ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

- รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ

1. รองศาสตราจารย์ประภาพร ศรีตระกูล

   อาจารย์ภาควิชาประเมินผลและวิจัยการศึกษา

   คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วรกิต วัดเข้าหลาม

   อาจารย์ภาควิชาเทคโนโลยีทางการศึกษา

   คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์เทียนชัย ภานุสิทธิกร

   อาจารย์โรงเรียนสาธิตคณะศึกษาศาสตร์ (มัธยม)

   คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

4. นายสุมิตร ถิ่นปัญจา

   อาจารย์โรงเรียนสาธิตมอดินแดง (มัธยม)

   คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

5. นายเลี้ยง ชาตาธิคุณ

   อาจารย์โรงเรียนสาธิตมอดินแดง (มัธยม)

   คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

6. นายอรุณ ปรางค์ชัยภูมิ

   ศึกษานิเทศก์ 8 ทำหน้าที่หัวหน้าหน่วยศึกษานิเทศก์

   หน่วยศึกษานิเทศก์ สำนักงานการประถมศึกษา จังหวัดชัยภูมิ

   อำเภอเมือง จังหวัดชัยภูมิ

7. นางสาวนิภา คำเนตร

   อาจารย์ 2 ระดับ 5 โรงเรียนมัญจาศึกษา

   อำเภอมัญจาคีรี จังหวัดขอนแก่น

8. นายทนัย สิงห์พันธ์

   อาจารย์ 1 ระดับ 5 โรงเรียนประชารัฐวิทยาเสริม

   อำเภอพระยืน จังหวัดขอนแก่น

บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น โทร. 2584
ที่ ทม. 0510/ก.๗๗๐๗ วันที่ ๑๐ กันยายน 2537
เรื่อง ขออนุญาตแต่งตั้งข้าราชการเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

ด้วย นางสาวสงวนศรี ภักดิยานุรรรตน์ นักศึกษาปริญญาโท สาขาหลักสูตรและการสอน บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง แม่เหล็ก-ไฟฟ้า โดยใช้การสอนด้วยชุดการสอนกับการสอนปกติ" ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้จำเป็นต้องให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบและพิจารณาเนื้อหาของแบบทดสอบในการวิจัยก่อนที่จะนำไปใช้ บัณฑิตวิทยาลัย พิจารณาแล้วเห็นว่า รศ. ประภาพร สีดาระกูล เป็นผู้มีความรู้ ความสามารถและประสบการณ์เป็นอย่างดี จึงใคร่ขออนุญาตแต่งตั้งบุคคลดังกล่าวเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบและพิจารณาเนื้อหาวิทยานิพนธ์ของแบบทดสอบในครั้งนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงจะได้รับความอนุเคราะห์ และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

(นายนิพนธ์ จันทร์โพธิ์)
รองคณบดีฝ่ายบริหาร รักษาราชการแทน
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น โทร. 2584
ที่ ทม. 0510/ว ๕๕๐๗ วันที่ ๑๐ กันยายน 2537
เรื่อง ขออนุญาตแต่งตั้งข้าราชการเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

ด้วย นางสาวสงวนศรี ภักติยานุวรรตน์ นักศึกษาปริญญาโท สาขาหลักสูตรและการสอน บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง แม่เหล็ก-ไฟฟ้า โดยใช้การสอนด้วยชุดการสอนกับการสอนปกติ" ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้จำเป็นต้องให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบและพิจารณาเนื้อหาของแบบทดสอบในการวิจัยก่อนที่จะนำไปใช้ บัณฑิตวิทยาลัย พิจารณาแล้วเห็นว่า ผศ. วรกิต วัดเข้าหลาม เป็นผู้มีความรู้ ความสามารถและประสบการณ์เป็นอย่างดี จึงใคร่ขออนุญาตแต่งตั้งบุคคลดังกล่าวเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบและพิจารณาเนื้อหาวิทยานิพนธ์ของแบบทดสอบในครั้งนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงจะได้รับความอนุเคราะห์ และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

(นายนิพนธ์ จันทร์โพธิ์)
รองคณบดีฝ่ายบริหาร รักษาราชการแทน
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น โทร. 2584
ที่ ทม. 0510/ว.๕๙๐๙ วันที่ ๒๐ กันยายน 2537
เรื่อง ขออนุญาตแต่งตั้งข้าราชการเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนสาธิตศึกษาศาสตร์

ด้วย นางสาวสงวนศรี ภักดิยานุวรรตน์ นักศึกษาปริญญาโท สาขาหลักสูตรและการสอน บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๕ เรื่อง แม่เหล็ก-ไฟฟ้า โดยใช้การสอนด้วยชุดการสอนกับการสอนปกติ" ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้จำเป็นต้องให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบและพิจารณาเนื้อหาของแบบทดสอบในการวิจัยก่อนที่จะนำไปใช้ บัณฑิตวิทยาลัย พิจารณาแล้วเห็นว่า ผศ. เทียนชัย ภานุกสิกร เป็นผู้มีความรู้ ความสามารถและประสบการณ์เป็นอย่างดี จึงใคร่ขออนุญาตแต่งตั้งบุคคลดังกล่าวเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบและพิจารณาเนื้อหาวิทยานิพนธ์ของแบบทดสอบในครั้งนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงจะได้รับความอนุเคราะห์ และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(นายนิพนธ์ จันทร์โพธิ์)
รองคณบดีฝ่ายบริหาร รักษาราชการแทน
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น โทร. 2584
ที่ ทม. 0510/ก.๐๐๐๗ วันที่ ๒๐ กันยายน 2537
เรื่อง ขออนุญาตแต่งตั้งข้าราชการเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนสาธิตมอดินแดง

ด้วย นางสาวสงวนศรี ภักติยานุวรรตน์ นักศึกษาปริญญาโท สาขาหลักสูตรและการสอน บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง แม่เหล็ก-ไฟฟ้า โดยใช้การสอนด้วยชุดการสอนกับการสอนปกติ" ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้จำเป็นต้องให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบและพิจารณาเนื้อหาของแบบทดสอบในการวิจัยก่อนที่จะนำไปใช้ บัณฑิตวิทยาลัย พิจารณาแล้วเห็นว่า อาจารย์สุมิตร ถิ่นบัญจา เป็นผู้มีความรู้ ความสามารถและประสบการณ์เป็นอย่างดี จึงใคร่ขออนุญาตแต่งตั้งบุคคลดังกล่าวเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบและพิจารณาเนื้อหาวิทยานิพนธ์ของแบบทดสอบในครั้งนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงจะได้รับความอนุเคราะห์ และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(นายนิพนธ์ จันทร์โพธิ์)
รองคณบดีฝ่ายบริหาร รักษาราชการแทน
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น โทร. 2584
ที่ ทม. 0510/ว.๑๖๐๙ วันที่ ๒๐ กันยายน 2537
เรื่อง ขออนุญาตแต่งตั้งข้าราชการเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนสาธิตมอดินแดง

ด้วย นางสาวสงวนศรี ภักติยานุวรรตน์ นักศึกษาปริญญาโท สาขาหลักสูตรและการสอน บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง แม่เหล็ก-ไฟฟ้า โดยใช้การสอนด้วยชุดการสอนกับการสอนปกติ" ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้จำเป็นต้องให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบและพิจารณาเนื้อหาของแบบทดสอบในการวิจัยก่อนที่จะนำไปใช้ บัณฑิตวิทยาลัย พิจารณาแล้วเห็นว่า อาจารย์เสี้ยง ชาดาธิคุณ เป็นผู้มีความรู้ ความสามารถและประสบการณ์เป็นอย่างดี จึงใคร่ขออนุญาตแต่งตั้งบุคคลดังกล่าวเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบและพิจารณาเนื้อหาวิทยานิพนธ์ของแบบทดสอบในครั้งนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงจะได้รับความอนุเคราะห์ และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

(นายนิพนธ์ จันทร์โพธิ์)
รองคณบดีฝ่ายบริหาร รักษาราชการแทน
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ที่ ทม 0510/ว 678

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น
อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น 40002

17 ตุลาคม 2537

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน นายอรุณ ปรางค์ชัยภูมิ

ด้วย นางสาวสงวนศรี ภักดิยานุวรรตน์ นักศึกษาปริญญาโท สาขาหลักสูตรและการสอน (ภาคพิเศษ) บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง แม่เหล็ก–ไฟฟ้า โดยใช้การสอนด้วยชุดการสอนกับการสอนปกติ" ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ จำเป็นต้องให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบ และพิจารณาเนื้อหาของเครื่องมือก่อนที่จะนำไปใช้ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ ความสามารถ และประสบการณ์เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอแต่งตั้งท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบและพิจารณาเนื้อหาของเครื่องมือแบบสอบถาม เพื่อการวิจัยในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงจะได้รับความอนุเคราะห์ และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(นายสมพงศ์ จันทร์โพธิ์ศรี)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

โทร. (043) 236903

ที่ ทม 0510/ว.674

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น
อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น 40002

17 ตุลาคม 2537

เรื่อง ขออนุญาตแต่งตั้งข้าราชการเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน นางสาวนิภา คำเนตร

ด้วยนางสาวสงวนศรี ภักดิยานุวรรตน์ นักศึกษาปริญญาโท สาขาหลักสูตรและการสอน (ภาคพิเศษ) บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น กำลังทำวิทยานิพนธ์เรื่อง การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง แม่เหล็ก-ไฟฟ้า โดยใช้การสอนด้วยชุดการสอนกับการสอนปกติ ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้จำเป็นต้องให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบ และพิจารณาเนื้อหาของเครื่องมือแบบทดสอบ ก่อนที่จะนำไปใช้ บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยขอนแก่น พิจารณาเห็นแล้วว่าท่านเป็นผู้ที่มีความรู้ ความสามารถและประสบการณ์เป็นอย่างดี จึงใคร่ขออนุญาตแต่งตั้งท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบและพิจารณาเนื้อหาของเครื่องมือในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงจะได้รับความอนุเคราะห์ และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(นายสมพงศ์ จันทร์โพธิ์ศรี)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

โทร.(043) 236903

ที่ ทม 0510/ว.172 A

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น
อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น 40002

17 ตุลาคม 2537

เรื่อง ขออนุญาตแต่งตั้งข้าราชการเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน นายทนัย สิงห์พันธ์

ด้วยนางสาวสงวนศรี ภักติยานุวรรตน์ นักศึกษาปริญญาโท สาขาหลักสูตรและการสอน (ภาคพิเศษ) บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น กำลังทำวิทยานิพนธ์เรื่อง การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง แม่เหล็ก-ไฟฟ้า โดยใช้การสอนด้วยชุดการสอนกับการสอนปกติ ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้จำเป็นต้องให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบ และพิจารณาเนื้อหาของเครื่องมือแบบทดสอบ ก่อนที่จะนำไปใช้ บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยขอนแก่น พิจารณาเห็นแล้วว่าท่านเป็นผู้ที่มีความรู้ ความสามารถและประสบการณ์เป็นอย่างดี จึงใคร่ขออนุญาตแต่งตั้งท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบและพิจารณาเนื้อหาของเครื่องมือในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงจะได้รับความอนุเคราะห์ และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(นายสมพงศ์ จันทร์โพธิ์ศรี)
รองคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

โทร.(043) 236903

ภาคผนวก ข

- คะแนนเฉลี่ยสะสมทางการเรียนของกลุ่มตัวอย่าง
- ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนเฉลี่ยสะสมของกลุ่มตัวอย่าง
- ค่าความยากง่าย อำนาจจำแนก และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
- แสดงการวิเคราะห์เนื้อหาและพฤติกรรมสำหรับออกแบบทดสอบในชุดการสอน
- แสดงการวิเคราะห์เนื้อหาและพฤติกรรมสำหรับออกข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
- คะแนนการทดลองหาประสิทธิภาพของชุดการสอนแบบหนึ่งต่อหนึ่ง
- คะแนนทดลองหาประสิทธิภาพของชุดการสอนแบบหนึ่งต่อสิบ
- คะแนนทดลองหาประสิทธิภาพของชุดการสอนภาคสนาม
- เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยวัดภาคปฏิบัติของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

ตารางที่ 8 แสดงคะแนนเฉลี่ยสะสมทางการเรียนของกลุ่มตัวอย่างชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2537

คนที่	ห้องที่ 1	ห้องที่ 2	ห้องที่ 3	ห้องที่ 4	ห้องที่ 5	ห้องที่ 6	ห้องที่ 7
1	53	68	78	80	68	71	63
2	30	70	72	75	60	68	62
3	44	74	60	80	61	65	63
4	78	89	68	76	77	66	66
5	50	80	66	72	57	80	61
6	54	75	69	72	63	76	60
7	64	82	63	65	50	73	61
8	53	83	60	76	62	71	61
9	58	83	60	81	65	75	70
10	31	62	73	75	76	80	66
11	32	80	70	73	80	75	61
12	55	75	70	88	70	70	62
13	58	76	78	66	62	65	65
14	42	71	87	71	56	70	65
15	52	66	60	75	60	73	60
16	53	77	50	75	67	66	73
17	86	73	61	72	63	76	57
18	50	80	66	77	78	80	62
19	78	86	61	71	43	78	62
20	31	88	86	72	78	74	61
21	33	68	81	81	72	71	60
22	40	68	75	90	85	72	60

ตารางที่ 8 (ต่อ)

คนที่	ห้องที่ 1	ห้องที่ 2	ห้องที่ 3	ห้องที่ 4	ห้องที่ 5	ห้องที่ 6	ห้องที่ 7
23	44	71	61	91	67	65	60
24	43	78	67	74	65	53	67
25	50	70	70	83	74	72	68
26	41	68	74	58	58	78	74
27	39	80	66	77	56	78	57
28	51	80	50	72	53	63	56
29	42	71	83	84	61	73	54
30	51	67	52	88	76	84	68
31	42	80	73	92	66	61	60
32	50	73	62	86	63	63	60
33	50	78	54	87	62	66	58
34	50	78	64	87	56	62	60
35	39	76	63	77	74	64	53
36	43	73	50	75		64	70
37	75	70	56	80		67	78
38	29	77		79		70	75
39	43	63		78		71	61
40	63			76		70	53
41	40						61
ค่าเฉลี่ย	49.02	75.05	66.46	77.68	65.23	70.48	62.98

ตารางที่ 9 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของคะแนนเฉลี่ยสะสมผลการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2537

แหล่งความแปรปรวน	ss	df	MS	F
ระหว่างกลุ่ม	928.12	19	48.85	1.20
ภายในกลุ่ม	610.05	15	40.67	
รวม	1538.17	34		

p* = 0.53 ได้ห้องที่ 4 และห้องที่ 6 ไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 10 แสดงค่าความยากง่าย (p) และอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาฟิสิกส์ เรื่อง แม่เหล็ก-ไฟฟ้า

ข้อที่	p	r	ข้อที่	p	r	ข้อที่	p	r	ข้อที่	p	r
1	.86	.49	11	.71	.25	21	.75	.58	31	.52	.40
2	.73	.61	12	.60	.30	22	.92	.32	32	.58	.39
3	.85	.61	13	.77	.33	23	.60	.43	33	.60	.26
4	.77	.64	14	.56	.45	24	.29	.30	34	.75	.26
5	.71	.59	15	.65	.56	25	.25	.29	35	.20	.42
6	.24	.33	16	.58	.66	26	.60	.22	36	.31	.29
7	.40	.21	17	.69	.46	27	.35	.57	37	.73	.36
8	.83	.29	18	.88	.53	28	.54	.24	38	.48	.73
9	.50	.30	19	.77	.25	29	.56	.26	39	.83	.27
10	.85	.48	20	.56	.53	30	.60	.56	40	.88	.46

α = .89

ตารางที่ 11 แสดงการวิเคราะห์เนื้อหาและพฤติกรรมสำหรับออกแบบทดสอบในชุดการสอน

พฤติกรรม เนื้อหา	จำนวนคาบ	ความรู้–ความเข้าใจ	ความเข้าใจ	การนำไปใช้	จำนวนข้อ
ชุดการสอนที่ 1	2	5	2	3	10
ชุดการสอนที่ 2	2	1	7	2	10
ชุดการสอนที่ 3	2	1	4	5	10
ชุดการสอนที่ 4	2	–	5	5	10
ชุดการสอนที่ 5	2	1	8	1	10
ชุดการสอนที่ 6	2	–	5	5	10
ชุดการสอนที่ 7	2	3	4	3	10
ชุดการสอนที่ 8	2	4	3	3	10
รวม	16	15	38	27	80

ตารางที่ 12 แสดงการวิเคราะห์เนื้อหาและพฤติกรรมสำหรับออกข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

พฤติกรรม เนื้อหา	จำนวนคาบ	ความรู้-ความเข้าใจ	ความเข้าใจ	การนำไปใช้	จำนวนข้อ
ชุดการสอนที่ 1	2	4	-	2	6
ชุดการสอนที่ 2	2	1	3	-	4
ชุดการสอนที่ 3	2	-	3	2	5
ชุดการสอนที่ 4	2	-	3	2	5
ชุดการสอนที่ 5	2	-	5	-	5
ชุดการสอนที่ 6	2	1	1	4	6
ชุดการสอนที่ 7	2	1	2	1	4
ชุดการสอนที่ 8	2	3	2	-	5
รวม	16	10	19	11	40

ตารางที่ 13 แสดงคะแนนการทดลองหาประสิทธิภาพของชุดการสอน แบบหนึ่งต่อหนึ่ง วิชาฟิสิกส์ เรื่อง แม่เหล็ก-ไฟฟ้า

ชุดการสอนที่	คะแนนแบบฝึก (564)	ร้อยละ	คะแนนทดสอบหลังเรียน (240)	ร้อยละ	E_1/E_2
1	61	73.31	19	63.33	73.31/63.33
2	96	91.43	22	73.33	91.43/73.33
3	69	82.14	22	73.33	82.14/73.33
4	68	87.18	24	80.00	87.18/80.00
5	37	82.22	25	83.33	82.22/83.33
6	72	80.00	25	83.33	80.00/83.33
7	23	76.67	25	83.33	76.67/83.33
8	38	74.51	25	83.33	74.51/83.33
รวม	464		187		
ร้อยละ	82.27		77.92		

ประสิทธิภาพของชุดการสอน E_1/E_2 = 82.27/77.92

ตารางที่ 14 แสดงคะแนนการทดลองหาประสิทธิภาพของชุดการสอน แบบหนึ่งต่อสิบ วิชาฟิสิกส์ เรื่อง แม่เหล็ก–ไฟฟ้า

ชุดการสอนที่	คะแนนแบบฝึก (1880)	ร้อยละ	คะแนนทดสอบหลังเรียน (800)	ร้อยละ	E_1/E_2
1	218	80.74	80	80.00	80.74/80.00
2	320	91.43	79	79.00	91.43/79.00
3	233	83.21	79	79.00	83.21/79.00
4	229	88.08	81	81.00	88.08/81.00
5	132	88.00	83	83.00	88.00/83.00
6	255	85.00	79	79.00	85.00/79.00
7	81	81.00	78	78.00	81.00/78.00
8	165	97.06	81	81.00	97.06/81.00
รวม	1633		640		
ร้อยละ	86.86		80.00		

ประสิทธิภาพของชุดการสอน E_1/E_2 = 86.86/80.00

ตารางที่ 15 แสดงคะแนนการทดลองหาประสิทธิภาพของชุดการสอน ภาคสนาม วิชาฟิสิกส์ เรื่อง แม่เหล็ก-ไฟฟ้า

ชุดการสอนที่	คะแนนแบบฝึก (7520)	ร้อยละ	คะแนนทดสอบหลังเรียน (3200)	ร้อยละ	E_1/E_2
1	920	85.12	335	83.75	85.12/83.75
2	1316	94.00	323	80.75	94.00/80.75
3	988	88.21	325	81.25	88.21/81.25
4	936	90.00	345	86.25	90.00/86.25
5	558	93.00	322	80.50	93.00/80.50
6	1039	86.58	322	80.50	86.58/80.50
7	335	83.75	322	80.50	83.75/80.50
8	659	96.91	320	80.00	96.91/80.00
รวม	6751		2614		
ร้อยละ	89.77		81.69		

ประสิทธิภาพของชุดการสอน E_1/E_2 = 89.77/81.69

ตารางที่ 16 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยวัดภาคปฏิบัติของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

ชุดการสอนที่	แบบสังเกต ก				แบบตรวจรายงาน			
	กลุ่มทดลอง		กลุ่มควบคุม		กลุ่มทดลอง		กลุ่มควบคุม	
	X	แปลความ	X	แปลความ	X	แปลความ	X	แปลความ
2 (การทดลองที่ 13.1)	55.10	ดี	45.00	ปานกลาง	27.90	ดี	25.00	ปาน-กลาง
4 (การทดลองที่ 13.2)	55.70	ดี	45.30	ปาน-กลาง	27.90	ดี	23.60	ปาน-กลาง
5 (การทดลองที่ 13.3)	55.20	ดี	46.50	ปาน-กลาง	26.60	ดี	22.50	ปาน-กลาง

ภาคผนวก ค

- แผนการสอนปกติ วิชาฟิสิกส์ เรื่องแม่เหล็ก-ไฟฟ้า
- ชุดการสอน
- ชุดการสอน 1-8 ชุด วิชาฟิสิกส์ เรื่องแม่เหล็ก-ไฟฟ้า
- แผนการสอนชุดการสอน วิชาฟิสิกส์ เรื่องแม่เหล็ก-ไฟฟ้า
- แบบสังเกตพฤติกรรม
- เกณฑ์การตรวจให้คะแนนพฤติกรรม
- แบบตรวจรายงานการทดลอง
- เกณฑ์การตรวจให้คะแนนรายงานการทดลอง
- ตารางการแปลความหมายของคะแนนจากภาคปฏิบัติในวิชาฟิสิกส์
- แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่องแม่เหล็ก-ไฟฟ้า

แผนการสอนปกติ

แผนการสอนที่ 1

เรื่อง แม่เหล็กและสนามแม่เหล็ก **คาบที่ 1 – 2**

สาระสำคัญ

สนามแม่เหล็ก เป็นปริมาณเวกเตอร์มีค่าเท่ากับ ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก หาได้จากจำนวนเส้นแรงแม่เหล็กต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ ที่เส้นแรงแม่เหล็กตกตั้งฉาก

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

เมื่อจบบทเรียนนี้แล้วนักเรียนสามารถ

1. บอกความหมายของขั้วแม่เหล็ก สนามแม่เหล็ก สนามแม่เหล็กโลก เส้นแรงแม่เหล็ก จุดสะเทิน ฟลักซ์แม่เหล็ก และความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก

2. ใช้เข็มทิศตรวจสอบขั้วแม่เหล็ก สนามแม่เหล็ก และหาเส้นแรงแม่เหล็ก

3. เขียนเส้นแรงแม่เหล็กของแท่งแม่เหล็ก 1 แท่ง และของแท่งแม่เหล็ก 2 แท่ง ซึ่งแท่งแม่เหล็กทั้งสองวางอยู่ในลักษณะต่างกัน โดยใช้เข็มทิศ

4. บอกความสัมพันธ์ระหว่างฟลักซ์แม่เหล็ก พื้นที่ที่ตั้งฉากที่ฟลักซ์แม่เหล็กผ่าน และความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก

เนื้อหา

1. เมื่อนำแท่งแม่เหล็กไปดูดผงตะไบเหล็ก ผงตะไบเหล็กจะถูกดูดติดกับส่วนต่างๆ ของแท่งแม่เหล็ก และอยู่ติดปลายแท่งแม่เหล็ก บริเวณดังกล่าว เรียกว่า ขั้วแม่เหล็ก

2. แรงที่กระทำที่เกิดขึ้นระหว่างแท่งแม่เหล็กมีเพียงสองชนิด คือ แรงดูด และแรงผลัก

3. ถ้าใช้เชือกผูกที่บริเวณกึ่งกลางของแท่งแม่เหล็ก หมุนให้อยู่ในแนวราบจนแท่งแม่เหล็กหยุดหมุน พบว่าขั้วแม่เหล็กที่ชี้ไปทางทิศเหนือ เรียกว่า **ขั้วเหนือ** เรียกขั้วแม่เหล็กที่ชี้ไปทางทิศใต้ว่า **ขั้วใต้**

4. แม่เหล็กเล็ก ๆที่วางบนแกนดิ่งปลายแหลมเรียกว่า เข็มทิศ ปลายข้างหนึ่งของเข็มทิศมีเครื่องหมายบอกให้ทราบว่าเป็นขั้วเหนืออาจจะเป็นสีหรือตัวอักษร N หรือหัวลูกศร ส่วนขั้วใต้อาจมีตัวอักษร S หรือไม่มีก็ได้

5. เมื่อวางเข็มทิศ ณ ตำแหน่งหนึ่งแล้วมีแรงกระทำต่อเข็มทิศกล่าวว่าตำแหน่งนั้นมีสนามแม่เหล็ก และกำหนดให้ทิศของสนามแม่เหล็กมีทิศเดียวกับทิศที่ขั้วเหนือของเข็มทิศชี้

6. โดยทั่วไปเมื่อวางเข็มทิศ ณ ตำแหน่งใดบนผิวโลกจะพบว่าแนวการวางตัวของเข็มทิศอยู่ในแนวเหนือใต้ แสดงว่ามีแรงกระทำกับเข็มทิศ สรุปได้ว่า ตำแหน่งต่าง ๆ บนผิวโลกมีสนามแม่เหล็ก สนามแม่เหล็กนี้เรียกว่า สนามแม่เหล็กโลก

7. เส้นแสดงแนวการวางตัวของเข็มทิศ ใส่หัวลูกศรกำกับตามแนวที่ขั้วเหนือของเข็มทิศชี้ไป จะได้เส้นสมมติซึ่งแทนทิศของแรงที่กระทำต่อขั้วเหนือแม่เหล็ก เรียกเส้นนี้ว่า เส้นแรงแม่เหล็ก

8. สนามแม่เหล็ก ณ ตำแหน่งที่แท่งแม่เหล็กสองแท่งหักล้างกันจนได้สนามแม่เหล็กลัพธ์เป็นศูนย์ จุดนั้นเรียกว่า จุดสะเทิน

9. จำนวนเส้นแรงแม่เหล็กต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ที่เส้นแรงแม่เหล็กตั้งได้ฉาก เรียกว่า ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก ซึ่งมีค่าเท่ากับขนาดของสนามแม่เหล็ก

กิจกรรมการเรียนการสอน

ขั้นนำ

ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยนำเหล็ก 2 แท่ง แท่งหนึ่งเป็นแท่งแม่เหล็กอีกแท่งหนึ่งเป็นเหล็กธรรมดาหุ้มกระดาษไว้มาวางใกล้ๆ กับเข็มหมุดเล็ก ๆ หรือผงตะไบเหล็กให้นักเรียนสังเกตว่า เข็มหมุดหรือผงตะไบเหล็กถูกดูดด้วยเหล็กแท่งไหน ครูบอกนักเรียนว่าแท่งเหล็กที่ดูดเข็มหมุดหรือผงตะไบเหล็ก เรียกว่า แท่งแม่เหล็ก ซึ่งวันนี้เราจะมาศึกษากันถึงเรื่องแม่เหล็กและสนามแม่เหล็กกันต่อไป

ขั้นสอน

1. ครูเริ่มสาธิตโดยวางแผ่นกระดาษแข็งบนโต๊ะโรยผงตะไบเหล็กบนแผ่นกระดาษให้มีปริมาณกว้างกว่าขนาดของแท่งแม่เหล็กเล็กน้อย การโรยผงตะไบเหล็กนั้นให้โรยบางๆ

และสม่ำเสมอ จากนั้นครูถือแท่งแม่เหล็กให้อยู่เหนือผงตะไบเหล็ก แล้วเคลื่อนแท่งแม่เหล็กลงไปแตะผงตะไบเหล็ก พยายามให้ทุกส่วนของแท่งแม่เหล็กแตะผงตะไบเหล็กพร้อม ๆ กัน เมื่อครูยกแท่งแม่เหล็กขึ้นแล้วให้นักเรียนสังเกตผงตะไบเหล็กที่ติดตามส่วนต่าง ๆ ของแท่งแม่เหล็ก ครูชี้ให้นักเรียนเห็นว่า ผงตะไบเหล็กเป็นจำนวนมากจะถูกดูดใกล้ ๆ ปลายแท่ง แล้วครูให้ความรู้เรื่องขั้วแม่เหล็กตามรายละเอียดในหนังสือเรียน

2. ครูทบทวนเรื่องแรงระหว่างขั้วของแท่งแม่เหล็ก โดยอธิบายตามสถานการณ์ในหนังสือเรียน จนสรุปได้ว่า แรงที่เกิดขึ้นระหว่างแท่งแม่เหล็กมี 2 ชนิด คือ แรงดูด และแรงผลัก

3. ให้ความรู้เรื่องขั้วเหนือและขั้วใต้ของแท่งแม่เหล็กโดยสาธิตตามสถานการณ์ในหนังสือเรียน

4. ครูให้ความรู้พร้อมสาธิตประกอบเกี่ยวกับเข็มทิศ สนามแม่เหล็ก สนามแม่เหล็กโลก เส้นแรงแม่เหล็ก จุดสะเทิน ฟลักซ์แม่เหล็กและความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน

5. ครูให้ความรู้เกี่ยวกับฟลักซ์แม่เหล็กว่าถ้าพิจารณาพื้นที่ผิวสมมติแผ่นหนึ่งในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็ก จำนวนเส้นแรงแม่เหล็กที่ผ่านทะลุพื้นที่ผิวนี้เรียกว่า **ฟลักซ์แม่เหล็ก**

6. ครูให้ความรู้ต่อไปอีกว่า ถ้าพิจารณาเส้นแรงแม่เหล็กของแท่งแม่เหล็กแท่งหนึ่ง จะพบว่า เส้นแรงแม่เหล็กมีลักษณะแผ่ออกจากขั้วแม่เหล็กในรูป 3 มิติ บริเวณใกล้กับขั้วแม่เหล็กจะมีเส้นแรงแม่เหล็กอยู่หนาแน่น เรากล่าวว่า บริเวณนั้นมีฟลักซ์แม่เหล็กหนาแน่นมาก หรือเป็นบริเวณที่มีสนามแม่เหล็กมีค่ามาก ส่วนบริเวณที่อยู่ห่างออกไป จะมีเส้นแรงแม่เหล็กอยู่ห่าง ๆ กันเรากล่าวว่า บริเวณนั้นมีฟลักซ์แม่เหล็กหนาแน่นน้อยหรือเป็นบริเวณที่สนามแม่เหล็กมีค่าน้อย

7. ครูให้ความรู้ว่า จำนวนเส้นแรงแม่เหล็กต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ที่เส้นแรงแม่เหล็กตั้งได้ฉาก เรียกว่า **ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก** ซึ่งในระบบเอสไอ กำหนดให้มีค่า เท่ากับขนาดของสนามแม่เหล็ก B ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก สนามแม่เหล็กและพื้นที่ที่เส้นแรงแม่เหล็กตั้งฉาก ซึ่งจะได้ความสัมพันธ์ $/A = B$ ตามสมการ (13.1) ในหนังสือเรียน โดยครูเน้นว่า ความสัมพันธ์ดังกล่าว A จะต้องเป็นพื้นที่ตั้งฉากกับฟลักซ์แม่เหล็ก

8. เพื่อเสริมความเข้าใจในการใช้สูตรนี้ ครูยกตัวอย่างดังนี้

ตัวอย่างที่ 1 ขดลวดตัวนำพื้นที่ 10 ตารางเซนติเมตร วางอยู่ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็กขนาดสม่ำเสมอ 10 เทสลา จงหาค่าฟลักซ์แม่เหล็กที่ผ่านขดลวด เมื่อระนาบของขดลวดทำมุม 0 และ 90 องศากับสนามแม่เหล็ก

วิธีทำ

จะได้ฟลักซ์แม่เหล็กที่ตั้งฉากกับพื้นที่ $= B \sin\theta$

จะได้ $\phi = (B \sin\theta)A$

เมื่อ $\theta = 0$ องศา $\phi = (10\ T \sin 0 \times 10^{-4} m^2)$

$= 0$

เมื่อ $\theta = 90$ องศา $\phi = (10\ T \sin 90')(10 \times 10^{-4} m^2$

$= 1.0 \times 10^{-2}\ wb/m^2$

คำตอบ เมื่อ $\theta = 0$ และ 90 องศา ฟลักซ์แม่เหล็กที่ผ่านขดลวดเท่ากับ 0 และ 1.0×10^{-2} เวเบอร์

ขั้นสรุป

ครูและนักเรียนช่วยกันสรุปความรู้ที่ได้ศึกษาตั้งแต่ต้น โดยใช้คำถามนำดังนี้

1. จากการสังเกตการเรียงตัวของผงตะไบเหล็ก บริเวณใดที่ผงตะไบเหล็กอยู่หนาแน่น (บริเวณปลายแท่งแม่เหล็ก)

2. จากข้อ 1 บริเวณดังกล่าวเรียกว่าอะไร (ขั้วแม่เหล็ก)

3. แท่งแม่เหล็กแท่งหนึ่งโดยปกติมีขั้วแม่เหล็กอยู่ที่ใด (อยู่ที่ปลายแท่ง) เรียกชื่อว่าอะไร (ขั้วเหนือและขั้วใต้)

4. แท่งแม่เหล็ก 2 แท่งวางใกล้กันจะเกิดแรงกระทำต่อกันอย่างไร (ขั้วแม่เหล็กต่างชนิดกันจะดูดกัน และขั้วเหมือนกันจะผลักกัน)

5. บริเวณใกล้ ๆ แท่งแม่เหล็กที่มีแรงกระทำต่อเข็มทิศเรียกว่าอะไร (สนามแม่เหล็ก)

6. จุดสะเทินในสนามแม่เหล็กคืออะไร (จุดที่สนามแม่เหล็กหักล้างกันเป็นศูนย์ เข็มทิศจะชี้อิสระทิศใดก็ได้)

7. เมื่อวางเข็มทิศ ณ ตำแหน่งใดบนพื้นโลก พบว่า แนวการวางตัวของเข็มทิศอยู่ในแนวเหนือใต้ แสดงว่ามีแรงกระทำต่อเข็มทิศ ทำให้สรุปได้ว่าตำแหน่งต่าง ๆบนผิวโลกมีสนามแม่เหล็ก เรียกสนามแม่เหล็กนี้เรียกว่าอะไร (สนามแม่เหล็กโลก)

8. ขนาดสนามแม่เหล็กมีค่าเท่าใด (ขนาดสนามแม่เหล็กมีค่าเท่ากับปริมาณฟลักซ์แม่เหล็กที่ตกตั้งฉากกับพื้นที่ที่ฟลักซ์แม่เหล็กผ่าน)

ครูบอกนักเรียนว่า จากความรู้ที่ได้ศึกษามาโดยลำดับนี้ นักเรียนได้รู้ความหมายของขั้วแม่เหล็ก สนามแม่เหล็ก สนามแม่เหล็กโลก เส้นแรงแม่เหล็ก จุดสะเทินและการหาขนาดของสนามแม่เหล็กได้ ทั้งหมดนี้เป็นจุดมุ่งหมายของการเรียนในคาบนี้

สื่อการเรียนการสอน

1. แท่งเหล็ก แท่งแม่เหล็ก เข็มหมุด ผงตะไบเหล็ก กระดาษ
2. หนังสือเรียนวิชาฟิสิกส์ ว 023 เล่ม 4

การวัดและประเมินผล

แบบฝึกหัดความรู้พื้นฐาน ข้อ 1 และ 2 ในความรู้พื้นฐาน

ตรวจแบบฝึกหัดพื้นฐาน

แผนการสอนที่ 2

เรื่อง สนามแม่เหล็กที่เกิดจากกระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำ คาบที่ 3 – 4

สาระสำคัญ

เมื่อให้กระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำ จะเกิดสนามแม่เหล็กขึ้นรอบ ๆ ลวดตัวนำนั้น และทิศของสนามแม่เหล็กจะขึ้นกับทิศของกระแสไฟฟ้า

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

เมื่อจบบทเรียนนี้แล้วนักเรียนสามารถ

1. ทำกิจกรรมและสรุปได้ว่า ขณะมีกระแสไฟฟ้าผ่านเส้นลวดตัวนำเส้นตรง หรือเส้นโค้ง จะเกิดสนามแม่เหล็กขึ้นรอบ ๆ ลวดตัวนำนั้น

2. บอกทิศของสนามแม่เหล็กรอบ ๆ ตัวนำเส้นตรงและเส้นโค้งได้

3. บอกได้ว่า โซเลนอยด์ที่มีกระแสไฟฟ้าผ่าน จะทำตัวเสมือนเป็นแท่งแม่เหล็ก

4. อธิบายการทำแม่เหล็กไฟฟ้า และการนำแม่เหล็กไฟฟ้าไปใช้ในอุปกรณ์บางอย่างได้

เนื้อหา

1. เมื่อมีกระแสไฟฟ้าในตัวนำ จะเกิดสนามแม่เหล็กขึ้นรอบ ๆ ตัวนำนั้น ทิศของสนามแม่เหล็กนี้จะขึ้นกับทิศของกระแสไฟฟ้า ทิศของสนามแม่เหล็กหาได้โดยใช้เข็มทิศเล็กๆ หรือใช้มือขวากำรอบเส้นลวดตัวนำโดยให้หัวแม่มือชี้ไปทางทิศของกระแสไฟฟ้านิ้วที่เหลือจะแสดงทิศของสนามแม่เหล็ก

2. เมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำที่ขดเป็นวงกลม จะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กขึ้นในลักษณะเดียวกับสนามแม่เหล็กที่เกิดจากแท่งแม่เหล็ก

3. ลวดตัวนำที่มีฉนวนหุ้มหรือสายไฟ เมื่อนำมาพันเป็นขดลวดวงกลมที่มีรัศมีคงตัวเรียงซ้อนกันเป็นรูปทรงกระบอก เรียกว่า โซเลนอยด์

4. เมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่านโซเลนอยด์ จะมีเส้นแรงแม่เหล็กเกิดขึ้นโดยมีค่าสนามแม่เหล็กสูงสุดในบริเวณแกนกลางของทรงกระบอก และจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อจำนวนรอบของขดลวดเพิ่มขึ้นถ้ากระไฟฟ้ามีค่าคงตัว

5. ถ้าใส่แกนเหล็กอ่อนไว้ภายในโซเลนอยด์เมื่อมีกระแสไฟฟ้าในขดลวดแกนเหล็กอ่อนจะกลายเป็นแท่งแม่เหล็กที่มีค่าสูงกว่ากรณีที่ไม่มีแกนเหล็ก และจะหมดสมบัติความเป็นแม่เหล็กกลายเป็นเหล็กธรรมดา วิธีการเช่นนี้เรียกว่า **แม่เหล็กไฟฟ้า**

6. แม่เหล็กไฟฟ้านำไปใช้ในงานด้านต่าง ๆ เช่น ใช้ควบคุมการเคลื่อนที่ของอิเลคตรอนในหลอดสภาพของโทรทัศน์ ใช้ควบคุมการทำงานในสวิตช์รีเลย์และสวิตช์ตัดวงจรแบบอัตโนมัติ ใช้ในการทำงานของกระดิ่งหรือออดไฟฟ้า ใช้ในการทำงานของเครื่องเคาะสัญญาณเวลา เป็นต้น

กิจกรรมการเรียนการสอน

ขั้นนำ

ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยตั้งคำถามว่า จากคาบที่แล้วนักเรียนได้ศึกษาสนามแม่เหล็กที่เกิดจากแท่งแม่เหล็ก สำหรับวันนี้เราจะมาศึกษาดูว่า ถ้าลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านจะมีสนามแม่เหล็กเกิดขึ้นรอบ ๆ ลวดตัวนำนั้นหรือไม่

ขั้นสอน

ก่อนทำกิจกรรม 13.2 ครูแนะนำการทำกิจกรรมดังนี้

1. ในการทำกิจกรรมนี้ ครูเน้นให้นักเรียนทราบว่า กระแสไฟฟ้าที่ผ่านเส้นลวดตัวนำต้องเป็นไฟฟ้ากระแสตรง ดังนั้นจึงต้องใช้เครื่องเรียงกระแสไฟฟ้า

2. ตำแหน่งต่าง ๆ ของเข็มทิศที่จะวางบนกระดาษแข็งควรห่างจากเส้นลวดตัวนำไม่เกิน 2 เซนติเมตร

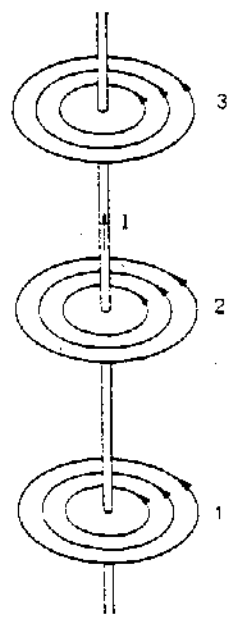
3. การเปลี่ยนตำแหน่งของเข็มทิศ นักเรียนควรจะขยับเข็มทิศไปทีละน้อยในแนวรอบเส้นลวดตัวนำ พร้อมทั้งสังเกตแนวการวางตัวของเข็มทิศ ในการทดลองให้นักเรียนทดลองโดยเปิดสวิตช์ในเวลาสั้น ๆ ซึ่งไม่ควรเกิน 1 นาที ถ้าใช้เวลานานกว่านี้ จะทำให้เครื่องเรียงกระแสไฟฟ้าชำรุดได้

4. ขณะทำการทดลองไม่ควรมีสารแม่เหล็กและแท่งแม่เหล็กอยู่ในบริเวณนั้น

หลังการทำกิจกรรม ครูนำผลการทดลองมาอภิปรายตามแนวคำถามท้ายการทดลองในหนังสือเรียน

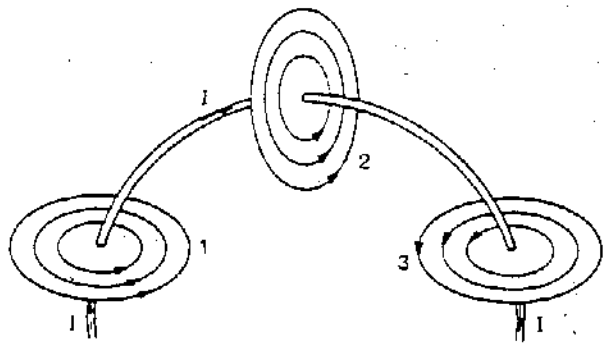
ครูให้ความรู้ว่าถ้านักเรียนใช้มือขวากำรอบเส้นลวดและนิ้วหัวแม่มือชี้ไปทางทิศของกระแสไฟฟ้า นิ้วที่เหลือจะแสดงทิศของสนามแม่เหล็ก ซึ่งตรงกับทิศที่หาได้โดยอาศัยเข็มทิศ ดังนั้น การใช้มือดังกล่าวสามารถหาทิศของสนามแม่เหล็กได้

ครูชี้แจงรายละเอียดเกี่ยวกับรูป 13.2 ในหนังสือเรียนเพิ่มเติมว่า สนามแม่เหล็กในรูปนี้เกิดจากการพิจารณาจุด ๆ หนึ่งของเส้นลวดตัวนำเท่านั้น ความจริงแล้วจะมีสนามแม่เหล็ก ณ ตำแหน่งต่างๆโดยรอบตลอดทั้งความยาวของขดลวดตัวนำ สมมติว่าเราพิจารณาลวดตัวนำที่จุด 3 จุดแล้วใช้มือขวากำรอบเส้นลวด ณ จุดทั้งสองเพื่อหาทิศของสนามแม่เหล็กจะได้สนามแม่เหล็กเป็นดังรูป 2.1



รูป 2.1 แสดงสนามแม่เหล็กรอบตัวนำเส้นตรง

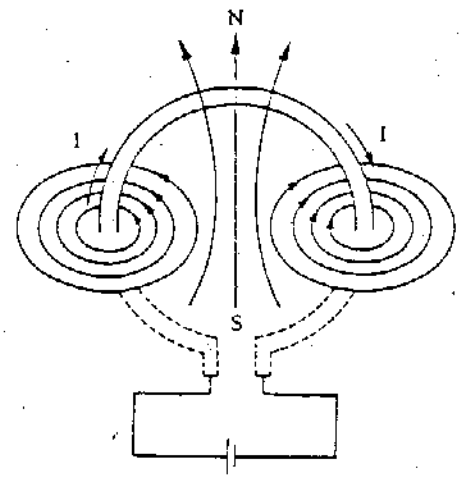
สำหรับสนามแม่เหล็กรอบตัวนำรูปโค้งวงกลม ก็สามารถหาทิศของสนามแม่เหล็กได้โดยใช้มือขวากำรอบลวดตัวนำเช่นกัน ถ้าพิจารณาสนามแม่เหล็กรอบลวดตัวนำรูปโค้งวงกลมเพียงสองจุด จะเป็นดังรูป 13.23 ในหนังสือเรียน แต่สนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นจะมีตลอดความยาวของเส้นลวดตัวนำนี้ สมมติพิจารณาลวดตัวนำที่จุดสามจุด จากนั้นใช้มือขวากำรอบเส้นลวดที่จุดทั้งสาม เพื่อหาทิศของสนามแม่เหล็ก จะได้สนามแม่เหล็กดังรูป 2.2



รูป 2.2 แสดงสนามแม่เหล็กรอบตัวนำรูปโค้งวงกลม

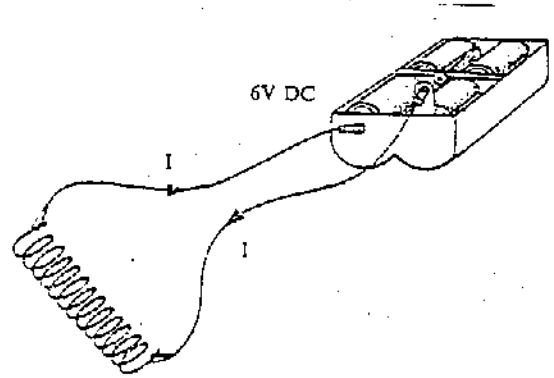
ครูชี้ให้นักเรียนเห็นว่าสนามแม่เหล็กในบริเวณรอบลวดตัวนำโค้งรูปวงกลมมีลักษณะคล้ายกับสนามแม่เหล็กของแท่งแม่เหล็กแท่งหนึ่ง ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน

จากความรู้เกี่ยวกับเส้นแรงแม่เหล็กเราทราบว่า เส้นแรงแม่เหล็กมีทิศพุ่งออกจากขั้วเหนือเข้าสู่ขั้วใต้ของแท่งแม่เหล็ก ฉะนั้นทางด้านใดด้านหนึ่งของลวดตัวนำรูปโค้งวงกลมจะต้องประพฤติตัวเสมือนเป็นขั้วเหนือหรือขั้วใต้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับทิศของกระแสไฟฟ้าที่ผ่านลวดตัวนำโค้งรูปวงกลม ถ้าทิศของกระแสไฟฟ้าอยู่ในทิศตามเข็มนาฬิกาจะสามารถระบุขั้วเหนือและขั้วใต้ ดังรูป 2.3



รูป 2.3 แสดงขั้วเหนือและขั้วใต้เมื่อลวดตัวนำเป็นรูปโค้งวงกลม

ครูให้ความรู้เกี่ยวกับโซเลนอยด์ โดยนำสายไฟสายอ่อนมาพันรอบวัตถุทรงกระบอก ซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 3-5 เซนติเมตร เมื่อดึงวัตถุทรงกระบอกออกสายไฟจะขดเป็นวงต่อเนื่องกัน ขดลวดดังกล่าวนี้เรียกว่า โซเลนอยด์ เพื่อที่จะศึกษาสนามแม่เหล็กจากขดลวดโซเลนอยด์ ให้ครูสาธิตดังนี้ครูต่อปลายหนึ่งของโซเลนอยด์กับขั้วหนึ่งของถ่านไฟฉาย 6 โวลต์ ดังรูป 2.4 จากนั้นครูนำเข็มทิศมาวางที่ตำแหน่งต่าง ๆ ใกล้ปลายทั้งสองของโซเลนอยด์ให้นักเรียนสังเกตการวางตัวของเข็มทิศซึ่งจะพบว่าเข็มทิศคงชี้แนวทิศเหนือและทิศใต้ ต่อปลายอีกข้างหนึ่งของโซเลนอยด์เข้ากับอีกขั้วหนึ่งของถ่านไฟฉาย สังเกตการวางตัวของเข็มทิศ ณ ตำแหน่งต่าง ๆ จะพบว่าเข็มทิศวางตัวในแนวต่าง ๆ กันแสดงว่ามีสนามแม่เหล็กเกิดขึ้นจากขดลวดโซเลนอยด์นี้ จะมีทิศดังรูป 13.24 ในหนังสือเรียน ครูแนะวิธีการบอกทิศของสนามแม่เหล็กดังกล่าวโดยใช้มือขวากำรอบสายไฟซึ่งขดเป็นวงกลมให้ปลาย



รูป 2.4 แสดงโซเลนอยด์ต่อกับถ่านไฟฉาย 6 โวลต์

นิ้วทั้งสี่วนไปตามทิศของกระแสไฟฟ้า ส่วนนิ้วหัวแม่มือจะชี้ไปตามทิศของสนามแม่เหล็ก ครูชี้ให้นักเรียนเห็นว่าสนามแม่เหล็กจะเกิดขึ้นจากขดลวดทุก ๆ วง และมีทิศไปทางเดียวกัน

ครูให้ความรู้เกี่ยวกับแม่เหล็กไฟฟ้าและการนำแม่เหล็กไฟฟ้าไปใช้งานด้านต่าง ๆ ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน

ขั้นสรุป

ครูใช้คำถามนำเพื่อช่วยให้นักเรียนได้ตอบคำถามตรงตามจุดประสงค์ในคาบนี้

1. เมื่อปล่อยกระแสไฟฟ้าตรงเข้าไปในลวดตัวนำตรง จะเกิดอะไรขึ้นรอบๆ ลวดตัวนำ (เกิดสนามแม่เหล็กขึ้นรอบ ๆ)

2. ทิศของสนามแม่เหล็กหาได้อย่างไร (ใช้มือขวากำรอบเส้นลวด นิ้วหัวแม่มือแทนทิศของกระแสไฟฟ้า นิ้วทั้งสี่แทนทิศของสนามแม่เหล็ก)

3. สนามแม่เหล็กที่เกิดจากการปล่อยกระแสไฟฟ้าเข้าไปในลวดตัวนำจะมีค่าเพิ่มขึ้นทำได้อย่างไร (โดยการนำเอาเส้นลวดมาขดบนแท่งเหล็กอ่อน แล้วปล่อยกระแสไฟฟ้าตรงเข้าไปยังลวดตัวนำ)

สื่อการเรียนการสอน

1. ลวดตัวนำเส้นตรง เส้นโค้ง ขดลวดโซลินอยด์ ถ่านไฟฉาย หม้อแปลงไฟฟ้าต่ำ เครื่องเรียงกระแส สายไฟ เข็มทิศ

2. หนังสือเรียนวิชาฟิสิกส์ ว 023 เล่ม 4

การวัดและประเมินผล

1. แบบฝึกหัดข้อ 5,12,13 และ 14 ในความรู้พื้นฐาน

2. แบบฝึกหัดข้อ 6,7 ในความรู้ประยุกต์

3. จากการสังเกต

4. ตรวจแบบฝึกหัด

แผนการสอนที่ 3

เรื่อง แรงกระทำต่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าซึ่งเคลื่อนที่ในบริเวณสนามแม่เหล็ก

คาบที่ 5 - 6

สาระสำคัญ

อนุภาคที่มีประจุไฟฟ้า เคลื่อนที่เข้าไปในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็ก ซึ่งมีทิศตั้งฉากกับทิศการเคลื่อนที่ จะมีแรงกระทำต่ออนุภาคนั้น โดยขนาดของแรงเท่ากับ qvB และสามารถหาทิศของแรงได้ โดยใช้แบบการหมุนตะปูเกลียวขวา

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

เมื่อจบบทเรียนนี้แล้วนักเรียนสามารถ

1. บอกได้ว่าเมื่ออนุภาคที่มีประจุเคลื่อนที่ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็กจะมีแรงกระทำต่ออนุภาคนั้น และขนาดของแรงกระทำจะมีค่ามากที่สุด ถ้าทิศของความเร็วตั้งฉากกับทิศของสนามแม่เหล็ก

2. หาทิศของแรงที่กระทำต่ออนุภาคที่มีประจุขณะเคลื่อนที่ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็กได้

3. บอกความสัมพันธ์ระหว่างแรงที่กระทำต่อประจุไฟฟ้า ที่มีความเร็วเมื่ออยู่ในสนามแม่เหล็ก และใช้ความสัมพันธ์ดังกล่าวนั้นหาปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องได้

เนื้อหา

1. ถ้าอนุภาคที่มีประจุ q เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว v เข้าไปในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็ก B ในแนวตั้งฉาก จะถูกแรง F กระทำ มีผลให้แนวการเคลื่อนที่เบนไปจากเดิม เมื่อพิจารณาแนวการเบนของอนุภาคที่มีประจุพบว่า ทิศของแรงกระทำตั้งฉากกับทิศของความเร็วของอนุภาคที่มีประจุและตั้งฉากกับทิศของสนามแม่เหล็กด้วย ขนาดของแรง F หาได้จาก $F = qvB$

2. ในกรณีที่อนุภาคที่มีประจุวิ่งในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็ก โดยทิศของความเร็วไม่ตั้งฉากกับทิศของสนามแม่เหล็ก ขนาดของแรงกระทำจะน้อยกว่าในกรณีตั้งฉากกับทิศของสนามแม่เหล็กและถ้าเคลื่อนที่ในแนวขนานกับทิศของสนามแม่เหล็ก ขนาดของแรงกระทำจะเป็นศูนย์ ถ้าอนุภาคที่มีประจุไม่เคลื่อนที่ก็จะไม่มีแรงกระทำ

3. ทิศของแรงที่กระทำต่ออนุภาคที่มีประจุเคลื่อนที่ด้วยความเร็วในแนวตั้งฉากกับทิศของสนามแม่เหล็ก สามารถหาได้โดยใช้แบบการหมุนตะปูเกลียวขวาโดยหมุนตะปูเกลียวในทิศจากความเร็วไปยังทิศของสนามแม่เหล็ก ผ่านมุม 90 องศา ทิศการเคลื่อนที่ของตะปูเกลียวจะแสดงทิศของแรง F ที่เกิดขึ้น สำหรับอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าลบ ทิศของแรงจะตรงข้ามกับแรงที่เกิดขึ้นกับประจุบวก

4. อาจหาทิศของแรงโดยกำนิ้วทั้งสี่ของมือขวาในทิศการหมุนจากทิศของความเร็วไปยังทิศของสนามแม่เหล็ก ผ่านมุม 90 องศา นิ้วหัวแม่มือจะชี้ทิศของแรงเช่นเดียวกับแบบการหมุนตะปูเกลียวขวา

กิจกรรมการเรียนการสอน

ขั้นนำ

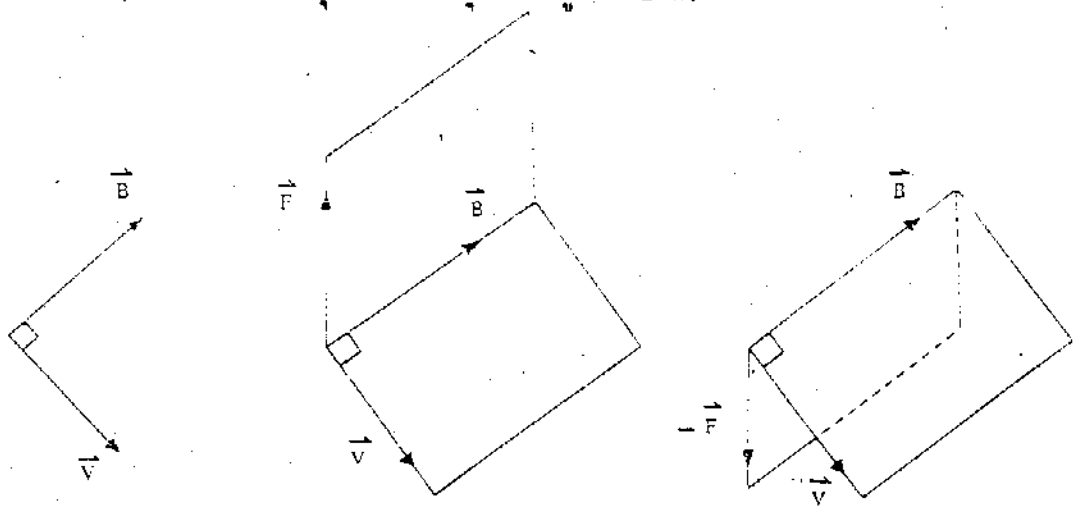
ครูทบทวนเกี่ยวกับแรงที่กระทำต่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้า q ซึ่งอยู่ในบริเวณที่มีสนามไฟฟ้าจนได้ข้อสรุปว่าแรงที่กระทำต่อประจุมีขนาดเท่ากับ qE ถ้าอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่เข้าไปในบริเวณสนามแม่เหล็กในแนวตั้งฉาก แนวการเคลื่อนที่ของอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าจะเป็นอย่างไร เพราะเหตุใดจึงเป็นอย่างนั้น

ขั้นสอน

จากนั้นครูให้ความรู้เกี่ยวกับอนุภาคที่มีประจุเคลื่อนที่ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็กประกอบกับรูป 13.10 และ 13.11 ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน

จากการศึกษาข้างต้น นักเรียนยังไม่ทราบวิธีการหาทิศของแรง F ซึ่งกระทำต่ออนุภาคที่มีประจุซึ่งเคลื่อนที่ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็ก ครูบอกกับนักเรียนว่าหลักในการหาทิศของแรง F นั้น จะพิจารณาจากการเคลื่อนที่ของอนุภาคที่มีประจุบวกพร้อมทั้งใช้แบบการหมุนตะปูเกลียวขวาตามรายละเอียดในหนังสือเรียน จากนั้นครูให้ความรู้เกี่ยวกับการหาทิศ

ของแรง F สำหรับอนุภาคที่มีประจุลบให้คิดเสมือนว่าทิศของความเร็ว v ของอนุภาคที่มีประจุลบ คือ ทิศของความเร็ว v ของอนุภาคที่มีประจุบวก แล้วใช้แบบการหมุนตะปูเกลียวขวาหาทิศของแรง F จะได้ทิศของแรง F ดังรูป 3.1 ข. เมื่อกลับทิศของแรงนี้จะเป็นทิศของแรง F ที่กระทำต่ออนุภาคที่มีประจุลบ ดังรูป 3.1 ค.



ก. แสดงทิศความเร็ว $\vec{v}$ ของอนุภาคที่มีประจุ

ข. แสดงทิศของแรง $\vec{F}$ เมื่อคิดว่า $\vec{v}$ เป็นความเร็วของอนุภาคที่มีประจุบวก

ค. ทิศของแรง $\vec{F}$ เมื่อกลับตรงกันข้าม

รูป 3.1 การหาทิศของแรงที่กระทำต่ออนุภาคที่มีประจุลบ

ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายตัวอย่าง13.1 ซึ่งสรุปได้ว่าเมื่ออิเลคตรอนเคลื่อนที่ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็ก โดยความเร็วของอิเลคตรอนตั้งฉากกับสนามแม่เหล็กจะมีแรงกระทำต่ออิเลคตรอนในทิศตั้งฉากกับความเร็วตลอดเวลา โดยขนาดของความเร็วคงตัว

ขั้นสรุป

ครูใช้คำถามนำว่า ถ้าอิเลคตรอนเคลื่อนที่เข้าไปในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็กในแนวตั้งฉาก จะเกิดอะไรกับอิเลคตรอนตลอดเวลา(เกิดแรงกระทำกับอิเลคตรอน)แรงที่กระทำนี้มีทิศทางอย่างไร(มีทิศตั้งฉากกับทิศของสนามแม่เหล็กและทิศของความเร็วของอิเลคตรอน) ทำให้แนวการเคลื่อนที่ของอิเลคตรอนมีลักษณะอย่างไร(มีลักษณะเป็นวงกลม) ขนาดของแรงที่กระทำกับอิเลคตรอนมีค่าเท่าใด (เท่ากับผลคูณระหว่างค่าประจุไฟฟ้า ขนาดความเร็วของ

อิเลคตรอนและขนาดสนามแม่เหล็กไฟฟ้า) ครูบอกนักเรียนว่า จากการอภิปรายทั้งหมดนี้ เราก็สามารถหาคำตอบที่ตั้งไว้ข้างต้นได้

สื่อการเรียนการสอน

1. หลอดรังสีคาโทด สายไฟ หม้อแปลงโวลต์ต่ำ
2. หนังสือเรียนวิชาฟิสิกส์ ว 023

การวัดและประเมินผล

1. แบบฝึกหัดข้อ 3 และ 4 ความรู้พื้นฐาน และแบบฝึกหัดข้อ 1 ความรู้ประยุกต์
2. จากการสังเกต
3. ตรวจแบบฝึกหัด

แผนการสอนที่ 4

เรื่อง แรงกระทำต่อลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านเมื่ออยู่ในบริเวณสนามแม่เหล็ก

คาบที่ 7 - 8

สาระสำคัญ

ลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านวางอยู่ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็กโดยความยาวของลวดตัวนำตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก จะเกิดแรงกระทำต่อลวดตัวนำนั้น ทิศของแรงจะขึ้นอยู่กับทิศของกระแสไฟฟ้าและทิศของสนามแม่เหล็ก

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

เมื่อจบบทเรียนนี้แล้วนักเรียนสามารถ

1. ทำกิจกรรมและสรุปได้ว่า เส้นลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่าน เมื่อวางอยู่ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็ก จะมีแรงกระทำต่อเส้นลวดตัวนำนั้นในทิศตั้งฉาก กับทิศของกระแสไฟฟ้าและทิศของสนามแม่เหล็ก

2. บอกความสัมพันธ์ระหว่าง แรง กระแสไฟฟ้า ความยาวของเส้นลวดตัวนำและสนามแม่เหล็กได้

3. นำความสัมพันธ์ระหว่างแรง กระแสไฟฟ้า ความยาวของเส้นลวดตัวนำ และสนามแม่เหล็ก ไปคำนวณหาปริมาณที่เกี่ยวข้องได้

เนื้อหา

1. แรงบนลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านและอยู่ในสนามแม่เหล็ก ขนาดแรง F ที่เกิดขึ้นบนเส้นลวดยาว l ซึ่งตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก B เมื่อมีกระแสไฟฟ้า I ผ่านมีค่าเท่ากับ $F = IlB$

2. ทิศของแรงกระทำอาจหาได้จากแบบการหมุนตะปูเกลียวขวาหรือใช้นิ้วทั้งสี่ของมือขวาในทิศการหมุนจากทิศของกระแสไฟฟ้าไปยังทิศของสนามแม่เหล็ก ผ่านมุม 90 องศา นิ้วหัวแม่มือจะชี้ทิศของแรง เช่นเดียวกับแบบการหมุนตะปูเกลียวขวา

กิจกรรมการเรียนการสอน

ขั้นนำ

ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยทบทวนเกี่ยวกับความรู้เรื่องกระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำขณะมีกระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำ นั่นก็คือประจุไฟฟ้าในลวดตัวนำเคลื่อนที่ แล้วตั้งคำถามว่า ถ้าวางลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าไว้ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็ก จะเกิดแรงกระทำต่อขดลวดนั้นหรือไม่

ขั้นสอน

ครูแนะนำก่อนทำกิจกรรม 13.1 ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน

1. การทดลองนี้ต้องให้กระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำในทิศที่แน่นอนอาจใช้ถ่านไฟฉายเป็นแหล่งกำเนิดไฟฟ้าหรืออาจใช้เครื่องเรียงกระแสไฟฟ้าก็ได้ ในกิจกรรมนี้ให้นักเรียนใช้เครื่องเรียงกระแสไฟฟ้า เพราะว่าจำเป็นต้องใช้กระแสที่มีค่ามากจึงจะเห็นผลการทดลองชัดเจน การต่อเครื่องเรียงกระแสไฟฟ้า ให้นักเรียนต่อทางด้าน a.c ของเครื่องเรียงกระแสไฟฟ้ากับหม้อแปลงที่มีความต่างศักย์ 6 โวลต์ และต่อเครื่องเรียงกระแสไฟฟ้าทางด้าน d.c กับฐานรองรับลวดตัวนำอะลูมิเนียม ก่อนต่อเครื่องเรียงกระแสไฟฟ้ากับหม้อแปลงควรปิดสวิตช์ของหม้อแปลงก่อน

2. แม่เหล็กรูปตัวยูในการทดลองนี้ คือแผ่นเหล็กที่งอเป็นรูปตัวยูซึ่งมีแท่งแม่เหล็กอยู่ 2 แท่งติดอยู่ที่ปลายทั้งสองของแผ่นเหล็ก ก่อนทำการทดลองครูแนะนำให้นักเรียนนำเข็มทิศมาตรวจสอบขั้วของแม่เหล็กรูปตัวยู เพื่อจะได้ทราบว่าด้านล่างของแท่งแม่เหล็กแท่งบนเป็นขั้วใต้ และด้านบนของแม่เหล็กแท่งล่างเป็นขั้วเหนือ ในกรณีที่ต้องการให้ทิศของสนามแม่เหล็กลงตามแนวดิ่ง ให้พลิกแผ่นเหล็กรูปตัวยูกลับข้างบนลงล่าง

3. เพื่อไม่ให้กระแสไฟฟ้ามีค่ามากผ่านอุปกรณ์การทดลองนี้มากเกินไป ซึ่งจะทำให้อุปกรณ์เสียเร็ว เมื่อเสร็จการทดลองแต่ละครั้งแล้ว รีบปิดสวิตช์ทันที

ครูให้นักเรียนลงมือทำกิจกรรม 13.1 ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน

ครูนำผลการทำกิจกรรมมาอภิปรายร่วมกับนักเรียนตามแนวคำถามในหนังสือเรียนจนสรุปได้ว่า

เส้นลวดตัวนำมีกระแสไฟฟ้าผ่านและอยู่ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็ก จะมีแรงกระทำให้เส้นลวดตัวนำเคลื่อนที่ การเคลื่อนที่จะอยู่ในทิศใดขึ้นอยู่กับทิศของกระแสไฟฟ้าและทิศของสนามแม่เหล็ก

ครูชี้ให้นักเรียนเห็นว่าจากการทำกิจกรรมนั้น เราไม่ทราบขนาดของแรงว่าขึ้นอยู่กับขนาดของกระแสไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กอย่างไร ต่อไปครูให้ความรู้เกี่ยวกับการหาความสัมพันธ์ระหว่าง F,I,l,B ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน

ครูเน้นว่า สำหรับทิศของแรงซึ่งกระทำต่อลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านเมื่ออยู่ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็ก อาจหาได้จากแบบการหมุนตะปูเกลียวขวา ซึ่งครูอาจให้นักเรียนลองตรวจสอบหาทิศของแรงในแต่ละกรณีจากกิจกรรมโดยพิจารณารูป13.18 ในหนังสือเรียนประกอบ จากนั้นครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายตัวอย่าง 13.2 ตามรายละเอียดในหนังสือเรียนซึ่งเป็นการฝึกให้นักเรียนใช้สูตร F = IlB และเพื่อให้ทราบว่าแรง F นี้ทำให้ลวดตัวนำเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง

ขั้นสรุป

ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อให้ได้ข้อสรุปว่า ลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านวางอยู่ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็กโดยความยาวของลวดตัวนำตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก จะเกิดแรงกระทำต่อลวดตัวนำนั้น และทิศของแรงจะขึ้นอยู่กับทิศของกระแสไฟฟ้าและทิศของสนามแม่เหล็ก

สื่อการเรียนการสอน

1. หม้อแปลงไฟฟ้าโวลต์ต่ำ เครื่องเรียงกระแสไฟฟ้า แม่เหล็กรูปตัวยู เส้นลวดตัวนำอะลูมิเนียม ฐานรองรับเส้นลวดตัวนำสายไฟ
2. หนังสือเรียนวิชาฟิสิกส์ ว 023

การวัดและประเมินผล

1. ตรวจแบบฝึกหัดข้อ6-11 ความรู้พื้นฐาน และแบบฝึกหัดข้อ2-5 ความรู้ประยุกต์
2. สังเกตและตรวจรายงานกิจกรรม 13.1

แผนการสอนที่ 5

เรื่อง แรงกระทำต่อลวดตัวนำสองเส้นที่มีกระแสไฟฟ้าและขนานกัน คาบที่ 9 - 10

สาระสำคัญ

ลวดตัวนำสองเส้นวางขนานกันและมีกระแสไฟฟ้าผ่าน จะมีแรงกระทำต่อลวดตัวนำทั้งสอง

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

เมื่อจบบทเรียนนี้แล้วนักเรียนสามารถ

ทำกิจกรรมและสรุปได้ว่า จะมีแรงกระทำต่อลวดตัวนำทั้งสองที่วางขนานกัน เมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่าน และแรงนั้นจะเป็นแรงดูดหรือแรงผลัก ขึ้นอยู่กับทิศของกระแสไฟฟ้าในเส้นลวด

เนื้อหา

1. ลวดตัวนำสองเส้นซึ่งขนานกันและมีกระแสผ่านจะมีแรงกระทำระหว่างกัน

2. เมื่อให้กระแสผ่านเส้นลวดที่วางขนานกันในทิศทางเดียวกัน แรงที่เกิดขึ้นเป็นแรงดูดกัน ทำให้เส้นลวดทั้งสองเคลื่อนที่เข้าหากัน

3. เมื่อให้กระแสผ่านเส้นลวดที่วางขนานกันในทิศสวนทางกัน แรงที่เกิดขึ้นเป็นแรงผลักกัน ทำให้เส้นลวดทั้งสองเคลื่อนที่ออกจากกัน

4. ผู้ที่ค้นพบว่าลวดตัวนำทั้งสองซึ่งขนานกัน และมีกระแสไฟฟ้าผ่านจะมีแรงกระทำระหว่างกัน คือ แอมแปร์

กิจกรรมการเรียนการสอน

ขั้นนำ

ครูตั้งคำถามเพื่อทบทวนความรู้เดิมและนำเข้าสู่บทเรียนว่า

1. ถ้าปล่อยกระแสไฟฟ้าตรงเข้าไปในเส้นลวดตรง จะเกิดอะไรขึ้นรอบ ๆ เส้นลวดนั้น (เกิดสนามแม่เหล็ก)

2. ถ้าปล่อยกระแสไฟฟ้าตรงเข้าไปในเส้นลวดตรงที่วางอยู่ในบริเวณสนามแม่เหล็กในแนวตั้งฉาก จะเกิดอะไรขึ้นกับเส้นลวดนั้น (เกิดแรงกระทำกับเส้นลวดในทิศตั้งฉากกับเส้นลวดและทิศของสนามแม่เหล็ก)

ครูถามนักเรียนว่าถ้าปล่อยกระแสไฟฟ้าตรงเข้าไปในเส้นลวดตัวนำสองเส้นที่วางขนานกันจะเกิดผลอย่างไร เราจะได้มาศึกษากันในคาบนี้

ขั้นสอน

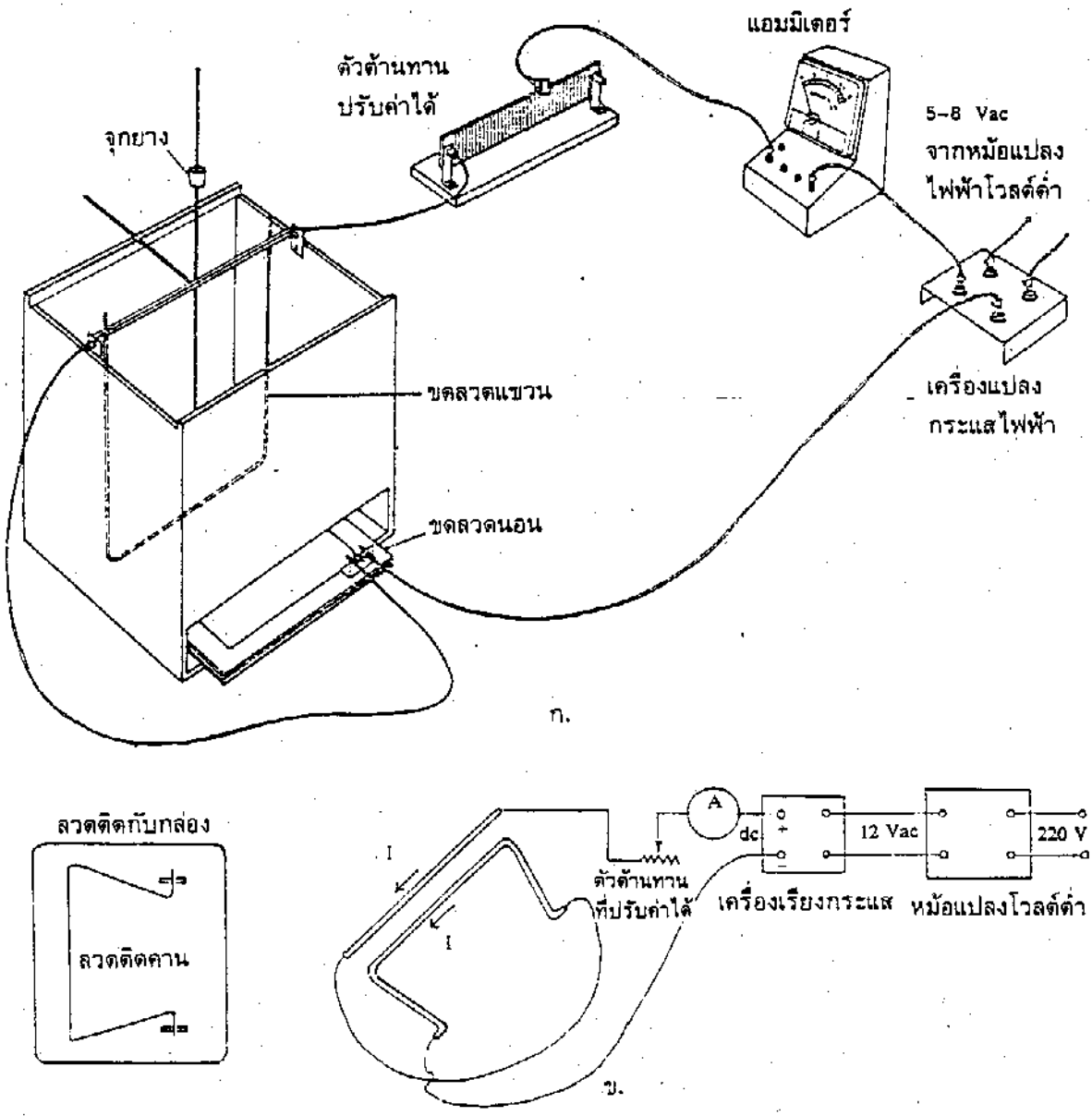
ครูนำเข้าสู่กิจกรรม 13.3 ในหนังสือเรียนโดยการทบทวนความรู้และตั้งคำถามตามรายละเอียดในหนังสือเรียน

ครูแนะนำก่อนทำกิจกรรม ดังนี้

1. ครูแนะนำส่วนประกอบของเครื่องชั่งกระแสไฟฟ้า ซึ่งประกอบด้วยลวดทองแดงที่ต่อกับคาน 1 เส้น และลวดที่ติดอยู่กับกล่องทดลอง ประมาณ 10 เส้น ซึ่งเรียกว่าเป็นชุดลวดทองแดง การที่ต้องใช้ลวดจำนวนมากนั้นต้องการกระแสไฟฟ้าผ่านลวดมาก สนามแม่เหล็กจะมีค่ามาก เพื่อทำให้เกิดแรงมากเมื่อกระทำต่อลวดที่ติดกับคาน จะสังเกตผลของแรงที่กระทำต่อลวดได้

2. เมื่อปรับให้ลวดที่ติดกับคานอยู่ตามแนวระดับ เส้นลวดจะอยู่เหนือขดลวดที่ติดกับกล่องเล็กน้อย

3. ครูแนะนำนักเรียนให้ต่อแอมมิเตอร์ในวงจร โดยต่อช่อง 5 A ของแอมมิเตอร์เข้ากับขั้วบวกของเครื่องเรียงกระแสไฟฟ้าและต่อขั้วลบกับสายไฟจากตัวต้านทานปรับค่าได้ดังรูป 13.18 การทดลองนี้จะได้ผลดี อุปกรณ์บางอย่างจะไม่เสียหาย เมื่อให้กระแสแก่วงจรไฟฟ้าประมาณ 3-4 แอมแปร์ ซึ่งจะทราบได้จากแอมมิเตอร์ การที่จะให้เกิดกระแสในวงจรมีค่าดังกล่าวนั้นให้ปรับที่ตัวต้านทานปรับค่าได้ ถ้าปรับค่าความต้านทานแล้วกระแสไฟฟ้าในวงจรยังน้อยไป และลวดที่ติดกับคานยังไม่ขยับตัว ให้เพิ่มค่าความต่างศักย์จากหม้อแปลง ซึ่งจะใช้ค่าความต่างศักย์ในช่วง 5-8 โวลต์ ครูควรเน้นกับนักเรียนไม่ให้ใช้เกิน 8 โวลต์ เพราะเครื่องมือจะเสียหายได้



รูป 5.1 การต่อวงจรที่ใช้กับการทดลอง

4. ให้นักเรียนใช้เข็มทิศตรวจทิศของกระแสไฟฟ้าที่ผ่านขดลวดที่พันรอบ โดยนำขดลวดที่ติดกับคานออกจากกล่องเครื่องชั่งกระแส แล้วนำเข็มทิศไปวางใต้ขดลวดส่วนที่ต้องการหาทิศของกระแสไฟฟ้า ความยาวของขดลวดส่วนนี้จะต้องอยู่ในแนวเดียวกับเข็มทิศซึ่งชี้ทิศเหนือและทิศใต้ เปิดสวิตช์หม้อแปลงจะพบว่าเข็มทิศเบนไปจากเดิมจากนั้นใช้มือขวาเสมือนกำเส้นลวดดังกล่าว ให้นิ้วทั้งสี่ชี้ไปทางทิศที่ขั้วเหนือของเข็มทิศเคลื่อนที่ไปซึ่งจะเป็น

ทิศของสนามแม่เหล็กที่วนรอบเส้นลวด ส่วนนิ้วหัวแม่มือจะชี้ไปทางทิศที่กระแสไฟฟ้าผ่านในเส้นลวด เมื่อทราบทิศของกระแสที่ผ่านขดลวดแนวระดับส่วนที่อยู่ใกล้และขนานกับลวดแขวนแล้ว ให้นักเรียนตรวจทิศของกระแสไฟฟ้าที่ผ่านลวดแขวน จะทำให้ทราบได้ว่ากระแสไฟฟ้าที่ผ่านลวดทั้งสองนั้นมีทิศไปทางเดียวกันหรือมีทิศสวนทางกัน

5. เมื่อทำการทดลองและสังเกตได้แล้ว ควรปิดสวิตช์ของหม้อแปลงโวลต์ต่ำทันที

ครูให้นักเรียนลงมือทำกิจกรรม 13.3 ตามลำดับขั้นตอนในแบบเรียน

ครูนำผลการทำกิจกรรมมาอภิปรายตามแนวคำถามในหนังสือเรียน จนสรุปได้ว่า

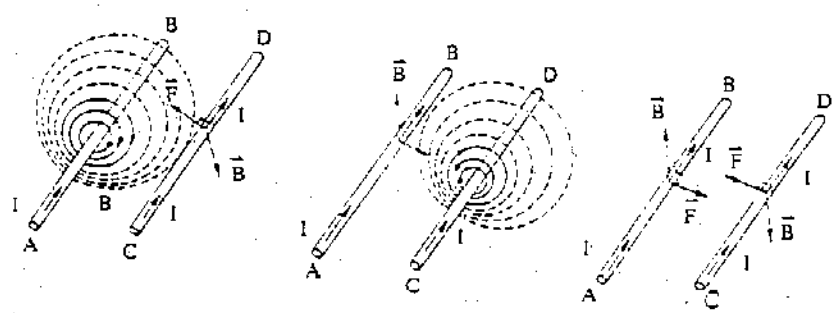
1. เมื่อมีกระแสในขดลวดเพียงขดเดียวจะไม่มีแรงกระทำระหว่างขดลวดทั้งสอง

2. เมื่อมีกระแสในขดลวดทั้งสองจะมีแรงกระทำระหว่างกัน ซึ่งทราบได้จากการที่ขดลวดที่ติดกับคานเบนไป สำหรับขดลวดที่พันรอบกล่องไม่มีการเคลื่อนที่เนื่องจากถูกยึดติดกับกล่อง

3. ถ้ากระแสมีทิศเดียวกันแรงที่เกิดขึ้นจะเป็นแรงดูด ถ้ากระแสมีทิศสวนกันแรงที่เกิดขึ้นจะเป็นแรงผลัก ทั้งนี้ทราบได้จากการที่ลวดที่ติดกับคานเบนเข้าหาหรือเบนออกจากขดลวดที่พันรอบกล่อง

ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับแรงที่เกิดขึ้นระหว่างลวดตัวนำ 2 เส้นซึ่งมีกระแสไฟฟ้าผ่าน โดยลวดทั้งสองวางขนานกัน ดังนี้

กรณีที่ 1 เมื่อกระแสไฟฟ้ามีทิศไปทางเดียวกัน



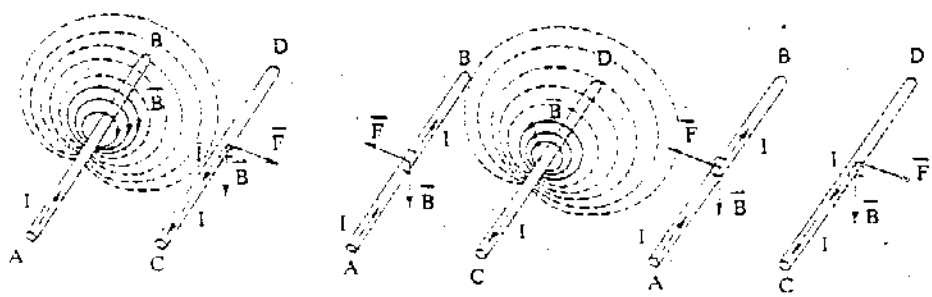
รูป 5.2 แรงกระทำระหว่างลวดตัวนำ 2 เส้นเมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่านในทิศเดียวกัน

ลวดตัวนำเส้นตรง ab และ cd วางขนานกันและมีกระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำทั้งสองในทิศเดียวกัน เมื่อพิจารณาลวดตัวนำ ab เราทราบว่า มีสนามแม่เหล็กเกิดขึ้นรอบลวดตัวนำนี้ เราสามารถหาทิศของสนามแม่เหล็กนี้ได้ โดยใช้มือขวากำรอบลวดตัวนำสนามแม่เหล็ก B รอบลวดตัวนำ abจะปรากฏที่ลวดตัวนำ cdในทิศตั้งฉากกับทิศของกระแสไฟฟ้า I ดังรูป 13.19 ก ลวดตัวนำ cd นี้จะถูกแรงกระทำเพราะอยู่ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็กจากการใช้แบบการหมุนตะปูเกลียวขวาจะทราบว่าแรง F ที่กระทำต่อลวดตัวนำ cd ตั้งฉากกับลวดตัวนำ cd และมีทิศพุ่งเข้าหาลวดตัวนำ ab

ในทำนองเดียวกันกล่าวได้ว่า ลวดตัวนำ ab อยู่ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็ก B ซึ่งเกิดจากลวดตัวนำ cd มีกระแสไฟฟ้า I ผ่าน และทิศของสนามแม่เหล็กที่ลวดตัวนำ ab ตั้งฉากกับทิศของกระแสไฟฟ้าจากการใช้แบบการหมุนตะปูเกลียวขวา แรง F ที่กระทำต่อลวดตัวนำ ab ตั้งฉากกับลวดตัวนำ ab และมีทิศพุ่งเข้าหาลวดตัวนำ cd ดังรูป 13.19 ข.

เมื่อพิจารณาลวดตัวนำ ab และ cd ในเวลาเดียวกัน จะเขียนทิศของสนามแม่เหล็กและทิศของแรงได้ ดังรูป 13.19 ค. แรงที่กระทำต่อลวดตัวนำทั้งสองนี้จะทำให้ลวดตัวนำเคลื่อนที่เข้าหากัน

กรณีที่ 2 เมื่อกระแสไฟฟ้ามีทิศตรงกันข้าม



รูป 5.2 แรงกระทำระหว่างลวดตัวนำ 2 เส้นเมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่านในทิศตรงข้ามกัน

การหาแรงกระทำระหว่างลวดตัวนำทั้งสองใช้วิธีการเช่นเดียวกับกรณีที่ 1 ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายตามรูป 13.20 โดยเริ่มจากรูป 13.20 ก.ข.และ ค. ตามลำดับ จากนั้นครูสรุปว่า ลวดตัวนำ 2 เส้นมีกระแสผ่านในทิศสวนกัน วางขนานกันจะมีแรงกระทำต่อลวดตัวนำทั้งสองเป็นผลให้ลวดตัวนำทั้งสองเคลื่อนที่แยกจากกัน

ครูควรเน้น ผลจากการเกิดแรงกระทำระหว่างลวดตัวนำสองเส้นที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านได้ นำไปสู่การนิยามความหมายของแอมแปร์ในหน่วยเอสไอ ซึ่งนักเรียนจะได้ศึกษาจากภาคผนวก

ขั้นสรุป

ครูและนักเรียนช่วยกันสรุปความรู้ที่เรียนทั้งหมด ซึ่งอาจจะถามนักเรียนว่า

1. ถ้าปล่อยกระแสไฟฟ้าตรงเข้าไปในเส้นลวดตัวนำสองเส้นที่วางขนานกัน จะเกิดผลอย่างไร (จะเกิดแรงกระทำกับเส้นลวดทั้งสอง)

2. ถ้าผ่านกระแสไฟฟ้าตรงเข้าไปในเส้นลวดทั้งสองในทิศเดียวกันจะเกิดผลอย่างไร (ลวดทั้งสองเคลื่อนที่เข้าหากัน)

3. ถ้าผ่านกระแสไฟฟ้าตรงเข้าไปในเส้นลวดทั้งสองในทิศตรงข้ามกันจะเกิดผลอย่างไร (ลวดทั้งสองเคลื่อนที่ออกห่างจากกัน)

4. ผู้ที่ศึกษาเรื่องนี้เป็นคนแรกคือใคร (แอมแปร์)

สื่อการเรียนการสอน

1. ชุดทดลองเครื่องชั่งกระแสไฟฟ้า
2. หนังสือเรียนวิชาฟิสิกส์ เล่ม 4 ของกระทรวงศึกษาธิการ

การวัดและประเมินผล

1. โดยการซักถาม
2. สังเกตจากการทำกิจกรรม
3. รายงานการทำกิจกรรม
4. ตรวจรายงานการทดลอง

แผนการสอนที่ 6

เรื่อง แรงกระทำต่อขดลวดที่อยู่ในบริเวณสนามแม่เหล็กและมีกระแสไฟฟ้าผ่าน

คาบที่ 11 - 12

สาระสำคัญ

เมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่านขดลวดตัวนำรูปสี่เหลี่ยมที่อยู่ในสนามแม่เหล็กจะมีโมเมนต์ของแรงคู่ควบกระทำต่อขดลวด ทำให้ขดลวดหมุน

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

เมื่อจบบทเรียนนี้แล้วนักเรียนสามารถ

1. บอกได้ว่าเมื่อขดลวดตัวนำรูปสี่เหลี่ยมมุมฉากของขดลวดอยู่ในสนามแม่เหล็กจะมีแรงคู่ควบกระทำต่อลวดตัวนำนั้น

2. บอกความสัมพันธ์ระหว่างโมเมนต์ของแรงคู่ควบ กระแสไฟฟ้า พื้นที่ของขดลวดและสนามแม่เหล็ก

3. บอกและหาความสัมพันธ์ระหว่างโมเมนต์ของแรงคู่ควบที่เกิดขึ้นกับโคไซน์ของมุมระหว่างระนาบของขดลวดกับทิศของสนามแม่เหล็ก

4. เมื่อกำหนดสถานการณ์ให้ นำความสัมพันธ์ระหว่างโมเมนต์ของแรงคู่ควบที่เกิดขึ้นกับโคไซน์ของมุมระหว่างระนาบของขดลวด กับทิศของสนามแม่เหล็กไปคำนวณหาปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องได้

เนื้อหา

1. ถ้าขดลวดสี่เหลี่ยมกว้าง a ยาว b อยู่ในระหว่างสนามแม่เหล็ก B มีกระแสไฟฟ้า I ผ่านและระนาบของขดลวดอยู่ในแนวขนานกับทิศของสนามแม่เหล็กขดลวดนี้จะหมุนด้วยแรงคู่ควบที่มีขนาด M = IAB เมื่อ A = ab คือพื้นที่ของขดลวด

2. ถ้าระนาบของขดลวดทำมุม กับทิศของสนามแม่เหล็ก ค่าโมเมนต์ของแรงคู่ควบมีค่าเท่ากับ NIAB cos เมื่อขดลวด มี N รอบ

กิจกรรมการเรียนการสอน

ขั้นนำ

ครูทบทวนความรู้เดิม โดยอาจตั้งคำถามว่า

1. ถ้าปล่อยกระแสไฟฟ้าตรงเข้าไปในเส้นลวดตรงซึ่งวางตั้งฉากกับทิศของสนามแม่เหล็ก จะเกิดผลอย่างไร (เกิดแรงกระทำกับเส้นลวด)

2. แรงที่กระทำกับเส้นลวดนั้นมีทิศอย่างไร (มีทิศตั้งฉากกับเส้นลวดและทิศของสนามแม่เหล็ก)

ครูถามนักเรียนว่า ถ้านำเส้นลวดตรงมาขดเป็นรูปสี่เหลี่ยมมุมฉากให้วางในสนามแม่เหล็กและปล่อยกระแสไฟฟ้าตรงเข้าไปในขดลวดนี้จะเกิดผลอย่างไร เราจะมาศึกษากันในคาบนี้

ขั้นสอน

ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับลวดตัวนำรูปสี่เหลี่ยมมุมฉากที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านเมื่ออยู่ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็ก โดยเริ่มพิจารณากรณีที่ระนาบของขดลวดอยู่ในแนวขนานกับสนามแม่เหล็กตามรายละเอียดในหนังสือเรียน ในการอภิปรายนั้นครูควรใช้ รูป 13.32, 13.33 และ 13.34 ในหนังสือเรียนประกอบ และควรแนะว่า การพิจารณาขดลวดสี่เหลี่ยมมุมฉากจะพิจารณาเป็นส่วน ๆ เช่นพิจารณาขดลวดส่วน PQ หรือ RS เป็นต้น ผลจากการอภิปรายควรสรุปได้ดังนี้

1. ไม่มีแรงกระทำต่อขดลวด OR และ PS เพราะขดลวดทั้งสองส่วนนี้อยู่ในแนวเดียวกับเส้นแรงแม่เหล็ก หรือในแนวขนานกับเส้นแรงแม่เหล็ก

2. มีแรงกระทำต่อขดลวดส่วน PQ และ RS ซึ่งแรงทั้งสองนี้คือ แรงคู่ควบ

3. แรงคู่ควบที่กระทำต่อขดลวดส่วน PQ และ RS จะทำให้ขดลวดหมุนทวนเข็มนาฬิกา ในขณะนี้จะได้โมเมนต์ของแรงคู่ควบ $M = IAB$ เมื่อ I คือค่ากระแสไฟฟ้า A คือพื้นที่ของขดลวด และ B คือขนาดของสนามแม่เหล็ก

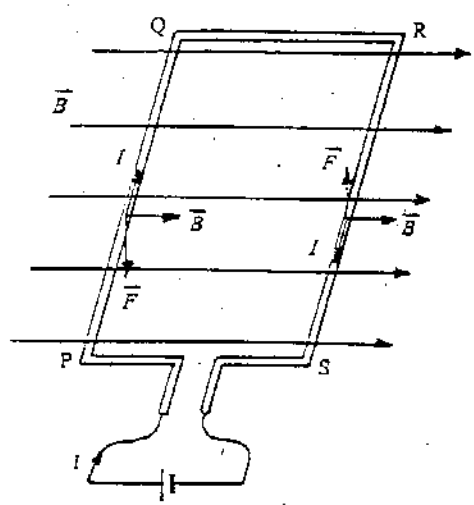
จากนั้นครูและนักเรียนร่วมกันอภิปราย เพื่อศึกษาโมเมนต์ของแรงคู่ควบโดยใช้แนวคำถามต่อไปนี้

คำถาม 1เมื่อระนาบของขดลวด PQRS เอียงทำมุมกับสนามแม่เหล็กขดลวดส่วน PQ และ RS ยังคงตั้งฉากกับสนามแม่เหล็กหรือไม่ ทิศและขนาดของแรงที่กระทำต่อขดลวดทั้ง 2 ส่วนนี้เป็นอย่างไร เมื่อเทียบกับแรงในกรณีที่ระนาบของขดลวด PQRS อยู่ในแนวขนานกับสนามแม่เหล็ก

ขดลวดส่วน PQ และ RS ยังคงตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก ไม่ว่าระนาบของขดลวดจะเอียงทำมุมเท่าใดกับสนามแม่เหล็ก แรงที่กระทำต่อขดลวดแต่ละส่วนมีทิศและขนาดเหมือนเดิม

คำถาม 2 เมื่อระนาบของขดลวด PQRS เอียงทำมุมกับสนามแม่เหล็ก ขดลวดส่วน PS และ QR ก็จะเอียงทำมุมกับสนามแม่เหล็กด้วย ขณะนี้เกิดแรงกระทำต่อขดลวดทั้งสองส่วนหรือไม่

คำตอบ มีแรงกระทำต่อขดลวดส่วน PS และ QR ขนาดของแรงแต่ละแรงเป็นไปตามสมการ $F=IlB$ ดังนั้นแรงทั้งสองมีขนาดเท่ากัน จากการใช้แบบการหมุนตะปูเกลียวขวาจะทราบทิศของแรงทั้งสองตรงข้ามกัน และอยู่ในแนวเดียวกัน ดังรูป 6.1ซึ่งไม่มีผลต่อการหมุนของขดลวด



รูป 6.1 ขดลวดตัวนำในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็ก

คำถาม 3 ขดลวด PQRS จะหมุนหรือไม่ ถ้าหมุนขดลวด PQRS จะหมุนในทิศใด เพราะเหตุใด

คำตอบ ขดลวด PQRS จะหมุนทวนเข็มนาฬิกา เพราะมีโมเมนต์ของแรงคู่ควบเนื่องมาจากแรงที่กระทำต่อ PQ และ RS เท่านั้น

ต่อไปครูให้ความรู้ในการหาค่าโมเมนต์ของแรงคู่ควบ ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน จนกระทั่งได้ค่าโมเมนต์ของแรงคู่ควบ M = IAB ความสัมพันธ์นี้พิจารณาเมื่อระนาบของขดลวดอยู่ในแนวขนานกับสนามแม่เหล็ก ครูให้ความรู้ต่อไปว่า ถ้าในกรณีที่ระนาบของขดลวดทำมุม กับทิศของสนามแม่เหล็ก หาค่าโมเมนต์ของแรงคู่ควบได้ $M = NIAB \cos\theta$ ซึ่งเป็นสมการ (13.4) ในหนังสือเรียน

ครูอธิบายตัวอย่าง 13.2 ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน ซึ่งเป็นตัวอย่างที่จะทำให้นักเรียนสามารถใช้สมการ 13.4 ในหนังสือเรียนได้ดีขึ้น

จากนั้นครูบอกนักเรียนว่า เราใช้หลักการหมุนของขดลวดดังกล่าวมานี้เป็นพื้นฐานไปสร้างแกลแวนอมิเตอร์ และมอเตอร์ไฟฟ้า

ขั้นสรุป

ครูและนักเรียนช่วยกันสรุปความรู้ที่เรียนมา ซึ่งจะได้ตอบคำถามที่ตั้งไว้ตั้งแต่เริ่มต้นของการเรียนในคาบนี้

1. ครูถามนักเรียนว่า ถ้านำขดลวดรูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก วางในสนามแม่เหล็กและปล่อยกระแสไฟฟ้าตรงเข้าไปในขดลวดนี้จะเกิดผลอย่างไร

(มีแรงกระทำกับขดลวด ทำให้ขดลวดหมุนได้)

2. การหมุนของขดลวดจะหมุนเร็วหรือช้าขึ้นอยู่กับอะไรบ้าง

(ขนาดของกระแสไฟฟ้าตรง ขนาดของสนามแม่เหล็ก และจำนวนรอบของขดลวด)

3. ทิศทางการหมุนของขดลวด ขึ้นอยู่กับอะไร

(ขึ้นอยู่กับทิศของกระแสไฟฟ้ากับทิศของสนามแม่เหล็ก)

สื่อการเรียนการสอน

1. ชุดทดลองขดลวดเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก
2. หนังสือเรียนวิชาฟิสิกส์ เล่ม 4 ของกระทรวงศึกษาธิการ

การวัดและประเมินผล

1. โดยการซักถาม
2. สังเกตจากการทำกิจกรรม
3. รายงานการทำกิจกรรม
4. ตรวจรายงานการทำกิจกรรม

แผนการสอนที่ 7

เรื่อง แกลแวนอมิเตอร์ คาบที่ 13 - 14

สาระสำคัญ

การทำงานของแกลแวนอมิเตอร์ ใช้หลักการให้กระแสไฟฟ้าผ่านขดลวดของแกลแวนอมิเตอร์ เกิดโมเมนต์ของแรงคู่ควบบิดขดลวด ทำให้เข็มชี้ที่ติดกับขดลวดเบนไปตามค่าของกระแสไฟฟ้า

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

เมื่อจบบทเรียนนี้แล้วนักเรียนสามารถ

1. บอกได้ว่าโมเมนต์ของแรงคู่ควบของขดลวดสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่อยู่ในสนามแม่เหล็กแปรผันตรงกับ ค่าของกระแสไฟฟ้าที่ผ่านขดลวด

2. บอกส่วนประกอบที่สำคัญ และอธิบายหลักการทำงานของแกลแวนอมิเตอร์ได้

เนื้อหา

เมื่อติดสปริงก้นหอยและเข็มชี้เข้าไว้กับแกนของขดลวดที่วางอยู่ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็กและให้กระแสผ่านขดลวด จะเกิดโมเมนต์ของแรงคู่ควบทำให้ขดลวดถูกบิดไป พร้อมทั้งทำให้สปริงก้นหอยบิดตัวไปด้วย จนกระทั่งโมเมนต์ของแรงบิดของสปริงก้นหอย เท่ากับโมเมนต์ของแรงคู่ควบบนขดลวด ขดลวดจะอยู่นิ่งซึ่งทำให้เข็มชี้หยุดนิ่งด้วย การเบนของเข็มจะบอกให้ทราบถึงค่าของโมเมนต์ของแรงคู่ควบ ซึ่งทำให้ทราบค่าของกระแสไฟฟ้าที่ผ่านขดลวดด้วย หลักการนี้นำไปใช้สร้างอุปกรณ์ที่ใช้วัดกระแสไฟฟ้าที่มีค่าน้อย ซึ่งเรียกว่า แกลแวนอมิเตอร์

กิจกรรมการเรียนการสอน

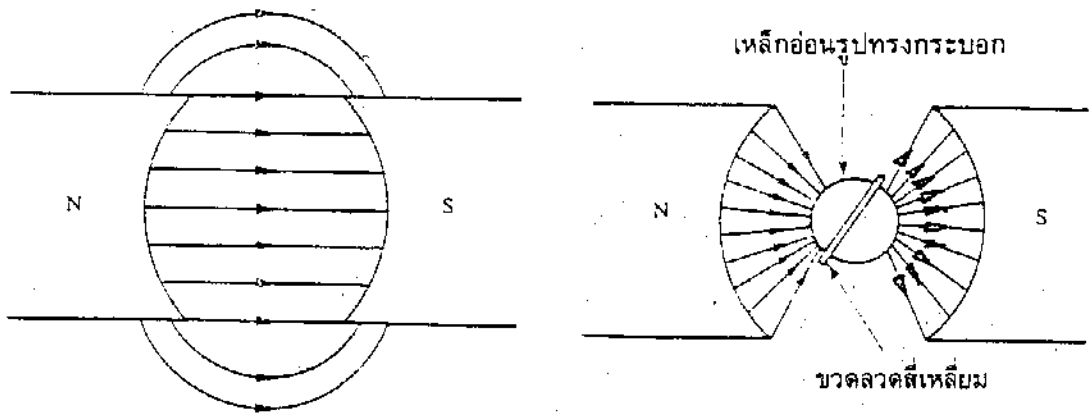
ขั้นนำ

ครูทบทวนเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของปริมาณต่าง ๆ ตามสมการ (13.4) ในหัวข้อ 13.6 ซึ่งได้ความสัมพันธ์ M = NIAB cos

ขั้นสอน

ครูให้ความรู้ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน จนได้ข้อสรุปว่า $M \propto I$ ต่อจากนั้นครูจึงให้ความรู้ต่อเกี่ยวกับส่วนประกอบที่สำคัญและหลักการทำงานของแกลแวนอมิเตอร์ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน

แกลแวนอมิเตอร์โดยทั่วไปจะมีเหล็กอ่อนรูปทรงกระบอกอยู่ตรงกลางระหว่างขั้ว N และขั้ว S ของแท่งแม่เหล็กขั้วโค้ง เพื่อทำให้สนามแม่เหล็กซึ่งเดิมมีทิศ ดังรูป 7.1 ก. เปลี่ยนทิศมาอยู่ในแนวรัศมีของรูปทรงกระบอกดังรูป 7.1ข. ซึ่งจะทำให้ระนาบของขดลวดสี่เหลี่ยมอยู่ในแนวเดียวกับสนามแม่เหล็กทุกตำแหน่งที่หมุนไป



ก. เมื่อไม่มีเหล็กอ่อนรูปทรงกระบอก

ข. เมื่อมีเหล็กอ่อนรูปทรงกระบอก

รูป 7.1 สนามแม่เหล็กของแม่เหล็กขั้วโค้ง

ด้วยเหตุนี้มุมที่ระนาบของขดลวดทำกับสนามแม่เหล็กจึงเท่ากับ 0 องศา

จากสมการ $M = NIAB \cos\theta$

จะได้ $M = NIAB \cos 0^{\circ} = NIAB$

เนื่องจากจำนวนรอบของขดลวด N พื้นที่ระนาบของขดลวด A และสนามแม่เหล็ก B เป็นค่าคงตัว ส่วนค่า I จะเป็นเท่าใดนั้น แล้วแต่ว่าเราจะนำแกลแวนอมิเตอร์ไปใช้กับวงจรไฟฟ้าใด

ดังนั้น $M \propto I$

เมื่อมีกระแสไฟฟ้าค่าหนึ่งผ่านขดลวดของแกลแวนอมิเตอร์ขดลวดจะหมุนด้วยโมเมนต์ของแรงคู่ควบที่ค่าคงตัว การหมุนของขดลวดเป็นเหตุให้เกิดแรงยืดหยุ่นในสปริงทั้งสองซึ่งคอยต้านการเคลื่อนที่ของขดลวด โดยพยายามบิดให้ขดลวดเบนกลับตำแหน่งเดิม จนกระทั่งขดลวดหยุดนิ่งที่ตำแหน่งหนึ่ง นั่นคือโมเมนต์ของแรงยืดหยุ่นในสปริงมีทิศสวนกับโมเมนต์ของแรงคู่ควบและมีค่าเท่ากันพอดีที่ตำแหน่งนั้น

ดังนั้น จะได้โมเมนต์ของแรงคู่ควบของขดลวด = โมเมนต์ของแรงยืดหยุ่นในสปริง

ถ้าพิจารณาขณะขดลวดหมุนไปหยุด ณ ตำแหน่งที่ทำมุม θ_1 กับแนวเดิม

จะได้ โมเมนต์ของแรงคู่ควบของขดลวด $= NIAB$

และ โมเมนต์ของแรงยืดหยุ่นในสปริง $= kA_1$ (k คือ ค่าคงตัวสปริงต่อการบิด ซึ่งไม่เหมือนค่าคงตัวสปริงในสมการ $F = kS$)

นั่นคือ $NIAB = kQ_1$

$$I = kQ_1/NAB$$

เนื่องจาก k, N, A และ B เป็นตัวคงตัว

ดังนั้น $I \propto Q_1$

การที่ I แปรผันตรงกับมุมที่ขดลวดเบนไปจากเดิมหรือมุมที่เข็มชี้ของแกลแวนอมิเตอร์เบนไปจากเดิม ทำให้ง่ายต่อการเทียบมาตรฐานเป็นขีดสเกลกำหนดค่าต่าง ๆ ของกระแสไฟฟ้าบนแกลแวนอมิเตอร์และค่าเหล่านั้นสามารถแบ่งเป็นช่อง ๆ ได้อย่างสม่ำเสมอ

ขั้นสรุป

ครูและนักเรียนช่วยกันสรุปความรู้ทั้งหมด ครูอาจใช้คำถามนำว่า แกลแวนอมิเตอร์มีหลักการทำงานอย่างไร (ใช้หลักการผ่านกระแสไฟฟ้าเข้าไปในขดลวดสี่เหลี่ยมที่วางอยู่ในสนามแม่เหล็กรูปผิวโค้ง จะเกิดแรงบนขดลวด ทำให้ขดลวดหมุนไป เมื่อติดเข็มชี้ที่ขดลวดเข็มชี้ก็จะชี้ตามไปด้วย)

สื่อการเรียนการสอน

1. ชุดสาธิตแกลแวนอมิเตอร์
2. หนังสือแบบเรียนวิชาฟิสิกส์ เล่ม 4 ของกระทรวงศึกษาธิการ

การวัดและประเมินผล

1. โดยการซักถาม
2. โดยการทำแบบฝึกหัดความรู้พื้นฐานข้อ 17
3. ตรวจแบบฝึกหัด

แผนการสอนที่ 8

เรื่อง มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง คาบที่ 15 - 16

สาระสำคัญ

มอเตอร์กระแสตรง ประกอบด้วยขดลวดพันรอบแกน วางตัวอยู่ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็กสม่ำเสมอ เมื่อให้กระแสไฟฟ้าผ่านขดลวดจะเกิดโมเมนต์ของแรงคู่ควบทำให้ขดลวดหมุน นอกจากนี้ยังมี คอมมิวเตเตอร์ และแปรงสำหรับเปลี่ยนทิศของกระแสไฟฟ้าในขดลวดเพื่อให้ขดลวดหมุนในทางเดียวตลอดเวลา

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

เมื่อจบบทเรียนนี้แล้วนักเรียนสามารถ

1. นำความรู้เกี่ยวกับการหมุนของขดลวดที่มีกระแสไฟฟ้าผ่าน เมื่ออยู่ในสนามแม่เหล็กไปอธิบายการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงได้

2. บอกได้ว่าการเพิ่มขดลวดตัวนำในระนาบอื่น จะทำให้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงมีค่าโมเมนต์สม่ำเสมอขึ้น

เนื้อหา

1. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ประกอบด้วยขดลวดสี่เหลี่ยมพันรอบกรอบที่สามารถหมุนได้รอบแกน อยู่ระหว่างสนามแม่เหล็ก ปลายทั้งสองของขดลวดเชื่อมต่อไปยังแหวนทองแดงผ่าซีก หรือ คอมมิวเตเตอร์

2. แปรง ทำหน้าที่สัมผัสเบา ๆกับคอมมิวเตเตอร์โดยลวดสปริงและความต้านทานที่ปรับค่าได้ ก็จะทำให้ขดลวดหมุน ขดลวดที่หมุนนี้เรียก อาร์เมเจอร์ ส่วนประกอบของอาร์เมเจอร์ คือ แกนเหล็กที่ขดลวดพันอยู่โดยรอบ สำหรับขั้วแม่เหล็กจะเป็นแม่เหล็กถาวรหรือแม่เหล็กไฟฟ้าก็ได้ เมื่อกระแสไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ไปยังขดลวดอาร์เมเจอร์ จะเกิดแรงบนขดลวด ทำให้เกิดแรงหมุน โดยมีขนาดของโมเมนต์มีค่าเท่ากับ $M = NAB \cos\theta$

3. ครั้นเมื่อขดลวดครึ่งแรกหมุนผ่านไป แปรงจะสัมผัสกับคอมมิวเทเตอร์ซีกที่สอง ทำให้มอเตอร์หมุนไปเรื่อย ๆ เมื่อได้กระแสจากแบตเตรี่

4. เมื่อเพิ่มระนาบอื่นของขดลวดในมอเตอร์จะช่วยให้มอเตอร์มีค่าโมเมนต์สม่ำเสมอ

กิจกรรมการเรียนการสอน

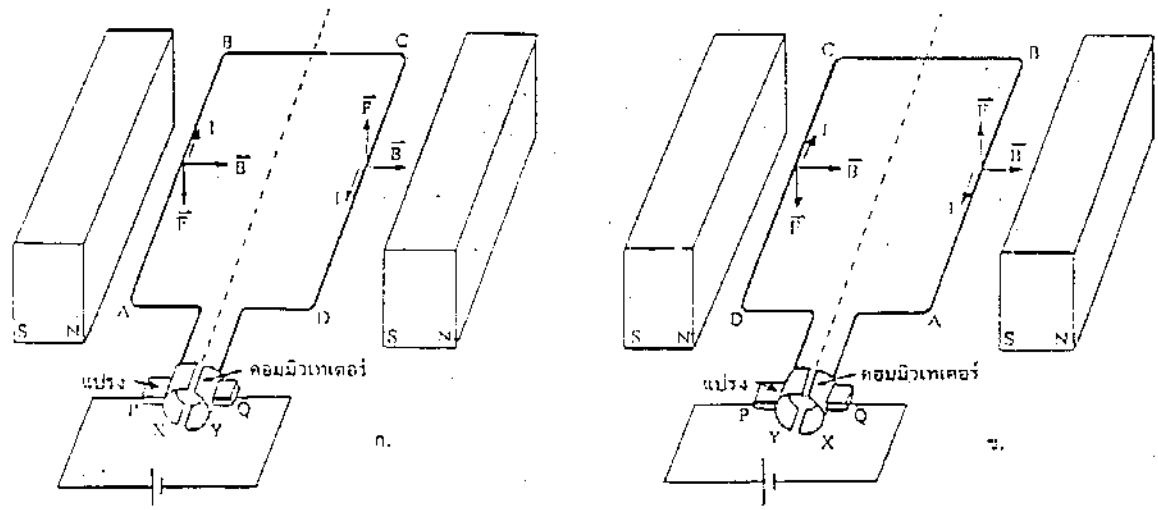
ขั้นนำ

ครูนำเข้าสู่บทเรียน โดยทบทวนการเกิดโมเมนต์ของแรงคู่ควบของขดลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่าน และวางอยู่ในสนามแม่เหล็ก

ขั้นสอน

ครูให้ความรู้เกี่ยวกับส่วนประกอบและหลักการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงตามรายละเอียดในหนังสือเรียน

ครูสาธิตหลักการทำงานของมอเตอร์โดยใช้ชุดสาธิตจากชุดแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งครูต้องนำมาประกอบเอง ชิ้นส่วนต่าง ๆ ของชุดสาธิตเป็นดังรูป 8.1



รูป 8.1 แสดงส่วนประกอบของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

มอเตอร์จากชุดไฟฟ้าแม่เหล็กไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 4-6 โวลต์ เมื่อต่อมอเตอร์กับถ่านไฟฉาย 3 หรือ 4 ก้อนแล้ว ขดลวดของมอเตอร์ยังไม่หมุน ซึ่งอาจเป็นเพราะความเสียดทานระหว่างแกนของขดลวดกับที่รองรับแกน ครูจึงควรช่วยหมุนขดลวด อาจหมุนทวนเข็มนาฬิกาหรือหมุนตามเข็มนาฬิกา ถ้าครูหมุนขดลวดทวนเข็มนาฬิกา ปรากฏว่าขดลวดหมุนไป 2-3 รอบแล้วหยุด แสดงว่า การหมุนของขดลวดในสนามแม่เหล็กโดยลำพังจะหมุนตามเข็มนาฬิกา ดังนั้นครูควรช่วยหมุนอีกครั้งหนึ่งโดยหมุนตามเข็มนาฬิกาขดลวดก็จะหมุนได้ต่อไปเรื่อย ๆ นอกจากการสาธิตการหมุนของขดลวด ให้ครูชี้อุปกรณ์ส่วนที่ทำหน้าที่เป็นคอมมิวเทเตอร์และแปรงไฟฟ้าแก่นักเรียนด้วย

ครูตั้งคำถามแก่นักเรียนว่า ขณะที่ระนาบของขดลวดทำมุม 0, 30 , 45, 60และ 90 องศากับสนามแม่เหล็ก โมเมนต์ของแรงคู่ควบมีค่าคงตัวหรือไม่ คำตอบคือ ค่าโมเมนต์ของแรงคู่ควบไม่คงตัว ค่าโมเมนต์ของแรงคู่ควบจะมากที่สุด เมื่อระนาบของขดลวด ทำมุม 0 องศา กับสนามแม่เหล็ก และค่าโมเมนต์ของแรงคู่ควบจะน้อยลง เมื่อมุมค่อย ๆ โตขึ้น ค่าโมเมนต์ของแรงคู่ควบจะเป็นศูนย์ เมื่อมุมระหว่างระนาบของขดลวดกับสนามแม่เหล็กเท่ากับ 90 องศา จากการตอบคำถามทำให้ทราบว่า โมเมนต์ของแรงคู่ควบมีค่าเปลี่ยนแปลง ถ้าต้องการให้โมเมนต์ของแรงคู่ควบมีค่าเปลี่ยนแปลงน้อยลง จึงมีการเพิ่มขดลวดในระนาบอื่นอีก

ครูกล่าวถึงประโยชน์ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงตามรายละเอียดในหนังสือเรียน

ขั้นสรุป

ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปว่ามอเตอร์มีส่วนประกอบอะไรบ้าง และมีหลักการทำงานอย่างไร ตัวอย่างคำถามมีดังนี้

- ถ้าต้องการจะสร้างมอเตอร์กระแสตรง จะต้องคำนึงถึงหลักเกณฑ์อะไรบ้าง

(1 แรงที่กระทำบนขดลวดในทิศตั้งฉากกับทิศที่กระแสผ่านและสนามแม่เหล็ก

2 วางตำแหน่งของขดลวดสี่เหลี่ยมในสนามแม่เหล็กให้แกนกลางของขดลวดตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก

3 แปรงสัมผัสปลายขดลวด ที่จะให้กระแสตรงผ่าน และการต่อปลายขดลวดกับครึ่งวงแหวนโลหะ)

- ถ้าต้องการทำให้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงมีค่าโมเมนต์สม่ำเสมอขึ้น จะทำอย่างไร

(โดยการเพิ่มขดลวดตัวนำในระนาบอื่นมากขึ้น)

สื่อการเรียนการสอน

1. ชุดสาธิตขดลวดตัวนำมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง
2. หนังสือแบบเรียนวิชาฟิสิกส์ เล่ม 4 ของกระทรวงศึกษาธิการ

การวัดและประเมินผล

1. โดยการซักถาม
2. โดยการทำแบบฝึกหัดความรู้พื้นฐานข้อ 18 - 20 และความรู้ประยุกต์ข้อ 10
3. ตรวจแบบฝึกหัด

ชุดการสอน

1. วัตถุประสงค์ในการสร้างชุดการสอน

1.1 เพื่อนำนวัตกรรมใหม่ ๆ มาใช้ในการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์

1.2 เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการเรียนรู้

1.3 เพื่อช่วยลดภาระของครูผู้สอน

1.4 เพื่อเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ใช้ความสามารถทางการเรียนรู้ ตามศักยภาพและความต้องการของแต่ละคน

2. คู่มือครู

2.1 ชุดการสอนนี้ประกอบด้วย

2.1.1 แบบทดสอบ

2.1.2 แผนการสอน

2.2 ผู้สอนควรศึกษารายละเอียดในคู่มือครูให้ละเอียด

2.3 ผู้สอนต้องเตรียมวัสดุอุปกรณ์ที่ต้องใช้ไว้ล่วงหน้า ตามรายการสิ่งที่ครูต้องเตรียม และจัดเก็บให้เรียบร้อยหลังการใช้ชุดการสอนทุกครั้ง

2.4 ก่อนสอน ครูต้องชี้แจงให้นักเรียนรู้เกี่ยวกับบทบาทของนักเรียนในการใช้ชุดการสอน และบอกข้อตกลงเบื้องต้นสำหรับการประกอบกิจกรรมกลุ่มให้นักเรียนทราบล่วงหน้า

2.5 ก่อนสอนครูต้องแจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้

2.6 ควรทำการทดสอบก่อนเรียน

2.7 ผู้สอนควรแบ่งการสอนออกเป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้

2.7.1 ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน

2.7.2 ขั้นประกอบกิจกรรมการเรียน

2.7.3 ขั้นสรุปบทเรียน

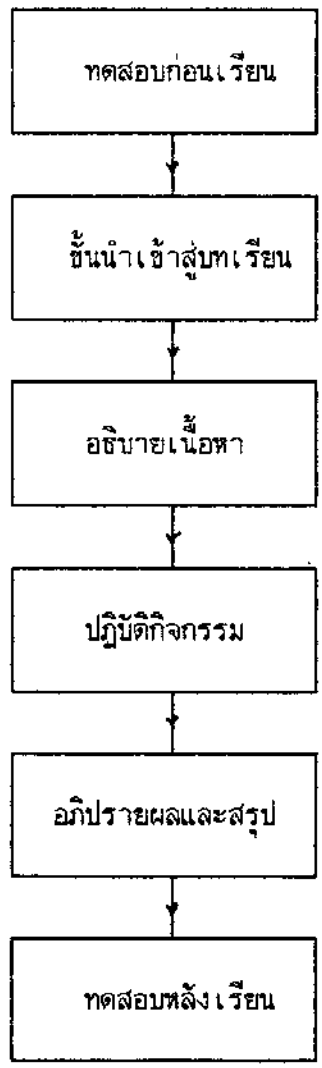
2.8 ผู้สอนควรศึกษา ค้นคว้า เนื้อหาที่เกี่ยวข้องเพิ่มเติม

2.9 การแบ่งกลุ่มนักเรียนเพื่อประกอบกิจกรรม ผู้สอนสามารถจัดได้ตามความเหมาะสม

2.10 ให้นักเรียนทำแบบทดสอบท้ายบทเรียน ถ้าไม่ถึงเกณฑ์ 80 % ผู้สอนต้องหากิจกรรมสอนซ่อมเสริม แล้วประเมินใหม่จนกว่าจะผ่านเกณฑ์ จึงจะเรียนเรื่องต่อไปได้

2.11 ให้นักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียน เมื่อสิ้นสุดการเรียนในแต่ละชุด ดังนี้

ลำดับขั้นตอนการใช้ชุดการสอน



3. การใช้ชุดการสอนสำหรับห้องเรียนแบบศูนย์การเรียน

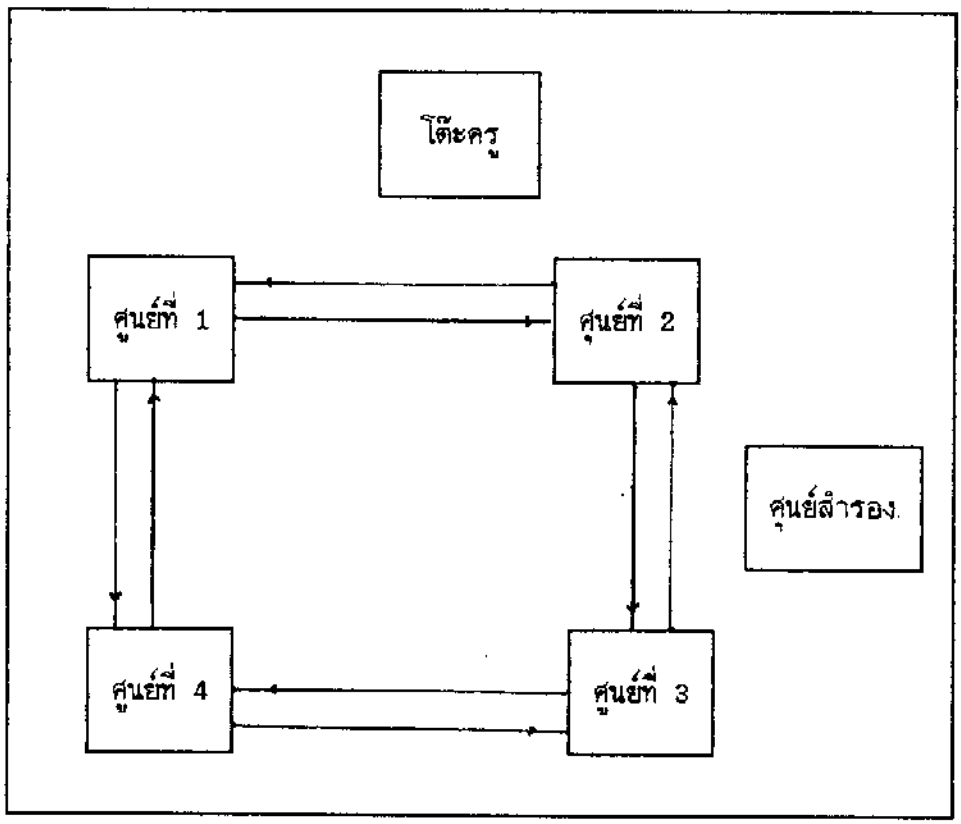
3.1 แบ่งนักเรียนออกเป็น 4 กลุ่ม กลุ่มละ 10 คน นั่งประจำศูนย์ทั้ง 4 ศูนย์

3.2 ก่อนลงมือปฏิบัติ ครูต้องชี้แจงบทบาทของนักเรียนในการเรียนโดยใช้ชุดการสอนแบบศูนย์การเรียนอย่างละเอียด

3.3 ในแต่ละศูนย์จะประกอบด้วยชุดการสอน วัสดุอุปกรณ์ประจำศูนย์

3.4 ลงมือปฏิบัติตามกิจกรรมที่กำหนด ตอบคำถามในแผ่นตอบคำถาม ใช้เวลาศูนย์ละ 15 นาที

3.5 หากนักเรียนในศูนย์ใดเสร็จก่อนเวลาก็ให้ทำกิจกรรมในศูนย์สำรองต่อไป จนกลุ่มอื่นเสร็จแล้วจึงเปลี่ยนศูนย์หรือถ้ามีศูนย์ 2 ศูนย์เสร็จพร้อมกันก็เปลี่ยนกันได้เลยดังภาพ



3.6 เมื่อเสร็จแล้ว ครูและนักเรียนช่วยกันสรุป ความคิดรวบยอดหรือหลักการสำคัญของการเรียนรู้ในหน่วยนั้น ๆ อาจใช้แผ่นใสประกอบ

3.7 ทดสอบหลังเรียน โดยครูให้เวลานักเรียนในการทำแบบทดสอบโดยไม่อนุญาตให้ปรึกษากัน ใช้เวลา 10 นาที

3.8 เมื่อนักเรียนปฏิบัติกิจกรรม ครูไม่ควรพูดเสียงดัง หากมีความจำเป็นต้องอธิบายเป็นรายกลุ่มหรือรายบุคคล ต้องไม่รบกวนกิจกรรมของนักเรียนกลุ่มอื่น ๆ

3.9 ขณะที่นักเรียนกำลังปฏิบัติตามกิจกรรมครูต้องเดินดูการทำงานของนักเรียนแต่ละกลุ่มโดยใกล้ชิด หากนักเรียนคนใดหรือกลุ่มใดมีปัญหา ครูต้องเข้าไปช่วยเหลือคลี่คลายปัญหานั้น

3.10 ก่อนบอกเปลี่ยนศูนย์ ครูจะต้องเน้นให้นักเรียนเก็บชุดการสอนของตนไว้ในสภาพเรียบร้อย ห้ามถือนำติดมือไปด้วย ยกเว้นกระดาษคำตอบของนักเรียนเอง และให้เปลี่ยนศูนย์อย่างรวดเร็ว เป็นระเบียบ

3.11 การสรุปบทเรียน ควรเน้นผลจากการปฏิบัติในกิจกรรมรวมของทุกกลุ่ม หรือให้ตัวแทนของกลุ่มรายงาน เพื่อให้ตรงกับจุดประสงค์ในการเรียน

3.12 ในกรณีที่นักเรียนคนใดขาดการเรียนในชุดการเรียนใด ให้นักเรียนเรียนเป็นรายบุคคล

3.13 หลังจากนักเรียนได้เรียนเนื้อหาทุกกลุ่มเรียบร้อยแล้ว ครูเก็บกระดาษคำตอบของนักเรียนไว้ในแฟ้มของนักเรียนแต่ละคน เพื่อดูการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม และความก้าวหน้าของนักเรียน

4. คู่มือนักเรียน

ครูต้องชี้แจงให้นักเรียนทราบถึงบทบาทของผู้เรียน ดังต่อไปนี้

4.1 อ่านบัตรคำสั่งหรือคำแนะนำและปฏิบัติตามขั้นตอนอย่างระมัดระวัง

4.2 พยายามตอบคำถามหรืออภิปรายอย่างสุดความสามารถ คำถามที่ปรากฏไว้ในชุดการสอนไม่ใช่ข้อสอบแต่เป็นส่วนหนึ่งของการเรียนรู้

4.3 นักเรียนต้องตั้งใจปฏิบัติงาน อภิปรายอย่างจริงจัง ทำงานร่วมกันให้เสร็จทันเวลาที่กำหนด

4.4 เวลาเปลี่ยนกลุ่มขอให้จัดบัตรคำสั่งและสื่อการสอนอย่างอื่น ๆ ให้เรียบร้อยพร้อมที่นักเรียนกลุ่มอื่นจะมาทำได้ทันที ถ้าหากมีอะไรชำรุดเสียหายต้องแจ้งให้ครูทราบทันที

4.5 เมื่อลุกจากศูนย์ต้องจัดเก้าอี้ให้เรียบร้อย และเปลี่ยนไปยังอีกศูนย์ด้วยความเป็นระเบียบ

4.6 นักเรียนต้องใช้ชุดการสอนอย่างระมัดระวัง ห้ามขีดเขียนข้อความใด ๆลงไป

4.7 เนื่องจากการทำกิจกรรมแต่ละกลุ่มมีเวลาจำกัด และต้องเปลี่ยนไปยังอีกศูนย์อื่นอีก นักเรียนจะต้องตั้งใจทำให้เสร็จอย่างรวดเร็วทันเวลาที่กำหนด

ชุดการสอนชุดที่ 1

1. ส่วนประกอบของชุดการสอน

1.1 คู่มือครู ประกอบด้วย

1.1.1 แผนการสอน

1.1.2 ชุดการสอนประจำศูนย์ต่าง ๆ ดังนี้

- ศูนย์ที่ 1 เรื่อง แม่เหล็ก
- ศูนย์ที่ 2 เรื่อง สนามแม่เหล็ก
- ศูนย์ที่ 3 เรื่อง เส้นแรงแม่เหล็ก
- ศูนย์ที่ 4 เรื่อง การคำนวณหาขนาดของสนามแม่เหล็ก
- ศูนย์ที่สำรอง เรื่อง การเรียงตัวผงตะไบเหล็กในสนามแม่เหล็ก

1.2 คู่มือนักเรียน ซึ่งเป็นคำชี้แจงในการใช้ชุดการสอน

1.3 สื่อ และวัสดุอุปกรณ์การสอน

2. สิ่งที่ครูจะต้องเตรียม

2.1	แท่งแม่เหล็กรูปสี่เหลี่ยม	9	อัน
2.2	เข็มทิศขนาดเล็ก	22	อัน
2.3	ผงตะไบเหล็ก	1	ขวด
2.4	ขวดกลีเซอรีนที่มีผงตะไบเหล็กอยู่	1	ขวด
2.5	แว่นขยาย	1	อัน
2.6	แท่งเหล็ก	1	แท่ง
2.7	ดินสอ	5	แท่ง
2.8	แผ่นใสแสดงจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม	3	แผ่น
2.9	กระดาษตอบคำถาม	40	แผ่น
2.10	กระดาษตอบกิจกรรม	40	แผ่น
2.11	กระดาษคำตอบแบบทดสอบ	80	แผ่น
2.12	แบบทดสอบ	40	ชุด

แผนการสอนที่ใช้ชุดการสอน

วิชา ฟิสิกส์ เล่ม 4 ว 023 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

เรื่อง แม่เหล็กและสนามแม่เหล็ก เวลา 2 คาบ

สาระสำคัญ

สนามแม่เหล็ก เป็นปริมาณเวกเตอร์ มีค่าเท่ากับ ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก หาได้จาก จำนวนเส้นแรงแม่เหล็กต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ ที่เส้นแรงแม่เหล็กตกตั้งฉาก

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

เมื่อจบบทเรียนนี้แล้วนักเรียนสามารถ

1. บอกความหมายของขั้วแม่เหล็ก สนามแม่เหล็ก สนามแม่เหล็กโลก เส้นแรงแม่เหล็ก จุดสะเทิน ฟลักซ์แม่เหล็ก และความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก

2. ใช้เข็มทิศตรวจสอบขั้วแม่เหล็ก สนามแม่เหล็ก และหาเส้นแรงแม่เหล็ก

3. เขียนเส้นแรงแม่เหล็กของแท่งแม่เหล็ก 1 แท่ง และของแท่งแม่เหล็ก 2 แท่ง ซึ่งแท่งแม่เหล็กทั้งสองวางอยู่ในลักษณะต่างกัน โดยใช้เข็มทิศ

4. บอกความสัมพันธ์ระหว่างฟลักซ์แม่เหล็ก พื้นที่ที่ตั้งฉากที่ฟลักซ์แม่เหล็กผ่าน และความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก

เนื้อหา

1. เมื่อนำแท่งแม่เหล็กไปดูดผงตะไบเหล็ก ผงตะไบเหล็กจะถูกดูดติดกับสิ่งต่าง ๆ ของแท่งแม่เหล็ก และอยู่ใกล้ปลายแท่งแม่เหล็ก บริเวณดังกล่าว เรียกว่า ขั้วแม่เหล็ก

2. แรงที่กระทำที่เกิดขึ้นระหว่างแท่งแม่เหล็กมีเพียงสองชนิด คือ แรงดูดและแรงผลัก

3. ถ้าใช้เชือกผูกที่บริเวณกึ่งกลางของแท่งแม่เหล็ก หมุนให้อยู่ในแนวราบจนแท่งแม่เหล็กหยุดหมุน พบว่า ขั้วแม่เหล็กที่ชี้ไปทางทิศเหนือ เรียกว่าขั้วเหนือ เรียก ขั้วแม่เหล็กที่ชี้ไปทางทิศใต้ว่า ขั้วใต้

4. แม่เหล็กเล็ก ๆ ที่วางบนแกนดิ้งปลายแหลมเรียกว่า เข็มทิศ ที่ปลายข้างหนึ่งของเข็มทิศจะมีเครื่องหมายบอกให้ทราบว่า เป็นขั้วเหนือ อาจจะเป็นสีหรือตัวอักษร N หรือหัวลูกศร ส่วนขั้วใต้อาจมีตัวอักษร S หรือไม่มีก็ได้

5. เมื่อวางเข็มทิศ ณ ตำแหน่งหนึ่ง แล้วมีแรงกระทำต่อเข็มทิศนั้นกล่าวว่า ตำแหน่งนั้นมีสนามแม่เหล็ก และกำหนดให้ทิศของสนามแม่เหล็กมีทิศเดียวกับทิศที่ขั้วเหนือของเข็มทิศถูกแรงจากแท่งแม่เหล็กมากระทำให้เบนไป

6. โดยทั่วไปเมื่อวางเข็มทิศ ณ ตำแหน่งใดบนผิวโลก จะพบว่า แนวการวางตัวของเข็มทิศอยู่ในแนวเหนือใต้ แสดงว่ามีแรงกระทำกับเข็มทิศ สรุปได้ว่า ตำแหน่งต่าง ๆ บนผิวโลกมีสนามแม่เหล็ก สนามแม่เหล็กนี้เรียกว่า สนามแม่เหล็กโลก

7. เส้นแสดงแนวการวางตัวของเข็มทิศ ใส่หัวลูกศรกำกับตามแนวที่ขั้วเหนือของเข็มทิศชี้ไป จะได้เส้นสมมุติซึ่งแทนทิศของแรงที่กระทำต่อขั้วเหนือแม่เหล็ก เรียกเส้นนี้ว่า เส้นแรงแม่เหล็ก

8. สนามแม่เหล็ก ณ ตำแหน่งที่แท่งแม่เหล็กสองแท่งหักล้างกัน จนได้สนามแม่เหล็กลัพธ์เป็นศูนย์ จุดนั้นเรียกว่า จุดสะเทิน

9. จำนวนเส้นแรงแม่เหล็กต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ที่เส้นแรงแม่เหล็กตั้งได้ฉาก เรียกว่า ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก ซึ่งมีค่าเท่ากับ ขนาดของสนามแม่เหล็ก

กิจกรรมการเรียนการสอน

ขั้นนำ

ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยนำแท่งแม่เหล็ก 2 แท่ง หุ้มกระดาษเหมือนกัน มาใกล้เข็มหมุดเล็ก ๆ หรือผงตะไบเหล็ก ให้นักเรียนสังเกตว่าเข็มหมุดหรือผงตะไบเหล็กถูกดูดด้วยแท่งเหล็กใด แท่งเหล็กนั้นเรียกกว่าอะไร (แท่งแม่เหหล็ก) เราจะมาศึกษาเกี่ยวกับเรื่องแม่เหล็กและสนามแม่เหล็กกันในวันนี้

ขั้นสอน

1. นักเรียนมีความรู้เกี่ยวกับแม่เหล็กและสนามแม่เหล็กเพียงใด ให้นักเรียนลองทำแบบทดสอบก่อนเรียน ซึ่งใช้เวลาประมาณ 10 นาที ห้ามนักเรียนปรึกษากัน

2. ครูให้นักเรียนเริ่มศึกษาเนื้อหา ลงมือปฏิบัติกิจกรรมตามขั้นตอนในบัตรกิจกรรม ร่วมกันสังเกตผลที่เกิดขึ้น อภิปรายผลที่เกิดขึ้นในกลุ่มเดียวกันแล้วตอบคำถามในบัตรคำถามต่อไป ถ้ามีปัญหาเกี่ยวกับเครื่องมือ หรืออ่านข้อความใดไม่เข้าใจให้ถามครู หรือสงสัยเกี่ยวกับวิธีการปฏิบัติก็ให้ถามครูได้ ครูจะช่วยชี้นำหาคำตอบเหล่านั้นให้

3. ให้นักเรียนทำกิจกรรมในศูนย์ใช้เวลาประมาณ 15 นาที เมื่อเสร็จแล้วให้เปลี่ยนศูนย์จนครบ 4 ศูนย์ ถ้าศูนย์ใดเสร็จก่อนให้ไปรอที่ศูนย์สำรอง

4. ครูเตือนให้นักเรียนปฏิบัติตามคู่มือนักเรียนอย่างเคร่งครัด

5. ในขณะที่นักเรียนปฏิบัติกิจกรรมตามชุดการสอนนั้น ครูเดินไปตามศูนย์ต่างๆ ให้คำแนะนำ กระตุ้นให้นักเรียนสังเกตผลที่เกิดขึ้น หาคำตอบในคำถามต่าง ๆ ให้ได้ครูสังเกตและบันทึกพฤติกรรมขณะนักเรียนทดลอง ลงในแบบสังเกตพฤติกรรมของแต่ละคนในกลุ่มแต่ละศูนย์ควบคู่ไปด้วย จนเสร็จ

ขั้นสรุป

เมื่อนักเรียนทำเสร็จแล้ว ครูให้นักเรียนที่ทำเสร็จในศูนย์สุดท้ายรายงานผลการทดลอง โดยครูเลือกกลุ่มนักเรียนที่ทำกิจกรรมในศูนย์ที่ต่อเนื่องกันเริ่มจากการเรียนรู้ว่าแม่เหล็กและแท่งแม่เหล็กแตกต่างกันอย่างไร (แท่งแม่เหล็กดูดเหล็กได้ แท่งเหล็กดูดเหล็กไม่ได้) รอบ ๆ แท่งแม่เหล็กมีแรงกระทำกับอะไร (เข็มทิศ ผงตะไบเหล็ก) เรียกบริเวณรอบ ๆ แท่งแม่เหล็กที่มีแรงกระทำกับเข็มทิศหรือผงตะไบเหล็กนี้ว่าอะไร (สนามแม่เหล็ก) ที่ปลายสุดของแท่งแม่เหล็กเรียกว่าอะไร (ขั้วแม่เหล็ก) สังเกตที่ขั้วแม่เหล็กแตกต่างจากส่วนอื่น ๆ ของแท่งแม่เหล็กอย่างไร (ที่ขั้วแม่เหล็กมีผงตะไบเหล็กอยู่หนาแน่นมากกว่าบริเวณอื่น ๆ) ถ้านำแท่งแม่เหล็ก 2 แท่งเข้ามาใกล้กันมีผลอย่างไร (จะดูดกันหรือผลักกัน) แสดงว่าแม่เหล็กมีกี่ขั้ว (2 ขั้ว) ถ้าขั้วเหมือนกันจะเป็นอย่างไร (ผลักกัน) ถ้าขั้วต่างกันจะเป็นอย่างไร (ดูดกัน) เราใช้เครื่องหมายอะไรเพื่อแสดงว่ารอบ ๆ แท่งแม่เหล็กมีสนามแม่เหล็ก (เส้นแรงแม่เหล็ก) หาได้อย่างไร (ใช้เข็มทิศวางใกล้ ๆ แท่งแม่เหล็กสังเกตขั้วเหนือของเข็มทิศมีแรงเนื่องจากแท่งแม่เหล็กมากระทำ ใช้ดินสอลงจุดที่ขั้วเหนือของเข็มทิศต่อเนื่องกันไปตามลำดับ ลากเส้นต่อจุดเหล่านั้น ใส่หัวลูกศรแสดงทิศของขั้วเหนือของเข็มทิศ

ที่ถูกแรงเนื่องจากแท่งแม่เหล็กมากระทำ จะได้เส้นแรงแม่เหล็กที่มีทิศออกจากขั้วเหนือเข้าสู่ขั้วใต้) คำนวณหาขนาดของสนามแม่เหล็กได้อย่างไร (หาได้จากปริมาณความหนาแน่นของฟลักซ์แม่เหล็กที่ตกตั้งฉากต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่) สนามแม่เหล็กมีหน่วยอะไร (เทสลา)

ครูใช้แผ่นใสแสดงจุดประสงค์การเรียนในคาบนี้และเฉลยกิจกรรมและเฉลยคำถามให้นักเรียนเปลี่ยนกันตรวจ

นักเรียนจะได้ทราบว่า นักเรียนได้เรียนรู้เพิ่มขึ้นเพียงใด โดยการทำแบบทดสอบหลังเรียนใช้เวลาประมาณ 10 นาที

บัตรเนื้อหา

ศูนย์ที่ 1

เรื่อง แม่เหล็ก

1. **แม่เหล็ก (Magnet)** คือ วัตถุที่สามารถดึงดูดกับสารแม่เหล็ก ได้แก่ เหล็ก นิเกิล โคบอลต์ และโลหะผสมที่มีสารข้างต้นเป็นองค์ประกอบ

2. **แม่เหล็กแบ่งตามลักษณะการเกิด** ได้ 2 พวก คือ

   2.1 แม่เหล็กธรรมชาติ คือ แม่เหล็กที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ รูปทรงของแม่เหล็กไม่เป็นรูปเรขาคณิต

   2.2 แม่เหล็กประดิษฐ์ คือ แม่เหล็กที่มนุษย์ประดิษฐ์ขึ้น มีรูปร่างต่าง ๆ กัน ตามความต้องการในการใช้งาน

3. **แม่เหล็กแบ่งตามช่วงเวลาการรักษาอำนาจแม่เหล็ก** ได้ 2 พวก คือ

   3.1 แม่เหล็กถาวร คือ แม่เหล็กที่สามารถรักษาอำนาจแม่เหล็กได้ระยะยาวนาน ได้แก่ เข็มทิศ แท่งแม่เหล็กที่ใช้งานทั่ว ๆไป รวมทั้งแม่เหล็กธรรมชาติ

   3.2 แม่เหล็กชั่วคราว คือ แม่เหล็กที่มีอำนาจแม่เหล็กในช่วงเวลาสั้น ๆ ได้แก่ แม่เหล็กไฟฟ้า

4. ถ้าใช้เชือกผูกที่บริเวณกึ่งกลางของแท่งแม่เหล็ก แล้วแขวนให้แกนแท่งแม่เหล็กอยู่ในแนวราบ จะพบว่าแท่งแม่เหล็กจะรักษาแนวแกนให้อยู่ในแนวทิศเหนือและทิศใต้ เรียกขั้วแม่เหล็กที่ชี้ไปทางทิศเหนือว่า **ขั้วเหนือ (N)** และเรียกขั้วแม่เหล็กที่ชี้ไปทางทิศใต้ว่า **ขั้วใต้ (S)** ด้วยวิธีการเช่นนี้ สามารถหาชนิดของขั้วแม่เหล็กของแท่งแม่เหล็กใด ๆได้

6. แท่งแม่เหล็กเล็ก ๆ วางอยู่บนแกนดึ่งปลายแหลม ให้แกนแท่งแม่เหล็กอยู่ในแนวราบ เพื่อให้แท่งแม่เหล็กหมุนได้คล่อง เรียกแท่งแม่เหล็กนี้ว่า **เข็มทิศ**

บัตรกิจกรรม

ศูนย์ที่ 1

เรื่อง แม่เหล็ก

1. นำแท่งแม่เหล็กรูปสี่เหลี่ยม 1 แท่ง วางไว้ที่โต๊ะ เอากระดาษวางคลุมแท่งแม่เหล็กไว้
2. โปรยผงตะไบเหล็กลงบนแผ่นกระดาษที่มีแท่งแม่เหล็กวางอยู่ข้างล่าง สังเกตการจัดเรียงตัวของผงตะไบเหล็ก ร่วมกันอภิปรายแล้วตอบคำถาม
3. ใช้แว่นขยายส่องดู สังเกตการเรียงตัวของผงตะไบเหล็กแต่ละอันมีลักษณะอย่างไร
4. นำแท่งแม่เหล็กออกจากด้านล่างของกระดาษ สังเกตผงตะไบเหล็กจะมีลักษณะอย่างไร
5. เปรียบเทียบการเรียงตัวของผงตะไบเหล็กข้อ 3 และ 4 สังเกตลักษณะที่แตกต่างกัน
6. นำผงตะไบเหล็กเทใส่กล่องที่เก็บผงตะไบเหล็กตามเดิม
7. นำแท่งแม่เหล็ก 2 แท่งมาวางใกล้ ๆ กัน จะเกิดผลอย่างไร และถ้ากลับแท่งแม่เหล็กแท่งหนึ่งไปตรงข้าม จะเกิดผลอย่างไร

บัตรคำถาม

ศูนย์ที่ 1

เรื่อง แม่เหล็ก

1. บริเวณใดที่มีผงตะไบเหล็กอยู่หนาแน่นมากที่สุด
2. จากข้อ 1 บริเวณนั้นเรียกว่าอะไร
3. การเรียงตัวของผงตะไบเหล็กที่ปลายทั้งสองข้างของแท่งแม่เหล็กเหมือนกัน หรือต่างกัน
4. เมื่อนำแท่งแม่เหล็กออกจากด้านล่างของกระดาษ ผงตะไบเหล็กจะเรียงตัวอย่างไร
5. ถ้าวางแท่งแม่เหล็ก 2 แท่งใกล้กัน แรงที่เกิดจากแท่งแม่เหล็กมีกี่ชนิด อะไรบ้าง
6. ขั้วแม่เหล็กมีกี่ชนิด อะไรบ้าง เพราะเหตุใดจึงเรียกชื่ออย่างนั้น

เฉลยบัตรคำถาม

ศูนย์ที่ 1

เรื่อง แม่เหล็ก

1. บริเวณที่อยู่ปลายสุดของแท่งแม่เหล็ก
2. บริเวณนั้นเรียกว่า ขั้วแม่เหล็ก
3. การเรียงตัวของผงตะไบเหล็กที่ปลายทั้งสองข้างของแท่งแม่เหล็กต่างกัน
4. ผงตะไบเหล็กจะเรียงตัวกันอย่างไม่เป็นระเบียบอีก
5. มี 2 ชนิด คือ แรงผลักกัน และแรงดูดกัน
6. ขั้วแม่เหล็กมี 2 ขั้ว คือขั้วเหนือ และขั้วใต้ เพราะถ้าแขวนแท่งแม่เหล็กที่กึ่งกลางแท่งให้เป็นอิสระอยู่ในแนวระดับ เมื่อปล่อยให้หยุดนิ่งแท่งแม่เหล็กจะชี้ปลายข้างหนึ่งไปทางทิศเหนือเรียกว่าขั้วเหนือ อีกปลายหนึ่งชี้ไปทางทิศใต้ เรียกว่า ขั้วใต้

บัตรเนื้อหา

ศูนย์ที่ 2

เรื่อง สนามแม่เหล็ก

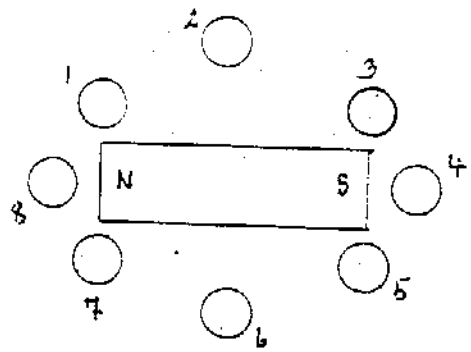
1. บริเวณรอบ ๆ แท่งแม่เหล็กที่มีแรงกระทำต่อเข็มทิศ เรากล่าวว่า เข็มทิศอยู่ใน **สนามแม่เหล็ก** เนื่องจากแท่งแม่เหล็ก
2. โดยทั่วไป เมื่อวางเข็มทิศ ณ ตำแหน่งหนึ่งตำแหน่งใดบนผิวโลกจะพบว่า แนวการวางตัวของเข็มทิศอยู่ในแนวเหนือใต้ แสดงว่า มีแรงกระทำต่อเข็มทิศทำให้สรุปได้ว่า ตำแหน่งต่าง ๆ บนผิวโลกมีสนามแม่เหล็ก สนามแม่เหล็กนี้ เรียกว่า **สนามแม่เหล็กโลก**
3. แรงเนื่องจากสนามแม่เหล็กโลกมีค่าน้อยมากเมื่อเทียบกับแรงเนื่องจากสนามแม่เหล็กของแท่งแม่เหล็กที่ใช้กันทั่วไป เราจึงไม่นำแรงนี้มาพิจารณา
4. เมื่อวางเข็มทิศในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็ก เนื่องจากแท่งแม่เหล็ก แนวการวางตัวของเข็มทิศจะอยู่ในแนวของ **แรงลัพธ์** ที่แท่งแม่เหล็กนั้นกระทำต่อเข็มทิศ
5. แรงลัพธ์ที่กระทำกับเข็มทิศที่วางอยู่ในสนามแม่เหล็กเกิดจากแรงต่าง ๆ ดังนี้
   5.1 **แรงดูด** ระหว่างขั้วเหนือของแท่งแม่เหล็ก กับ ขั้วใต้ของเข็มทิศ
   5.2 **แรงผลัก** ระหว่างขั้วเหนือของแท่งแม่เหล็ก กับ ขั้วเหนือของเข็มทิศ
   5.3 **แรงดูด** ระหว่างขั้วใต้ของแท่งแม่เหล็ก กับ ขั้วเหนือของเข็มทิศ
   5.4 **แรงผลัก** ระหว่างขั้วใต้ของแท่งแม่เหล็ก กับ ขั้วใต้ของเข็มทิศ
6. เราสามารถตรวจสอบว่าตำแหน่งใดมีสนามแม่เหล็กหรือไม่ โดยวางเข็มทิศที่ตำแหน่งนั้น ถ้ามีแรงมากระทำต่อเข็มทิศ ก็แสดงว่า มีสนามแม่เหล็ก ทิศของสนามแม่เหล็กที่ตำหน่งดังกล่าว ถือว่าเป็นทิศเดียวกับทิศที่ขั้วเหนือของเข็มทิศชี้

บัตรกิจกรรม

ศูนย์ที่ 2

เรื่อง สนามแม่เหล็ก

1. นำเข็มทิศวางไว้บนโต๊ะ ณ ตำแหน่งต่าง ๆ 8 ตำแหน่ง ดังรูป รอบแท่งแม่เหล็ก ให้เขียนลูกศรแสดงแรงที่กระทำต่อเข็มทิศที่ตำแหน่งทั้ง 8 ตำแหน่งนั้น



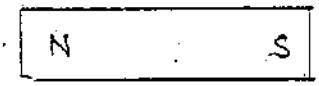
2. วางแท่งแม่เหล็กแท่งหนึ่งไว้ที่โต๊ะ จับแท่งแม่เหล็กอีกแท่งหนึ่งค่อย ๆ เลื่อนเข้าหาแท่งแรก สังเกตแท่งแม่เหล็กแท่งแรกจะเคลื่อนที่อย่างไร ต่อไปกลับทิศแท่งแม่เหล็กที่ถือไว้ในทิศตรงกันข้ามกับตอนแรกแล้วทำเช่นเดิม สังเกตแท่งแม่เหล็กแท่งแรกจะเคลื่อนที่อย่างไร
3. จากข้อ 2 จะเห็นว่าแรงที่แม่เหล็กกระทำต่อกันมีกี่แรง อะไรบ้าง
4. เขย่าขวดกลีเซอรีนที่มีผงตะไบเหล็กอยู่ข้างใน นำแท่งแม่เหล็กเข้ามาใกล้ สังเกตการเรียงตัวของผงตะไบเหล็กมีลักษณะอย่างไร เขียนรูปประกอบ

บัตรคำถาม

ศูนย์ที่ 2

เรื่อง สนามแม่เหล็ก

1. อุปกรณ์ที่ใช้ตรวจว่า บริเวณใดมีสนามแม่เหล็กหรือไม่ คืออะไร
2. สนามแม่เหล็กจะคลุมบริเวณทั่วไปรอบ ๆ แท่งแม่เหล็ก หรือไม่
3. แนวของเส้นผงตะไบเหล็ก ที่เรียงตัวบนแท่งแม่เหล็ก แสดงแนวอะไรที่จุดต่าง ๆ
4. เพราะเหตุใดผงตะไบเหล็กไม่เรียงตัวในสนามแม่เหล็กโลก
5. เข็มทิศจะชี้ไปทางใดเมื่อวางเข็มทิศดังรูป



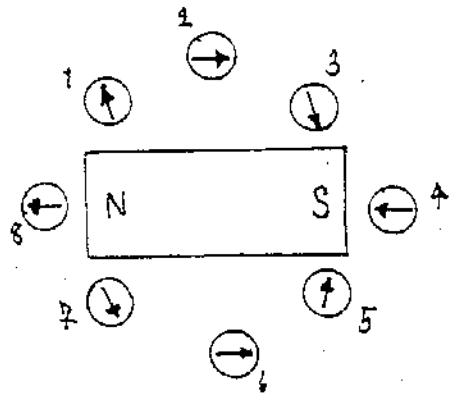
บัตรเฉลย

ศูนย์ที่ 2

เรื่อง สนามแม่เหล็ก

เฉลยกิจกรรม

1.

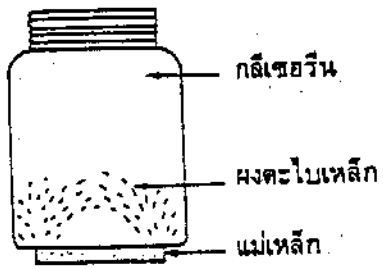


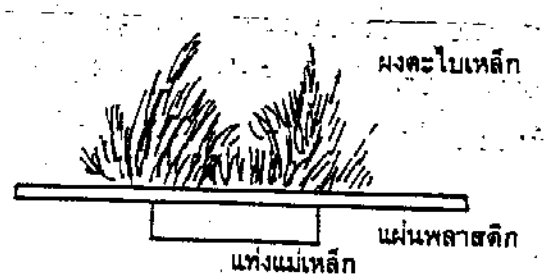
2. เคลื่อนที่เข้าหากัน หรือเคลื่อนที่ออกจากกัน

3. มี 2 แรง คือ แรงดูดและแรงผลัก

4. เป็นรูป 3 มิติ ดังรูป

เฉลยคำถาม





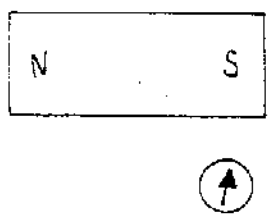
1. เข็มทิศ หรือ การเรียงตัวของผงตะไบเหล็ก

2. สนามแม่เหล็กจะ คลุม บริเวณทั่วไป รอบ ๆ แท่งแม่เหล็ก

3. แสดงทิศทางของสนามแม่เหล็ก ณ จุด นั้น ๆ

4. ผงตะไบเหล็กไม่เรียงตัวในสนามแม่เหล็กโลก เพราะสนามแม่เหล็กโลกออนเกินไป ที่จะทำให้มวลของผงตะไบเหล็กเรียงตัวกัน

5. เข็มทิศชี้ดังรูป

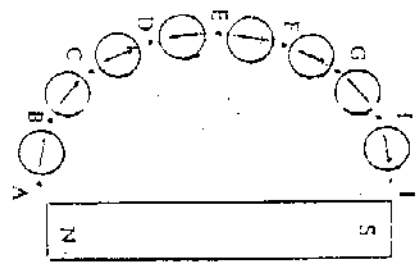


บัตรเนื้อหา

ศูนย์ที่ 3

เรื่อง เส้นแรงแม่เหล็ก

1. เส้นแรงแม่เหล็ก เป็นเส้นสมมติเพื่อแสดงทิศทางของแรงที่กระทำกับขั้วเหนือแม่เหล็ก
2. เส้นแรงแม่เหล็กแท่งหนึ่ง มีลักษณะแผ่ออกจากขั้วแม่เหล็กใน 3 มิติ สังเกตแนวของเส้นแรงแม่เหล็กจากการใช้ผงตะไบเหล็กโรยบนแผ่นกระดาษแข็งที่มีแท่งแม่เหล็กวางอยู่ข้างใต้ แล้วเคาะเบา ๆ จะเห็นแนวของเส้นแรงแม่เหล็ก
3. ในการทดลองหาสนามแม่เหล็กและเส้นแรงแม่เหล็ก มักเลือกใช้ผงตะไบเหล็ก เพราะผงตะไบเหล็ก เป็นสารแม่เหล็กที่ถูกเหนี่ยวนำให้เป็นแม่เหล็กได้ง่าย และสะดวกในการเรียงตัว
4. การเขียนเส้นแรงแม่เหล็กทำได้โดยวางเข็มทิศใกล้ปลายข้างหนึ่งของแท่งแม่เหล็กแล้วใช้ดินสอจุดที่จุด A และ B เพื่อแสดงแนวการวางตัวของเข็มทิศดังรูป แล้วขยับเข็มทิศเล็กน้อยให้ขั้วใต้อยู่ตรงกับจุด B และใช้ดินสอจุดที่จุด C เพื่อแสดงแนวการวางตัวครั้งใหม่ของเข็มทิศอีกทำเช่นนี้เรื่อย ๆ ไปจะได้จุด A B C D E F G H และ I ที่แสดงแนวการวางตัวของเข็มทิศ เมื่อลากเส้นต่อจุดเหล่านี้แล้วใส่หัวลูกศรกำกับตามแนวที่ขั้วเหนือของเข็มทิศชี้ไป จะได้เส้น ซึ่งเรียกว่า **เส้นแรงแม่เหล็ก**



รูปแสดงวิธีการใช้เข็มทิศเพื่อเขียนเส้นแรงแม่เหล็กบนระนาบที่พิจารณา

5. ตำแหน่งสนามแม่เหล็กเนื่องจากแท่งแม่เหล็กทั้งสองหักล้างกันจนเป็นศูนย์ ตำแหน่งนั้นเรียกว่า **จุดสะเทิน** บริเวณนี้ไม่มีเส้นแรงแม่เหล็กผ่าน เพราะไม่มีแรงแม่เหล็กมากระทำต่อเข็มทิศ
6. บริเวณใกล้ขั้วแม่เหล็กจะมีเส้นแรงแม่เหล็กอยู่หนาแน่น เรียกบริเวณนั้นว่ามี **ฟลักซ์แม่เหล็กหนาแน่น** หรือเป็นบริเวณที่สนามแม่เหล็กมีค่ามาก

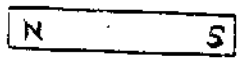
บัตรเฉลยกิจกรรม

ศูนย์ที่ 3

เรื่อง เส้นแรงแม่เหล็ก

---

1. วางแท่งแม่เหล็กทับบนกระดาษขาว ใช้เข็มทิศหาเส้นแรงแม่เหล็ก เริ่มจากแถบปลายแท่งข้างหนึ่ง ใช้ดินสอจุดตำแหน่งปลายขั้ว N-S ของเข็มทิศไว้แล้ว เลื่อนไปเรื่อย ๆ ทำเช่นนี้ 4 เส้น แล้ววาดรูปต่อแนวทิศของเส้นแรงที่เข็มชี้ไป เขียนรูปแสดงเส้นแรงแม่เหล็ก
2. วางแท่งแม่เหล็กในแนวเส้นตรงเดียวกัน โดยขั้วเหมือนกันหันเข้าหากัน ค่อย ๆ เลื่อนแท่งแม่เหล็กแท่งหนึ่งเข้าหาอีกแท่งหนึ่ง จนกระทั่งสังเกตเห็นว่าแท่งแม่เหล็กที่อยู่กับที่เริ่มขยับ เขียนกรอบแสดงตำแหน่งของแท่งแม่เหล็กทั้งสอง ยกแท่งแม่เหล็กทั้งสองออก นำเข็มทิศมาวางตำแหน่งกึ่งกลางของระยะระหว่างแท่งแม่เหล็กทั้งสองนั้น แล้วนำแท่งแม่เหล็กทั้งสองกลับมาวางลงที่กรอบที่เขียนไว้ สังเกตเข็มทิศมีแรงกระทำหรือไม่
3. เขียนรูปแสดงเส้นแรงแม่เหล็กจากแท่งแม่เหล็ก 2 แท่ง โดยอาศัยเข็มทิศ

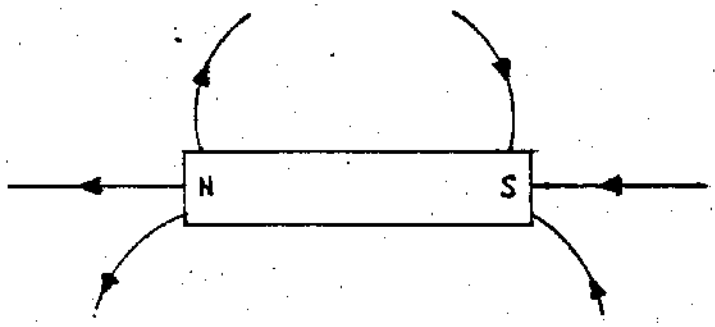


บัตรกิจกรรม

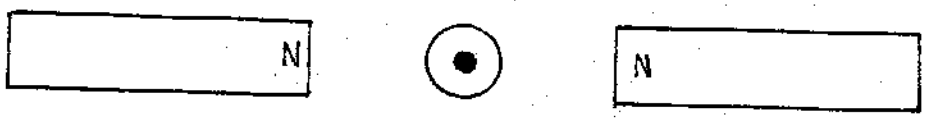
ศูนย์ที่ 3

เรื่อง เส้นแรงแม่เหล็ก

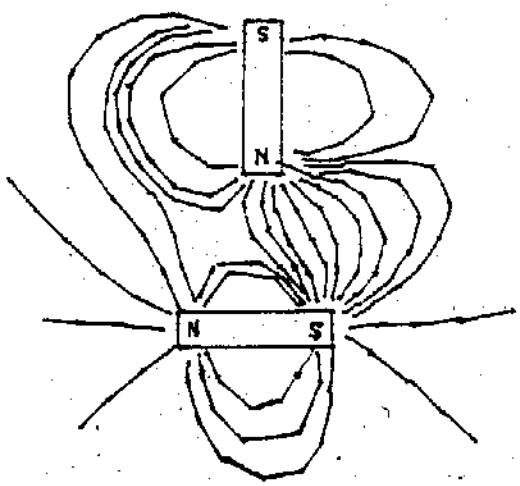
1.



2. ไม่มีแรงกระทำ เพราะตำแหน่งนั้นคือจุดสะเทิน



3. รูปแสดงเส้นแรงแม่เหล็กจากแท่งแม่เหล็ก 2 แท่ง



บัตรคำถาม

ศูนย์ที่ 3

เรื่อง เส้นแรงแม่เหล็ก

1. เส้นแรงแม่เหล็กจะพุ่งเข้าตัดกันได้หรือไม่
2. เส้นแรงแม่เหล็กตามที่ทดลองคือแนวอะไร
3. เส้นแรงแม่เหล็กจะหนาแน่นมากที่สุดที่ส่วนใดของแท่งแม่เหล็ก
4. จุดสะเทินในสนามแม่เหล็กคืออะไร
5. เส้นแรงแม่เหล็กมีจริง ๆ เป็นเส้น ๆ ใช่หรือไม่
6. เมื่อสมมติว่า มีปริมาณเส้นแรงแม่เหล็กพุ่งออกจากแท่งแม่เหล็ก ปริมาณนั้นมีชื่อเรียกว่าอะไร

บัตรเฉลย

ศูนย์ที่ 3

เรื่อง เส้นแรงแม่เหล็ก

1. เส้นแรงแม่เหล็กจะพุ่งตัดกันไม่ได้ ถ้าพุ่งเข้าหากันจะเบนหนีออกจากกัน
2. เส้นแรงแม่เหล็กที่ทดลองคือแนวทางที่ปลายขั้วเหนือ (N) ของเข็มทิศชี้ไปในสนามแม่หล็กจากขั้วเหนือ (N) ออกไปสู่ขั้วใต้ (S) ของแท่งแม่เหล็ก
3. เส้นแรงแม่เหล็กจะหนาแน่นมากที่สุดที่แถบปลายแท่งทั้งสองข้างซึ่งเป็นขั้วของแม่เหล็ก
4. จุดสะเทินของสนามแม่เหล็ก คือ จุดที่ไม่มีเส้นแรงแม่เหล็กพุ่งผ่าน สนามแม่เหล็กบริเวณนี้หักล้างกันหมดเป็นศูนย์เป็นบริเวณที่ไม่มีเส้นแรงแม่เหล็กพุ่งผ่าน จะไม่มีแรงกระทำกับเข็มทิศ
5. เส้นแรงแม่เหล็กไม่เป็นเส้น ๆ ที่จะนับได้ แต่เป็นเส้นแรงในอุดมคติ
6. เมื่อสมมติว่า มีปริมาณเส้นแรงแม่เหล็กพุ่งออกจากแท่งแม่เหล็ก ปริมาณนั้นมีชื่อเรียกว่า ฟลักซ์แม่เหล็ก (Magnetic flux)

บัตรเนื้อหา

ศูนย์ที่ 4

เรื่อง การคำนวณหาขนาดของสนามแม่เหล็ก

1. เมื่อพิจารณาเส้นแรงแม่เหล็กของแท่งแม่เหล็กแท่งหนึ่ง จะพบว่าเส้นแรงแม่เหล็กมี 3 มิติ
2. บริเวณใกล้ขั้วแม่เหล็กจะมีเส้นแรงแม่เหล็กอยู่หนาแน่น เรากล่าวว่าบริเวณนั้นมี **ฟลักซ์แม่เหล็ก** หนาแน่นมาก หรือเป็นบริเวณที่สนามแม่เหล็กมีค่ามาก ส่วนบริเวณที่อยู่ห่างออกไปจะมีเส้นแรงแม่เหล็กอยู่ห่าง ๆ กัน เรากล่าวว่าบริเวณนั้นมีฟลักซ์แม่เหล็กหนาแน่นน้อย หรือเป็นบริเวณที่สนามแม่เหล็กมีค่าน้อย
3. จำนวนเส้นแรงแม่เหล็กต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ที่เส้นแรงแม่เหล็กตั้งได้ฉาก เรียกว่า **ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก** ซึ่งถือว่า เป็นขนาดของสนามแม่เหล็ก B
4. ถ้าให้ Φ เป็นจำนวนเส้นแรงแม่เหล็กหรือฟลักซ์แม่เหล็กมีหน่วยเป็น เวเบอร์ (wb) A เป็นพื้นที่ตั้งฉากที่ฟลักซ์แม่เหล็กผ่าน มีหน่วยเป็น ตารางเมตร (m^2) และ B คือ ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก หรือ เท่ากับ ขนาดของสนามแม่เหล็ก จะได้ความสัมพันธ์ ดังนี้

$$\frac{\Phi\ (wb)}{A\ (m^2)} = B\ (T)$$

5. สนามแม่เหล็กเป็นปริมาณเวคเตอร์ มีหน่วยเป็น เวเบอร์/ตารางเมตร หรือเทสลา

6. **ตัวอย่างที่ 1.** ฟลักซ์แม่เหล็กมีปริมาณ 3.0 เวเบอร์ พุ่งเข้าสู่บริเวณพื้นที่ 2 ตารางเมตร ในแนวตั้งฉากจะมีค่าสนามแม่เหล็กบริเวณนั้นเท่าใด และถ้าพื้นที่ที่ฟลักซ์แม่เหล็กพุ่งผ่านทำมุม 30 องศากับสนามแม่เหล็ก ขนาดสนามแม่เหล็กมีค่าเท่าใด

วิธีทำ สูตร $B = \frac{\Phi}{A}$

แทนค่า $B = \frac{3.0}{2}$ T

$= 1.5$ T

Φ = ฟลักซ์แม่เหล็ก = 3.0 wb

A = พื้นที่ที่ฟลักซ์แม่เหล็กผ่านในแนวตั้งฉาก

$= 2 \text{ m}^2$

สนามแม่เหล็กบริเวณนั้น = 1.5 เทสลา **ตอบ**

วิธีทำ สูตร $B = \frac{\Phi}{A}$

แทนค่า $B = \frac{3.0}{1.0}$ T

$= 3.0$ T

Φ = ฟลักซ์แม่เหล็ก = 3.0 wb

A = พื้นที่ที่ฟลักซ์แม่เหล็กผ่านในแนวตั้งฉาก

$= 2 \sin 30' \text{ m}^2$

$= 1.0 \text{ m}^2$

สนามแม่เหล็กบริเวณนั้น = 3.0 เทสลา **ตอบ**

บัตรคำถาม

ศูนย์ที่ 4

เรื่อง การคำนวณหาขนาดของสนามแม่เหล็ก

ให้นักเรียนช่วยกันคิดและแสดงวิธีคำนวณอย่างละเอียด

1. ฟลักซ์แม่เหล็กมีปริมาณ 5.0 เวเบอร์ พุ่งเข้าสู่บริเวณพื้นที่ 2 ตารางเมตร ในแนวตั้งฉากจะมีค่าสนามแม่เหล็กบริเวณนั้นเท่าใด

2. ถ้ามีขั้วแม่เหล็กเดี่ยวชนิดขั้วเหนือทำให้เกิดสนามแม่เหล็กบริเวณรอบ ๆ ที่ตำแหน่งห่างออกไป 3.5 เมตร มีค่าสนามเท่ากับ 0.5 เวเบอร์/ตารางเมตร ปริมาณฟลักซ์แม่เหล็กทั้งหมดที่แผ่จากขั้วแม่เหล็กนี้มีค่าเท่าใด

3. วงลวดตัวนำพื้นที่ 0.04 m^2 วางอยู่ในสนามแม่เหล็กสม่ำเสมอ 0.1 T จงหาค่าฟลักซ์แม่เหล็กที่ผ่านวงลวด เมื่อระนาบของวงลวดทำมุม 0, 30, 45, 60 และ 90 องศา กับสนามแม่เหล็ก

เฉลยบัตรคำถาม

ศูนย์ที่ 4

เรื่อง การคำนวณหาขนาดของสนามแม่เหล็ก

1. จากสูตร $B = \frac{\Phi}{A}$

แทนค่า $B = \frac{5.0}{2}$ T

$= 2.5$ T

Φ = ฟลักซ์แม่เหล็ก = 5.0 wb

A = พื้นที่ที่ฟลักซ์แม่เหล็กผ่านในแนวตั้งฉาก

$= 2\ m^2$

สนามแม่เหล็กบริเวณนั้น = 2.5 เทสลา ตอบ

2. จากสูตร $B = \frac{\Phi}{A}$

$\Phi = B.A$

$= B \times 4\pi r^2$

$= 0.5 \times 4 \times \frac{22}{7}(3.5)^2$

$= 77$ wb

B = ขนาดสนามแม่เหล็ก

$= 0.5\ wb/m^2$

A = พื้นที่ที่ฟลักซ์แม่เหล็กแผ่ออกเป็นรูปทรงกลม

$= 4\pi r^2$

Φ = ปริมาณฟลักซ์แม่เหล็กทั้งหมด

ปริมาณฟลักซ์แม่เหล็กทั้งหมดที่แผ่ออกมาจากขั้วแม่เหล็ก 77 เวเบอร์ ตอบ

3. จากสูตร $\Phi = BA \sin \theta$

เมื่อ $\theta = 0$, $\Phi = 0$

$\theta = 30$, $\Phi = 2 \times 10^{-3}$ wb

$\theta = 45$, $\Phi = 2.8 \times 10^{-3}$ wb

$\theta = 60$, $\Phi = 3.5 \times 10^{-3}$ wb

$\theta = 90$, $\Phi = 4 \times 10^{-3}$ wb

แบบทดสอบ

เรื่อง แม่เหล็กและสนามแม่เหล็ก

คำชี้แจง จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว แล้วทำเครื่องหมาย x ตรงข้อนั้นในกระดาษคำตอบ เวลา 10 นาที

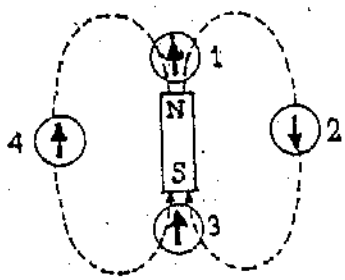
---

1. ปริมาณเส้นแรงแม่เหล็กต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ซึ่งเส้นแรงผ่านในแนวตั้งฉากเรียกว่าปริมาณใด
   ก. จำนวนของฟลักซ์แม่เหล็ก
   ข. ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก
   ค. ฟลักซ์ความเหนี่ยวนำแม่เหล็ก
   ง. ความเข้มของเส้นแรงแม่เหล็ก
2. อุปกรณ์ที่ใช้ในการหาสนามแม่เหล็กคืออะไร
   (1) เข็มทิศ (2) ผงตะไบเหล็ก
   (3) แท่งแม่เหล็กอีกแท่งหนึ่ง

   <u>คำตอบที่ถูกคือข้อใด</u>
   ก. เฉพาะข้อ 1 ข. ข้อ 1 และ 3
   ค. ข้อ 2 และ 3 ง. ข้อ 1 และ 2
3. การที่ขั้วสองขั้วของแม่เหล็กเกิดการผลักกัน ข้อความใดกล่าวถูกต้อง
   ก. ขั้วทั้งสองเป็นขั้วใต้
   ข. ขั้วทั้งสองเป็นขั้วเหนือ
   ค. ขั้วทั้งสองเป็นขั้วคนละชนิด
   ง. ขั้วทั้งสองเป็นขั้วชนิดเดียวกัน
4. ข้อความใดแสดงความหมายของ "จุดสะเทิน" ได้ถูกต้องที่สุด
   ก. ตำแหน่งที่เส้นแรงแม่เหล็กตัดกัน
   ข. ตำแหน่งที่ไม่มีเส้นแรงแม่เหล็กผ่าน
   ค. ตำแหน่งที่ไม่มีแรงกระทำต่อเข็มทิศ
   ง. ตำแหน่งที่มีสนามแม่เหล็กมารวมกันแล้วเป็นศูนย์
5. สนามแม่เหล็กมีสมบัติอย่างไร
   (1) เป็นปริมาณเวคเตอร์
   (2) มีทิศพุ่งจากขั้วเหนือไปขั้วใต้
   (3) มีแรงกระทำเกิดขึ้นเมื่อนำขั้วแม่เหล็กไปวาง ณ บริเวณนั้น
   (4) มีความเข้มสม่ำเสมอทุก ๆ จุด

   <u>คำตอบที่ถูกต้องคือข้อใด</u>
   ก. ข้อ 4
   ข. ข้อ 1 และ 3
   ค. ข้อ 2 และ 4
   ง. ข้อ 1,2 และ 3

6. เมื่อนำเข็มทิศเล็ก ๆ มาวางที่ตำแหน่งหมายเลข 1,2,3 และ 4 ซึ่งอยู่ใกล้แท่งแม่เหล็ก ดังรูป ปลายเหนือของเข็มทิศควรชี้ไปตามรูปใด



ก. ข้อ 2 และ 4

ข. ข้อ 1 และ 3

ค. ข้อ 4 เท่านั้น

ง. ข้อ 1,2 และ 3

7. ฟลักซ์แม่เหล็กปริมาณ 3.0 เวเบอร์พุ่งเข้าสู่บริเวณพื้นที่ 2 ตารางเมตรในแนวตั้งฉากจะมีค่าสนามแม่เหล็กบริเวณนั้นเท่าไร

ก. 0.6 เทสลา

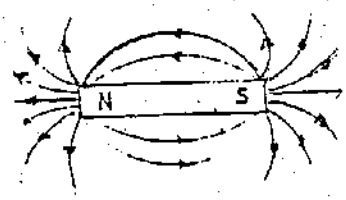
ข. 1.0 เทสลา

ค. 1.5 เทสลา

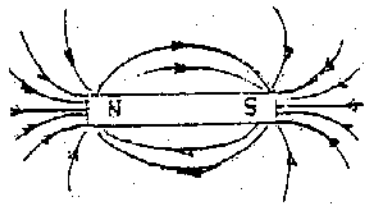
ง. 5.0 เทสลา

8. ข้อใดแสดงเส้นแม่เหล็กได้ถูกต้อง

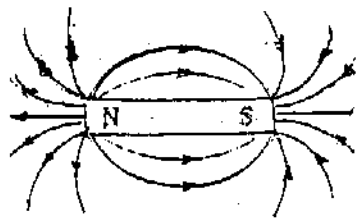
ก.



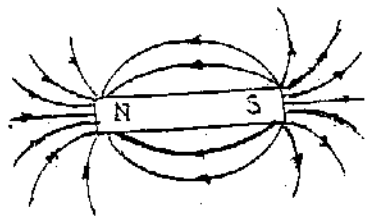
ข.



ค.

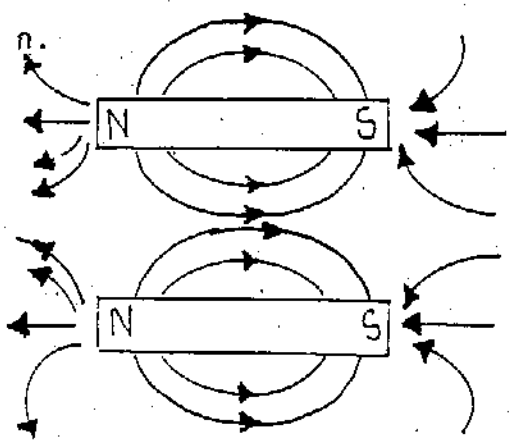


ง.

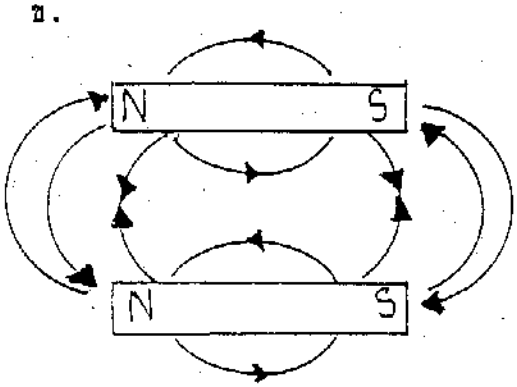


9. แม่เหล็ก 2 แท่ง รูปใดแสดงการเขียนเส้นแรงได้ถูกต้อง

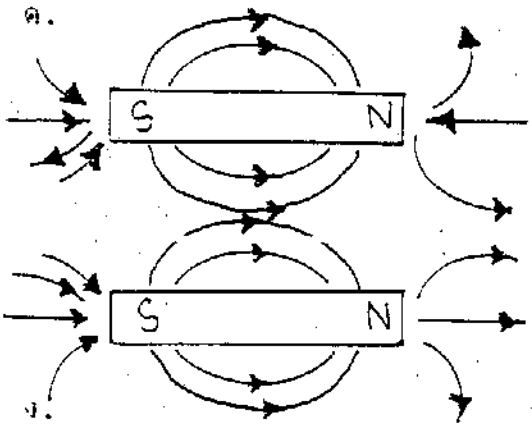
ก.



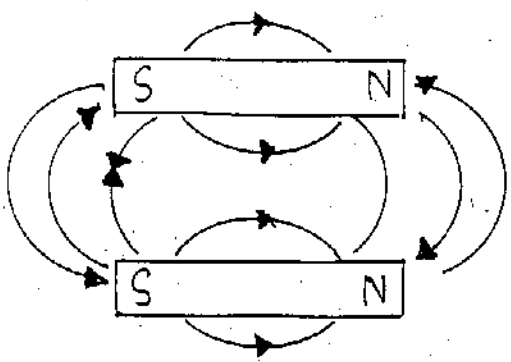
ข.



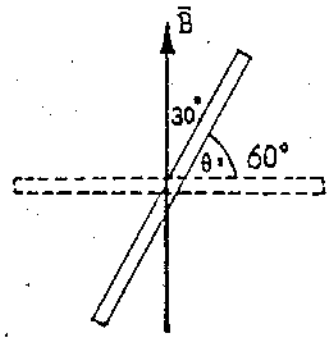
ค.



ง.



10. ขดลวดพื้นที่ 10 ตารางเซนติเมตรวางไว้ในบริเวณที่สนามแม่เหล็ก 4×10^{-2} เทสลาทิศขึ้นในแนวดิ่ง จงหาฟลักซ์แม่เหล็กที่ผ่านขดลวดซึ่งระนาบขดลวดทำมุม 30 องศากับแนวดิ่งดังรูป



ก. 4.0×10^{-5} เวเบอร์

ข. 2.0×10^{-5} เวเบอร์

ค. 4.0×10^{-1} เวเบอร์

ง. 2.0×10^{-1} เวเบอร์

เฉลยแบบทดสอบ

ชุดที่ 1

ข้อ 1	ข	ข้อ 6	ง
2	ง	7	ค
3	ค	8	ค
4	ค	9	ก
5	ง	10	ข

ชุดการสอนชุดที่ 2

1. ส่วนประกอบของชุดการสอน

1.1 คู่มือครู ประกอบด้วย

1.2 แผนการสอน

1.2 ชุดการสอนประจำศูนย์ต่าง ๆ ดังนี้

- ศูนย์ที่ 1 เรื่อง สนามแม่เหล็กที่กิดจากกระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำยาวตรง
- ศูนย์ที่ 2 เรื่อง สนามแม่เหล็กที่กิดจากกระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำวงกลม
- ศูนย์ที่ 3 เรื่อง สนามแม่เหล็กที่เกิดจากกระแสไฟฟ้าในขดลวดโซเลนอยด์
- ศูนย์ที่ 4 เรื่อง การใช้แม่เหล็กไฟฟ้าในงานต่าง ๆ
- ศูนย์ที่สำรอง เรื่อง แม่เหล็กไฟฟ้า

1.2 คู่มือนักเรียน ซึ่งเป็นคำชี้แจงในการใช้ชุดการสอน

1.1 สื่อ เช่น แผ่นใส และวัสดุอุปกรณ์

2. สิ่งที่ครูจะต้องเตรียม

2.1	ลวดสายไฟฟ้า	1	ขด
2.2	กล่องถ่านไฟฉาย 4 ก้อน	1	ชุด
	(ใช้หม้อแปลงร่วมกับเรกติไฟเออร์หรือเครื่องเรียงกระแสแทนได้)		
2.3	กระดาษแข็งสี่เหลี่ยม	3	แผ่น
2.4	เข็มทิศขนาดจิ๋ว	12	อัน
2.5	Rheostat	3	อัน
2.6	หม้อแปลงไฟฟ้า	3	เครื่อง
2.7	สายไฟฟ้า	12	คู่
2.8	กระดาษตอบคำถาม	40	แผ่น
2.9	กระดาษตอบกิจกรรม	40	แผ่น
2.10	กระดาษคำตอบแบบทดสอบก่อนเรียน	80	แผ่น
2.11	แบบทดสอบ	80	ชุด

แผนการสอนที่ใช้ชุดการสอน

วิชา ฟิสิกส์ เล่ม 5 ว 023 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

เรื่อง สนามแม่เหล็กเกิดจากกระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำ **เวลา** 2 คาบ

สาระสำคัญ

เมื่อให้กระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำ จะเกิดสนามแม่เหล็กรอบ ๆ ลวดตัวนำนั้น ทิศของสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นจะขึ้นอยู่กับทิศของกระแสไฟฟ้า

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม เมื่อจบบทเรียนนี้แล้วนักเรียนสามารถ

1. ทำกิจกรรมและสรุปได้ว่า ขณะมีกระแสไฟฟ้าผ่านเส้นลวดตัวนำตรง หรือโค้งวงกลม หรือขดลวดโซเลนอยด์ จะเกิดสนามแม่เหล็กขึ้นรอบ ๆ ลวดตัวนำนั้น
2. บอกทิศของสนามแม่เหล็กรอบ ๆ ตัวนำเส้นตรงและเส้นโค้งได้
3. บอกได้ว่าโซเลนอยด์ที่มีกระแสไฟฟ้าผ่าน จะทำตัวเสมือนเป็นแท่งแม่เหล็ก
4. อธิบายการทำแม่เหล็กไฟฟ้า และการนำแม่เหล็กไฟฟ้าไปใช้ในอุปกรณ์บางอย่างได้

เนื้อหา

1. เมื่อมีกระแสไฟฟ้าในตัวนำ จะเกิดสนามแม่เหล็กขึ้นรอบ ๆ ตัวนำนั้น ทิศของสนามแม่เหล็กนี้จะขึ้นกับทิศของกระแสไฟฟ้า ทิศของสนามแม่เหล็กหาได้โดยใช้เข็มทิศเล็กๆ หรือใช้มือขวากำรอบเส้นลวดตัวนำโดยให้หัวแม่มือชี้ไปทางทิศของกระแสไฟฟ้า นิ้วที่เหลือจะแสดงทิศของสนามแม่เหล็ก

2. เมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำที่ขดเป็นวงกลม จะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กขึ้นในลักษณะเดียวกับสนามแม่เหล็กที่เกิดจากแท่งแม่เหล็ก

3. ลวดตัวนำที่มีฉนวนหุ้มหรือสายไฟ เมื่อนำมาพันเป็นขดลวดวงกลมที่มีรัศมีคงตัวเรียงซ้อนกัน เป็นรูปทรงกระบอก เรียกว่า โซเลนอยด์

4. เมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่านโซเลนอยด์ จะมีเส้นแรงแม่เหล็กเกิดขึ้น โดยมีค่าสนามแม่เหล็กสูงสุดในบริเวณแกนกลางของทรงกระบอก และจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อจำนวนรอบของขดลวดเพิ่มขึ้น ถ้ากระไฟฟ้ามีค่าคงตัว

5. ถ้าใส่แกนเหล็กอ่อนไว้ภายในโซเลนอยด์ เมื่อมีกระแสไฟฟ้าในขดลวด แกนเหล็กอ่อนจะกลายเป็นแท่งแม่เหล็กที่มีค่าสูงกว่ากรณีที่ไม่มีแกนเหล็ก และจะหมดสมบัติความเป็นแม่เหล็กกลายเป็นเหล็กธรรมดา วิธีการเช่นนี้เรียกว่า แม่เหล็กไฟฟ้า

6. แม่เหล็กไฟฟ้านำไปใช้ในงานด้านต่าง ๆ เช่น ใช้ควบคุมการเคลื่อนที่ของอิเลคตรอนในหลอดสภาพของโทรทัศน์ ใช้ควบคุมการทำงานของใน สวิตช์รีเลย์และสวิตช์ตัดวงจรแบบอัตโนมัติ ใช้ในการทำงานของกระดิ่ง หรือออดไฟฟ้า ใช้ในการทำงานของเครื่องเคาะสัญญาณเวลา เป็นต้น

กิจกรรมการเรียนการสอน

ขั้นนำ

ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยอธิบายว่า ในครั้งที่แล้วนักเรียนได้เรียนเกี่ยวกับสนามแม่เหล็กที่เกิดจากแท่งแม่เหล็ก สำหรับวันนี้ เราจะมาศึกษาดูว่า ลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านจะมีสนามแม่เหล็กเกิดขึ้นรอบ ๆ ลวดตัวนำนั้นหรือไม่

ขั้นสอน

1. เพื่อให้นักเรียนทราบว่าในวันนี้จะศึกษาเกี่ยวกับเรื่องอะไรบ้างอย่างคร่าว ๆ และเพื่อตรวจสอบว่า นักเรียนมีความรู้เกี่ยวกับเรื่องสนามแม่เหล็กที่เกิดจากกระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำเพียงใด จึงให้นักเรียนได้ทำแบบทดสอบความรู้ก่อนเรียนการสอน ห้ามนักเรียนปรึกษากัน ใช้เวลาในการทำแบบทดสอบ 10 นาที

2. ครูให้นักเรียนลงมือปฏิบัติตามชุดการสอนในแต่ละศูนย์ที่กำหนดไว้ ซึ่งใช้เวลาประมาณ 15 นาที เมื่อเสร็จแล้วให้เปลี่ยนศูนย์จนครบ 4 ศูนย์ ถ้าศูนย์ใดเสร็จก่อนให้ไปรอที่ศูนย์สำรอง

3. ครูเตือนให้นักเรียนปฏิบัติตามคู่มือนักเรียนอย่างเคร่งครัด

4. ในขณะที่นักเรียนปฏิบัติกิจกรรมตามชุดการสอนนั้น เมื่อนักเรียนมีข้อสงสัย ครูจะเดินไปตามศูนย์ต่าง ๆ อธิบายและตอบข้อสงสัยเหล่านั้น ขณะเดียวกันครูใช้แบบสังเกตพฤติกรรมของแต่ละกลุ่ม ตรวจสอบพฤติกรรมการเรียนในแต่ละศูนย์ควบคู่ไปด้วย

5. ถ้านักเรียนกลุ่มใดทำกิจกรรมในศูนย์นั้นเสร็จก่อนให้ไปรอที่ศูนย์สำรอง

ขั้นสรุป

6. เมื่อนักเรียนปฏิบัติกิจกรรมครบทุกศูนย์แล้ว ครูให้หัวหน้ากลุ่มแต่ละศูนย์ ที่อยู่ศูนย์สุดท้ายออกมาสรุปความรู้ในศูนย์นั้น ๆ

7. ครูสรุปโดยตั้งคำถามว่า

- ถ้ามีกระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำ จะเกิดอะไรขึ้นรอบ ๆ ลวดตัวนำนั้น
  (เกิดสนามแม่เหล็กขึ้นรอบ ๆ ลวดตัวนำ)
- ทิศของสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้น จะหาได้จากอุปกรณ์อะไร
  (เข็มทิศ ใช้มือขวา ผงตะไบเหล็ก)
- ทิศของสนามแม่เหล็กที่เกิดจากการผ่านกระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำนี้ขึ้นอยู่กับอะไร
  (ทิศของกระแสไฟฟ้าที่ผ่านเข้าไปในลวดตัวนำ)
- ให้ยกตัวอย่างอุปกรณ์ไฟฟ้าที่นำความรู้เรื่องแม่เหล็กไปใช้นอกเหนือจากที่เรียนในห้องเรียน มา 2 ตัวอย่าง
  (กระดิ่งไฟฟ้า โทรศัพท์ เครื่องเคาะสัญญาณเวลา ฯลฯ)

8. ครูใช้แผ่นใสแสดงจุดประสงค์การเรียนในคาบนี้

9. เราจะมาดูกันว่า ที่นักเรียนทำกิจกรรมนั้นถูกต้องเพียงใด ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มแลกเปลี่ยนกันตรวจ โดยครูแจกบัตรเฉลยคำถามและบัตรเฉลยกิจกรรมให้

10. ครูให้นักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียน โดยไม่ให้นักเรียนปรึกษากัน ใช้เวลา 10 นาที

บัตรเนื้อหา

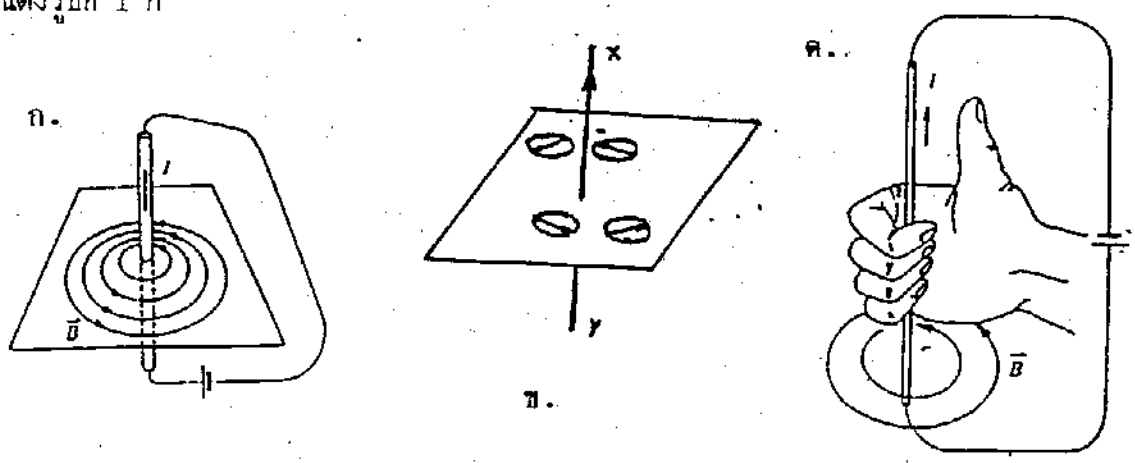
ศูนย์ 1

เรื่อง สนามแม่เหล็กเกิดจากกระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำยาวตรง

นักเรียนได้เรียนเกี่ยวกับสนามแม่เหล็กเนื่องจากแท่งแม่เหล็กมาแล้ว ถ้าลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านคิดว่ามีสนามแม่เหล็กเกิดขึ้นรอบ ๆ ลวดตัวนำนั้นหรือไม่ ให้นักเรียนศึกษาจากการทดลองในบัตรกิจกรรมที่ให้

จากการศึกษาพบว่า

1. เมื่อมีกระแสไฟฟ้าตรงผ่านลวดตัวนำตรงจะเกิดสนามแม่เหล็กขึ้นรอบ ๆ ตัวนำนั้นดังรูปที่ 1 ก



สนามแม่เหล็กของลวดตัวนำเส้นตรง

2. ทิศของสนามแม่เหล็กที่เกิดจากกระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำตรงนี้จะขึ้นกับทิศของกระแสไฟฟ้า เมื่อทิศของกระแสไฟฟ้าเปลี่ยน ทิศของสนามแม่เหล็กก็จะเปลี่ยนด้วย สามารถหาทิศของสนามแม่เหล็กได้จาก

2.1 โดยใช้เข็มทิศเล็ก ๆ วางไว้ใกล้ ๆ ซึ่งปกติเข็มทิศ จะวางในแนวเหนือใต้ ขั้วเหนือชี้ทิศเหนือ คือวางตัวตามสนามแม่เหล็กโลกแนวราบ เมื่อเข็มทิศอยู่ใกล้ลวดตัวนำที่มีกระแสเข็มทิศจะเบนไปจากแนวเหนือใต้ วางตัวนึ่งในสนามแม่เหล็กลัพธ์ในแนวราบ ดังแสดงในรูปที่ 1 ข

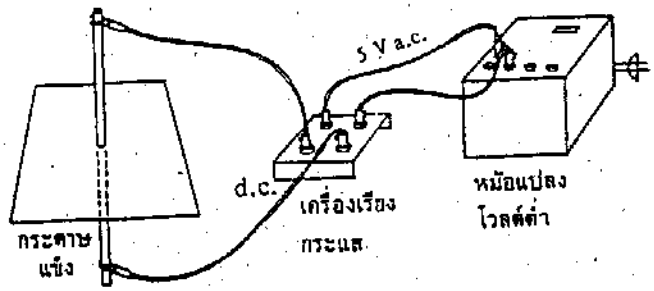
2.2 โดยใช้มือขวา ให้มือขวากำรอบเส้นลวดตัวนำให้หัวแม่มือชี้ไปทางทิศของกระแสไฟฟ้า นิ้วที่เหลือจะแสดงทิศการวนของสนามแม่เหล็ก ดังรูปที่ 1 ค

บัตรกิจกรรม

ศูนย์ที่ 1

เรื่อง สนามแม่เหล็กเกิดจากกระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำยาว

1. สอดลวดตัวนำเส้นตรงผ่านรูบนกระดาษแข็งแล้วต่อวงจรไฟฟ้าดังรูปที่ 2 วางเข็มทิศบนกระดาษแข็ง ณ ตำแหน่งต่าง ๆ พร้อมทั้งสังเกตการวางตัวของเข็มทิศ



รูปที่ 2 แสดงการจัดอุปกรณ์

2. เปิดสวิตช์ที่หม้อแปลงไฟฟ้า จากนั้นวางเข็มทิศบนกระดาษแข็ง ณ ตำแหน่งต่าง ๆ พร้อมทั้งสังเกตการวางตัวของเข็มทิศ แล้วปิดสวิตช์

3. เปลี่ยนทิศของกระแสไฟฟ้าโดยสลับสายไฟที่ขั้ว dc ของเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า แล้วทดลองซ้ำข้อ 2

4. วางเข็มทิศบนกระดาษแข็ง ณ ตำแหน่งหนึ่งเปิดสวิตช์และสังเกตแนวการวางตัวของเข็มทิศ

5. เปลี่ยนทิศของกระแสไฟฟ้าโดยเข็มทิศยังอยู่ที่ตำแหน่งเดิม สังเกตการวางตัวของเข็มทิศ

6. เปลี่ยนตำแหน่งของเข็มทิศอีก 3 ตำแหน่งแล้วทดลองซ้ำ

*** โปรดระวังอย่าเปิดสวิตช์นานเกิน 1 นาที เพราะจะทำให้เครื่องเรียงกระแสไฟฟ้าชำรุด**

บัตรคำถาม

ศูนย์ที่ 1

เรื่อง สนามแม่เหล็กเกิดจากกระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำยาว

ให้นักเรียนอภิปรายในกลุ่มแล้วตอบคำถามต่อไปนี้

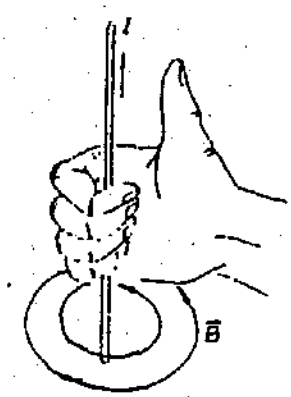
1. เมื่อใช้เข็มทิศตรวจทิศของสนามแม่เหล็ก เข็มทิศชี้อย่างไร
2. ถ้ากลับทิศกระแสไฟฟ้าโดยต่อสลับขั้ว dc แล้วใช้เข็มทิศตรวจใหม่ เข็มทิศจะแสดงทิศอย่างไร
3. จากการสังเกตการวางตัวของเข็มทิศเมื่อมีกระแสผ่านเส้นลวดตัวนำตรงยาว สนามแม่เหล็กที่จุดใด ๆ มีทิศอย่างไร
4. เปรียบเทียบตำแหน่งเข็มทิศที่อยู่ต่างกัน สังเกตการวางตัวของเข็มทิศต่างกันอย่างไร
5. ในการหาทิศของสนามแม่เหล็กนั้น นอกจากจะใช้เข็มทิศแล้ว มีการกำหนดวิธีหาทิศของสนามแม่เหล็กด้วยวิธีใด มีความว่าอย่างไร ให้วาดรูปประกอบด้วย
6. สรุปผลการทดลองได้อย่างไร

เฉลยบัตรคำถาม

ศูนย์ที่ 1

เรื่อง สนามแม่เหล็กเกิดจากกระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำยาว

1. ขึ้นเป็นวงกลมรอบเส้นลวดในทิศทางเดียวกัน
2. จะชี้ในทิศทางตรงกันข้ามกับครั้งแรก
3. มีทิศอยู่ในแนวตั้งฉากกับรัศมี หรืออยู่ในแนวเส้นสัมผัสวงกลมที่จุดนั้น
4. ตำแหน่งที่อยู่ใกล้เส้นลวดจะมีแรงเนื่องจากสนามแม่เหล็กกระทำกับเข็มทิศมากกว่าตำแหน่งที่อยู่ไกลเส้นลวด
5. ใช้มือขวา มีความว่า เมื่อใช้มือขวากำรอบเส้นลวด ให้นิ้วหัวแม่มือ ชี้ไปทางทิศของกระแสไฟฟ้าที่ผ่าน นิ้วทั้งสี่ที่กำรอบเส้นลวดจะแสดงทิศการวนของสนามแม่เหล็กนั้น



6. ขณะที่มีกระแสไฟฟ้าเข้าไปในเส้นลวดตัวนำตรง จะเกิดสนามแม่เหล็กขึ้นรอบ ๆ ตัวนำนั้น ทิศของสนามแม่เหล็กจะขึ้นกับทิศของกระแสไฟฟ้า และสามารถหาทิศของสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นได้โดยใช้เข็มทิศหรือใช้มือขวา)

บัตรเนื้อหา

ศูนย์ที่ 2

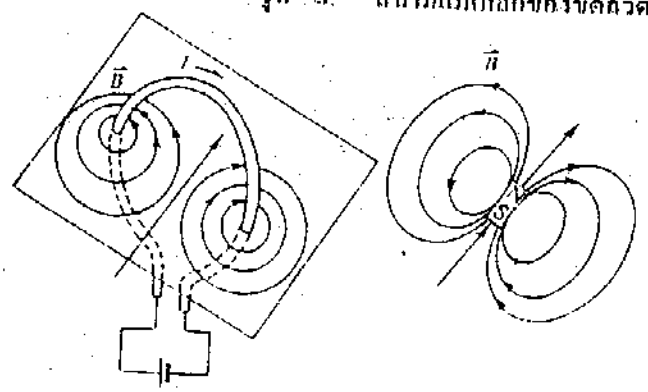
เรื่อง สนามแม่เหล็กเกิดจากกระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำวงกลม

นักเรียนได้เรียนเกี่ยวกับสนามแม่เหล็กเนื่องจากแท่งแม่เหล็กมาแล้ว ถ้าลวดตัวนำวงกลมที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านคิดว่ามีสนามแม่เหล็กเกิดขึ้นรอบ ๆ ลวดตัวนำนั้นหรือไม่ นักเรียนจะได้ศึกษาจากการทดลองในบัตรกิจกรรมที่ให้

จากการศึกษาพบว่า

1. เมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำที่ขดเป็นวงกลมจะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กขึ้น ในลักษณะเดียวกับสนามแม่เหล็กที่เกิดจากแท่งแม่เหล็กดังรูปที่ 3 ก เปรียบเทียบกับรูป ข

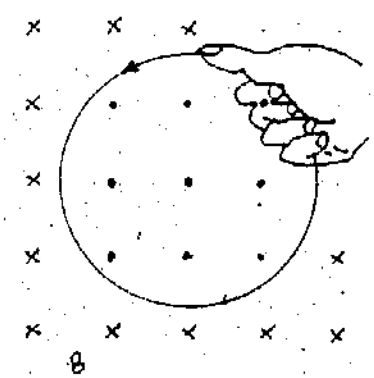
รูป ง. สนามแม่เหล็กของขดลวดวงกลม และของแท่งแม่เหล็ก



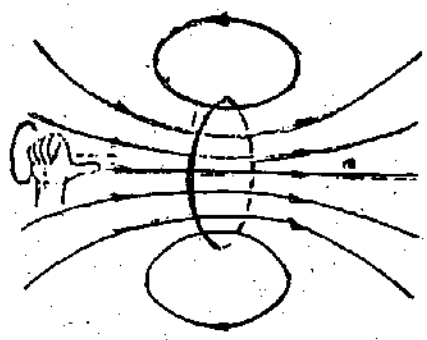
ก. ข.

2. ทิศของสนามแม่เหล็กที่เกิดจากลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านและขดเป็นวงกลม พิจารณาจาก

2.1 ทิศของเส้นแรงแม่เหล็ก ดังรูป



2.2 หาได้โดยใช้มือขวา ให้นิ้วทั้งสี่ของมือขวาทาบไปตามวงลวด ปลายนิ้วชี้ตามทิศกระแสไฟฟ้านิ้วหัวแม่มือจะแสดงทิศของสนามแม่เหล็ก ดังรูปที่ 4



รูป 4. การหาทิศสนามแม่เหล็ก

2.3 ถ้าใช้หลักการไหลวนของกระแส จะหาทิศของสนามได้จากการหันหน้าตัดของขดลวดเข้าหาตัวผู้สังเกต ถ้ากระแสไหลวนซ้ายทวนเข็มนาฬิกา ด้านนั้นเป็นขั้วเหนือ (N) แต่ถ้ากระแสไหลวนขวาตามเข็มนาฬิกา ด้านนั้นเป็นขั้วใต้ (S)

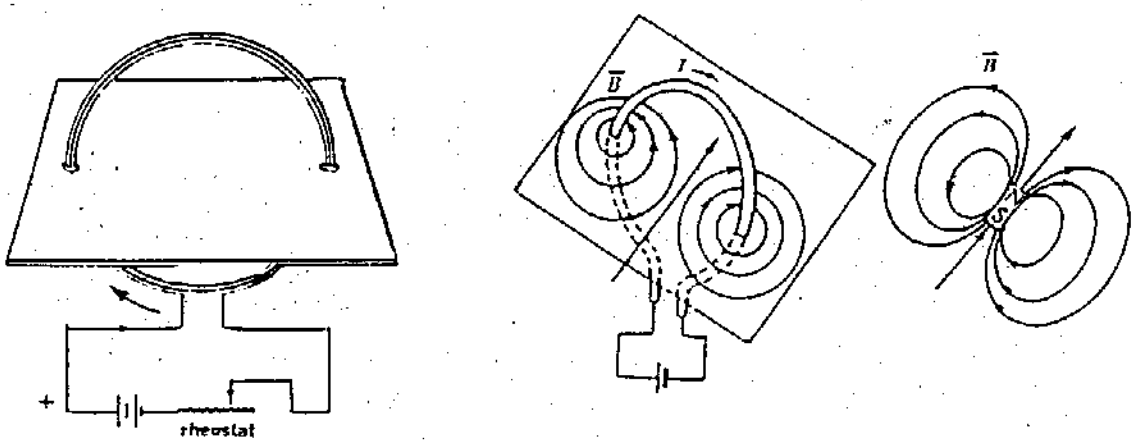
บัตรกิจกรรม

ศูนย์ที่ 2

เรื่อง สนามแม่เหล็กเกิดจากกระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำวงกลม

1. สอดขดลวดไฟฟ้าพันทะลุแผ่นกระดาษแข็ง เป็นวงกลมหลาย ๆวงหรือพันเป็นวงกลม 5 รอบให้ระนาบขดลวดตั้งฉากกับแผ่นกระดาษแข็ง
2. ต่อ rheostat อนุกรมกับขดลวดเป็นวงจรกับถ่านไฟฉาย ปรับค่าความต้านทาน
3. ใช้เข็มทิศตรวจทิศสนามทั่วบริเวณแผ่นกระดาษ โดยเฉพาะตรงแนวกลาง ผ่านจุดศูนย์กลางวงกลม ดังรูปแสดงการจัดเครื่องมือ
4. เปลี่ยนทิศของกระแสไฟฟ้าโดยเข็มทิศยังอยู่ที่ตำแหน่งเดิม สังเกตการวางตัวของเข็มทิศ
5. เปลี่ยนตำแหน่งของเข็มทิศอีก 3 ตำแหน่งแล้วทดลองซ้ำ

* โปรดระวังอย่าเปิดสวิตช์นานเกิน 1 นาที เพราะจะทำให้เครื่องเรียงกระแสไฟฟ้าชำรุด



รูปแสดงการจัดอุปกรณ์

บัตรคำถาม

ศูนย์ที่ 2

เรื่อง สนามแม่เหล็กเกิดจากกระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำวงกลม

ให้นักเรียนอภิปรายในกลุ่มแล้วตอบคำถามต่อไปนี้

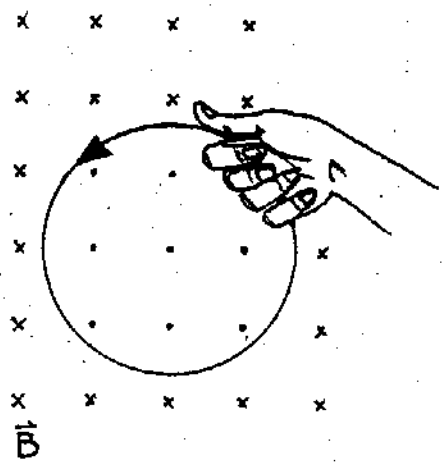
1. เมื่อใช้เข็มทิศตรวจ ทิศของสนามแม่เหล็กมีทิศอย่างไร
2. ทิศของสนามตามแนวกลางผ่านจุดศูนย์กลาง เป็นอย่างไร
3. ถ้ากลับทิศกระแสไฟฟ้าโดยกลับขั้วถ่านไฟฉาย จะมีอะไรเปลี่ยนแปลงบ้าง
4. ในการหาทิศของสนามแม่เหล็กที่จุดศูนย์กลาง มีหลักเกณฑ์อย่างไร
5. ถ้าใช้หลักการไหลวนของกระแส จะหาทิศของสนามได้อย่างไร วาดรูปประกอบ

เฉลยบัตรคำถาม

ศูนย์ที่ 2

เรื่อง สนามแม่เหล็กเกิดจากกระแสไฟฟ้าไหลวดตัวนำวงกลม

1. มีทิศวนรอบเส้นลวดวงกลม พุ่งออกไปทางฝ่ายเดียวกัน
2. มีทิศพุ่งตรงตั้งฉากกับระนาบขดลวด
3. กระแสไฟฟ้ากลับทิศ ทำให้ทิศของสนามแม่เหล็กชี้ตรงข้ามกับครั้งแรก
4. ใช้มือขวากำเส้นลวดโดยให้หัวแม่มือทาบไปตามแนวเส้นลวด หัวแม่มือแทนทิศของกระแสไฟฟ้า นิ้วทั้งสี่แทนทิศของสนามแม่เหล็ก ดังรูป



5. ให้หันหน้าตัดของขดลวดเข้าหาผู้สังเกต ถ้ากระแสไฟฟ้าวนซ้ายทวนเข็มนาฬิกา ด้านนั้นเป็นขั้วเหนือ (N) แต่ถ้ากระแสไฟฟ้าไหลวนขวาตามเข็มนาฬิกา ด้านนั้นเป็นขั้วใต้ (S) ดังรูป

ขั้วเหนือ (N)

ขั้วใต้ (S)

บัตรเนื้อหา

ศูนย์ที่ 3

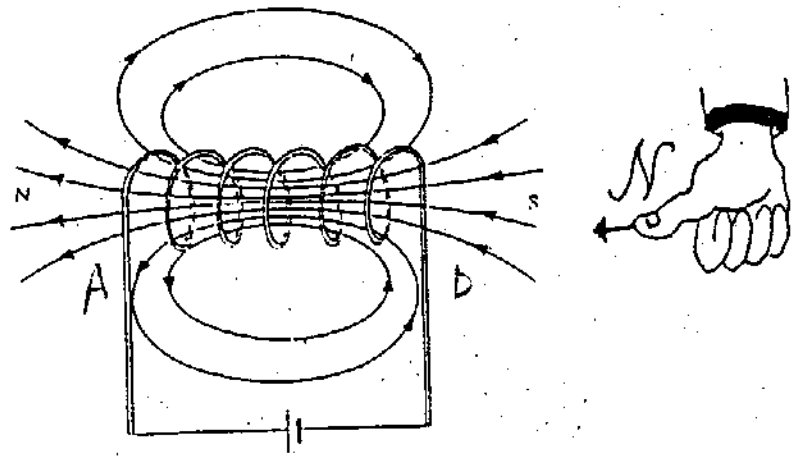
เรื่อง สนามแม่เหล็กที่เกิดจากกระแสไฟฟ้าในขดลวดโซเลนอยด์

นักเรียนได้เรียนเกี่ยวกับสนามแม่เหล็กเนื่องจากแท่งแม่เหล็กมาแล้ว ถ้าลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านคิดว่ามีสนามแม่เหล็กเกิดขึ้นรอบ ๆ ลวดตัวนำนั้นหรือไม่ ให้นักเรียนศึกษาจากการทดลองในบัตรกิจกรรมที่ให้

จากการศึกษาพบว่า

1. ลวดตัวนำที่มีฉนวนหุ้มหรือสายไฟ เมื่อนำมาพันเป็นขดลวดวงกลมที่มีรัศมีคงตัวเรียงซ้อนกัน เป็นรูปทรงกระบอก เรียกว่า **โซเลนอยด์**

2. เมื่อให้กระแสไฟฟ้าผ่านโซเลนอยด์ จะมีเส้นแรงแม่เหล็กเกิดขึ้น โดยมีค่าสนามแม่เหล็กสูงสุดในบริเวณแกนกลางของทรงกระบอกดังรูปที่ 5

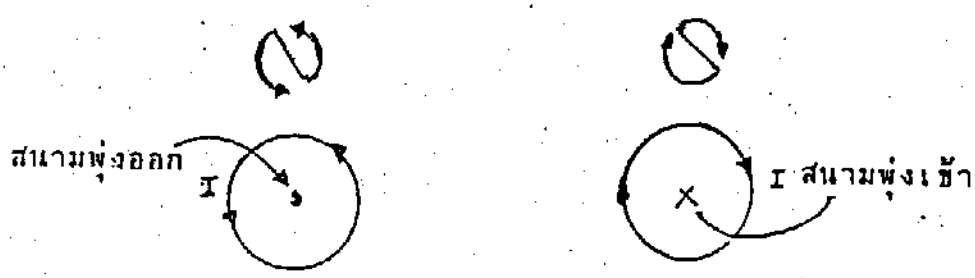


รูปที่ 5 แสดงทิศของสนามแม่เหล็ก

3. ทิศของสนามแม่เหล็กภายในขดลวดโซเลนอยด์ หาได้จาก

3.1 ใช้มือขวา ให้นิ้วทั้งสี่ของมือขวากำรอบขดลวด ปลายนิ้วชี้ตามทิศกระแสไฟฟ้า นิ้วหัวแม่มือจะแสดงทิศสนามแม่เหล็ก

3.2 โดยการดูทิศของกระแสไฟฟ้าที่ปลายขดลวด ถ้ากระแสทวนเข็มนาฬิกาปลายนั้นเป็นขั้วเหนือ (N) สนามพุ่งออก ถ้ากระแสไฟฟ้าตามเข็มนาฬิกาปลายนั้นเป็นขั้วใต้ (S) สนามพุ่งเข้า ดังรูป



4. สนามแม่เหล็กในบริเวณแกนกลางโซเลนอยด์จะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อ

4.1 จำนวนรอบขดลวดเพิ่มขึ้น ถ้ากระแสไฟฟ้ามีค่าคงตัว

4.2 กระแสไฟฟ้าเพิ่มขึ้น ถ้าจำนวนรอบขดลวดคงตัว

5. ถ้านำแกนเหล็กอ่อนไว้ในโซเลนอยด์ ปล่อยกระแสไฟฟ้าเข้าไปในขดลวด แกนเหล็กอ่อนจะกลายเป็นแท่งแม่เหล็กทันที ในกรณีนี้สนามแม่เหล็กในบริเวณแกนกลางมีค่าสูงกว่ากรณีที่ไม่มีแกนเหล็ก เมื่อปิดสวิตช์เพื่อไม่ให้กระแสไฟฟ้าผ่านโซเลนอยด์ แกนเหล็กอ่อนจะหมดสมบัติความเป็นแม่เหล็กกลายเป็นเหล็กธรรมดา แม่เหล็กที่เกิดจากวิธีการนี้ เรียกว่า **แม่เหล็กไฟฟ้า** ค่าสนามแม่เหล็กจากแม่เหล็กไฟฟ้าจะขึ้นอยู่กับ

5.1 ค่าของกระแสไฟฟ้า

5.2 จำนวนรอบของขดลวด และ

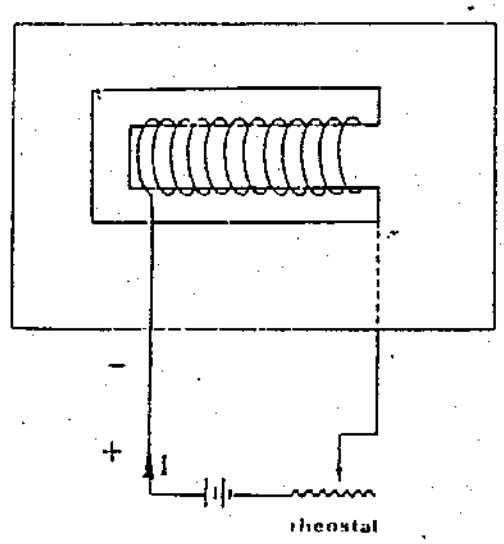
5.3 ชนิดของสารแม่เหล็กที่เป็นแกน

บัตรกิจกรรม

ศูนย์ที่ 3

เรื่อง สนามแม่เหล็กที่เกิดจากกระแสไฟฟ้าในขดลวดโซเลนอยด์

เจาะกระดาษแข็งเหมือนตัวยูดังรูป เอาลวดสายไฟฟ้าพันกับหลอดพลาสติกตรงรูปทรงกระบอกให้อยู่ตัวเสียก่อน จึงนำขดลวดสวมเข้าแกนของแกนกระดาษแข็ง และต่อวงจรไฟฟ้าผ่าน ตัวต้านทานที่ปรับค่าได้ (rheostat) และรังถ่านไฟฉาย ดังรูป แล้วตอบคำถามดังนี้



รูปแสดงการจัดตั้งอุปกรณ์

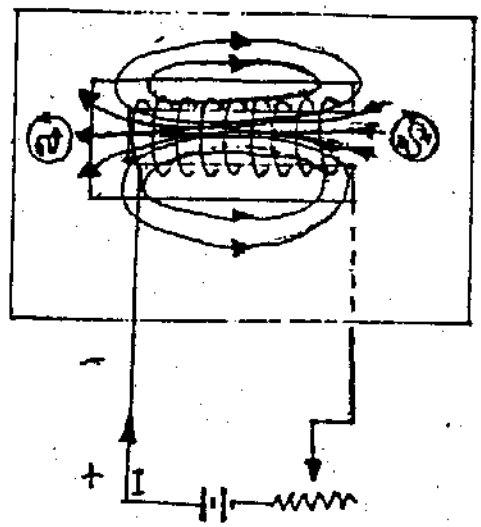
1. เมื่อกระแสไฟฟ้าผ่านขดลวด ให้ใช้เข็มทิศ ตรวจดูทิศของสนามบริเวณทั่ว ๆ ไปบนแผ่นกระดาษ โดยเฉพาะตามแนวต่อปลายทั้งสองของขดลวด หาแนวที่เข็มทิศชี้ที่เดิม ให้วาดแนวเส้นแรงแม่เหล็กของขดลวดโซเลนอยด์
2. ใช้เข็มทิศตรวจว่าปลายใดเป็นขั้วชนิดใด ให้วาดเส้นแรงและทิศสนามแม่เหล็กลงในรูป
3. เปลี่ยนทิศของกระแสไฟฟ้าโดยเข็มทิศยังอยู่ที่ตำแหน่งเดิม สังเกตการวางตัวของเข็มทิศ
4. เปลี่ยนตำแหน่งของเข็มทิศอีก 3 ตำแหน่งแล้วทดลองซ้ำ

_ เฉลยบัตรกิจกรรม

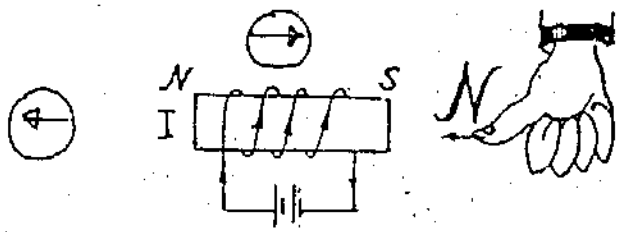
ศูนย์ที่ 3

เรื่อง สนามแม่เหล็กที่เกิดจากกระแสไฟฟ้าในขดลวดโซเลนอยด์

1.



2.



บัตรคำถาม

ศูนย์ที่ 3

เรื่อง สนามแม่เหล็กที่เกิดจากกระแสไฟฟ้าในขดลวดโซเลนอยด์

1. ขดลวดโซเลนอยด์ เมื่อมีกระแสไฟฟ้าตรงผ่าน จะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กลักษณะอย่างไร
2. เส้นแรงแม่เหล็กภายในและภายนอกมีทิศอย่างไร
3. ถ้าใช้หลักมือขวาหาชนิดขั้วแม่เหล็กจะกำหนดอย่างไร
4. ถ้าสอดแท่งเหล็กอ่อนไว้ภายในโซเลนอยด์แล้วผ่านกระแส เหล็กอ่อนจะประพฤติตัวอย่างไร และถ้าหยุดผ่านกระแสจะเป็นอย่างไร
5. แม่เหล็กที่เกิดขึ้นจากการเหนี่ยวนำโดยกระแสไฟฟ้านี้จะเรียกว่าอะไร

เฉลยบัตรคำถาม

ศูนย์ที่ 3

เรื่อง สนามแม่เหล็กที่เกิดจากกระแสไฟฟ้าในขดลวดโซเลนอยด์

1. มีลักษณะเหมือนสนามของแท่งแม่เหล็กทรงกระบอก มีขั้วอยู่ที่ปลายทั้งสอง
2. เส้นแรงภายในขนานกับแกนของขดลวดโซเลนอยด์มีทิศพุ่งเข้าทางปลายขั้วใต้ (S) และพุ่งออกทางปลายขั้วเหนือ (N) แล้วโค้งไปสู่ปลายขั้วใต้ (S) อีกครั้งหนึ่ง
3. ให้กำนิ้วทิศทั้งสี่ตามทิศของกระแสไหลวน นิ้วหัวแม่มือที่ชี้ออกจะเป็นปลายขั้วเหนือ (N) ปลายตรงข้ามก็จะเป็นขั้วใต้ (S)
4. จะกลายเป็นแม่เหล็ก มีขั้วเหมือนขดโซเลนอยด์ และเมื่อหยุดผ่านกระแสไฟฟ้า เหล็กอ่อนก็จะหมดอำนาจแม่เหล็กอย่างรวดเร็ว
5. แม่เหล็กไฟฟ้า

บัตรเนื้อหา

ศูนย์ที่ 4

เรื่อง การใช้แม่เหล็กไฟฟ้าในงานต่าง ๆ

นักเรียนได้เรียนเกี่ยวกับสนามแม่เหล็กเนื่องจากแท่งแม่เหล็กมาแล้ว ถ้าพิจารณาเฉพาะลวดตัวนำตรงมีกระแสไฟฟ้าผ่าน จะเกิดสนามแม่เหล็กขึ้นรอบ ๆ ตัวนำ ความเข้มของสนามแม่เหล็กจะมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อนำเส้นลวดตรงนั้นมาขดเป็นวงกลมที่เรียกว่าขดลวดโซเลนอยด์ และจะมีค่ามากยิ่งขึ้นอีกถ้าใส่แกนเหล็กอ่อนไว้ภายในขดลวดโซเลนอยด์ เมื่อมีกระแสไฟฟ้าในขดลวด แกนเหล็กอ่อนจะกลายเป็นแท่งแม่เหล็กทันที เมื่อปิดสวิตช์เพื่อไม่ให้กระแสไฟฟ้าผ่านโซเลนอยด์ แกนเหล็กอ่อนจะหมดสมบัติความเป็นแม่เหล็กกลายเป็นเหล็กธรรมดา แม่เหล็กที่เกิดจากวิธีการเช่นนี้ เรียกว่า **แม่เหล็กไฟฟ้า** ค่าของสนามแม่เหล็กจากแม่เหล็กไฟฟ้าจะขึ้นอยู่กับค่าของ**กระแสไฟฟ้า จำนวนรอบของขดลวดและชนิดของสารแม่เหล็กที่เป็นแกน**

ปัจจุบันนี้มีการใช้แม่เหล็กไฟฟ้าในงานด้านต่าง ๆ อย่างกว้างขวาง เช่น ใช้ควบคุมการเคลื่อนที่ของอิเลคตรอนในหลอดภาพของโทรทัศน์ ใช้ควบคุมการทำงานของ**สวิตช์รีเลย์และสวิตช์ตัดวงจรแบบอัตโนมัติ** กระดิ่งไฟฟ้าหรือออดไฟฟ้า เครื่องเคาะสัญญาณไฟฟ้า เป็นต้น ในที่นี้จะพิจารณาการทำงานเฉพาะในสวิตช์อัตโนมัติ และสวิตช์รีเลย์

บัตรกิจกรรม

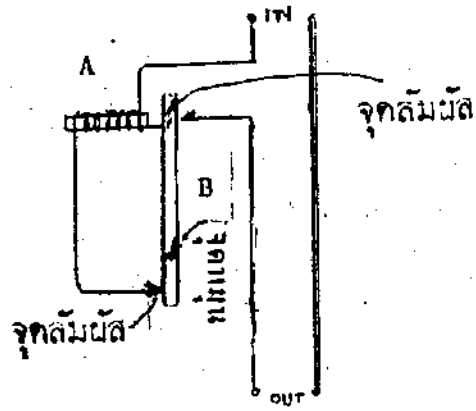
ศูนย์ที่ 4

เรื่อง การใช้แม่เหล็กไฟฟ้าในงานต่าง ๆ

ให้นักเรียนพิจารณาการทำงานของสวิตช์อัตโนมัติ และสวิตช์รีเรย์ จากภาพประกอบอภิปรายร่วมกัน แล้วตอบคำถามตามลำดับ

สวิตช์อัตโนมัติ

พิจารณาวงจรไฟฟ้าภายใน สวิตช์อัตโนมัติ แสดงดังรูป แล้วตอบคำถามดังนี้



รูปแสดงวงจรไฟฟ้าภายในสวิตช์อัตโนมัติ

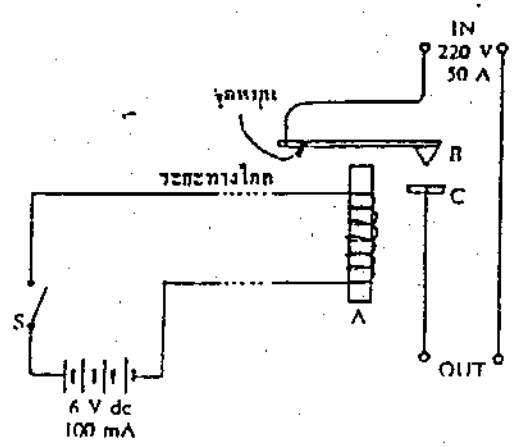
1. แผ่นเหล็ก B แตะสายไฟที่จุดใด
2. กระแสไฟฟ้าผ่านเข้าวงจรที่จุดใด
3. แผ่นเหล็ก B มีจุดหมุนหรือไม่
4. ถ้าไม่มีกระแสไฟฟ้าผ่าน แผ่นเหล็ก B อยู่ในสมดุลหรือไม่
5. เมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่านขดลวด A มากกว่าค่าที่กำหนดไว้ในการออกแบบสร้าง จะเกิดอะไรขึ้นที่แท่งเหล็กที่ A
6. เมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่านขดลวด A จะเกิดอะไรขึ้นกับแผ่นเหล็ก B
7. จากข้อ ๖ ขณะนี้กระแสไฟฟ้าผ่านแผ่นเหล็ก B ครบวงจรหรือไม่
8. ผลจากข้อ ๗ ขดลวด A จะมีกระแสไฟฟ้าผ่านหรือไม่
9. แท่งเหล็ก A จะเป็นแม่เหล็กไฟฟ้าหรือไม่ เพราะเหตุใด

10. แผ่นเหล็ก B จะถูกแท่งเหล็ก A ดูดหรือไม่ เพราะเหตุใด

11. แผ่นเหล็ก B จะอยู่ในลักษณะอย่างไรเมื่อไม่มีกระแสไฟฟ้าผ่านขดลวด A

สวิตช์รีเลย์

พิจารณาวงจรไฟฟ้าในสวิตช์รีเลย์ แสดงดังรูป แล้วตอบคำถามดังนี้



วงจรไฟฟ้าในสวิตช์รีเลย์

1. ขดลวด A จะกลายเป็นแม่เหล็กไฟฟ้าเมื่อใด

2. ขดลวด A กลายเป็นแม่เหล็กไฟฟ้าจะดูดแผ่นเหล็กใด และเกิดผลอย่างไร

3. ถ้าเปิดสวิตช์ S จะเกิดผลอย่างไร

4. สวิตช์รีเลย์ใช้ประโยชน์อะไร

5. ทั้งสวิตช์อัตโนมัติและสวิตช์รีเลย์ใช้หลักการเกี่ยวกับเรื่องอะไร อธิบาย

เฉลยบัตรกิจกรรม

ศูนย์ที่ 4

เรื่อง การใช้แม่เหล็กไฟฟ้าในงานต่าง ๆ

สวิตช์อัตโนมัติ

1. จุดสัมผัส
2. จุดสัมผัส
3. มี
4. อยู่ในสมดุล
5. แท่งเหล็ก A กลายเป็นแม่เหล็กไฟฟ้า
6. แผ่นเหล็กที่ B จะถูกดูดมาติดกับแท่งแม่เหล็ก A
7. ไม่ครบ
8. ไม่มีกระแสไฟฟ้าผ่าน
9. ไม่เป็นแม่เหล็กไฟฟ้าเพราะไม่มีกระแสไฟฟ้าผ่านขดลวด
10. ไม่ถูกแท่งเหล็ก A ดูด เพราะแท่งเหล็ก A ไม่เป็นแม่เหล็ก
11. แผ่นเหล็ก B อยู่ในลักษณะเดิม คือ มีกระแสผ่านเข้าทางจุดสัมผัสล่างและออกทางจุดสัมผัสบน

สวิตช์รีเลย์

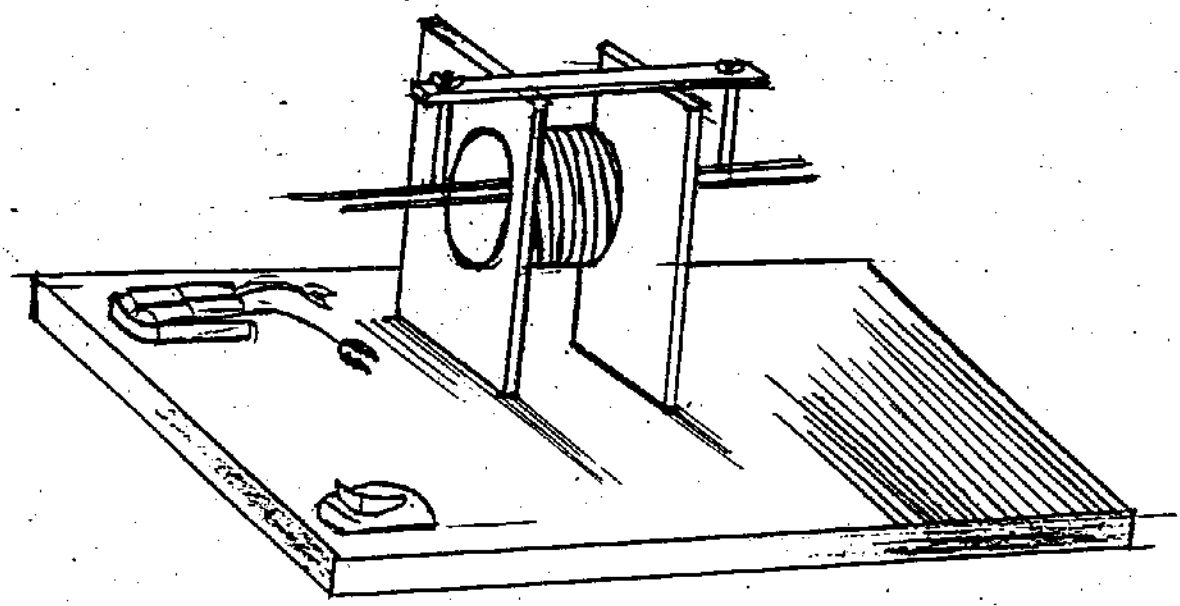
1. ขดลวด A จะกลายเป็นแม่เหล็กไฟฟ้าเมื่อปิดสวิตช์ (s) ไฟฟ้าจากแหล่งกำเนิดผ่านขดลวดที่ A
2. ดูดแผ่น B มาติดกับขั้วโลหะ C ทำให้เกิดไฟฟ้าครบวงจร
3. แท่งเหล็ก A ที่มีขดลวดพันอยู่ก็ไม่เป็นแม่เหล็ก แผ่นเหล็ก B ไม่ถูกดูดมาแตะขั้ว C ทำให้กระแสไฟฟ้าไม่ครบวงจร
4. ใช้เพื่อความสะดวกในการปิด-เปิดวงจรของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ต้องการกระแสมาก
5. ใช้ความรู้เกี่ยวกับแม่เหล็กไฟฟ้า คือ เมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่านขดลวดที่พันอยู่กับแกนเหล็กอ่อนไว้ แกนเหล็กอ่อนนั้นจะกลายเป็นแม่เหล็ก

บัตรกิจกรรม

ศูนย์สำรอง

เรื่อง แม่เหล็กไฟฟ้า

ต่อสายไฟฟ้าเข้ากับขดลวดโซเลนอยด์ที่มีแท่งเหล็กแขวนอยู่ ใช้ไฟฟ้า 6 V D.C. สังเกตแท่งเหล็กทั้งสองแท่ง และเมื่อปิดสวิตช์ แท่งเหล็กทั้งสองมีลักษณะอย่างไร ทำไมถึงเป็นเช่นนั้น



บัตรเนื้อหา

ศูนย์สำรอง

เรื่อง แม่เหล็กไฟฟ้า

เมื่อปล่อยกระแสไฟฟ้าเข้าไปในขดลวดโซเลนอยด์ที่มีเหล็กอยู่ภายใน เหล็กที่อยู่ภายในขดลวดโซเลนอยด์จะกลายเป็นแม่เหล็ก

บัตรคำถาม
ศูนย์สำรอง
เรื่อง แม่เหล็กไฟฟ้า

เมื่อปล่อยกระแสไฟฟ้าเข้าไปในขดลวดโซเลนอยด์ ให้นักเรียนอภิปรายภายในกลุ่มแล้วตอบคำถามต่อไปนี้

1. รอบ ๆ ขดลวดโซเลนอยด์ จะเกิดอะไรขึ้น
2. จากข้อ 1 นักเรียนมีวิธีตรวจสอบได้อย่างไรว่าเกิดขึ้นจริง
3. บริเวณใดมีความเข้มของสนามแม่เหล็กมากที่สุด และทราบได้อย่างไร
4. แท่งเหล็กทั้งสองแยกจากกันเพราะเหตุใด
5. จากการทดลองนี้ นักเรียนสรุปผลการทดลองได้อย่างไร

บัตรเฉลย
ศูนย์สำรอง
เรื่อง แม่เหล็กไฟฟ้า

เมื่อปล่อยกระแสไฟฟ้าเข้าไปในขดลวดโซเลนอยด์ จะเกิดผลดังนี้

1. รอบ ๆ ขดลวดโซเลนอยด์ เกิดสนามแม่เหล็ก
2. ใช้เข็มทิศตรวจสอบ
3. บริเวณศูนย์กลางของขดลวดโซเลนอยด์ เพราะสังเกตเห็นว่าเมื่อนำเข็มทิศมาไว้บริเวณนี้ จะมีแรงกระทำกับเข็มทิศมากกว่าบริเวณอื่น ๆ
4. แท่งเหล็กที่อยู่ตรงกลางขดลวดโซเลนอยด์แยกจากกัน เพราะแท่งเหล็กนั้นกลายเป็นแม่เหล็กที่มีขั้วเหมือนกัน จึงมีแรงผลักกัน
5. เมื่อปล่อยกระแสไฟฟ้าเข้าไปในขดลวดโซเลนอยด์ที่มีแท่งเหล็กอยู่ภายใน แท่งเหล็กนั้นจะกลายเป็นแม่เหล็กที่มีขั้วเหมือนกัน จึงผลักกัน

แบบทดสอบ

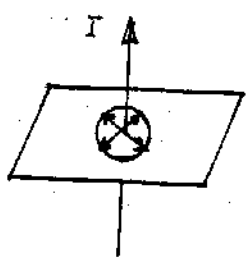
เรื่อง สนามแม่เหล็กเกิดจากกระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำ

คำชี้แจง จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว แล้วทำเครื่องหมาย x ตรงข้อนั้นในกระดาษคำตอบ เวลา 10 นาที

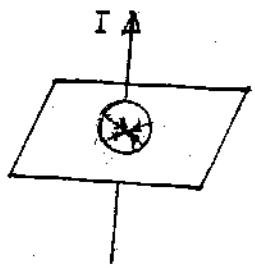
---

1. ข้อใดแสดงสนามแม่เหล็กที่เกิดจากไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำเส้นตรงได้ถูกต้อง

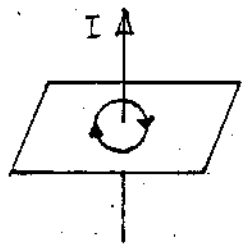
ก.



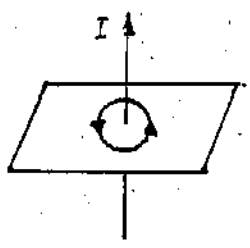
ข.



ค.

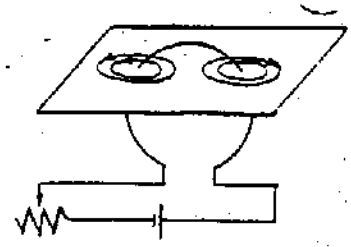


ง.

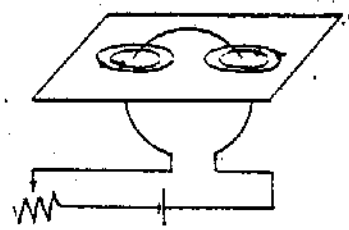


2. ข้อใดแสดงสนามแม่เหล็กที่เกิดจากกระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำรูปวงกลมได้ถูกต้อง

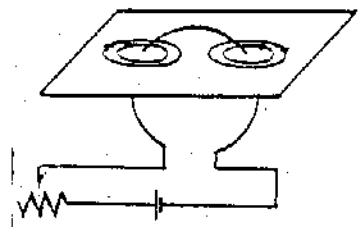
ก.



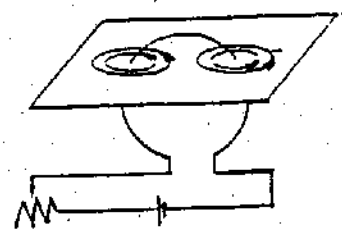
ข.



ค.

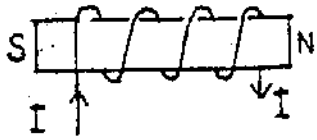


ง.

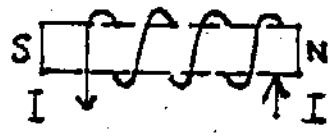


3. ข้อใดแสดงขั้วแม่เหล็กได้ถูกต้อง

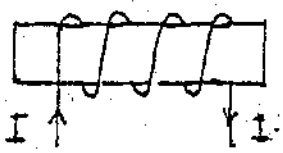
ก.



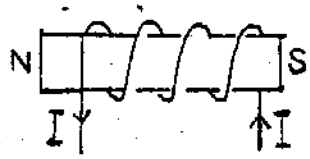
ข.



ค.



ง.



4. ทิศของสนามแม่เหล็กที่เกิดจากกระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำตรง หาได้อย่างไร

(1) ใช้เข็มทิศ

(2) ให้นิ้วทั้งสี่ของมือขวาทาบไปตามเส้นลวด ปลายนิ้วชี้ตามทิศกระแส นิ้วหัวแม่มือจะแสดงทิศของสนามแม่เหล็ก

(3) ใช้มือขวากำรอบเส้นลวดตัวนำให้นิ้วหัวแม่มือทาบเส้นลวดชี้ตามทิศกระแส ปลายนิ้วทั้งสี่แสดงทิศสนามแม่เหล็ก

คำตอบที่ถูกต้องคือข้อใด

ก. เฉพาะข้อ 1

ข. ข้อ 1 หรือ 2

ค. ข้อ 1 หรือ 3

ง. ข้อ 1 หรือ 2 หรือ 3

5. อุปกรณ์ใดต่อไปนี้ไม่ใช้แม่เหล็กไฟฟ้าเป็นส่วนประกอบ

ก. กระดิ่งไฟฟ้า

ข. สวิตช์อัตโนมัติในบ้าน

ค. หม้อต้มน้ำไฟฟ้า

ง. เครื่องเร่งอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้า

6. ค่าของสนามแม่เหล็กที่เกิดจากแม่เหล็กไฟฟ้าขึ้นอยู่กับปริมาณใดบ้าง

(1) จำนวนรอบของขดลวด

(2) ชนิดของวัสดุที่ใช้เป็นแกน

(3) ปริมาณของกระแสไฟฟ้าที่ผ่านขดลวด

คำตอบที่ถูกต้องคือข้อใด

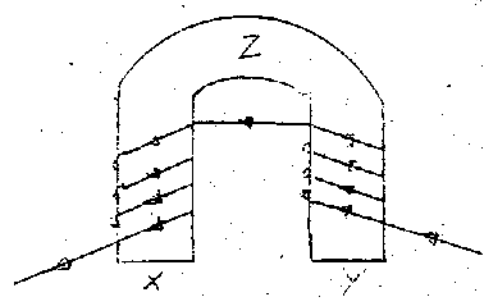
ก. ข้อ 1 และ 2

ข. ข้อ 2 และ 3

ค. ข้อ 1 และ 3

ง. ข้อ 1 , 2 และ 3

7. ทิศกระแสไฟฟ้าผ่านขดลวดที่พันรอบแท่งแม่เหล็กรูปตัวยู ตามรูป จะเกิดผลอย่างไร



ก. X และ Y เป็นขั้วใต้ทั้งคู่

ข. X และ Y เป็นขั้วเหนือทั้งคู่

ค. X เป็นขั้วเหนือ Y เป็นขั้วใต้

ง. X เป็นขั้วใต้ Y เป็นขั้วเหนือ

8. หูฟังโทรศัพท์ อาศัยหลักการข้อใด

(1) กระแสตรงเท่านั้นที่ผ่านหูฟังขณะใช้งาน

(2) แม่เหล็กถาวรเป็นแกนของขดลวดโซเลนอยด์

(3) ไดอะแฟรมของหูฟังเป็นสารแม่เหล็ก

คำตอบที่ถูกต้องคือข้อใด

ก. ข้อ 1 และ 2

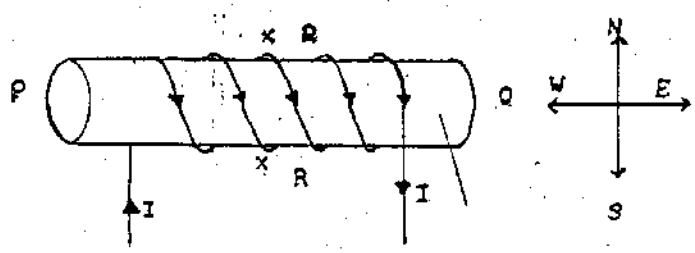
ข. ข้อ 2 และ 3

ค. ข้อ 1 และ 3

ง. ข้อ 1, 2 และ 3

โจทย์ต่อไปนี้ใช้ตอบข้อ 9–10

แท่งเหล็กมีขดลวดพันอยู่เป็นขดลวดโซเลนอยด์ และมีกระแสไฟฟ้าผ่าน ดังรูป



9. ข้อใดกล่าวถูกต้อง

ก. ปลาย P เป็นขั้วใต้

ข. ปลาย P เป็นขั้วเหนือ

ค. สนามแม่เหล็กมีค่ามากที่สุดที่บริเวณตำแหน่ง R

ง. ภายในขดลวดโซเลนอยด์สนามแม่เหล็กมีค่าไม่สม่ำเสมอ

10. พิจารณาแท่งเหล็กขณะมีกระแสไฟฟ้าผ่านเป็นอย่างไร

(1) แท่งเหล็กเป็นแม่เหล็ก

(2) ค่าสนามแม่เหล็กขณะมีแท่งเหล็กอยู่มีค่ามากกว่าไม่มีแท่งเหล็กอยู่

(3) ค่าสนามแม่เหล็กขณะมีแท่งเหล็กอยู่มีค่าน้อยกว่าไม่มีแท่งเหล็กอยู่

คำตอบที่ถูกต้องคือข้อใด

ก. เฉพาะข้อ 1

ข. เฉพาะข้อ 2

ค. ข้อ 1 และ 2

ง. ข้อ 1 และ 3

เฉลยแบบทดสอบ

ชุดที่ 2

ข้อ 1	ง	ข้อ 6	ง
2	ข	7	ข
3	ข	8	ง
4	ค	9	ก
5	ง	10	ค

ชุดการสอนชุดที่ 3
เรื่อง แรงกระทำต่ออนุภาคไฟฟ้าซึ่งเคลื่อนที่ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็ก

1. ส่วนประกอบของชุดการสอน

1.1 คู่มือครู ประกอบด้วย

1.1.1 แผนการสอน

1.1.2 ชุดการสอนประจำศูนย์ต่าง ๆ ดังนี้

- ศูนย์ที่ 1 เรื่อง รังสีแคโทดในสนามแม่เหล็ก
- ศูนย์ที่ 2 เรื่อง การเขียนรูปแสดงทิศการเบนของรังสีแคโทด
- ศูนย์ที่ 3 เรื่อง การคำนวณหาแรงที่กระทำต่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าในทิศตั้งฉาก
- ศูนย์ที่ 4 เรื่อง การคำนวณหาแรงที่กระทำกับอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้า
- ศูนย์ที่สำรอง เรื่อง การหาทิศของแรงแม่เหล็ก

1.2 คู่มือนักเรียน ซึ่งเป็นคำชี้แจงในการใช้ชุดการสอน

1.3 สื่อ เช่น แผ่นใส และวัสดุอุปกรณ์

2. สิ่งที่ครูจะต้องเตรียม

2.1	หลอดรังสีแคโทด	1	หลอด
2.2	ชุดลวดเหนี่ยวนำ	1	ชุด
2.3	เรกติไฟเออร์	1	เครื่อง
2.4	แท่งแม่เหล็ก	2	แท่ง
2.5	หม้อแปลงโวลต์ต่ำ	1	เครื่อง
2.6	ชุดสายไฟ	3	คู่
2.7	กระดาษตอบกิจกรรม	40	แผ่น
2.8	กระดาษคำตอบแบบทดสอบ	80	แผ่น
2.9	แบบทดสอบ	40	ชุด
2.10	กระดาษตอบคำถาม	40	แผ่น

แผนการสอนที่ใช้ชุดการสอน

วิชา พิสิกส์ เล่ม 5 ว 023 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

เรื่อง แรงกระทำต่ออนุภาคไฟฟ้าซึ่งเคลื่อนที่ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็ก เวลา 2 คาบ

สาระสำคัญ

อนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่เข้าไปในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็กซึ่งมีทิศตั้งฉากกับทิศการเคลื่อนที่ จะมีแรงกระทำต่ออนุภาคนั้นโดยขนาดของแรงเท่ากับ qvB และสามารถหาทิศของแรงได้โดยใช้แบบการหมุนตะปูเกลียวขวา

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม เมื่อจบบทเรียนนี้แล้วนักเรียนสามารถ

1. บอกได้ว่าเมื่ออนุภาคที่มีประจุเคลื่อนที่ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็กจะมีแรงกระทำต่ออนุภาคนั้นและขนาดของแรงกระทำจะมีค่ามากที่สุด ถ้าทิศของความเร็วตั้งฉากกับทิศของสนามแม่เหล็ก

2. หาทิศของแรงที่กระทำต่ออนุภาคที่มีประจุขณะเคลื่อนที่ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็กได้

3. บอกความสัมพันธ์ระหว่างแรงที่กระทำต่อประจุไฟฟ้า ที่มีความเร็วเมื่ออยู่ในสนามแม่เหล็ก

4. ใช้ความสัมพันธ์ระหว่างแรงที่กระทำต่อประจุไฟฟ้า ที่มีความเร็วเมื่ออยู่ในสนามแม่เหล็กหาปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องได้

เนื้อหา

1. ถ้าอนุภาคที่มีประจุ q เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว v เข้าไปในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็ก B ในแนวตั้งฉาก จะถูกแรง F กระทำ มีผลให้แนวการเคลื่อนที่เบนไปจากเดิม เมื่อพิจารณาแนวการเบนของอนุภาคที่มีประจุพบว่า ทิศของแรงกระทำตั้งฉากกับทิศของความเร็วของอนุภาคที่มีประจุ และตั้งฉากกับทิศของสนามแม่เหล็กด้วย ขนาดของแรง F หาได้จาก $F = qvB$

2. ในกรณีที่อนุภาคที่มีประจุวิ่งในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็กโดยทิศของความเร็วไม่ตั้งฉากกับทิศของสนามแม่เหล็ก ขนาดของแรงกระทำจะน้อยกว่าในกรณีตั้งฉากกับทิศของสนามแม่เหล็ก และถ้าเคลื่อนที่ในแนวขนานกับทิศของสนามแม่เหล็ก ขนาดของแรงกระทำจะเป็นศูนย์ ถ้าอนุภาคที่มีประจุไม่เคลื่อนที่จะไม่มีแรงกระทำ

3. ทิศของแรงที่กระทำต่ออนุภาคที่มีประจุ ที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็วในแนวตั้งฉากกับทิศของสนามแม่เหล็ก สามารถหาได้โดยใช้แบบการหมุนตะปูเกลียวขวาโดยหมุนตะปูเกลียวในทิศจากความเร็วไปยังทิศของสนามแม่เหล็ก ผ่านมุม 90 องศา ทิศการเคลื่อนที่ของตะปูเกลียวจะแสดงทิศของแรง F ที่เกิดขึ้น สำหรับอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าลบ ทิศของแรงจะตรงข้ามกับแรงที่เกิดขึ้นกับประจุบวก

4. อาจหาทิศของแรงโดยกำนิ้วทั้งสี่ของมือขวาในทิศการหมุนจาก ทิศของความเร็วไปยังทิศของสนามแม่เหล็ก ผ่านมุม 90 องศา นิ้วหัวแม่มือจะชี้ทิศของแรงเช่นเดียวกับแบบการหมุนตะปูเกลียวขวา

กิจกรรมการเรียนการสอน

ขั้นนำ

ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยการตั้งคำถามกับนักเรียนว่า ถ้าปล่อยปากกาที่อยู่ในมือปากกาจะเคลื่อนที่อย่างไร (จะตกลงสู่พื้นดิน) แสดงว่ามีอะไรกระทำกับปากกา (มีแรงกระทำกับปากกา) ปากกาอยู่ในสนามอะไร จึงทำให้ตกลงสู่พื้นดิน (สนามโน้มถ่วงของโลก) ในลักษณะคล้ายกันถ้าประจุไฟฟ้า q อยู่ในสนามไฟฟ้าขนาด E จะเกิดอะไรขึ้นกับประจุไฟฟ้า (เกิดแรงกระทำกับประจุไฟฟ้า) แรงนั้นมีขนาดเท่าใด (qE) วันนี้เราจะมาศึกษาดูว่า ถ้าประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่เข้าไปในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็ก จะเกิดอะไรขึ้นกับประจุไฟฟ้านั้น

ขั้นสอน

1. เพื่อให้นักเรียนทราบว่าในวันนี้จะศึกษาเกี่ยวกับเรื่องอะไรบ้างอย่างคร่าว ๆ และเพื่อตรวจสอบว่า นักเรียนมีความรู้เกี่ยวกับเรื่องแรงที่กระทำกับอนุภาคไฟฟ้าที่เคลื่อนที่เข้าไปในบริเวณสนามแม่เหล็กเพียงใด จึงให้นักเรียนได้ทำแบบทดสอบความรู้ก่อนเริ่มการเรียนการสอน ห้ามนักเรียนปรึกษากัน ใช้เวลาในการทำแบบทดสอบ 10 นาที

2. ครูให้นักเรียนลงมือปฏิบัติตามชุดการสอนในแต่ละศูนย์ที่กำหนดไว้ ซึ่งใช้เวลาประมาณ 15 นาที เมื่อเสร็จแล้วให้เปลี่ยนศูนย์จนครบ 4 ศูนย์ ถ้าศูนย์ใดเสร็จก่อนให้ไปรอที่ศูนย์สำรอง

3. ครูเตือนให้นักเรียนปฏิบัติตามคู่มือนักเรียนอย่างเคร่งครัด

4. ในขณะที่นักเรียนปฏิบัติกิจกรรมตามชุดการสอนนั้น เมื่อนักเรียนมีข้อสงสัย ครูจะเดินไปตามศูนย์ต่าง ๆ อธิบายและตอบข้อสงสัยเหล่านั้น ขณะเดียวกันครูใช้แบบสังเกตพฤติกรรมของแต่ละกลุ่ม ตรวจสอบพฤติกรรมการเรียนในแต่ละศูนย์ควบคู่ไปด้วย

5. ถ้านักเรียนกลุ่มใดทำกิจกรรมในศูนย์นั้นเสร็จก่อนให้ไปรอที่ศูนย์สำรอง

ขั้นสรุป

6. เมื่อนักเรียนปฏิบัติกิจกรรมครบทุกศูนย์แล้ว ครูให้หัวหน้ากลุ่มแต่ละศูนย์ ที่อยู่ศูนย์สุดท้ายออกมาสรุปความรู้ในศูนย์นั้น ๆ

7. ครูสรุปโดยตั้งคำถามว่า

- ถ้ามีประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่เข้าไปในบริเวณสนามแม่เหล็กในแนวตั้งฉาก จะเกิดอะไรกับประจุไฟฟ้า (เกิดแรงกระทำกับประจุไฟฟ้า)
- แรงที่กระทำกับประจุไฟฟ้า มีทิศอย่างไร (มีทิศตั้งฉากกับทิศของความเร็วที่ประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่เข้าไป และตั้งฉากกับทิศของสนามแม่เหล็กนั้นด้วย)
- ทิศของแรงที่กระทำกับประจุไฟฟ้าที่เคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็กตั้งฉากกันตลอดเวลา ทำให้แนวการเคลื่อนที่ของประจุไฟฟ้ามีลักษณะอย่างไร (มีแนวการเคลื่อนที่เป็นส่วนโค้งวงกลม)

- ทิศของแรงที่กระทำกับประจุไฟฟ้าซึ่งเคลื่อนที่ในแนวตั้งฉากกับสนามแม่เหล็กหาได้อย่างไร (หาจากแรงที่กระทำกับประจุไฟฟ้าบวก โดยใช้มือขวา นิ้วทั้งสี่แทนทิศการเคลื่อนที่ของประจุไฟฟ้า กำมือไปหาทิศของสนามแม่เหล็กผ่านไปเป็นมุม 90 องศา นิ้วหัวแม่มือแทนทิศของแรงที่กระทำกับประจุไฟฟ้านั้น ถ้าเป็นแรงที่กระทำกับประจุไฟฟ้าลบ ให้หาเช่นเดียวกันแต่กลับทิศของแรงเป็นตรงกันข้าม หรือจากการหมุนตะปูเกลียว)

8. ครูเชื่อมโยงแสดงจุดประสงค์การเรียนในคาบนี้

9. เราจะมาดูกันว่า ที่นักเรียนทำกิจกรรมนั้นถูกต้องเพียงใด ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มแลกเปลี่ยนกันตรวจ โดยครูแจกบัตรเฉลยคำถามและบัตรเฉลยกิจกรรมให้

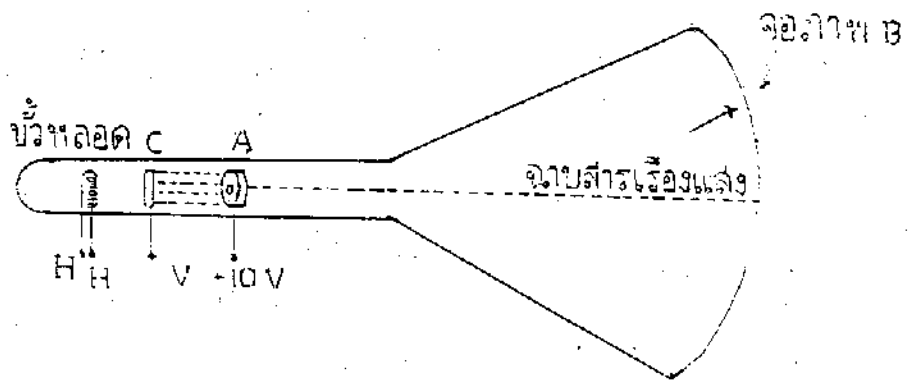
10. ครูให้นักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียน โดยไม่ให้นักเรียนปรึกษากัน ใช้เวลา 10 นาที

บัตรเนื้อหา

เรื่อง แรงกระทำต่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้า ซึ่งเคลื่อนที่ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็ก

นักเรียนได้ศึกษามาแล้วว่า เมื่ออนุภาคที่มีประจุอยู่ในบริเวณที่มีสนามไฟฟ้า จะเกิดแรงเนื่องจากสนามไฟฟ้ากระทำต่ออนุภาคนั้น ถ้าให้อนุภาคที่มีประจุ q เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว v เข้าไปในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็ก B จะเกิดแรงเนื่องจากสนามแม่เหล็กกระทำต่ออนุภาคที่มีประจุ q นี้หรือไม่ เราจะศึกษาจากอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าในหลอดรังสีคาโทด ซึ่งต้องรู้ส่วนประกอบของหลอดรังสีคาโทดก่อน ดังนี้

1. ส่วนประกอบของหลอดรังสีคาโทด แสดงดังรูปที่ 1



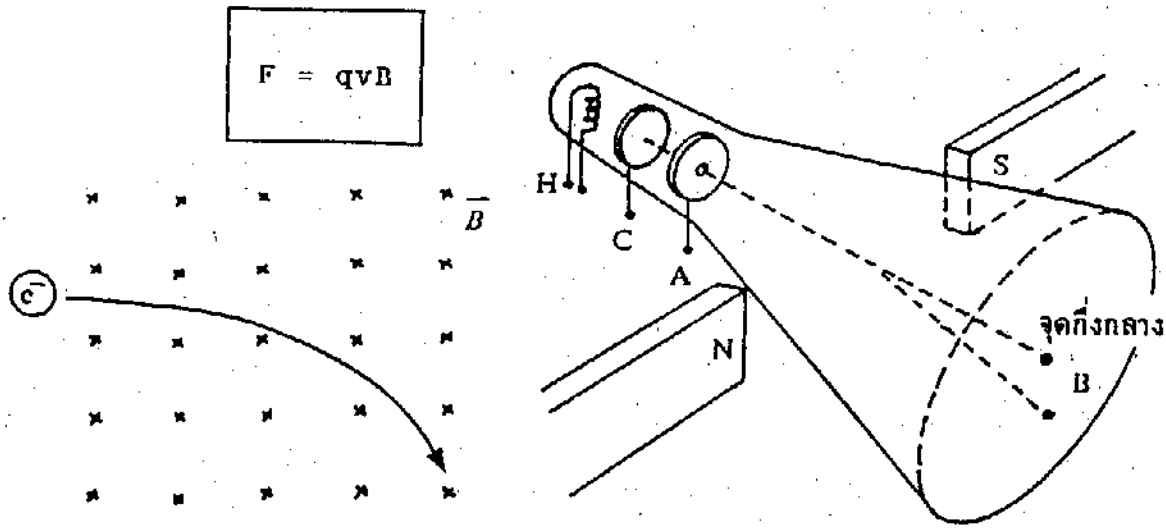
รูปที่ 1 แสดงส่วนประกอบหลอดรังสีแคโทด

1.1 ขั้วของหลอดประกอบด้วยไส้หลอด H ทำหน้าที่ให้พลังงานความร้อนแก่แผ่นคาโทด C จนกระทั่งอิเลคตรอนของแผ่น C หลุดและวิ่งไปยังแผ่นแอโนด A ที่มีศักย์ไฟฟ้าสูงกว่า C

1.2 ตรงกลางแผ่น A มีรูตรงกลาง อิเลคตรอนบางส่วนวิ่งลอดรูนี้ออกไปยังจอภาพ B ที่มีศักย์ไฟฟ้าสูงกว่า A หลายพันเท่า

1.3 บนจอภาพ B จะฉาบด้วยสารวาวแสง ซึ่งสารนี้จะวาวแสงให้เห็นเป็นจุดสว่าง เมื่อมีอิเลคตรอนวิ่งมากระทบจอภาพ ซึ่งปกติจุดสว่างนี้จะอยู่กึ่งกลางจอภาพพอดี

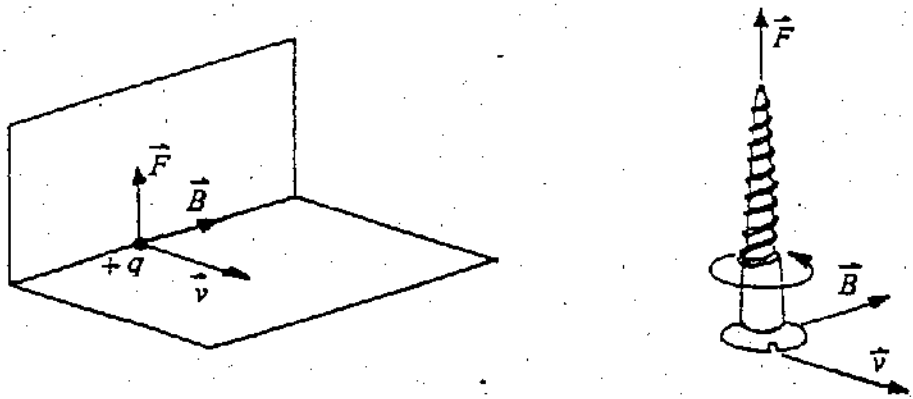
2. อนุภาคที่มีขนาดประจุไฟฟ้า q คูลอมบ์ (C) เคลื่อนที่ด้วยขนาดความเร็ว v เมตร/วินาที (m/s) ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็กขนาด B เทสลา (T) ที่มีทิศตั้งฉากกับทิศการเคลื่อนที่ จะเกิดแรง F นิวตัน (N) กระทำกับประจุไฟฟ้านั้น โดยทิศของแรงตั้งฉากกับทิศของความเร็วและตั้งฉากกับทิศของสนามแม่เหล็ก ขนาดของแรง F หาได้จาก



รูปที่ 2 แสดงการเบนของอิเลคตรอนเนื่องจากสนามแม่เหล็ก

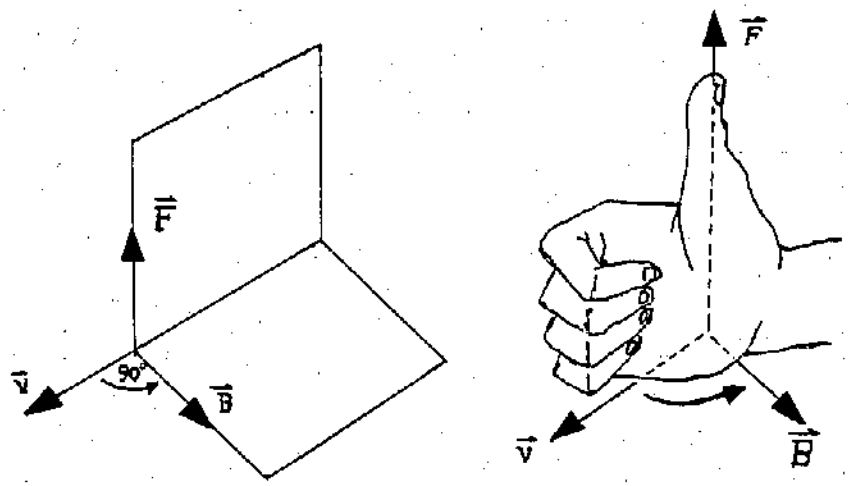
6. ทิศของแรง F ที่กระทำต่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้า +q ความเร็ว v ในแนวตั้งฉากกับทิศของสนามแม่เหล็ก B สามารถหาได้ดังนี้

6.1 โดยใช้แบบการหมุนตะปูเกลียวขวา โดยหมุนตะปูเกลียวในทิศจาก v ไปยัง B ผ่าน 90 องศา ดังรูป ทิศการเคลื่อนที่ของตะปูเกลียวจะแสดงทิศของแรง F ที่เกิดขึ้น



รูปที่ 2 แสดงการหมุนตะปูเกลียวขวาหาทิศของแรง F

6.2 โดยกำนิ้วทั้งสี่ของมือขวาในทิศการหมุนจาก v ไปยัง B ผ่านมุม 90 องศา นิ้วหัวแม่มือจะชี้ทิศของแรง F เช่นเดียวกับการหมุนตะปูเกลียวขวาดังรูปที่ 3



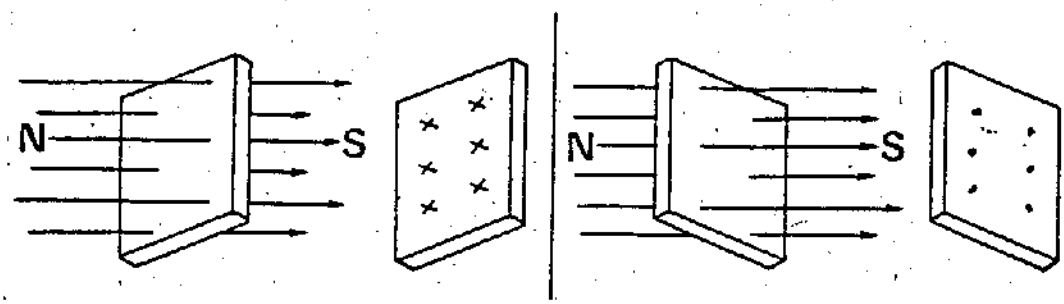
รูปที่ 3 แสดงการใช้มือขวาหาทิศของแรง F

6.3 โดยวิธี cross product ของ (V x B) มีหลักในการหาทิศของแรง F ดังนี้

1. แบมือขวาออกให้นิ้วหัวแม่มือตั้งฉากกับสี่นิ้ว
2. ให้นิ้วทั้งสี่ชี้ไปทางทิศของ V (ประจุ q หรือกระแส I)
3. หันฝ่ามือไปทางทิศของสนาม B แล้วกำนิ้วทั้งสี่เข้ามา เหลือนิ้วหัวแม่มือจะชี้ตามทิศของแรง F
4. ถ้าเป็นอิเลคตรอนเคลื่อนที่ไปก็ให้กลับทิศของแรง F ไปทางตรงข้ามกัน หรือจะใช้มือซ้ายแทนมือขวาก็ได้

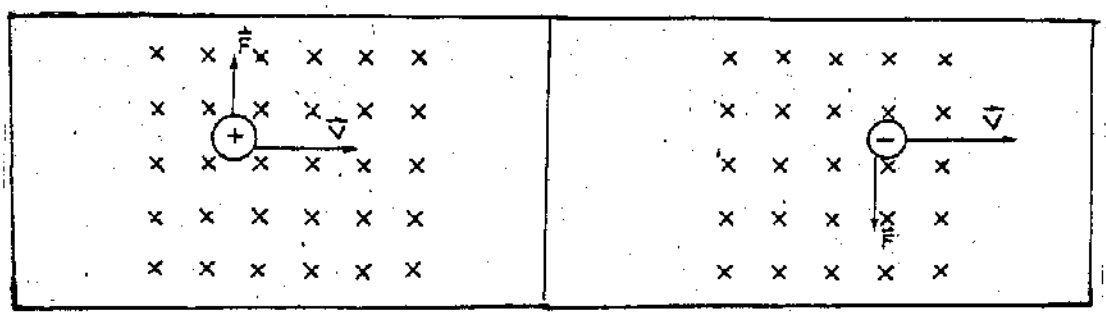
7. สำหรับอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าลบ ทิศของแรง F จะตรงข้ามกับแรงที่เกิดขึ้นกับประจุไฟฟ้าบวก

8. ในการแสดงทิศทางของสนามแม่เหล็ก นิยมใช้สัญลักษณ์ ดังรูป เครื่องหมาย X หมายความว่า ทิศของสนามแม่เหล็กพุ่งตั้งฉากเข้าหาหน้ากระดาษและเครื่องหมาย . หมายความว่า ทิศของสนามแม่เหล็ก B พุ่งตั้งฉากออกจากหน้ากระดาษ ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 แสดงทิศสนามแม่เหล็ก

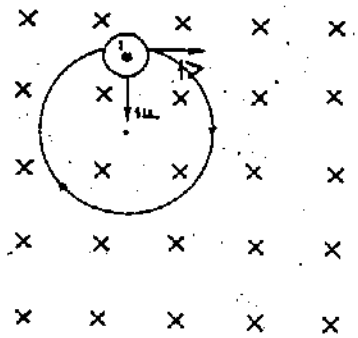
9. แผนภาพที่แสดงสนามแม่เหล็ก B พุ่งเข้าตั้งฉากกับแผ่นกระดาษ ความเร็ว V มีทิศไปตามระนาบกระดาษของประจุโปรตอน (+) และของอิเลคตรอน (−) เขียนทิศของแรง F ตามวิธี cross product (V x B)



10. การคำนวณ

ตัวอย่างที่ 1 ถ้าทำให้อิเลคตรอนเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัว 1.6×10^{7} เมตร/วินาที ในทิศจากซ้ายไปขวาเข้าไปในบริเวณสนามแม่เหล็กขนาดสม่ำเสมอ 9.1×10^{-3} เทสลา ที่มีทิศพุ่งตั้งฉากเข้าหาหน้ากระดาษ จงหาขนาดและทิศของแรงที่กระทำต่ออิเลคตรอนมวล 9.1×10^{-31} กิโลกรัม ประจุไฟฟ้าของอิเลคตรอน 1.6×10^{-19} คูลอมบ์

วิธีทำ อิเลคตรอนเคลื่อนที่ในทิศตั้งฉากกับทิศของสนามแม่เหล็ก อิเลคตรอนจะเคลื่อนที่เป็นวงกลม ในแนวตั้งฉากกับทิศสนามแม่เหล็ก เพราะ แรง F ที่กระทำต่ออิเลคตรอนมีทิศตั้งฉากกับทิศทางการเคลื่อนที่ของอิเลคตรอนทุกขณะ แรงนี้จะมีทิศพุ่งเข้าสู่ศูนย์กลางทุกขณะที่อิเลคตรอนเคลื่อนที่ไป ดังนั้นจึงมีผลทำให้อิเลคตรอนเคลื่อนที่เป็นวงกลม ในระนาบตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 แสดงแนวการเคลื่อนที่ของอิเลคตรอนในสนามแม่เหล็ก

เมื่ออิเลคตรอนเคลื่อนที่เข้าในแนวตั้งฉากกับทิศของสนามแม่เหล็ก จะเกิดแรงกระทำขึ้น หาขนาดของแรงกระทำได้จากสมการ

$$F = qvB$$

$$F = (1.6\times10^{-19})\times(1.6\times10^{7})\times(9.1\times10^{-3})$$

$$= 2.3 \times 10^{-14} \text{ N}$$

ใช้มือขวาหาทิศของแรง 2.3×10^{-14} N ซึ่งจะมีทิศดังรูปที่ 5

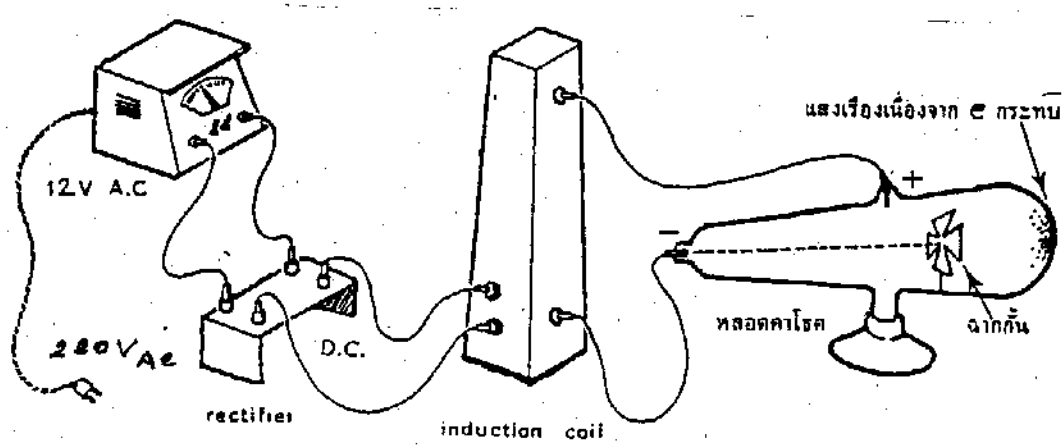
ตอบ ขนาดของแรงที่กระทำต่ออิเลคตรอน เท่ากับ 2.3×10^{-14} นิวตัน มีทิศดังรูปที่ 5

บัตรกิจกรรม

ศูนย์ที่ 1

เรื่อง รังสีคาโทดในสนามแม่เหล็ก

1. ใช้สายไฟต่อหลอดรังสีแคโทดเข้ากับขดลวดเหนี่ยวนำ
2. จากขดลวดเหนี่ยวนำ ต่อสายไฟผ่านเรกติไฟเออร์ไปยังหม้อแปลงไฟฟ้าที่ 12 V A.C.
3. ต่อสายหม้อแปลงเข้ากับไฟฟ้า 220 V A.C. ห้องทดลอง
4. ตรวจวงจรให้เรียบร้อยแล้วเปิดสวิตช์ที่หม้อแปลง ระวังอันตรายจากไฟฟ้าโวลต์สูงจากขดลวดเหนี่ยวนำ (อย่าแตะต้องขั้วสายไฟ) ดังรูป ให้สังเกตที่หลอดแคโทด มีรังสีแคโทดเกิดขึ้นหรือไม่ ถ้าไม่มี ให้สลับขั้วสายไฟที่ต่ออยู่กับเรกติไฟเออร์



รูปแสดงการต่อวงจรหลอดรังสีแคโทด

5. ถ้ามีรังสีคาโทดพุ่งไปกระทบฉาก ปรากฏเงาที่ข้างหลอด นำแท่งแม่เหล็กหันปลายขั้วเหนือเข้าใกล้หลอดด้านข้างในแนวระดับ หรือแนวอื่น แล้วสังเกตลำแสงว่าเบนหรือไม่ อย่างไร
6. ทดลองหันขั้วใต้ของแท่งแม่เหล็กเข้าใกล้บ้าง สังเกตการเลี้ยวเบนของรังสีเป็นอย่างไร
7. ทดลองหันแท่งแม่เหล็กเข้าหลอดแคโทดทำมุมกับทิศการเคลื่อนที่ของรังสีแคโทดต่าง ๆ กัน สังเกตการเบนของลำรังสีมากหรือน้อยเพียงไร

บัตรคำถาม

ศูนย์ที่ 1

เรื่อง รังสีคาโทดในสนามแม่เหล็ก

1. เมื่อเปิดสวิตช์ไฟฟ้า มีอะไรเกิดขึ้นในหลอด
2. จากการสังเกต แสงเรืองพุ่งออกจากขั้วอะไร
3. แสงเรืองนี้เรียกว่าอะไร เพราะเหตุใด
4. รังสีแคโทดพุ่งทะลุฉากหรือไม่ สังเกตได้อย่างไร
5. เมื่อนำแท่งแม่เหล็กเข้าใกล้ ๆ แนวรังสีเปลี่ยนแปลงหรือไม่ อย่างไร
6. จากข้อ 5 ถ้ารังสีเบี่ยงเบนไป แสดงว่ามีสิ่งใดมากระทำกับแนวรังสีนั้น
7. ถ้าเปลี่ยนขั้วแม่เหล็กในทิศตรงข้าม แนวรังสีแคโทดเปลี่ยนแปลงอย่างไร
8. รังสีแคโทดเคลื่อนที่ผ่านเข้าไปในสนามแม่เหล็กทำมุมเท่าไร จึงจะทำให้การเบนของลำรังสีแคโทดมากที่สุด

เฉลยบัตรคำถาม

ศูนย์ที่ 1

เรื่อง รังสีคาโทดในสนามแม่เหล็ก

1. เกิดแสงเรืองที่หน้าหลอด
2. ขั้วลบ
3. รังสีแคโทด เพราะรังสีออกจากขั้วแคโทดไปยังขั้วแอโนด
4. ไม่ทะลุฉาก สังเกตได้อย่างไร สังเกตเห็นเงาปรากฏบนจอภาพ
5. เปลี่ยนแปลง เบนไปจากแนวเดิม
6. มีแรงมากระทำ
7. แนวรังสีเบนไปในทิศตรงข้ามจากเดิม
8. ทำมุม 90 องศา

บัตรกิจกรรม

ศูนย์ที่ 2

เรื่อง การเขียนรูปแสดงทิศการเบนของรังสีแคโทด

ให้นักเรียนร่วมกันศึกษาและเขียนรูปแสดงทิศของสนามแม่เหล็ก ทิศการเคลื่อนที่ของอนุภาคไฟฟ้า หรือรังสีแคโทด และทิศของแรงที่กระทำกับอนุภาคนั้น แล้วตอบคำถาม ดังนี้

1. เขียนเครื่องหมาย X หมายความว่า ทิศของสนามแม่เหล็กสม่ำเสมอ B พุ่งตั้งฉากเข้าหาหน้ากระดาษและ เขียนเครื่องหมาย . หมายความว่าทิศของสนามแม่เหล็กสม่ำเสมอ B พุ่งตั้งฉากออกจากหน้ากระดาษ

2. เขียนรูปแสดงทิศของสนามแม่เหล็กสม่ำเสมอ พุ่งเข้าหาหน้ากระดาษ ทิศการเคลื่อนที่ของประจุบวก จากซ้ายไปขวาในแนวตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก ให้หาทิศของแรงที่กระทำต่อประจุบวก ร่วมกันอภิปรายวิธีหาทิศของแรงโดยใช้มือขวา

3. เขียนรูปแสดงทิศของสนามแม่เหล็กสม่ำเสมอ พุ่งเข้าหาหน้ากระดาษ ทิศการเคลื่อนที่ของประจุลบ จากซ้ายไปขวาในแนวตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก ให้หาทิศของแรงที่กระทำต่อประจุลบ ร่วมกันอภิปราย วิธีหาทิศของแรงโดยใช้มือขวา

4. เขียนรูปแสดงทิศของสนามแม่เหล็กสม่ำเสมอ พุ่งออกจากหน้ากระดาษ ทิศการเคลื่อนที่ของประจุบวก จากซ้ายไปขวาในแนวตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก ให้หาทิศของแรงที่กระทำต่อประจุบวก ร่วมกันอภิปรายวิธีหาทิศของแรงโดยใช้มือขวา

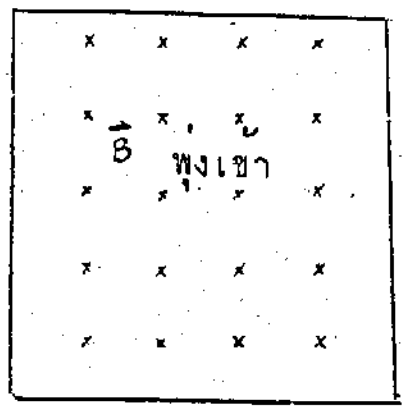
5. เขียนรูปแสดงทิศของสนามแม่เหล็กสม่ำเสมอพุ่งออกจากหน้ากระดาษ ทิศการเคลื่อนที่ของประจุลบ จากซ้ายไปขวาในแนวตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก ให้หาทิศของแรงที่กระทำต่อประจุลบ ร่วมกันอภิปราย วิธีหาทิศของแรงโดยใช้มือขวา

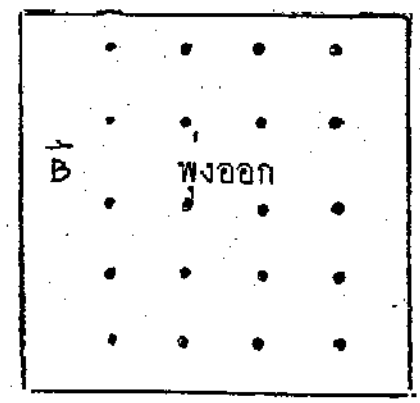
เฉลยบัตรกิจกรรม

ศูนย์ที่ 2

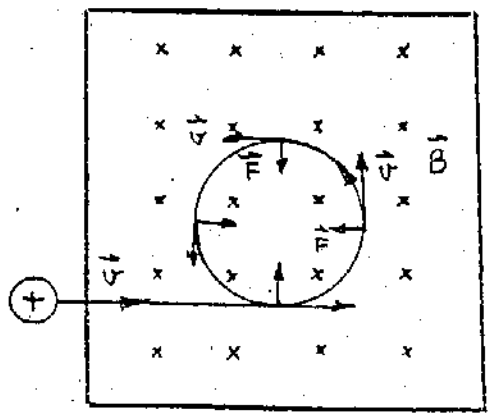
เรื่อง การเขียนรูปแสดงทิศการเบนของรังสีแคโทด

1.

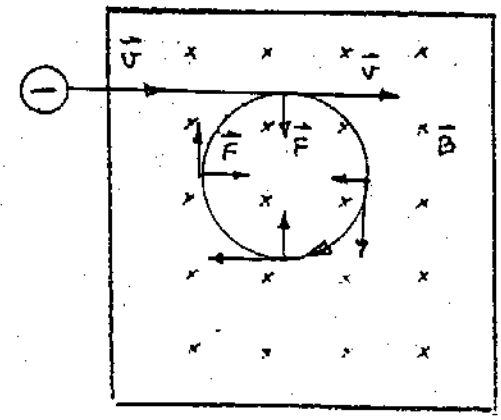




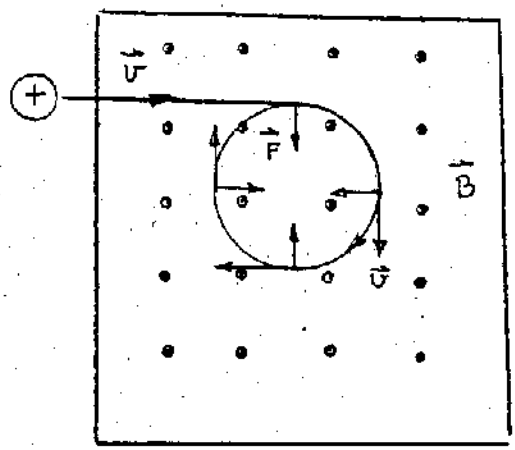
2.



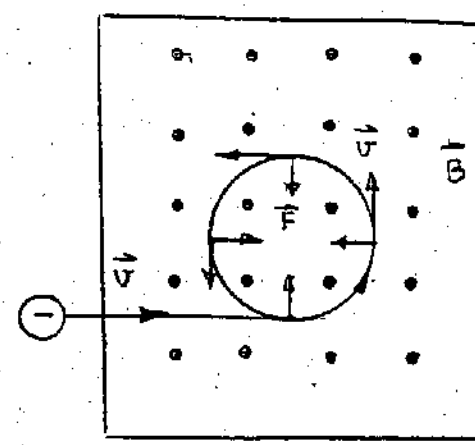
3.



4.



5.



บัตรกิจกรรม

ศูนย์ที่ 3

เรื่อง การคำนวณหาแรงที่กระทำกับประจุไฟฟ้าในทิศตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก

ให้นักเรียนศึกษาจากบัตรเนื้อหา และช่วยกันคิดคำนวณโจทย์ต่อไปนี้

1. ประจุไฟฟ้า $+3.2X10^{-19}$ คูลอมบ์ เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว $2.5X10^{5}$ เมตรต่อวินาที ผ่านเข้าไปในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็กขนาด 1.2 เทสลา มีทิศพุ่งเข้าหากระดาษ โดยทิศของความเร็วตั้งฉากกับทิศของสนามแม่เหล็ก

1.1. วาดรูปแสดงแนวการเคลื่อนที่ของประจุบวก

1.2. จงหาแรงที่กระกับประจุไฟฟ้านี้

1.3. ทิศของแรงที่กระทำกับประจุไฟฟ้าหาได้อย่างไร

2. อิเลคตรอนซึ่งมีขนาดประจุ $1.6x10^{-19}$ คูลอมบ์ เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว $2.0x10^{7}$ เมตรต่อวินาที ในทิศตั้งฉากกับสนามแม่เหล็กสม่ำเสมอ $1.5\ x10^{-2}$ เทสลา มีทิศพุ่งตั้งฉากเข้าหาหน้ากระดาษ

1. จงหาแรงที่กระทำต่ออิเลคตรอน
2. แนวการเคลื่อนที่ของอิเลคตรอนในบริเวณสนามแม่เหล็กนั้นมีลักษณะอย่างไร วาดรูปประกอบ
3. ทิศของแรงที่กระทำกับประจุไฟฟ้าหาได้อย่างไร

เฉลยบัตรคำถาม

ศูนย์ที่ 3

เรื่อง การคำนวณหาแรงที่กระทำกับประจุไฟฟ้าในทิศตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก

---

1. 1.1 จาก $F = qvB$

เมื่อ $q = 3.2\times10^{-19}$ C

$v = 2.5\times10^{5}$ m/s

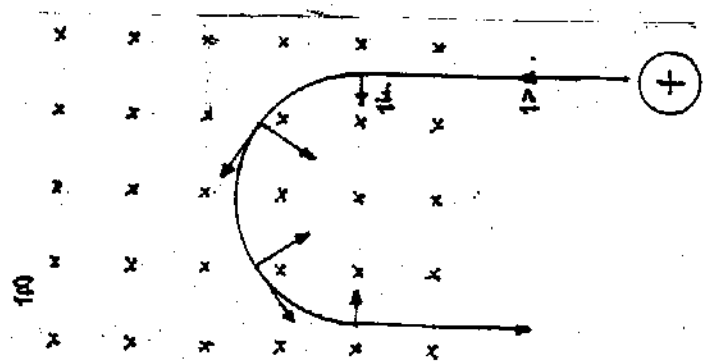
$B = 1.2$ T

แทนค่า $F = (3.2\times10^{-19}\ C)\times(2.5\times10^{5}\ m/s)\times(1.2\ T)$

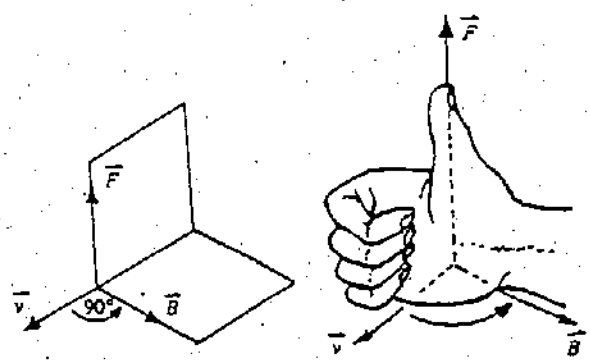
จะได้ $F = 9.6\times10^{-14}$ N

แรงที่กระทำกับประจุไฟฟ้าที่เคลื่อนที่ในแนวตั้งฉากกับสนามแม่เหล็กมีค่า 9.6×10^{-14} นิวตัน มีทิศดังรูปในข้อ 1.2 ตอบ

1.2



1.3 หาทิศของแรงที่กระทำต่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าบวก ซึ่งเคลื่อนที่เข้าไปในแนวตั้งฉากกับทิศสนามแม่เหล็ก หาได้โดยกำนิ้วทั้งสี่ของมือขวาในทิศการหมุนจาก v ไปยัง B ผ่านมุม 90 องศา นิ้วหัวแม่มือจะชี้ทิศของแรง F เช่นเดียวกับการหมุนตะปูเกลียวขวาดังรูป



2. 2.1 จาก $F = qvB$

เมื่อ $q = 1.6\times10^{-19}$ C

$v = 2.0\times10^{7}$ m/s

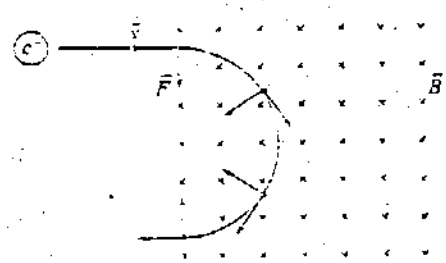
$B = 1.5$ T

แทนค่า $F = (1.6\times10^{-19}\ C)\times(2.0\times10^{5}\ m/s)\times(1.5\ T)$

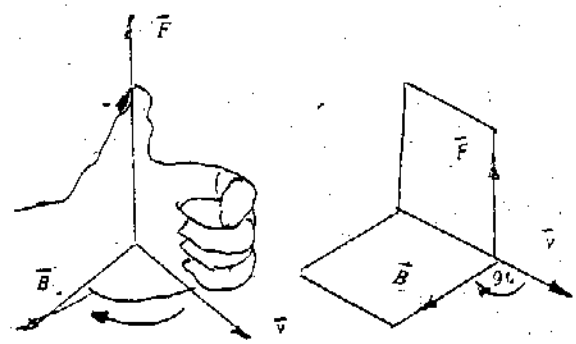
จะได้ $F = 4.8\times10^{-14}$ N

แรงที่กระทำกับประจุไฟฟ้าที่เคลื่อนที่ในแนวตั้งฉากกับสนามแม่เหล็กมีค่า 4.8×10^{-14} นิวตัน มีทิศดังรูปในข้อ 2.2 ตอบ

2.2



2.3 หาทิศของแรงที่กระทำต่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าบวก ซึ่งเคลื่อนที่เข้าไปในแนวตั้งฉากกับทิศสนามแม่เหล็ก หาได้โดยกำนิ้วทั้งสี่ของมือขวาในทิศการหมุนจาก v ไปยัง B ผ่านมุม 90 องศา นิ้วหัวแม่มือจะชี้ทิศของแรง F เช่นเดียวกับการหมุนตะปูเกลียวขวาดังรูป แต่มีทิศตรงกันข้าม



บัตรกิจกรรม

ศูนย์ที่ 4

เรื่อง การคำนวณหาแรงที่กระทำกับอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้า

ศึกษาจากตัวอย่าง แล้วตอบคำถามต่อไปนี้

ตัวอย่าง โปรตอนตัวหนึ่ง กำลังวิ่งในสนามแม่เหล็กขนาดสม่ำเสมอ 0.1 เทสลา ด้วยความเร็ว 10^6 เมตรต่อวินาที มีทิศทางทำมุม θ กับสนามแม่เหล็ก กำหนดให้ ประจุไฟฟ้าของโปตรอนมีค่า 1.6×10^{-19} คูลอมบ์

จงหาขนาดของแรงแม่เหล็กบนโปรตรอน ถ้า θ = 30 องศา

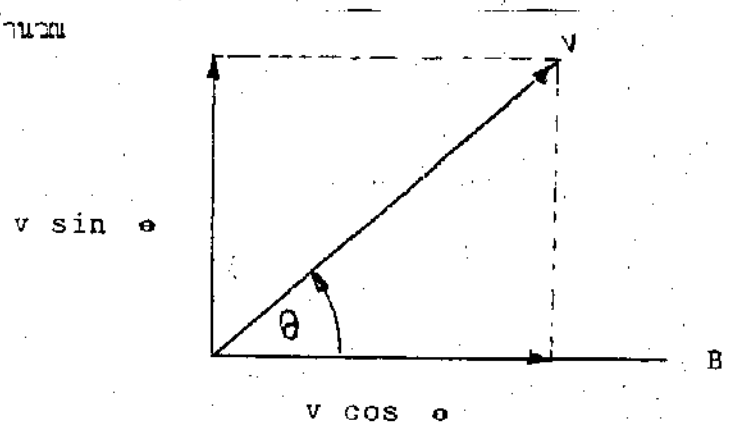
วิธีทำ จาก $F = qvB$ เมื่อ v ตั้งฉากกับ B

$q = 1.6 \times 10^{-19}$

$v = 10^6$ m/s

$B = 0.1$ T

เนื่องจากทิศของความเร็วของโปรตอนและทิศของสนามแม่เหล็กไม่ตั้งฉากกัน จึงต้องอาศัยความรู้เรื่องการแยกเวกเตอร์เข้ามาช่วย โดยการแยกความเร็วออกเป็นความเร็วย่อย 2 ความเร็วที่ตั้งฉากกัน ดังรูป แล้วนำความเร็วย่อยส่วนที่มีทิศตั้งฉากกับทิศของสนามแม่เหล็กมาคำนวณ



จะได้ว่า $F = qvB \sin\theta$

แทนค่า $F = (1.6 \times 10^{-19}\ C) \times (10^6 \sin 30^\circ\ m/s) \times (0.1\ T)$

$F = 8.0 \times 10^{-15}$ N

ตอบ ขนาดของแรงที่กระทำบนโปรตอนเท่ากับ 8.0×10^{-15} นิวตัน

จากตัวอย่างข้างต้นให้นักเรียนแสดงวิธีคำนวณหาเฉพาะข้อ 1 เท่านั้น ข้อ 2 ให้คิดคำนวณแล้วเติมคำตอบลงในตาราง แล้วตอบคำถามในข้อ 3 และ 4 ต่อไป

1. ขนาดของแรงแม่เหล็กบนโปรตรอน ถ้า θ = 60 องศา
2. ขนาดของแรงแม่เหล็กบนโปรตรอน ถ้า θ = 0, 45 และ 90 องศา

มุม θ (องศา)	แรง (นิวตัน)
0	
30	
45	
60	
90	

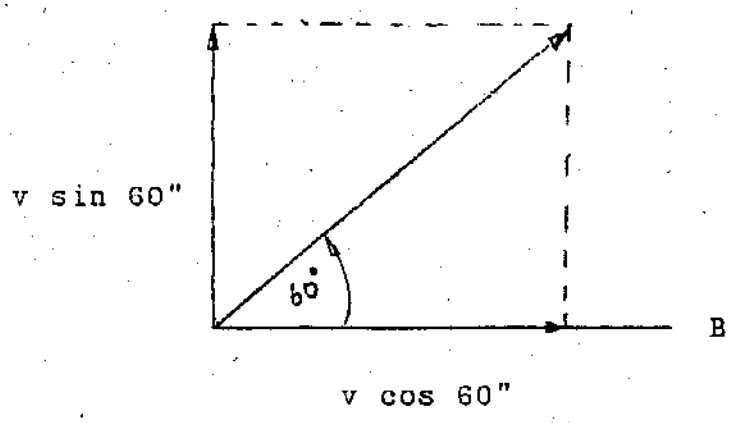
3. จากตาราง ขนาดของแรงมีค่ามากที่สุดเมื่อทิศของความเร็วของโปรตอนทำมุมเท่าใดกับทิศของสนามแม่เหล็ก
4. จากตาราง ขนาดของแรงมีค่าน้อยที่สุดเมื่อทิศของความเร็วของโปรตอนทำมุมเท่าใดกับทิศของสนามแม่เหล็ก

เฉลยบัตรกิจกรรม

ศูนย์ที่ 4

เรื่อง การคำนวณหาแรงที่กระทำกับอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้า

1. จงหาขนาดของแรงแม่เหล็กบนโปรตรอน ถ้า θ = 60 องศา



จาก $F = qvB \sin \theta$

แทนค่า $F = (1.6 \times 10^{-19} C) \times (10^{6} \sin 60" \text{ m/s}) \times (0.1 \text{ T})$

$F = (1.6 \times 10^{-19} C) \times (10^{6} \times 0.866 \text{ m/s}) \times (0.1 \text{ T})$

$F = 13.8 \times 10^{-13} \text{ N}$

ตอบ ขนาดของแรงที่กระทำบนโปรตอนเท่ากับ 13.8×10^{-13} นิวตัน

2. หาค่าของแรงที่กระทำกับโปรตอน เมื่อโปรตอนเคลื่อนที่ในทิศทำมุมต่าง ๆ กับทิศของสนามแม่เหล็ก

มุม θ (องศา)	แรง (นิวตัน)
0	0
30	8.0×10^{-15}
45	11.3×10^{-15}
60	13.8×10^{-15}
90	16.0×10^{-15}

5. จากตาราง ขนาดของแรงมีค่ามากที่สุด เมื่อทิศของความเร็วของโปรตอนทำมุม 90 องศากับทิศของสนามแม่เหล็ก

6. จากตาราง ขนาดของแรงมีค่าน้อยที่สุด เมื่อทิศของความเร็วของโปรตอนทำมุม 0 องศากับทิศของสนามแม่เหล็ก

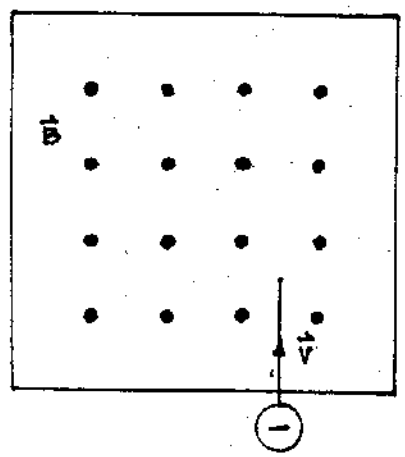
บัตรกิจกรรม

ศูนย์สำรอง

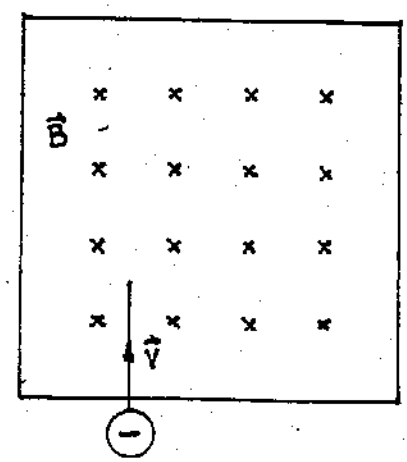
เรื่อง การหาทิศของแรงแม่เหล็ก

รูปต่อไปนี้แสดง ประจุบวกและประจุลบเคลื่อนที่อยู่ในสนามแม่เหล็กขนาดสม่ำเสมอ ซึ่งมีทิศตามหัวลูกศร และเครื่องหมายดังรูป จงหาทิศทางของแรงแม่เหล็กที่กระทำต่อประจุบวกและลบนี้ เขียนคำอธิบายในกระดาษเขียนตอบ

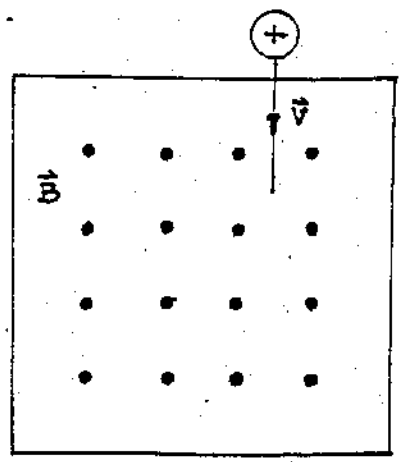
1.



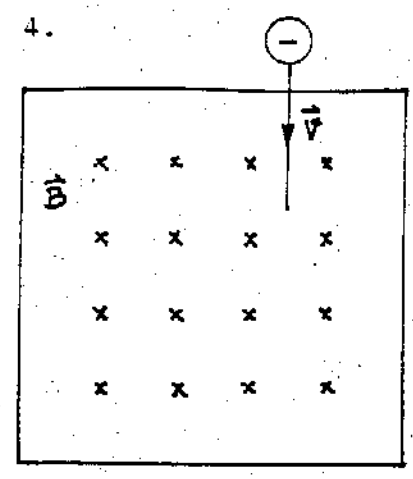
2.



3.



4.

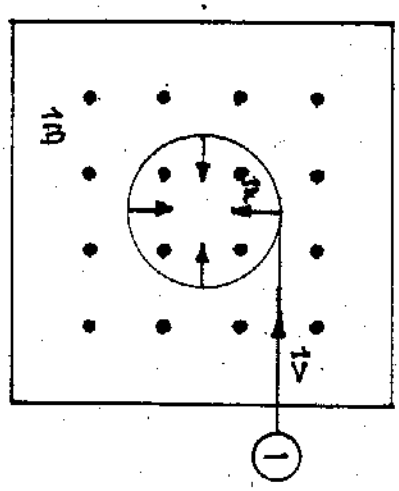


เฉลยบัตรกิจกรรม

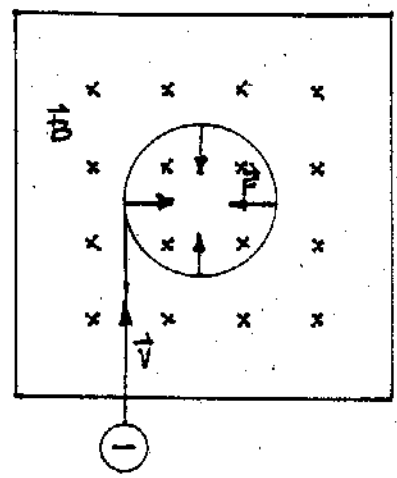
ศูนย์สำรอง

เรื่อง การหาทิศของแรงแม่เหล็ก

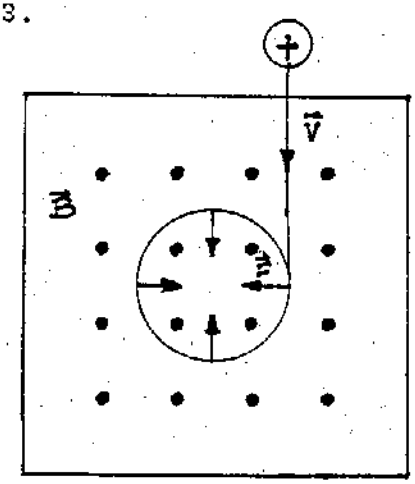
1.



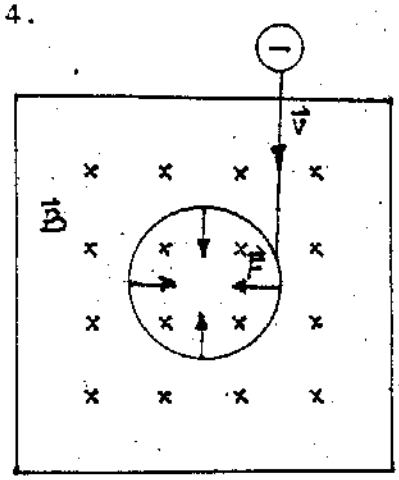
2.



3.



4.



แบบทดสอบ

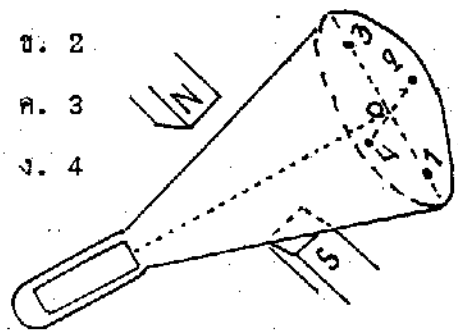
เรื่อง แรงกระทำต่ออนุภาคไฟฟ้าซึ่งเคลื่อนที่ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็ก

คำชี้แจง จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว แล้วทำเครื่องหมาย x ตรงข้อนั้นในกระดาษคำตอบ เวลา 10 นาที

---

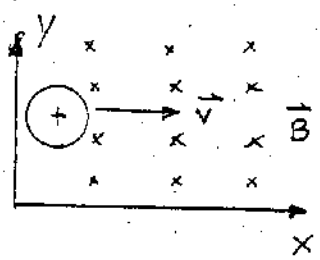
1. จากรูป O คือตำแหน่งบนจอเมื่อไม่มีสนามแม่เหล็กในหลอด เมื่อแท่งแม่เหล็กวางในลักษณะดังรูป ตำแหน่งเรืองแสงบนจอจะอยู่ในบริเวณใด

ก. 1
ข. 2
ค. 3
ง. 4



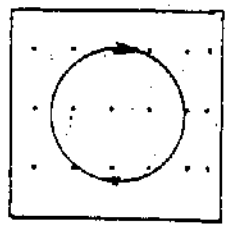
2. อนุภาคที่มีประจุบวกเคลื่อนที่ไปทางทิศ +X ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็กสม่ำเสมอดังรูป แรงลัพธ์ที่กระทำต่ออนุภาคนี้จะมีค่าเท่ากับศูนย์ เมื่อใช้สนามไฟฟ้าในทิศใด

ก. +Y
ข. -Y
ค. +X
ง. -X

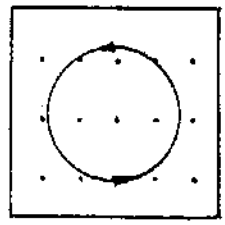


3. ประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่เข้าไปในสนามแม่เหล็ก มีแนวการเคลื่อนที่ดังรูป ประจุไฟฟ้าในรูปข้อใดเป็นประจุไฟฟ้าบวก

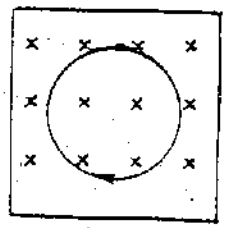
1)



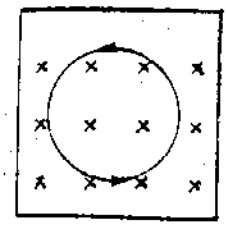
(2)



3)



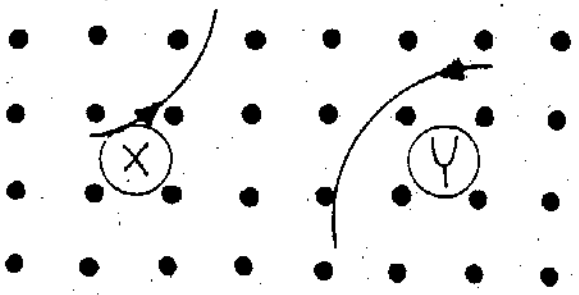
(4)



คำตอบที่ถูกต้องคือข้อใด

ก. ข้อ 1 และ 4
ข. ข้อ 1 และ 3
ค. ข้อ 2 และ 4
ง. ข้อ 3 และ 4

4. ประจุไฟฟ้า X และ Y เคลื่อนที่เข้าไปในสนามแม่เหล็กเดียวกัน มีแนวการเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก ดังรูป แสดงว่าประจุ X และ Y เป็นประจุชนิดใด



ก. ประจุ X เป็นลบ ประจุ Yเป็นลบ

ข. ประจุ X เป็นลบ ประจุ Yเป็นบวก

ค. ประจุ X เป็นบวก ประจุ Yเป็นบวก

ง. ประจุ X เป็นบวก ประจุ Yเป็นลบ

5. แรงกระทำต่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าซึ่งเคลื่อนที่เข้าไปในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็กไม่ขึ้นกับปริมาณใด

ก. มวลของอนุภาค

ข. ขนาดของสนามแม่เหล็ก

ค. ทิศการเคลื่อนที่ของอนุภาค

ง. ขนาดของประจุไฟฟ้าบนอนุภาค

6. อิเลคตรอนตัวหนึ่งวิ่งด้วยความเร็ว 2.5×10^{8} m/s โดยมีทิศการเคลื่อนที่ขนานกับทิศของสนามแม่เหล็กที่มีขนาด 0.25 T แรงที่กระทำต่ออิเลคตรอนมีค่าเท่าใด

ก. 0

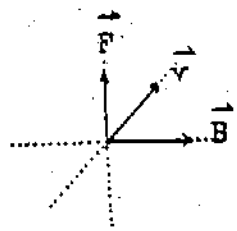
ข. 1.0×10^{-13} N

ค. 2.0×10^{-13} N

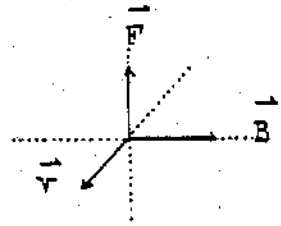
ง. 4.0×10^{-13} N

7. ข้อใดเขียนทิศของแรงกระทำต่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าบวกซึ่งเคลื่อนที่อยู่ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็กได้ถูกต้อง

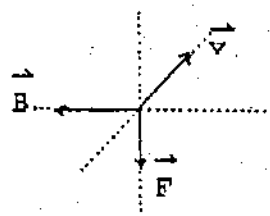
ก.



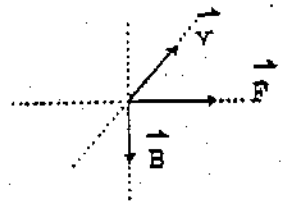
ข.



ค.



ง.



8. อิเลคตรอนอนุภาคหนึ่งถูกยิงด้วยความเร็ว 2×10^{7} เมตร/วินาที เข้าไปในทิศตั้งฉากกับสนามแม่เหล็กที่มีขนาดสม่ำเสมอ 6 เทสลา ขนาดของแรงกระทำต่ออิเลคตรอนมีค่าเท่าใด ถ้าประจุไฟฟ้าของอิเลคตรอนเท่ากับ 1.6×10^{-19} คูลอมบ์ และมวลของอิเลคตรอนเท่ากับ 9.1×10^{-31} กิโลกรัม

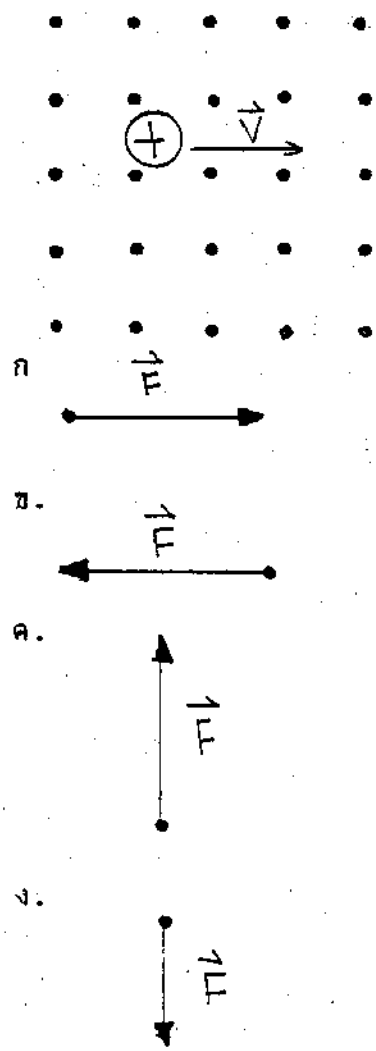
ก. 1.6 นิวตัน

ข. 1.9 นิวตัน

ค. 1.9×10^{-10} นิวตัน

ง. 1.9×10^{-11} นิวตัน

9. จากรูป แสดงทิศทางของสนามแม่เหล็ก และทิศทางการเคลื่อนที่ของประจุไฟฟ้าบวก แรงแม่เหล็กที่กระทำต่อประจุไฟฟ้าจะมีทิศทางตรงกับข้อใด



10. ข้อใดกล่าวไม่ถูกต้อง

ก. ไม่มีแรงกระทำเกิดขึ้นกับประจุซึ่งเคลื่อนที่ขนานกับสนามแม่เหล็ก

ข. ทิศทางการเคลื่อนที่ของประจุจะไม่เปลี่ยนแปลง ถ้าประจุมีแนวการเคลื่อนที่ขนานกับสนามแม่เหล็ก

ค. ประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่เข้าไปในสนามแม่เหล็กในทิศตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก มีแรงกระทำกับประจุไฟฟ้ามีค่าน้อยที่สุด

ง. ประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่เข้าไปในสนามแม่เหล็กในทิศตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก มีแรงกระทำกับประจุไฟฟ้ามีค่ามากที่สุด

เฉลยแบบทดสอบ

ชุดที่ 3

ข้อ	1	ง	ข้อ	6	ก
	2	ข		7	ข
	3	ก		8	ง
	4	ก		9	ง
	5	ก		10	ค

ชุดการสอนชุดที่ 4

เรื่อง แรงกระทำต่อลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านซึ่งอยู่ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็ก

1. ส่วนประกอบของชุดการสอน

1.1 คู่มือครู ประกอบด้วย

1.1.1 แผนการสอน

1.1.2 ชุดการสอนประจำศูนย์ทั้ง 4 ศูนย์ ประกอบด้วย

- บัตรเนื้อหา
- บัตรกิจกรรม
- บัตรตอบคำถาม
- เฉลยบัตรคำถาม

1.2 คู่มือนักเรียน ซึ่งเป็นคำชี้แจงในการใช้ชุดการสอน

1.3 สื่อ เช่น แผ่นใส และวัสดุอุปกรณ์

2. สิ่งที่ครูจะต้องเตรียม

2.1	หม้อแปลงโวลต์ต่ำ	4	เครื่อง
2.2	เครื่องเรียงกระแสไฟฟ้า	4	ชุด
2.3	แม่เหล็กรูปตัวยู	4	อัน
2.4	เส้นลวดตัวนำอะลูมิเนียม	4	ชุด
2.5	ฐานรองรับเส้นลวดตัวนำ	4	อัน
2.6	สายไฟ	8	คู่
2.7	เข็มทิศ	4	อัน
2.9	กระดาษตอบคำถาม	40	แผ่น
2.10	กระดาษคำตอบแบบทดสอบ	80	แผ่น
2.11	แบบทดสอบ	40	ชุด

แผนการสอนที่ใช้ชุดการสอน

วิชา ฟิสิกส์ เล่ม 5 ว 023 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

หัวเรื่อง แรงกระทำต่อลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านซึ่งอยู่ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็ก

เวลา 2 คาบ

สาระสำคัญ

ลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านวางอยู่ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็กโดยความยาวของลวดตัวนำตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก จะเกิดแรงกระทำต่อลวดตัวนำนั้น และทิศของแรงจะขึ้นอยู่กับทิศของกระแสไฟฟ้าและทิศของสนามแม่เหล็ก

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม เมื่อจบบทเรียนนี้แล้วนักเรียนสามารถ

1. ทำกิจกรรมและสรุปได้ว่า เส้นลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่าน เมื่อวางอยู่ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็ก จะมีแรงกระทำต่อเส้นลวดตัวนำนั้นในทิศตั้งฉากกับทิศของกระแสไฟฟ้าและทิศของสนามแม่เหล็ก

2. บอกความสัมพันธ์ระหว่างแรง กระแสไฟฟ้า ความยาวของเส้นลวดตัวนำและสนามแม่เหล็ก

3. นำความสัมพันธ์ระหว่างแรง กระแสไฟฟ้า ความยาวของเส้นลวดตัวนำ และสนามแม่เหล็ก ไปคำนวณหาปริมาณที่เกี่ยวข้องได้

เนื้อหา

1. แรงบนลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านและอยู่ในสนามแม่เหล็ก ขนาดแรง F ที่เกิดขึ้นบนเส้นลวดยาว I ซึ่งตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก B เมื่อมีกระแสไฟฟ้า I ผ่าน มีค่าเท่ากับ $F = IlB$

2. ทิศของแรงกระทำอาจหาได้จากแบบการหมุนตะปูเกลียวขวา หรือใช้นิ้วทั้งสี่ของมือขวาในทิศการหมุนจากทิศของกระแสไฟฟ้าไปยังทิศของสนามแม่เหล็ก ผ่านมุม 90 องศา นิ้วหัวแม่มือจะชี้ทิศของแรงเช่นเดียวกับแบบการหมุนตะปูเกลียวขวา

กิจกรรมการเรียนการสอน

ขั้นนำ

ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยทบทวนเกี่ยวกับความรู้เรื่องแรงที่กระทำต่อประจุไฟฟ้าที่เคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก ขณะที่มีกระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำก็คือประจุไฟฟ้าในลวดตัวนำเคลื่อนที่ แล้วตั้งคำถามว่า ถ้าวางลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็ก จะเกิดแรงกระทำต่อลวดนั้นหรือไม่

ขั้นสอน

1. เพื่อให้นักเรียนทราบว่าในวันนี้จะศึกษาเกี่ยวกับเรื่องอะไรบ้างอย่างคร่าว ๆ และเพื่อตรวจสอบว่า นักเรียนมีความรู้เกี่ยวกับเรื่องแรงกระทำต่อลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านซึ่งอยู่ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็กเพียงใด จึงให้นักเรียนได้ทำแบบทดสอบความรู้ก่อนเรียน ห้ามนักเรียนปรึกษากัน ใช้เวลาในการทำแบบทดสอบ 10 นาที

2. ครูให้นักเรียนลงมือปฏิบัติตามชุดการสอนในแต่ละศูนย์ที่กำหนดไว้ กิจกรรมที่ทำในคาบนี้ นักเรียนจะต้องอาศัย**ความรู้เดิม**เกี่ยวกับแรงที่กระทำกับประจุไฟฟ้าที่เคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก ในทิศตั้งฉาก และมีความรู้ว่าในลวดตัวนำมีอิเลคตรอนอิสระเคลื่อนที่ตลอดเวลา แต่ความเร็วลัพธ์เป็นศูนย์ เมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่าน อิเลคตรอนอิสระจะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วลอยเลื่อน ในทิศตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก มีแรงกระทำกับอิเลคตรอนอิสระในลวดตัวนำ มีผลทำให้ลวดตัวนำเคลื่อนที่ได้ และต้องอาศัย**การสังเกต ความระมัดระวัง** ในการจัดให้ลวดตัวนำตั้งฉากกับทิศของสนามแม่เหล็ก จึงจะสังเกตเห็นแรงกระทำกับลวดอย่างชัดเจน ต้องอาศัยเวลาพอสมควร และความร่วมมือกัน การอภิปรายกันจึงต้องจัดกิจกรรมการเรียนการสอนในคาบนี้ให้นักเรียนทั้ง 4 ศูนย์ ทำกิจกรรมเหมือนกันทุกศูนย์

3. ครูเตือนให้นักเรียนปฏิบัติตามคู่มือนักเรียนอย่างเคร่งครัด

4. ในขณะที่นักเรียนปฏิบัติกิจกรรมตามชุดการสอนนั้น เมื่อนักเรียนมีข้อสงสัย ครูจะเดินไปตามศูนย์ต่าง ๆ อธิบายและตอบข้อสงสัยเหล่านั้น ขณะเดียวกันครูใช้แบบสังเกตพฤติกรรมของแต่ละกลุ่ม ตรวจสอบพฤติกรรมการเรียนในแต่ละศูนย์ควบคู่ไปด้วย

ขั้นสรุป

1. ครูให้ตัวแทนนักเรียนแต่ละกลุ่มออกมารายงานผลการทดลองในศูนย์ของตนเอง จนครบทุกศูนย์

2. ครูและนักเรียนช่วยกันสรุปโดยตั้งคำถามนำว่า แรงที่กระทำกับลวดตัวนำสังเกตเห็นได้ชัดเจนมากที่สุด จะต้องทำอย่างไรบ้าง (วางให้ตั้งฉากกับทิศสนามแม่เหล็ก)

3. ในการทดลอง ลวดตัวนำเคลื่อนที่ได้ มีอะไรเกี่ยวข้องบ้าง (ลวดตัวนำวางในสนามแม่เหล็กในทิศตั้งฉาก และลวดตัวนำต้องมีกระแสไฟฟ้าผ่าน)

4. เราจะหาทิศของแรงที่กระทำกับลวดตัวนำนั้นได้อย่างไร (ใช้มือขวา ให้นิ้วทั้งสี่แทนทิศของกระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำ กำนิ้วทั้งสี่ไปหาทิศของสนามแม่เหล็กเป็นมุม 90 องศา นิ้วหัวแม่มือจะแทนทิศของแรงที่กระทำกับลวดตัวนำนั้น หรือใช้การหมุนตะปูเกลียวขวา)

5. ครูใช้แผ่นใสแสดงจุดประสงค์การเรียนในคาบนี้

6. เราจะมาดูกันว่า ที่นักเรียนทำกิจกรรมนั้นถูกต้องเพียงใด ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มแลกเปลี่ยนกันตรวจ โดยครูแจกบัตรเฉลยคำถามและบัตรเฉลยกิจกรรมให้

10. ครูให้นักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียน โดยไม่ให้นักเรียนปรึกษากัน ใช้เวลา 10 นาที

เนื้อหา

เรื่อง แรงกระทำต่อลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่าน ซึ่งอยู่ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็ก

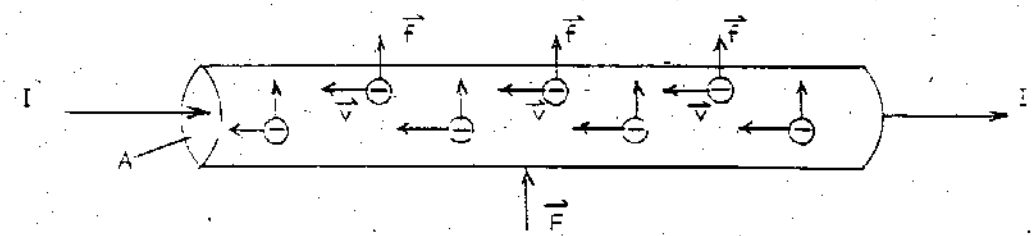
นักเรียนได้ศึกษามาแล้วว่า เมื่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่เข้าไปในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็ก จะเกิดแรงกระทำต่ออนุภาคนั้น ถ้าให้กระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำที่วางอยู่ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็ก จะเกิดแรงกระทำต่อลวดตัวนำนั้นหรือไม่ เราจะได้ศึกษาตามลำดับดังต่อไปนี้

1. เมื่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่เข้าไปในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็ก จะเกิดแรงกระทำต่ออนุภาคนั้น ซึ่งจะหาขนาดของแรงได้จาก $F = qvB$

2. นักเรียนทราบมาแล้วว่า กระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำเกิดจากการเคลื่อนที่ของอิเลคตรอนด้วยความเร็วลอยเลื่อน ซึ่งหาค่ากระแสไฟฟ้าได้จาก $I = nevA$ ดังนั้น

3. เมื่อวางลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านให้ตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก อิเลคตรอนอิสระทุกตัวในลวดตัวนำนี้ จะได้รับแรงกระทำ และเนื่องจากอิเลคตรอนอิสระดังกล่าวเคลื่อนที่ในลวดตัวนำ แรงกระทำต่ออิเลคตรอนอิสระทั้งหมดรวมกันก็คือ แรงกระทำต่อลวดตัวนำ นั่นเอง

4. ขนาดของแรงกระทำต่อลวดตัวนำ พิจารณาจากลวดตัวนำหนึ่งซึ่งมีความยาว l มีพื้นที่หน้าตัด A และมีจำนวนอิเลคตรอนอิสระ n อนุภาคต่อหนึ่งหน่วยปริมาตร เมื่อให้กระแสไฟฟ้า I ผ่านลวดตัวนำ จะมีผลทำให้อิเลคตรอนอิสระเคลื่อนที่ด้วยความเร็วลอยเลื่อน v แล้วจึงนำลวดตัวนำนี้ไปวางในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็ก B จะหาขนาดของแรงกระทำต่อลวดตัวนำดังต่อไปนี้



รูปที่ 1 แสดงแรงกระทำต่อลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านซึ่งอยู่ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็ก

จากรูป แรงกระทำต่อลวดตัวนำ F ก็คือแรง f กระทำต่ออิเลคตรอนอิสระทั้งหมด ดังนั้นจะได้ว่า

$$F = Nf \qquad \text{.....(1)}$$

เมื่อ N คือจำนวนอิเลคตรอนอิสระในลวดตัวนำทั้งหมด

แรงกระทำต่ออิเลคตรอนอิสระต่ออนุภาค หาได้จาก F = qvB

หรือ $f = evB$ .....(2)

เมื่อ e คือ ค่าประจุไฟฟ้าของอิเลคตรอนอิสระแต่ละอนุภาค

จำนวนอิเลคตรอนอิสระในลวดตัวนำทั้งหมด หาได้จาก

$N = n(Al)$ .....(3)

แทนค่า (2) และ (3) ลงใน (1) จะได้ว่า

$F = (nAl)(evB)$

หรือ $F = (nevA)(lB)$ .....(4)

จากความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าและความเร็วลอยเลื่อนของอิเลคตรอนอิสระในตัวนำ ได้ว่า

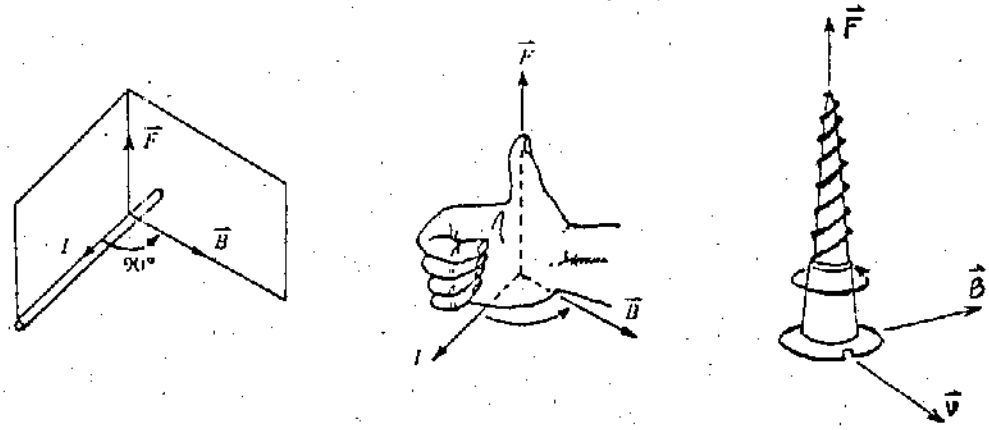
$I = nevA$ .....(5)

แทนค่า (5) ลงใน (4) ได้ว่า

$$F = IlB$$

นั่นคือ ขนาดของแรงกระทำต่อลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่าน ซึ่งอยู่ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็ก มีค่าเท่ากับ IlB

5. ทิศของแรงที่กระทำกับลวดตัวนำหาได้จากแบบการหมุนตะปูเกลียวขวา ดังรูปที่ 2



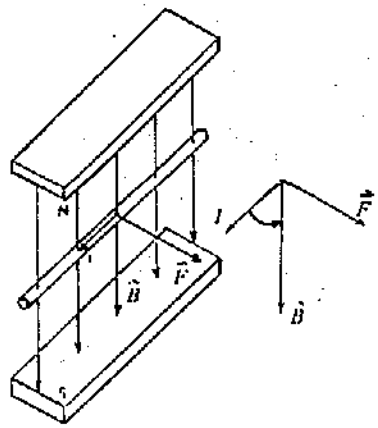
รูปที่ 2 แสดงการหาทิศของแรงกระทำต่อลวดตัวนำ โดยอาศัยหลักการหมุนตะปูเกลียวขวา

ใช้มือขวาโดยนิ้วทั้งสี่แทนทิศของกระแสที่ผ่านเส้นลวดตัวนำ กำไปหาทิศของสนามแม่เหล็ก นิ้วหัวแม่มือแทนทิศของแรงที่กระทำกับลวดตัวนำนี้

6. **ตัวอย่าง** ลวดตัวนำยาว 15 เซนติเมตร มวล 0.04 กิโลกรัมวางอยู่ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็กสม่ำเสมอ 2 เทสลา และลวดตัวนำนี้ตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก ดังรูปที่ 3 ถ้ามีกระแสไฟฟ้า 10 แอมแปร์ผ่านเส้นลวดนี้แล้วมีผลทำให้ลวดตัวนำเคลื่อนที่ในแนวราบ จงหา (1) ความเร่งของลวดตัวนำนั้น (ไม่คิดแรงดึงดูดของโลก)

(2) ถ้าลวดตัวนำนี้วางทำมุม 30 องศากับทิศของสนามแม่เหล็ก จะมีแรงกระทำกับลวดนี้เท่าไร

วิธีทำ (1)หาขนาดของแรงกระทำจากสมการ $F = IlB$



รูปที่ 3

เพราะฉะนั้น $F = (10A)x(0.15m)x(2T)$

$F = 3N$

หาความเร่งของเส้นลวดตัวนำเนื่องจากแรงกระทำจากกฎการเคลื่อนที่ข้อ 2 ของนิวตัน

$F = ma$

$a = F/m$

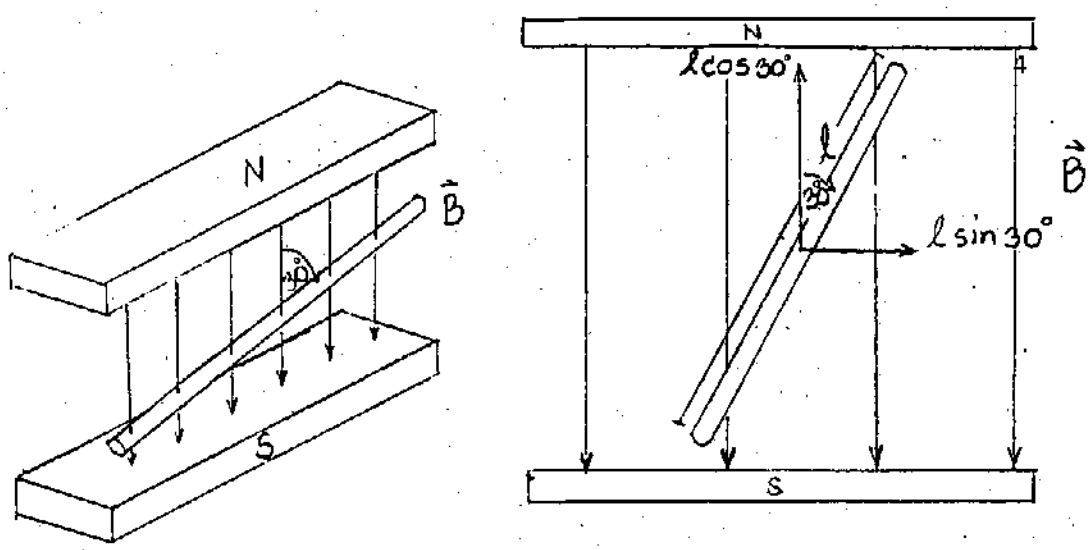
$a = \frac{3\ N}{0.04\ kg}$

$a = 75\ m/s^2$

ตอบ ความเร่งที่เกิดขึ้นกับลวดตัวนำเท่ากับ 75 เมตร/วินาที^{2}

(2) หาขนาดของแรงที่กระทำกับลวดตัวนำที่วางทำมุม 30 องศากับทิศของสนามแม่เหล็กได้ โดยอาศัยการแยกเวคเตอร์ดังนี้

(2) ถ้าลวดตัวนำนี้วางทำมุม 30 องศากับทิศของสนามแม่เหล็ก หาแรงกระทำกับลวดนี้เท่าไร



หาได้โดยอาศัยการแยกเวคเตอร์ที่ลวดตัวนำ ออกเป็นเวคเตอร์ย่อย 2 เวคเตอร์ ดังรูป จะได้ว่าส่วนของลวดตัวนำที่มีทิศตั้งฉากกับทิศสนามแม่เหล็ก คือ $l\sin30^\circ$ และส่วนของลวดตัวนำที่มีทิศขนานกับทิศสนามแม่เหล็ก คือ $l\cos30^\circ$

ดังนั้น หาค่าแรงที่กระทำกับลวดตัวนำได้จาก

$$F = IlB$$

เมื่อ F คือ แรงที่กระทำกับลวดตัวนำมีทิศตั้งฉากกับลวดตัวนำและมีทิศตั้งฉากกับทิศสนามแม่เหล็ก

I คือ กระแสไฟฟ้าที่ผ่านลวดตัวนำ

l คือ ลวดตัวนำส่วนที่ตั้งฉากกับทิศของสนามแม่เหล็ก มีค่าเท่ากับ $l\sin30^\circ$

จะได้ว่า $F = IlB\sin\theta$

แทนค่า $F = ((10A)x(0.15mxsin30^\circ)x(2T)$

$F = 1.5\ N$

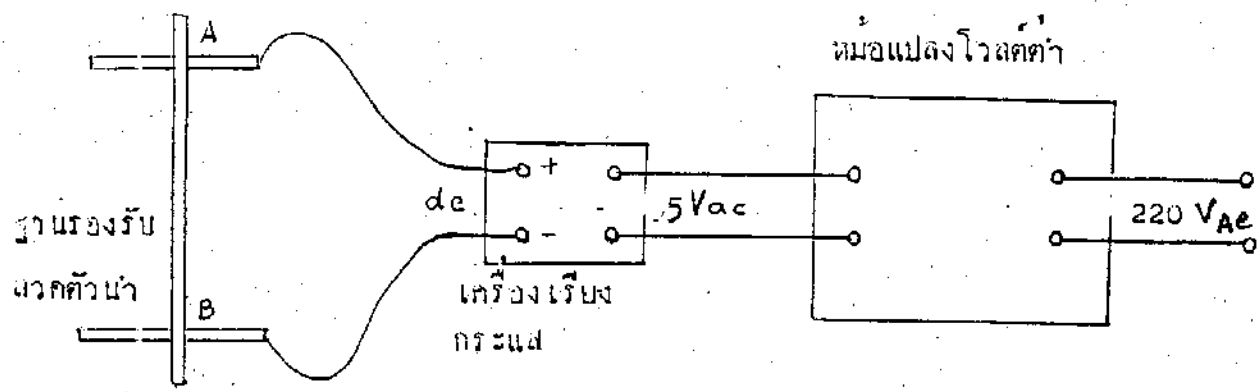
ตอบ แรงที่กระทำกับลวดตัวนำ 1.5 นิวตัน

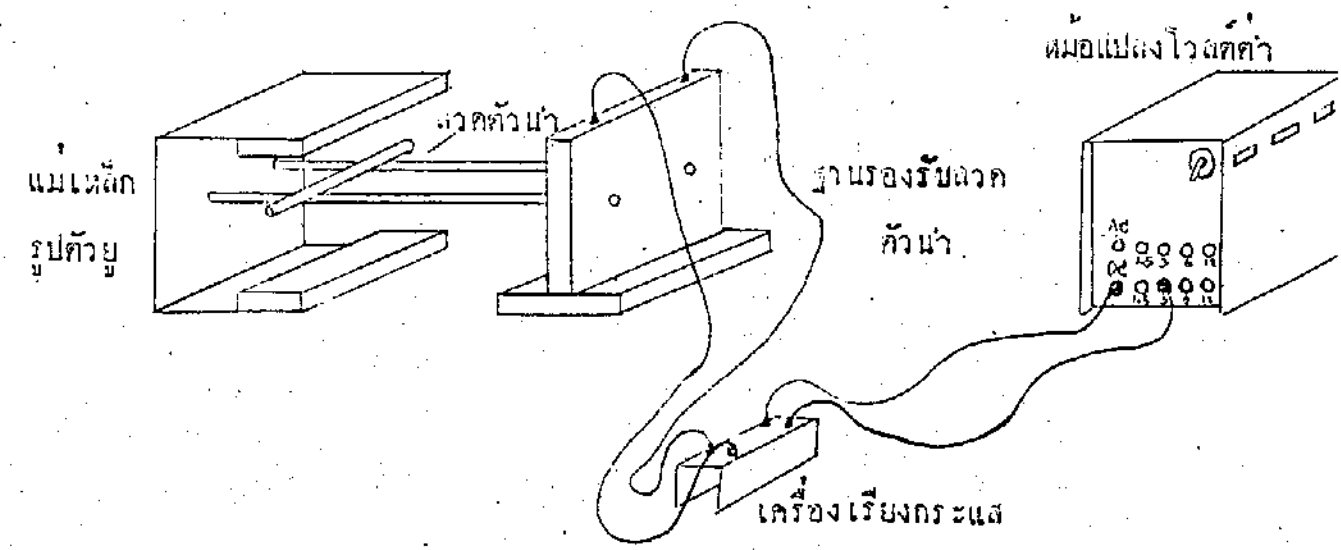
บัตรกิจกรรม

แรงที่กระทำต่อลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านเมื่อวางอยู่ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็ก

ให้นักเรียนต่อวงจรไฟฟ้าตามลำดับ ดังต่อไปนี้

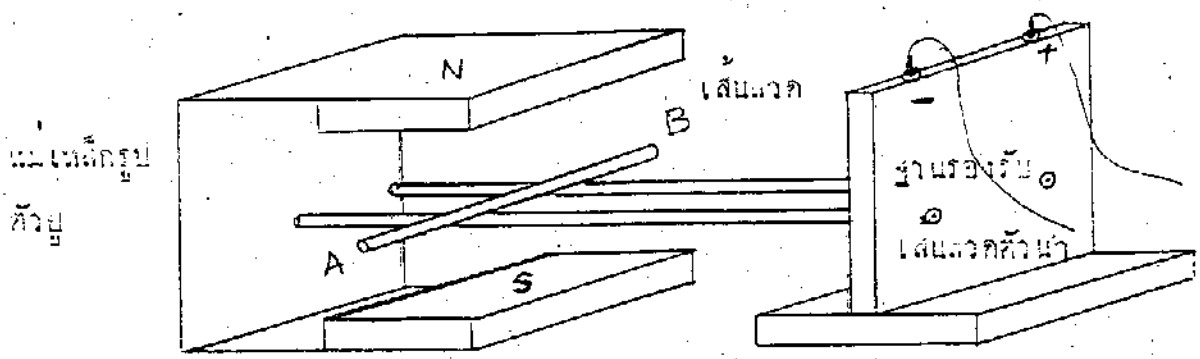
1. ต่อไฟฟ้ากระแสสลับ ความต่างศักย์ไฟฟ้า 5 โวลต์ จากหม้อแปลงไฟฟ้าโวลต์ต่ำ เข้าเครื่องเรียงกระแสไฟฟ้าโดยต่อด้าน a.c. ของเครื่องเรียงกระแสไฟฟ้ากับหม้อแปลง และต่อเครื่องเรียงกระแสไฟฟ้าทางด้าน d.c. กับฐานรองรับลวดตัวนำอะลูมิเนียมก่อนต่อเครื่องเรียงกระแสไฟฟ้ากับหม้อแปลง ควรปิดสวิตช์ของหม้อแปลงก่อน ดังรูปที่ 1





รูปที่ 1 แสดงการต่ออุปกรณ์

2. วางเส้นลวดตัวนำอะลูมิเนียมบนฐานรองรับ แล้วนำแม่เหล็กรูปตัวยูเข้าใกล้ฐานรองรับเส้นลวดตัวนำ โดยให้เส้นลวดตัวนำอยู่ระหว่างขั้วทั้งสองของแม่เหล็กรูปตัวยู นำเข็มทิศมาตรวจขั้วของแม่เหล็กรูปตัวยู เพื่อให้ทราบแน่ว่า ขั้วของแม่เหล็กด้านบนของแม่เหล็กรูปตัวยูเป็นขั้วเหนือ และขั้วของแม่เหล็กด้านล่างของแม่เหล็กรูปตัวยูเป็นขั้วใต้ จะได้ทิศของสนามแม่เหล็กมีทิศลงตามแนวดิ่งตั้งฉากกับเส้นลวด ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 แสดงการจัดแม่เหล็กรูปตัวยูให้เข้ากับเส้นลวดตัวนำซึ่งวางอยู่บนฐานรองรับ

3. เปิดสวิตช์หม้อแปลงโวลต์ต่ำ กระแสไฟฟ้าจะผ่านเส้นลวดตัวนำจากปลาย A ไปยังปลาย B สังเกตการเคลื่อนที่ของเส้นลวดตัวนำว่าเคลื่อนที่เข้าหาหรือออกจากแม่เหล็กรูปตัวยู บันทึกผลลงในตารางบันทึกผลการทดลอง และเขียนรูปแสดงทิศทางของแรงที่กระทำกับลวดอลูมิเนียมนั้น

4. เพื่อไม่ให้กระแสไฟฟ้ามีค่ามากผ่านอุปกรณ์การทดลองนี้มากเกินไป ซึ่งจะทำให้อุปกรณ์เสียเร็ว เมื่อเสร็จการทดลองแต่ละครั้ง รีบปิดสวิตช์ทันที

5. ทำการทดลองซ้ำในข้อ 3 และข้อ 4 แต่เปลี่ยนทิศของกระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำจาก B ไป A

6. กลับขั้วแม่เหล็กรูปตัวยู โดยให้ขั้วเหนือของแม่เหล็กอยู่ด้านล่าง ขั้วใต้ของแท่งแม่เหล็กอยู่ด้านบน เพื่อให้ทิศของสนามแม่เหล็กมีทิศขึ้นตามแนวดิ่ง ทดลองซ้ำตามข้อ 3 ข้อ 4 และ ข้อ 5

7. นำแม่เหล็กรูปตัวยูออกห่างจากเส้นลวดอะลูมิเนียม เปิดสวิตช์หม้อแปลงไฟฟ้าโวลต์ต่ำ สังเกตว่าเส้นลวดตัวนำเคลื่อนที่หรือไม่ แล้วรีบปิดสวิตช์ทันที บันทึกผลลงในตารางบันทึกผลการทดลอง

8. นักเรียนช่วยกันวิเคราะห์ผลการทดลองตามลำดับ ในคำถามนำดังนี้ แล้วบันทึกลงในแบบการวิเคราะห์ผลการทดลอง

- เมื่อผ่านกระแสไฟฟ้ากระแสตรงเข้าไปในเส้นลวดตัวนำที่อยู่ในสนามแม่เหล็ก จะเกิดปรากฏการณ์อะไรขึ้นกับลวดตัวนำนั้น

- เพราะเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น

- ทิศของกระแสไฟฟ้าที่ผ่านเส้นลวดตัวนำมีผลต่อทิศการเคลื่อนที่ของเส้นลวดตัวนำหรือไม่ อย่างไร

- สนามแม่เหล็กมีผลต่อการเคลื่อนที่ของเส้นลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านหรือไม่อย่างไร

- ในแต่ละกรณี ทิศการเคลื่อนที่ของเส้นลวดตัวนำจะตั้งฉากกับทิศของกระแสไฟฟ้าที่ผ่านลวดเส้นลวดตัวนำ และทิศของสนามแม่เหล็กหรือไม่

- จากการบันทึกผลการทดลองโดยการเขียนรูป โดยอาศัยกฎมือขวาได้อย่างไร

9. นักเรียนลองช่วยกันสรุปผลการทดลองได้อย่างไร

10. ให้นักเรียนศึกษาตัวอย่างในบัตรเนื้อหา แล้วลองช่วยกันทำแบบฝึกปฏิบัติดังนี้

เส้นลวดยาว 3.0 เซนติเมตร วางตัวอยู่ในแนวตั้งฉากกับสนามแม่เหล็กที่มีขนาด 0.40 เทสลา ถ้าลวดตัวนำมีกระแสไฟฟ้าผ่าน 5.0 แอมแปร์ จงหา

(1) แรงที่กระทำต่อเส้นลวดจะมีขนาดเท่าไร

(2) ถ้าลวดตัวนำมีมวล 50 กรัม ความเร่งของลวดตัวนำนี้มีค่าเท่าไร (ไม่คิดแรงดึงดูดของโลก)

(3) ถ้าลวดตัวนำนี้วางทำมุม 60 องศากับทิศของสนามแม่เหล็ก จะมีแรงกระทำกับลวดนี้เท่าไร

เฉลยบัตรคำถาม

การทดลองที่ 13.1 แรงที่กระทำต่อลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่าน เมื่อวางอยู่ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็ก

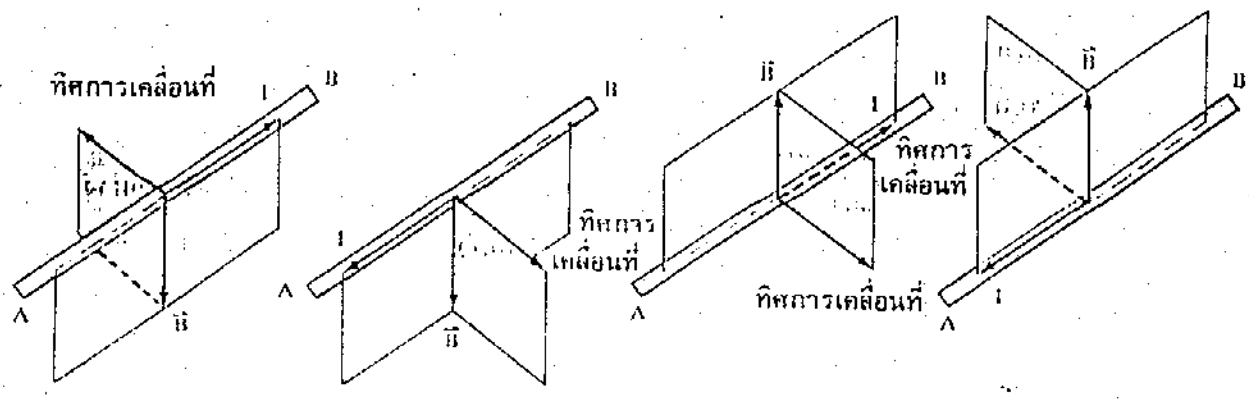
จุดประสงค์การทดลอง เพื่อศึกษาแรงที่กระทำต่อลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่าน เมื่อวางอยู่ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็ก

อุปกรณ์การทดลอง

1. หม้อแปลงโวลต์ต่ำ	1	เครื่อง
2. เครื่องเรียงกระแสไฟฟ้า	1	เครื่อง
3. แม่เหล็กรูปตัวยู	1	อัน
4. เส้นลวดตัวนำอะลูมิเนียม	1	ชุด
5. ฐานรองรับเส้นลวดตัวนำ	1	อัน
6. สายไฟ	2	คู่

ตารางบันทึกผลการทดลอง

ทิศของสนามแม่เหล็ก	ทิศของกระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำ	ทิศการเคลื่อนที่ของลวดตัวนำ		ไม่เคลื่อนที่
		เข้าหาแม่เหล็กรูปตัวยู	ออกจากแม่เหล็กรูปตัวยู	
ทิศลงตามแนวดิ่ง	จาก A ไป B		✓	
	จาก B ไป A	✓		
ทิศขึ้นตามแนวดิ่ง	จาก A ไป B		✓	
	จาก B ไป A	✓		
ไม่มีสนามแม่เหล็ก	จาก A ไป B			✓
	จาก B ไป A			✓



รูปแสดงทิศกระแสไฟฟ้า ทิศสนามแม่เหล็ก และทิศการเคลื่อนที่ของลวดตัวนำ

วิเคราะห์ผลการทดลอง

1. เมื่อผ่านกระแสไฟฟ้ากระแสตรงเข้าไปในเส้นลวดตัวนำที่อยู่ในสนามแม่เหล็ก จะทำให้เส้นลวดนั้นเคลื่อนที่

2. การที่เส้นลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านและอยู่ในสนามแม่เหล็กเคลื่อนที่ได้ เพราะมีแรงกระทำต่อเส้นลวดตัวนำนั้น

3. ทิศของกระแสไฟฟ้าที่ผ่านเส้นลวดตัวนำซึ่งอยู่ในสนามแม่เหล็กจะมีผลต่อทิศการเคลื่อนที่ของเส้นลวดตัวนำ กล่าวคือ เมื่อเปลี่ยนทิศของกระแสไฟฟ้าที่ผ่านเส้นลวดตัวนำไปในทิศตรงข้ามแล้ว จะทำให้เส้นลวดตัวนำนั้นเคลื่อนที่ไปในทิศตรงข้ามด้วย

4. สนามแม่เหล็กมีผลต่อการเคลื่อนที่ของเส้นลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่าน กล่าวคือเส้นลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผานจะเคลื่อนที่ได้เมื่ออยู่ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็ก ถ้าไม่มีสนามแม่เหล็ก เส้นลวดตัวนำนั้นจะไม่เคลื่อนที่ และทิศของสนามแม่เหล็กก็มีผลต่อทิศการเคลื่อนที่ของเส้นลวดตัวนำเช่นกัน กล่าวคือ เมื่อเปลี่ยนทิศของสนามแม่เหล็กไปใน ทิศตรงข้ามแล้ว จะทำให้เส้นลวดตัวนำนั้นเคลื่อนที่ไปในทิศตรงข้ามด้วย

5. ในแต่ละกรณี ทิศการเคลื่อนที่ของเส้นลวดตัวนำจะตั้งฉากกับทิศของกระแสไฟฟ้าที่ผ่านลวดเส้นลวดตัวนำ และทิศของสนามแม่เหล็กเสมอ

6. จากผลการทดลอง ถ้าใช้กฎมือขวาหาแรงกระทำเส้นลวดได้ว่า ใช้มือขวาโดยนิ้วทั้งสี่ชี้ไปทางทิศของกระแสไฟฟ้าที่ผ่านเส้นลวดตัวนำ งอไปไปยังทิศของสนามแม่เหล็ก นิ้วหัวแม่มือจะแสดงทิศของแรงกระทำต่อเส้นลวดตัวนำนั้น

สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองจะได้ว่า เมื่อผ่านกระแสไฟฟ้าเข้าไปในเส้นลวดตัวนำซึ่งอยู่ในสนามแม่เหล็ก จะมีแรงกระทำต่อเส้นลวดตัวนำนั้น ทิศของแรงกระทำจะตั้งฉากกับทิศของกระแสไฟฟ้าที่ผ่านเส้นลวดตัวนำ และทิศของสนามแม่เหล็ก อาจหาทิศของแรงกระทำนี้ได้โดยใช้กฎมือขวา คือ งอนิ้วทั้งสี่ของมือขวาจากทิศของกระแสไฟฟ้าที่ผ่านเส้นลวดตัวนำไปยังทิศของสนามแม่เหล็ก นิ้วหัวแม่มือจะแสดงทิศของแรงกระทำต่อเส้นลวดตัวนำนั้น

เฉลยแบบฝึกปฏิบัติ

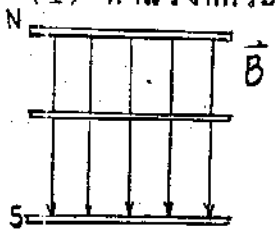
เส้นลวดยาว 3.0 เซนติเมตร วางตัวอยู่ในแนวตั้งฉากกับสนามแม่เหล็กที่มีขนาด 0.40 เทสลา ถ้าลวดตัวนำมีกระแสไฟฟ้าผ่าน 5.0 แอมแปร์ จงหา

(1) แรงที่กระทำต่อเส้นลวดจะมีขนาดเท่าไร

(2) ถ้าลวดตัวนำมีมวล 50 กรัม ความเร่งของลวดตัวนำนี้มีค่าเท่าไร (ไม่คิดแรงดึงดูดของโลก)

(3) ถ้าลวดตัวนำนี้วางทำมุม 60 องศากับทิศของสนามแม่เหล็ก จะมีแรงกระทำกับลวดนี้เท่าไร

วิธีทำ (1) หาแรงที่กระทำต่อเส้นลวด



จาก $F = IlB$

แทนค่า $F = (5A)x(3x10^{-2})x(0.40T)$

$= 6.0x10^{-2}$ N

แรงที่กระทำต่อเส้นลวดเท่ากับ $6.0x10^{-2}$ นิวตัน **ตอบ**

(2) หาความเร่งของลวดตัวนำ ถ้าลวดตัวนำมีมวล 50 กรัม (ไม่คิดแรงดึงดูดของโลก)

จาก $F = ma$

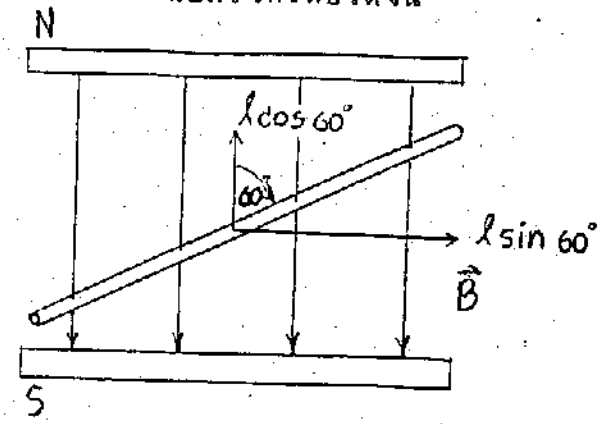
แทนค่า $(6.0x10^{-2} = (0.050)X(a)$

$$a = \frac{6.0x10^{-2}}{(0.050)}$$

$= 1.2$ m/s^2

ความเร่งของลวดตัวนำเท่ากับ 1.2 เมตร/วินาที^{2} **ตอบ**

(3) หาขนาดของแรงที่กระทำกับลวดตัวนำที่วางทำมุม 60 องศากับทิศของสนามแม่เหล็กได้ โดยอาศัยการแยกเวคเตอร์ดังนี้



จะได้ว่า ส่วนของลวดตัวนำที่ตั้งฉากกับทิศสนามแม่เหล็ก คือ l sin θ

ดังนั้น หาค่าแรงที่กระทำกับลวดตัวนำได้

$$F = IlB \sin\theta$$

แทนค่า $$F = (5A)x(3x10^{-2}xsin60^{\circ})x(0.40T)$$

$$= 5.2x10^{-2} \quad N$$

แรงที่กระทำต่อเส้นลวดเท่ากับ $5.2x10^{-2}$ นิวตัน <u>ตอบ</u>

แบบทดสอบ

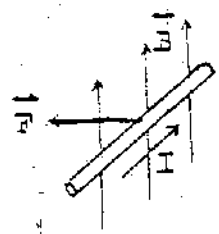
เรื่อง แรงกระทำต่อลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านซึ่งอยู่ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็ก

คำชี้แจง จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว แล้วทำเครื่องหมาย x ตรงข้อนั้นในกระดาษคำตอบ เวลา 10 นาที

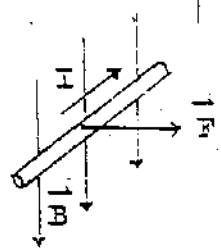
---

1. ข้อใดเขียนทิศของแรงกระทำต่อลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านซึ่งอยู่ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็กได้ถูกต้อง

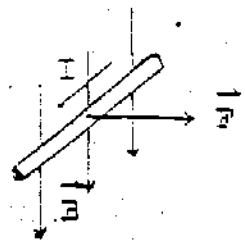
ก.



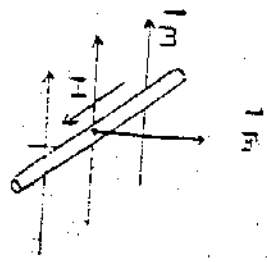
ข.



ค.



ง.



2. ลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่าน วางอยู่ในสนามแม่เหล็ก จะเกิดแรงกระทำต่อลวดตัวนำ ปริมาณในข้อใดที่ไม่มีผลต่อแรงกระทำ

ก. ความยาวของลวดตัวนำ

ข. พื้นที่หน้าตัดของลวดตัวนำ

ค. ขนาดของสนามแม่เหล็ก

ง. ขนาดของกระแสในตัวนำ

3. กระแส 2.5 แอมแปร์ ผ่านเส้นลวดยาว 30 เซนติเมตร และวางทำมุม 60 องศา กับสนามแม่เหล็กขนาด 8.0×10^{-4} เทสลา แรงที่กระทำต่อเส้นลวดมีค่าเท่าใด

ก. 5.2×10^{-2} นิวตัน

ข. 5.2×10^{-3} นิวตัน

ค. 5.2×10^{-4} นิวตัน

ง. 2.5×10^{-5} นิวตัน

4. แรงที่กระทำต่อเส้นลวดเส้นหนึ่งที่มีกระแสผ่านและวางในสนามแม่เหล็กจะมีค่ามากที่สุด เมื่อเส้นลวดนี้ทำมุมเท่าใด กับสนามแม่เหล็ก

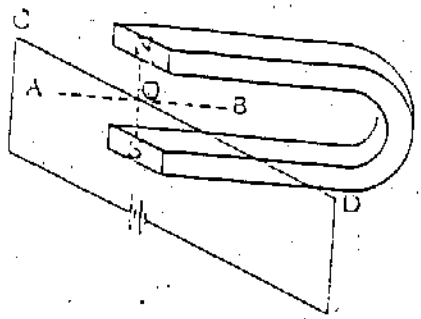
ก. 0 องศา

ข. 45 องศา

ค. 90 องศา

ง. 180 องศา

5. รูปแสดงกระแสผ่านลวด CD แรงแม่เหล็กกระทำต่อลวดจะอยู่ในทิศใด



ก. เข้าหาขั้วใต้ในทิศ OS

ข. เข้าหาขั้วเหนือในทิศ ON

ค. เข้าหาแท่งแม่เหล็กในทิศ OB

ง. ออกจากแท่งแม่เหล็กในทิศ OA

6. ลวดตัวนำหนึ่งยาว 5 เซนติเมตรมีกระแสไฟฟ้าผ่าน 10 แอมแปร์ ถ้าวางลวดตัวนำนี้ ให้ตั้งฉากกับทิศของสนามแม่เหล็กที่มีขนาดสม่ำเสมอ 5 เทสลา ขนาดของแรงที่กระทำต่อลวดตัวนำนี้มีค่าเท่าใด

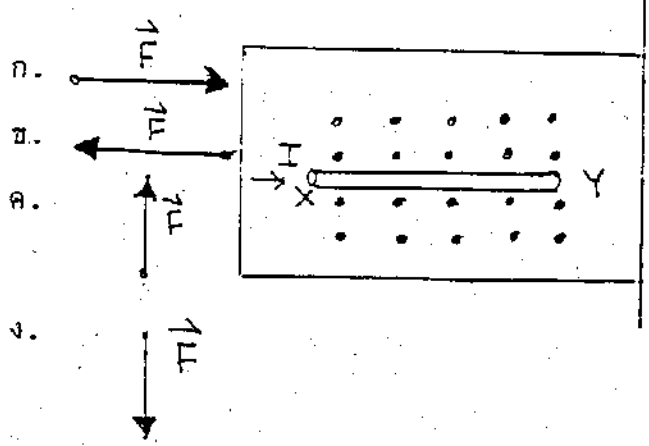
ก. 0.25 นิวตัน

ข. 2.50 นิวตัน

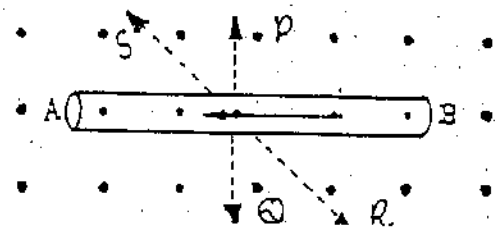
ค. 25.0 นิวตัน

ง. 250.0 นิวตัน

7. ผ่านกระแสไฟฟ้าเข้าไปในลวดตัวนำ XY ตามทิศดังรูป แรงที่เกิดกับตัวนำ XY เป็นไปดังข้อใด



8. AB เป็นเส้นลวดตัวนำอยู่ในสนามแม่เหล็ก มีกระแสผ่านจาก B ไป A ดังรูป แรงที่กระทำต่อ AB ให้เคลื่อนที่ไปในแนวใด



ก. PQ ข. QP ค. RS ง. SR

9. ลวดตัวนำยาว 10 cm ทำมุมฉากกับสนามแม่เหล็กสม่ำเสมอ 4 T ถ้าเกิดแรงกระทำต่อลวด 2 N กระแสผ่านเส้นลวดเท่าใด

ก. 2 A

ข. 3 A

ค. 4 A

ง. 5 A

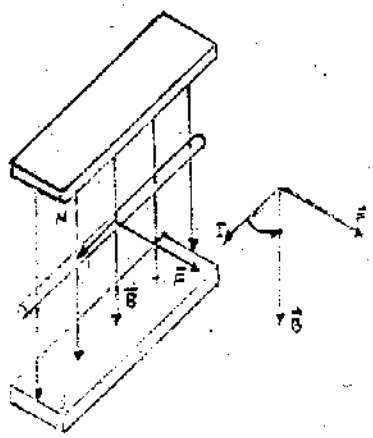
10. จากโจทย์ข้อ 9 ถ้าลวดนี้มีมวล 2 mg จะเคลื่อนที่ด้วยความเร่งเท่าใด

ก. 10^{2} m/s

ข. 10^{3} m/s

ค. 2×10^{2} m/s

ง. 3×10^{3} m/s



รูปโจทย์ ข้อ9-10

เฉลยแบบทดสอบ

ชุดที่ 4

ข้อ	1	ค	
	2	ข	
	3	ค	
	4	ค	
	5	ค	
ข้อ	6	ข	
	7	ง	
	8	ข	
	9	ข	
	10	ข	

ชุดการสอนชุดที่ 5

เรื่อง แรงระหว่างลวดตัวนำสองเส้นขนานกันที่มีกระแสไฟฟ้าผ่าน

1. ส่วนประกอบของชุดการสอน

1.1 คู่มือครู ประกอบด้วย

1.1.1 แผนการสอน

1.1.2 ชุดการสอนประจำศูนย์ทั้ง 4 ศูนย์ ประกอบด้วย

- บัตรเนื้อหา
- บัตรกิจกรรม
- บัตรตอบคำถาม
- เฉลยบัตรคำถาม

2. คู่มือนักเรียน ซึ่งเป็นคำชี้แจงในการใช้ชุดการสอน

4. สื่อ เช่น แผ่นใส และวัสดุอุปกรณ์

2. สิ่งที่ครูจะต้องเตรียม

2.1	หม้อแปลงโวลต์ต่ำ	4	เครื่อง
2.2	เครื่องเรียงกระแสไฟฟ้า	4	เครื่อง
2.3	เครื่องชั่งกระแสไฟฟ้า	4	เครื่อง
2.4	ตัวต้านทานปรับค่าได้	4	ตัว
2.5	แอมมิเตอร์	4	ตัว
2.6	สายไฟ	16	คู่
2.7	เข็มทิศ	8	อัน
2.9	กระดาษตอบคำถาม	40	แผ่น
2.10	กระดาษคำตอบแบบทดสอบ	80	แผ่น
2.11	แบบทดสอบ	40	ชุด

แผนการสอนที่ใช้ชุดการสอน

วิชา ฟิสิกส์ เล่ม 5 ว 023 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

หัวเรื่อง แรงระหว่างลวดตัวนำสองเส้นขนานกันที่มีกระแสไฟฟ้าผ่าน **เวลา** 2 คาบ

สาระสำคัญ

ลวดตัวนำสองเส้นวางขนานกันและมีกระแสไฟฟ้าผ่าน จะมีแรงกระทำต่อลวดตัวนำทั้งสอง

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม เมื่อจบบทเรียนนี้แล้วนักเรียนสามารถ

ทำกิจกรรมและสรุปได้ว่า จะมีแรงกระทำต่อลวดตัวนำทั้งสองที่วางขนานกัน เมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่าน และแรงนั้นจะเป็นแรงดูดหรือแรงผลักขึ้นอยู่กับทิศของกระแสไฟฟ้าในเส้นลวด

เนื้อหา

1. ลวดตัวนำสองเส้นซึ่งขนานกันและมีกระแสผ่านจะมีแรงกระทำระหว่างกัน

2. เมื่อให้กระแสผ่านเส้นลวดที่วางขนานกันในทิศทางเดียวกัน แรงที่เกิดขึ้นเป็นแรงดูดกัน ทำให้เส้นลวดทั้งสองเคลื่อนที่เข้าหากัน

3. เมื่อให้กระแสผ่านเส้นลวดที่วางขนานกันในทิศทางสวนกัน แรงที่เกิดขึ้นเป็นแรงผลักกัน ทำให้เส้นลวดทั้งสองเคลื่อนที่ออกจากกัน

4. ผู้ที่ค้นพบว่าลวดตัวนำทั้งสองซึ่งขนานกันและมีกระแสไฟฟ้าผ่านจะมีแรงกระทำระหว่างกัน คือ แอมแปร์

กิจกรรมการเรียนการสอน

ขั้นนำ

ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยทบทวนความรู้ที่เรียนมาแล้ว เรื่องแรงที่กระทำต่อลวดตัวนำที่วางอยู่ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็กจากแท่งแม่เหล็ก จะเกิดแรงกระทำกับลวดนั้น และเมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำจะมีสนามแม่เหล็กเกิดขึ้นรอบ ๆ ลวดตัวนำนั้น ดังนั้น ถ้าวางลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็กอันเกิดจากลวดตัวนำอีกเส้นหนึ่งซึ่งขนานกับลวดตัวนำเส้นแรก และมีกระแสไฟฟ้าผ่านเช่นกัน จะมีแรงกระทำขึ้นระหว่างลวดตัวนำทั้งคู่หรือไม่ ถ้ามี ทิศของแรงจะขึ้นอยู่กับทิศของกระแสไฟฟ้าในลวดทั้งสองหรือไม่ จะได้ศึกษาจากการทดลองต่อไปนี้

ขั้นสอน

1. เพื่อให้นักเรียนทราบว่าในวันนี้จะศึกษาเกี่ยวกับเรื่องอะไรบ้างอย่างคร่าว ๆ และเพื่อตรวจสอบว่า นักเรียนมีความรู้เกี่ยวกับเรื่องแรงระหว่างลวดตัวนำสองเส้นขนานกันที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านเพียงใด จึงให้นักเรียนได้ทำแบบทดสอบความรู้ก่อนเรียน ห้ามนักเรียนปรึกษากัน ใช้เวลาในการทำแบบทดสอบ 10 นาที

2. ครูให้นักเรียนลงมือปฏิบัติตามชุดการสอนในแต่ละศูนย์ที่กำหนดไว้ กิจกรรมที่ทำในคาบนี้ นักเรียนจะต้องอาศัย**ความรู้เดิม**เกี่ยวกับแรงที่กระทำกับลวดตัวนำที่วางอยู่ในสนามแม่เหล็กเนื่องจากแท่งแม่เหล็กในทิศตั้งฉาก และสนามแม่เหล็กที่เกิดจากการปล่อยกระแสไฟฟ้าเข้าไปในลวดตัวนำ ต้องอาศัย**การสังเกต ความระมัดระวัง** ในการจัดให้ลวดตัวนำที่แขวนนั้นสมดุล เมื่อปล่อยกระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำ ต้องอาศัยเข็มทิศเพื่อหาทิศของสนามแม่เหล็ก จำเป็นต้องอาศัยเวลาในการจัดตั้งอุปกรณ์ ความร่วมมือกัน การอภิปรายร่วมกันเพื่อให้เกิดความเข้าใจดียิ่งขึ้น จึงต้องจัดกิจกรรรมการเรียนการสอนในคาบนี้โดยให้นักเรียนทั้ง 4 ศูนย์ ทำกิจกรรมเหมือนกันทุกศูนย์

3. ครูเตือนให้นักเรียนปฏิบัติตามคู่มือนักเรียนอย่างเคร่งครัด

4. ในขณะที่นักเรียนปฏิบัติกิจกรรมตามชุดการสอนนั้น เมื่อนักเรียนมีข้อสงสัยให้ถามครู ครูจะเดินไปตามศูนย์นั้นเพื่อคอยช่วยเหลือให้คำปรึกษาและช่วยตอบข้อสงสัยเหล่านั้น ครูจะได้ใช้แบบสังเกตพฤติกรรม ตรวจสอบพฤติกรรมการเรียนในแต่ละศูนย์ควบคู่ไปด้วย

ขั้นสรุป

1. ครูให้ตัวแทนนักเรียนแต่ละกลุ่มออกมาแสดงวิธีหาแรงที่กระทำในเส้นลวดบนกระดานดำตามที่กำหนดให้ในแบบฝึกปฏิบัติกลุ่มละข้อจนครบทุกศูนย์

2. ครูใช้แผ่นใสแสดงจุดประสงค์การเรียนในคาบนี้

3. เราจะมาดูกันว่า ที่นักเรียนทำกิจกรรมนั้นถูกต้องเพียงใด ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มแลกเปลี่ยนกันตรวจ โดยครูแจกบัตรเฉลยคำถามและบัตรเฉลยกิจกรรมให้

10. ครูให้นักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียน โดยไม่ให้นักเรียนปรึกษากัน ใช้เวลา 10 นาที

เนื้อหา

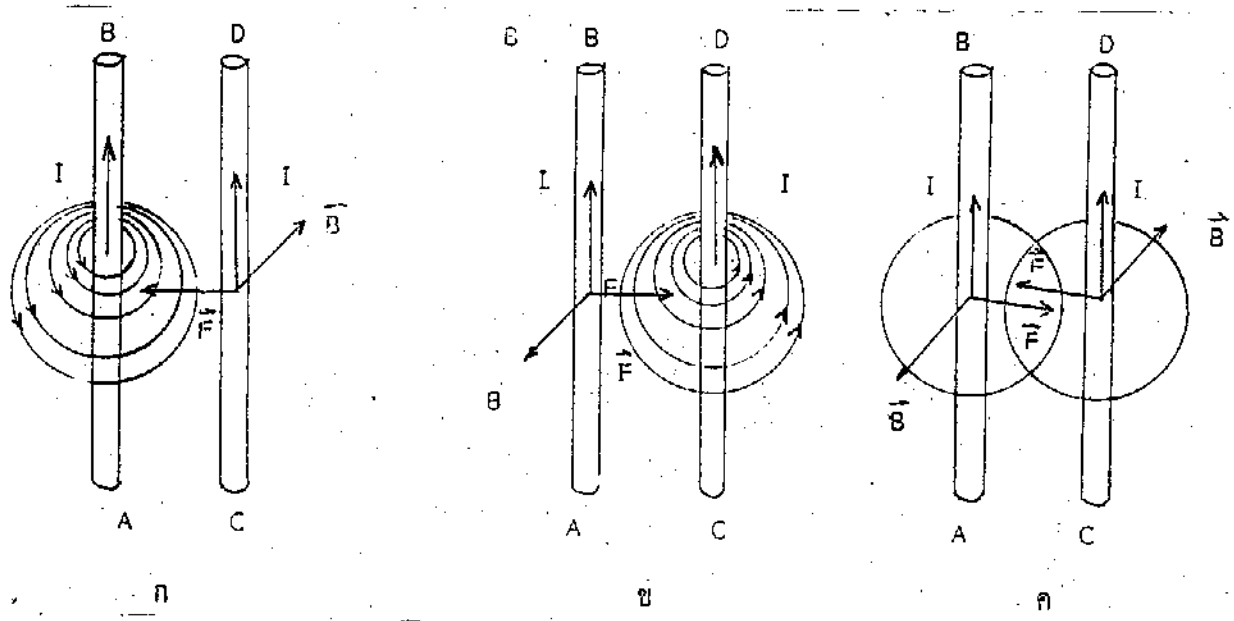
เรื่อง แรงระหว่างลวดตัวนำสองเส้นขนานกันที่มีกระแสไฟฟ้าผ่าน

นักเรียนได้ทราบแล้วว่า ขณะที่กระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำที่วางอยู่ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็กจากแท่งแม่เหล็ก จะเกิดแรงกระทำกับลวดนั้น ถ้าวางลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็กอันเกิดจากลวดตัวนำอีกเส้นหนึ่งซึ่งขนานกับลวดตัวนำเส้นแรก และมีกระแสไฟฟ้าผ่านเช่นกัน จะมีแรงกระทำขึ้นระหว่างลวดตัวนำทั้งคู่หรือไม่ ถ้ามี ทิศของแรงจะขึ้นอยู่กับทิศของกระแสไฟฟ้าในลวดทั้งสองหรือไม่ จะได้ศึกษาจากการทดลองต่อไป

จากผลการทดลองสรุปได้ว่า

1. ลวดตัวนำสองเส้นซึ่งขนานกันและมีกระแสไฟฟ้าผ่านจะมีแรงกระทำระหว่างกัน

2. เมื่อให้กระแสไฟฟ้าผ่านเส้นลวดที่วางขนานกันในทิศทางเดียวกัน แรงที่เกิดขึ้นเป็นแรงดูดกัน ทำให้เส้นลวดทั้งสองเคลื่อนที่เข้าหากัน อธิบายได้ดังนี้



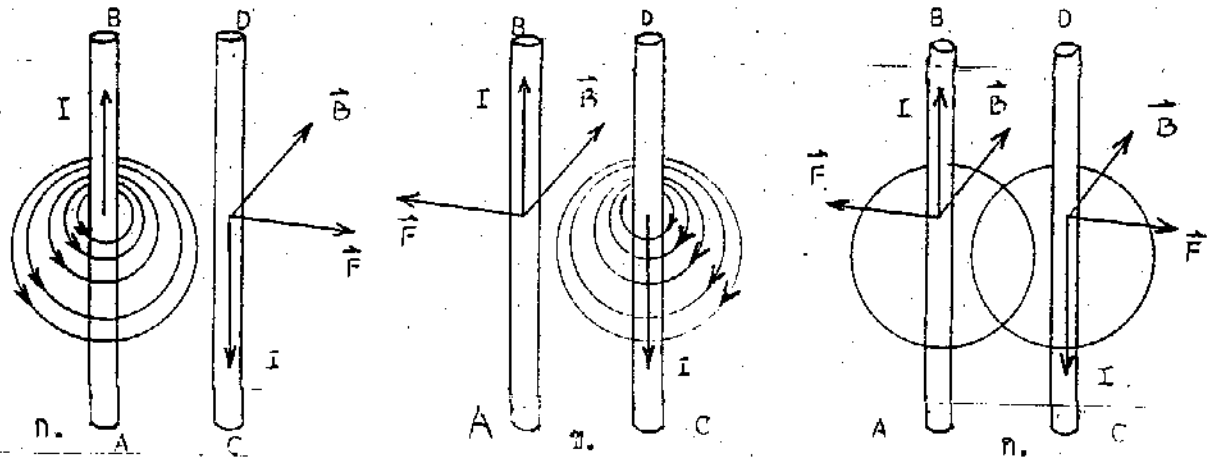
รูปที่ 1 แสดงแรงระหว่างลวดตัวนำสองเส้นขนานกัน ที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านในทิศเดียวกัน

จากรูปที่ 1ก. ในขณะที่กระแสไฟฟ้าผ่านลวด AB จะเกิดสนามแม่เหล็กขึ้นรอบ ๆลวด AB ทำให้ลวด CD อยู่ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็กที่เกิดจากลวด AB และนักเรียนเคยทราบ

มาแล้วว่า เมื่อกระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำที่อยู่ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็กจะเกิดแรงกระทำต่อลวดตัวนำนั้น ดังนั้นเมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่านลวด CD ก็จะเกิดแรงกระทำต่อลวด CD นี้

จากรูปที่ 1ข. ในขณะที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านลวด CD จะเกิดสนามแม่เหล็กขึ้นรอบ ๆ ลวด CD ทำให้ลวด AB อยู่ในบริเวณที่สนามแม่เหล็ก ดังนั้นจึงเกิดแรงกระทำต่อลวด AB นี้ จากรูปที่ 1ค. จะเห็นว่าเมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำทั้งสองในทิศเดียวกัน จะเกิดแรงดูดกันระหว่างลวดตัวนำทั้งสอง

ในทำนองเดียวกันเมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำสองเส้นในทิศที่สวนทางกันจะเกิดแรงผลักระหว่างลวดตัวนำทั้งสองนั้น ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 แสดงแรงระหว่างลวดตัวนำสองเส้นขนานกัน ที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านในทิศสวนทางกัน

3. เมื่อให้กระแสไฟฟ้าผ่านเส้นลวดที่วางขนานกันในทิศสวนทางกัน แรงที่เกิดขึ้นเป็นแรงผลักกัน ทำให้เส้นลวดทั้งสองเคลื่อนที่ออกจากกัน

4. ผลจากการเกิดแรงกระทำระหว่างลวดตัวนำสองเส้นที่ขนานกัน และมีกระแสไฟฟ้าผ่านนำไปสู่การนิยามความหมายของแอมแปร์ในระบบเอสไอ " แอมแปร์ คือกระแสคงตัวซึ่งเมื่อให้อยู่ในตัวนำตรง 2 เส้น ที่มีความยาวไม่จำกัด และมีพื้นที่หน้าตัดน้อยจนไม่ต้องคิด ซึ่งวางอยู่ขนานห่างกัน 1 เมตร ในสุญญากาศแล้ว จะทำให้เกิดแรงระหว่างลวดตัวนำทั้งสองเท่ากับ 2×10^{-7} นิวตันต่อความยาว 1 เมตร"

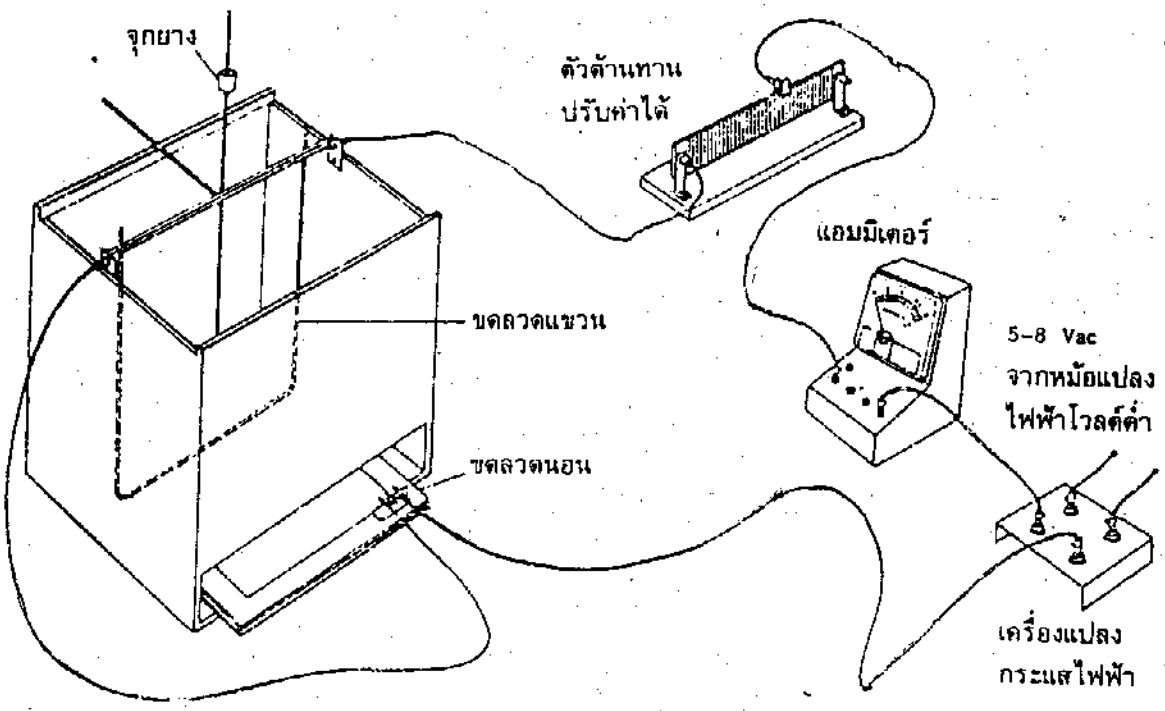
5. ผู้ที่ค้นพบว่าลวดตัวนำทั้งสองซึ่งขนานกันและมีกระแสไฟฟ้าผ่านจะมีแรงกระทำระหว่างกัน คือ แอมแปร์

บัตรกิจกรรม

เรื่อง แรงระหว่างลวดตัวนำสองเส้นขนานกันที่มีกระแสไฟฟ้าผ่าน

ให้นักเรียนปฏิบัติตามลำดับดังนี้

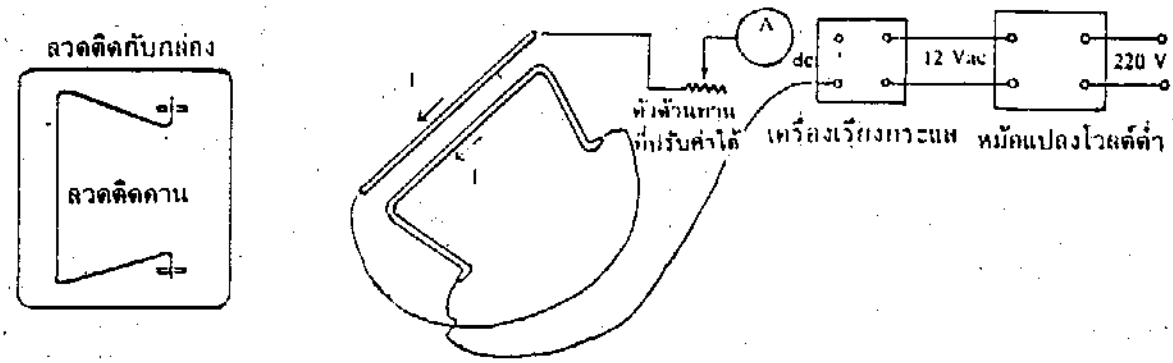
1. ใช้กระดาษทรายละเอียดขัดที่รองรับลวดแขวนและส่วนของลวดที่สัมผัสกับที่รองรับในเครื่องชั่งกระแสไฟฟ้าในรูปที่ 1



รูปที่ 1 แสดงส่วนประกอบของเครื่องชั่งกระแสไฟฟ้า

2. วางคานไม้ของลวดแขวนบนที่รองรับ แล้วปรับคานไม้ให้อยู่ในสมดุล โดยจัดลวดที่คานไม้ในแนวดิ่ง ให้ส่วนที่อยู่เหนือคานไม้และส่วนที่อยู่ใต้คานไม้เป็นอัตราส่วนประมาณ 2:1 เลื่อนจุกยางให้สูงจากด้านบนของคานไม้ประมาณ 7 เซนติเมตร เลื่อนลวดที่คานไม้ในแนวระดับเพื่อปรับคานไม้ให้สามารถวางตัวอยู่บนที่รองรับในแนวดิ่งได้ และจัดให้ด้านล่างของลวดแขวนขนานกับลวดนอนและอยู่ห่างกันประมาณ 0.5 – 1 เซนติเมตร

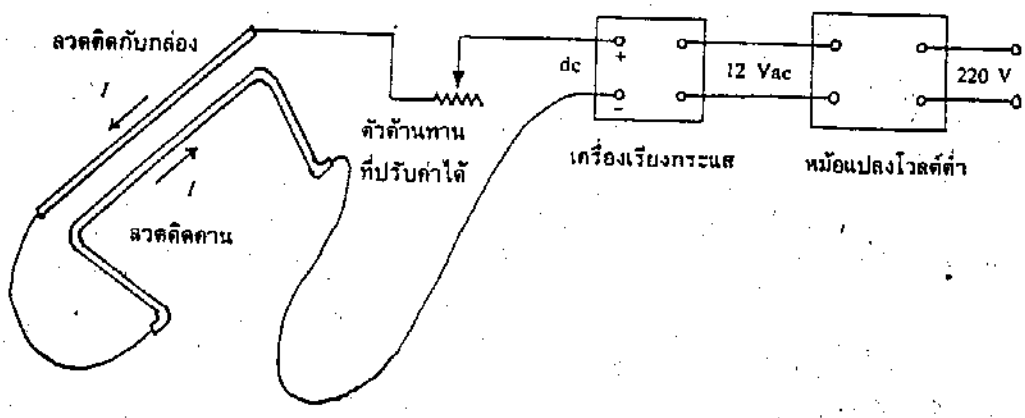
3. ต่อวงจรไฟฟ้าดังรูปที่ 2 ซึ่งประกอบด้วย หม้อแปลงไฟฟ้าโวลต์ต่ำ เครื่องเรียงกระแสไฟฟ้า แอมมิเตอร์ ตัวต้านทานที่ปรับค่าได้ ลวดติดกับกล่อง และลวดติดคาน เพื่อให้กระแสไฟฟ้าในลวดทั้งสองชุดมีทิศเดียวกัน



รูปที่ 2 การต่อวงจรไฟฟ้าให้กระแสไฟฟ้าในลวดทั้งสองชุดมีทิศเดียวกัน

4. เปิดสวิตช์ที่หม้อแปลงโวลต์ต่ำ โดยเลือกใช้ความต่างศักย์ไฟฟ้าประมาณ 5 – 8 โวลต์ แล้วปรับค่าความต้านทานเพื่อให้กระแสไฟฟ้าผ่านวงจรประมาณ 3 – 4 แอมแปร์ โดยดูจากแอมมิเตอร์ สังเกตการเคลื่อนที่ของลวดตัวนำที่แขวน ปิดสวิตช์หม้อแปลงไฟฟ้าโวลต์ต่ำ บันทึกผลการทดลอง

5. สลับขั้วสายไฟฟ้าดังรูปที่ 3 เพื่อให้กระแสไฟฟ้าในลวดทั้งสองมีทิศสวนทางกัน ทดลองซ้ำตามข้อ 4 สังเกตการเคลื่อนที่ของลวดตัวนำที่แขวน ปิดสวิตช์หม้อแปลงไฟฟ้าโวลต์ต่ำ บันทึกผลการทดลอง



รูปที่ 3 การต่อวงจรไฟฟ้าให้กระแสไฟฟ้าในลวดทั้งสองชุดมีทิศตรงข้ามกัน

6. ต่อวงจรไฟฟ้าโดยใช้กระแสไฟฟ้าผ่านลวดแขวนเท่านั้น แล้วทดลองซ้ำตามข้อ 4

7. บันทึกผลการทดลองลงในตารางผลการทดลอง

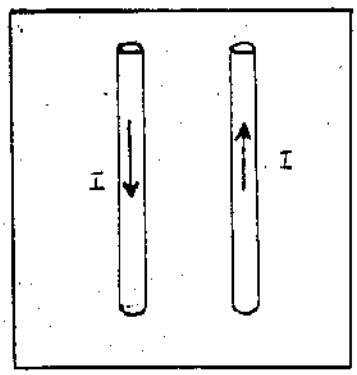
8. นักเรียนช่วยกันวิเคราะห์ผลการทดลองตามลำดับ แล้วบันทึกลงในแบบการวิเคราะห์ผลการทดลอง ในคำถามนำดังนี้

- ขณะที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำทั้งสองชุด จะมีแรงกระทำเกิดขึ้นหรือไม่
- เมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำทั้งสองในทิศเดียวกัน จะเกิดแรงดูดหรือแรงผลักระหว่างลวดตัวนำทั้งสอง สังเกตได้อย่างไร
- เมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำทั้งสองในทิศสวนทางกัน จะเกิดแรงดูดหรือแรงผลักระหว่างลวดตัวนำทั้งสอง สังเกตได้อย่างไร
- ถ้ามีกระแสไฟฟ้าผ่านขดลวดหรือลวดนอนเพียงขดเดียว จะเกิดแรงกระทำระหว่างลวดตัวนำทั้งสองหรือไม่ สังเกตได้อย่างไร

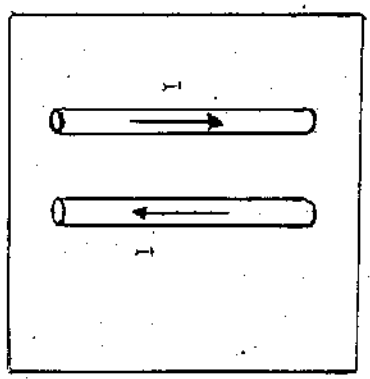
9. นักเรียนช่วยกันสรุปผลการทดลองได้อย่างไร

10. ให้นักเรียนเขียนแรงที่กระทำกับลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่าน เมื่อลวดตัวนำอยู่ในลักษณะที่กำหนดให้ต่อไปนี้

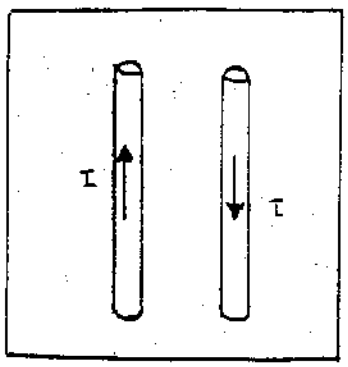
(1)



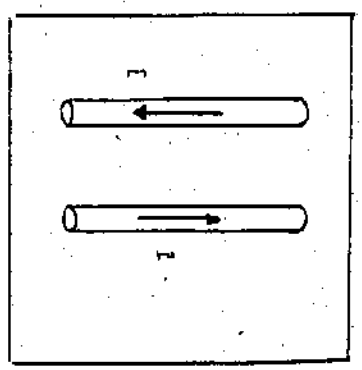
(2)



(3)



(4)



เฉลยบัตรตอบคำถาม

เรื่อง แรงระหว่างลวดตัวนำสองเส้นขนานกันที่มีกระแสไฟฟ้าผ่าน

กิจกรรม แรงระหว่างลวดตัวนำสองเส้นที่มีกระแสไฟฟ้าผ่าน

จุดประสงค์ เพื่อศึกษาทิศของแรงระหว่างลวดตัวนำสองเส้นที่มีกระแสไฟฟ้าผ่าน

อุปกรณ์

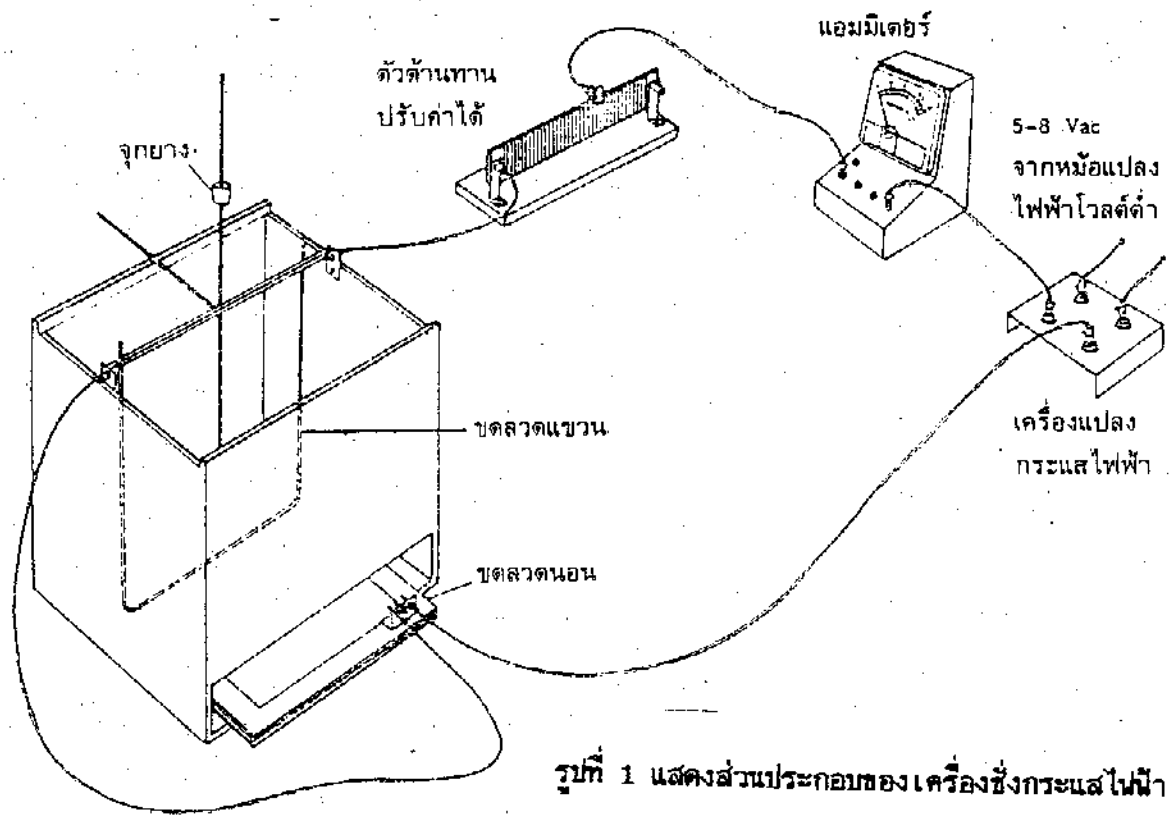
1. หม้อแปลงไฟฟ้าโวลต์ต่ำ	1	เครื่อง
2. เครื่องเรียงกระแสไฟฟ้า	1	เครื่อง
3. เครื่องชั่งกระแสไฟฟ้า	1	เครื่อง
4. ตัวต้านทานปรับค่าได้	1	ตัว
5. แอมมิเตอร์	1	ตัว
6. สายไฟ	4	คู่
7. เข็มทิศ	2	อัน

วิธีทดลอง

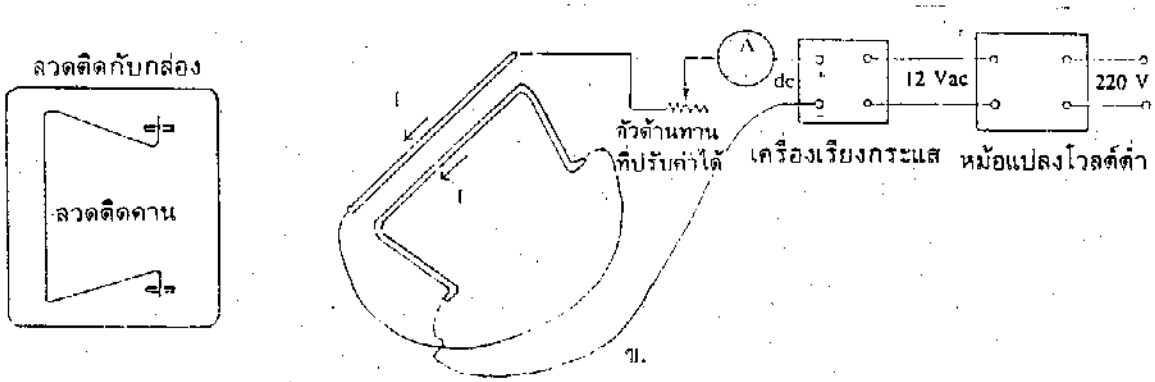
1. ใช้กระดาษทรายละเอียดขัดที่รองรับลวดแขวนและส่วนของลวดที่สัมผัสกับที่รองรับในเครื่องชั่งกระแสไฟฟ้าในรูปที่ 1

2. วางคานไม้ของลวดแขวนบนที่รองรับ แล้วปรับคานไม้ให้อยู่ในสมดุล โดยจัดลวดที่คานไม้ในแนวดิ่ง ให้ส่วนที่อยู่เหนือคานไม้และส่วนที่อยู่ใต้คานไม้เป็นอัตราส่วนประมาณ 2:1 เลื่อนจุกยางให้สูงจากด้านบนของคานไม้ประมาณ 7 เซนติเมตร เลื่อนลวดที่คานไม้ในแนวระดับเพื่อปรับคานไม้ให้สามารถวางตัวอยู่บนที่รองรับในแนวดิ่งได้ และจัดให้ด้านล่างของลวดแขวนขนานกับลวดนอนและอยู่ห่างกันประมาณ 0.5 – 1 เซนติเมตร

3. ต่อวงจรไฟฟ้าดังรูปที่ 2 ซึ่งประกอบด้วย หม้อแปลงไฟฟ้าโวลต์ต่ำ เครื่องเรียงกระแสไฟฟ้า แอมมิเตอร์ ตัวต้านทานที่ปรับค่าได้ ลวดติดกับกล่อง และลวดติดคาน เพื่อให้กระแสไฟฟ้าในลวดทั้งสองชุดมีทิศเดียวกัน



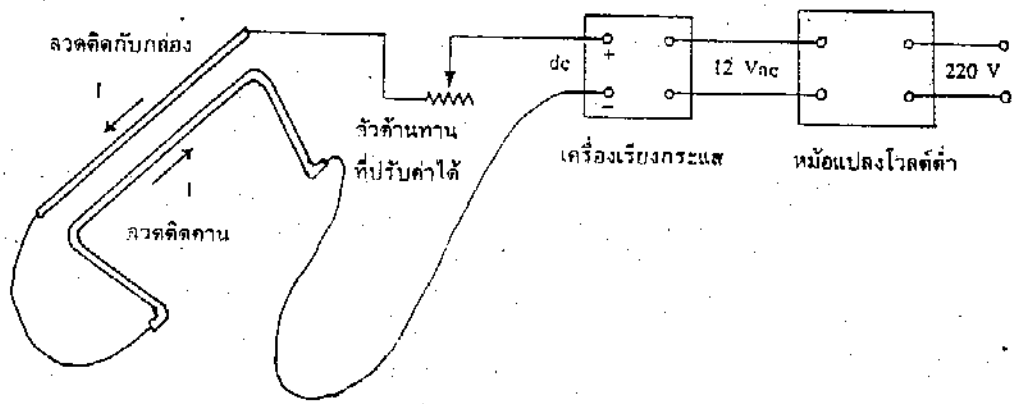
รูปที่ 1 แสดงส่วนประกอบของเครื่องชั่งกระแสไฟฟ้า



รูปที่ 2 การต่อวงจรไฟฟ้าให้กระแสไฟฟ้าในลวดทั้งสองขดมีทิศเดียวกัน

4. เปิดสวิตช์ที่หม้อแปลงโวลต์ต่ำ โดยเลือกใช้ความต่างศักย์ไฟฟ้าประมาณ 5 - 8 โวลต์ แล้วปรับค่าความต้านทานเพื่อให้กระแสไฟฟ้าผ่านวงจรประมาณ 3 - 4 แอมแปร์ โดยดูจากแอมมิเตอร์ สังเกตการเคลื่อนที่ของลวดตัวนำที่แขวน ปิดสวิตช์หม้อแปลงไฟฟ้าโวลต์ต่ำ บันทึกผลการทดลอง

5. สลับขั้วสายไฟฟ้าดังรูปที่ 3 เพื่อให้กระแสไฟฟ้าในลวดทั้งสองมีทิศสวนทางกัน ทดลองซ้ำตามข้อ 4 สังเกตการเคลื่อนที่ของลวดตัวนำที่แขวน ปิดสวิตช์หม้อแปลงไฟฟ้าโวลต์ต่ำ บันทึกผลการทดลอง



รูปที่ 3 การต่อวงจรไฟฟ้าให้กระแสไฟฟ้าในลวดทั้งสองชุดมีทิศตรงข้ามกัน

6. ต่อวงจรไฟฟ้าโดยใช้กระแสไฟฟ้าผ่านลวดแขวนเท่านั้น แล้วทดลองซ้ำตามข้อ 4

7. บันทึกผลการทดลองลงในตารางผลการทดลอง

8. ให้นักเรียนใช้เข็มทิศตรงทิศของกระแสไฟฟ้าที่ผ่านขดลวดที่พันรอบกล่อง โดยนำขดลวดที่ติดกับคานออกจากเครื่องชั่งกระแส แล้วนำเข็มทิศไปวางใต้ขดลวดส่วนที่ต้องการหาทิศของกระแสไฟฟ้า ความยาวของลวดส่วนนี้จะต้องอยู่ในแนวเดียวกับเข็มทิศ ซึ่งชี้ทิศเหนือและใต้ เปิดสวิตช์หม้อแปลงจะพบว่าเข็มทิศเบนไปจากแนวเดิม จากนั้นใช้มือขวาเสมือนกำเส้นลวดดังกล่าว ให้นิ้วทั้งสี่ชี้ไปทางทิศที่ขั้วเหนือของเข็มทิศเคลื่อนที่ไปซึ่งเป็นทิศของสนามแม่เหล็กที่วนรอบเส้นลวด ส่วนนิ้วหัวแม่มือจะชี้ไปทางตามทิศที่กระแสไฟฟ้าผ่านในเส้นลวด เมื่อทราบทิศของกระแสที่ผ่านขดลวดแนวระดับส่วนที่อยู่ใกล้และขนานกับลวดแขวนแล้ว ให้นักเรียนตรวจทิศของกระแสไฟฟ้าที่ผ่านลวดแขวน จะทำให้ทราบได้ว่า กระแสไฟฟ้าที่ผ่านลวดทั้งสองส่วนนี้มีทิศไปทางเดียวกันหรือทิศสวนทางกัน

ผลการทดลอง

ทิศของกระแสไฟฟ้าที่ผ่านลวดทั้งสอง	การเคลื่อนที่ของลวดแขวน		
	เบนเข้าหาลวดนอน	เบนออกจากลวดนอน	ไม่เคลื่อนที่
ทิศเดียวกัน	/		
ทิศสวนทางกัน		/	
กระแสไฟฟ้าผ่านแต่ลวดแขวน			/
กระแสไฟฟ้าผ่านแต่ลวดนอน			/

วิเคราะห์ผลการทดลอง

1. ขณะที่กระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำทั้งสอง จะเกิดแรงกระทำระหว่างลวดตัวนำทั้งสอง สังเกตได้จากการเคลื่อนที่ของลวดแขวน

2. เมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำทั้งสองในทิศเดียวกัน จะเกิดแรงดูดระหว่างลวดตัวนำทั้งสอง สังเกตได้จากลวดแขวนเบนเข้าหาลวดนอน

3. เมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำทั้งสองในทิศสวนทางกัน จะเกิดแรงผลักระหว่างลวดตัวนำทั้งสอง สังเกตได้จากลวดแขวนเบนออกจากลวดนอน

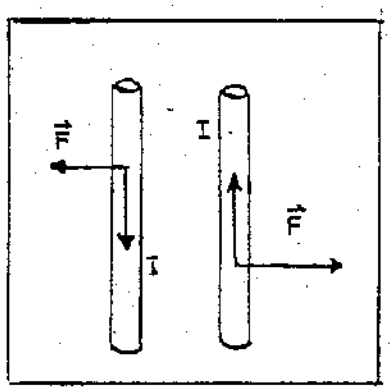
4. เมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่านลวดแขวนหรือลวดนอนเพียงขดเดียว จะไม่เกิดแรงกระทำระหว่างลวดตัวนำทั้งสอง สังเกตได้จากลวดแขวนไม่เคลื่อนที่

สรุปผลการทดลอง

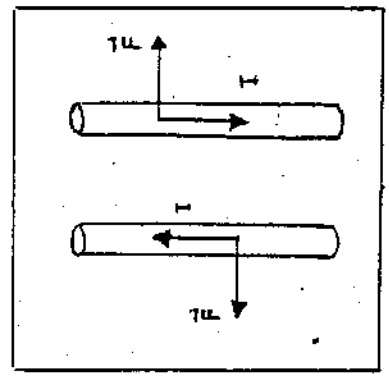
จากผลการทดลองสรุปได้ว่า เมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำสองเส้นที่วางขนานกัน จะเกิดแรงกระทำระหว่างลวดตัวนำทั้งสอง ถ้ากระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำทั้งสองในทิศเดียวกันจะเกิดแรงดูดระหว่างลวดตัวนำทั้งสอง และถ้ากระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำทั้งสองในทิศสวนทางกันจะเกิดแรงผลักระหว่างลวดตัวนำทั้งสองนั้น

10. เขียนแรงที่กระทำกับลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่าน เมื่อลวดตัวนำอยู่ในลักษณะที่กำหนดได้ดังรูปต่อไปนี้

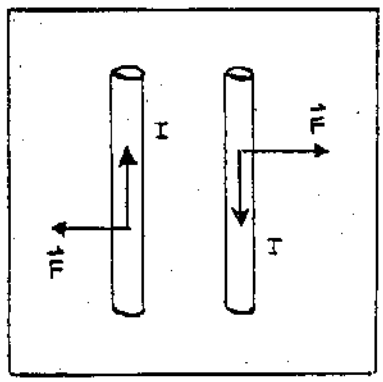
(1)



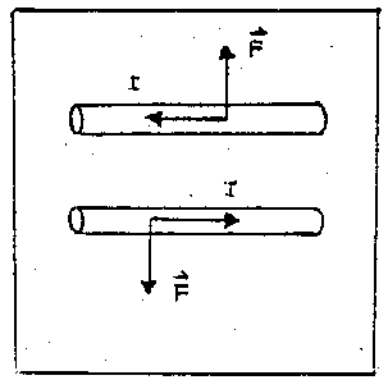
(2)



(3)



(4)



แบบทดสอบ

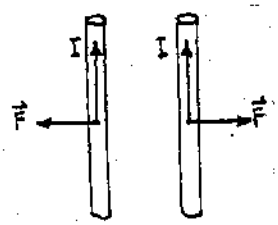
เรื่อง แรงระหว่างลวดตัวนำสองเส้นขนานกันที่มีกระแสไฟฟ้าผ่าน

คำชี้แจง จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว แล้วทำเครื่องหมาย x ตรงข้อนั้นในกระดาษคำตอบ เวลา 10 นาที

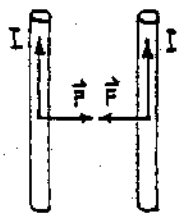
---

1. ข้อใดแสดงทิศของแรงกระทำระหว่างลวดตัวนำสองเส้นที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านได้ถูกต้อง

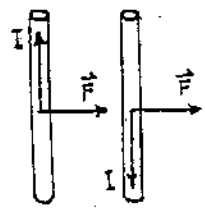
ก.



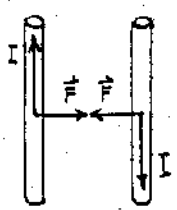
ข.



ค.



ง.



2. เมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำสองเส้นที่วางขนานกันจะเกิดปรากฏการณ์อะไรขึ้น

ก. เกิดแรงผลักระหว่างลวดตัวนำทั้งสอง

ข. เกิดแรงดึงดูดระหว่างลวดตัวนำทั้งสอง

ค. ไม่เกิดแรงกระทำระหว่างลวดตัวนำทั้งสอง

ง. เกิดแรงดูดหรือแรงผลักระหว่างลวดตัวนำทั้งสอง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับทิศของกระแสไฟฟ้าที่ผ่านลวดตัวนำทั้งสอง

3. ลวดตัวนำสองเส้นวางขนานกัน มีกระแสไฟฟ้าผ่านเข้าไปในเส้นลวดทั้งสองในทิศที่สวนทางกัน จะเกิดผลอย่างไรกับลวดตัวนำทั้งสอง

ก. ลวดทั้งสองเคลื่อนที่เข้าหากัน

ข. ลวดทั้งสองเคลื่อนที่ออกจากกัน

ค. ลวดตัวนำหนึ่งเคลื่อนที่เข้าหาลวดตัวนำอีกเส้นหนึ่ง

ง. ลวดตัวนำหนึ่งเคลื่อนที่ออกจากลวดตัวนำอีกเส้นหนึ่ง

4. การศึกษาการเกิดแรงกระทำระหว่างลวดตัวนำลองเส้นที่มีกระแสไฟฟ้าผ่าน นำไปสู่การนิยามความหมายของอะไรในระบบเอสไอ

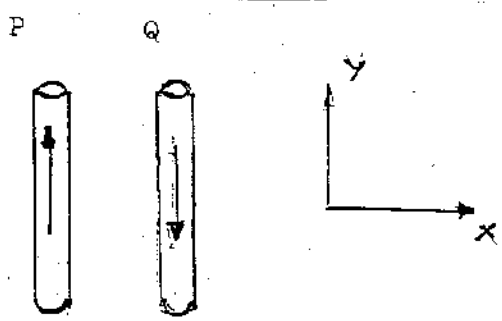
ก. โอห์ม

ข. เทสลา

ค. คูลอมบ์

ง. แอมแปร์

5. P และ Q เป็นเส้นลวดยาววางขนานกัน ต่างก็มีกระแสไฟฟ้า I ผ่านในทิศสวนทางกัน ทิศทางของสนามแม่เหล็ก และแรงที่กระทำบนเส้นลวด Q เป็นข้อใด



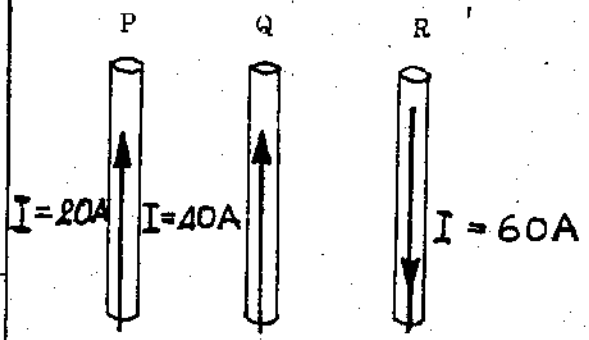
ก. พุ่งเข้ากระดาษ และ -X

ข. พุ่งออกจากกระดาษ และ -X

ค. พุ่งเข้ากระดาษ และ -Y

ง. พุ่งเข้ากระดาษ และ +X

6. PQR เป็นเส้นลวดชนิดเดียวกัน ยาวเท่ากัน วางขนานกัน ถ้ามีกระแสไฟฟ้าผ่านเส้นลวดทั้งสามมีขนาดและทิศดังรูป ทิศของแรงลัพธ์ที่กระทำต่อลวด Q คือข้อใด



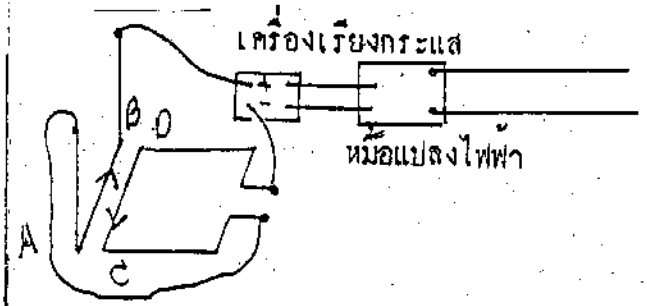
ก. มีทิศไปทาง R

ข. มีทิศไปทาง P

ค. ในแนวตั้งฉากกับกระดาษมีทิศพุ่งเข้า

ง. ในแนวตั้งฉากกับกระดาษมีทิศพุ่งออก

7. จากวงจรเครื่องชั่งกระแสไฟฟ้าดังรูป เมื่อใช้ไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ ลวด AB จะเป็นอย่างไร



ก. ไม่มีข้อถูก

ข. AB จะไม่เคลื่อนที่

ค. AB จะเคลื่อนเข้าหา CD

ง. AB จะเคลื่อนออกจาก CD

8. ข้อความใดกล่าวถูกต้อง

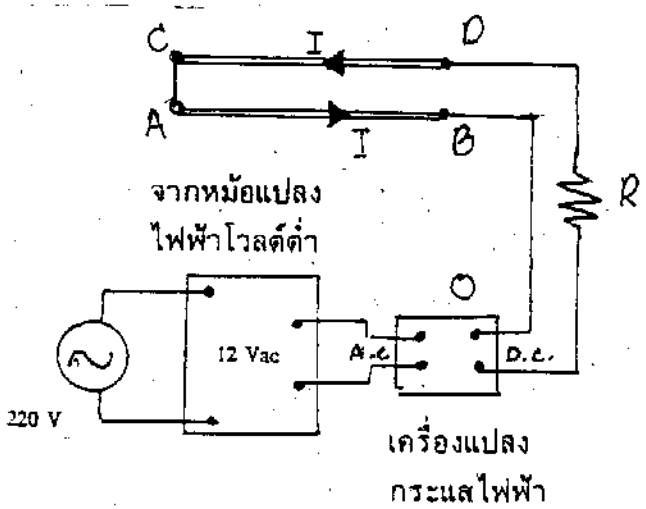
ก. เมื่อให้กระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำสองเส้นทิศเดียวกันซึ่งขนานกัน ลวดตัวนำทั้งสองจะผลักกัน

ข. มีแรงดูดกันบนลวดทั้งสองที่ขนานกันเมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่านลวดทั้งสองในทิศเดียวกัน

ค. ลวดตัวนำสองเส้นวางขนานกัน อยู่ใกล้กัน กระแสไฟฟ้าผ่านเส้นใดเส้นหนึ่งก็จะเกิดแรงดูดระหว่างลวดตัวนำทั้งสอง

ง. ลวดตัวนำสองเส้นวางขนานกัน อยู่ใกล้กัน กระแสไฟฟ้าผ่านเส้นใดเส้นหนึ่งก็จะเกิดแรงผลักระหว่างลวดตัวนำทั้งสอง

9. จากรูปแรงระหว่างลวดตัวนำ AB และ CD เป็นแรงชนิดใด



(1) เป็นแรงดูด

(2) เป็นแรงผลัก

(3) ถ้ากลับขั้วที่เครื่องเรียงกระแสจะเกิดแรงระหว่างลวดเป็นตรงกันข้าม

คำตอบที่ถูกต้องคือข้อใด

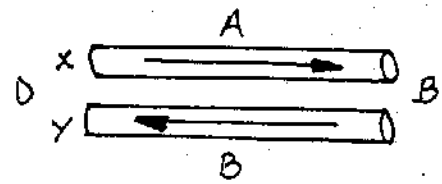
ก. ข้อ 1 เท่านั้น

ข. ข้อ 2 เท่านั้น

ค. ข้อ 1 และ 3

ง. ข้อ 2 และ 3

10. ลวดตัวนำ X และ Y มีอิเลคตรอนเคลื่อนที่ในลวดตัวนำทั้งสองดังรูป



แรงที่กระทำต่อลวดตัวนำ Y มีทิศไปทางใด

ก. A

ข. B

ค. C

ง. D

เฉลยแบบทดสอบ

ชุดที่ 5

ข้อ 1 ข	ข้อ 6 ข
2 ง	7 ง
3 ข	8 ข
4 ง	9 ข
5 ง	10 ข

ชุดการสอนชุดที่ 6
เรื่อง แรงกระทำต่อขดลวดที่อยู่ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็ก

1. ส่วนประกอบของชุดการสอน

1.1 คู่มือครู ประกอบด้วย

1.1.1 แผนการสอน

1.1.2 ชุดการสอนประจำศูนย์ต่าง ๆ ดังนี้

- ศูนย์ที่ 1 เรื่อง แรงกระทำบนขดลวดตัวนำรูปสี่เหลี่ยม
- ศูนย์ที่ 2 เรื่อง โมเมนต์ของแรงคู่ควบบนขดลวด
- ศูนย์ที่ 3 เรื่อง โมเมนต์ที่กระทำต่อขดลวดกับกระแสไฟฟ้า
- ศูนย์ที่ 4 เรื่อง การคำนวณ
- ศูนย์สำรอง เรื่อง แรงกระทำบนขดลวดตัวนำรูปสี่เหลี่ยมที่ไม่มีแปรง และคอมมิวเตเตอร์

1.2 คู่มือนักเรียน ซึ่งเป็นคำชี้แจงในการใช้ชุดการสอน

1.3 สื่อ เช่น แผ่นใส และวัสดุอุปกรณ์

2. สิ่งที่ครูจะต้องเตรียม

2.1 หม้อแปลงโวลต์ต่ำ	4	เครื่อง
2.2 เครื่องเรียงกระแสไฟฟ้า	4	ชุด
2.3 ชุดสาธิตมอเตอร์ไฟฟ้า	4	อัน
2.4 ชุดสาธิตขดลวดที่มีกระแสผ่านอยู่ในสนามแม่เหล็ก	1	ชุด
2.5 สายไฟ	8	คู่
2.6 กระดาษตอบคำถาม	40	แผ่น
2.7 กระดาษคำตอบแบบทดสอบก่อนเรียน	80	แผ่น
2.8 แบบทดสอบก่อนเรียน	40	ชุด

แผนการสอนที่ใช้ชุดการสอน

วิชา ฟิสิกส์ เล่ม 5 ว 023 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

เรื่อง แรงกระทำต่อขดลวดที่มีอยู่ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็ก เวลา 2 คาบ

สาระสำคัญ

เมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่านขดลวดตัวนำรูปสี่เหลี่ยมที่อยู่ในสนามแม่เหล็กจะมีโมเมนต์ของแรงคู่ควบกระทำต่อขดลวด ทำให้ขดลวดหมุน

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม เมื่อจบบทเรียนนี้แล้วนักเรียนสามารถ

1. บอกได้ว่าเมื่อขดลวดตัวนำรูปสี่เหลี่ยมมุมฉากของขดลวดอยู่ในสนามแม่เหล็กจะมีแรงคู่ควบกระทำต่อลวดตัวนำนั้น

2. บอกความสัมพันธ์ระหว่างโมเมนต์ของแรงคู่ควบ กระแสไฟฟ้า พื้นที่ของขดลวด และสนามแม่เหล็ก

3. บอกและหาความสัมพันธ์ระหว่างโมเมนต์ของแรงคู่ควบที่เกิดขึ้นกับโคไซน์ของมุมระหว่างระนาบของขดลวดกับทิศของสนามแม่เหล็ก

4. เมื่อกำหนดสถานการณ์ให้ นำความสัมพันธ์ระหว่างโมเมนต์ของแรงคู่ควบที่เกิดขึ้นกับโคไซน์ของมุมระหว่างระนาบของขดลวดกับทิศของสนามแม่เหล็กไปคำนวณหาปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องได้

เนื้อหา

1. ถ้าขดลวดสี่เหลี่ยมกว้าง a ยาว b อยู่ในระหว่างสนามแม่เหล็ก B มีกระแสไฟฟ้า I ผ่าน และระนาบของขดลวดอยู่ในแนวขนานกับทิศของสนามแม่เหล็ก ขดลวดนี้จะหมุนด้วยแรงคู่ควบที่มีขนาด $M = NIAB$ เมื่อ $A = ab$ คือพื้นที่ของขดลวด

2. ถ้าระนาบของขดลวดทำมุม θ กับทิศของสนามแม่เหล็ก ค่าโมเมนต์ของแรงคู่ควบมีค่าเท่ากับ $NIAB \cos \theta$

กิจกรรมการเรียนการสอน

ขั้นนำ

ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยทบทวนเกี่ยวกับแรงกระทำกับลวดตัวนำตรงที่มีกระแสไฟฟ้าผ่าน ขณะตัวนำนั้นวางไว้ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็ก ต่อไปเราจะศึกษาว่า เมื่อวางขดลวดตัวนำรูปสี่เหลี่ยมที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็ก แรงกระทำที่เกิดขึ้นกับขดลวดนี้จะมีผลต่อขดลวดอย่างไร

ขั้นสอน

1. เพื่อให้นักเรียนทราบว่าในวันนี้จะศึกษาเกี่ยวกับเรื่องอะไรบ้างอย่างคร่าว ๆ และเพื่อตรวจสอบว่า นักเรียนมีความรู้เกี่ยวกับเรื่องแรงกระทำต่อขดลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านซึ่งอยู่ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็กเพียงใด จึงให้นักเรียนได้ทำแบบทดสอบความรู้ก่อนเรียน ห้ามนักเรียนปรึกษากัน ใช้เวลาในการทำแบบทดสอบ 10 นาที

2. ครูให้นักเรียนลงมือทำกิจกรรมตามชุดการสอนในแต่ละศูนย์ที่กำหนดไว้ กิจกรรมที่ทำในคาบนี้ ประกอบกับบัตรเนื้อหา และช่วยกันคิดและแก้ปัญหาจะหาข้อสรุปได้ ครูจะช่วยให้คำแนะนำในการตั้งเครื่องมือ

3. ครูเตือนให้นักเรียนทำกิจกรรมและเปลี่ยนไปตามศูนย์ต่าง ๆ จนครบ

4. ในขณะที่นักเรียนปฏิบัติกิจกรรมตามชุดการสอนนั้น เมื่อนักเรียนมีข้อสงสัย ครูจะเดินไปตามศูนย์ต่าง ๆ อธิบายและตอบข้อสงสัยเหล่านั้น ขณะเดียวกันครูใช้แบบสังเกตพฤติกรรมของแต่ละกลุ่ม ตรวจสอบพฤติกรรมการเรียนในแต่ละศูนย์ควบคู่ไปด้วย

ขั้นสรุป

1. ครูให้ตัวแทนนักเรียนแต่ละกลุ่มออกมารายงานผลการทดลองในศูนย์ของตนเอง จนครบครบทุกศูนย์

2. ครูและนักเรียนช่วยกันสรุปโดยตั้งคำถามนำว่าถ้านำขดลวดรูปสี่เหลี่ยมมุมฉากวางในสนามแม่เหล็กและปล่อยกระแสไฟฟ้าตรงเข้าไปในขดลวดนี้จะเกิดผลอย่างไร (มีแรงกระทำกับขดลวด ทำให้ขดลวดหมุนได้)

3. การหมุนของขดลวดจะหมุนเร็วหรือช้าขึ้นอยู่กับอะไรบ้าง (ขนาดของกระแสไฟฟ้า ขนาดของสนามแม่เหล็ก และจำนวนรอบของขดลวด)

4. ทิศทางการหมุนของขดลวดขึ้นอยู่กับอะไร (ขึ้นอยู่กับทิศของกระแสไฟฟ้า กับทิศของสนามแม่เหล็ก)

5. ครูใช้แผ่นใสแสดงจุดประสงค์การเรียนในคาบนี้

6. เราจะมาดูกันว่า ที่นักเรียนทำกิจกรรมนั้นถูกต้องเพียงใด ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มแลกเปลี่ยนกันตรวจ โดยครูแจกบัตรเฉลยคำถามและบัตรเฉลยกิจกรรมให้

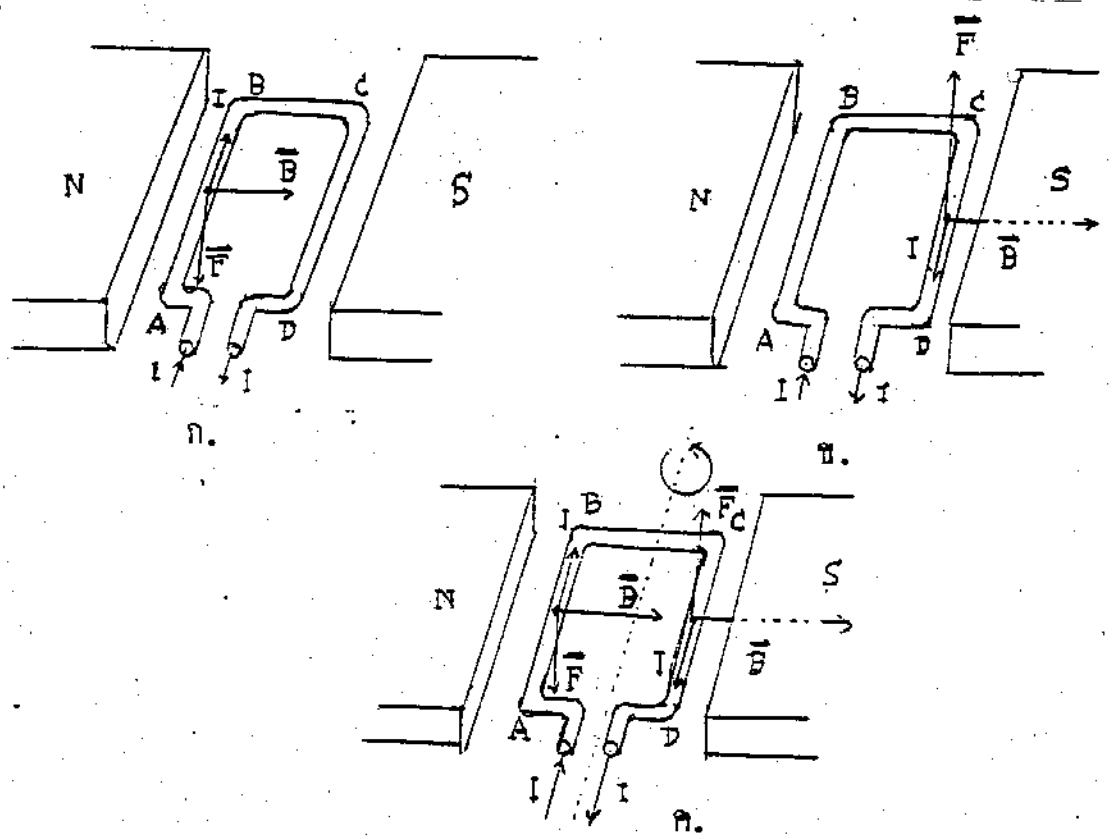
10. ครูให้นักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียน โดยไม่ให้นักเรียนปรึกษากัน ใช้เวลา 10 นาที

บัตรเนื้อหา

แรงกระทำต่อขดลวดที่อยู่ในบริเวณสนามแม่เหล็กและมีกระแสไฟฟ้าผ่าน

นักเรียนได้ศึกษามาแล้วว่า เมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำซึ่งอยู่ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็ก จะเกิดแรงกระทำต่อลวดตัวนำนั้น ถ้ามีกระแสไฟฟ้าผ่านขดลวดสี่เหลี่ยมซึ่งอยู่ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็ก แรงกระทำที่เกิดขึ้นกับขดลวดนี้จะมีผลต่อขดลวดอย่างไร จะได้ศึกษาต่อไปนี้

1. พิจารณา รูปที่ 1ก. ขดลวดสี่เหลี่ยม ABCD วางอยู่ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็ก B และมีกระแสไฟฟ้า I ผ่าน เมื่อพิจารณาเฉพาะขดลวดด้าน AB ซึ่งมีความยาว l จะพบว่ามีแรงกระทำ F ต่อลวดตัวนำ ซึ่งมีขนาดเท่ากับ IlB และใช้กฎมือขวาหาทิศของแรงกระทำต่อขดลวดตัวนำดังกล่าวจะพบว่ามีทิศพุ่งลง



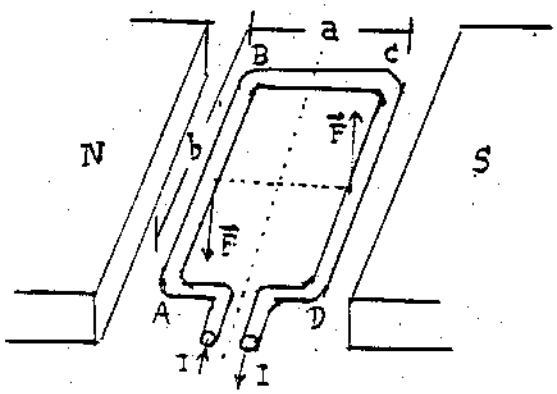
รูปที่ 1 แรงกระทำต่อขดลวดสี่เหลี่ยมที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านและอยู่ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็ก

จากรูปที่ 1ข. เมื่อพิจารณาเฉพาะขดลวดด้าน CD ซึ่งมีกระแสไฟฟ้าผ่านและอยู่ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็ก จะพบว่ามีแรงกระทำต่อขดลวดตัวนำด้านนี้เช่นเดียวกับขดลวดด้าน AB และใช้กฎมือขวาหาทิศของแรงกระทำดังกล่าว จะมีทิศพุ่งขึ้น

ส่วนขดลวดด้าน AD และด้าน BC จะไม่มีแรงกระทำเกิดขึ้นเนื่องจากขดลวดทั้งสองด้านนี้อยู่ในแนวเดียวกับทิศของสนามแม่เหล็ก หรืออยู่ในแนวเดียวกับเส้นแรงแม่เหล็ก

พิจารณาขดลวดสี่เหลี่ยม ABCD ซึ่งมีกระแสไฟฟ้าผ่านและอยู่ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็ก ดังรูปที่ 1ค. จะพบว่ามีแรงกระทำต่อขดลวดด้าน AB และด้าน CD พร้อม ๆ กัน และมีขนาดเท่ากัน แต่มีทิศตรงกันข้าม ดังนั้นแรงกระทำต่อขดลวดสี่เหลี่ยมนี้เป็นแรงคู่ควบ ซึ่งมีผลทำให้ขดลวดสี่เหลี่ยมหมุนรอบแกนของขดลวดในทิศทวนเข็มนาฬิกา

2. สามารถหาค่าโมเมนต์ของแรงคู่ควบที่กระทำต่อขดลวดสี่เหลี่ยมซึ่งมีกระแสไฟฟ้าผ่านและอยู่ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็กดังต่อไปนี้



รูปที่ 2 โมเมนต์ของแรงคู่ควบที่กระทำต่อขดลวดสี่เหลี่ยม

จากรูปที่ 2 กำหนดให้ความยาวของขดลวดด้าน AB=CD=b และความยาวของขดลวดด้าน AD = BC = a

นักเรียนได้ทราบมาแล้วว่ามีแรงกระทำต่อขดลวดด้าน AB และ CD ซึ่งเป็นแรงคู่ควบ และสามารถหาขนาดของแรงคู่ควบนี้ได้จาก

$$F = IlB$$

หรือ $$F = I(b)B = IbB \qquad \text{.....(1)}$$

และสามารถหาค่าโมเมนต์ของแรงคู่ควบนี้จาก

โมเมนต์ของแรงคู่ควบ = ขนาดของแรงคู่ควบ x ระยะห่างระหว่างแรงทั้งสอง

หรือ $M = F \times a$ ..... (2)

จากรูปที่ 2 จะเห็นว่าระยะห่างระหว่างแรงทั้งสองมีค่าเท่ากับความยาวของขดลวดด้าน AD หรือ BC ซึ่งเท่ากับ a ดังนั้นเมื่อแทนค่าขนาดของแรงคู่ควบลงในสมการ (2) จะได้ว่า

$$M = (IbB)a$$

$$M = I(ab)B$$

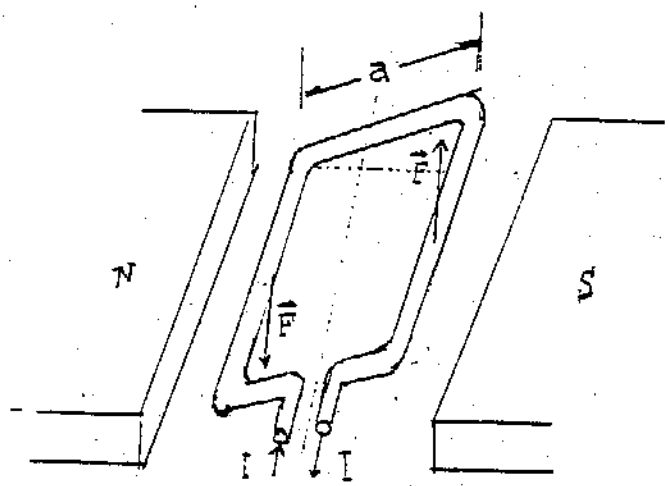
หรือ $M = IAB$

เมื่อ $A = ab$ = พื้นที่ของระนาบขดลวด

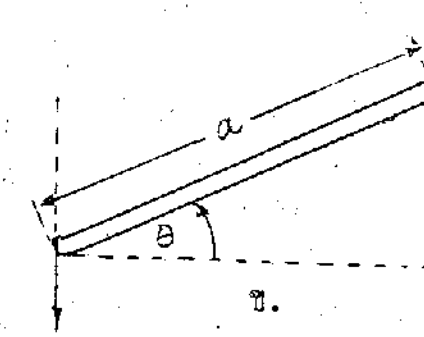
ถ้าขดลวดมี N รอบ จะได้ว่า

$$\boxed{M = NIAB}$$

จากรูปที่ 3 ถ้าพิจารณาที่ระนาบขดลวดทำมุม θ องศา กับทิศของสนามแม่เหล็กค่าโมเมนต์ของแรงคู่ควบหาค่าได้ดังนี้



ก.



ข.

$$\frac{X}{a} = \cos\theta$$

$$X = a\cos\theta$$

รูปที่ 3 โมเมนต์ของแรงคู่ควบที่กระทำต่อขดลวดสี่เหลี่ยม เมื่อระนาบของขดลวดทำมุมกับทิศของสนามแม่เหล็ก

โมเมนต์ของแรงคู่ควบ = ขนาดของแรงคู่ควบ x ระยะห่างระหว่างแรงทั้งสอง

จากรูปที่ 3 จะเห็นว่าระยะห่างระหว่างแรงทั้งสองมีค่าเท่ากับ a cos θ

ดังนั้นจะได้ว่า $M = F \times a \cos \theta$ .....(3)

แทนค่า ขนาดของแรงคู่ควบจาก (1) ลงใน (3) จะได้ว่า

$$M = (IbB)\, a \cos \theta$$

$$M = I\,(ab)\, B \cos \theta$$

หรือ $M = IAB \cos \theta$

ถ้าขดลวดมีทั้งหมด N รอบ จะได้ว่า

$$\boxed{M = NIAB \cos \theta}$$

บัตรกิจกรรม

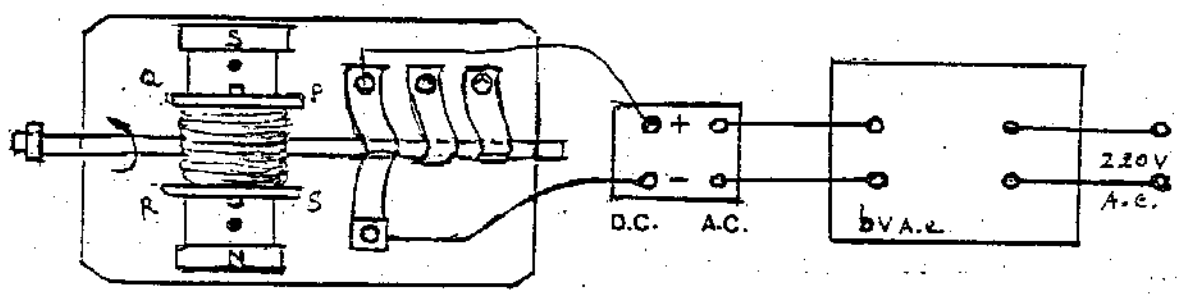
ศูนย์ที่ 1

เรื่อง แรงกระทำบนขดลวดตัวนำรูปสี่เหลี่ยม

นักเรียนได้ศึกษามาแล้วว่าแรงกระทำกับลวดตัวนำตรงที่มีกระแสไฟฟ้าผ่าน ขณะลวดตัวนำนั้นวางไว้ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็ก ต่อไปเราจะมาศึกษาจากชุดสาธิตขดลวดตัวนำรูปสี่เหลี่ยมที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านในสนามแม่เหล็ก แรงกระทำที่เกิดขึ้นกับขดลวดนี้ มีผลต่อขดลวดอย่างไร

ให้นักเรียนปฏิบัติดังต่อไปนี้

1. ปล่อยกระแสไฟฟ้าตรง จากหม้อแปลงไฟฟ้าโวลต์ต่ำขนาด 6v เข้าไปในขดลวดตัวนำรูปสี่เหลี่ยมดังรูป (ถ้าขดลวดนั้นยังไม่เคลื่อนที่ ใช้มือช่วยหมุนเล็กน้อยก่อน เพราะขดลวดจะสะสมพลังงานไฟฟ้ามาก เป็นเหตุให้ขดลวดร้อนจัดอาจไหม้ได้)



รูปแสดงการต่อวงจรไฟฟ้าเข้าไปในขดลวดตัวนำ
รูปสี่เหลี่ยมที่วางอยู่ในสนามแม่เหล็ก

2. สังเกตการหมุนของขดลวดสี่เหลี่ยมในสนามแม่เหล็กว่าหมุนไปทางทิศใด

3. เปลี่ยนทิศกระแสไฟฟ้าที่ผ่านเข้าไปในขดลวดสี่เหลี่ยมนั้น สังเกตการหมุนของขดลวดมีทิศทางเดียวกับข้อ 3 หรือไม่

จากการทดลองในชุดสาธิตข้างต้น ให้นักเรียนตอบคำถามในบัตรคำถาม

บัตรคำถาม

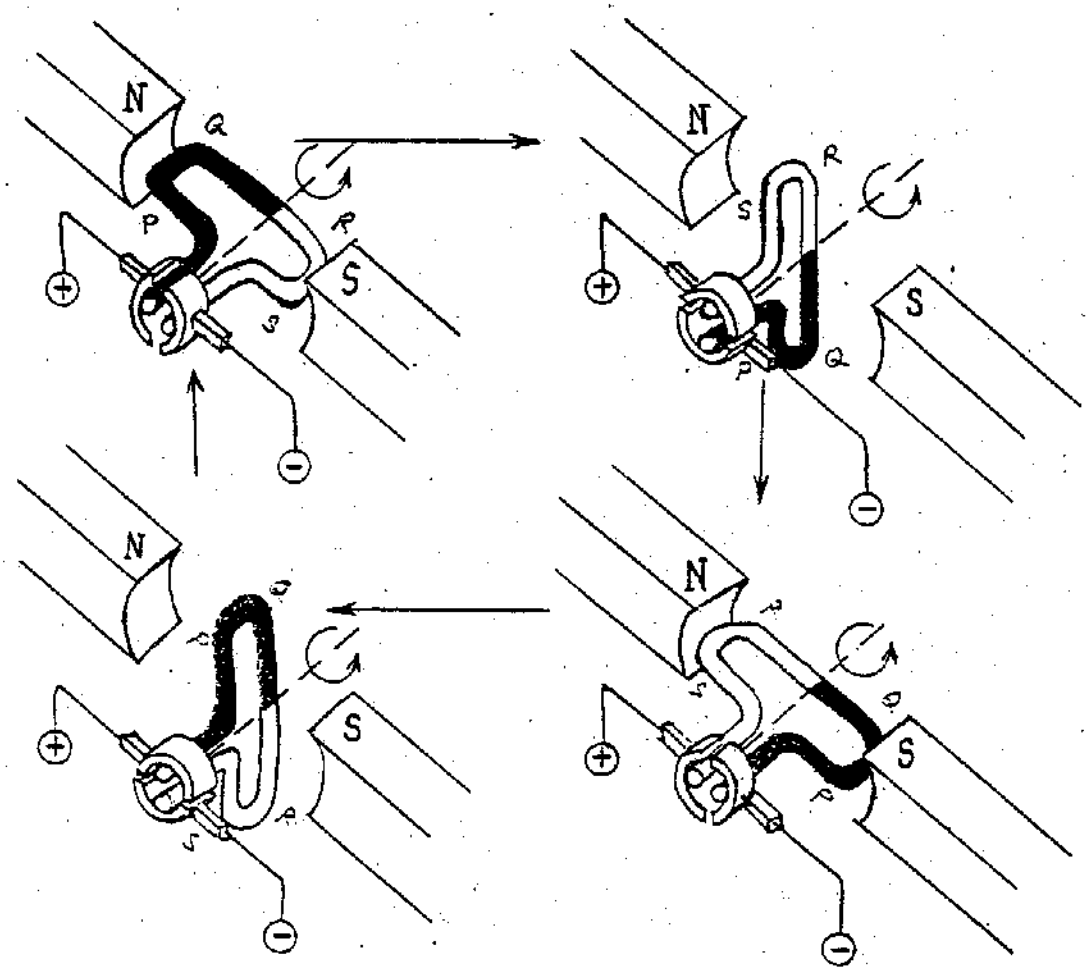
ศูนย์ที่ 1

เรื่อง แรงกระทำบนขดลวดตัวนำรูปสี่เหลี่ยม

จากชุดสาธิตขดลวดตัวนำรูปสี่เหลี่ยมที่วางอยู่ในสนามแม่เหล็กและมีกระแสไฟฟ้าผ่าน ให้นักเรียนตอบคำถาม ดังต่อไปนี้

1. ถ้าปล่อยกระแสไฟฟ้าเข้าไปในขดลวดตัวนำรูปสี่เหลี่ยมและอยู่ในสนามแม่เหล็ก สังเกตเห็นขดลวดนั้นเคลื่อนที่อย่างไร

2. ขดลวดหมุนได้เพราะเหตุใด



รูป แสดงการหมุนของขดลวดที่มีกระแสผ่านและอยู่ในสนามแม่เหล็ก

3. พิจารณากระแสไฟฟ้าผ่านไปทางใดของขดลวด

4. ทราบได้อย่างไรว่ากระแสไฟฟ้าเข้าทางด้าน P และออกทางด้าน S

5. กระแสไฟฟ้ามีทิศอย่างไร เมื่อเทียบกับทิศของสนามแม่เหล็ก

6. เมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่านจะเกิดอะไรขึ้นกับขดลวด

7. จะหาทิศของแรงที่กระทำกับขดลวดนี้ได้อย่างไร

8. จากการสังเกตพบว่า ถ้าขดลวดหมุนทวนเข็มนาฬิกา ขดลวดทั้งสองด้านมีแรงกระทำในทิศใด

9. แรงที่กระทำกับลวดทั้งสองมีขนาดเท่ากันหรือไม่

10. แรงสองแรงขนาดเท่ากัน มีแนวแรงขนานกันแต่มีทิศตรงกันข้าม เรียกว่าแรงอะไร

11. จากข้อ 8 ทิศของสนามแม่เหล็กไปทางใด

12. ถ้ากลับทิศของกระแสไฟฟ้าในขดลวด ขดลวดจะเคลื่อนที่อย่างไร

บัตรเฉลยคำถาม

ศูนย์ที่ 1

เรื่อง แรงกระทำบนขดลวดตัวนำรูปสี่เหลี่ยม

1. ขดลวดตัวนำหมุนรอบแกนหมุน
2. ขดลวดมีแรงคู่ควบกระทำให้เกิดโมเมนต์ของแรงคู่ควบขึ้น
3. กระแสไฟฟ้าผ่านเข้าทางด้าน P ไปตามขดลวด Q, R และ ออกทางด้าน S ตามลำดับ
4. เพราะ P ต่ออยู่กับขั้วบวก และ S ต่ออยู่กับขั้วลบ
5. มีทิศตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก
6. เกิดแรงกระทำที่เส้นลวดด้านข้างทั้งสองด้าน
7. ใช้มือขวา ให้นิ้วทั้งสี่แทนทิศของกระแสไฟฟ้าที่ผ่านขดลวด กำมือผ่านไปหาทิศของสนามแม่เหล็กเป็นมุม 90 องศา นิ้วหัวแม่มือจะแทนทิศของแรง
8. ขดลวดทางด้านซ้ายมีทิศลง และด้านขวามีทิศขึ้น
9. เท่ากัน
10. แรงคู่ควบ
11. มีทิศจากซ้ายมือไปขวามือ
12. ขดลวดหมุนไปในทิศตรงกันข้าม

บัตรกิจกรรม

ศูนย์ที่ 2

เรื่อง โมเมนต์ของแรงคู่ควบบนขดลวด

ให้นักเรียนช่วยกันคิดและแก้ปัญหาโจทย์ต่อไปนี้

ขดลวดตัวนำรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 3x5 ตารางเซนติเมตร จำนวน 20 รอบ วางอยู่ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็กขนาดสม่ำเสมอ 0.5 เทสลาเมื่อให้กระแสไฟฟ้า 5 แอมแปร์ผ่านขดลวดนี้ และให้ด้านของขดลวดที่ยาว 5 เซนติเมตรตั้งฉากกับฟลักซ์แม่เหล็กขนาดของโมเมนต์แรงคู่ควบโดยระนาบของขดลวดอยู่ในทิศทำมุม 0, 15, 30, 45, 60, 75 และ 90 องศา กับสนามแม่เหล็กมีค่าเท่าไร ให้นักเรียนปฏิบัติดังนี้

มุม(องศา)	โมเมนต์ของแรงคู่ควบ (N.m)
0	
15	
30	
45	
60	
75	
90	

1. เติมคำตอบลงในตารางที่กำหนดให้
2. เขียนกราฟระหว่างมุมกับโมเมนต์ของแรงคู่ควบ ให้ขนาดของมุมเป็นแกน X และโมเมนต์ของแรงคู่ควบเป็นแกน Y
3. ตอบคำถามในบัตรคำถามต่อไป

บัตรคำถาม

ศูนย์ที่ 2

เรื่อง โมเมนต์ของแรงคู่ควบบนขดลวด

จากบัตรกิจกรรม นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

1. กราฟระหว่างมุมกับโมเมนต์ของแรงคู่ควบมีลักษณะอย่างไร
2. โมเมนต์ของแรงคู่ควบมีค่ามากที่สุด เมื่อระนาบของขดลวดทำมุมเท่าใด
3. โมเมนต์ของแรงคู่ควบมีค่าน้อยที่สุด เมื่อระนาบของขดลวดทำมุมเท่าใด
4. จากกราฟ โมเมนต์ของแรงคู่ควบมีค่าขึ้นอยู่กับอะไร

บัตรเฉลย

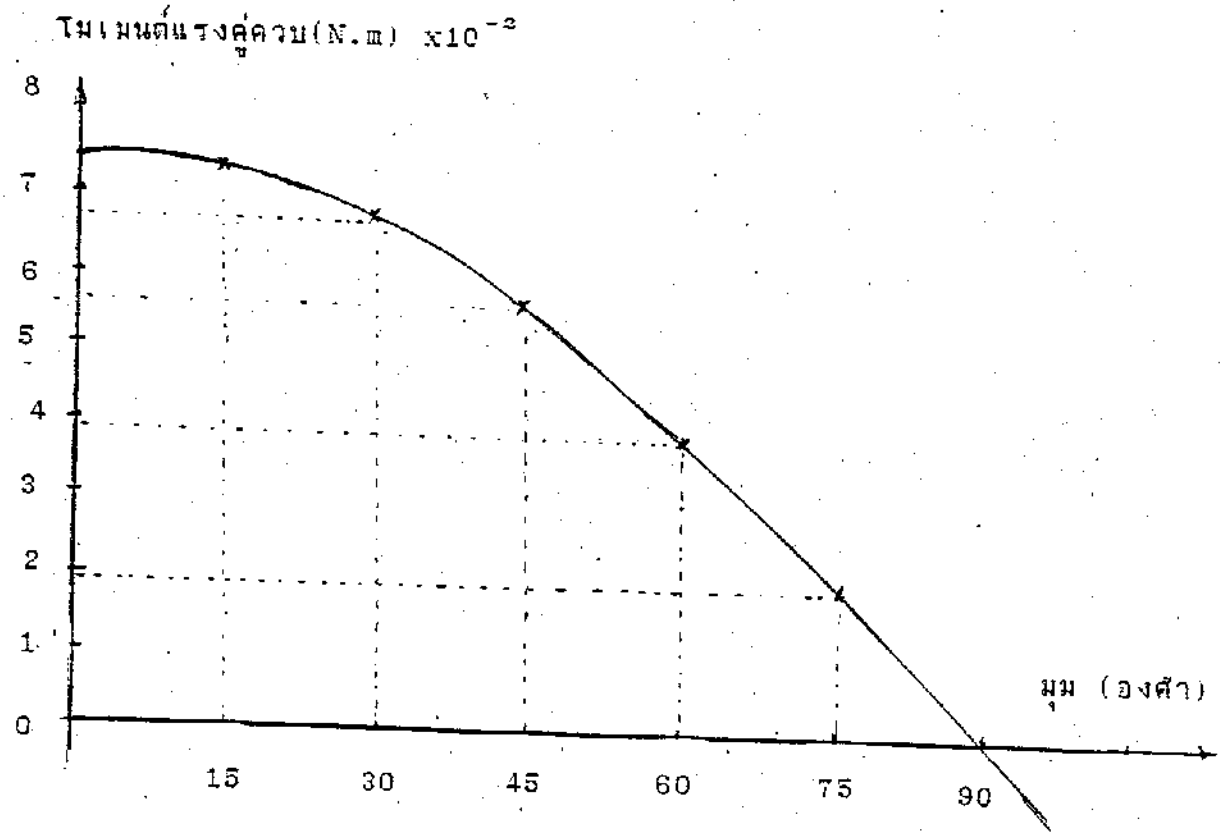
ศูนย์ที่ 2

เรื่อง โมเมนต์ของแรงคู่ควบบนขดลวด

ข้อมูลที่ได้

มุม(องศา)	โมเมนต์ของแรงคู่ควบ (N.m)
0	$7.5x10^{-2}$
15	$7.2x10^{-2}$
30	$6.5x10^{-2}$
45	$5.3x10^{-2}$
60	$3.8x10^{-2}$
75	$1.9x10^{-2}$
90	0

1. ค่าโมเมนต์ของแรงคู่ควบ มีลักษณะเป็นเส้นโค้ง ค่อย ๆ ลดลงตามลำดับ จนกระทั่งมีค่าเป็นศูนย์ ดังรูป



2. เมื่อระนาบของขดลวดทำมุม 0 องศากับสนามแม่เหล็ก

3. เมื่อระนาบของขอลวดทำมุม 90 องศา

4. จากกราฟ โมเมนต์ของแรงคู่ควบมีค่าขึ้นอยู่กับ ค่าของมุมไดโพล เมื่อจำนวนรอบของขดลวด กระแสไฟฟ้า พื้นที่ของขดลวด ขนาดสนามแม่เหล็กคงที่

บัตรกิจกรรม

ศูนย์ที่ 3

เรื่อง โมเมนต์ที่กระทำต่อขดลวดกับกระแสไฟฟ้า

ให้นักเรียนช่วยกันคิดและแก้ปัญหาโจทย์ต่อไปนี้

ขดลวดตัวนำรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 120 ตารางเซนติเมตร จำนวน 40 รอบ วางอยู่ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็กขนาดสม่ำเสมอ 0.25 เทสลา โดยระนาบของขดลวดทำมุม 0 องศา กับสนามแม่เหล็กและมีกระแสไฟฟ้า 0,2,4,6,8และ10 แอมแปร์ ผ่านขดลวดนี้ โมเมนต์ที่กระทำต่อขดลวดมีค่าเท่าไร ให้นักเรียนปฏิบัติดังนี้

กระแสไฟฟ้า(A)	โมเมนต์ (N.m)
0	
2	
4	
6	
8	
10	

1. เติมคำตอบลงในตารางที่กำหนดให้
2. เขียนกราฟระหว่างโมเมนต์ของการหมุนกับกระแสไฟฟ้า
3. ตอบคำถามในบัตรคำถามต่อไป

บัตรคำถาม

ศูนย์ที่ 3

เรื่อง โมเมนต์ที่กระทำต่อขดลวดกับกระแสไฟฟ้า

จากบัตรกิจกรรม นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

1. กราฟระหว่างโมเมนต์ที่กระทำกับขดลวดกับกระแสไฟฟ้ามีลักษณะอย่างไร
2. โมเมนต์ที่กระทำกับขดลวดมีค่ามากที่สุด เมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่านขดลวดเท่าใด
3. โมเมนต์ที่กระทำกับขดลวดมีค่าน้อยที่สุด เมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่านขดลวดเท่าใด
4. โมเมนต์ที่กระทำกับขดลวดมีความสัมพันธ์อย่างไรกับกระแสไฟฟ้า

บัตรเฉลย

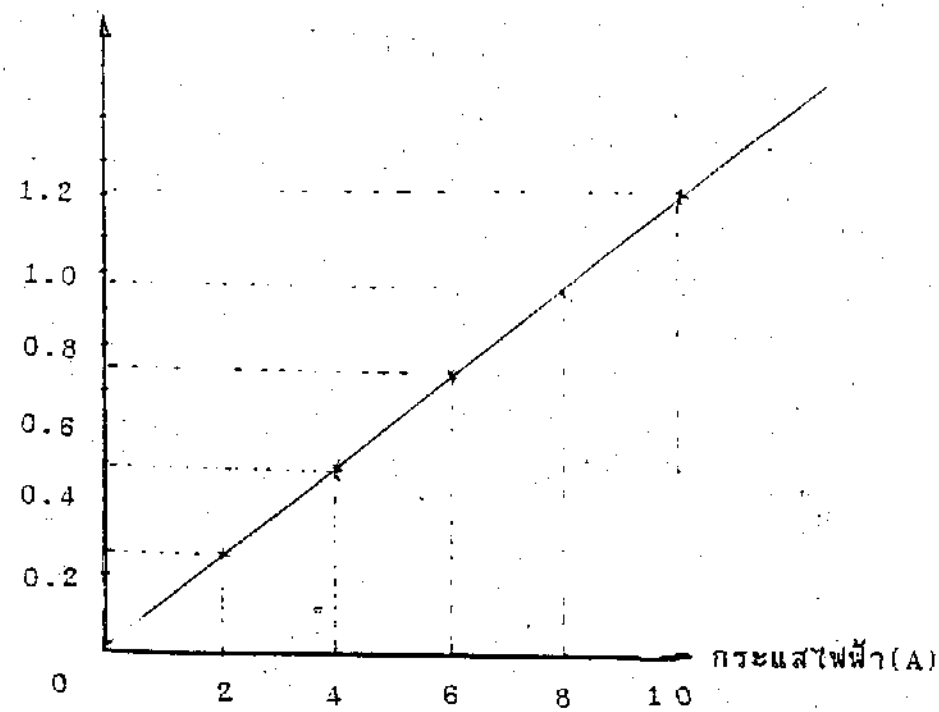
ศูนย์ที่ 3

เรื่อง โมเมนต์ที่กระทำต่อขดลวดกับกระแสไฟฟ้า

ข้อมูลที่ได้

กระแสไฟฟ้า(A)	โมเมนต์ (N.m)
0	0
2	0.24
4	0.48
6	0.72
8	0.96
10	1.20

1. โมเมนต์ที่กระทำต่อขดลวดมีค่ามากขึ้นเมื่อมีกระแสเพิ่มขึ้น กราฟระหว่างโมเมนต์ที่กระทำต่อขดลวดกับกระแสไฟฟ้ามีลักษณะเป็นเส้นตรงผ่านศูนย์



2. เมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่านขดลวด 10 แอมแปร์
3. เมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่านขดลวด 0 แอมแปร์
4. โมเมนต์ที่กระทำต่อขดลวดเป็นปฏิภาคโดยตรงกับกระแสไฟฟ้า

บัตรกิจกรรม

ศูนย์ที่ 4

เรื่อง การคำนวณ

ให้นักเรียนช่วยกันคิด, แก้ปัญหาและตอบคำถาม จากโจทย์ต่อไปนี้

ขดลวดตัวนำสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 2x5 ตารางเซนติเมตร จำนวน 50 รอบ วางอยู่ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็กขนาดสม่ำเสมอ 2.0 เทสลา โดยระนาบของขดลวดอยู่ในแนวเดียวกับทิศของสนามแม่เหล็ก เมื่อให้กระแสไฟฟ้า 5 แอมแปร์ผ่านขดลวดนี้และให้ด้านของขดลวดที่ยาว 5 เซนติเมตรตั้งฉากกับฟลักซ์แม่เหล็ก จงหา

1. ขนาดของแรงกระทำที่ขดลวดแต่ละด้าน
2. ขนาดของโมเมนต์ของแรงคู่ควบ
3. เขียนรูปแสดงทิศทางการหมุนของขดลวดนี้
4. ค่าโมเมนต์ของแรงคู่ควบจะขึ้นอยู่กับปริมาณใดบ้าง
5. ค่าโมเมนต์ของแรงคู่ควบจะมีค่าสูงสุดและต่ำสุดเมื่อใด
6. ถ้าจำนวนรอบของขดลวด พื้นที่ของขดลวด มุมที่ระนาบขดลวดเท่ากับทิศของสนามแม่เหล็กและขนาดของสนามแม่เหล็กมีค่าคงที่แล้ว ค่าโมเมนต์ของแรงคู่ควบ จะขึ้นอยู่กับปริมาณใด

ให้นักเรียนเลือกตัวแทนในกลุ่ม เพื่อนำเสนอหน้าห้อง

บัตรเฉลย

ศูนย์ที่ 4

เรื่อง การคำนวณ

1. หาขนาดของแรงกระทำที่ขดลวดแต่ละด้าน

จำนวนรอบของขดลวด $N = 50$ รอบ

พื้นที่ของระนาบขดลวด $A = 2 \times 5 = 10$ ตารางเซนติเมตร

$= 10 \times 10^{-4}$ ตารางเมตร

ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ผ่านขดลวด $I = 5$ แอมแปร์

ขนาดของสนามแม่เหล็ก $B = 2.0$ เทสลา

จากสูตร $F = IlB$

แทนค่า $F = (50)(5)(5 \times 10^{-2})(2.0)$ N

$F = 0.25$ N

ขนาดของแรงที่กระทำกับขดลวดด้าน 5 เซนติเมตร 0.25 นิวตัน ตอบ

ขนาดของแรงที่กระทำกับขดลวดด้าน 2 เซนติเมตรมีค่าเท่ากับ 0 เพราะกระแสไฟฟ้าที่ผ่านขดลวดด้านนี้มีทิศเดียวกับทิศของสนามแม่เหล็ก

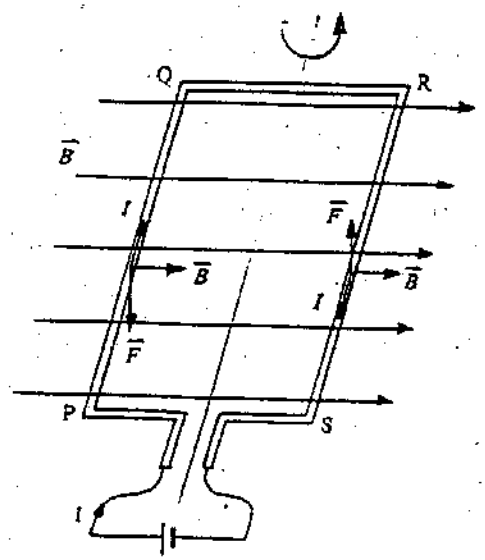
2. ขนาดของโมเมนต์ของแรงคู่ควบ

สูตร $M = (50)x(5)(2x5x10^{-4})(2.0)$ N.m

$M = 0.5$ N.m

ขนาดของโมเมนต์ของแรงคู่ควบ 0.5 นิวตัน ตอบ

3. รูปแสดงการหมุนของขดลวด



4. ค่าโมเมนต์ของแรงคู่ควบจะขึ้นอยู่กับจำนวนรอบของขดลวด พื้นที่ของขดลวด ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ผ่านขดลวด ขนาดของมุมที่ระนาบของขดลวดทำกับทิศของสนามแม่เหล็กและขนาดของสนามแม่เหล็กที่ขดลวดนั้นวางอยู่

5. ค่าโมเมนต์ของแรงคู่ควบจะมีค่าสูงสุดเมื่อระนาบของขดลวดอยู่ในแนวขนานกับทิศของสนามแม่เหล็ก และมีค่าต่ำสุดเมื่อระนาบของขดลวดวางตั้งฉากกับทิศของสนามแม่เหล็ก

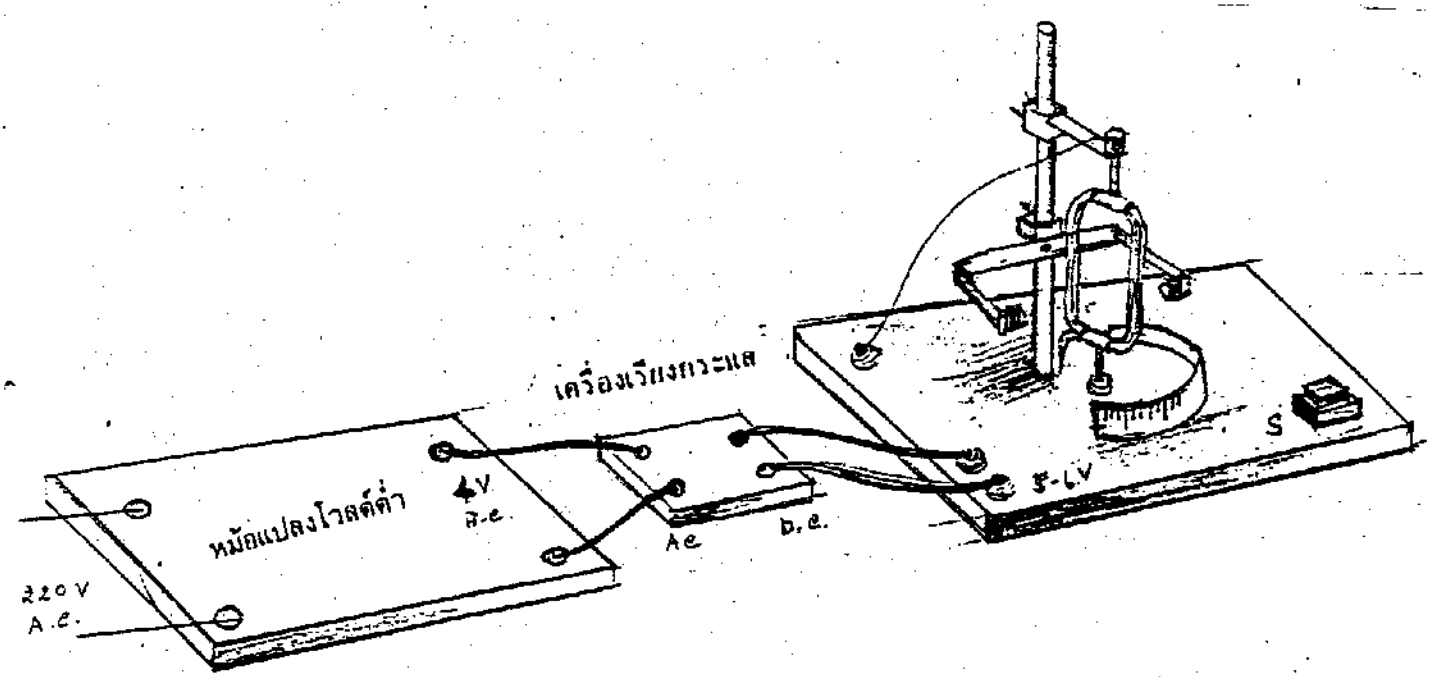
6. ถ้าจำนวนรอบของขดลวด พื้นที่ของขดลวด มุมที่ระนาบขดลวดทำกับทิศของสนามแม่เหล็ก และขนาดของสนามแม่เหล็กมีค่าคงที่แล้ว ค่าโมเมนต์ของแรงคู่ควบจะขึ้นอยู่กับปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ผ่านขดลวดนั้น

บัตรกิจกรรม

ศูนย์สำรอง

เรื่อง แรงกระทำบนขดลวดตัวนำรูปสี่เหลี่ยมที่ไม่มีแปรงและคอมมิวเตเตอร์

ให้นักเรียนต่อสายไฟเข้ากับขดลวดที่อยู่ในสนามแม่เหล็ก ดังรูป



ตอบคำถามต่อไปนี้

1. เมื่อเปิดสวิตช์ ขดลวดเคลื่อนที่อย่างไร

2. เพราะเหตุใด ขดลวดจึงเคลื่อนที่แบบนั้น

บัตรเฉลย

ศูนย์สำรอง

เรื่อง แรงกระทำบนขดลวดตัวนำรูปสี่เหลี่ยม

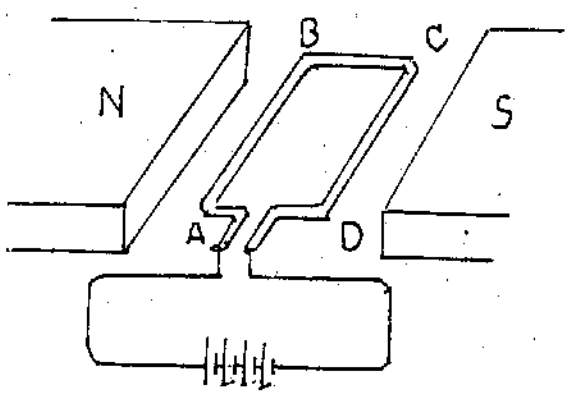
1. เคลื่อนที่กลับไปกลับมา
2. เพราะไม่มีคอมมิวเตเตอร์และแปรง

แบบทดสอบ

เรื่อง แรงกระทำต่อขดลวดที่อยู่ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็ก

คำชี้แจง จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว แล้วทำเครื่องหมาย x ตรงข้อนั้นในกระดาษคำตอบ เวลา 10 นาที

รูปต่อไปนี้ใช้ตอบคำถามข้อ 1 และ 2



1. ข้อใดต่อไปนี้กล่าวไม่ถูกต้อง

ก. ไม่เกิดแรงคู่ควบกระทำกับขดลวด

ข. จะเกิดแรงคู่ควบกระทำต่อขดลวดตัวนำ

ค. จะเกิดแรงกระทำต่อส่วนของขดลวดตัวนำด้าน AD

ง. จะเกิดแรงกระทำต่อส่วนของขดลวดตัวนำด้าน BC

2. จะเกิดปรากฏการณ์เช่นใดกับขดลวด

ก. ขดลวดจะหมุนกลับไปกลับมา เมื่อมองทางด้าน AD

ข. ขดลวดจะหยุดนิ่งเนื่องจากไม่มีแรงกระทำต่อขดลวด

ค. ขดลวดจะหมุนตามเข็มนาฬิกาไปตลอดเมื่อมองทางด้าน AD

ง. ขดลวดจะหมุนทวนเข็มนาฬิกาไปตลอดเมื่อมองทางด้าน AD

3. ค่าโมเมนต์ของแรงคู่ควบของขดลวดจะขึ้นอยู่กับปริมาณใดบ้าง

(1) จำนวนรอบของขดลวด

(2) พื้นที่ของขดลวด

(3) ปริมาณของกระแสไฟฟ้าที่ผ่านขดลวด

คำตอบที่ถูกต้องคือข้อใด

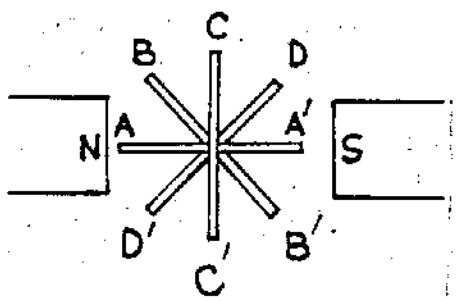
ก. ข้อ 1 และ 2

ข. ข้อ 1 และ 3

ค. ข้อ 2 และ 3

ง. ข้อ 1, 2 และ 3

4. จากรูปต่อไปนี้ ถ้า AA', BB', CC' และ DD' เป็นระนาบของขดลวดสี่เหลี่ยมที่ตำแหน่งต่าง ๆ ขณะขดลวดหมุน จะเกิดโมเมนต์ของแรงคู่ควบมีค่าต่ำสุดที่ตำแหน่งใด



ก. AA'

ข. BB'

ค. CC'

ง. DD'

5. ขดลวดตัวนำรูปสี่เหลี่ยมขนาด 2x5 เซนติเมตร จำนวน 20 รอบ วางอยู่ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็ก 3 เทสลา ถ้ามีกระแสไฟฟ้าผ่านขดลวด 2 แอมแปร์ โมเมนต์ของแรงคู่ควบมีค่าสูงสุดเท่าใด

ก. 0.12 N-m

ข. 1.20 N-m

ค. 3.50 N-m

ง. 10.0 N-m

6. ขดลวดตัวนำรูปสี่เหลี่ยมมีพื้นที่ 20 ตารางเซนติเมตรจำนวน 10 รอบ วางอยู่ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็ก 5 เทสลา ถ้ามีกระแสไฟฟ้าผ่านขดลวด 3 แอมแปร์ โมเมนต์ของแรงคู่ควบขณะที่ระนาบของขดลวดทำมุม 60 องศากับทิศของสนามแม่เหล็ก ($\sin 60° = 0.886$, $\cos 60° = 0.5$)

ก. 0.10 N-m

ข. 0.15 N-m

ค. 1.15 N-m

ง. 5.25 N-m

7. แรงคู่ควบที่กระทำกับขดลวดสี่เหลี่ยมที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านและอยู่ในสนามแม่เหล็กที่มีค่าสม่ำเสมอจะมีค่ามากที่สุด เมื่อระนาบของขดลวดทำมุมเท่าไรกับทิศของสนามแม่เหล็ก

ก. 0 องศา

ข. 30 องศา

ค. 60 องศา

ง. 90 องศา

8. ขดลวดตัวนำหนึ่งมีพื้นที่ 10 ตารางเซนติเมตร วางอยู่ในบริเวณที่มีแม่เหล็กขนาดสม่ำเสมอ 5 เทสลา จงหาฟลักซ์แม่เหล็กที่ผ่านขดลวดเมื่อวางระนาบของขดลวดให้ตั้งฉากกับทิศของสนามแม่เหล็ก

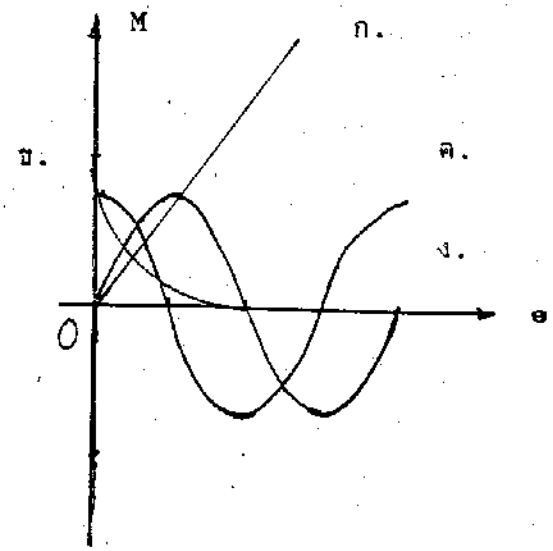
ก. 0.5 เวเบอร์

ข. 5.0 เวเบอร์

ค. 0.05 เวเบอร์

ง. 0.005 เวเบอร์

9. ขดลวดตัวนำรูปสี่เหลี่ยมมีพื้นที่ A ตารางเมตร วางอยู่ในสนามแม่เหล็กสม่ำเสมอ B เทสลา ถ้าจำนวนรอบของขดลวดตัวนำเท่ากับ N, θ เป็นมุมที่ระนาบขดลวดกระทำกับแนวสนามแม่เหล็ก และค่ากระแสที่ผ่านขดลวดเท่ากับ I แอมแปร์ ความสัมพันธ์ระหว่างโมเมนต์ของแรงคู่ควบ M กับ θ เป็นไปตามรูปใด



10. ถ้ามีกระแสไฟฟ้า I ผ่านขดลวดขดหนึ่งรูปสี่เหลี่ยมที่มีความกว้าง a และ ยาว b ถ้าระนาบของขดลวดทำมุม θ กับทิศของสนามแม่เหล็ก B โมเมนต์ของแรงคู่ควบหาได้จากสมการในข้อใด

ก. $M = \frac{ab \cos \theta}{BI}$

ข. $M = \frac{BI \cos \theta}{ab}$

ค. $M = BIab \cos \theta$

ง. $M = BIab \sin \theta$

เฉลยแบบทดสอบ

ชุดที่ 6

ข้อ	1 ข	ข้อ	6 ข
	2 ก		7 ก
	3 ง		8 ง
	4 ค		9 ค
	5 ก		10 ค

ชุดการสอนชุดที่ 7
เรื่อง แกลแวนอมิเตอร์

1. ส่วนประกอบของชุดการสอน

1.1 คู่มือครู ประกอบด้วย

1.1.1 แผนการสอน

1.1.2 ชุดการสอนประจำศูนย์ทั้ง 4 ศูนย์ ประกอบด้วย

- บัตรเนื้อหา
- บัตรกิจกรรม
- บัตรตอบคำถาม
- เฉลยบัตรคำถาม

1.2 คู่มือนักเรียน ซึ่งเป็นคำชี้แจงในการใช้ชุดการสอน

1.3 สื่อ แผ่นใส และวัสดุอุปกรณ์

2. สิ่งที่ครูจะต้องเตรียม

2.1 แกลแวนอมิเตอร์	4	เครื่อง
2.2 กระดาษตอบคำถาม	40	แผ่น
2.3 กระดาษคำตอบแบบทดสอบก่อนเรียน	40	แผ่น
2.4 กระดาษคำตอบแบบทดสอบหลังเรียน	40	แผ่น
2.5 แบบทดสอบ	40	ชุด
2.6 เครื่องฉายแผ่นใส	1	เครื่อง

แผนการสอนที่ใช้ชุดการสอน

วิชา ฟิสิกส์ เล่ม 5 ว 023 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

เรื่อง แกลแวนอมิเตอร์ เวลา 2 คาบ

สาระสำคัญ

การทำงานของแกลแวนอมิเตอร์ใช้หลักการให้กระแสไฟฟ้าผ่านขดลวดของแกลแวนอมิเตอร์เกิดโมเมนต์ของแรงคู่ควบบิดขดลวดทำให้เข็มชี้ที่ติดกับขดลวดเบนไปตามค่าของกระแสไฟฟ้า

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม เมื่อจบบทเรียนนี้แล้วนักเรียนสามารถ

1. บอกได้ว่าโมเมนต์ของแรงคู่ควบของขดลวดสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่อยู่ในสนามแม่เหล็กแปรผันตรงกับ ค่าของกระแสไฟฟ้าที่ผ่านขดลวด

2. บอกส่วนประกอบที่สำคัญและอธิบายหลักการทำงานของแกลแวนอมิเตอร์ได้

เนื้อหา

เมื่อติดสปริงก้นหอยและเข็มชี้เข้าไว้กับแกนของขดลวดที่วางอยู่ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็ก และให้กระแสผ่านขดลวด จะเกิดโมเมนต์ของแรงคู่ควบทำให้ขดลวดถูกบิดไปพร้อมทั้งทำให้สปริงก้นหอยบิดตัวไปด้วย จนกระทั่งโมเมนต์ของแรงบิดของสปริงก้นหอยเท่ากับ โมเมนต์ของแรงคู่ควบบนขดลวด ขดลวดจะอยู่นิ่ง ซึ่งทำให้เข็มชี้หยุดนิ่งด้วย การเบนของเข็ม จะบอกให้ทราบถึงค่าของโมเมนต์ของแรงคู่ควบซึ่งทำให้ทราบค่าของกระแสไฟฟ้าที่ผ่านขดลวดด้วย หลักการนี้นำไปใช้สร้างอุปรณ์ที่ใช้วัดกระแสไฟฟ้าที่มีค่าน้อย ซึ่งเรียกว่าแกลแวนอมิเตอร์

กิจกรรมการเรียนการสอน

ขั้นนำ

จากที่นักเรียนได้ศึกษามาแล้วว่า โมเมนต์ของแรงคู่ควบที่กระทำกับขดลวด ซึ่งขึ้นกับค่าของกระแสไฟฟ้าที่ผ่านขดลวดนั้น หลักการนี้ได้นำไปใช้ในการสร้างเครื่องมือวัดทางไฟฟ้าได้อย่างไรนักเรียนจะได้ศึกษากันในวันนี้

ขั้นสอน

1. เพื่อให้นักเรียนทราบว่าในวันนี้จะศึกษาเกี่ยวกับเรื่องอะไรบ้างอย่างคร่าว ๆ และเพื่อตรวจสอบว่า นักเรียนมีความรู้เกี่ยวกับเรื่องแกลแวนอมิเตอร์เพียงใด จึงให้นักเรียนได้ทำแบบทดสอบความรู้ก่อนเรียน ห้ามนักเรียนปรึกษากัน ใช้เวลาในการทำแบบทดสอบ 10 นาที

2. ครูให้นักเรียนลงมือทำกิจกรรมตามลำดับ แล้วตอบคำถามในแต่ละกลุ่มของตนเอง กิจกรรมที่ทำในคาบนี้ นักเรียนจะต้องอาศัยเวลาพอสมควร ร่วมมือกันในการคิดคำนวณ ออกแบบเขียนกราฟ แปลความหมายของข้อมูลจากกราฟ การอภิปรายกัน จึงต้องจัดกิจกรรรมการเรียนการสอนในคาบนี้ให้นักเรียนทั้ง 4 ศูนย์ ทำกิจกรรมเหมือนกันทุกศูนย์ เพื่อฝึกหาข้อสรุปจากกราฟ

3. ครูเดือนให้นักเรียนปฏิบัติตามกิจกรรมตามลำดับ

4. ในขณะทำกิจกรรม ก็ให้ดูบัตรเนื้อหาประกอบด้วย จะทำให้เข้าใจดียิ่งขึ้น

5. ในขณะที่นักเรียนทำกิจกรรมตามชุดการสอนนั้น เมื่อนักเรียนมีข้อสงสัย ให้ถามครูโดยตรง ครูจะได้ช่วยแนะนำ อธิบายและตอบข้อสงสัยเหล่านั้น ขณะเดียวกันครูใช้แบบสังเกตพฤติกรรมของแต่ละกลุ่ม ตรวจสอบพฤติกรรมการเรียนในแต่ละศูนย์ควบคู่ไปด้วย

ขั้นสรุป

1. ครูให้ตัวแทนนักเรียนแต่ละกลุ่มออกมารายงานผลการทดลองในศูนย์ของตนเอง จนครบครบทุกศูนย์ ให้นักเรียนออกมาแสดงวิธีคำนวณบนกระดานดำ

2. ครูและนักเรียนช่วยกันสรุปโดยตั้งคำถามนำว่าจากข้อมูลที่ได้โมเมนต์ของแรงคู่ควบที่กระทำกับขดลวด ขึ้นอยู่กับค่าอะไร (กระแสไฟฟ้า)

3. ถ้าขดลวดไม่มีคอมมิวเตเตอร์และแปรง ขดลวดตัวนำจะเคลื่อนที่อย่างไร (ขดลวดตัวนำจะมีแรงคู่ควบมากระทำ มีผลให้ขดลวดหมุนกลับไปกลับมา)

4. การสร้างสเกลเพื่ออ่านค่ากระแสไฟฟ้า ทำได้อย่างไร (ทำได้โดยผ่านกระแสที่ราบค่าแน่นอนเข้าขดลวด แล้วขีดแบ่งสเกลตามค่ากระแสขนาดต่าง ๆ เมื่อไม่มีกระแสไฟฟ้าในขดลวด แรงบิดกลับของสปริงก้นหอยจะทำให้ขดลวดกลับมาอยู่ตำแหน่งเหมือนเดิม)

5. ครูใช้แผ่นใสแสดงจุดประสงค์การเรียนในคาบนี้

6. เราจะมาดูกันว่า ที่นักเรียนทำกิจกรรมนั้นถูกต้องเพียงใด ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มแลกเปลี่ยนกันตรวจ โดยครูแจกบัตรเฉลยคำถามและบัตรเฉลยกิจกรรมให้

7. ครูให้นักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียน โดยไม่ให้นักเรียนปรึกษากัน ใช้เวลา 10 นาที

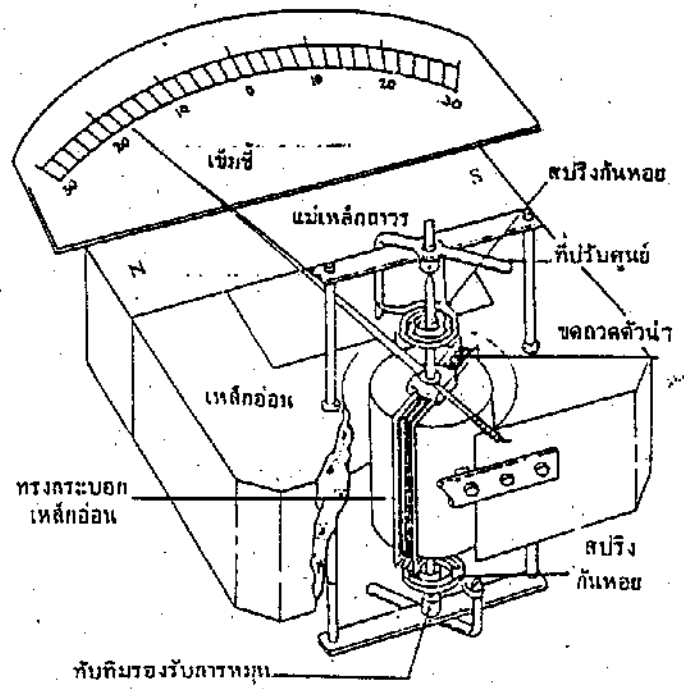
เนื้อเรื่อง

เรื่อง แกลแวนอมิเตอร์

นักเรียนได้ศึกษามาแล้วว่า เมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่านขดลวดตัวนำรูปสี่เหลี่ยมซึ่งวางอยู่ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็ก จะเกิดโมเมนต์คู่ควบทำให้ขดลวดหมุนได้ หลักการนี้สามารถนำไปสร้างเป็นเครื่องวัดไฟฟ้าที่เรียกว่า แกลแวนอมิเตอร์ ได้

จากที่ได้ศึกษามาแล้วพบว่า ค่าของโมเมนต์ของแรงคู่ควบที่กระทำกับขดลวดตัวนำจะขึ้นกับค่าของกระแสไฟฟ้าที่ผ่านขดลวด ใช้เป็นหลักการทำงานของแกลแวนอมิเตอร์ เรามาศึกษาส่วนประกอบของแกลแวนอมิเตอร์ได้ดังนี้

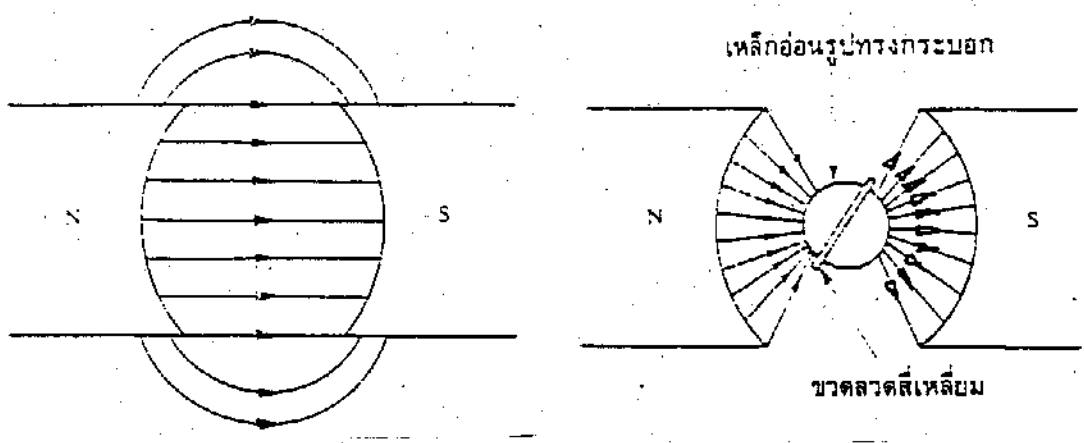
1. ส่วนประกอบของแกลแวนอมิเตอร์แสดงดังรูป



รูปแสดงส่วนประกอบภายในแกลแวนอมิเตอร์

2.1 ขดลวดทองแดงอาบน้ำยาที่เป็นฉนวนไฟฟ้า พันรอบกรอบอลูมิเนียมที่ติดบนแกน สามารถหมุนได้คล่องรอบแกน โดยใช้วัตถุที่มีความแข็งมาก ๆ เช่น ทับทิม เป็นที่รองรับการหมุนที่ปลายทั้งสองของแกนเพื่อลดแรงเสียดทาน

2.2 แกนเหล็กอ่อนรูปทรงกระบอก ติดตั้งตายตัวอยู่ระหว่างขั้วแม่เหล็กรูปโค้งเว้า ของแม่เหล็กถาวรกำลังขั้วสูง ทำให้เกิดสนามแม่เหล็กความเข้มสูงในแนวรัศมี ในช่องว่างระหว่างแกนเหล็กอ่อนกับขั้วแม่เหล็กทำให้ระนาบของขดลวดขนานกับสนามแม่เหล็กอยู่ตลอดเวลาไม่ว่าขดลวดจะบิดตัวไปหรือไม่ก็ตาม

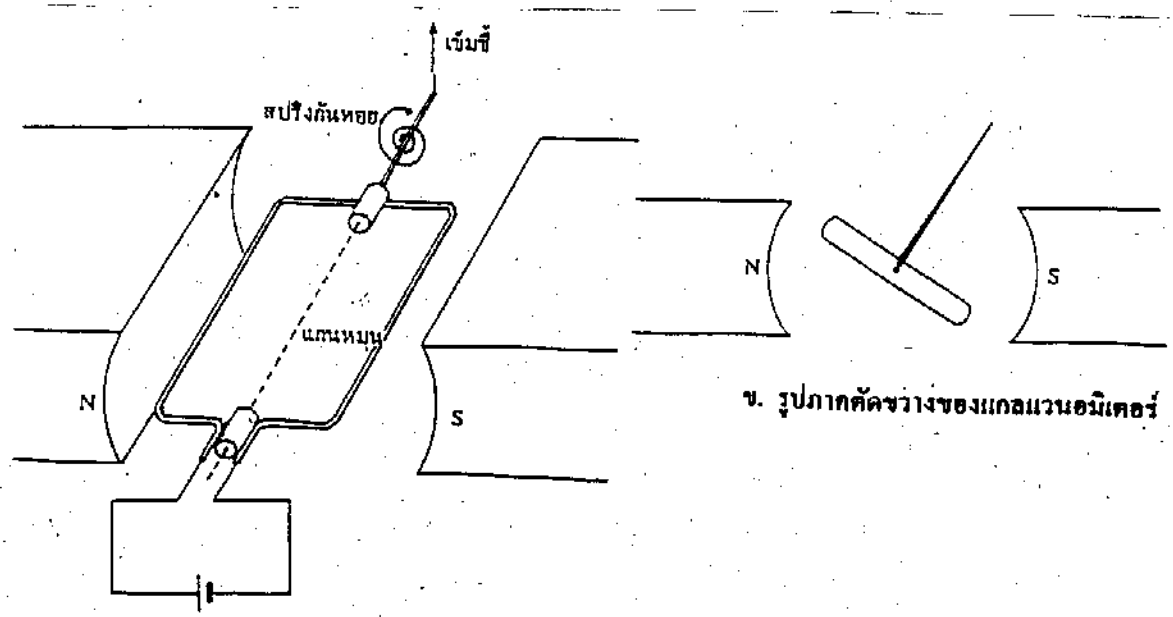


ก. เมื่อไม่มีเหล็กอ่อนรูปทรงกระบอก ข. เมื่อมีเหล็กอ่อนรูปทรงกระบอก

รูปแสดงสนามแม่เหล็กของแม่เหล็กขั้วโค้ง

2.3 สปริงก้นหอยสองตัว ควบคุมการหมุนของขดลวด หรือความไวต่อกระแส ขณะที่มีกระแสผ่านขดลวด และเพื่อทำให้ขดลวดกลับสู่ตำแหน่งศูนย์ เมื่อไม่มีกระแส

3.4 สเกลหน้าปัด มีระยะห่างระหว่างช่องเท่ากัน



ข. รูปภาคตัดขวางของแกลแวนอมิเตอร์

รูปแสดงหลักการทำงานของแกลแวนอมิเตอร์

3. หลักการสร้างอุปกรณ์ที่ใช้วัดกระแสไฟฟ้าที่มีค่าน้อยในแกลแวนอมิเตอร์

เมื่อมีกระแสไฟฟ้า I ผ่านขดลวด โดยสนามแม่เหล็กขนานกับระนาบขดลวดตลอดเวลา จะเกิดโมเมนต์ของแรงคู่ควบทำให้ขดลวดถูกบิดไป ดังสมการ

$$M = BIAN$$

แรงยืดหยุ่นในสปริงทำให้เกิดโมเมนต์ต้านการหมุนของขดลวด

ถ้าขดลวดหยุดนิ่ง อยู่ในสมดุลเมื่อบิดตัวไปจากตำแหน่งเดิมเป็นมุม θ_1 เข็มสี้ที่ติดอยู่อยู่กับลวดหรือแกนหมุนก็จะเบนไปจากตำแหน่งศูนย์เป็นมุม θ_1 ด้วย

โมเมนต์ของแรงคู่ควบที่เกิดจากกระแส = โมเมนต์ของแรงบิดกลับของสปริง

$$BIAB = k\theta_1 \quad (k = \text{ค่าคงตัวสปริงต่อการบิด})$$

ค่าคงตัวสปริงต่อการบิด (k) มีหน่วยเป็น Nm/rad หรือ Nm/deg

$$I = \frac{k\theta_1}{NAB}$$

เนื่องจาก k,N,A และ B เป็นค่าคงตัว

ดังนั้น $I \propto \theta_1$

การที่ I แปรผันตรงกับมุมที่ขดลวดเบนไปจากเดิมหรือมุมที่เข็มชี้ของแกลแวนอมิเตอร์เบนไปจากเดิม ทำให้ง่ายต่อการเทียบมาตรฐานเป็นขีดสเกลกำหนดค่าต่าง ๆของกระแสไฟฟ้าบนแกลแวนอมิเตอร์ และค่าเหล่านั้นสามารถแบ่งเป็นช่อง ๆ ได้อย่างสม่ำเสมอ

ตัวอย่าง แกลแวนอมิเตอร์เครื่องหนึ่งมีขดลวดกว้าง 1.5x3.0 ตารางเซนติเมตร จำนวน 100 รอบ อยู่ในสนามแม่เหล็ก 0.1 เทสลา ค่านิจสปริงต่อการบิด 2×10^{-7} Nm/deg จงหา

ก. ค่ากระแสไฟฟ้าขณะที่เข็มแกลแวนอมิเตอร์บิดไป 30 องศา

ข. โมเมนต์ของแรงคู่ควบของขดลวดในแกลแวนอมิเตอร์

วิธีทำ ก. จากสมการ $I = \frac{k\theta_1}{NAB}$

เมื่อ I คือ กระแสไฟฟ้า

k คือ ค่านิจสปริงต่อการบิด 2×10^{-7} Nm/deg

θ คือ มุมที่แกลแวนอมิเตอร์บิดไป 30 องศา

N คือ จำนวนรอบของขดลวด 100 รอบ

A คือ พื้นที่หน้าตัด $1.5\times3.0\times10^{-4}$ m^2

B คือ ค่าสนามแม่เหล็ก 0.1 T

แทนค่า $$I = \frac{(2\times10^{-7})(30)}{(0.1)(1.5\times3.0\times10^{-4})(100)}$$

$$= 1.3\times10^{-3} \text{ A}$$

กระแสไฟฟ้าขณะที่เข็มแกลแวนอมิเตอร์มีค่า 1.3 มิลลิแอมแปร์ ตอบ

ข. หาโมเมนต์ของแรงคู่ควบของขดลวดในแกลแวนอมิเตอร์

จาก $M = NABI$

แทนค่า $M = (100)(1.5\times3.0\times10^{-4})(0.1)(1.3\times10^{-3})$ N.m

$= 58.5\times10^{-7}$ N.m

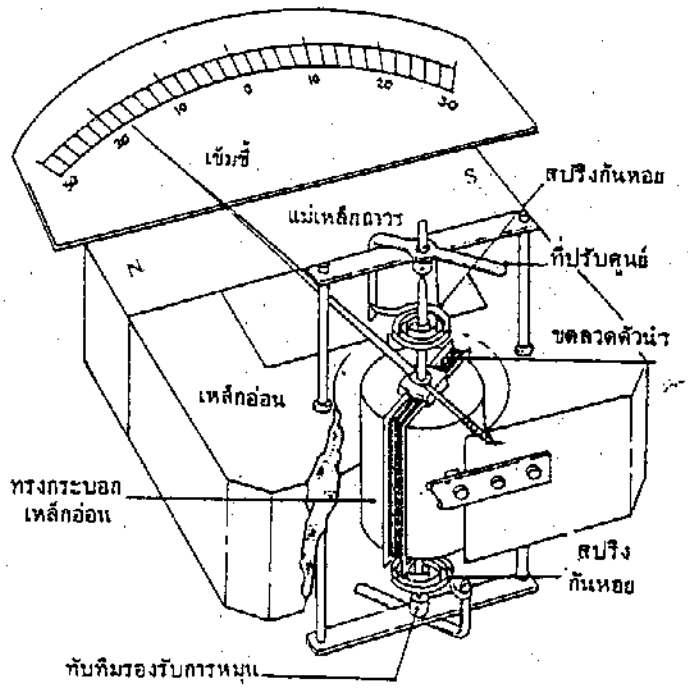
โมเมนต์ของแรงคู่ควบของขดลวดในแกลแวนอมิเตอร์ 58.5×10^{-7} นิวตัน.เมตร

ตอบ

บัตรกิจกรรม

เรื่อง แกลแวนอมิเตอร์

ให้นักเรียนศึกษาจากบัตรเนื้อหา ดูส่วนประกอบภายในเครื่องแกลแวนอมิเตอร์ แล้วตอบคำถามต่อไปนี้



รูปแสดงส่วนประกอบของแกลแวนอมิเตอร์

1. แกลแวนนอมิเตอร์ มีหลักการทำงานอย่างไร
2. ที่ปลายแกนหมุนของขดลวดมีอะไรติดอยู่ เพื่ออะไร
3. การทำให้ขั้วแม่เหล็กโค้งและมีแกนเหล็กอ่อนทรงกระบอกตรึงอยู่กับที่กลางขดลวดเพื่อประสงค์อะไร
4. ถ้าไม่มีสปริงขดลวดยึดไว้ ขดลวดจะหมุนอย่างไร
5. ขดลวดของแกลแวนอมิเตอร์เครื่องหนึ่งมี 50 รอบ พื้นที่ 6.0 ตารางเซนติเมตร สนามแม่เหล็กมีขนาด 0.01 เทสลา ถ้ามีกระแส 1, 2, 3, 4 และ 5 มิลลิแอมแปร์ โมเมนต์ของแรงคู่ควบบนขดลวดของแกลแวนอมิเตอร์มีค่าเท่าไร

5.1 ให้นำคำตอบเติมลงในตารางที่กำหนดให้

5.2 เขียนกราฟระหว่างกระแสไฟฟ้ากับโมเมนต์ของแรงคู่ควบบนขดลวดของแกลแวนอมิเตอร์ โดยให้ค่ากระแสไฟฟ้าเป็นแกน x และค่าโมเมนต์ของแรงคู่ควบบนขดลวดของแกลแวนอมิเตอร์ เป็นแกน Y

5.3 ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับโมเมนต์ของแรงคู่ควบบนขดลวดของแกลแวนอมิเตอร์เป็นอย่างไร

6. แกลแวนอมิเตอร์ขนาดเดียวกับข้อ 5 ถ้าค่านิจสปริงต่อการบิด 2×10^{-7} Nm/deg แกลแวนอมิเตอร์เบนไปเป็นมุม 0, 15, 30, 45 และ 60 องศา เมื่อมีกระแสผ่านเข้าไปเท่าใด

6.1 ให้นำคำตอบเติมลงในตารางที่กำหนดให้

6.2 เขียนกราฟระหว่างกระแสไฟฟ้ากับมุมที่แกนแวนอมิเตอร์เบนไป θ_1 โดยให้ค่ากระแสไฟฟ้าเป็นแกน Y และ มุมที่แกลแวนอมิเตอร์เบนไปเป็นแกน X

6.3 ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับมุมที่แกลแวนอมิเตอร์เบนไปเป็นอย่างไร

บัตรเฉลยคำถาม
เรื่อง แกลแวนอมิเตอร์

1. ใช้หลักการผ่านกระแสไฟฟ้าเข้าในขดลวดสี่เหลี่ยม ซึ่งกรอบแกนเหล็กอ่อนอยู่กับที่ในสนามแม่เหล็กรูปผิวโค้ง แล้วเกิดแรงบนขดลวดหมุนไป เมื่อติดเข็มชี้ที่ขดลวดก็จะชี้ตามไปด้วย

2. มีขดลวดสปริงก้นหอยติดไว้ทั้งสองข้าง เพื่อทำให้เกิดโมเมนต์ของแรงคู่ควบในทางตรงกันข้ามกับแรงคู่ควบของขดลวด เมื่อแรงคู่ควบทั้งสองเท่ากัน แต่ทิศตรงกันข้ามจะทำให้เข็มเบนไปหยุดที่จุดสมดุล และเมื่อไม่มีกระแสไฟฟ้าผ่านก็จะดึงเข็มให้กลับสู่สภาพเดิม

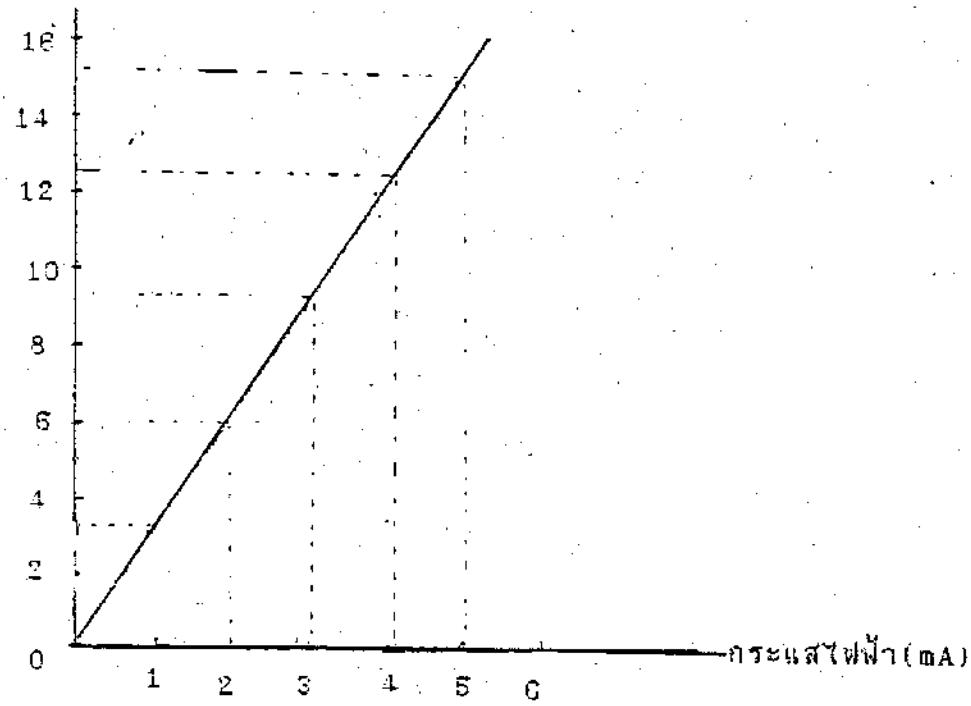
3. เพื่อทำให้เส้นแรงแม่เหล็กพุ่งตั้งฉากกับเส้นลวดของขดลวดเสมอ ขณะที่หมุนไปแรงคู่ควบที่เกิดจากกระแสไฟฟ้าผ่านขดลวดจะคงที่เสมอ

4. หมุนไปตลอดเช่นเดียวกับมอเตอร์

5. 5.1

กระแสไฟฟ้า(mA)	โมเมนต์(N.m) $x10^{-7}$
1	3
2	6
3	9
4	12
5	15

5.2 โมเมนต์ $(N.m)x10^{-7}$

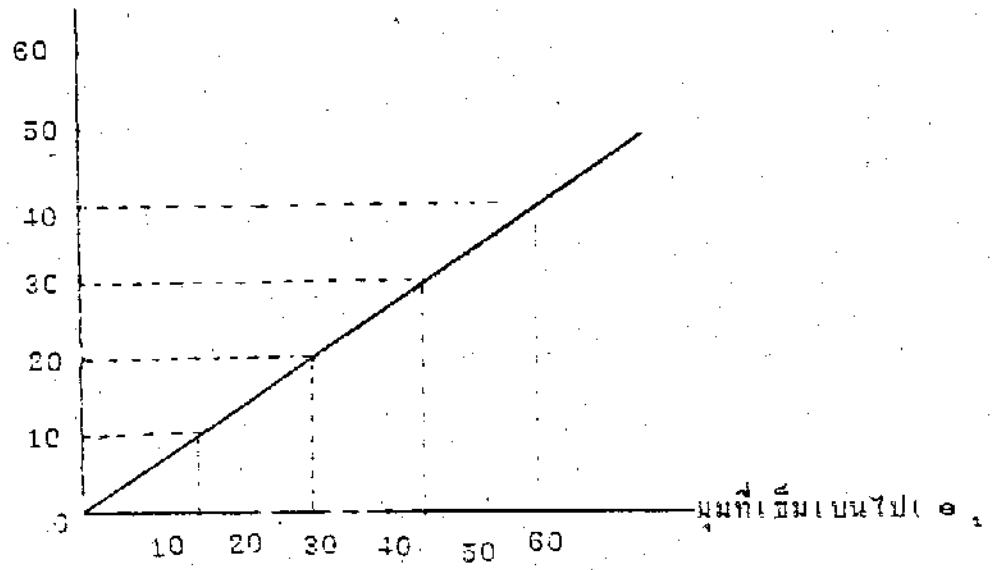


5.3 โมเมนต์ของแรงคู่ควบบนขดลวดของแกลแวนอมิเตอร์เป็นปฏิภาคโดยตรงกับกระแสไฟฟ้า

6. 6.1

มุมที่เข็มเบนไป θ	กระแสไฟฟ้า (I) (mA)
1	3
2	6
3	9
4	12
5	15

6.2 กระแสไฟฟ้า (mA)



6.3 กระแสไฟฟ้าเป็นปฏิภาคโดยตรงกับมุมที่เข็มเบนไป

แบบทดสอบ

เรื่อง แกลแวนอมิเตอร์

คำชี้แจง จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว แล้วทำเครื่องหมาย x ตรงข้อนั้นในกระดาษคำตอบ เวลา 10 นาที

---

1. เมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่านขดลวดที่วางอยู่ในสนามแม่เหล็กจะเกิดโมเมนต์ของแรงคู่ควบขึ้น หลักการนี้นำไปใช้สร้างเครื่องมืออะไร

(1) แกลแวนอมิเตอร์ (2) มอเตอร์ไฟฟ้า
(3) มัลติมิเตอร์ (4) บัลลาสต์

คำตอบที่ถูกต้องคือข้อใด

ก. ข้อ 1 และ 2

ข. ข้อ 1,2 และ 3

ค. ข้อ 1,2 และ 4

ง. ข้อ 2,3 และ 4

2. ในแกลแวนอมิเตอร์ชนิดขดลวดเคลื่อนที่มีแม่เหล็กขั้วโค้ง มีหน้าที่อย่างไร

ก. ทำให้สนามแม่เหล็กขนานกับระนาบของขดลวด

ข. ทำให้สนามแม่เหล็กตั้งฉากกับระนาบของขดลวด

ค. ทำให้สนามแม่เหล็กทำมุม 45 องศากับระนาบของขดลวด

ง. ทำให้สนามแม่เหล็กทำมุม 60 องศากับระนาบของขดลวด

3. เมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่านขดลวดในแกลแวนอมิเตอร์ ทำให้ขดลวดเกิดโมเมนต์ของแรงคู่ควบขดลวดจะหมุน อุปกรณ์ ที่จะทำให้ขดลวดหยุด และเข็มหยุดตรงค่ากระแสที่อ่านได้คืออะไร

ก. ทรงกระบอกเหล็กอ่อน

ข. ขดลวดตัวนำ

ค. สปริงก้นห้อย

ง. วงแหวน

4. ขดลวดแกลแวนอมิเตอร์มีขนาด $5 \times 12 cm^2$ จำนวน 600 รอบมีกระแสไฟฟ้าผ่าน 10^{-5} A อยู่ในสนามแม่เหล็กขนาด 0.1T ขนาดของโมเมนต์ของแรงคู่ควบเมื่อระนาบของขดลวดอยู่ในแนวระนาบกับสนามแม่เหล็ก

ก. 0

ข. 6.5×10^{-8} N-m

ค. 5.7×10^{-8} N-m

ง. 3.6×10^{-8} N-m

5. ข้อใดอธิบายหลักการทำงานของแกลแวนอมิเตอร์ได้ถูกต้อง

ก. เมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่านเข็มชี้สเกลจะทำให้เข็มชี้นี้เบนไป

ข. สนามแม่เหล็กจากขั้วแม่เหล็กถาวรจะทำให้เข็มชี้สเกลเบนไป

ค. เมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่านขดลวดทำให้ขดลวดหมุนไป เข็มชี้สเกลที่ติดอยู่กับขดลวดจะเบนไปด้วย

ง. เมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่านขดลวดซึ่งวางอยู่ระหว่างขั้วแม่เหล็กถาวรจะทำให้ขดลวดหมุนไป เข็มชี้สเกลที่ติดอยู่กับขดลวดจะเบนไปด้วย

6. การสร้างแกลแวนอมิเตอร์แบบใดให้ผลดีกว่า

(1) ใช้ขดลวดขนาดเล็กแต่ใช้ซันต์ประกอบ

(2) ใช้ขดลวดตัวนำขนาดใหญ่ที่ทนกระแสได้มาก

(3) ใช้แท่งแม่เหล็กถาวรที่มีความเข้มสนามแม่เหล็กมีค่าสูง

คำตอบที่ถูกต้องคือข้อใด

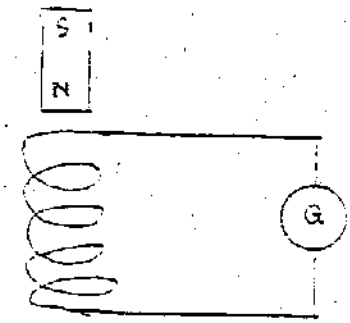
ก. ข้อ 1

ข. ข้อ 3

ค. ข้อ 1 และ 3

ง. ข้อ 2 และ 3

7. แกลแวนอมิเตอร์ซึ่งต่อไว้กับขดลวดดังรูป เข็มจะเบนไปเมื่อใดบ้าง



(1) เมื่อพุ่งขั้วใต้เข้าหาขดลวด

(2) เมื่อแท่งแม่เหล็กอยู่กลางขดลวด

(3) เมื่อแกว่งแท่งแม่เหล็กเหนือขดลวด

(4) เมื่อพุ่งขั้วเหนือของแท่งแม่เหล็กเข้าหาขดลวด

คำตอบที่ถูกต้องคือข้อใด

ก. ข้อ 1,2 และ 3

ข. ข้อ 1,3 และ 4

ค. ข้อ 2,3 และ 4

ง. ข้อ 1,2,3 และ 4

8. แกลแวนอมิเตอร์นำไปดัดแปลงเพื่อวัดค่าอะไรบ้าง

(1) กระแสไฟฟ้า

(2) พลังงานไฟฟ้า

(3) ความต้านทานไฟฟ้า

(4) ความต่างศักย์ไฟฟ้า

คำตอบที่ถูกต้องคือข้อใด

ก. ข้อ 1,2 และ 3

ข. ข้อ 1,3 และ 4

ค. ข้อ 1,2 และ 4

ง. ข้อ 2,3 และ 4

9. ข้อความใดกล่าวไม่ถูกต้อง

ก. โมเมนต์ของแรงยืดหยุ่นในสปริงจะมีทิศตรงข้ามกับโมเมนต์ของแรงคู่ควบ

ข. โมเมนต์ของแรงคู่ควบของขดลวดในแกลแวนอมิเตอร์จะมีค่าเปลี่ยนแปลงตลอดขณะที่ขดลวดหมุนไป

ค. ค่าโมเมนต์ของแรงคู่ควบของขดลวดในแกลแวนอมิเตอร์จะแปรผันตรงกับปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ผ่านขดลวด

ง. ขณะที่เข็มชี้ของแกลแวนอมิเตอร์หยุดนิ่งที่ตำแหน่งหนึ่ง แสดงว่าโมเมนต์ของแรงคู่ควบของขดลวดมีค่าเท่ากับโมเมนต์ของแรงยืดหยุ่นในสปริงก้นหอย

10. เมื่อใช้แกลแวนอมิเตอร์วัดกระแสไฟฟ้าในวงจร เข็มชี้จะเบนไปและหยุดนิ่ง ณ ตำแหน่งหนึ่ง ข้อสรุปใดถูกต้อง

ก. ขณะที่เข็มชี้หยุดนิ่งกระแสไฟฟ้าในขดลวดจะมีค่าเป็นศูนย์

ข. ขณะที่เข็มชี้หยุดนิ่ง สนามแม่เหล็กที่ผ่านขดลวดจะมีค่าเป็นศูนย์

ค. ในขณะที่เข็มชี้หยุดนิ่ง โมเมนต์ของแรงคู่ควบของขดลวดจะเท่ากับโมเมนต์ของแรงยืดหยุ่นในสปริงก้นหอย

ง. ในขณะที่เข็มชี้หยุดนิ่ง โมเมนต์ของแรงคู่ควบของขดลวดจะไม่เท่ากับโมเมนต์ของแรงยืดหยุ่นในสปริงก้นหอย

เฉลยแบบทดสอบ

ชุดที่ 7

ข้อ	1	ข	
	2	ก	
	3	ค	
	4	ง	
	5	ง	

ข้อ	6	ก
	7	ข
	8	ข
	9	ข
	10	ค

ชุดการสอนชุดที่ 8
เรื่อง มอเตอร์กระแสตรง

1. ส่วนประกอบของชุดการสอน

1.1 คู่มือครู ประกอบด้วย

1.1.1 แผนการสอน

1.1.2 ชุดการสอนประจำศูนย์ทั้ง 4 ศูนย์ ประกอบด้วย

- บัตรเนื้อหา
- บัตรกิจกรรม
- บัตรตอบคำถาม
- เฉลยบัตรคำถาม

1.2 คู่มือนักเรียน ซึ่งเป็นคำชี้แจงในการใช้ชุดการสอน

1.3 สื่อ เช่น แผ่นใส และวัสดุอุปกรณ์

2. สิ่งที่ครูจะต้องเตรียม

2.1 หม้อแปลงโวลต์ต่ำ	4	เครื่อง
2.2 เครื่องเรียงกระแสไฟฟ้า	4	ชุด
2.3 ชุดสาธิตมอเตอร์ไฟฟ้า	4	เครื่อง
2.4 สายไฟ	8	คู่
2.5 กระดาษตอบคำถาม	40	แผ่น
2.6 กระดาษคำตอบแบบทดสอบ	80	แผ่น
2.7 แบบทดสอบ	40	ชุด

แผนการสอนที่ใช้ชุดการสอน

วิชา ฟิสิกส์ เล่ม 5 ว 023 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

เรื่อง มอเตอร์กระแสตรง เวลา 2 คาบ

สาระสำคัญ

มอเตอร์กระแสตรงประกอบด้วยขดลวดพันรอบแกน วางตัวอยู่ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็กสม่ำเสมอ เมื่อให้กระแสไฟฟ้าผ่านขดลวดจะเกิดโมเมนต์ของแรงคู่ควบทำให้ขดลวดหมุน นอกจากนี้ยังมี คอมมิวเตเตอร์ และแปรงสำหรับเปลี่ยนทิศของกระแสไฟฟ้าในขดลวด เพื่อให้ขดลวดหมุนในทางเดียวตลอดเวลา

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม เมื่อจบบทเรียนนี้แล้วนักเรียนสามารถ

1. นำความรู้เกี่ยวกับการหมุนของขดลวดที่มีกระแสไฟฟ้าผ่าน เมื่ออยู่ในสนามแม่เหล็กไปอธิบายการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงได้

2. บอกได้ว่าการเพิ่มขดลวดตัวนำในระนาบอื่น จะทำให้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงมีค่าโมเมนต์สม่ำเสมอขึ้น

เนื้อหา

1. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ประกอบด้วยขดลวดสี่เหลี่ยมพันรอบกรอบที่สามารถหมุนได้รอบแกน อยู่ระหว่างสนามแม่เหล็ก ปลายทั้งสองของขดลวด เชื่อมต่อไปยังแหวนทองแดงผ่าซีก หรือ คอมมิวเตเตอร์

2. แปรง ทำหน้าที่สัมผัสเบา ๆ กับคอมมิวเตเตอร์โดยลวดสปริง จะทำให้ขดลวดหมุน ขดลวดที่หมุนนี้เรียกว่า อาร์เมเจอร์ ส่วนประกอบของอาร์เมเจอร์ คือ แกนเหล็กที่ขดลวดพันอยู่โดยรอบ สำหรับขั้วแม่เหล็กจะเป็นแม่เหล็กถาวร เมื่อกระแสไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ไปยังขดลวดอาร์เมเจอร์ จะเกิดแรงบนขดลวด ทำให้เกิดแรงหมุน โดยมีขนาดของโมเมนต์มีค่าเท่ากับ $M = NIAB \cos\theta$

3. ครั้นเมื่อขดลวดครึ่งแรกหมุนผ่านไป แปรงจะสัมผัสกับคอมมิวเตเตอร์ซีกที่สอง ทำให้มอเตอร์หมุนไปเรื่อย ๆ เมื่อได้กระแสจากแบตเตรี่

4. เมื่อเพิ่มระนาบอื่นของขดลวดในมอเตอร์จะช่วยให้มอเตอร์มีค่าโมเมนต์สม่ำเสมอ

กิจกรรมการเรียนการสอน

ขั้นนำ

ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยนักเรียนมาแล้วว่า เมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่านขดลวดตัวนำที่วางอยู่ในบริเวณที่สนามแม่เหล็กจะเกิดโมเมนต์ของแรงคู่ควบซึ่งจะทำให้ขดลวดหมุนไปจนสนามแม่เหล็กเนื่องจากกระแสในขดลวดมีทิศเดียวกับสนามแม่เหล็กภายนอก นักเรียนสามารถนำหลักการเช่นนี้ไปใช้สร้างมอเตอร์กระแสตรง ซึ่งจะได้ศึกษาส่วนประกอบและหลักการทำงานของมอเตอร์กระแสตรงดังต่อไปนี้

ขั้นสอน

1. เพื่อให้นักเรียนทราบว่าในวันนี้จะศึกษาเกี่ยวกับเรื่องอะไรบ้างอย่างคร่าว ๆ และเพื่อตรวจสอบว่า นักเรียนมีความรู้เกี่ยวกับเรื่องแรงกระทำต่อลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านซึ่งอยู่ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็กเพียงใด จึงให้นักเรียนได้ทำแบบทดสอบความรู้ก่อนเรียน ห้ามนักเรียนปรึกษากัน ใช้เวลาในการทำแบบทดสอบ 10 นาที

2. ครูให้นักเรียนลงมือปฏิบัติกิจกรรมตามบัตรกิจกรรมในแต่ละศูนย์ที่กำหนดไว้ตามลำดับ กิจกรรมที่ทำในคาบนี้ นักเรียนจะต้องอาศัยความรู้เดิมเกี่ยวกับแรงกระทำต่อขดลวดที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านและอยู่ในสนามแม่เหล็ก ต้องอาศัย**การสังเกต ความระมัดระวัง** ในการจัดเครื่องมือโดยให้ระนาบของขดลวดตัวนำขนานกับทิศของสนามแม่เหล็ก เมื่อปล่อยกระแสไฟฟ้าเข้าในขดลวด จะสังเกตเห็นขดลวดหมุน ถ้าขดลวดไม่หมุนควรใช้มือช่วยหมุนเล็กน้อย ทั้งนี้อาจเป็นเพราะขั้วไฟฟ้าสกปรกหรือไม่แตะกับขดลวด**ระวังอย่าให้กระแสไฟฟ้าเข้าไปในขดลวดแล้วขดลวดไม่หมุน เพราะขดลวดอาจไหม้ได้** ต้องอาศัยเวลาพอสมควรและความร่วมมือกัน การอภิปรายกัน จึงต้องจัดกิจกรรรมการเรียนการสอนในคาบนี้ให้นักเรียนทั้ง 4 ศูนย์ ทำกิจกรรมเหมือนกันทุกศูนย์

3. ครูเตือนให้นักเรียนปฏิบัติตามคู่มือนักเรียนอย่างเคร่งครัดและให้นักเรียนศึกษาบัตรเนื้อหาประกอบการทำกิจกรรมไปด้วย

4. ในขณะที่นักเรียนปฏิบัติกิจกรรมนั้น เมื่อนักเรียนมีข้อสงสัย ครูจะเดินไปตามศูนย์ต่าง ๆ อธิบายและตอบข้อสงสัยเหล่านั้น ขณะเดียวกันครูใช้แบบสังเกตพฤติกรรมของแต่ละกลุ่ม ตรวจสอบพฤติกรรมการเรียนในแต่ละศูนย์ควบคู่ไปด้วย

ขั้นสรุป

1. ครูให้ตัวแทนนักเรียนแต่ละกลุ่มออกมารายงานผลการทดลองในศูนย์ของตนเองจนครบครบทุกศูนย์

2. ครูและนักเรียนช่วยกันสรุปโดยตั้งคำถามนำว่ามอเตอร์หมุนได้มีหลักการอย่างไร (มีกระแสไฟฟ้าผ่านเข้าไปในขดลวดที่อยู่ในสนามแม่เหล็ก)

3. ทิศทางการหมุนขึ้นอยู่กับอะไรบ้าง (ขึ้นอยู่กับทิศของกระแสไฟฟ้า และทิศของสนามแม่เหล็ก)

4. เราจะหาทิศของแรงที่กระทำกับขดลวดตัวนำได้อย่างไร (ใช้มือขวา ให้นิ้วทั้งสี่แทนทิศของกระแสไฟฟ้าผ่านขดลวดตัวนำ กำนิ้วทั้งสี่ไปหาทิศของสนามแม่เหล็กเป็นมุม 90 องศา นิ้วหัวแม่มือจะแทนทิศของแรงที่กระทำกับลวดตัวนำนั้น)

5. ขนาดของโมเมนต์การหมุนมีค่ามากน้อยขึ้นอยู่กับอะไรบ้าง (ขึ้นอยู่กับขนาดโดไซด์ของมุมที่ระนาบของขดลวดทำมุมกับสนามแม่เหล็ก)

6. โมเมนต์ของการหมุนมีค่าสม่ำเสมอหรือไม่ (ไม่สม่ำเสมอ)

7. ถ้าต้องการให้โมเมนต์การหมุนมีค่าสม่ำเสมอควรทำอย่างไร (ควรเพิ่มระนาบของขดลวดมากขึ้นจากเดิมที่มีเพียงระนาบเดียว

8. ครูนำแผ่นใสแสดงให้นักเรียนทราบจุดประสงค์การเรียนในคาบนี้

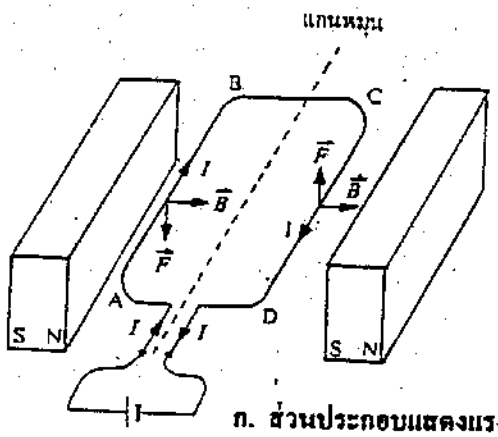
9. เราจะมาดูกันว่า ที่นักเรียนทำกิจกรรมนั้นถูกต้องเพียงใด ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มแลกเปลี่ยนกันตรวจ โดยครูแจกบัตรเฉลยคำถามให้

10. ครูให้นักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียน โดยไม่ให้นักเรียนปรึกษากัน ใช้เวลา 10 นาที

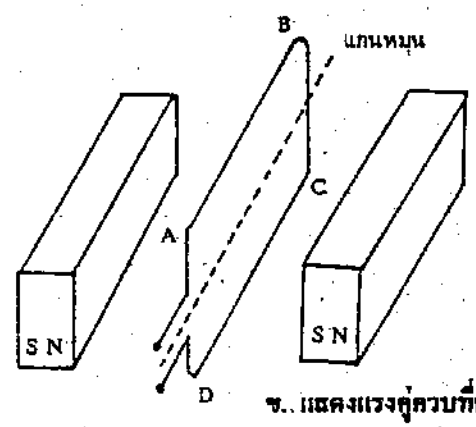
เนื้อเรื่อง

เรื่อง มอเตอร์กระแสตรง

นักเรียนทราบแล้วว่า เมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่านขดลวดตัวนำที่วางอยู่ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็กจะเกิดโมเมนต์ของแรงคู่ควบซึ่งจะทำให้ขดลวดหมุนไปจนสนามแม่เหล็กเนื่องจากกระแสในขดลวดมีทิศเดียวกับสนามแม่เหล็กภายนอก เราสามารถนำหลักการเช่นนี้ไปใช้สร้างมอเตอร์กระแสตรง ซึ่งจะได้ศึกษาส่วนประกอบและหลักการทำงานของมอเตอร์กระแสตรงดังต่อไปนี้



ก. ส่วนประกอบแสดงแรงคู่ควบที่กระทำต่อขดลวดเมื่อกระแสผ่านเข้าทาง A



ข. แสดงแรงคู่ควบที่กระทำต่อขดลวดเมื่อกระแสยังผ่านเข้าทาง A

รูปที่ 1 ส่วนประกอบแสดงแรงคู่ควบที่กระทำต่อขดลวดเมื่อกระแสผ่านเข้าทางด้าน A

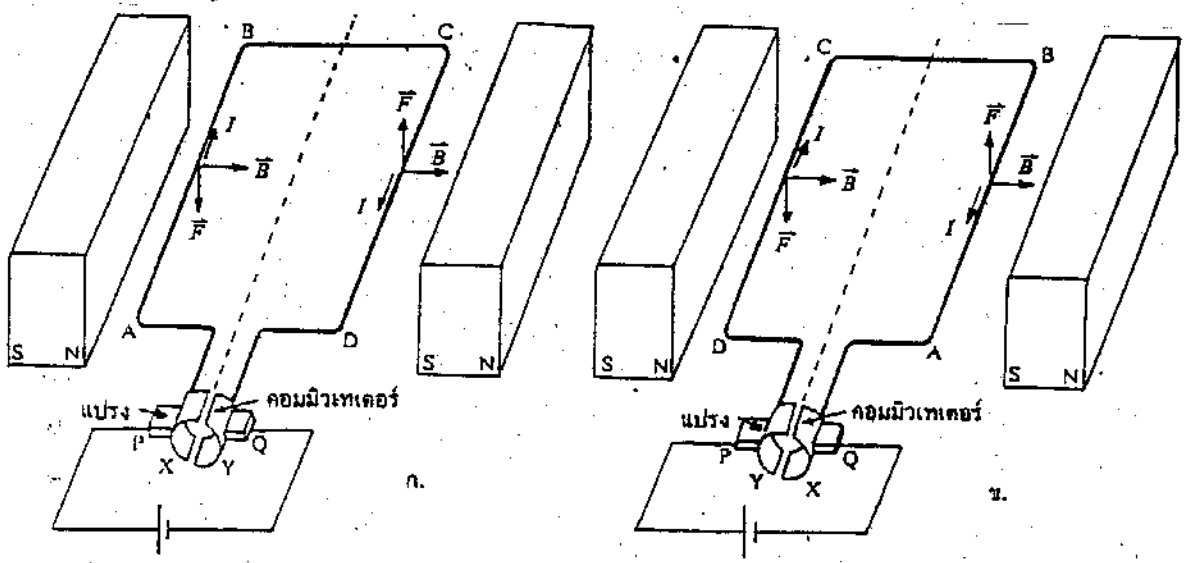
1. ขดลวดตัวนำ ABCD ทำด้วยทองแดงอาบน้ำยาที่เป็นฉนวน พันรอบแกนสี่เหลี่ยมซึ่งประกอบอยู่กับแกนหมุน โดยที่ปลายทั้งสองของลวดทองแดงยื่นออกมาเพื่อให้กระแสไฟฟ้าผ่านขดลวด ขดลวดนี้อยู่ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็กสม่ำเสมอเมื่อให้กระแสผ่านขดลวดตัวนำจะเกิดโมเมนต์ของแรงคู่ควบทำให้ขดลวดนี้หมุนเบนไปจากแนวเดิม

2. ขณะที่ระนาบของขดลวดตัวนำ ABCD ขนานกับสนามแม่เหล็ก ดังรูปที่ 1ก ลวดตัวนำส่วน AB จะอยู่ใกล้ขั้วเหนือ และ CD จะอยู่ใกล้ขั้วใต้ ตามลำดับ โมเมนต์ของแรงคู่ควบที่เกิดขึ้นจะทำให้ขดลวดหมุนทวนเข็มนาฬิกา เมื่อขดลวดหมุนมาได้ 1/4 รอบ (90 องศา) นั่นเอง ระนาบของขดลวด ABCD จะตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก B แรง F ที่กระทำกับขดลวด ABCD จะอยู่ในแนวขนานกับระนาบ ABCD จึงไม่มีผลให้เกิดแรงคู่ควบ

ที่ทำให้ขดลวดหมุน จะเป็นดังรูปที่ 1ข. โมเมนต์ของแรงคู่ควบที่กระทำต่อขดลวด ABCD จึงมีค่าเป็นศูนย์

3. ขดลวดจากรูปที่ 1ข. สามารถเคลื่อนที่ไปได้อีกเล็กน้อยเนื่องจากความเฉื่อย ของขดลวด หลังจากขดลวดเคลื่อนที่ผ่านตำแหน่งที่ตั้งฉากกับสนามแม่เหล็กแล้ว โมเมนต์ของแรงคู่ควบที่กระทำต่อขดลวดจะกลับทิศทำให้ขดลวดหมุนตามเข็มนาฬิกา นั่นคือ ขดลวดจะถูกบิดกลับมายังตำแหน่งตั้งฉากอีก จากสถานการณ์เช่นนี้ทำให้ขดลวดขยับกลับมาอีกเล็กน้อย แล้วหยุดนิ่ง ณ ตำแหน่งที่ระนาบของขดลวดตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก

4. เพื่อที่จะให้ขดลวด ABCD หมุนต่อเนื่องไปในทางใดทางหนึ่งจึงจำเป็นต้องมีอุปกรณ์สำหรับเปลี่ยนทิศของกระแสไฟฟ้าในขดลวดซึ่งในกรณีนี้ได้แก่ **คอมมิวเตเตอร์** และ **แปรง** ดังรูปที่ 2

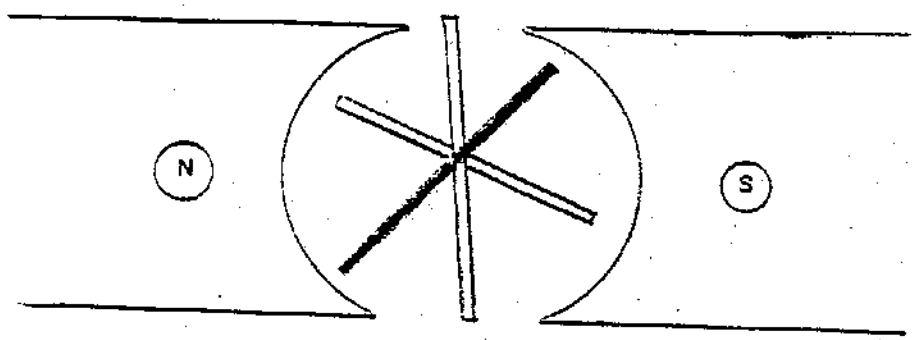


รูปที่ 2 ส่วนประกอบของมอเตอร์ไฟฟ้า

5. คอมมิวเตเตอร์ทำด้วยโลหะตัวนำรูปทรงกระบอกผ่าซีกสัมผัสกับปลายของตัวนำที่เรียกว่า แปรง จะสังเกตการหมุนของขดลวด ขณะให้กระแสไฟฟ้าผ่านแปรง และคอมมิเตเตอร์ ได้ดังนี้ ในรูปที่ 2ก. กระแสไฟฟ้าในขดลวดมีทิศตามแนว ABCD ทำให้เกิดโมเมนต์ของแรงคู่ควบหมุนขดลวด **ทวนเข็มนาฬิกา** เมื่อขดลวดหมุนไปจนระนาบของขดลวดตั้งฉากกับทิศของสนามแม่เหล็ก ผลของความเฉื่อย จะทำให้ขดลวดหมุนต่อไปอีกเล็กน้อย ทำให้**แปรงไฟฟ้า P และ Q** จะเปลี่ยนไปสัมผัสกับ **คอมมิวเตเตอร์ Y และ X** ตามลำดับ

เป็นเหตุให้กระแสไฟฟ้าในขดลวด มีทิศตามแนว DCBA โมเมนต์ของแรงคู่ควบที่เกิดขึ้นในตอนนี้จะทำให้ขดลวดหมุนในทางเดิมต่อไปอีก ดังรูปที่ 2ข. การเปลี่ยนทิศของกระแสในขดลวดจะมีขึ้นทุก ๆ ครั้งที่ระนาบขดลวดตั้งฉากกับทิศของสนามแม่เหล็ก ดังนั้นขดลวดตัวนำจึงหมุนไปในทางเดียวอย่างต่อเนื่องตลอดเวลา

6. มอเตอร์กระแสตรงที่มีขดลวดตัวนำเพียงระนาบเดียว จึงต้องใช้คอมมิวเตเตอร์ 1 คู่ ถ้าพิจารณาในขณะที่ระนาบของขดลวดตัวนำตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก โมเมนต์ของแรงคู่ควบจะมีค่าเป็นศูนย์ ตามสมการ $M = NIAB \cos$ เมื่อ $\cos 90° = 0$ แต่ขดลวดตัวนำจะเคลื่อนที่ออกไปได้อีกเนื่องมาจากความเฉื่อย ดังนั้น ตำแหน่งที่ระนาบของขดลวดตัวนำตั้งฉากกับสนามแม่เหล็กจึงเป็นตำแหน่งที่มอเตอร์มีโมเมนต์น้อยที่สุด เพื่อที่จะให้โมเมนต์คู่ควบที่กระทำต่อขดลวดมีค่าสม่ำเสมอมากขึ้น จึงต้องเพิ่มขดลวดตัวนำในระนาบอื่นอีก โดยใช้ตั้งแต่ 3 ระนาบขึ้นไป ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 แสดงภาคตัดขวางมอเตอร์ที่มีขดลวดหลายระนาบ

7. มอเตอร์กระแสตรงนำไปใช้ประโยชน์ เช่น

7.1 ใช้เป็นส่วนประกอบในของเด็กเล่นเพื่อทำให้เกิดการเคลื่อนที่หรือการหมุน

7.2 ใช้ในการทำให้เครื่องยนต์ในรถยนต์เริ่มทำงาน

7.3 เป็นตัวหมุนเทปในเครื่องบันทึกเสียง

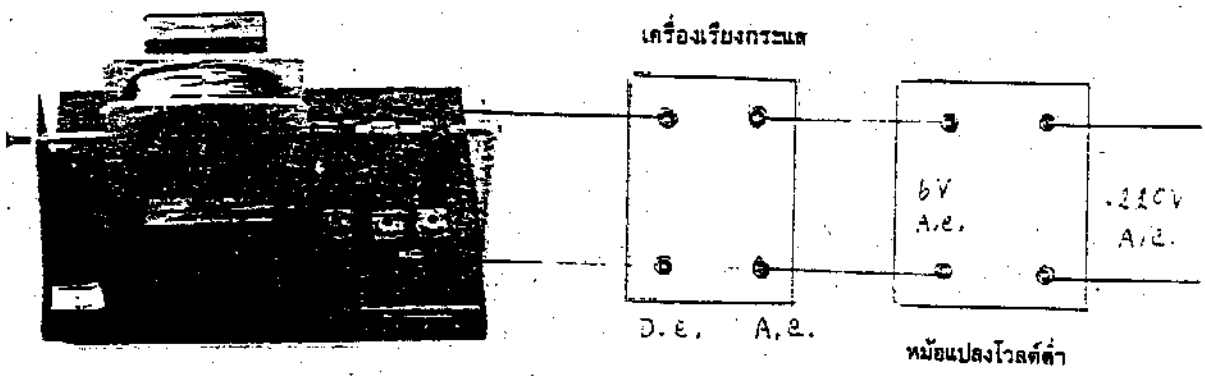
7.4 เป็นตัวหมุนเครื่องยนต์ของรถในช่วงเริ่มสตาร์ท

บัตรกิจกรรม

เรื่อง มอเตอร์กระแสตรง

นักเรียนประกอบเครื่องมือตามลำดับดังนี้

1. ใช้สายไฟฟ้าต่อกับขั้ว d.c. กับชุดสาธิตมอเตอร์กระแสไฟฟ้าตรง อีกปลายหนึ่งต่อเข้ากับหม้อแปลงไฟฟ้าโวลต์ต่ำ 6V – 8V ดังรูป



รูปแสดงการประกอบติดตั้งมอเตอร์กระแสตรง

2. เปิดสวิตช์หม้อแปลงไฟฟ้าโวลต์ต่ำ ถ้าขดลวดมอเตอร์ยังไม่หมุน ซึ่งอาจจะเพราะความเสียดทานระหว่างแกนของขดลวดกับที่รองรับแกน นักเรียนจึงควรช่วยหมุนขดลวด อาจหมุนทวนเข็มนาฬิกาหรือตามเข็มนาฬิกาก็ได้ สังเกตว่าขดลวดหมุนไปทางใด

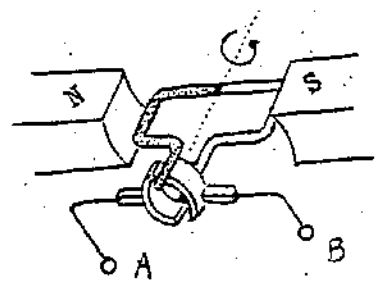
3. ทดลองสลับขั้วสายไฟดูว่าขดลวดจะหมุนทางใด

4. ตอบคำถามในบัตรคำถาม

คำถาม
เรื่อง มอเตอร์กระแสตรง

จากการทำกิจกรรมเพื่อศึกษาการทำงานของมอเตอร์ ให้นักเรียนตอบคำถามดังนี้

1. เมื่อมีกระแสผ่านขดลวด ขดลวดมีการเคลื่อนที่หรือไม่
2. เมื่อนำขดลวดไปไว้ในสนามแม่เหล็ก โดยให้ระนาบของขดลวดขนานกับทิศของสนามแม่เหล็ก แล้วผ่านกระแสเข้าไปจะเกิดอะไรขึ้นกับขดลวด
3. การที่ขดลวดเคลื่อนที่ได้ แสดงว่ามีอะไรมากระทำ
4. จากข้อ 4 แรงนั้นเป็นแรงอะไร
5. กระแสที่ผ่านเข้าไปในขดลวดเป็นกระแสไฟฟ้าอะไร
6. เมื่อผ่านกระแสไฟฟ้าตรงเข้าในขดลวดซึ่งอยู่ระหว่างสนามแม่เหล็กรูปตัวยู เกิดแรงแม่เหล็กซึ่งทำให้ขดลวดที่มีแกนติดอยู่หมุนได้ จะเรียกเครื่องมือนี้ว่าอะไร
7. มอเตอร์ไฟฟ้าคืออะไร
8. ถ้าต้องการให้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงหมุนตามเข็มนาฬิกาจะมีวิธีการอย่างไร
9. ถ้าไม่มีคอมมิวเตเตอร์และแปรง ขดลวดจะเคลื่อนที่อย่างไร
10. เพราะเหตุใดมอเตอร์กระแสตรงชนิดที่มีขดลวดตัวนำหลายระนาบจึงมีขนาดของโมเมนต์ของแรงคู่ควบเปลี่ยนแปลงน้อยกว่าชนิดที่มีเพียงระนาบเดียว
11. จากรูปแสดงการหมุนของขดลวดตัวนำในสนามแม่เหล็ก อยากทราบว่า ปลาย A และ B ต่อกับขั้วไฟฟ้าชนิดใด



12. ขดลวดตัวนำรูปสี่เหลี่ยมที่ใช้ในมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงเครื่องหนึ่งมีพื้นที่ 20 ตารางเซนติเมตร จำนวน 50 รอบ มีกระแสไฟฟ้าผ่าน 5 แอมแปร์ วางอยู่ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็กขนาดสม่ำเสมอ 20 เทสลา ถ้าระนาบของขดลวดในมอเตอร์นี้ทำมุม 0, 15, 30, 45, 60, 75 และ 90 องศา กับทิศของสนามแม่เหล็ก จงหา

12.1 ค่าโมเมนต์ของแรงคู่ควบนี้เมื่อระนาบของขดลวดทำมุมต่าง ๆ กับทิศสนามแม่เหล็กและเขียนกราฟระหว่างค่าโมเมนต์ของแรงคู่ควบกับมุมต่าง ๆ

12.2 ค่าโมเมนต์ของแรงคู่ควบที่กระทำต่อขดลวดนี้คงตัวหรือไม่

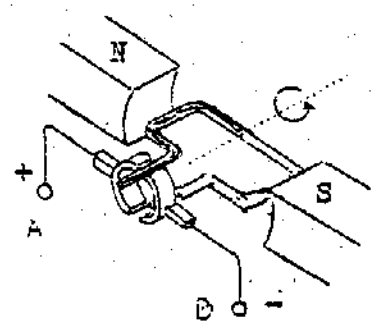
12.3 ค่าโมเมนต์ของแรงคู่ควบที่กระทำกับขดลวดนี้มีค่ามากที่สุดเมื่อใด

12.4 ค่าโมเมนต์ของแรงคู่ควบที่กระทำกับขดลวดนี้มีค่าน้อยที่สุดเมื่อใด

12.5 ถ้าต้องการให้โมเมนต์ของแรงคู่ควบนี้มีค่าเปลี่ยนแปลงน้อยลงจะต้องทำอย่างไร

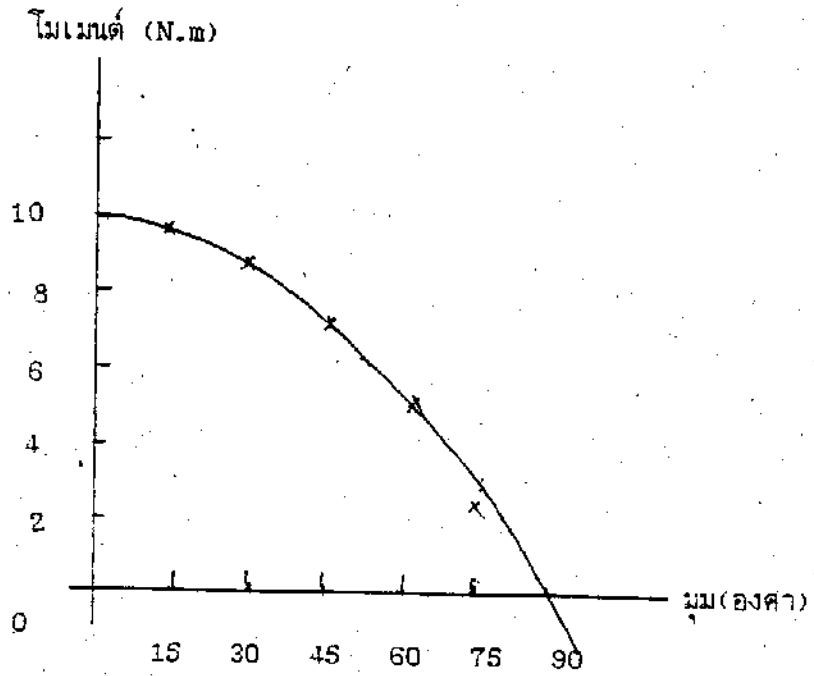
เฉลยคำถาม
เรื่อง มอเตอร์กระแสตรง

1. เกิดสนามแม่เหล็กขึ้นรอบ ๆ ในระนาบที่ตั้งฉากกับเส้นลวด
2. ขดลวดหมุนรอบแกนตัวเองได้
3. มีแรงมากระทำ
4. แรงคู่ควบ
5. กระแสไฟฟ้าตรง
6. เรียกว่า มอเตอร์กระแสตรง
7. อุปกรณ์ที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานกล
8. สลับขั้วไฟฟ้าให้กระแสไฟฟ้าอีกด้านหนึ่ง
9. ขดลวดจะเคลื่อนที่กลับไปกลับมา
10. ในขณะที่มอเตอร์หมุน โมเมนต์ของแรงคู่ควบของขดลวดในระนาบใดระนาบหนึ่ง มีค่าลดน้อยลง แต่ขณะเดียวกันยังมีโมเมนต์ของแรงคู่ควบของขดลวดในระนาบอื่นช่วยเสริม ทำให้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงที่มีขดลวดตัวนำหลายระนาบมีขนาดของโมเมนต์ของแรงคู่ควบเปลี่ยนแปลงน้อยกว่าชนิดที่มีขดลวดเพียงระนาบเดียว
11. A ต่อกับขั้วไฟฟ้าบวก และ B ต่อกับขั้วไฟฟ้าลบ ดังรูป



12. 12.1

มุม(องศา)	โมเมนต์(N.m)
0	10.0
15	9.7
30	8.7
45	7.0
60	5.0
75	2.6
90	0.0



12.2 ค่าโมเมนต์ของแรงคู่ควบที่กระทำต่อขดลวดนี้ไม่คงตัว

12.3 เมื่อระนาบของขดลวดทำมุม 0 องศา กับทิศสนามแม่เหล็ก

12.4 เมื่อระนาบของขดลวดทำมุม 90 องศา กับทิศสนามแม่เหล็ก

12.5 ถ้าต้องการให้โมเมนต์ของแรงคู่ควบนี้มีค่าเปลี่ยนแปลงน้อยลงจะต้องเพิ่มขดลวดในระนาบอื่นอีก

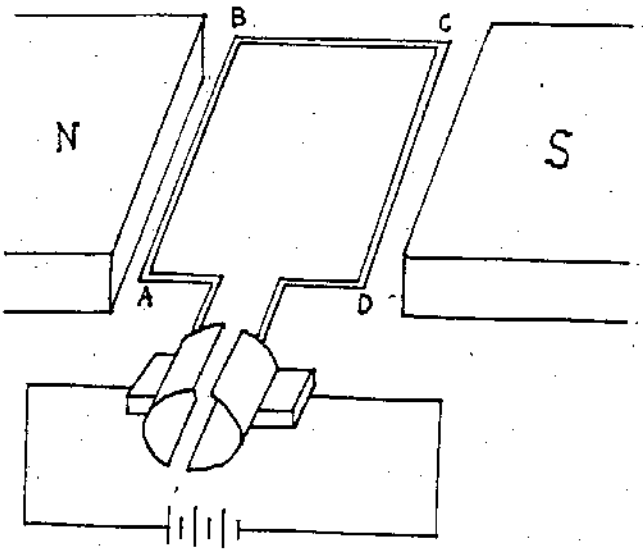
แบบทดสอบ

เรื่อง มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

คำชี้แจง จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว แล้วทำเครื่องหมาย x ตรงข้อนั้นในกระดาษคำตอบ เวลา 10 นาที

---

1. ถ้าต่อแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงเข้ากับมอเตอร์ดังรูปต่อไปนี้ จะเกิดปรากฏการณ์



ก. ขดลวดจะหยุดนิ่ง

ข. ขดลวดจะหมุนกลับไปกลับมา

ค. ขดลวดจะหมุนตามเข็มนาฬิกาไปตลอด เมื่อมองทางด้าน AD

ง. ขดลวดจะหมุนทวนเข็มนาฬิกาไปตลอด เมื่อมองทางด้าน AD

2. คอมมิวเตเตอร์ มีหน้าที่อย่างไร

ก. กลับทิศของกระแสไฟฟ้า

ข. นำกระแสไฟฟ้าเข้าออกจากขดลวด

ค. แปลงไฟฟ้ากระแสสลับเป็นกระแสตรง

ง. ยอมให้กระแสไฟฟ้าผ่านได้ทางเดียว

3. ในมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ข้อใดที่มีความสำคัญมากที่สุด

ก. กระแสมาก ๆ

ข. คอมมิวเตเตอร์และแปรง

ค. แม่เหล็กที่มีกำลังแรงมาก ๆ

ง. จำนวนรอบของขดลวดมาก ๆ

4. การที่ขดลวดในมอเตอร์จะหมุนเร็วหรือช้า ขึ้นอยู่กับ

(1) ความเข้มของสนามแม่เหล็ก

(2) จำนวนรอบของขดลวด

(3) พื้นที่หน้าตัดของขดลวด

(4) ปริมาณกระแสไฟฟ้า

คำตอบที่ถูกต้องคือข้อใด

ก. ข้อ 1,2 และ 3

ข. ข้อ 1,3 และ 4

ค. ข้อ 2,3 และ 4

ง. ข้อ 1,2,3 และ 4

5. ข้อใดกล่าวได้ถูกต้อง

ก. ขณะมอเตอร์หมุนจะเกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าด้านกลับซึ่งมีทิศเสริมกับแรงเคลื่อนไฟฟ้าเดิม

ข. ขณะมอเตอร์เริ่มหมุนจะมีกระแสไฟฟ้าผ่านมอเตอร์น้อยกว่าขณะมอเตอร์กำลังหมุนด้วยอัตราเร็วคงที่

ค. ถ้าเพิ่มขดลวดตัวนำในระนาบอื่นอีกภายขดลวดจะทำให้โมเมนต์คู่ควบที่กระทำต่อขดลวดมีค่าสม่ำเสมอมากขึ้น

ง. ถ้าเราใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีมอเตอร์เป็นส่วนประกอบในขณะที่แรงเคลื่อนไฟฟ้าตกจะไม่เกิดอันตรายกับเครื่องใช้ไฟฟ้านั้น เพราะแรงเคลื่อนไฟฟ้ามีค่าน้อย

7. มอเตอร์กระแสตรงนำไปใช้ประโยชน์ในข้อใด

(1) ใช้ทำให้เครื่องยนต์ในรถยนต์ทำงาน

(2) ใช้เป็นตัวหมุนเทปในเครื่องบันทึกเสียง

(3) ใช้เป็นส่วนประกอบในของเด็กเล่นประเภทที่ทำให้เกิดการเคลื่อนที่หรือการหมุน

ข้อใดถูกต้อง

ก. ข้อ 1 และ 2

ข. ข้อ 1 และ 3

ค. ข้อ 2 และ 3

ง. ข้อ 1, 2 และ 3

6. การเพิ่มขดลวดในมอเตอร์จะมีผลอย่างไร

ก. ช่วยให้ประหยัดไฟฟ้า

ข. ทำให้แรงคู่ควบมีค่ามากขึ้น

ค. ทำให้มอเตอร์หมุนเร็วขึ้น

ง. ทำให้โมเมนต์ของแรงคู่ควบมีค่าสม่ำเสมอมากที่สุด

โจทย์ใช้ตอบข้อ 8–10

ขดลวดในมอเตอร์กระแสตรงมีพื้นที่ 10 ตารางเซนติเมตร วางอยู่ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็ก 5 เทสลา ถ้าจำนวนรอบของขดลวดตัวนำ 400 รอบ และมีกระแสผ่าน 10 แอมแปร์

8. โมเมนต์ของแรงคู่ควบสูงสุดมีค่าเท่าใด

ก. 10 นิวตัน.เมตร

ข. 20 นิวตัน.เมตร

ค. 30 นิวตัน.เมตร

ง. 40 นิวตัน.เมตร

9. ถ้าระนาบของขดลวดทำมุม 60 องศากับแรงของสนามแม่เหล็ก โมเมนต์ของแรงคู่ควบมีค่าเท่าใด

ก. 10 นิวตัน.เมตร

ข. 20 นิวตัน.เมตร

ค. 30 นิวตัน.เมตร

ง. 40 นิวตัน.เมตร

10. แรงที่เกิดบนขดลวดที่ตั้งฉากกับสนามแม่เหล็กมีค่าเท่าใด ถ้าขดลวดนี้ยาว 5 เซนติเมตร

ก. 1.25 นิวตัน

ข. 2.16 นิวตัน

ค. 2.50 นิวตัน

ง. 4.32 นิวตัน

เฉลยแบบทดสอบ

ชุดที่ 8

ข้อ	1	ง	
	2	ง	
	3	ข	
	4	ง	
	5	ค	
ข้อ	6	ง	
	7	ง	
	8	ข	
	9	ก	
	10	ค	

บันทึกข้อความ

331

ส่วนราชการ

ที่ วันที่ 17 พฤศจิกายน 2537

เรื่อง เชิญเข้ารับการนิเทศ

เรียน หัวหน้าหมวดวิทยาศาสตร์

เนื่องจากในวันที่ 17 พฤศจิกายน 2537 เวลา 10.00 - 12.00 น. จะมีคณะวิทยากร จากโรงเรียนประชารัฐวิทยาเสริมและโรงเรียนมัญจาศึกษา จำนวน 2 ท่าน มาให้ความรู้ในเรื่อง การใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนภาคปฏิบัติ ซึ่งมีประโยชน์ในการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ จึงขอเรียนเชิญอาจารย์ที่ว่างในช่วงเวลาดังกล่าว และมีความประสงค์เข้ารับการนิเทศในครั้งนี้ กรุณาแจ้งความประสงค์ภายในวันที่ 15 พฤศจิกายน 2537

จึงเรียนมาเพื่อทราบ

(นางสาวสงวนศรี ภักดิยานุจรรตน์)

เรียน อาจารย์หมวดวิทยาศาสตร์

รบกวนอาจารย์ว่างในคาบ 3-4 ของวันที่ 17 พย. 2537 เข้ารับการนิเทศ เรื่อง การใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ ของครูพี่เลี้ยง ประจำหน่วยฝึกสอน และนักเรียนฝึกสอนด้วยครับ

15 พย. 2537

รายชื่ออาจารย์ผู้เข้ารับการนิเทศ

1. 7. 13.
2. 8. 14.
3. 9. 15.
4. 10. 16.
5. 11. 17.
6. 12. 18.

แบบสังเกตพฤติกรรม รายวิชา วิชาฟิสิกส์ (ว 023)

ชื่อผู้สังเกต..... ชุดการสอนที่.....

โปรดกาเครื่องหมาย / ในช่องที่ต้องการ

ความหมายของคะแนน 1 = ต้องปรับปรุง 2 = ปานกลาง 3 = ดี

พฤติกรรม	น้ำหนักคะแนน	การทดลองที่สังเกต												
		ศูนย์ที่1			ศูนย์ที่2			ศูนย์ที่3			ศูนย์ที่4			
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	รวม
1. เทคนิคการทดลอง														
1.1 การหยิบหรือจับอุปกรณ์	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	...
1.2 การใช้อุปกรณ์	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	...
2. การดำเนินการทดลอง		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	...
2.1 การติดตั้งอุปกรณ์	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	...
2.2 การปฏิบัติตามวิธีการ	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	...
2.3 ความปลอดภัย	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	...
2.4 การแก้ไขปัญหา	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	...
3. การคิดหาวิธีการใหม่	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	...
4. ทักษะการสังเกต	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	...
5. การเก็บอุปกรณ์หลังการทดลอง	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	...
6. สภาพของอุปกรณ์หลังการทดลอง	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	...
7. อุบัติเหตุและการเสี่ยงต่ออุบัติเหตุ	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	...
8. ความสะอาดและความมีระเบียบ	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	...
9. การมีส่วนร่วมในการทดลอง	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	...
10. เวลาที่ใช้ในการทดลอง	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	...
คะแนนรวม 20	20													

รวม* = น้ำหนักคะแนน x คะแนนรายข้อ

ข้อคิดเห็นเพิ่มเติมเกี่ยวกับทักษะการปฏิบัติของนักเรียน _____

เกณฑ์การตรวจให้คะแนนพฤติกรรม

พฤติกรรม	ระดับคะแนน		
	1 = ต้องปรับปรุง	2 = ปานกลาง	3 = ดี
1. เทคนิคการทดลอง 1.1 การหยิบ หรือจับอุปกรณ์	ครูต้องแนะนำจึงจะ หยิบ จับ ยก หรือ ถืออุปกรณ์การทดลองได้ถูกต้องตามหลักวิธี	หยิบ จับ ยก หรือ ถืออุปกรณ์การทดลองได้ถูกต้องตามหลักวิธี โดยครูชี้แนะไม่เกิน 1 ครั้ง	หยิบ จับ ยก หรือ ถืออุปกรณ์การทดลองได้ถูกต้องตามหลักวิธี โดยครูไม่ต้องแนะนำ
1.2 การใช้อุปกรณ์	ภายใต้การแนะนำของครู นักเรียนสามารถใช้เครื่องมือหรืออุปกรณ์ง่าย ๆ ได้	นักเรียนสามารถใช้เครื่องมือได้เหมาะสม ถูกต้อง โดยครูแนะนำไม่เกิน 1 ครั้ง	ใช้เครื่องมือได้อย่าง มีประสิทธิภาพ มีความถูกต้องแม่นยำ โดยครูไม่ต้องแนะนำ
2. การดำเนินการทดลอง 2.1 การติดตั้งอุปกรณ์	ติดตั้งอุปกรณ์ตามรูป แผนผัง วงจร หรือตามที่กำหนดให้ได้ถูกต้องเป็นส่วนน้อย และครูต้องแนะนำวิธีการให้	ติดตั้งอุปกรณ์ได้ถูกต้องตามรูป แผนผัง วงจรหรือตามวิธีการกำหนดให้ได้ โดยครูแนะนำไม่เกิน 1 ครั้ง	ติดตั้งอุปกรณ์ได้ถูกต้องตามรูป หรือตามที่กำหนดให้ อย่างแม่นยำ และมีประสิทธิภาพ โดยครูไม่ต้องแนะนำ
2.2 การปฏิบัติตามวิธีการ	ดำเนินการทดลองได้ถูกต้องตามลำดับขั้นตอนที่กำหนดไว้เป็นบางส่วนหรือครูต้องแนะนำเป็นส่วนมาก	ดำเนินการทดลองได้ถูกต้องเหมาะสม ตามลำดับขั้นตอนที่กำหนดไว้ หรือ ครูแนะนำไม่เกิน 2 ครั้ง	ดำเนินการทดลองได้ถูกต้องแม่นยำ และมีประสิทธิภาพตามขั้นตอนที่กำหนดไว้ โดยครูไม่ต้องแนะนำ
2.3 ความปลอดภัย	ขาดความระมัดระวังในการดำเนินการทดลอง ปฏิบัติด้วยความประมาท หยอกล้อกันขณะดำเนินการทดลอง	ดำเนินการทดลองอย่างระมัดระวัง ปฏิบัติด้วยความไม่ประมาท แต่หยอกล้อกันขณะดำเนินการทดลอง	ดำเนินการทดลองอย่างระมัดระวัง ปฏิบัติด้วยความไม่ประมาทและไม่หยอกล้อกันขณะดำเนินการทดลอง

เกณฑ์การตรวจให้คะแนน (ต่อ)

พฤติกรรม	ระดับคะแนน		
	1 = ต้องปรับปรุง	2 = ปานกลาง	3 = ดี
2.4 การแก้ไขปัญหา	ภายใต้การแนะนำของครู สามารถแก้ไขปัญหาต่างๆหรือปรับปรุงวิธีการทดลองขณะดำเนินการทดลองได้ แต่ครูต้องแนะนำหลายครั้งจึงจะปฏิบัติได้	สามารถแก้ไขปัญหา หรือปรับปรุงวิธีการต่างๆที่เกิดขึ้นขณะดำเนินการทดลองได้ โดยครูแนะนำไม่เกิน 1 ครั้ง	สามารถแก้ไขปัญหา หรือปรับปรุงวิธีการต่างๆที่เกิดขณะดำเนินการทดลอง ได้ถูกต้อง เหมาะสม และมีประสิทธิภาพ โดยครูไม่ต้องแนะนำ
3. การคิดหาวิธีการใหม่	ไม่ได้คิดหาวิธีการใหม่ หรือไม่ได้เขียนข้อเสนอแนะหรือได้คิดหาวิธีการใหม่หรือได้เขียนข้อเสนอแนะแต่วิธีการหรือข้อเสนอแนะนั้นไม่ถูกต้อง	ได้คิดหาวิธีการใหม่หรือเขียนข้อเสนอแนะในการทดลองแต่วิธีการหรือข้อเสนอแนะนั้นถูกเป็นบางส่วนเท่านั้น	ออกแบบการทดลองหรือคิดหาวิธีการใหม่ หรือเขียนข้อเสนอแนะในการทดลองและวิธีการที่เสนอหรือข้อเสนอแนะนั้นถูกต้อง
4. ทักษะการสังเกต	ภายใต้การแนะนำของครู สามารถสังเกตอุปกรณ์ เพื่อค้นหารายละเอียดหรือเปรียบเทียบหรือสังเกตผลการทดลองขณะดำเนินการทดลองได้	สามารถสังเกตอุปกรณ์ เพื่อค้นหารายละเอียดหรือเปรียบเทียบหรือสังเกตผลการทดลองขณะดำเนินการทดลองได้ถูกต้อง โดยครูแนะนำไม่เกิน 1 ครั้ง	สามารถสังเกตอุปกรณ์ เพื่อค้นหารายละเอียดหรือเปรียบเทียบหรือสังเกตผลการทดลองได้ถูกต้อง แม่นยำและมีประสิทธิภาพโดยครูไม่ต้องแนะนำ
5. การเก็บอุปกรณ์หลังการทดลอง	ไม่ได้เก็บอุปกรณ์หลังการทดลองหรือเก็บแต่ไม่ได้ทำความสะอาดเสียก่อน	ทำความสะอาดอุปกรณ์การทดลองก่อนเก็บเข้าที่แต่เก็บอุปกรณ์ไม่เป็นระเบียบ	ทำความสะอาดอุปกรณ์การทดลองก่อนเก็บเข้าที่และเก็บอย่างเป็นระเบียบ
6. สภาพของอุปกรณ์หลังการทดลอง	มีอุปกรณ์ชำรุดหรือสูญหายมากกว่า 1 ชิ้น	อุปกรณ์ชำรุดหรือสูญหายไม่เกิน 1 ชิ้น	อุปกรณ์มีสภาพดีเหมือนก่อนการทดลองและไม่มีชำรุดหรือสูญหาย

เกณฑ์การตรวจให้คะแนน (ต่อ)

พฤติกรรม	ระดับคะแนน		
	1 = ต้องปรับปรุง	2 = ปานกลาง	3 = ดี
7. อุบัติเหตุและการเสี่ยงต่ออุบัติเหตุ	มีอุบัติเหตุเกิดขณะดำเนินการทดลองหรือสมาชิกภายในกลุ่มหยอกล้อ หรือเล่นอุปกรณ์ ขณะดำเนินการทดลองเป็นส่วนมาก	ไม่มีอุบัติเหตุขณะดำเนินการทดลองแต่สมาชิกบางคนภายในกลุ่มหยอกล้อ หรือเล่นอุปกรณ์การทดลอง	ไม่มีอุบัติเหตุเกิดขณะดำเนินการทดลองและไม่มีการหยอกล้อหรือเล่นอุปกรณ์ระหว่างดำเนินการทดลอง
8. ความสะอาดและความมีระเบียบ	บริเวณที่ทำการทดลองหรือโต๊ะปฏิบัติการสกปรก ไม่เป็นระเบียบ และไม่จัดให้เข้าที่	บริเวณที่ทำการทดลอง หรือโต๊ะปฏิบัติการสะอาด แต่ไม่เป็นระเบียบหรือไม่จัดให้เข้าที่	บริเวณที่ทำการทดลอง หรือโต๊ะปฏิบัติการสะอาด และเป็นระเบียบ จัดให้เข้าที่อย่างเรียบร้อย
9. การมีส่วนร่วมในการทดลอง	ไม่ให้ความร่วมมือกับสมาชิกภายในกลุ่มขณะทำการทดลองหรือทั้งก่อนและหลังการทดลอง	ให้ความร่วมมือกับสมาชิกในกลุ่มทดลองทั้งก่อน หรือ หลังหรือขณะทำการทดลอง แต่ให้ความร่วมมือเป็นบางครั้งไม่ตลอดการทดลอง	ให้ความร่วมมือกับสมาชิกในกลุ่มทดลองจนทำการทดลองแล้วเสร็จ หรือทั้งก่อนและหลังทำการทดลอง
10. เวลาที่ใช้ในการทดลอง	ดำเนินการทดลองเสร็จ หลังจากเวลาที่กำหนด มากกว่า 5 นาที	ดำเนินการทดลองเสร็จจากเวลาที่กำหนด ไม่เกิน 5 นาที	ดำเนินการทดลองเสร็จก่อนหรือทันตามเวลาที่กำหนดให้

แบบประเมินผลการตรวจรายงานการทดลอง

ชื่อ.....เลขที่.....ชั้น ม. 5/...

โปรดกาเครื่องหมาย / ในช่องที่ต้องการ

ความหมายของคะแนน 1=ต้องปรับปรุง 2=ปานกลาง 3=ดี

รายการ	การทดลองที่ตรวจ									รวม
	กิจกรรมที่13.1			กิจกรรมที่13.2			กิจกรรมที่13.3			
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
1. การเขียนจุดประสงค์										
2. การจัดกระทำกับข้อมูล										
3. การนำเสนอข้อมูล										
4. ความถูกต้องของข้อมูลที่นำเสนอ										
5. การแปลความหมายข้อมูลและการสรุปผล										
6. การตอบคำถามหลังการทดลอง										
7. ภาษาที่ใช้บันทึก										
8. ความสอดคล้องของการรายงานกับการปฏิบัติจริง										
9. ความสะอาดและความมีระเบียบ										
10. การส่งรายงานตามกำหนด										
คะแนนรวม										

ข้อคิดเห็นเพิ่มเติมเกี่ยวกับการตรวจรายงานของนักเรียน.....

เกณฑ์การตรวจให้คะแนน แบบประเมินรายงานภาคปฏิบัติ

รายการ	ระดับคะแนน		
	1 = ต้องปรับปรุง	2 = ปานกลาง	3 = ดี
1. การเขียนจุดประสงค์	ภายใต้การแนะนำของครูจึงจะเขียนจุดประสงค์การทดลองได้ถูกและคลุมเนื้อหาการทดลอง	เขียนจุดประสงค์การทดลองได้เองและถูกต้องแต่ไม่คลุมเนื้อหาการทดลอง	เขียนจุดประสงค์การทดลองได้เองและถูกต้อง คลุมเนื้อหาที่จะทำการทดลอง
2. การจัดกระทำกับข้อมูล	ภายใต้การแนะนำของครูสามารถนำเอาข้อมูลต่างๆ มาจัดกระทำใหม่ให้อยู่ในรูปที่ง่ายต่อการแปลความหมาย รวมถึงการคำนวณค่าต่าง ๆ ด้วย	นำเอาข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาจัดกระทำใหม่ให้อยู่ในรูปที่ง่ายต่อการแปลความหมายรวมถึงการคำนวณหาค่าต่าง ๆ ได้โดยครูแนะนำไม่เกิน 1 ครั้ง	นำเอาข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาจัดกระทำใหม่ ให้อยู่ในรูปที่ง่ายต่อการแปลความหมายได้ถูกต้อง ชัดเจนเหมาะสม รวมถึงคำนวณค่าต่างๆ ได้ถูกต้อง ด้วยตนเอง
3. การนำเสนอข้อมูล	ภายใต้การแนะนำของครูสามารถเลือกวิธีการนำข้อมูลที่จัดกระทำแล้ว มาถ่ายทอดให้คนอื่นเข้าใจได้	เลือกวิธีการนำข้อมูลที่จัดกระทำแล้วมาถ่ายทอดให้คนอื่นเข้าใจได้ง่าย โดยครูแนะนำไม่เกิน 1 ครั้ง	เลือกวิธีการนำข้อมูลที่จัดกระทำแล้วมาถ่ายทอดให้คนอื่นเข้าใจได้ง่าย รวดเร็วถูกต้องโดยครูไม่ต้องแนะนำ
4. ความถูกต้องของข้อมูลที่นำเสนอ	บันทึกผลการทดลองในบางส่วนไม่ครบตามที่ควรสังเกต หรือผลการทดลองไม่ถูกต้องคำนวณได้มีความคลาดเคลื่อนมาก	บันทึกผลการทดลองได้ครบตามที่ควรสังเกตเป็นส่วนมาก ผลการทดลองถูกต้อง ค่าที่คำนวณได้คลาดเคลื่อนน้อย	บันทึกผลการทดลองได้ครบตามที่ควรสังเกตทุกอย่าง ผลการทดลองถูกต้อง ค่าที่คำนวณได้ไม่มีความคลาดเคลื่อน

เกณฑ์การตรวจให้คะแนน แบบประเมินรายงานภาคปฏิบัติ (ต่อ)

รายการ	ระดับคะแนน		
	1 = ต้องปรับปรุง	2 = ปานกลาง	3 = ดี
5. การแปลความหมายของข้อมูลและการสรุปผล	ภายใต้การแนะนำของครู สามารถแปลความหมายของข้อมูลและสรุปเป็นหลักการได้ถูกต้อง	สามารถแปลความหมายของข้อมูลและสรุปเป็นหลักการได้ถูกต้อง โดยครูแนะนำไม่เกิน 1 ครั้ง	สามารถแปลความหมายของข้อมูลและสรุปผลเป็นหลักการได้ถูกต้องรัดกุม สมเหตุสมผล โดยครูไม่ต้องแนะนำ
6. การตอบคำถามหลังการทดลอง	ตอบคำถามไม่ครบทุกข้อหรือตอบคำถามถูกแต่ไม่เกิน 1 ใน 3 ของคำถามทั้งหมด	ตอบคำถามหลักการทดลองได้ถูกต้อง ชัดเจน 2 ใน 3 ของคำถามทั้งหมด	ตอบคำถามหลังการทดลองได้ถูกต้อง ชัดเจน ทุกข้อ
7. ภาษาที่ใช้บันทึก	ภายใต้การแนะนำของครู สามารถใช้ภาษาบันทึกผลการทดลองที่สื่อความหมายได้	ภาษาที่ใช้บันทึกการทดลองสามารถสื่อความหมายได้ดี แต่เยิ่นเย้อไม่กระชับ	ภาษาที่ใช้บันทึกการทดลองสามารถสื่อความหมายได้ดี มีความกระชับและเข้าใจง่าย
8. ความสอดคล้องของการรายงานกับการปฏิบัติจริง	บันทึกผลไม่สอดคล้องกับการปฏิบัติจริง คัดลอกจากกลุ่มอื่นหรือบิดเบือนความจริง	บันทึกผลได้สอดคล้องกับการปฏิบัติจริง มีน้อยมากที่คัดลอกจากกลุ่มอื่นหรือบิดเบือนความจริง	บันทึกผลการทดลองได้สอดคล้องกับการปฏิบัติจริง ไม่คัดลอกกลุ่มอื่นหรือไม่บิดเบือนความจริง
9. ความสะอาดและความมีระเบียบ	บันทึกผลการทดลองสกปรกไม่เป็นระเบียบ	บันทึกผลการทดลองได้สะอาดแต่ไม่เป็นระเบียบ	บันทึกผลการทดลองได้สะอาดและเป็นระเบียบ
10. การส่งรายงานตามกำหนด	ส่งรายงานไม่ทันหรือส่งงานช้ามากกว่า 15 นาที	ส่งงานช้าไม่เกิน 15 นาที	ส่งงานก่อนหรือทันตามกำหนด

ตารางการแปลความหมายของคะแนนจากแบบวัดภาคปฏิบัติในวิชาฟิสิกส์

แบบสังเกต	การทดลอง		
	1 = ต้องปรับปรุง	2 = ปานกลาง	3 = ดี
แบบสังเกต ก	40 - 44	45 - 51	52 - 56
แบบตรวจรายงาน	17 - 20	21 - 25	26 - 29

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

วิชา ฟิสิกส์ ว023

เรื่อง แม่เหล็ก–ไฟฟ้า

เวลา 100 นาที คะแนนเต็ม 40 คะแนน

คำสั่ง นักเรียนทำเครื่องหมาย (x) ลงในกระดาษคำตอบที่กำหนดให้ในข้อที่เห็นว่าถูกที่สุดเพียงข้อเดียว

---

1. ปริมาณเส้นแรงแม่เหล็กต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ซึ่งเส้นแรงผ่านในแนวตั้งฉากเรียกว่าปริมาณใด
   ก. จำนวนของฟลักซ์แม่เหล็ก
   ข. ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก
   ค. ฟลักซ์ความเหนี่ยวนำแม่เหล็ก
   ง. ความเข้มของเส้นแรงแม่เหล็ก

2. อุปกรณ์ที่ใช้ในการหาสนามแม่เหล็กคืออะไร
   (1) เข็มทิศ (2) ผงตะไบเหล็ก
   (3) แท่งแม่เหล็กอีกแท่งหนึ่ง
   คำตอบที่ถูกคือข้อใด
   ก. เฉพาะข้อ 1 ข. ข้อ 1 และ 3
   ค. ข้อ 2 และ 3 ง. ข้อ 1 และ 2

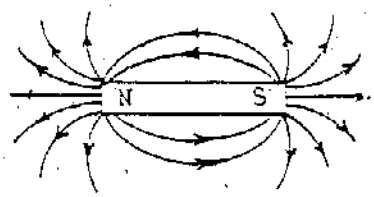
3. สนามแม่เหล็กมีสมบัติอย่างไร
   (1) เป็นปริมาณเวคเตอร์
   (2) มีทิศพุ่งจากขั้วเหนือไปขั้วใต้
   (3) มีแรงกระทำเกิดขึ้นเมื่อนำขั้วแม่เหล็กไปวาง ณ บริเวณนั้น
   (4) มีความเข้มสม่ำเสมอทุก ๆ จุด
   คำตอบที่ถูกต้องคือข้อใด
   ก. ข้อ 4
   ข. ข้อ 1 และ 3
   ค. ข้อ 2 และ 4
   ง. ข้อ 1,2 และ 3

4. ฟลักซ์แม่เหล็กปริมาณ 3.0 เวเบอร์พุ่งเข้าสู่บริเวณพื้นที่ 2 ตารางเมตรในแนวตั้งฉากจะมีค่าสนามแม่เหล็กบริเวณนั้นเท่าไร
   ก. 0.6 เทสลา
   ข. 1.0 เทสลา
   ค. 1.5 เทสลา
   ง. 5.0 เทสลา

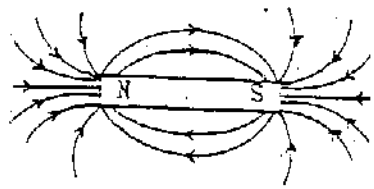
5. อุปกรณ์ใดต่อไปนี้ไม่ใช้แม่เหล็กไฟฟ้าเป็นส่วนประกอบ
   ก. กระดิ่งไฟฟ้า
   ข. หม้อต้มน้ำไฟฟ้า
   ค. สวิตช์อัตโนมัติในบ้าน
   ง. เครื่องเร่งอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้า

6. ข้อใดแสดงเส้นแม่เหล็กได้ถูกต้อง

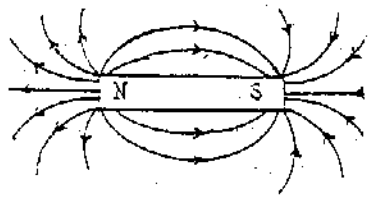
ก.



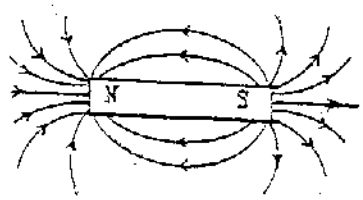
ข.



ค.



ง.



7. ค่าของสนามแม่เหล็กที่เกิดจากแม่เหล็กไฟฟ้าขึ้นอยู่กับปริมาณใดบ้าง

(1) จำนวนรอบของขดลวด

(2) ชนิดของวัสดุที่ใช้เป็นแกน

(3) ปริมาณของกระแสไฟฟ้าที่ผ่านขดลวด

คำตอบที่ถูกต้องคือข้อใด

ก. ข้อ 1 และ 2

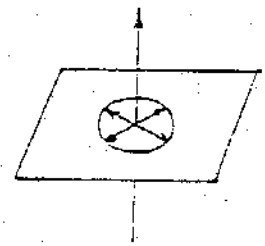
ข. ข้อ 2 และ 3

ค. ข้อ 1 และ 3

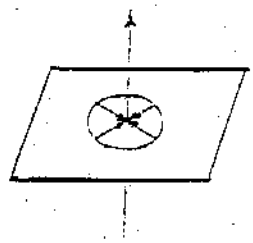
ง. ข้อ 1, 2 และ 3

8. ข้อใดแสดงสนามแม่เหล็กที่เกิดจากไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำเส้นตรงได้ถูกต้อง

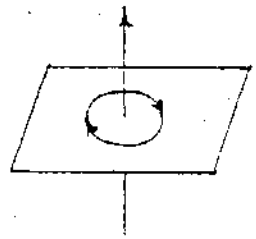
ก.



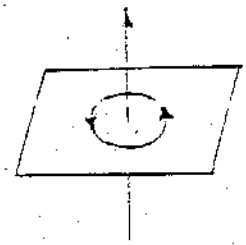
ข.



ค.



ง.



9. แรงกระทำต่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าซึ่งเคลื่อนที่เข้าไปในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็กไม่ขึ้นกับปริมาณใด

ก. มวลของอนุภาค

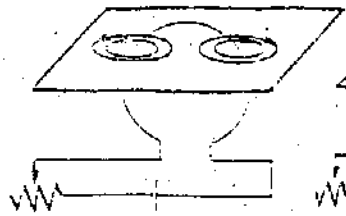
ข. ขนาดของสนามแม่เหล็ก

ค. ทิศการเคลื่อนที่ของอนุภาค

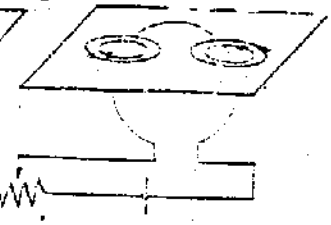
ง. ขนาดของประจุไฟฟ้าบนอนุภาค

10. ข้อใดแสดงสนามแม่เหล็กที่เกิดจากกระแส

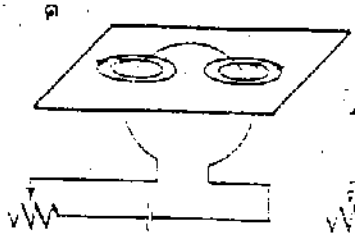
ก



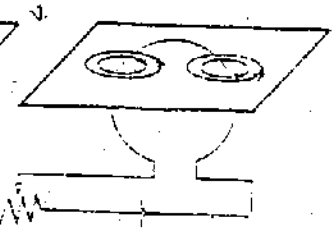
ข



ค

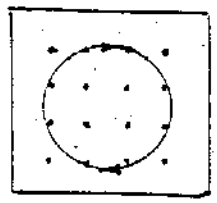


ง.

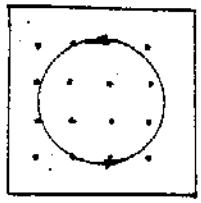


11. ประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่เข้าไปในสนามแม่เหล็ก มีแนวการเคลื่อนที่ดังรูป ประจุไฟฟ้าในรูปข้อใดเป็นประจุไฟฟ้าบวก

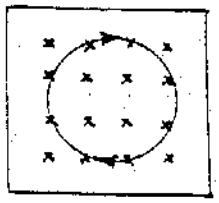
1)



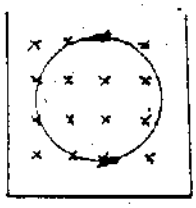
(2)



3)



(4)



คำตอบที่ถูกต้องคือข้อใด

ก. ข้อ 1 และ 4

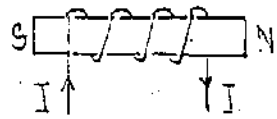
ข. ข้อ 1 และ 3

ค. ข้อ 2 และ 4

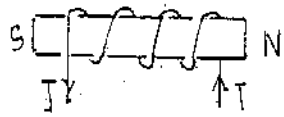
ง. ข้อ 3 และ 4

12. ข้อใดแสดงขั้วแม่เหล็กได้ถูกต้อง

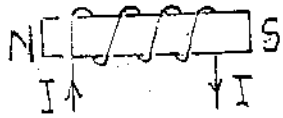
ก.



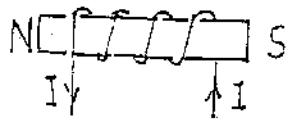
ข.



ค.



ง.



13. อิเลคตรอนตัวหนึ่งวิ่งด้วยความเร็ว 2.5×10^{6} m/s โดยมีทิศการเคลื่อนที่ขนานกับทิศของสนามแม่เหล็กที่มีขนาด 0.25 T แรงที่กระทำต่ออิเลคตรอนมีค่าเท่าใด

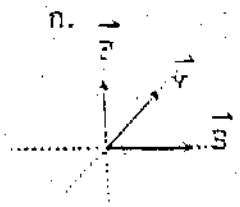
ก. 0

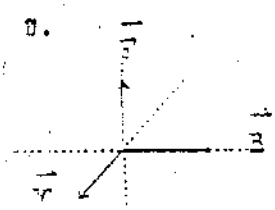
ข. 1.0×10^{-13} N

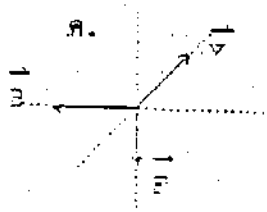
ค. 2.0×10^{-13} N

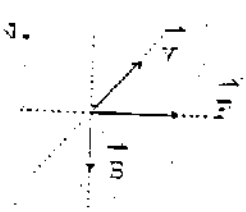
ง. 4.0×10^{-13} N

14. ข้อใดเขียนทิศของแรงกระทำต่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าบวกซึ่งเคลื่อนที่อยู่ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็กได้ถูกต้อง

ก. 

ข. 

ค. 

ง. 

15. อิเลคตรอนอนุภาคหนึ่งถูกยิงด้วยความเร็ว $2x10^{7}$ เมตร/วินาที เข้าไปในทิศตั้งฉากกับสนามแม่เหล็กที่มีขนาดสม่ำเสมอ 6 เทสลา ขนาดของแรงกระทำต่ออิเลคตรอนมีค่าเท่าใด ถ้าประจุไฟฟ้าของอิเลคตรอนเท่ากับ $1.6x10^{-19}$ คูลอมบ์ และมวลของอิเลคตรอนเท่ากับ $9.1x10^{-31}$ กิโลกรัม

ก. 1.6 นิวตัน

ข. 1.9 นิวตัน

ค. $1.9x10^{-10}$ นิวตัน

ง. $1.9x10^{-11}$ นิวตัน

16. ในมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ข้อใดที่มีความสำคัญมากที่สุด

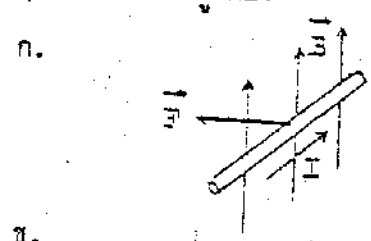
ก. กระแสมาก ๆ

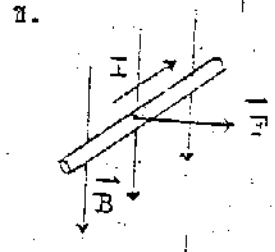
ข. คอมมิวเตเตอร์และแปรง

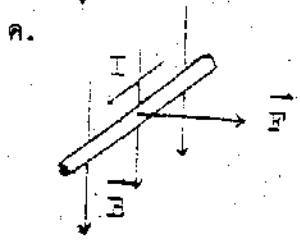
ค. แม่เหล็กที่มีกำลังแรงมาก ๆ

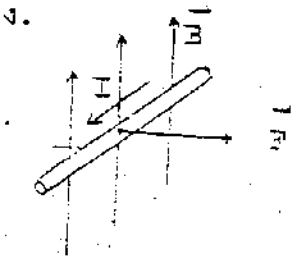
ง. จำนวนรอบของขดลวดมาก ๆ

17. ข้อใดเขียนทิศของแรงกระทำต่อลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านซึ่งอยู่ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็กได้ถูกต้อง

ก. 

ข. 

ค. 

ง. 

18. แรงที่กระทำต่อเส้นลวดเส้นหนึ่งที่มีกระแสผ่านและวางในสนามแม่เหล็กจะมีค่ามากที่สุดเมื่อเส้นลวดนี้ทำมุมเท่าใด กับสนามแม่เหล็ก

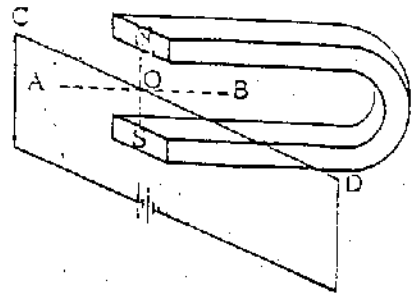
ก. 0 องศา

ข. 45 องศา

ค. 90 องศา

ง. 180 องศา

19. รูปแสดงกระแสผ่านลวด CD แรงแม่เหล็กกระทำต่อลวดจะอยู่ในทิศใด



ก. เข้าหาขั้วใต้ในทิศ OS

ข. เข้าหาขั้วเหนือในทิศ ON

ค. เข้าหาแท่งแม่เหล็กในทิศ OB

ง. ออกจากแท่งแม่เหล็กในทิศ OA

20. ลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่าน วางอยู่ในสนามแม่เหล็ก จะเกิดแรงกระทำต่อลวดตัวนำ ปริมาณในข้อใดที่ไม่มีผลต่อแรงกระทำ

ก. ความยาวของลวดตัวนำ

ข. พื้นที่หน้าตัดของลวดตัวนำ

ค. ขนาดของสนามแม่เหล็ก

ง. ขนาดของกระแสในตัวนำ

21. กระแส 2.5 แอมแปร์ ผ่านเส้นลวดยาว 30 เซนติเมตร และวางทำมุม 60 องศา กับสนามแม่เหล็กขนาด 8.0×10^{-4} เทสลา แรงที่กระทำต่อเส้นลวดมีค่าเท่าใด

ก. 5.2×10^{-3} นิวตัน

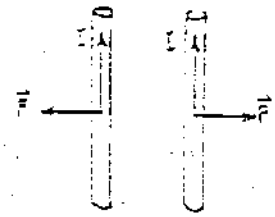
ข. 5.2×10^{-4} นิวตัน

ค. 2.5×10^{-4} นิวตัน

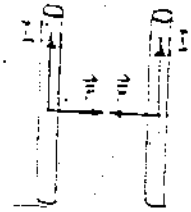
ง. 2.5×10^{-5} นิวตัน

22. ข้อใดแสดงทิศของแรงกระทำระหว่างลวดตัวนำสองเส้นที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านได้ถูกต้อง

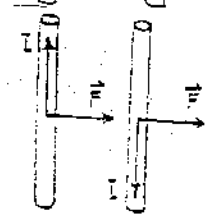
ก.



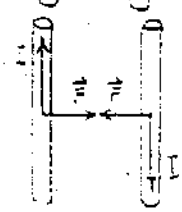
ข.



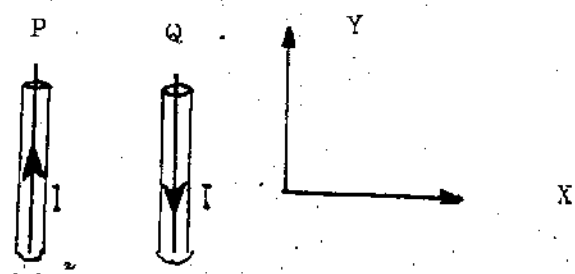
ค.



ง.



23. P และ Q เป็นเส้นลวดยาววางขนานกัน ต่างก็มีกระแสไฟฟ้า I ผ่านในทิศสวนทางกัน ทิศทางของสนามแม่เหล็ก และแรงที่กระทำบนเส้นลวด Q เป็นข้อใด



ก. พุ่งเข้ากระดาษ และ -X

ข. พุ่งออกจากกระดาษ และ -X

ค. พุ่งเข้ากระดาษ และ -Y

ง. พุ่งเข้ากระดาษ และ +X

24. เมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำสองเส้นที่วางขนานกันจะเกิดปรากฏการณ์อะไรขึ้น

ก. เกิดแรงผลักระหว่างลวดตัวนำทั้งสอง

ข. เกิดแรงดึงดูดระหว่างลวดตัวนำทั้งสอง

ค. ไม่เกิดแรงกระทำระหว่างลวดตัวนำทั้งสอง

ง. เกิดแรงดูดหรือแรงผลักระหว่างลวดตัวนำทั้งสอง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับทิศของกระแสไฟฟ้าที่ผ่านลวดตัวนำทั้งสอง

25. ลวดตัวนำสองเส้นวางขนานกัน มีกระแสไฟฟ้าผ่านเข้าไปในเส้นลวดทั้งสองในทิศที่สวนทางกัน จะเกิดผลอย่างไรกับลวดตัวนำทั้งสอง

ก. ลวดทั้งสองเคลื่อนที่เข้าหากัน

ข. ลวดทั้งสองเคลื่อนที่ออกจากกัน

ค. ลวดตัวนำหนึ่งเคลื่อนที่เข้าหาลวดตัวนำอีกเส้นหนึ่ง

ง. ลวดตัวนำหนึ่งเคลื่อนที่ออกจากลวดตัวนำอีกเส้นหนึ่ง

26. ค่าโมเมนต์ของแรงคู่ควบของขดลวดจะขึ้นอยู่กับปริมาณใดบ้าง

(1) จำนวนรอบของขดลวด

(2) พื้นที่ของขดลวด

(3) ปริมาณของกระแสไฟฟ้าที่ผ่านขดลวด

คำตอบที่ถูกต้องคือข้อใด

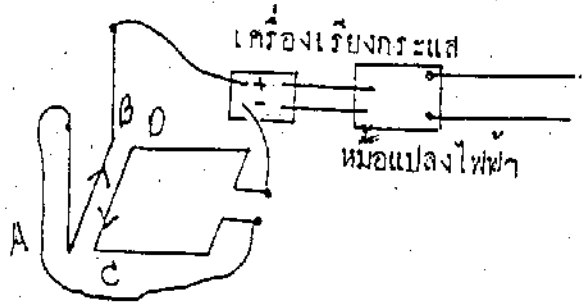
ก. ข้อ 1 และ 2

ง. ข้อ 1 และ 3

ค. ข้อ 2 และ 3

ง. ข้อ 1, 2 และ 3

27. จากวงจรเครื่องชั่งกระแสไฟฟ้าดังรูป เมื่อใช้ไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ ลวด AB จะเบนอย่างไร



ก. AB จะไม่เคลื่อนที่

ข. AB จะเบนเข้าหา CD

ค. AB จะเบนออกจาก CD

ง. ไม่มีข้อถูก

28. ขดลวดตัวนำรูปสี่เหลี่ยมขนาด 2x5 เซนติเมตร จำนวน 20 รอบ วางอยู่ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็ก 3 เทสลา ถ้ามีกระแสไฟฟ้าผ่านขดลวด 2 แอมแปร์ โมเมนต์ของแรงคู่ควบมีค่าสูงสุดเท่าใด

ก. 0.12 N-m

ข. 1.20 N-m

ค. 3.50 N-m

ง. 10.0 N-m

29. คอมมิวเตเตอร์ มีหน้าที่อย่างไร

ก. กลับทิศของกระแสไฟฟ้า

ข. นำกระแสไฟฟ้าเข้าออกจากขดลวด

ค. แปลงไฟฟ้ากระแสสลับเป็นกระแสตรง

ง. ยอมให้กระแสไฟฟ้าผ่านได้ทางเดียว

30. ขดลวดตัวนำรูปสี่เหลี่ยมมีพื้นที่ 20 ตารางเซนติเมตรจำนวน 10 รอบ วางอยู่ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็ก 5 เทสลา ถ้ามีกระแสไฟฟ้าผ่านขดลวด 3 แอมแปร์ โมเมนต์ของแรงคู่ควบขณะที่ระนาบของขดลวดทำมุม 60 องศากับทิศของสนามแม่เหล็ก (sin 60° = 0.886, cos 60° = 0.5)

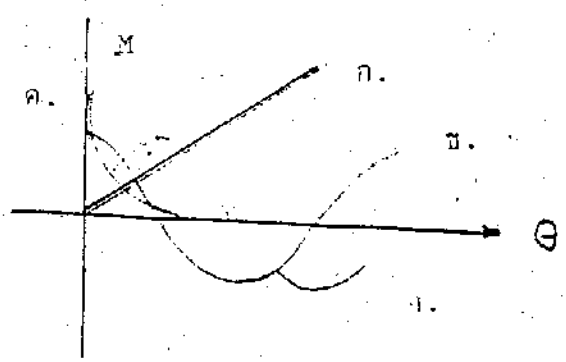
ก. 0.10 N-m

ข. 0.15 N-m

ค. 1.15 N-m

ง. 5.25 N-m

31. ขดลวดตัวนำรูปสี่เหลี่ยมมีพื้นที่ A ตารางเมตรวางอยู่ในสนามแม่เหล็กสม่ำเสมอ B เทสลาถ้าจำนวนรอบของขดลวดตัวนำเท่ากับ N, θเป็นมุมที่ระนาบขดลวดกระทำกับแนวสนามแม่เหล็ก และค่ากระแสที่ผ่านขดลวดเท่ากับ I แอมแปร์ ความสัมพันธ์ระหว่างโมเมนต์ของแรงคู่ควบ M กับ θ เป็นไปตามรูปใด



32. เมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่านขดลวดที่วางอยู่ในสนามแม่เหล็กจะเกิดโมเมนต์ของแรงคู่ควบขึ้นหลักการนี้นำไปใช้สร้างเครื่องมืออะไร

(1) แกลแวนอมิเตอร์ (2) มอเตอร์ไฟฟ้า

(3) มัลติมิเตอร์ (4) บัลลาสต์

คำตอบที่ถูกต้องคือข้อใด

ก. ข้อ 1 และ 2

ข. ข้อ 1,2 และ 3

ค. ข้อ 1,2 และ 4

ง. ข้อ 2,3 และ 4

33. ในแกลแวนอมิเตอร์ชนิดขดลวดเคลื่อนที่มีแม่เหล็กขั้วโค้ง มีหน้าที่อย่างไร

ก. ทำให้สนามแม่เหล็กขนานกับระนาบของขดลวด

ข. ทำให้สนามแม่เหล็กตั้งฉากกับระนาบของขดลวด

ค. ทำให้สนามแม่เหล็กทำมุม 45 องศากับระนาบของขดลวด

ง. ทำให้สนามแม่เหล็กทำมุม 60 องศากับระนาบของขดลวด

34. ขดลวดแกลแวนอมิเตอร์มีขนาด 5x2 cm จำนวน 600 รอบมีกระแสไฟฟ้าผ่าน 10^{-5} A อยู่ในสนามแม่เหล็กขนาด 0.1 T ขนาดของโมเมนต์ของแรงคู่ควบ เมื่อระนาบของขดลวดอยู่ในแนวระนาบกับสนามแม่เหล็ก

ก. 0

ข. $6.5x10^{-6}$ N-m

ค. $5.7x10^{-6}$ N-m

ง. $3.6x10^{-6}$ N-m

35. ข้อใดอธิบายหลักการทำงานของแกลแวนอมิเตอร์ได้ถูกต้อง

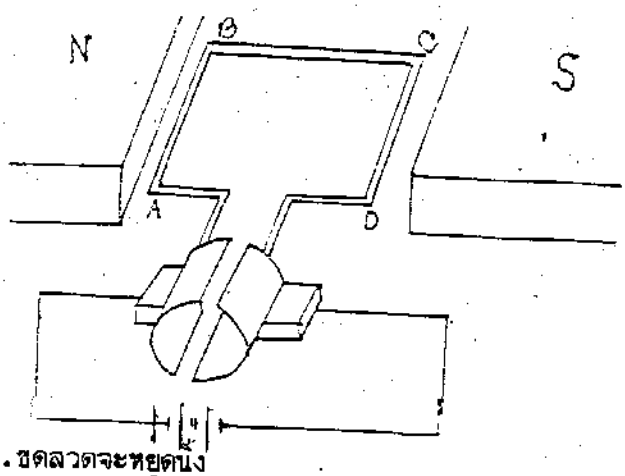
ก. เมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่านเข็มชี้สเกลจะทำให้เข็มชี้นั้นเบนไป

ข. สนามแม่เหล็กจากขั้วแม่เหล็กถาวรจะทำให้เข็มชี้สเกลเบนไป

ค. เมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่านขดลวดทำให้ขดลวดหมุนไป เข็มชี้สเกลที่ติดอยู่กับขดลวดจะเบนไปด้วย

ง. เมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่านขดลวดซึ่งวางอยู่ระหว่างขั้วแม่เหล็กถาวรจะทำให้ขดลวดหมุนไป เข็มชี้สเกลที่ติดอยู่กับขดลวดจะเบนไปด้วย

36. ถ้าต่อแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงเข้ากับมอเตอร์ดังรูปต่อไปนี้ จะเกิดปรากฏการณ์เช่นไร



ก. ขดลวดจะหยุดนิ่ง

ข. ขดลวดจะหมุนกลับไปกลับมา

ค. ขดลวดจะหมุนตามเข็มนาฬิกาไปตลอดเมื่อมองทางด้าน AD

ง. ขดลวดจะหมุนทวนเข็มนาฬิกาไปตลอดเมื่อมองทางด้าน AD

37. การที่ขดลวดในมอเตอร์จะหมุนเร็วหรือช้านอยู่กับ

(1) ความเข้มของสนามแม่เหล็ก

(2) จำนวนรอบของขดลวด

(3) พื้นที่หน้าตัดของขดลวด

(4) ปริมาณกระแสไฟฟ้า

คำตอบที่ถูกต้องคือข้อใด

ก. ข้อ 1,2 และ 3

ข. ข้อ 1,3 และ 4

ค. ข้อ 2,3 และ 4

ง. ข้อ 1,2,3 และ 4

38. ขดลวดตัวนำหนึ่งมีพื้นที่ 10 ตาราง เซนติเมตร วางอยู่ในบริเวณที่มีแม่เหล็กขนาดสม่ำเสมอ 5 เทสลาจงหาฟลักซ์แม่เหล็กที่ผ่านขดลวดขณะระนาบของขดลวดตั้งฉากกับทิศของสนามแม่เหล็ก

ก. 0.5 เวเบอร์

ข. 5.0 เวเบอร์

ค. 0.05 เวเบอร์

ง. 0.005 เวเบอร์

39. เมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่านขดลวดในแกลแวนอมิเตอร์ ทำให้ขดลวดเกิดโมเมนต์ของแรงคู่ควบ ขดลวดจะหมุน <u>อุปกรณ์</u> ที่ทำให้ขดลวดหยุด และเข็มหยุดตรงค่ากระแสที่อ่านได้คืออะไร

ก. ทรงกระบอกเหล็กอ่อน

ข. ขดลวดตัวนำ

ค. สปริงก้นห้อย

ง. วงแหวน

40. ข้อใดกล่าวได้ถูกต้อง

ก. ขณะมอเตอร์หมุนจะเกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าด้านกลับซึ่งมีทิศเสริมกับแรงเคลื่อนไฟฟ้าเดิม

ข. ขณะมอเตอร์เริ่มหมุนจะมีกระแสไฟฟ้าผ่านมอเตอร์น้อยกว่าขณะมอเตอร์กำลังหมุนด้วยอัตราเร็วคงที่

ค. ถ้าเพิ่มขดลวดตัวนำในระนาบอื่นอีกภายขดลวดจะทำให้โมเมนต์คู่ควบที่กระทำต่อขดลวดมีค่าสม่ำเสมอมากขึ้น

ง. ถ้าเราใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีมอเตอร์เป็นส่วนประกอบในขณะที่แรงเคลื่อนไฟฟ้าตกจะไม่เกิดอันตรายกับเครื่องใช้ไฟฟ้านั้น เพราะแรงเคลื่อนไฟฟ้ามีค่าน้อย

เฉลยข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

วิชาฟิสิกส์ ว 023

เรื่อง แม่เหล็ก-ไฟฟ้า

ข้อ 1. ข	ข้อ 11. ก	ข้อ 21. ค	ข้อ 31. ข
2. ง	12. ข	22. ข	32. ข
3. ง	13. ก	23. ง	33. ก
4. ค	14. ข	24. ง	34. ง
5. ง	15. ง	25. ข	35. ง
6. ค	16. ข	26. ง	36. ง
7. ง	17. ค	27. ค	37. ง
8. ง	18. ค	28. ก	38. ง
9. ก	19. ค	29. ง	39. ค
10. ข	20. ข	30. ข	40. ค