

# ฟิสิกส์

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

ตามผลการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)  
ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

ม. 6

เล่ม 1



ผู้เรียบเรียง  
ทัศนียา อ้อยอารีย์  
กุลวดี ห่อทรัพย์

110.-

# คำอธิบายรายวิชาเพิ่มเติม

ฟิสิกส์

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เล่ม 1

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

เวลา 60 ชั่วโมง จำนวน 1.5 หน่วยกิต

ศึกษาเกี่ยวกับแม่เหล็กและสนามแม่เหล็ก การเคลื่อนที่ของอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าในสนามแม่เหล็ก ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ ไฟฟ้ากระแสสลับ แม่เหล็กไฟฟ้ากับชีวิตประจำวัน การเกิดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า สมบัติของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า สเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า โพลาริเซชันของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า การสื่อสารด้วยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ความร้อน และสภาพยืดหยุ่นของวัตถุ

โดยจัดการเรียนการสอนให้นักเรียนได้ศึกษา ค้นคว้า นำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันควบคู่ไปกับคุณธรรมและจริยธรรม และมีคุณลักษณะอันพึงประสงค์ ได้แก่ การใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ และการแก้ปัญหา มีความรอบคอบ มีความรับผิดชอบ พร้อมทั้งตระหนักว่าวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

## ผลการเรียนรู้

1. สังเกต และอธิบายเส้นสนามแม่เหล็ก อธิบายและคำนวณฟลักซ์แม่เหล็กในบริเวณที่กำหนด รวมทั้งสังเกต และอธิบายสนามแม่เหล็กที่เกิดจากกระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำเส้นตรงและโซเลนอยด์
2. อธิบาย และคำนวณแรงแม่เหล็กที่กระทำต่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก แรงแม่เหล็กที่กระทำต่อเส้นลวดที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านและวางในสนามแม่เหล็ก รัศมีความโค้งของการเคลื่อนที่เมื่อประจุเคลื่อนที่ตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก รวมทั้งอธิบายแรงระหว่างเส้นลวดตัวนำคู่ขนานที่มีกระแสไฟฟ้าผ่าน
3. อธิบายหลักการทำงานของแกลเวนอมิเตอร์และมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง รวมทั้งคำนวณปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง
4. สังเกต และอธิบายการเกิดอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำ กฎการเหนี่ยวนำของฟาราเดย์ และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งนำความรู้เรื่องอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำไปอธิบายการทำงานของเครื่องใช้ไฟฟ้า
5. อธิบาย และคำนวณความต่างศักย์อาร์เอ็มเอสและกระแสไฟฟ้าอาร์เอ็มเอส
6. อธิบายหลักการทำงานของประโยชน์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส การแปลงอีเอ็มเอฟของหม้อแปลง และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง
7. อธิบายการเกิดและลักษณะเฉพาะของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า แสงไมโครเวฟ แสงโพลาไรซ์เชิงเส้น และแผ่นโพลาไรซ์ รวมทั้งอธิบายการนำคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในช่วงความถี่ต่าง ๆ ไปประยุกต์ใช้และหลักการทำงานของอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง
8. สืบค้น และอธิบายการสื่อสารโดยอาศัยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในการส่งผ่านสารสนเทศและเปรียบเทียบการสื่อสารด้วยสัญญาณแอนะล็อกกับสัญญาณดิจิทัล
9. อธิบาย และคำนวณความร้อนที่ทำให้สสารเปลี่ยนอุณหภูมิ ความร้อนที่ทำให้สสารเปลี่ยนสถานะ และความร้อนที่เกิดจากการถ่ายโอนตามกฎการอนุรักษ์พลังงาน
10. อธิบายสภาพยืดหยุ่นและลักษณะการยืดและหดตัวของวัสดุที่เป็นแท่ง เมื่อถูกกระทำด้วยแรงค่าต่าง ๆ รวมทั้งทดลอง อธิบายและคำนวณความเค้นตามยาว ความเครียดตามยาวและมอดุลัสของยัง และนำความรู้เรื่องสภาพยืดหยุ่นไปใช้ในชีวิตประจำวัน

รวมทั้งหมด 10 ผลการเรียนรู้

หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

# ฟิสิกส์

## ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เล่ม 1

ตามผลการเรียนรู้

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

(ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)

ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

ผู้เรียบเรียง

ทัศนียา อ้อยอารีย์  
กุลวดี ห่อทรัพย์

ผู้ตรวจ

ผศ.มาลี สุทธิโอกาส  
รศ.มานัส มงคลสุข  
ผศ.ปรีดา เพชรศรี

บรรณาธิการ

ศ. ดร.พิเชษฐ ลิ้มสุวรรณ

# หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

## ฟิสิกส์

### ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เล่ม 1

ตามผลการเรียนรู้  
กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี  
(ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)  
ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

ผู้เรียบเรียง	ทัศนียา อ้อยอารีย์ กุลวดี ห่อทรัพย์
ผู้ตรวจ	ผศ.มาลี สุทธิโอภาส รศ.มานัส มงคลสุข ผศ.ปริดา เพชรมีศรี
บรรณาธิการ	ศ. ดร.พิเชษฐ์ ลิ้มสุวรรณ

ข้อมูลทางบรรณานุกรมของสำนักหอสมุดแห่งชาติ  
ทัศนียา อ้อยอารีย์.

หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี  
ฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เล่ม 1.--กรุงเทพฯ : แม็คเ็ดดูเคชั่น,  
2563.

172 หน้า.

1. ฟิสิกส์--การศึกษาและการสอน (มัธยมศึกษา). I. กุลวดี  
ห่อทรัพย์, ผู้แต่งร่วม. II. ชื่อเรื่อง.

530.07

ISBN 978-616-345-184-2

พิมพ์ครั้งที่ 1

จำนวน 8,000 เล่ม

สงวนลิขสิทธิ์ : มกราคม 2563

สงวนลิขสิทธิ์ตามกฎหมาย ห้ามลอกเลียน ไม่ว่าจะเป็นส่วนหนึ่งส่วนใด  
ของหนังสือเล่มนี้ นอกจากจะได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษร

จัดทำโดย

 IMAC EDUCATION

ส่งขนาดนี้ดีสั่งจ่าย ไปรษณีย์ลาดพร้าว

ในนาม บริษัท แม็คเ็ดดูเคชั่น จำกัด

9/99 อาคารแม็ค ซอยลาดพร้าว 38 ถนนลาดพร้าว

แขวงจันทระเกษม เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

โทร. 0-2512-0661, 0-2938-2022-7 แฟกซ์ 0-2938-2028

[www.MACeducation.com](http://www.MACeducation.com)

พิมพ์ที่ : ห้างหุ้นส่วนจำกัด ที.เอส.บี โปรดักส์

# คำชี้แจง

ตามที่กระทรวงศึกษาธิการโดยสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานได้ดำเนินการทบทวนหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 โดยในระยะแรกให้ปรับปรุงมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และสาระภูมิศาสตร์ในกลุ่มสาระการเรียนรู้สังคมศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรม สำหรับใช้ในปีการศึกษา 2561 ในชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 และ 4 และชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 และ 4 ปีการศึกษา 2562 ให้ใช้ในชั้นประถมศึกษาปีที่ 1, 2, 4 และ 5 และชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1, 2, 4 และ 5 และตั้งแต่ปีการศึกษา 2563 เป็นต้นไปให้ใช้ในทุกชั้นเรียน ซึ่งการปรับหลักสูตรครั้งนี้มีเป้าหมายสำคัญเพื่อให้โรงเรียนสามารถจัดการกระบวนการเรียนรู้ที่จะช่วยให้ผู้เรียนมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ สามารถวิเคราะห์ปัญหาหรือสถานการณ์ได้อย่างรอบคอบสามารถใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมในการบูรณาการกับความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนาด้านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่นำไปสู่การคิดค้นสิ่งประดิษฐ์หรือสร้างสรรค์นวัตกรรม นอกจากนี้ยังให้เกิดการเรียนรู้เรื่องภูมิศาสตร์ (Geo-literacy) ทั้งด้านความสามารถทางภูมิศาสตร์ กระบวนการทางภูมิศาสตร์ และทักษะทางภูมิศาสตร์ เพื่อให้มีความรู้ความเข้าใจได้อย่างถูกต้องและนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการดำเนินชีวิต

ด้วยตระหนักถึงความสำคัญของการปรับเปลี่ยนหลักสูตรข้างต้น บริษัท แม็คเอ็ดดูเคชั่น จำกัด จึงได้มอบหมายให้ผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตร ด้านการพัฒนาสื่อการเรียนรู้ และด้านการวัดและประเมินผล ได้ปรับปรุงพัฒนาหนังสือเรียนให้สอดคล้องมาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด ของหลักสูตรในกลุ่มสาระการเรียนรู้ที่มีการเปลี่ยนแปลง และให้สอดคล้องกับการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ที่กำหนดไว้ในแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12 แผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2560-2579 และยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี

โดยหนังสือเรียนแต่ละหน่วยการเรียนรู้จะให้ผู้ใช้หนังสือเรียนได้ทราบเป้าหมายการเรียนรู้ในตอนต้นหน่วยการเรียนรู้ จากสาระการเรียนรู้และตัวชี้วัดชั้นปี และทุกหัวข้อหลักจะนำเสนอแนวคิดสำคัญเพื่อให้ทราบถึงสิ่งที่เป็นความรู้ ความคิดที่เป็นแก่นสำคัญที่ต้องเรียนรู้ให้ลึกซึ้ง และการเรียนรู้ที่ดี ผู้เรียนควรได้ตรวจสอบความรู้ความเข้าใจเป็นระยะ ๆ ก่อนเรียนเรื่องใหม่ ดังนั้น ในหนังสือเรียนจะมีการสอดแทรกกิจกรรมตรวจสอบการเรียนรู้ที่สัมพันธ์กับเรื่องที่ได้เรียนผ่านมา เพื่อให้ผู้เรียนได้ตรวจสอบ

ตนเอง หรือบางหัวข้ออาจเป็นการฝึกทักษะให้ชำนาญก่อน สิ่งเพิ่มเติมในหนังสือเรียนเล่มนี้คือ กิจกรรมเพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ เพื่อให้ผู้เรียนเกิดทักษะการคิดสร้างสรรค์ การคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหา นำไปสู่การสร้างผลิตภัณฑ์หรือนวัตกรรม ซึ่งผู้สอนสามารถนำไปประยุกต์หรือดัดแปลงให้เหมาะสมกับบริบทของโรงเรียนและผู้เรียน การศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมโดยใช้เทคโนโลยีการสื่อสารและสารสนเทศ (ICT) เป็นสิ่งจำเป็นที่ต้องค้นคว้าเพิ่มเติม ดังนั้นในหนังสือเรียนเล่มนี้จึงได้มีการเสริมเนื้อหาเพิ่มเติมที่ได้ผ่านการคัดกรองมาแล้วว่าเหมาะสมกับการเรียนรู้ แทรกไว้ในเนื้อหาบางหน่วยโดยใช้สัญลักษณ์   ผู้เรียนสามารถใช้สมาร์ทโฟนสแกน QR Code หรือเปิดเว็บไซต์

MACeducation.com เพื่อเข้าเมนู การศึกษาขั้นพื้นฐาน >>> MAC iLink และเลือกเปิดดูส่วนเสริมของบทเรียนในหนังสือแต่ละเล่มได้ ท้ายหน่วยการเรียนรู้ทุกหน่วยจะมีการสรุปบทเรียนสำหรับให้ผู้เรียนได้ใช้เป็นข้อมูลสำคัญในการตรวจสอบองค์ความรู้ที่ควรได้รับการพัฒนาหลังจากเสร็จสิ้นการเรียน หรือเป็นสาระสำคัญที่ควรจดจำและทำความเข้าใจให้ถ่องแท้ ซึ่งนับว่าเป็นส่วนสำคัญอีกส่วนหนึ่งในการปรับปรุงหนังสือเรียนครั้งนี้ที่ได้พัฒนาให้ชัดเจนยิ่งขึ้น

บริษัท แม็คเอ็ดดูเคชั่น จำกัด หวังเป็นอย่างยิ่งว่า หนังสือเรียนเล่มนี้จะมีคุณค่า มีประโยชน์ และช่วยส่งเสริมการปฏิรูปการศึกษา เพื่อเป็นรากฐานสำคัญที่จะช่วยทำให้ประเทศไทยก้าวสู่ประเทศที่มีการพัฒนาอย่างยั่งยืนด้วยการมีพลเมืองที่มีคุณภาพ มีความคิดสร้างสรรค์ ตามเจตนารมณ์ของการปรับปรุงหลักสูตรครั้งนี้ และนโยบายประเทศไทย 4.0

บริษัท แม็คเอ็ดดูเคชั่น จำกัด

# คำนำ

หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เล่ม 1 ได้พัฒนาและปรับทั้งเนื้อหา กิจกรรมการทดลอง ภาพประกอบ กิจกรรมตรวจสอบการเรียนรู้ กิจกรรมเพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ และคำถามท้ายหน่วยการเรียนรู้ให้ตรงตามผลการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

ผู้เรียบเรียงได้ศึกษาผลการเรียนรู้ กระบวนการจัดการเรียนรู้ และแนวทางในการวัดและประเมินผล นำมาจัดทำโครงสร้างสำหรับหลักสูตรชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยเลือกเนื้อหา กระบวนการเรียนการสอน การทำกิจกรรม ทักษะการคิด การวัดผลและประเมินผล ผ่านการนำเสนอด้วยการเรียนรู้แบบลงมือปฏิบัติ (Active Learning) ที่เหมาะสมกับผู้เรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เพื่อพัฒนาผู้เรียนให้เกิดการเรียนรู้ เข้าใจหลักการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ วิธีการสำรวจตรวจสอบข้อมูล การคิดแก้ปัญหา ตลอดจนการเสริมสร้างจิตวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้ยังมุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้ฝึกฝนและพัฒนาให้เกิดทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ที่สำคัญ ด้วยกิจกรรมเพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ ที่ช่วยให้ผู้เรียนมีทักษะในการแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง การคิดสร้างสรรค์ การคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหา การทำงานร่วมกัน นำไปสู่การพัฒนาผลิตภัณฑ์หรือนวัตกรรมที่ก่อให้เกิดประโยชน์ต่อการศึกษาและนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน ซึ่งเป็นคำตอบของการศึกษาวิชาวิทยาศาสตร์

หนังสือเรียนเล่มนี้ประกอบด้วย 3 หน่วยการเรียนรู้ แต่ละหน่วยการเรียนรู้ได้สรุปสาระการเรียนรู้ ระบุผลการเรียนรู้ มีภาพและคำถามเข้าสู่บทเรียน แนวคิดสำคัญของแต่ละเรื่อง กิจกรรมตรวจสอบการเรียนรู้ กิจกรรมเพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ เนื้อหา และคำถามท้ายหน่วยการเรียนรู้ เพื่อเป็นการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียน

หวังเป็นอย่างยิ่งว่าหนังสือเล่มนี้จะก่อให้เกิดประโยชน์ต่อการเรียนการสอนตามแนวปฏิรูปการศึกษา และมีคุณภาพตรงตามผลการเรียนรู้ หากมีข้อบกพร่องประการใด ผู้เรียบเรียงขออภัยรับคำแนะนำด้วยความขอบคุณยิ่ง

ทัศนียา อ้อยอารีย์  
กุลวดี ห่อทรัพย์

# สารบัญ

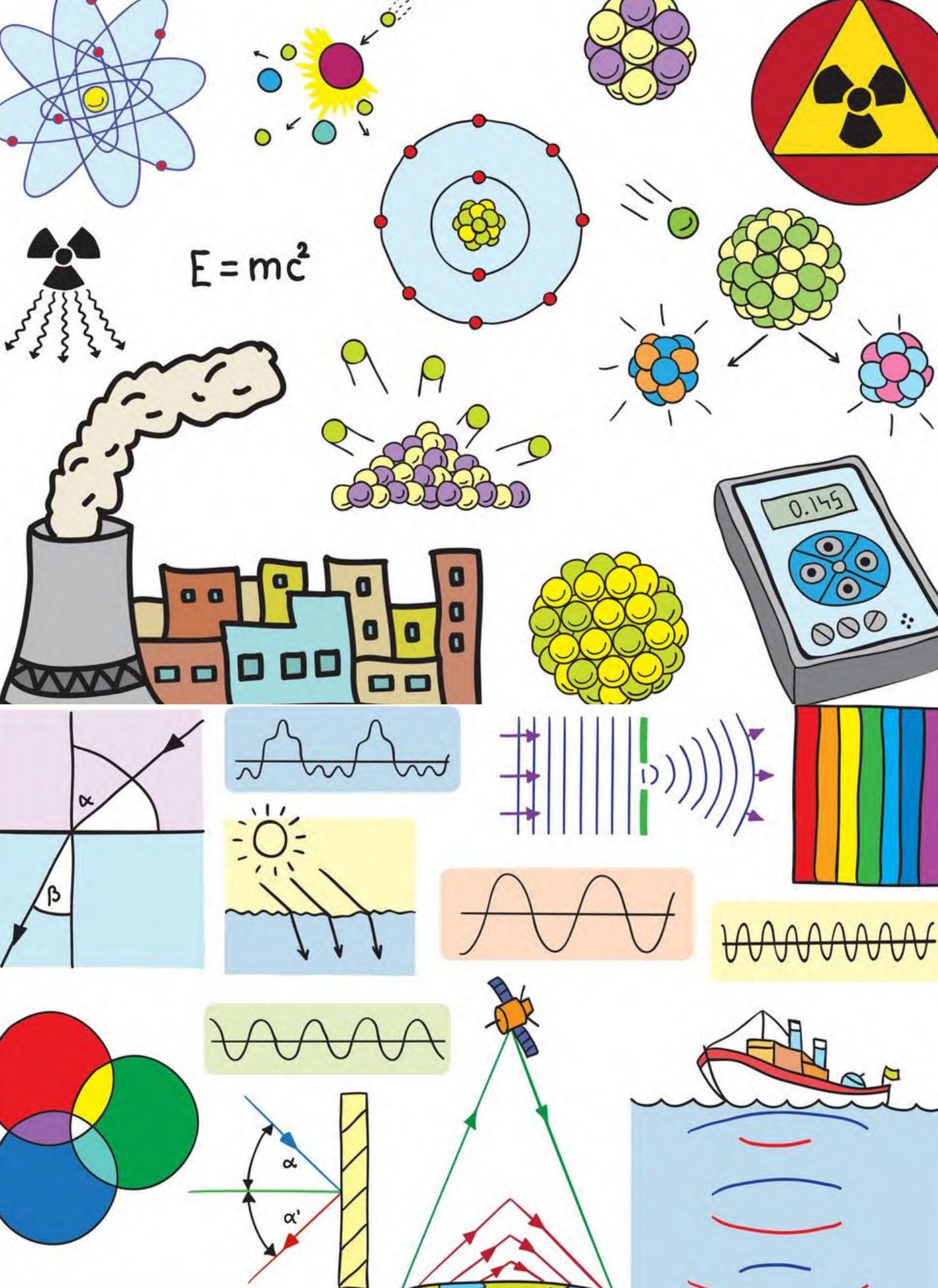
<b>หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 แม่เหล็กไฟฟ้า</b>	<b>1</b>
1. แม่เหล็กและสนามแม่เหล็ก	3
1.1 สนามแม่เหล็ก	4
1.2 แรงระหว่างขั้วแม่เหล็ก	8
1.3 ความเข้มสนามแม่เหล็ก	8
1.4 สนามแม่เหล็กโลก	10
2. การเคลื่อนที่ของอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าในสนามแม่เหล็ก	14
3. ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก	24
3.1 สนามแม่เหล็กที่เกิดจากกระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำตรง	25
3.2 สนามแม่เหล็กที่เกิดจากกระแสไฟฟ้าผ่านขดลวดวงกลมและโซเลนอยด์	27
3.3 แรงกระทำต่อลวดตัวนำตรงที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านและอยู่ในสนามแม่เหล็ก	32
3.4 แรงระหว่างลวดตัวนำตรง 2 เส้นที่ขนานกันและมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน	36
3.5 แรงกระทำต่อขดลวดที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน และวางอยู่ในบริเวณสนามแม่เหล็ก	37
3.6 หลักการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงและแกลวนอมอเตอร์	39
4. แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ	44
4.1 แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ	44
4.2 แรงเคลื่อนไฟฟ้าต้านกลับของมอเตอร์	48
4.3 เครื่องกำเนิดไฟฟ้า	49
4.4 หม้อแปลงไฟฟ้า	55
5. ไฟฟ้ากระแสสลับ	61
6. แม่เหล็กไฟฟ้ากับชีวิตประจำวัน	70
คำถามท้ายหน่วยการเรียนรู้	79

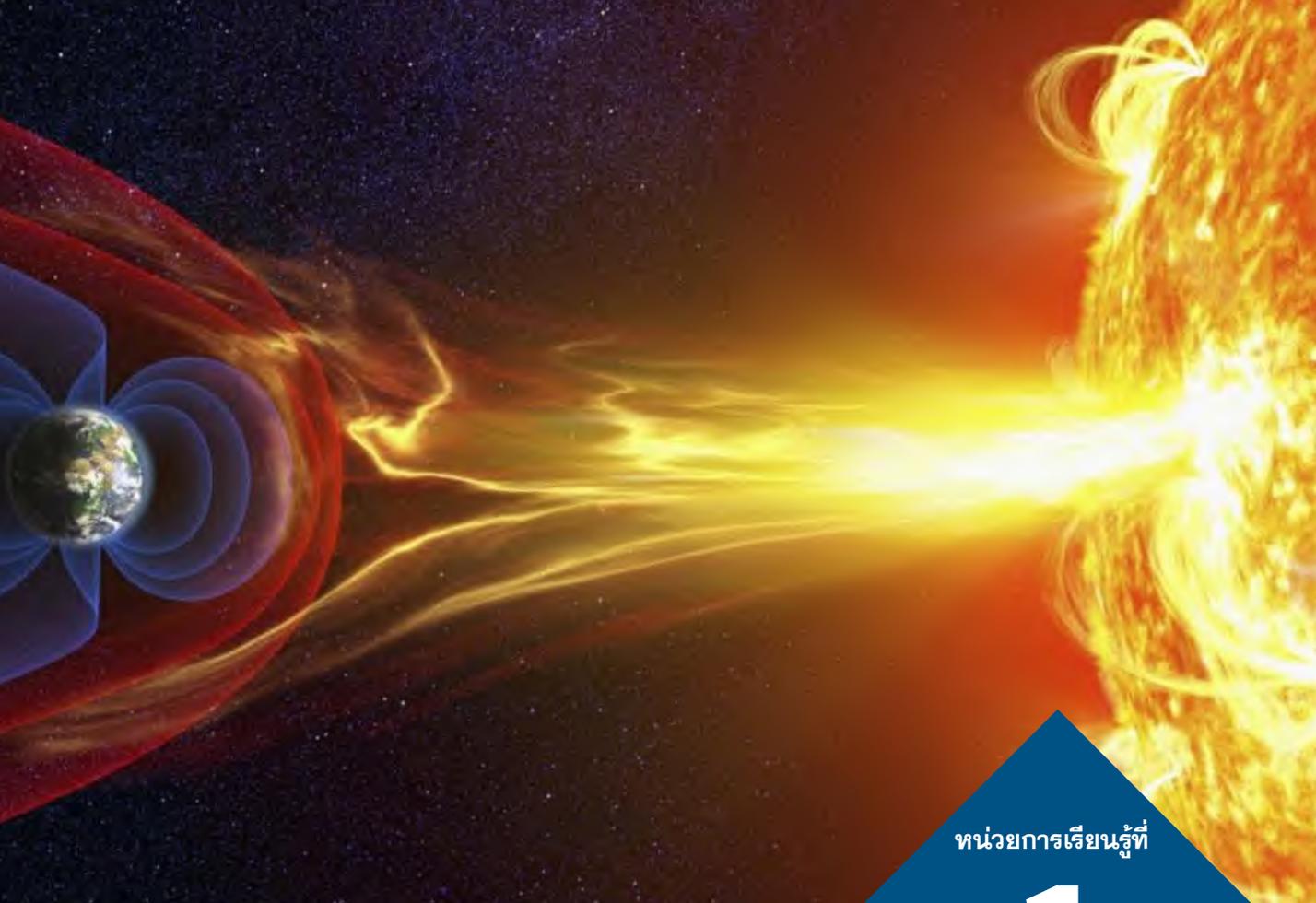
<b>หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า</b>	<b>81</b>
1. การเกิดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า	83
1.1 ทฤษฎีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของแมกซ์เวลล์	84
1.2 การทดลองของเฮิร์ตซ์	86
2. สมบัติของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า	87
3. สเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า	90
4. โพลาริเซชันของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า	107
5. การสื่อสารด้วยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า	113
คำถามท้ายหน่วยการเรียนรู้	118

<b>หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 ความร้อนและสภาพยืดหยุ่น</b>	<b>119</b>
1. ความร้อน	121
1.1 อุณหภูมิจ	122
1.2 สมดุลความร้อน	124
1.3 ความร้อนและความร้อนแฝง	127
1.4 การขยายตัวเชิงความร้อนของวัตถุ	133
1.5 การถ่ายโอนความร้อน	135
2. สภาพยืดหยุ่นของวัตถุ	138
2.1 ความเค้นและความเครียด	143
2.2 โมดูลัสของยัง	145
2.3 สมบัติของวัสดุ	150
คำถามท้ายหน่วยการเรียนรู้	155

<b>บรรณานุกรม</b>	<b>158</b>
-------------------	------------

<b>อภิธานศัพท์</b>	<b>160</b>
--------------------	------------





หน่วยการเรียนรู้ที่

1



## แม่เหล็กไฟฟ้า

### สาระการเรียนรู้

- 1 แม่เหล็กและสนามแม่เหล็ก
- 2 การเคลื่อนที่ของอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าในสนามแม่เหล็ก
- 3 ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก
- 4 แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ
- 5 ไฟฟ้ากระแสสลับ
- 6 แม่เหล็กไฟฟ้ากับชีวิตประจำวัน

### ผลการเรียนรู้

1. สังเกตและอธิบายเส้นสนามแม่เหล็ก อธิบายและคำนวณฟลักซ์แม่เหล็กในบริเวณที่กำหนด รวมทั้งสังเกตและอธิบายสนามแม่เหล็กที่เกิดจากกระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำเส้นตรงและโซเลนอยด์
2. อธิบายและคำนวณแรงแม่เหล็กที่กระทำต่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก แรงแม่เหล็กที่กระทำต่อเส้นลวดที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านและวางในสนามแม่เหล็ก รัศมีความโค้งของการเคลื่อนที่เมื่อประจุเคลื่อนที่ตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก รวมทั้งอธิบายแรงระหว่างเส้นลวดตัวนำคู่ขนานที่มีกระแสไฟฟ้าผ่าน
3. อธิบายหลักการทำงานของแกลวนอมิเตอร์และมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง
4. สังเกตและอธิบายการเกิดอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำ กฎการเหนี่ยวนำของฟาราเดย์ และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งนำความรู้เรื่องอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำไปอธิบายการทำงานของเครื่องใช้ไฟฟ้า
5. อธิบายและคำนวณความต่างศักย์อาร์เอ็มเอสและกระแสไฟฟ้าอาร์เอ็มเอส
6. อธิบายหลักการทำงานและประโยชน์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส การแปลงอีเอ็มเอฟของหม้อแปลงและคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง

ปรากฏการณ์แสงเหนือและแสงใต้มักเกิดขึ้น  
ที่บริเวณขั้วโลก แสงเหนือและแสงใต้เกิดขึ้น  
ได้อย่างไร



แรงไฟฟ้าและแรงแม่เหล็กเคยถูกเข้าใจว่าเป็นแรง 2 แรงที่แยกออกจากกัน ไม่เกี่ยวข้องกัน แต่มุมมองดังกล่าวได้เปลี่ยนไป เนื่องจากบทความเกี่ยวกับไฟฟ้าและแม่เหล็ก (treatise on electricity and magnetism) ของ เจมส์ คลาร์ก แมกซ์เวลล์ ได้กล่าวถึงแรงที่ประจุบวกและประจุลบกระทำต่อกัน แรงที่เกิดขึ้นระหว่างประจุบวกและประจุลบถูกควบคุมด้วยแรงแม่เหล็กไฟฟ้าเพียงแรงเดียว ทำให้เกิดผล 4 ประการ ดังนี้

1. เมื่อประจุชนิดเดียวกันอยู่ใกล้กันจะเกิดแรงผลักกันและประจุต่างชนิดกันจะเกิดแรงดึงดูดกัน โดยแรงที่เกิดขึ้นจะเป็นสัดส่วนผกผันกับระยะห่างระหว่างประจุกกำลังสอง
  2. ขั้วแม่เหล็กมี 2 ชนิด ได้แก่ ขั้วเหนือ (N) และขั้วใต้ (S) เมื่อนำแท่งแม่เหล็กวางใกล้กัน แม่เหล็กที่มีขั้วเหมือนกันจะเกิดแรงผลักซึ่งกันและกัน ส่วนแม่เหล็กที่มีขั้วต่างกันจะเกิดแรงดึงดูดกัน
  3. กระแสไฟฟ้าที่ไหลในเส้นลวดตัวนำจะสร้างสนามแม่เหล็กเป็นวงกลมล้อมรอบเส้นลวดตัวนำนั้น โดยทิศทางของสนามแม่เหล็กจะขึ้นอยู่กับทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้า (ทิศทางของสนามแม่เหล็กจะเกิดขึ้น 2 ทิศทาง คือ ทิศตามเข็มนาฬิกาและทิศทวนเข็มนาฬิกา)
  4. เมื่อมีการเคลื่อนที่ของขดลวดหรือแม่เหล็กที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงฟลักซ์แม่เหล็ก จะเกิดกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้นในขดลวด ซึ่งทิศทางของกระแสไฟฟ้าจะขึ้นอยู่กับการเคลื่อนที่ของขดลวดและแม่เหล็ก
- แรงแม่เหล็กไฟฟ้าเป็น 1 ใน 4 ของแรงพื้นฐานในธรรมชาติซึ่งได้แก่ แรงโน้มถ่วง แรงแม่เหล็กไฟฟ้า แรงนิวเคลียร์อย่างอ่อน และแรงนิวเคลียร์อย่างเข้ม

## 1. แม่เหล็กและสนามแม่เหล็ก



### แนวคิดสำคัญ

แม่เหล็ก คือ สารแม่เหล็กที่สามารถดูดโลหะบางประเภทได้ ขั้วแม่เหล็กมี 2 ชนิด คือ ขั้วเหนือ (N) และขั้วใต้ (S) โดยสนามแม่เหล็กเป็นบริเวณที่มีอำนาจแม่เหล็กส่งไปถึง มีทิศทางจากขั้วเหนือไปยังขั้วใต้ ความเข้มสนามแม่เหล็กจะพิจารณาจากความหนาแน่นของฟลักซ์แม่เหล็กที่ผ่านพื้นที่บริเวณหนึ่ง หาได้จากสมการ  $B = \frac{\phi}{A}$



**แม่เหล็ก (magnetic)** คือ สารแม่เหล็กที่สามารถดูดโลหะบางประเภทได้ เช่น เหล็ก นิกเกิล หรือเหนี่ยวนำให้เหล็กหรือสารแม่เหล็กมีสมบัติเป็นแม่เหล็กได้ โดยชนิดของแม่เหล็กเมื่อแบ่งตามลักษณะการเกิดจะสามารถแบ่งได้ 2 ชนิด ดังนี้

**1. แม่เหล็กธรรมชาติ** คือ สินแร่ธรรมชาติที่มีสมบัติดูดเหล็กและเป็นสารประกอบออกไซด์ของเหล็ก ( $Fe_3O_4$ )

**2. แม่เหล็กประดิษฐ์** คือ แม่เหล็กที่สร้างขึ้นหรือประดิษฐ์ขึ้นมา ได้แก่ แม่เหล็กถาวร เป็นแม่เหล็กที่สามารถรักษาอำนาจแม่เหล็กไว้ได้นาน โดยส่วนใหญ่ทำมาจากเหล็กกล้า และแม่เหล็กชั่วคราว เป็นแม่เหล็กที่มีอำนาจแม่เหล็กเพียงชั่วคราว โดยมีกระแสไฟฟ้าผ่านขดลวดที่พันรอบแท่งเหล็กอ่อน



เมื่อแบ่งชนิดของแม่เหล็กตามสภาพเวลาที่ความเป็นแม่เหล็กยังคงจะสามารถแบ่งได้ 2 ชนิด ดังนี้

**1. แม่เหล็กถาวร (permanent magnet)** คือ แม่เหล็กที่มีสมบัติเป็นแม่เหล็กตลอดไป เช่น แม่เหล็กที่ใช้ในลำโพงซึ่งได้มาจากสารแม่เหล็กจากธรรมชาติ ได้แก่ สารประกอบของเหล็ก นิกเกิล โคบอลต์ หรืออโลหะหนึ่งสามารถสร้างขึ้นได้จากการนำเอาลวดทองแดงอาบน้ำยาพันรอบแท่งเหล็กกล้า แล้วปล่อยกระแสไฟฟ้าผ่านเข้าไปในขดลวด จะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กไปผลักโมเลกุลภายในแท่งเหล็กกล้าให้มีการเรียงตัวของโมเลกุลอย่างเป็นระเบียบเหล็กกล้านั้นก็จะคงสภาพเป็นแม่เหล็กถาวร

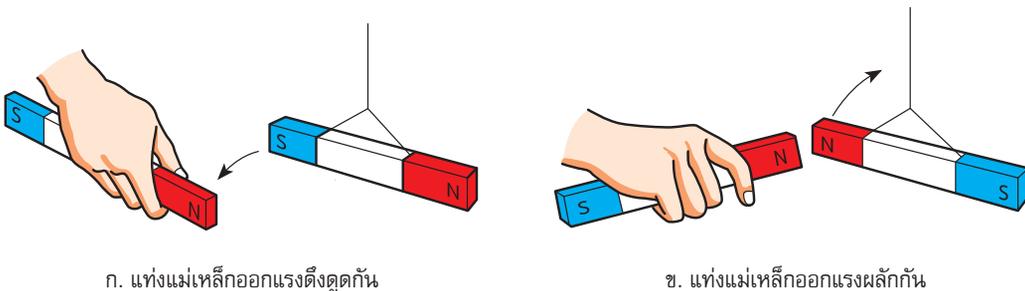
**2. แม่เหล็กไฟฟ้า (electromagnet)** เป็นแม่เหล็กที่เกิดขึ้นในลักษณะเดียวกับแม่เหล็กถาวร แต่เหล็กที่นำมาใช้เป็นเพียงเหล็กอ่อนธรรมดา เมื่อป้อนกระแสไฟฟ้าผ่านเข้าไปในขดลวดที่พันอยู่รอบแท่งเหล็กอ่อนนั้น แท่งเหล็กอ่อนจะมีสภาพเป็นแม่เหล็กทันที แต่เมื่อหยุดจ่ายกระแสไฟฟ้า อำนาจแม่เหล็กก็จะหมดไป เช่น อุปกรณ์ประเภทรีเลย์ โซเลนอยด์ กระดิ่งไฟฟ้า



รูปที่ 1.1 แท่งแม่เหล็ก

## 1.1 สนามแม่เหล็ก

แม่เหล็กจะประกอบด้วยขั้วแม่เหล็ก 2 ชนิด คือ ขั้วเหนือ (N) และขั้วใต้ (S) ซึ่งบริเวณขั้วของแม่เหล็กทั้ง 2 ข้างจะมีอำนาจแม่เหล็กมากที่สุด เมื่อปล่อยให้แม่เหล็กหมุนอย่างอิสระในแนวระดับ แท่งแม่เหล็กจะวางตัวในแนวเหนือ-ใต้ โดยแท่งแม่เหล็กขั้วเหนือจะชี้ไปทางขั้วโลกเหนือ และแท่งแม่เหล็กขั้วใต้จะชี้ไปทางขั้วโลกใต้ ถ้านำแท่งแม่เหล็ก 2 แท่งมาวางใกล้กัน ด้านที่มีขั้วแม่เหล็กเหมือนกันจะออกแรงผลักกัน ส่วนด้านที่มีขั้วแม่เหล็กต่างกันจะออกแรงดึงดูดกัน ดังรูปที่ 1.2



ก. แท่งแม่เหล็กออกแรงดึงดูดกัน

ข. แท่งแม่เหล็กออกแรงผลักกัน

รูปที่ 1.2 แรงกระทำระหว่างแท่งแม่เหล็ก 2 แท่งที่อยู่ใกล้กัน

แม่เหล็กสามารถดึงดูดวัตถุที่มีสารแม่เหล็กได้ เช่น เหล็ก นิกเกิล โคบอลต์ รวมถึงแม่เหล็กด้วยตัวเอง ซึ่งถ้านำวัตถุที่มีสารแม่เหล็กเข้าไปใกล้แม่เหล็ก แม่เหล็กจะสามารถออกแรงกระทำต่อวัตถุนั้นได้ โดยแรงนี้จะกระจายอยู่รอบ ๆ แท่งแม่เหล็ก บริเวณที่มีแรงกระทำเนื่องจากแม่เหล็ก เรียกว่า **สนามแม่เหล็ก (magnetic field :  $\vec{B}$ )** ซึ่งเป็นบริเวณที่มีอำนาจแม่เหล็กส่งไปถึง สนามแม่เหล็กเป็นปริมาณเวกเตอร์ที่มีทิศทางจากขั้วเหนือไปยังขั้วใต้ ลักษณะของสนามแม่เหล็กเป็นอย่างไร ให้นักเรียนศึกษาจากกิจกรรมที่ 1.1



## กิจกรรมการทดลอง

### กิจกรรมที่ 1.1 สนามแม่เหล็ก

#### จุดประสงค์

1. ทดลองและศึกษาลักษณะของเส้นสนามแม่เหล็กรอบ ๆ แท่งแม่เหล็กจากการโรยผงตะไบเหล็กบนกระดาษที่วางอยู่บนแท่งแม่เหล็ก 1 แท่ง และแท่งแม่เหล็ก 2 แท่งที่วางในลักษณะต่าง ๆ
2. ทดลองและเขียนแผนภาพแสดงเส้นสนามแม่เหล็กโดยการใช้เข็มทิศ

#### วัสดุอุปกรณ์

1. แท่งแม่เหล็กชนิดมีขั้วอยู่ที่ปลายแท่งจำนวน 2 แท่ง
2. ผงตะไบเหล็ก
3. กระดาษสีขาว 3-4 แผ่น
4. เข็มทิศ 1 อัน

#### คำถามก่อนกิจกรรม

1. ถ้าโรยผงตะไบเหล็กบนกระดาษสีขาวที่วางอยู่บนแท่งแม่เหล็ก 1 แท่ง ผงตะไบเหล็กจะเป็นอย่างไร
2. ถ้านำผงตะไบเหล็กออกแล้วใช้เข็มทิศวางตามแนวของผงตะไบเหล็ก เข็มทิศที่วางรอบแท่งแม่เหล็กจะเป็นอย่างไร
3. ถ้าใช้แท่งแม่เหล็ก 2 แท่ง โดยวางแท่งแม่เหล็กในลักษณะหันขั้วเหมือนกันเข้าหากันและหันขั้วต่างกันเข้าหากัน การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับผงตะไบเหล็กจะเป็นอย่างไร

#### ตอนที่ 1 เส้นสนามแม่เหล็ก

##### วิธีปฏิบัติ

1. วางแท่งแม่เหล็กบนโต๊ะ จากนั้นนำกระดาษสีขาวมาวางบนแท่งแม่เหล็ก 1 แท่ง โดยให้แท่งแม่เหล็กอยู่ตรงกลางแผ่นกระดาษ และวางกระดาษอีกแผ่นหนึ่งโดยไม่มีแท่งแม่เหล็ก
2. โรยผงตะไบเหล็กบาง ๆ บนแผ่นกระดาษสีขาวทั้งสองอย่างสม่ำเสมอ แล้วใช้นิ้วเคาะแผ่นกระดาษเบา ๆ สังเกตการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับผงตะไบเหล็ก พร้อมทั้งเขียนแผนภาพแสดงลักษณะการเรียงตัวของผงตะไบเหล็ก
3. ทำการทดลองโดยใช้แท่งแม่เหล็ก 2 แท่ง วางในตำแหน่งต่าง ๆ ดังนี้

**กรณีที่ 1** วางให้ขั้วชนิดเดียวกันหันเข้าหากัน ดังรูป

ขั้วเหนือหันเข้าหากัน



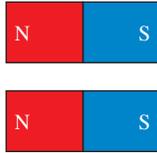
ขั้วใต้หันเข้าหากัน



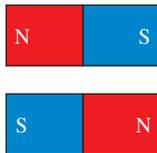
**กรณีที่ 2** วางให้ขั้วต่างชนิดหันเข้าหากัน ดังรูป



**กรณีที่ 3** วางขนานและหันขั้วชนิดเดียวกันเข้าหากัน ดังรูป



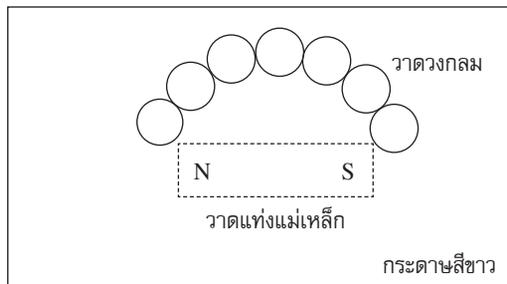
**กรณีที่ 4** วางขนานและหันขั้วต่างชนิดเข้าหากัน ดังรูป



- นำแผ่นกระดาษสีขาววางบนแท่งแม่เหล็ก โดยให้แท่งแม่เหล็กทั้งสองที่วางในกรณีต่าง ๆ อยู่ตรงกลางแผ่นกระดาษ จากนั้นโรยผงตะไบเหล็กบาง ๆ บนกระดาษอย่างสม่ำเสมอแล้วใช้นิ้วเคาะแผ่นกระดาษเบา ๆ สังเกตการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับผงตะไบเหล็ก พร้อมทั้งเขียนแผนภาพแสดงลักษณะการเรียงตัวของผงตะไบเหล็ก และเปรียบเทียบการเรียงตัวของผงตะไบเหล็กในแต่ละกรณี

### ตอนที่ 2 ทิศทางของเข็มทิศ

- วางแท่งแม่เหล็ก 1 แท่ง บนกระดาษสีขาวบริเวณกลางกระดาษ จากนั้นใช้ดินสอวาดตามรูปร่างของแท่งแม่เหล็กแล้วนำแท่งแม่เหล็กออกจากกระดาษ
- วาดวงกลมลงบนกระดาษ โดยให้มีขนาดใกล้เคียงกับเข็มทิศที่ตำแหน่งต่าง ๆ ของแท่งแม่เหล็ก ดังรูป

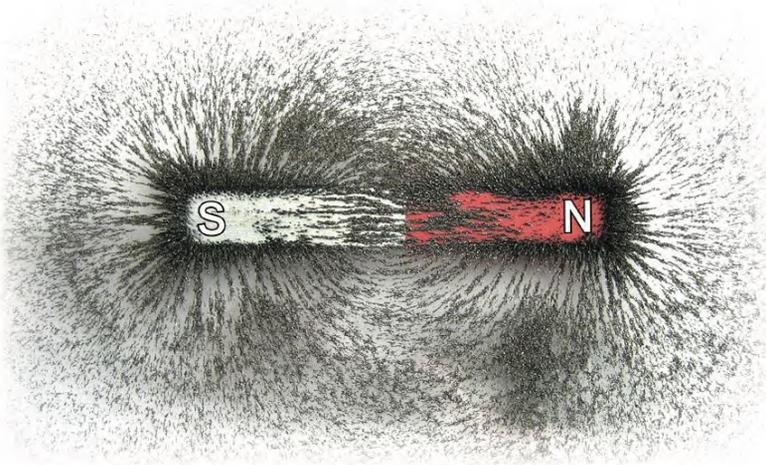


- นำแท่งแม่เหล็กวางบนกระดาษที่วาดภาพเรียบร้อยแล้วให้ตรงกับตำแหน่งที่วาดรูปไว้
- นำเข็มทิศวางในวงกลมที่วาดไว้ที่ละตำแหน่ง แล้วสังเกตการชี้ของเข็มทิศในแต่ละตำแหน่งที่วาง พร้อมทั้งเขียนลูกศรแสดงการชี้ของเข็มทิศลงในวงกลม
- ลากเส้นเชื่อมต่อลูกศรที่วาดไว้ในวงกลม สังเกตและบันทึกผล

### คำถามท้ายกิจกรรม

1. การเปลี่ยนแปลงของผงตะไบเหล็กบนแผ่นกระดาษสีขาวที่มีแท่งแม่เหล็กแตกต่างจากแผ่นกระดาษที่ไม่มีแท่งแม่เหล็กหรือไม่ อย่างไร
2. เมื่อบางแท่งแม่เหล็ก 2 แท่งใต้แผ่นกระดาษสีขาวในลักษณะต่าง ๆ การจัดเรียงตัวของผงตะไบเหล็กแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร
3. การชี้ของเข็มทิศที่วางอยู่ใกล้แท่งแม่เหล็กในแต่ละตำแหน่งมีลักษณะอย่างไร

การจัดเรียงตัวของผงตะไบเหล็กเกิดจากอิทธิพลของแท่งแม่เหล็ก โดยผงตะไบเหล็กจะเรียงตัวต่อกันจากขั้วแม่เหล็กด้านหนึ่งไปยังขั้วอีกด้านหนึ่ง โดยมีลักษณะเป็นแนวหลายแนวและมีความหนาแน่นมากตรงบริเวณขั้วทั้งสองของแม่เหล็ก และเมื่อนำเข็มทิศมาวางใกล้ ๆ แท่งแม่เหล็ก เข็มทิศจะชี้ไปตามแนวการเรียงตัวของผงตะไบเหล็ก โดยมีทิศพุ่งจากขั้วเหนือไปยังขั้วใต้ของแท่งแม่เหล็ก ซึ่งแสดงให้เห็นว่าบริเวณรอบ ๆ แท่งแม่เหล็กนั้นจะมีสนามแม่เหล็กอยู่ และแนวการเรียงตัวของผงตะไบเหล็กจะเรียกว่า **เส้นสนามแม่เหล็ก (magnetic field line)** ซึ่งมีทิศพุ่งจากขั้วเหนือไปสู่ขั้วใต้ และปริมาณเส้นสนามแม่เหล็กที่ผ่านพื้นที่บริเวณหนึ่ง เรียกว่า **ฟลักซ์แม่เหล็ก (magnetic flux :  $\phi$ )** ซึ่งจะมีค่ามากตรงบริเวณขั้วแม่เหล็กทั้งสอง ดังรูปที่ 1.3



รูปที่ 1.3 สนามแม่เหล็กจะเข้มมากตรงบริเวณขั้วของแท่งแม่เหล็ก

ภายในแท่งแม่เหล็ก เส้นแรงแม่เหล็ก มีทิศพุ่งจากขั้วใต้ (S) ไปขั้วเหนือ (N)



ภายนอกแท่งแม่เหล็ก เส้นแรงแม่เหล็ก มีทิศพุ่งจากขั้วเหนือ (N) ไปขั้วใต้ (S)

