

ตอบ _____

- 5) ขดลวดที่ต่ออยู่กับอุปกรณ์ที่ใช้ไฟฟ้า เรียกว่าอะไร

ตอบ _____

- 6) กรณีที่ 1 ต่อแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับเข้ากับขดลวด 100 รอบ และนำหลอดไฟต่อกับขดลวด 200 รอบ และกรณีที่ 2 ต่อแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับเข้ากับขดลวด 200 รอบ และนำหลอดไฟต่อกับขดลวด 100 รอบ เมื่อเปิดสวิตช์ให้แหล่งกำเนิดไฟฟ้าทำงาน ทั้ง 2 กรณี ผลที่เกิดขึ้นเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร

ตอบ _____

- 7) ความสว่างของหลอดไฟขึ้นอยู่กับค่าใดบ้าง

ตอบ _____

- 8) จงเขียนสมการหาอีเอ็มเอฟด้านขดลวดปฐมภูมิ

ตอบ _____

- 9) จากสมการ $\frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1} = \frac{N_2}{N_1}$ ถ้าจำนวนรอบ $N_2 > N_1$ จะทำให้อีเอ็มเอฟหรือความต่างศักย์ทางด้านขดลวดทุติยภูมิมากกว่าทางด้านขดลวดปฐมภูมิ เรียกหม้อแปลงลักษณะนี้

ตอบ _____

- 10) จากสมการ $\frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1} = \frac{N_2}{N_1}$ ถ้าจำนวนรอบ $N_2 < N_1$ จะได้อีเอ็มเอฟหรือความต่างศักย์ทางด้านขดลวดทุติยภูมิน้อยกว่าทางด้านขดลวดปฐมภูมิ เรียกหม้อแปลงนี้ว่า

ตอบ _____

ชื่อ _____ ชั้น _____ เลขที่ _____

แบบฝึกหัดเสริม เรื่อง หาค่าอีเอ็มเอฟ ด้านขดลวดทุติยภูมิ

คำชี้แจง จงแสดงวิธีการหาคำตอบให้ถูกต้อง

หม้อแปลงลูกหนึ่งมีขดลวด 2 ขด ที่มีจำนวนรอบ 500 รอบ และ 60 รอบ นำไปต่อกับแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับความต่างศักย์ 220 โวลต์ จงหาอีเอ็มเอฟที่เกิดขึ้นด้านขดลวดทุติยภูมิในกรณีที่ต่อแหล่งจ่ายไฟเข้ากับ

ก. ขดลวด 500 รอบ

วิธีทำ

ข. ขดลวด 60 รอบ

วิธีทำ

ตอบ

เฉลยใบงาน เรื่อง หลักการทำงานของหม้อแปลง

คำชี้แจง จงตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้องครบถ้วน

- 1) อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้เปลี่ยนความต่างศักย์หรืออีเอ็มเอฟของไฟฟ้ากระแสสลับ คืออะไร

ตอบ หม้อแปลง(transformer)

- 2) หม้อแปลง(transformer) มีกี่แบบ อะไรบ้าง

ตอบ มี 2 แบบ คือ แบบที่เปลี่ยนให้ความต่างศักย์สูงขึ้น และแบบที่เปลี่ยนความต่างศักย์ให้ต่ำลง

- 3) จงเขียนสัญลักษณ์แทนหม้อแปลง

ตอบ



- 4) ขดลวดที่ต่อกับแหล่งจ่ายไฟฟ้า เรียกว่าอะไร

ตอบ ขดลวดปฐมภูมิ (primary winding)

- 5) ขดลวดที่ต่ออยู่กับอุปกรณ์ที่ใช้ไฟฟ้า เรียกว่าอะไร

ตอบ ขดลวดทุติยภูมิ (secondary winding)

- 6) กรณีที่ 1 ต่อแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับเข้ากับขดลวด 100 รอบ และนำหลอดไฟต่อกับขดลวด 200 รอบ และกรณีที่ 2 ต่อแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับเข้ากับขดลวด 200 รอบ และนำหลอดไฟต่อกับขดลวด 100 รอบ เมื่อเปิดสวิตช์ให้แหล่งกำเนิดไฟฟ้าทำงาน ทั้ง 2 กรณี ผลที่เกิดขึ้นเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร

ตอบ เหมือนกัน คือ หลอดไฟสว่าง แต่แตกต่างกัน คือ กรณีที่ 2 มีความสว่างน้อยกว่ากรณี 1

- 7) ความสว่างของหลอดไฟขึ้นอยู่กับค่าใดบ้าง

ตอบ ความสว่างของหลอดไฟขึ้นอยู่กับความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าจากขดลวดทุติยภูมิที่ผ่านหลอดไฟ

- 8) จงเขียนสมการหาอีเอ็มเอฟด้านขดลวดปฐมภูมิ

ตอบ $\varepsilon_1 = N_1 \left| \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \right|$

- 9) จากสมการ $\frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1} = \frac{N_2}{N_1}$ ถ้าจำนวนรอบ $N_2 > N_1$ จะทำให้อีเอ็มเอฟหรือความต่างศักย์ทางด้านขดลวดทุติยภูมิมากกว่าทางด้านขดลวดปฐมภูมิ เรียกหม้อแปลงลักษณะนี้

ตอบ หม้อแปลงขึ้น (step-up transformer)

- 10) จากสมการ $\frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1} = \frac{N_2}{N_1}$ ถ้าจำนวนรอบ $N_2 < N_1$ จะได้อีเอ็มเอฟหรือความต่างศักย์ทางด้านขดลวดทุติยภูมิน้อยกว่าทางด้านขดลวดปฐมภูมิ เรียกหม้อแปลงนี้ว่า

ตอบ หม้อแปลงลง (step-down transformer)

เฉลยแบบฝึกหัดเสริม เรื่อง หาค่าอีเอ็มเอฟ ด้านขดลวดทุติยภูมิ

คำชี้แจง จงแสดงวิธีการหาคำตอบให้ถูกต้อง

หม้อแปลงลูกหนึ่งมีขดลวด 2 ขด ที่มีจำนวนรอบ 500 รอบ และ 60 รอบ นำไปต่อกับแหล่งจ่ายไฟฟ้า กระแสสลับความต่างศักย์ 220 โวลต์ จงหาอีเอ็มเอฟที่เกิดขึ้นด้านขดลวดทุติยภูมิในกรณีที่ต่อแหล่งจ่ายไฟเข้ากับ

ก. ขดลวด 500 รอบ

วิธีทำ ก. เมื่อต่อความต่างศักย์ 220 โวลต์ ที่ขดลวดด้าน 500 รอบ จากสมการ

$$\frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1} = \frac{N_2}{N_1} \text{ หรือ } \varepsilon_2 = \frac{N_2}{N_1} \varepsilon_1$$

แทนค่าในสมการ

$$\varepsilon_2 = \frac{N_2}{N_1} \varepsilon_1$$

$$\varepsilon_2 = \frac{60}{500} (220 \text{ V})$$

$$\varepsilon_2 = 26.4 \text{ V}$$

ข. ขดลวด 60 รอบ

วิธีทำ ข. ถ้าสลับกัน โดยต่อด้านที่มี 60 รอบ เข้ากับอีเอ็มเอฟ 220 โวลต์จากสมการ

$$\varepsilon_2 = \frac{N_2}{N_1} \varepsilon_1$$

แทนค่าในสมการ

$$\varepsilon_2 = \frac{N_2}{N_1} \varepsilon_1$$

$$\varepsilon_2 = \frac{500}{60} (220 \text{ V})$$

$$\varepsilon_2 = 1833.33 \text{ V}$$

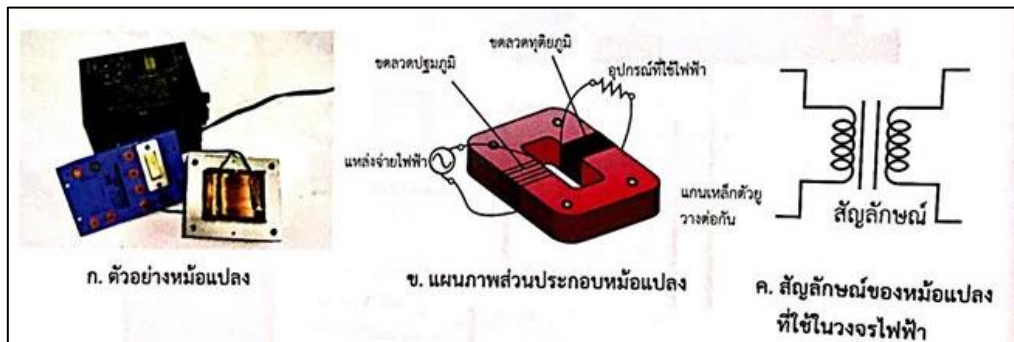
ตอบ ก. อีเอ็มเอฟที่เกิดขึ้นด้านขดลวดทุติยภูมิ เท่ากับ 26.4 โวลต์

ข. อีเอ็มเอฟที่เกิดขึ้นด้านขดลวดทุติยภูมิ เท่ากับ 1833.33 โวลต์

ใบความรู้ เรื่อง หลักการทำงานของหม้อแปลง

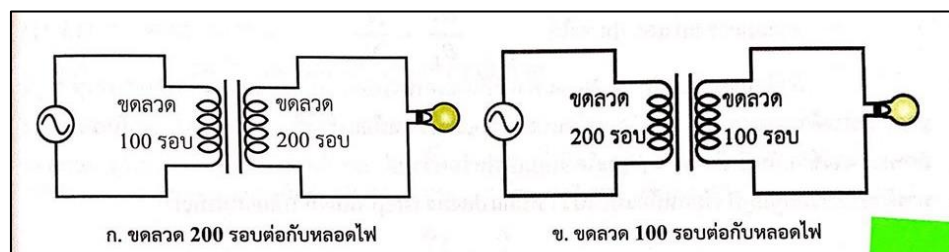
➤ หม้อแปลง

อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้เปลี่ยนความต่างศักย์หรืออีเอ็มเอฟของไฟฟ้ากระแสสลับ คือ **หม้อแปลง(transformer)** โดยมีทั้งแบบที่เปลี่ยนให้ความต่างศักย์สูงขึ้น และแบบที่เปลี่ยนความต่างศักย์ให้ต่ำลง เพื่อให้เหมาะสมกับการนำไปใช้งานดังรูป 15.65 ก. หม้อแปลงประกอบด้วยขดลวดที่มีฉนวนหุ้มพันบนแกนเหล็ก 2 ขด ดังรูป 15.65 ข. และเขียนสัญลักษณ์แทนหม้อแปลงได้ดังรูป 15.65 ค.



รูป 15.65 หม้อแปลง

ขดลวดที่ต่อกับแหล่งจ่ายไฟฟ้า เรียกว่า **ขดลวดปฐมภูมิ (primary winding)** ขดลวดที่ต่ออยู่กับอุปกรณ์ที่ใช้ไฟฟ้า เรียกว่า **ขดลวดทุติยภูมิ (secondary winding)**



รูป 15.66 การจัดอุปกรณ์ทดสอบ

ต่อแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับเข้ากับขดลวด 100 รอบ และนำหลอดไฟต่อกับขดลวด 200 รอบ ดังรูป 15.66 ก. เปิดสวิตช์ให้แหล่งกำเนิดไฟฟ้าทำงาน พบว่าหลอดไฟสว่าง แต่เมื่อสลับด้าน โดยต่อแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับเข้ากับขดลวด 200 รอบ และนำหลอดไฟต่อกับขดลวด 100 รอบ ดังรูป 15.66 ข. เมื่อเปิดสวิตช์ให้แหล่งกำเนิดไฟฟ้าทำงาน พบว่าหลอดไฟสว่าง แต่จะมีความสว่างน้อยกว่ากรณีก่อนหน้านี้

จากสถานการณ์ดังกล่าว พบว่าเมื่อต่อแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับเข้ากับขดลวดปฐมภูมิจะเห็นว่าหลอดไฟที่ต่ออยู่กับขดลวดทุติยภูมิจะสว่างทั้งสองครั้ง แต่เมื่อหลอดไฟต่ออยู่กับขดลวด 200 รอบจะมีความสว่างมากกว่า ตอนที่ต่ออยู่กับขดลวด 100 รอบ

ความสว่างของหลอดไฟขึ้นอยู่กับความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าจากขดลวดทุติยภูมิที่ผ่านหลอดไฟ ซึ่งมีความสัมพันธ์กับจำนวนรอบของขดลวดปฐมภูมิและขดลวดทุติยภูมิอย่างไร ศึกษาได้ดังนี้

เนื่องจากขดลวดปฐมภูมิและขดลวดทุติยภูมิมีแกนเหล็กร่วมกัน ทำให้ฟลักซ์แม่เหล็กที่ผ่านขดลวดทั้งสอง มีอัตราการเปลี่ยนแปลงฟลักซ์แม่เหล็ก ($\Delta\phi$) เท่ากัน เมื่อกระแสไฟฟ้าจากแหล่งกำเนิดไฟฟ้ามีการเปลี่ยนแปลง จะ

ทำให้เกิดฟลักซ์แม่เหล็กเปลี่ยนแปลงในขดลวดทั้งสอง เกิดอีเอ็มเอฟ $\mathcal{E}_1$ ที่ขดลวดปฐมภูมิ และอีเอ็มเอฟ $\mathcal{E}_2$ ที่ขดลวดทุติยภูมิ ซึ่งเกี่ยวข้องกับจำนวนรอบของขดลวดดังนี้

ถ้าขดลวดปฐมภูมิมีจำนวน N_1 รอบ และขดลวดทุติยภูมิมีจำนวน N_2 รอบ อีเอ็มเอฟที่สัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงฟลักซ์แม่เหล็กในขดลวดทั้งสองตามกฎการเหนี่ยวนำของฟาราเดย์ เป็นดังสมการ

$$\text{ที่ขดลวดปฐมภูมิ} \quad \mathcal{E}_1 = N_1 \left| \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \right|$$

$$\text{ที่ขดลวดทุติยภูมิ} \quad \mathcal{E}_2 = N_2 \left| \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \right|$$

$$\text{จากสมการทั้งสอง จะได้ว่า} \quad \frac{\mathcal{E}_2}{\mathcal{E}_1} = \frac{N_2}{N_1}$$

ถ้าจำนวนรอบ $N_2 > N_1$ จะทำให้อีเอ็มเอฟหรือความต่างศักย์ทางด้านขดลวดทุติยภูมิมากกว่าทางด้านขดลวดปฐมภูมิ เรียกหม้อแปลงลักษณะนี้ **หม้อแปลงขึ้น (step-up transformer)** ลักษณะตรงข้ามกันนี้

ถ้า $N_2 < N_1$ จะได้อีเอ็มเอฟหรือความต่างศักย์ทางด้านขดลวดทุติยภูมิน้อยกว่าทางด้านขดลวดปฐมภูมิ เรียกหม้อแปลงนี้ว่า **หม้อแปลงลง (step-down transformer)**