

สภาพแม่เหล็ก
(Magnetism)



แร่แม่เหล็ก



คำว่าแม่เหล็กหรือ magnetism มาจากชื่อของบริเวณที่พบก้อนหินพิเศษชนิดหนึ่งของชาวกรีกโบราณเมื่อกว่าสองพันปีก่อน หินดังกล่าวชื่อ แร่แม่เหล็ก หรือ lodestone ซึ่งมีคุณสมบัติพิเศษในการดึงดูดชิ้นเหล็กได้

ชาวจีนในศตวรรษที่ 12 นำแร่แม่เหล็กมาใช้ทำเข็มทิศเพื่อบอกทิศทาง



ต่อมาศตวรรษที่ 16 William Gilbert

- ทดลองทำแม่เหล็กเทียมขึ้นจากการถูแท่งเหล็กกับแร่แม่เหล็ก
- เข้มทิศจะชี้ไปทางทิศเหนือและใต้เสมอ เนื่องจากอำนาจแม่เหล็กของโลก

เรามีความเข้าใจในสภาพแม่เหล็กและสภาพไฟฟ้าแยกจากกัน จนกระทั่งเมื่อปี ค.ศ. 1820 ที่ Hans Christian Oersted พบปรากฏการณ์ที่ลวดตัวนำที่มี



แรงแม่เหล็ก (Magnetic Force)

แรงไฟฟ้า ← → แรงแม่เหล็ก

แรงไฟฟ้า

-แรงที่ประจุไฟฟ้ากระทำต่อกัน

-แรงไฟฟ้านี้จะขึ้นกับขนาดของประจุทั้งสองและระยะห่างระหว่างกันตามกฎของคูลอมบ์

เมื่อประจุไฟฟ้ามีการเคลื่อนที่สัมผัสต่อกัน กฎของคูลอมบ์อาจอธิบายแรงกระทำนี้ได้ไม่ละเอียดนัก เพราะแรงไฟฟ้าจะขึ้นกับการเคลื่อนที่ของประจุด้วย เราพบว่านอกเหนือจากแรงที่เกิดจากทางไฟฟ้าแล้ว ยังมีแรงอีกแรงที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของประจุไฟฟ้าซึ่งเรียกว่า แรงทางแม่เหล็ก (magnetic force) ทั้งแรงทางไฟฟ้าและแรงทางแม่เหล็กเป็นลักษณะที่ต่างกันจากปรากฏการณ์อันเดียวกันคือ สภาพแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetism)

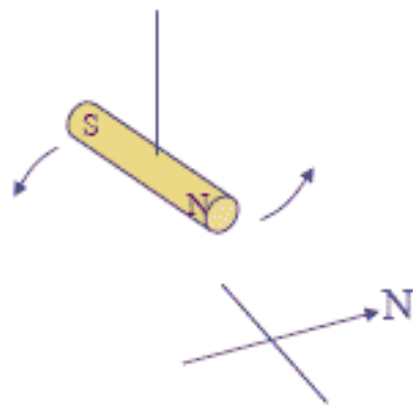


ขั้วแม่เหล็ก (Magnetic Poles)

แรงแม่เหล็ก คล้าย แรงไฟฟ้า :

แรงผลักและแรงดูด โดยที่ไม่ต้องมีการสัมผัสกัน และขึ้นกับปลายของแท่งแม่เหล็กทั้งสองที่ใกล้กัน

ขนาดของแรงที่กระทำต่อกันจะขึ้นกับระยะห่างระหว่างกันของแท่งแม่เหล็ก



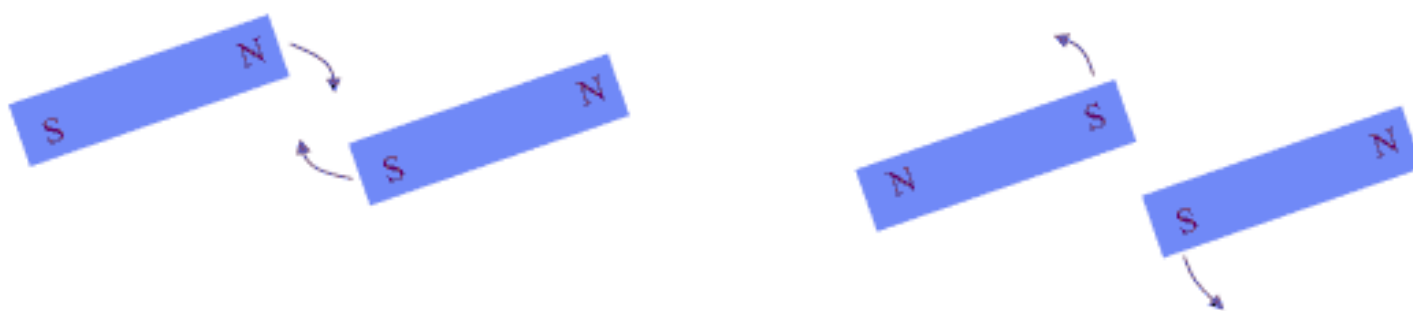
ถ้าผูกแท่งแม่เหล็กด้วยเชือกแล้วแขวนไว้ มันจะประพฤติตัวเหมือนเข็มทิศ ปลายด้านหนึ่งจะชี้ไปทางทิศเหนือ เรียกปลายด้านนี้ว่า ขั้วเหนือ (North Pole) ปลายด้านตรงข้ามชี้ไปทางทิศใต้ เรียกว่า ขั้วใต้ (South Pole)

แม่เหล็กทุกชนิดจะมีทั้งขั้วเหนือและใต้เสมอ



ขั้วแม่เหล็ก (Magnetic Poles)

แม่เหล็กขั้วเหนือหรือใต้ที่เหมือนกัน ไว้ใกล้กันจะเกิดแรงผลัก
และนำขั้วตรงข้ามใกล้กันจะดูดกัน

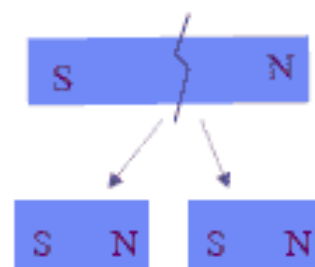
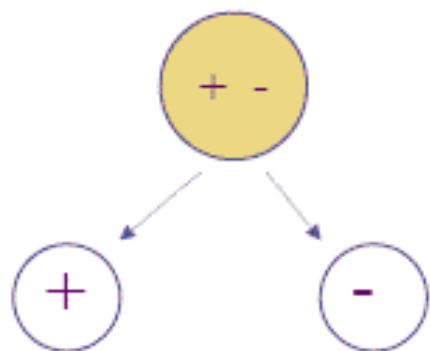


ปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นนี้จะคล้ายกับแรงที่เกิดจากประจุไฟฟ้า นั่นคือประจุไฟฟ้า
บวกหรือลบที่เหมือนกัน ใกล้กันจะผลักกัน ประจุไฟฟ้าต่างกันจะดูดกัน



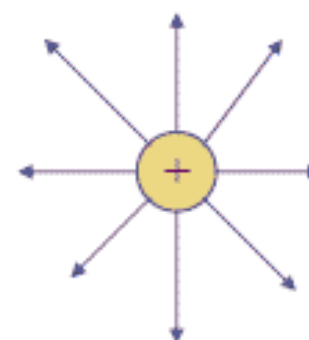
ขั้วแม่เหล็ก (Magnetic Poles)

ความแตกต่างที่สำคัญระหว่างขั้วแม่เหล็กกับประจุไฟฟ้า คือ ขณะที่ประจุไฟฟ้าบวกและลบถูกแยกออกจากกันได้ แต่เราแยกขั้วแม่เหล็กเหนือและใต้ออกจากกันไม่ได้



สนามแม่เหล็ก (Magnetic Field)

บริเวณรอบๆก้อนมวล มี สนามโน้มถ่วง
บริเวณรอบๆประจุไฟฟ้า มี สนามไฟฟ้า



แต่ถ้าประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ บริเวณรอบๆประจุจะเปลี่ยนแปลงไป
การเปลี่ยนแปลงนี้เนื่องมาจาก การเกิด

สนามแม่เหล็ก (Magnetic Field)



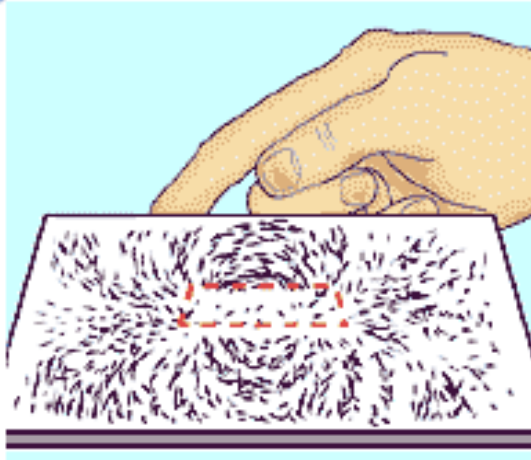
สนามแม่เหล็ก (Magnetic Field)

ประจุไฟฟ้าที่กำลังเคลื่อนที่ บริเวณรอบๆ จะเกิดทั้งสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก เหมือนในสนามไฟฟ้า สนามแม่เหล็กเป็นแหล่งของพลังงาน ประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่เร็วเท่าใด ก็จะมีขนาดของสนามแม่เหล็ก รอบๆ ประจุมากเท่านั้น

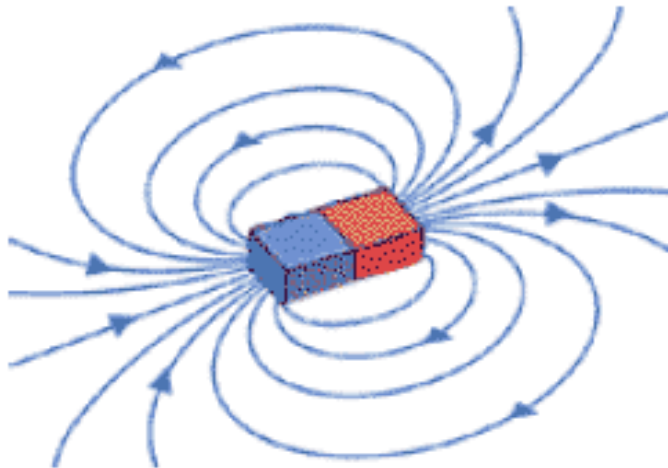
การเคลื่อนที่ของประจุไฟฟ้าทำให้เกิดสนามแม่เหล็ก



สนามแม่เหล็ก (Magnetic Field)



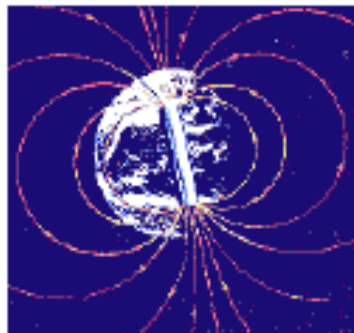
โรยผงเหล็กรอบๆแท่งแม่เหล็ก
แล้วเคาะเบาๆ ผงเหล็กจะเริ่มเรียง
ตัวตามสนามแม่เหล็ก



สนามแม่เหล็กรอบๆแท่งแม่เหล็ก
จะมีทิศทางพุ่งออกจากขั้วเหนือ และ
พุ่งเข้าขั้วใต้

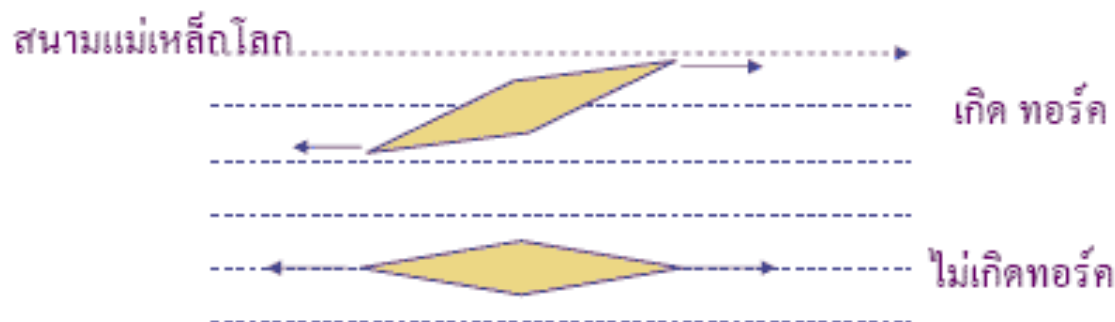


สนามแม่เหล็กโลก (Earth Magnetic Field)



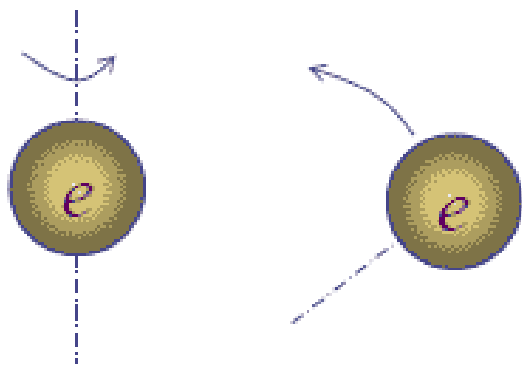
การที่เข็มทิศวางตัวในทิศเหนือได้ได้นั้น เนื่องจากโลกเรามีอำนาจแม่เหล็ก โดยที่ขั้วโลกเหนือจะมีอำนาจแม่เหล็กขั้วใต้ (ดึงดูดให้แม่เหล็กขั้วเหนือหันไปหา) และที่ขั้วโลกใต้มีอำนาจแม่เหล็กขั้วเหนือ

เมื่อเข็มทิศไม่อยู่ในแนวของสนามแม่เหล็กโลก จะเกิดแรงแม่เหล็ก กระทำกับเข็มทิศทำให้เกิดทอร์คบิดให้เข็มทิศวางตัวตามแนวของสนามแม่เหล็กโลก



การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอน (Electron Motions)

ถ้าการเคลื่อนที่ของประจุไฟฟ้าทำให้เกิดสภาพแม่เหล็ก แล้วในทางแม่เหล็กมีการเคลื่อนที่นี้ได้อย่างไร คำตอบคืออิเล็กตรอนในอะตอม



Spinning electron

Orbital electron

การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนมีสองรูปแบบ

1. การหมุนรอบตัวเองเรียกว่าอิเล็กตรอนสปิน (electron spin)
2. การเคลื่อนที่โคจรรอบนิวเคลียสของอะตอม

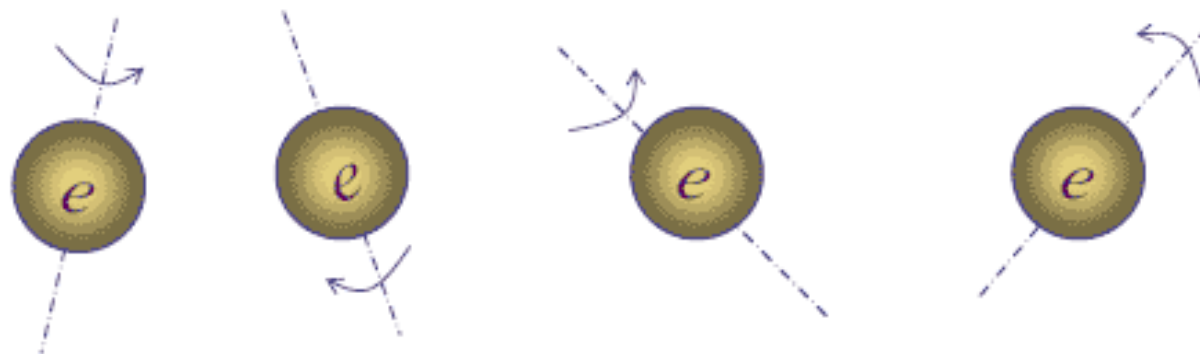
ทุกๆอะตอมจะเป็นแม่เหล็กไฟฟ้าอันเล็ก คู่ของอิเล็กตรอนที่หมุนรอบตัวเองในทิศทางเดียวกันก็จะสร้างแม่เหล็กไฟฟ้าที่แรงขึ้น แต่คู่ของอิเล็กตรอนที่หมุนในทิศทางตรงข้ามจะส่งผลในทางตรงข้าม คือหักล้างสนามแม่เหล็กที่มีต่อกัน



สสารกับความเป็นแม่เหล็ก

สสารส่วนใหญ่ไม่แสดงความเป็นแม่เหล็ก เนื่องจากอะตอมส่วนใหญ่
สนามจำนวนมากหักล้างกันเอง เพราะอิเล็กตรอนมีสปินในทิศทางตรงข้าม
กัน

วัสดุบางชนิดเช่นเหล็ก นิกเกิล และ โคบอลต์ สนามแม่เหล็กไม่หักล้างกัน
หมด เช่นอะตอมของเหล็กจะมีอิเล็กตรอนอยู่ที่ตัวที่สปินแม่เหล็กไม่ถูก
หักล้างไป แต่ละอะตอมของเหล็กจึงเป็นแม่เหล็กขนาดเล็กๆ

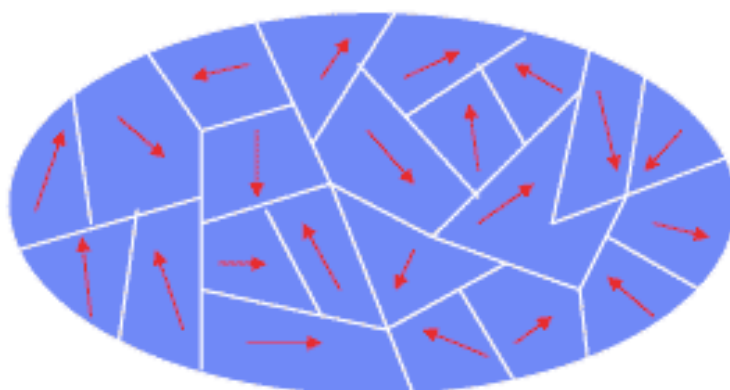


โดเมนแม่เหล็ก (Magnetic Domain)

สนามแม่เหล็กของแต่ละอะตอมของเหล็กนั้นแรงมาก จนทำให้อะตอมที่ติดๆกัน เป็นกลุ่มของอะตอมจะเรียงตัวความเป็นแม่เหล็กไปในทางเดียวกัน กลุ่มที่อะตอมมีการเรียงตัวไปในทางเดียวกันนี้เรียกว่า

โดเมนแม่เหล็ก (*magnetic domain*)

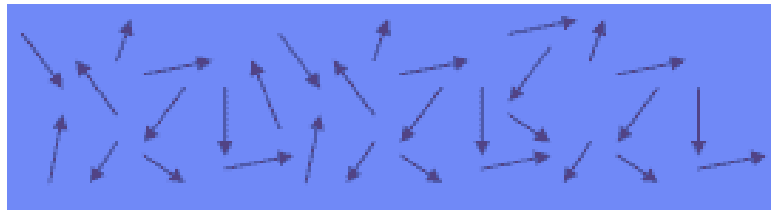
แต่ละโดเมนถูกทำให้เป็นแม่เหล็กอย่างสมบูรณ์ และประกอบด้วยอะตอมที่เรียงตัวหลายพันล้านอะตอม โดเมนมีขนาดเล็กมากและมีจำนวนมากในผลึกของเหล็ก



ภาพขยายของโดเมนแม่เหล็กของผลึกเหล็ก แต่ละโดเมนจะประกอบด้วยอะตอมที่เรียงตัวไปในทางเดียวกันจำนวนมาก

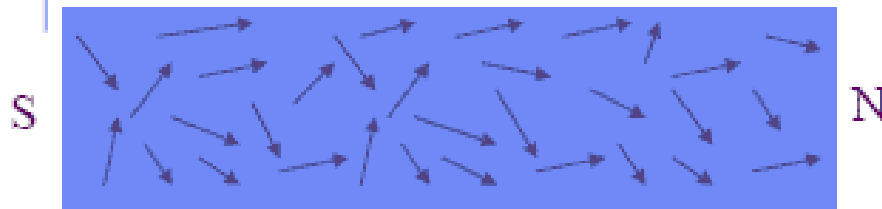


โดเมนแม่เหล็ก (Magnetic Domain)

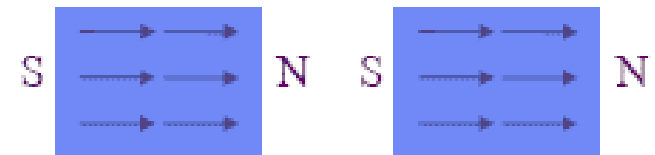


แท่งเหล็กที่ไม่มีอำนาจแม่เหล็ก

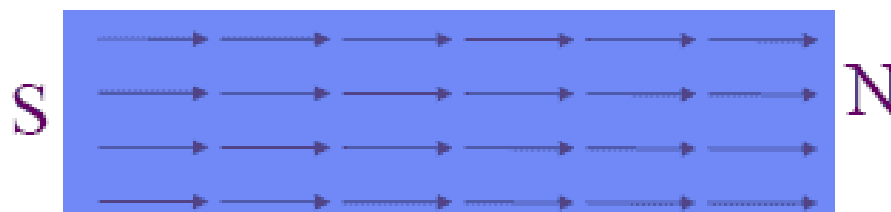
โดเมนแม่เหล็กในแท่งเหล็ก ที่
เรียงลำดับจากความแรงของ
แม่เหล็กจากน้อยไปมาก



แท่งเหล็กที่มีอำนาจแม่เหล็กอ่อนๆ



แท่งแม่เหล็กที่ถูกหักเป็นสองท่อน



แท่งเหล็กหรือแม่เหล็กที่มีอำนาจแม่เหล็กอย่างแรง



การทำให้เกิดอำนาจแม่เหล็ก (Magnetization)

เราสามารถสร้างแม่เหล็กถาวร (magnetize) ได้โดยการวางแท่งเหล็กหรือโลหะอัลลอยในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็กแรงมากๆ

สนามแม่เหล็กแรงๆผลักดันหรือบังคับให้ โดเมนแม่เหล็กที่ไม่ยอมวางตัวในทิศที่ต้องการเรียงตัวในทิศทางที่ต้องการได้ วิธีที่จะทำให้แม่เหล็กถาวรคือการทุบ ทุ หรือกระแทกแท่งเหล็กด้วยแม่เหล็ก การกระแทกนี้จะเป็นการจัดเรียง โดเมนในเหล็ก เช่น การถูปลายไขควงกับแท่งแม่เหล็ก

แต่ถ้าแม่เหล็กตกกระแทกพื้นหรือทำให้ร้อนขึ้น จะทำให้บาง โดเมนมีการปรับการเรียงตัว ความเป็นแม่เหล็กจึงอ่อนตัวลง

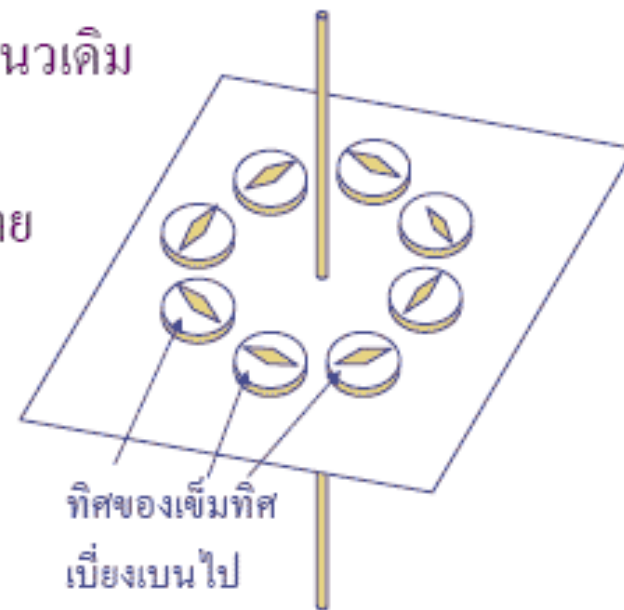


การทดลองของเออร์สเตด



Hans Christian Oersted (1820) พบโคบบังเอิญว่าเมื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าไปในสายไฟ หรือ ลวดตัวนำแล้ว ทำให้เข็มทิศที่วางไว้ใกล้ๆ เบี่ยงเบนทิศทางจากแนวเดิม

Oersted จึงทำการทดลองต่อพบว่า เมื่อจ่ายกระแสไฟฟ้า จะทำให้เกิดสนามแม่เหล็ก รอบๆลวดตัวนำนั้น และมีทิศทางเป็นไปตามกฎมือขวา



ทิศของเข็มทิศ
เบี่ยงเบนไป

กระแสไฟฟ้าไหลในลวดตัวนำ

ดร สมพงษ์ เลียงโรคาพาธ

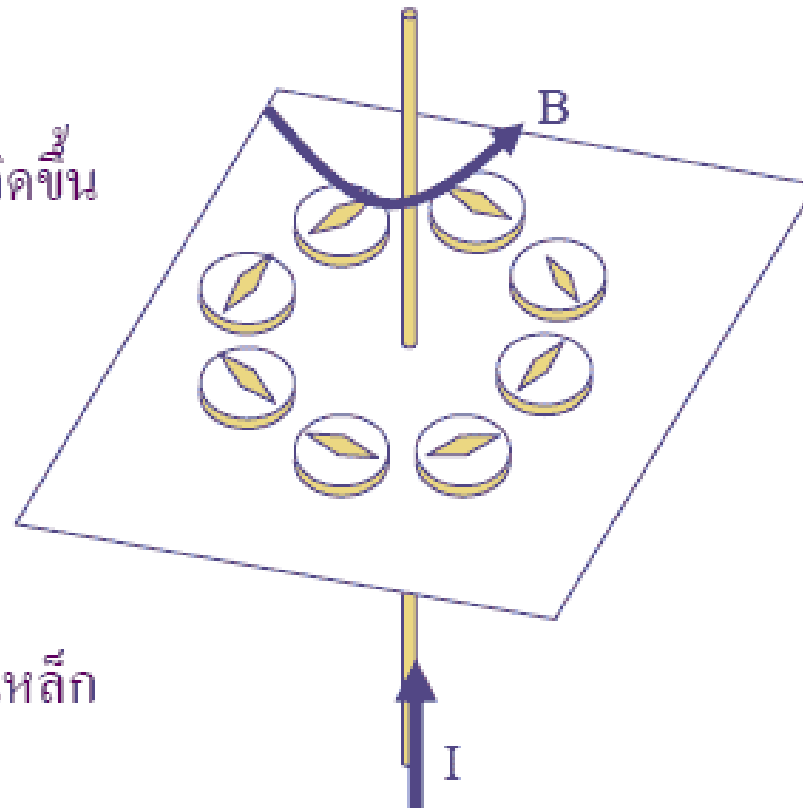


กฎมือขวาของเออร์สเตด

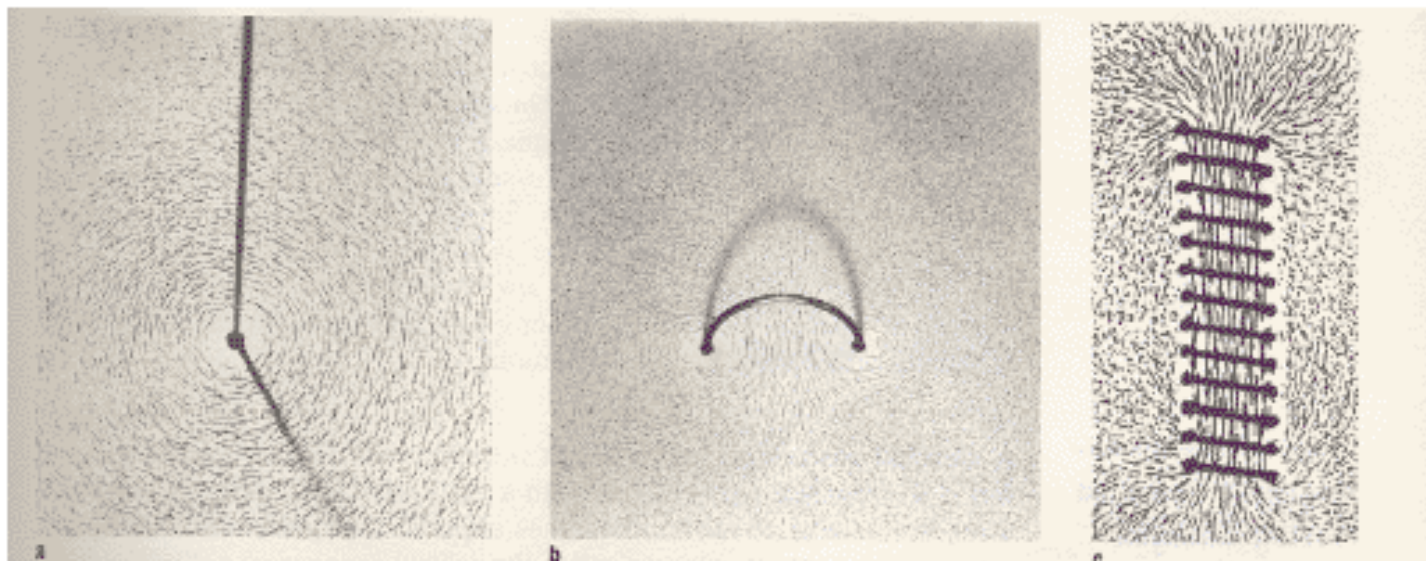
เออร์สเตดแนะนำการกำหนด
ทิศทางของสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้น
โดยใช้มือขวา ว่า

นิ้วโป้ง ชี้ทิศกระแส

นิ้วทั้งสี่กำ ชี้ทิศของสนามแม่เหล็ก



ลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้า



ลวดตัวนำตรง
ที่มีกระแสไฟฟ้า

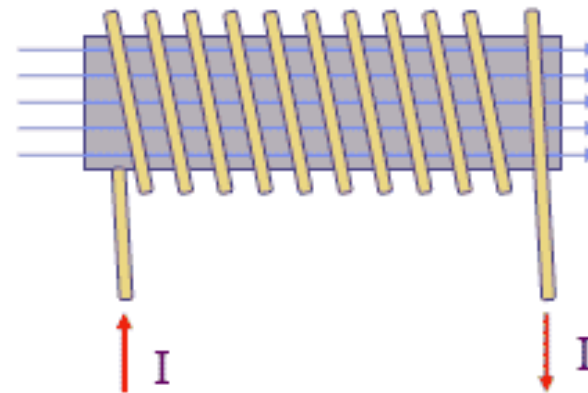
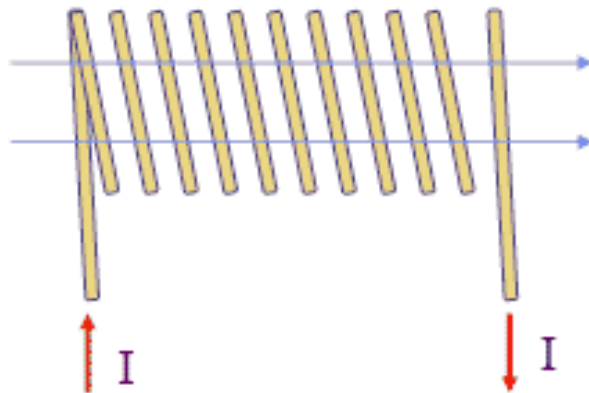
ลวดตัวนำวงกลม
ที่มีกระแสไฟฟ้า

ขดลวดตัวนำวงกลม
ที่มีกระแสไฟฟ้า

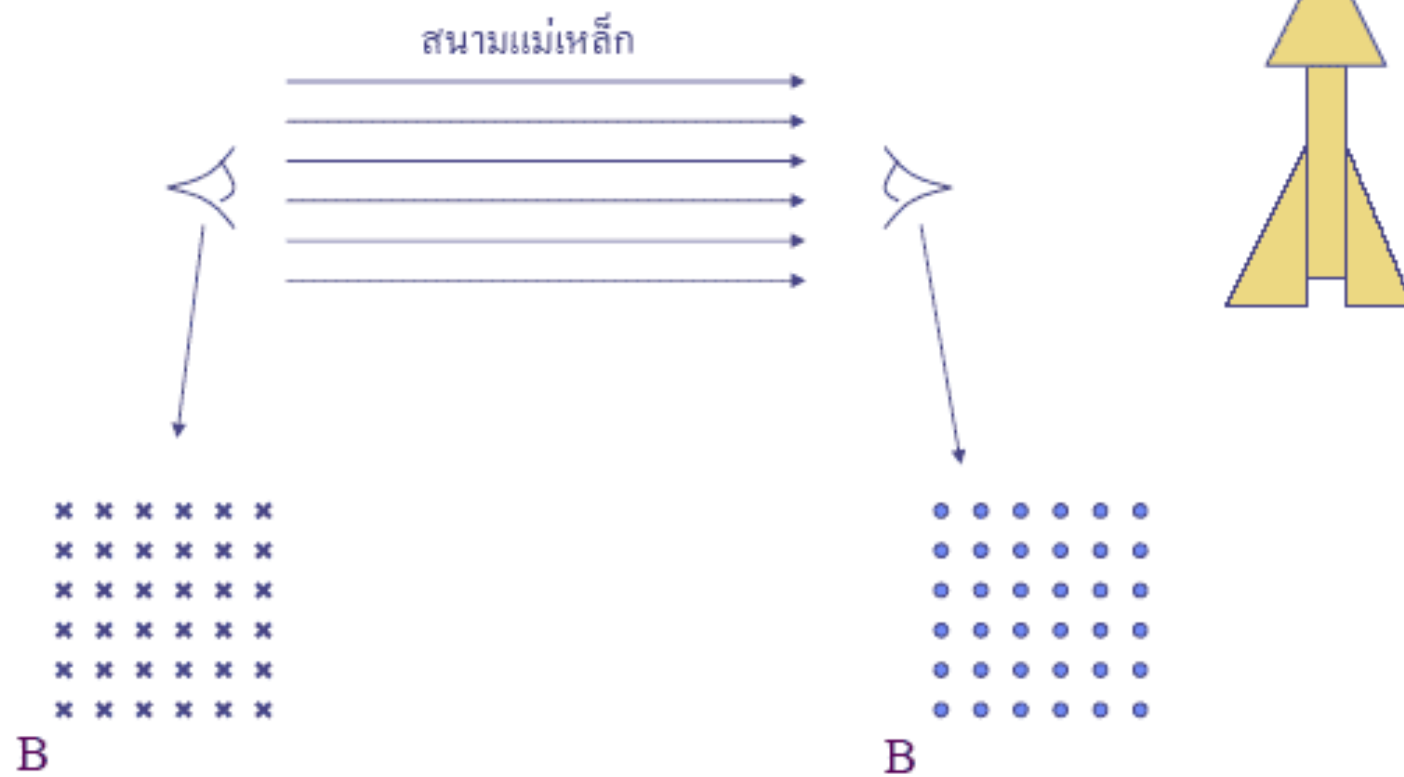


ขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้า

ถ้าสอดแท่งเหล็กเข้าไปในขดลวดที่มีกระแสไฟฟ้า โดเมนแม่เหล็กในแท่งเหล็กจะถูกเหนี่ยวนำให้เรียงตัวกันตามทิศของสนามแม่เหล็กที่เกิดจากกระแสไฟฟ้า การเรียงตัวของโดเมนแม่เหล็กในแท่งเหล็กนี้จะทำให้เพิ่มความเข้มของสนามแม่เหล็กขึ้นไปอีก และเราเรียกสิ่งที่เกิดขึ้นนี้ว่า แม่เหล็กไฟฟ้า และเรียกอุปกรณ์ชนิดนี้ว่า ขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้า หรือ solenoid

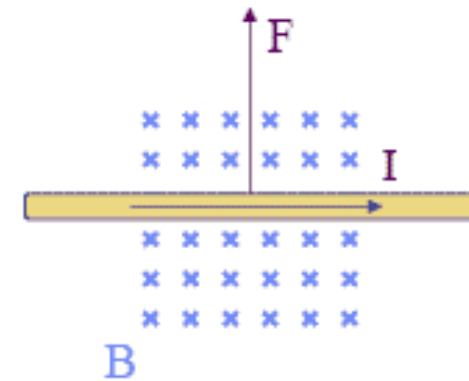
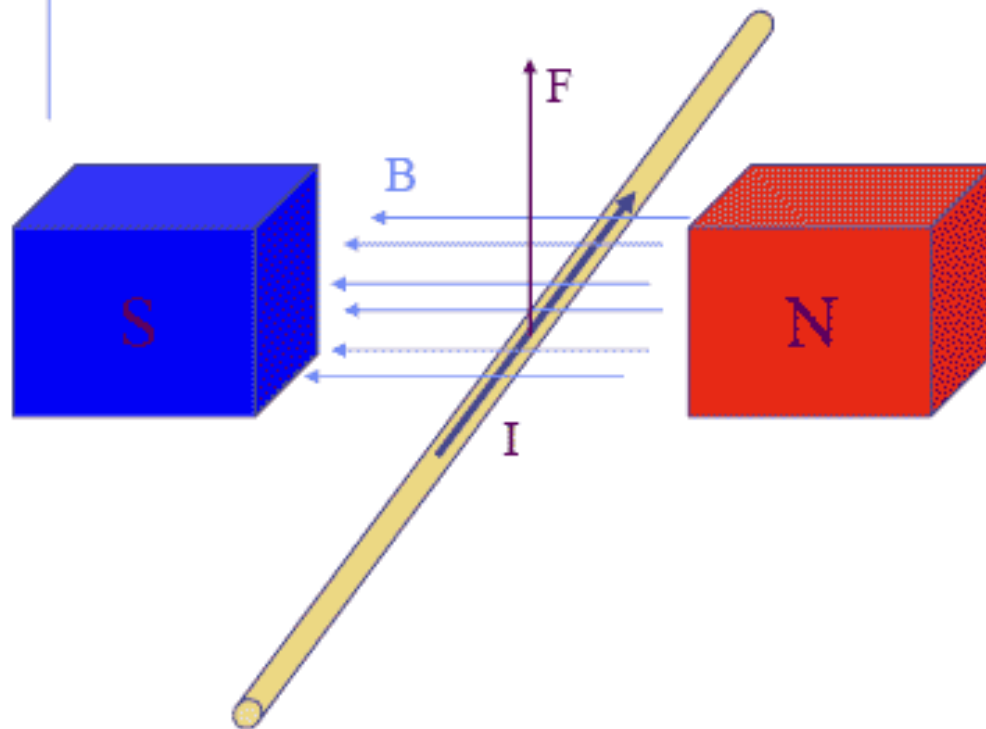


การเขียนสนามแม่เหล็กใน 2 มิติ



แรงแม่เหล็กบนลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้า

หลังจากที่เออร์สเตดพบสนามแม่เหล็กรอบตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้า เขาทำการทดลองเพิ่มเติม และพบอีกว่าตัวนำที่มีกระแส ถ้าวางตัวอยู่ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็ก จะเกิดแรงแม่เหล็กกระทำกับลวดตัวนำนั้น



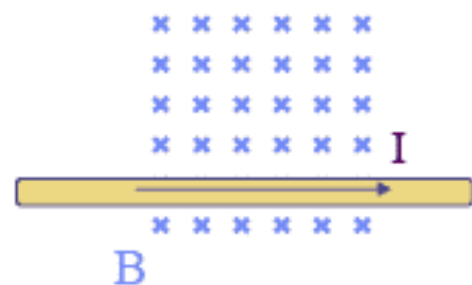
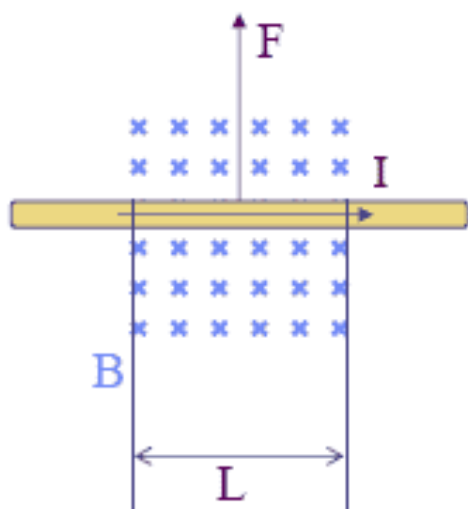
F = แรงแม่เหล็ก

I = กระแสไฟฟ้า

B = สนามแม่เหล็ก



แรงแม่เหล็กบนลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้า



$$F = LIB \sin \theta$$

กฎมือขวา

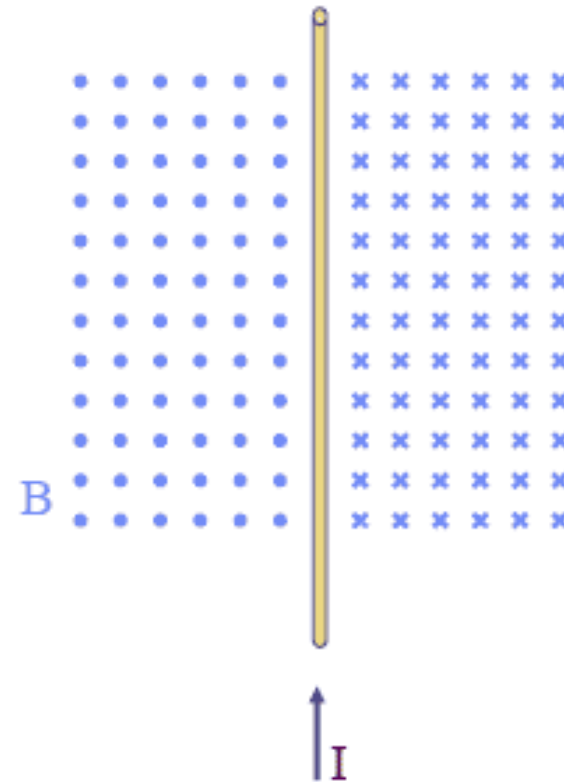
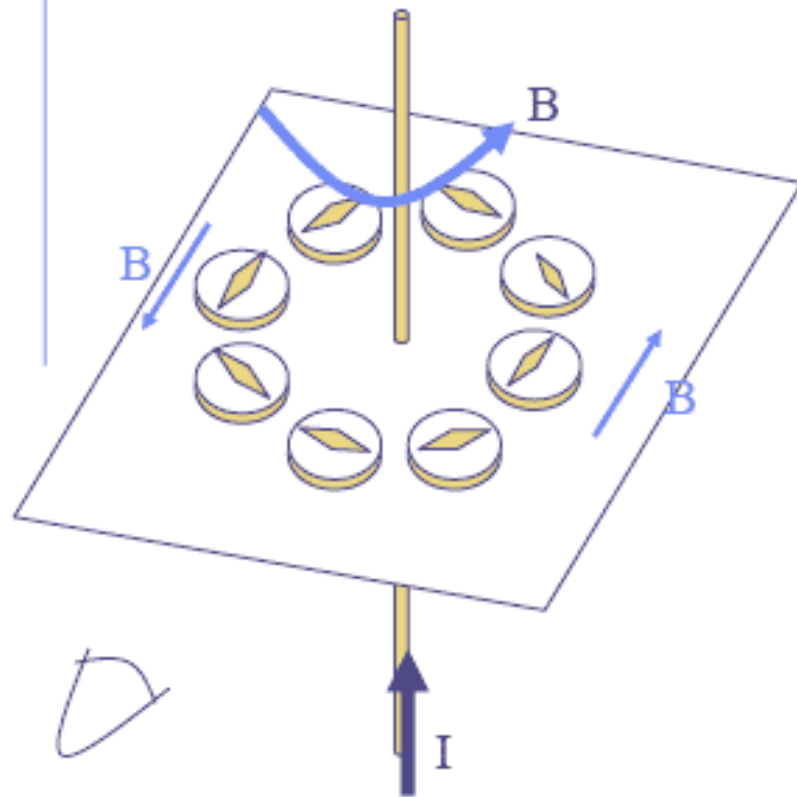
นิ้วกลาง – ทิศสนามแม่เหล็ก

นิ้วชี้ – ชีติศกระแส (การเคลื่อนที่ของประจุบวก)

นิ้วโป้ง – ชีติศแรงแม่เหล็ก

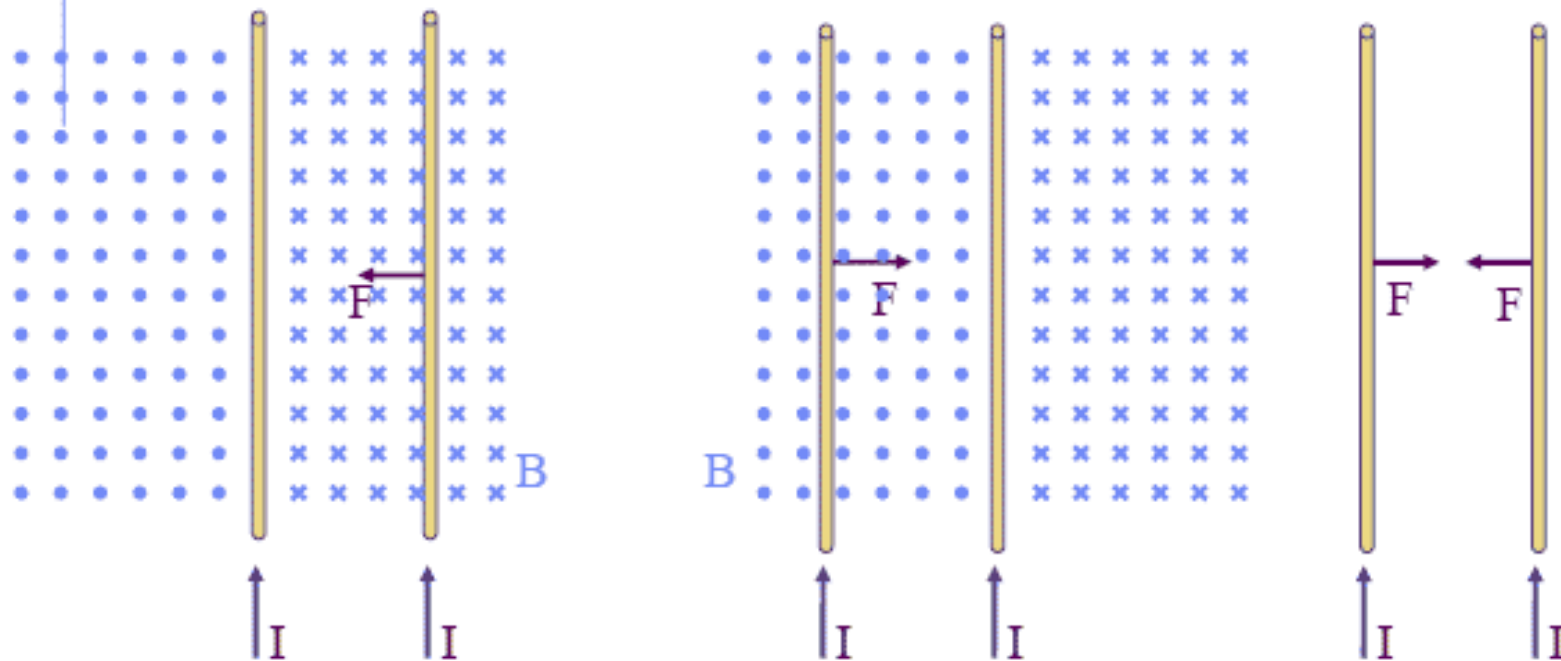


แรงระหว่างลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้า



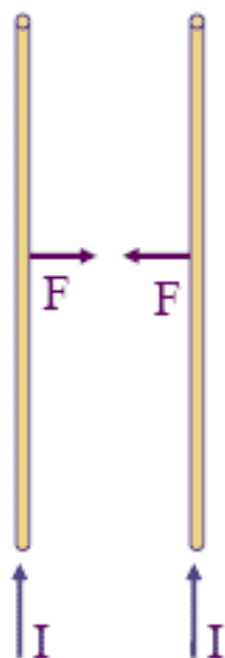
แรงระหว่างลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้า

เมื่อลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าสองเส้น ถูกวางไว้ใกล้ๆกัน จะเกิดแรงแม่เหล็กกระทำต่อกัน เนื่องจากสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นจากอีกเส้นหนึ่ง

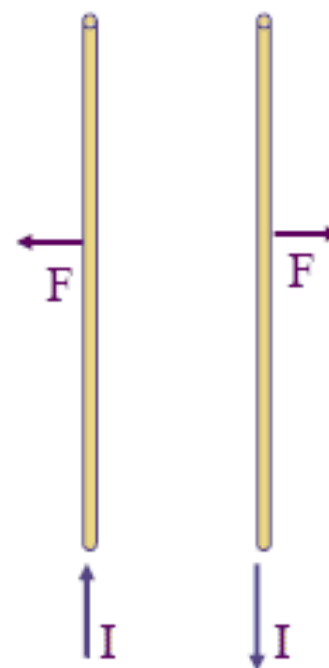


แรงระหว่างลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้า

ลวดตัวนำสองเส้นขนานกันมีกระแสไฟฟ้าไปในทางเดียวกัน จะเกิดแรงแม่เหล็กดูดให้ลวดตัวนำเข้าหากัน แต่ถ้ากระแสไฟฟ้าไหลสวนทางกัน จะเกิดเป็นแรงผลัก

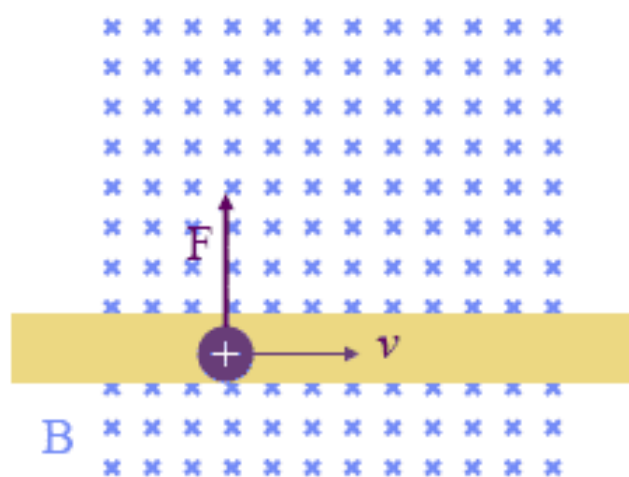
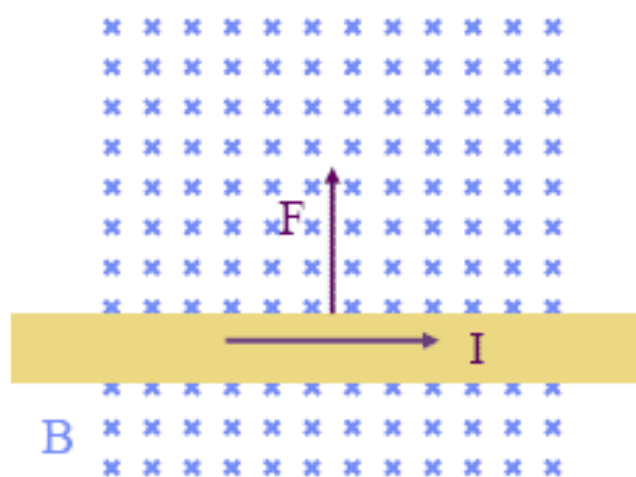


ให้นักศึกษาทดลองเขียนภาพสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นเพื่อแสดงแรงแม่เหล็กดังกล่าว



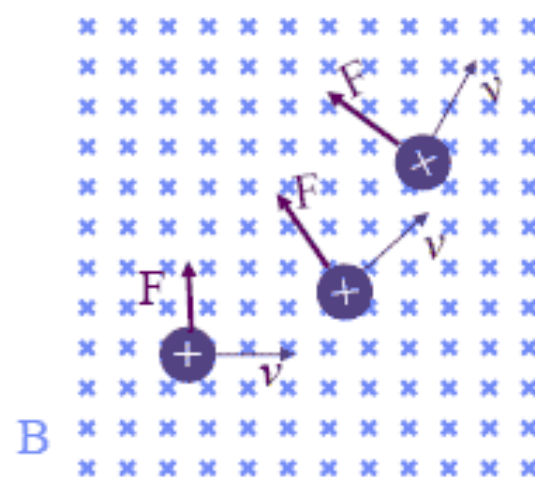
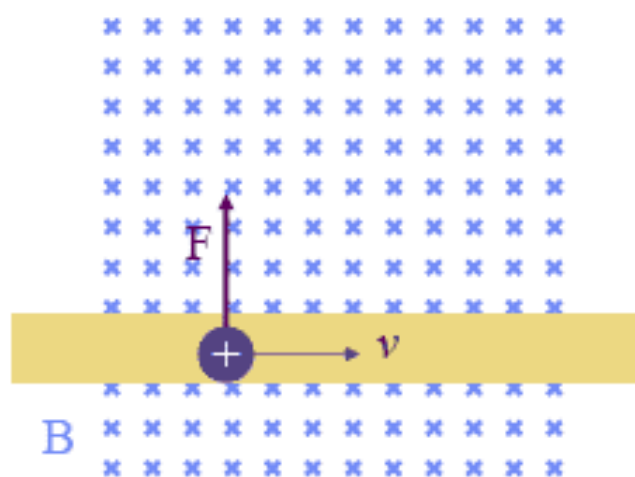
แรงแม่เหล็กที่กระทำต่อประจุที่เคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก

ทิศของแรงแม่เหล็กที่กระทำกับลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าเป็นไปตามกฎมือขวา แต่เนื่องจากกระแสไฟฟ้าที่จริงแล้วก็คือทิศการเคลื่อนที่ของประจุบวก ดังนั้น ถ้าเราพิจารณาลงไปในระดับของประจุไฟฟ้า จะเกิดแรงแม่เหล็กกระทำกับประจุไฟฟ้านั้น ตามกฎมือขวาเช่นกัน



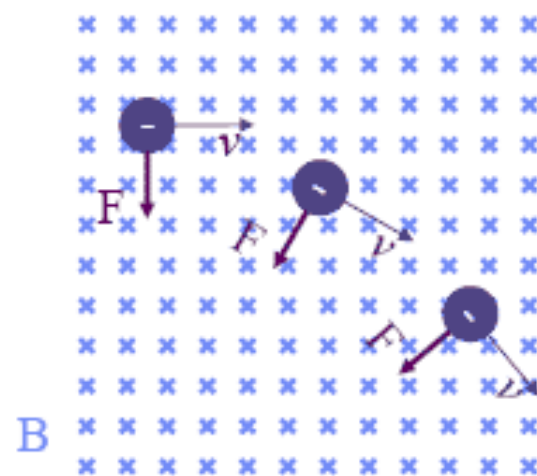
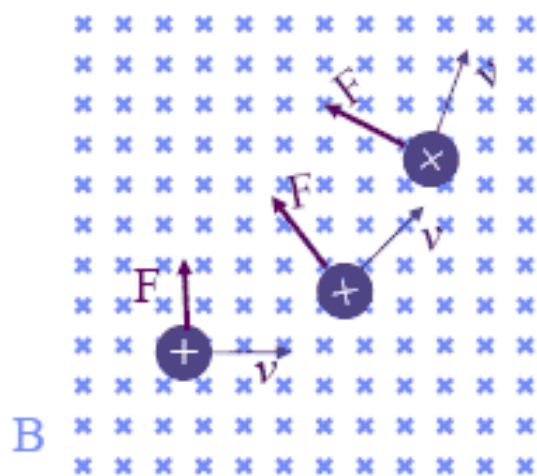
แรงแม่เหล็กที่กระทำต่อประจุที่เคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก

เมื่อประจุบวกเคลื่อนที่เข้าไปในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็กสม่ำเสมอ จึงเกิดแรงกระทำต่อเนื่อง ในทิศทางตามกฎมือขวา จึงทำให้ประจุบวกเคลื่อนที่เป็นแนวโค้ง



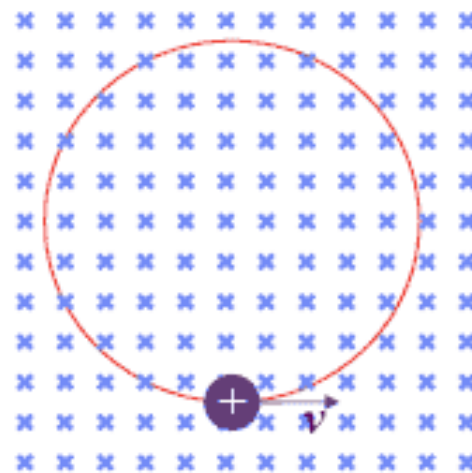
แรงแม่เหล็กที่กระทำต่อประจุที่เคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก

ประจุบวกจะเคลื่อนที่ตามกฎมือขวา ส่วนประจุลบจะเคลื่อนที่ในทิศตรงข้าม

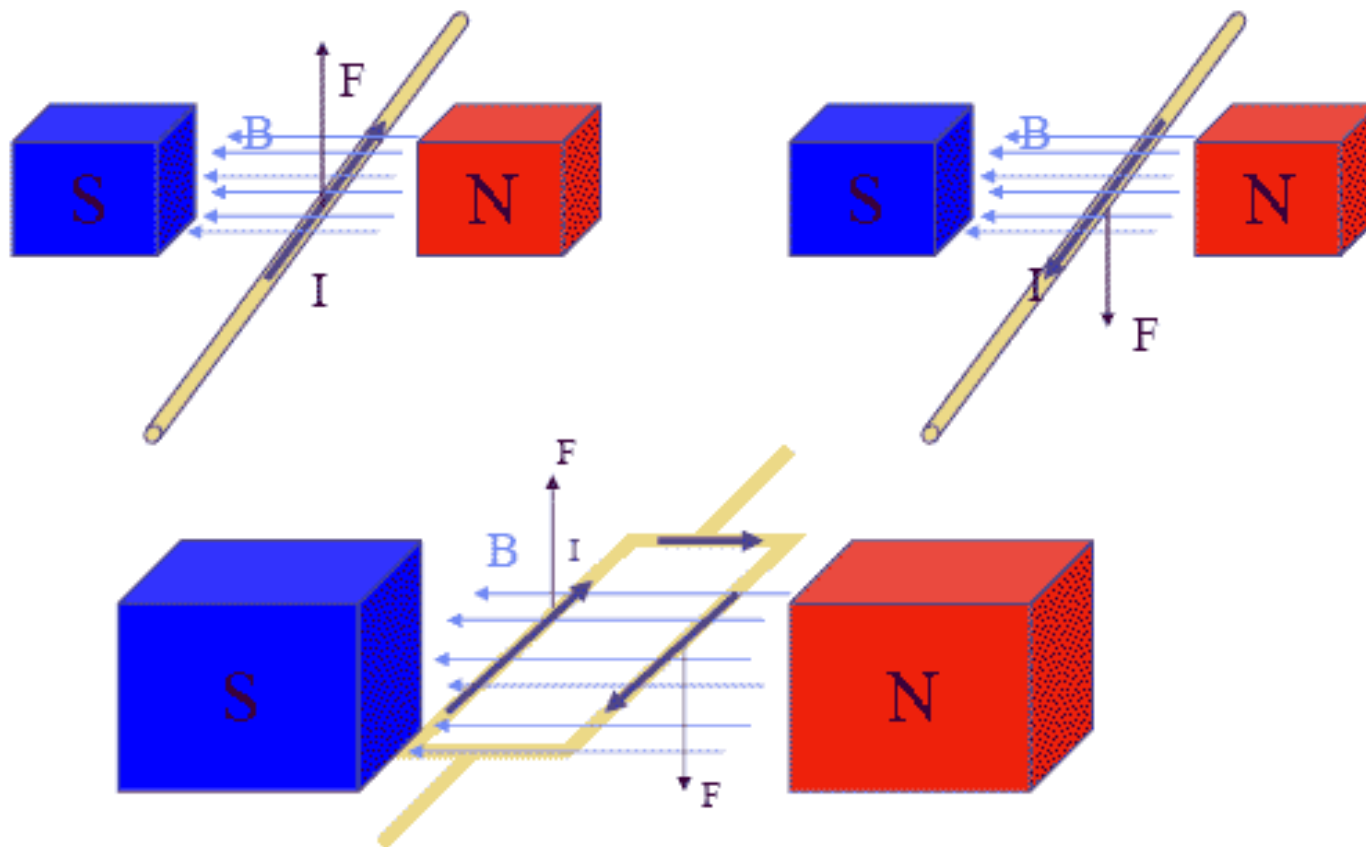


แรงแม่เหล็กที่กระทำต่อประจุที่เคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก

ถ้าสนามแม่เหล็กมีความเข้มมากพอ ประจุไฟฟ้าจะสามารถเคลื่อนที่ในแนววงกลมได้ภายในสนามแม่เหล็กนั้น

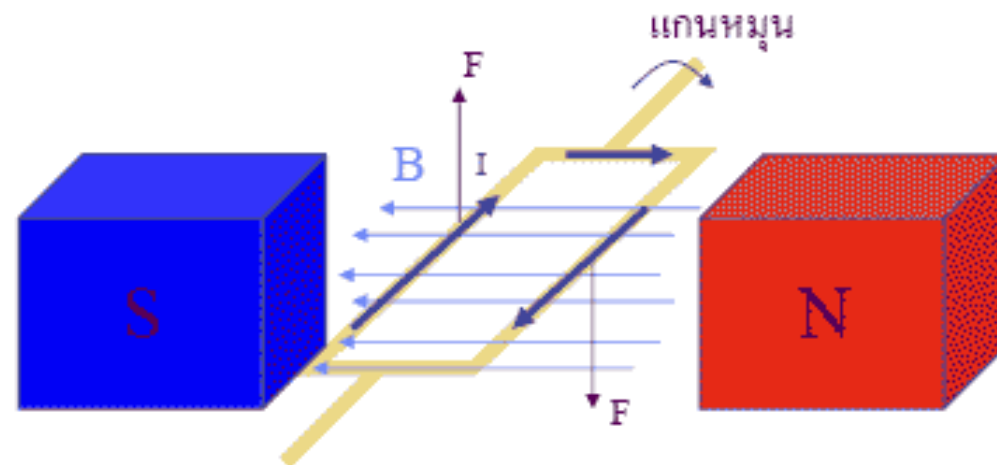


แรงแม่เหล็กบนวงรอบกระแส

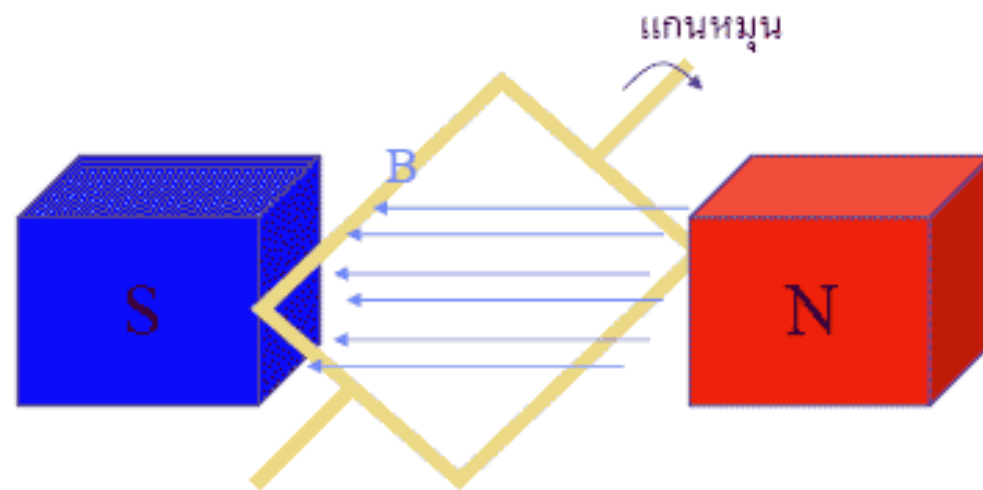


แรงแม่เหล็กบนวงรอบกระแส

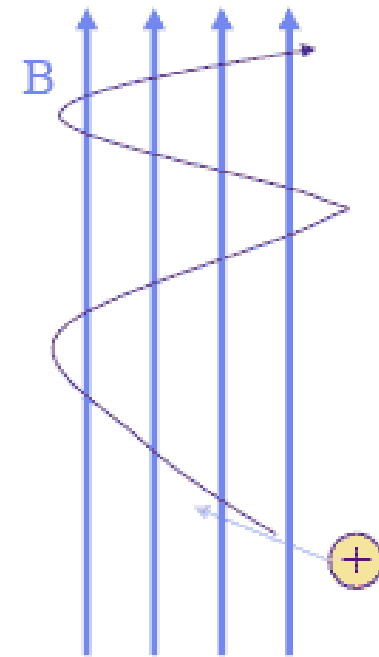
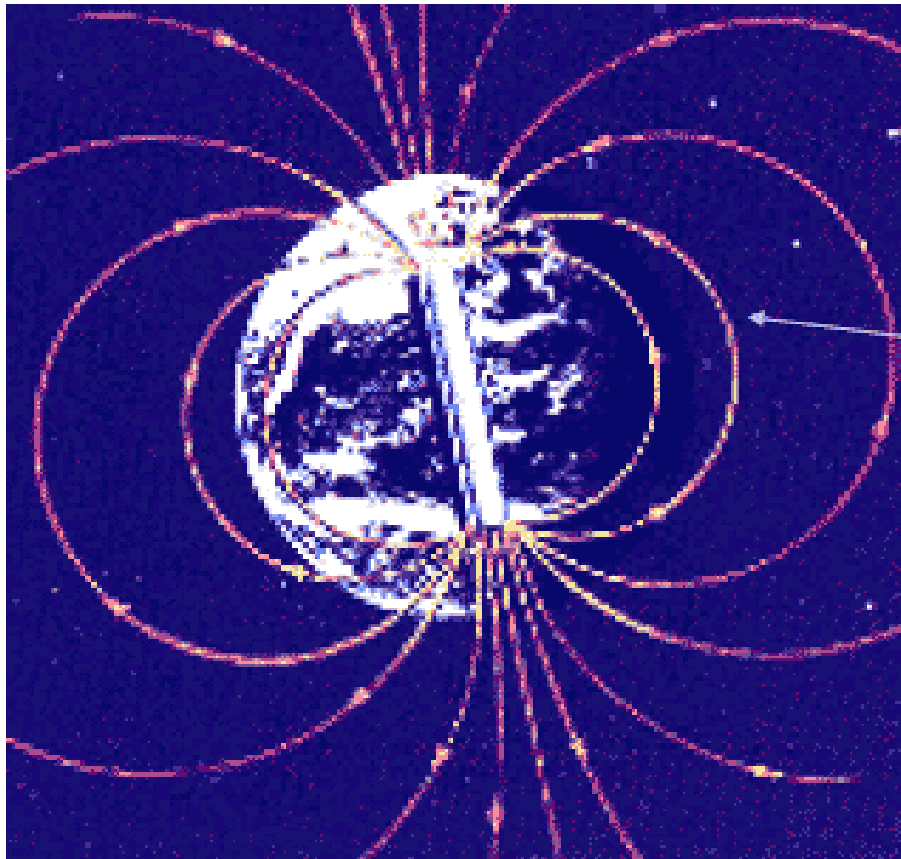
เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลในวงรอบตัวนำ สนามแม่เหล็กจะทำให้เกิดแรงบิด ทำให้วงรอบหมุนได้รอบแกนหมุน



มอเตอร์ไฟฟ้า



สนามแม่เหล็กโลกป้องกันอนุภาคประจุความเร็วสูง



ประจุบวกวิ่ง โค้งเป็นเกลียวในทิศของสนามแม่เหล็ก เป็นเหตุให้เกิดแสงเหนือ-แสงใต้ ที่ขั้วโลกเหนือและใต้

