



สภาพแม่เหล็ก  
(Magnetism)

## แร่แม่เหล็ก



คำว่าแม่เหล็กหรือ magnetism มาจากชื่อของบริเวณที่พบก้อนหินพิเศษชนิดหนึ่งของชาวกรีกโบราณเมื่อกว่าสองพันปีก่อน หินดังกล่าวชื่อ แร่แม่เหล็ก หรือ lodestone ซึ่งมีคุณสมบัติพิเศษในการดึงดูดชิ้นเหล็กได้

ชาวจีนในศตวรรษที่ 12 นำแร่แม่เหล็กมาใช้ทำเข็มทิศเพื่อบอกทิศทาง



## ต่อมาศตวรรษที่ 16 William Gilbert

- ทดลองทำแม่เหล็กเทียมขึ้นจากการถูแท่งเหล็กกับแร่แม่เหล็ก
- เข้มทิศจะชี้ไปทางทิศเหนือและใต้เสมอ เนื่องจากอำนาจแม่เหล็กของโลก

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

# แรงแม่เหล็ก (Magnetic Force)

แรงไฟฟ้า  $\longleftrightarrow$  แรงแม่เหล็ก

## แรงไฟฟ้า

-แรงที่ประจุไฟฟ้ากระทำต่อกัน

-แรงไฟฟ้านี้จะขึ้นกับขนาดของประจุทั้งสองและระยะห่างระหว่างกันตามกฎของคูลอมบ์

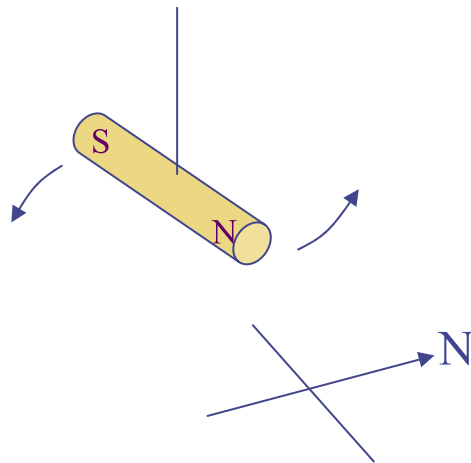
เมื่อประจุไฟฟ้ามีการเคลื่อนที่สัมผัสต่อกัน กฎของคูลอมบ์อาจอธิบายแรงกระทำนี้ได้ไม่ละเอียดนัก เพราะแรงไฟฟ้าจะขึ้นกับการเคลื่อนที่ของประจุด้วย เราพบว่านอกเหนือจากแรงที่เกิดจากทางไฟฟ้าแล้ว ยังมีแรงอีกแรงที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของประจุไฟฟ้าซึ่งเรียกว่า **แรงทางแม่เหล็ก (magnetic force)** ทั้งแรงทางไฟฟ้าและแรงทางแม่เหล็กเป็นหลักเกณฑ์ที่ต่างกันจากปรากฏการณ์อันเดียวกันคื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

# ขั้วแม่เหล็ก (Magnetic Poles)

แรงแม่เหล็ก คล้าย แรงไฟฟ้า :

แรงผลักและแรงดูด โดยที่ไม่ต้องมีการสัมผัสกัน และขึ้นกับปลายของแท่งแม่เหล็กทั้งสองที่ใกล้กัน

ขนาดของแรงที่กระทำต่อกันจะขึ้นกับระยะห่างระหว่างกันของแท่งแม่เหล็ก

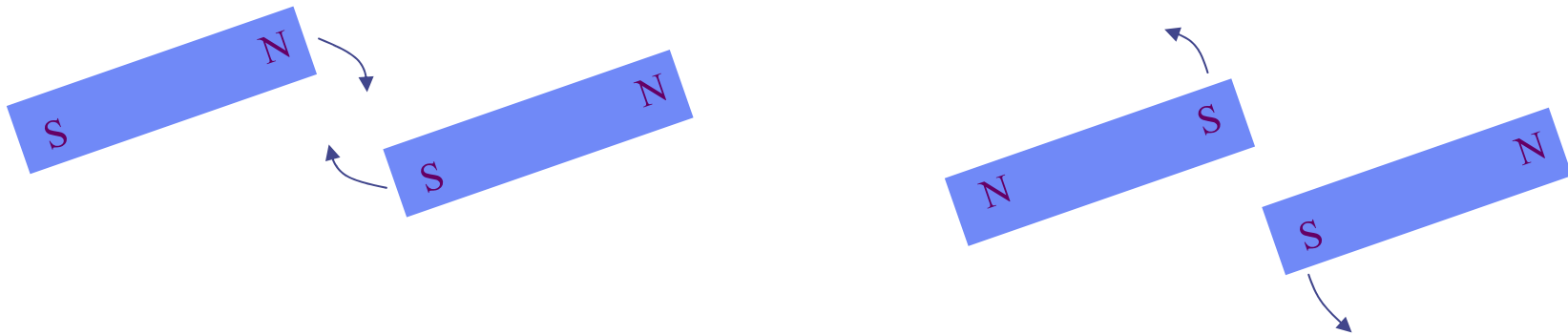


ถ้าผูกแท่งแม่เหล็กด้วยเชือกแล้วแขวนไว้ มันจะประพฤติตัวเหมือนเข็มทิศ ปลายด้านหนึ่งจะชี้ไปทางทิศเหนือ เรียกปลายด้านนี้ว่า **ขั้วเหนือ** (North Pole) ปลายด้านตรงข้ามชี้ไปทางทิศใต้ เรียกว่า **ขั้วใต้** (South Pole)

แม่เหล็กทุกชนิดจะมีทั้งขั้วเหนือและใต้เสมอ

## ขั้วแม่เหล็ก (Magnetic Poles)

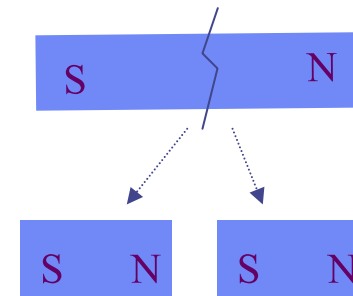
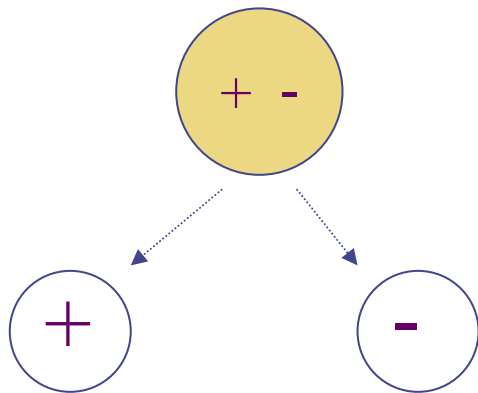
แม่เหล็กขั้วเหนือหรือใต้ที่เหมือนกันไว้ใกล้กันจะเกิดแรงผลัก  
และนำขั้วตรงข้ามไว้ใกล้กันจะดูดกัน



ปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นนี้จะคล้ายกับแรงที่เกิดจากประจุไฟฟ้า นั่นคือประจุไฟฟ้า  
บวกหรือลบที่เหมือนกันไว้ใกล้กันจะผลักกัน ประจุไฟฟ้าต่างกันจะดูดกัน

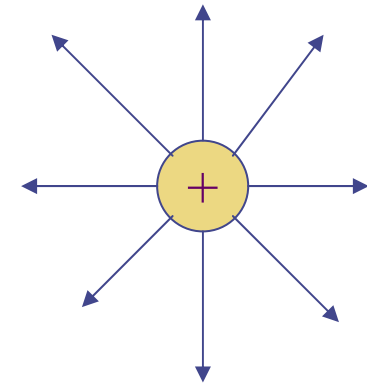
# ขั้วแม่เหล็ก (Magnetic Poles)

ความแตกต่างที่สำคัญระหว่างขั้วแม่เหล็กกับประจุไฟฟ้า คือ ขณะที่ประจุไฟฟ้าบวกและลบถูกแยกออกจากกันได้ แต่เราแยกขั้วแม่เหล็กเหนือและใต้ออกจากกันไม่ได้



# สนามแม่เหล็ก (Magnetic Field)

บริเวณรอบๆก้อนมวล มี สนามโน้มถ่วง  
บริเวณรอบๆประจุไฟฟ้า มี สนามไฟฟ้า



แต่ถ้าประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ บริเวณรอบๆประจุจะเปลี่ยนแปลงไป  
การเปลี่ยนแปลงนี้เนื่องมาจาก การเกิด

สนามแม่เหล็ก (Magnetic Field)

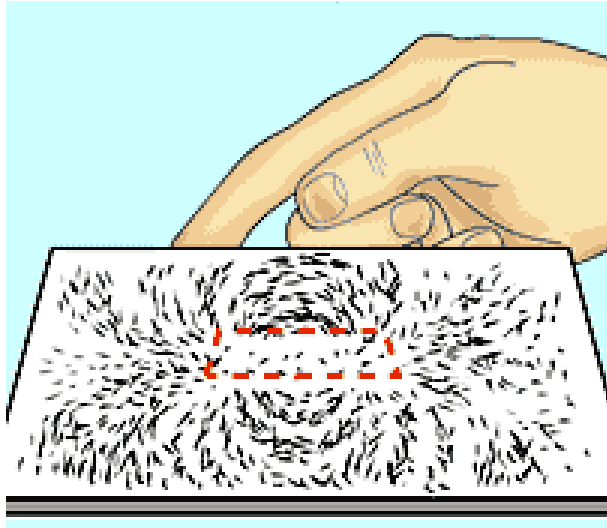


## สนามแม่เหล็ก (Magnetic Field)

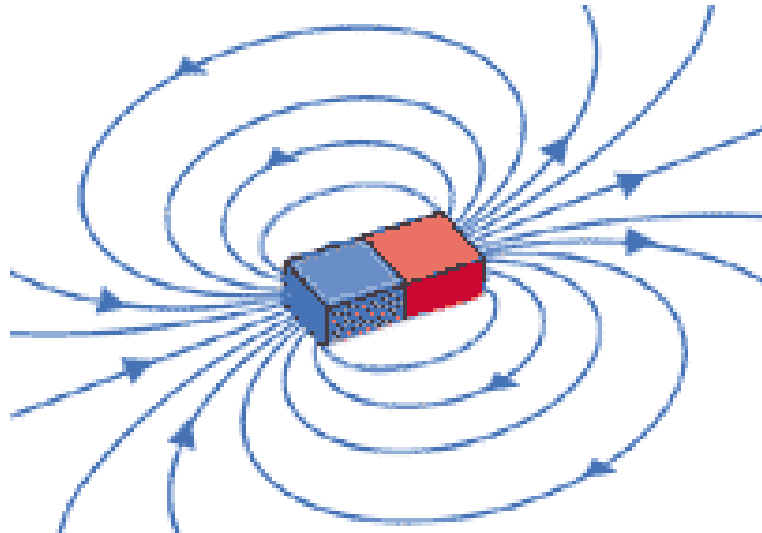
ประจุไฟฟ้าที่กำลังเคลื่อนที่ บริเวณรอบๆ จะเกิดทั้งสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก เหมือนในสนามไฟฟ้า สนามแม่เหล็กเป็นแหล่งของพลังงาน ประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่เร็วเท่าใด ก็จะมีขนาดของสนามแม่เหล็ก รอบๆ ประจุมากเท่านั้น

*การเคลื่อนที่ของประจุไฟฟ้าทำให้เกิดสนามแม่เหล็ก*

# สนามแม่เหล็ก (Magnetic Field)

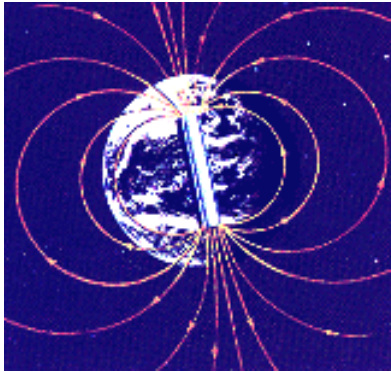


โรยผงเหล็กรอบๆแท่งแม่เหล็ก  
แล้วเคาะเบาๆ ผงเหล็กจะเริ่มเรียง  
ตัวตามสนามแม่เหล็ก



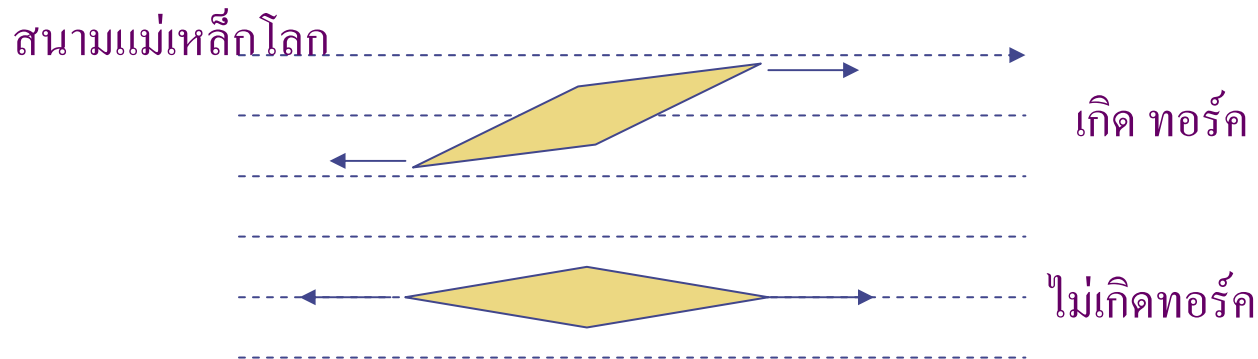
สนามแม่เหล็กรอบๆแท่งแม่เหล็ก  
จะมีทิศทางพุ่งออกจากขั้วเหนือ และ  
พุ่งเข้าขั้วใต้

# สนามแม่เหล็กโลก (Earth Magnetic Field)



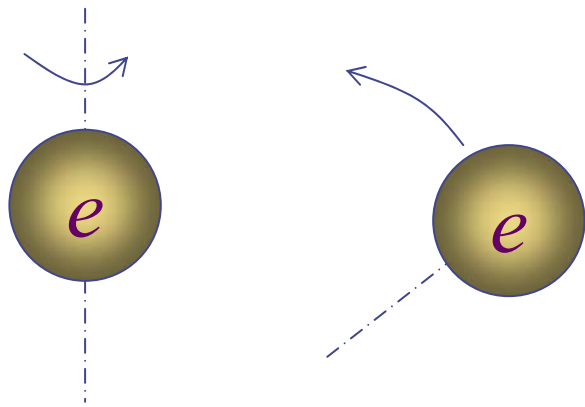
การที่เข็มทิศวางตัวในทิศเหนือใต้ได้นั้น เนื่องจากโลกเรามีอำนาจแม่เหล็ก โดยที่ขั้วโลกเหนือจะมีอำนาจแม่เหล็กขั้ว ใต้ (ดึงดูดให้แม่เหล็กขั้วเหนือหันไปหา) และที่ขั้วโลกใต้มีอำนาจแม่เหล็กขั้วเหนือ

เมื่อเข็มทิศไม่อยู่ในแนวของสนามแม่เหล็กโลก จะเกิดแรงแม่เหล็ก กระทำกับเข็มทิศทำให้เกิดทอร์กบิดให้เข็มทิศวางตัวตามแนวของสนามแม่เหล็กโลก



# การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอน (Electron Motions)

ถ้าการเคลื่อนที่ของประจุไฟฟ้าทำให้เกิดสภาพแม่เหล็ก แล้วในแท่งแม่เหล็กมีการเคลื่อนที่นี้ได้อย่างไร คำตอบคืออิเล็กตรอนในอะตอม



Spinning electron

Orbital electron

การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนมีสองรูปแบบ

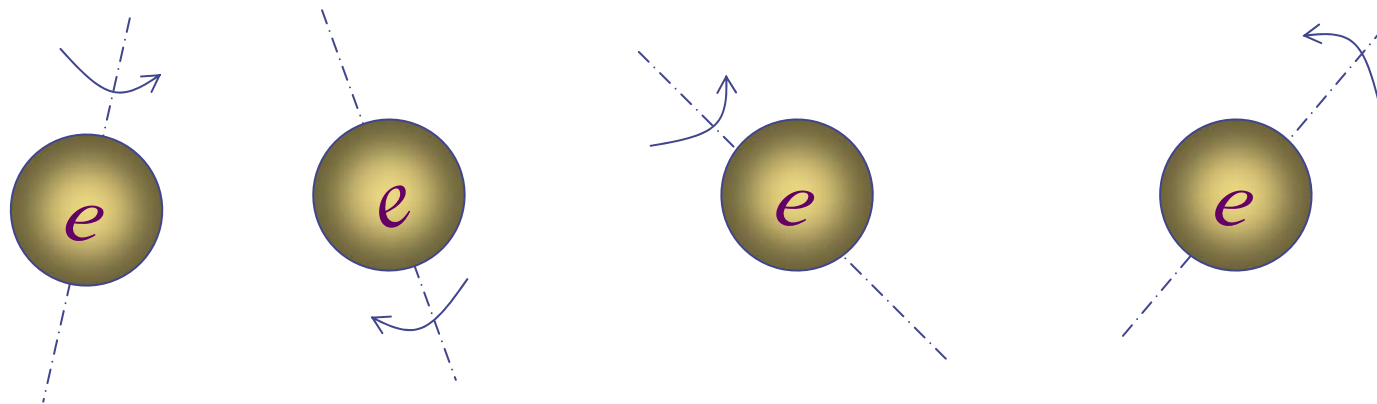
1. การหมุนรอบตัวเองเรียกว่าอิเล็กตรอนสปิน (electron spin)
2. การเคลื่อนที่โคจรรอบนิวเคลียสของอะตอม

ทุกๆอะตอมจะเป็นแม่เหล็กไฟฟ้าอันเล็ก คู่ของอิเล็กตรอนที่หมุนรอบตัวเองในทิศทางเดียวกันก็จะสร้างแม่เหล็กไฟฟ้าที่แรงขึ้น แต่คู่ของอิเล็กตรอนที่หมุนในทิศทางตรงข้ามจะส่งผลในทางตรงข้าม คือหักล้างสนามแม่เหล็กที่มีต่อกัน

# สสารกับความเป็นแม่เหล็ก

สสารส่วนใหญ่ไม่แสดงความเป็นแม่เหล็ก เนื่องจากอะตอมส่วนใหญ่  
สนามจำนวนมากหักล้างกันเอง เพราะอิเล็กตรอนมีสปินในทิศทางตรงข้าม  
กัน

วัสดุบางชนิดเช่นเหล็ก นิกเกิล และ โคบอลต์ สนามแม่เหล็กไม่หักล้างกัน  
หมด เช่นอะตอมของเหล็กจะมีอิเล็กตรอนอยู่ที่ตัวที่สปินแม่เหล็กไม่ถูก  
หักล้างไป แต่ละอะตอมขอเหล็กจึงเป็นแม่เหล็กขนาดเล็กๆ

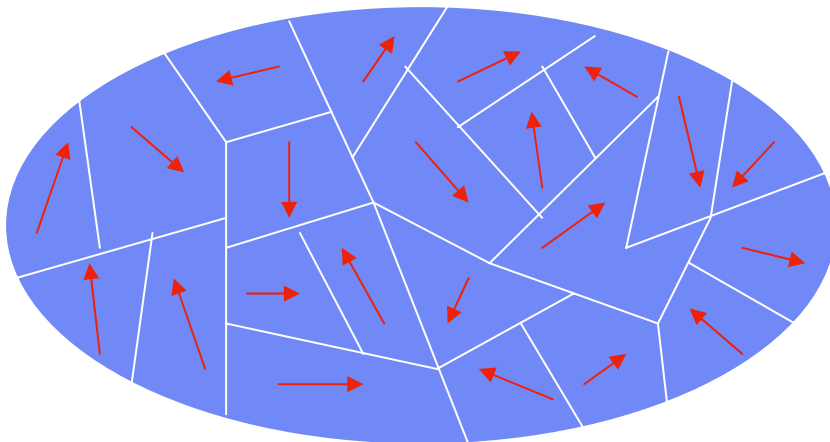


# โดเมนแม่เหล็ก (Magnetic Domain)

สนามแม่เหล็กของแต่ละอะตอมของเหล็กนั้นแรงมาก จนทำให้อะตอมที่ติดๆกัน เป็นกลุ่มของอะตอมจะเรียงตัวความเป็นแม่เหล็กไปในทางเดียวกัน กลุ่มที่อะตอมมีการเรียงตัวไปในทางเดียวกันนี้เรียกว่า

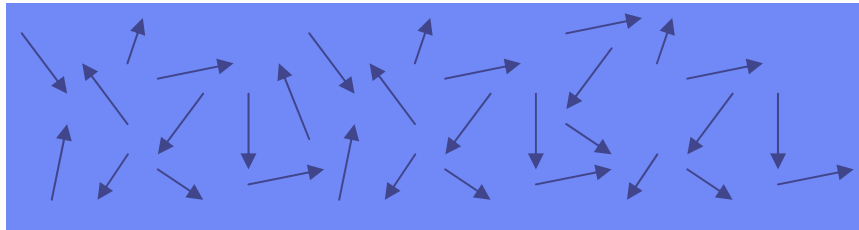
โดเมนแม่เหล็ก (*magnetic domain*)

แต่ละ โดเมนถูกทำให้เป็นแม่เหล็กอย่างสมบูรณ์ และประกอบด้วยอะตอมที่เรียงตัวหลายพันล้านอะตอม โดเมนมีขนาดเล็กมากและมีจำนวนมากในผลึกของเหล็ก



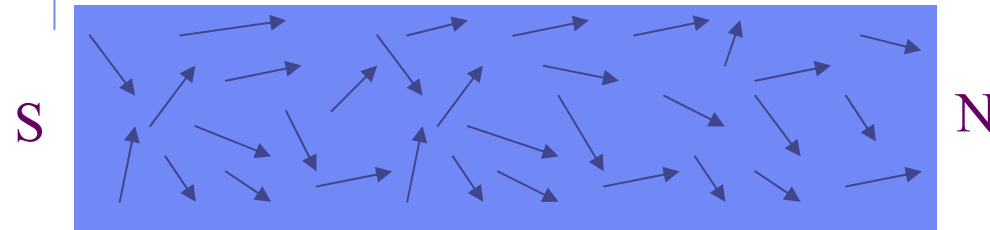
ภาพขยายของโดเมนแม่เหล็กของผลึกเหล็ก แต่ละโดเมนจะประกอบด้วยอะตอมที่เรียงตัวไปในทางเดียวกันจำนวนมาก

# โดเมนแม่เหล็ก (Magnetic Domain)

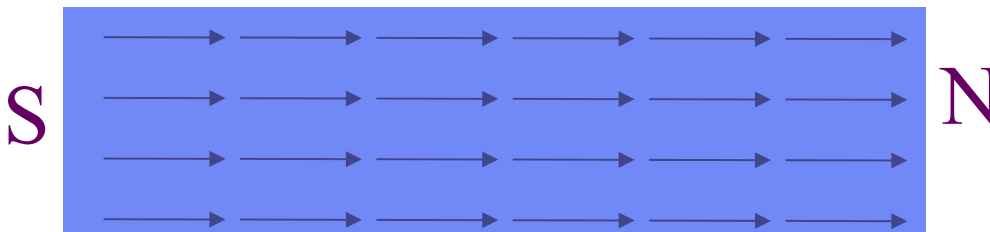


แท่งเหล็กที่ไม่มีอำนาจแม่เหล็ก

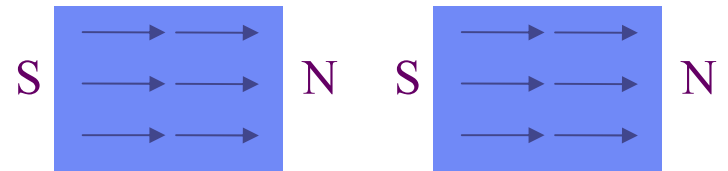
โดเมนแม่เหล็กในแท่งเหล็ก ที่เรียงลำดับจากความแรงของแม่เหล็กจากน้อยไปมาก



แท่งเหล็กที่มีอำนาจแม่เหล็กอ่อนๆ



แท่งเหล็กหรือแม่เหล็กที่อำนาจแม่เหล็กอย่างแรง



แท่งแม่เหล็กที่ถูกหักเป็นสองท่อน

## การทำให้เกิดอำนาจแม่เหล็ก (Magnetization)

เราสามารถสร้างแม่เหล็กถาวร (magnetize) ได้โดยการวางแท่งเหล็ก หรือ โลหะอัลลอยในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็กแรงมากๆ

สนามแม่เหล็กแรงๆผลักดันหรือบังคับให้โดเมนแม่เหล็กที่ไม่ยอมวางตัวในทิศที่ต้องการเรียงตัวในทิศทางที่ต้องการได้ วิธีที่จะทำให้แม่เหล็กถาวรคือการทุบ ทุ หรือกระแทกแท่งเหล็กด้วยแม่เหล็ก การกระแทกนี้จะเป็นการจัดเรียงโดเมนในเหล็ก เช่น การถูปลายไขควงกับแท่งแม่เหล็ก

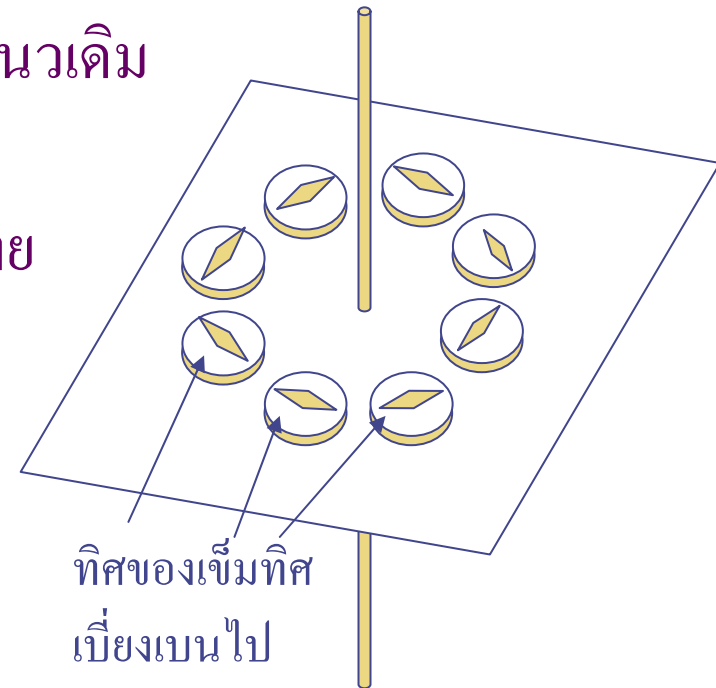
แต่ถ้าแม่เหล็กตกกระแทกพื้นหรือทำให้ร้อนขึ้น จะทำให้บางโดเมนมีการปรับการเรียงตัว ความเป็นแม่เหล็กจึงอ่อนตัวลง

# การทดลองของเออร์สเตด



Hans Christian Oersted (1820) พบโคบบังเอิญว่าเมื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าไปในสายไฟ หรือ ลวดตัวนำแล้ว ทำให้เข็มทิศที่วางไว้ใกล้ๆ เบี่ยงเบนทิศทางจากแนวเดิม

Oersted จึงทำการทดลองต่อพบว่า เมื่อจ่ายกระแสไฟฟ้า จะทำให้เกิดสนามแม่เหล็ก รอบๆลวดตัวนำนั้น และมีทิศทางเป็นไปตามกฎมือขวา



กระแสไฟฟ้าไหลในลวดตัวนำ

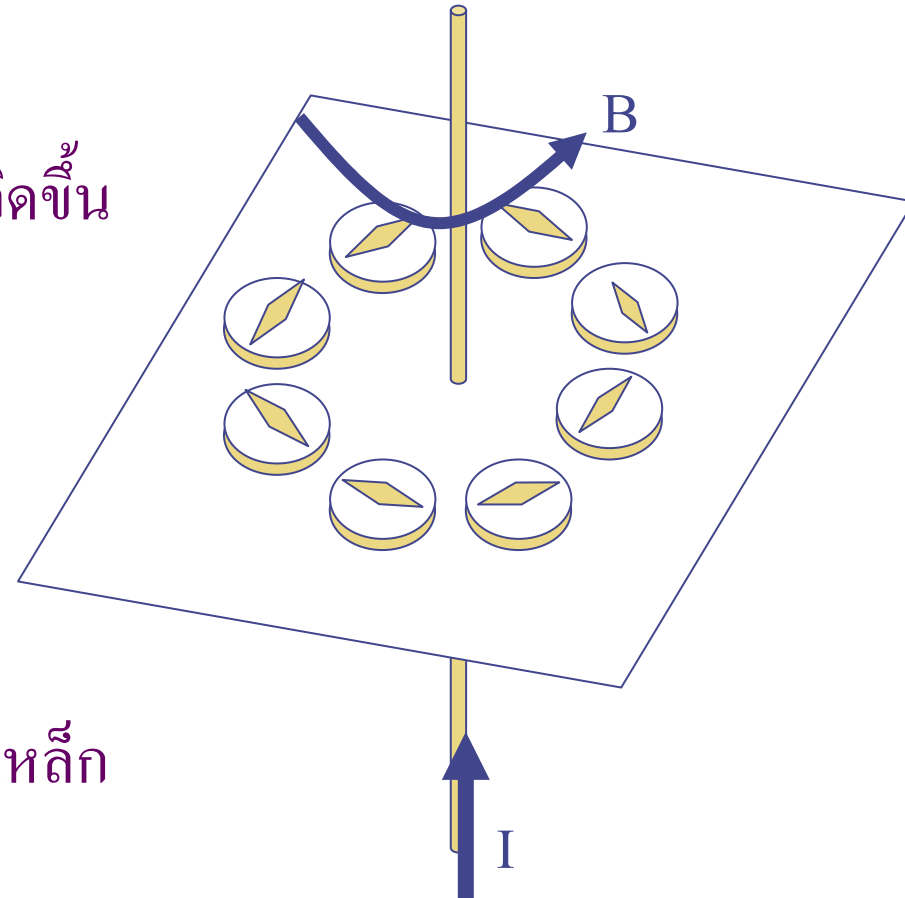
ดร สมพงษ์ เลียงโรคาพาธ

# กฎมือขวาของเออร์สเตด

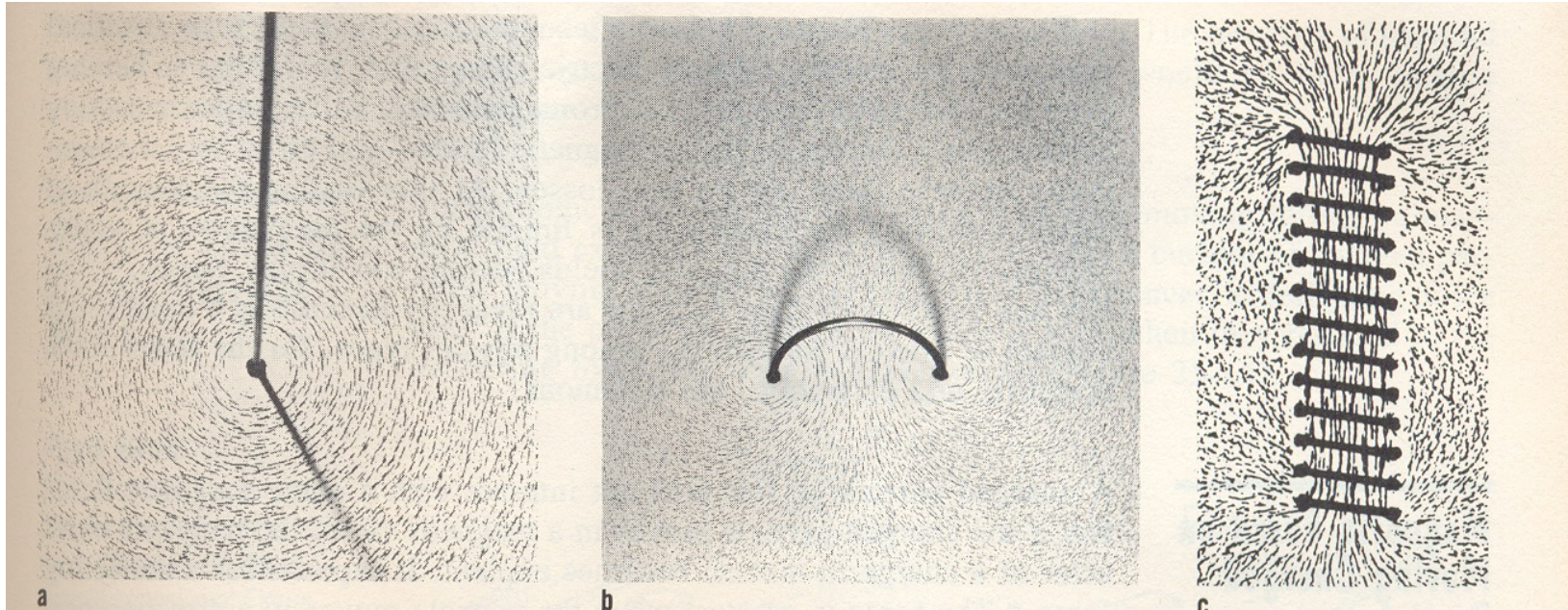
เออร์สเตดแนะนำการกำหนด  
ทิศทางของสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้น  
โดยใช้มือขวา ว่า

นิ้วโป้ง ชี้ทิศกระแส

นิ้วทั้งสี่กำ ชี้ทิศของสนามแม่เหล็ก



# ลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้า



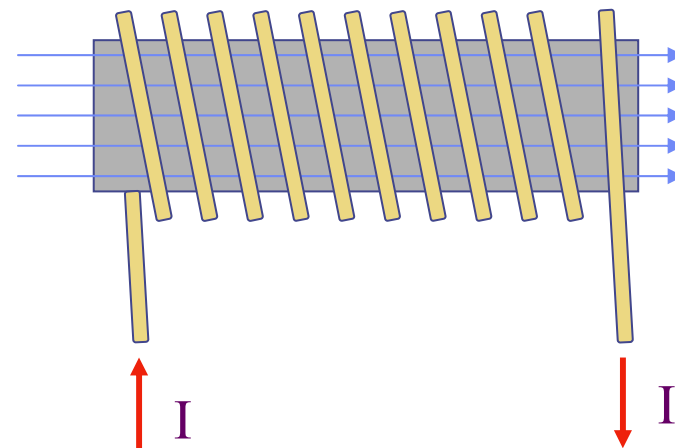
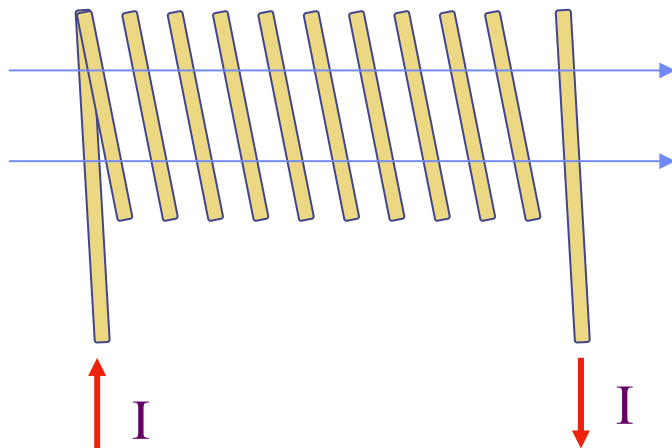
ลวดตัวนำตรง  
ที่มีกระแสไฟฟ้า

ลวดตัวนำวงกลม  
ที่มีกระแสไฟฟ้า

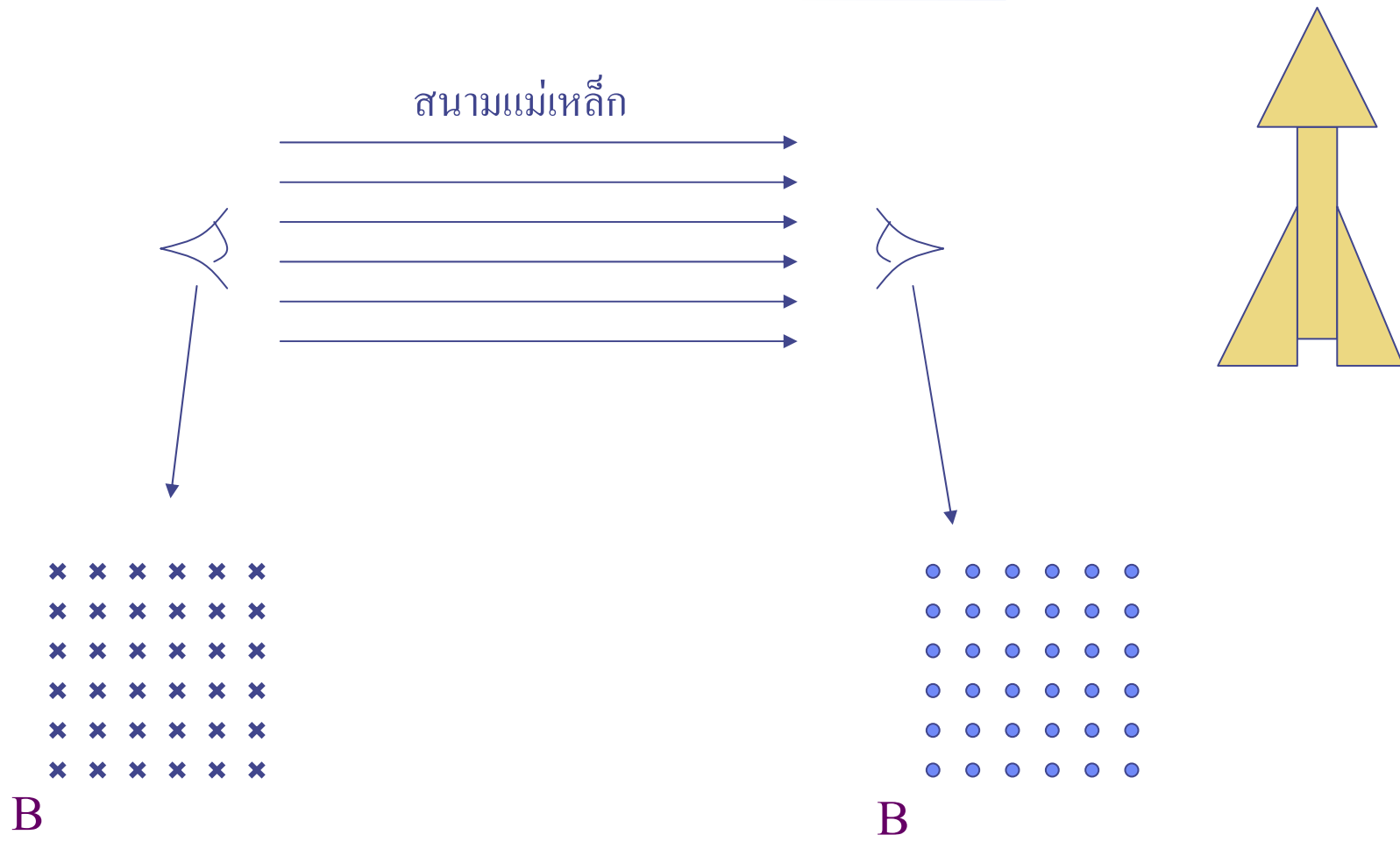
ขดลวดตัวนำวงกลม  
ที่มีกระแสไฟฟ้า

# ขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้า

ถ้าสอดแท่งเหล็กเข้าไปในขดลวดที่มีกระแสไฟฟ้า โดเมนแม่เหล็กในแท่งเหล็กจะถูกเหนี่ยวนำให้เรียงตัวกันตามทิศของสนามแม่เหล็กที่เกิดจากกระแสไฟฟ้า การเรียงตัวของโดเมนแม่เหล็กในแท่งเหล็กนี้จะทำให้เพิ่มความเข้มของสนามแม่เหล็กขึ้นไปอีก และเราเรียกสิ่งที่เกิดขึ้นนี้ว่า แม่เหล็กไฟฟ้า และเรียกอุปกรณ์ชนิดนี้ว่า ขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้า หรือ solenoid

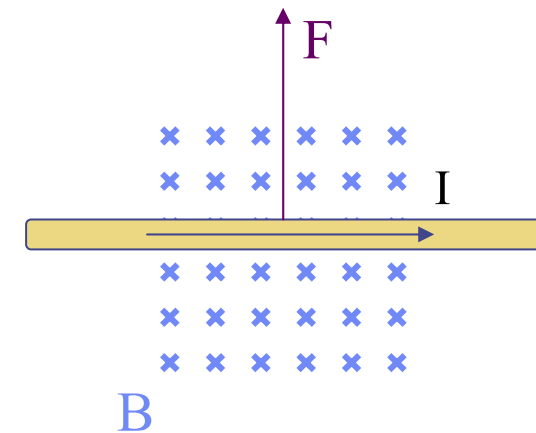
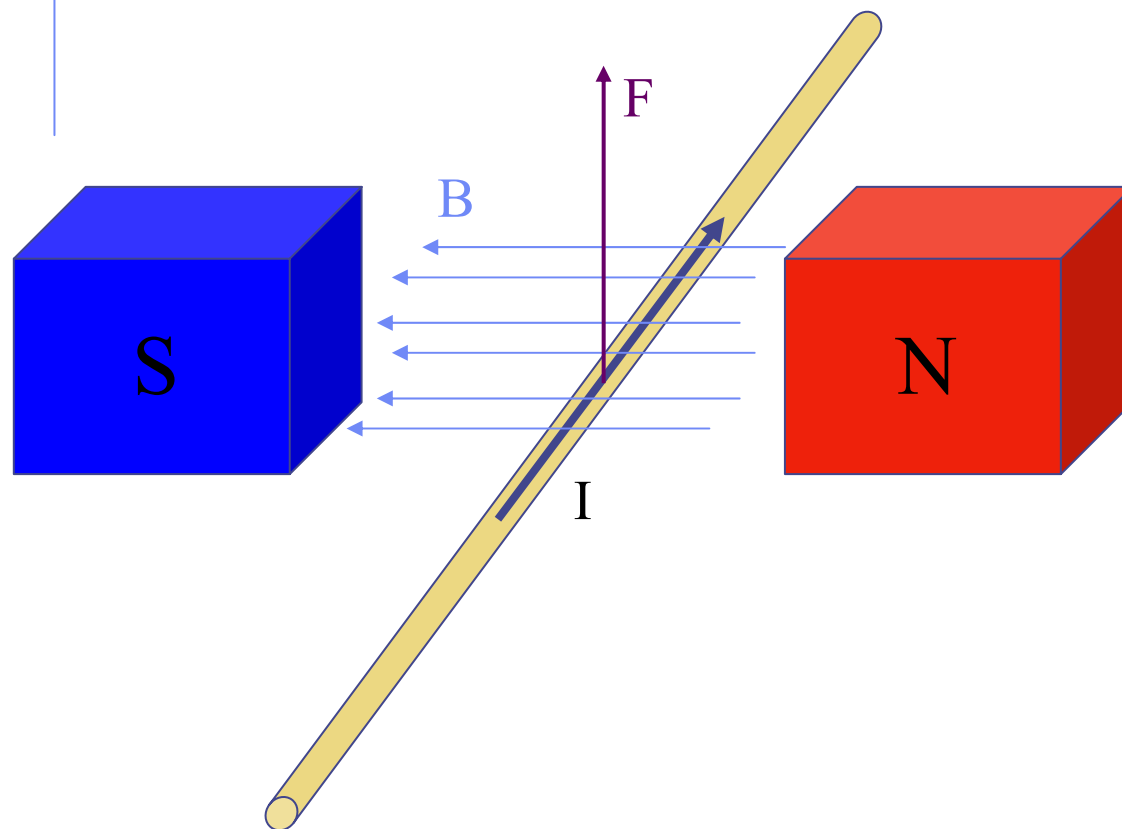


# การเขียนสนามแม่เหล็กใน 2 มิติ



# แรงแม่เหล็กบนลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้า

หลังจากที่เออร์สเตดพบสนามแม่เหล็กรอบตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้า เขาทำการทดลองเพิ่มเติม และพบอีกว่าตัวนำที่มีกระแส ถ้าวางตัวอยู่ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็ก จะเกิดแรงแม่เหล็กกระทำกับลวดตัวนำนั้น

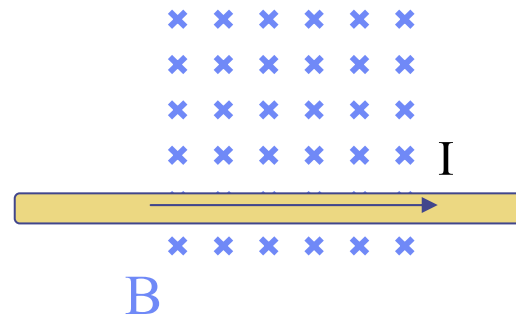
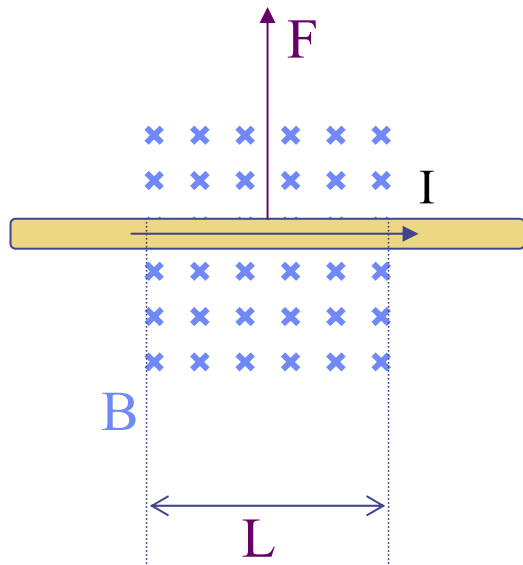


$F$  = แรงแม่เหล็ก

$I$  = กระแสไฟฟ้า

$B$  = สนามแม่เหล็ก

# แรงแม่เหล็กบนลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้า



$$F = LIB \sin \theta$$

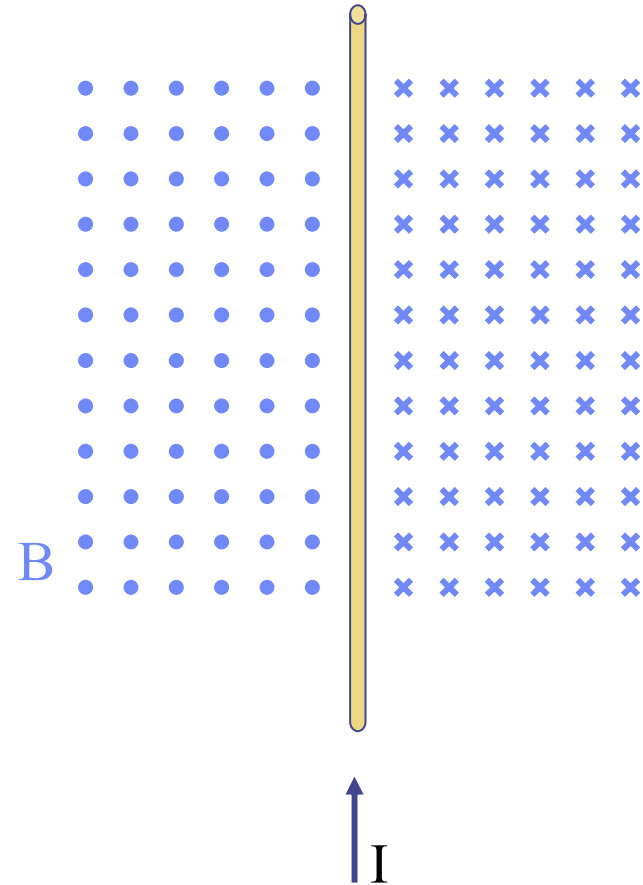
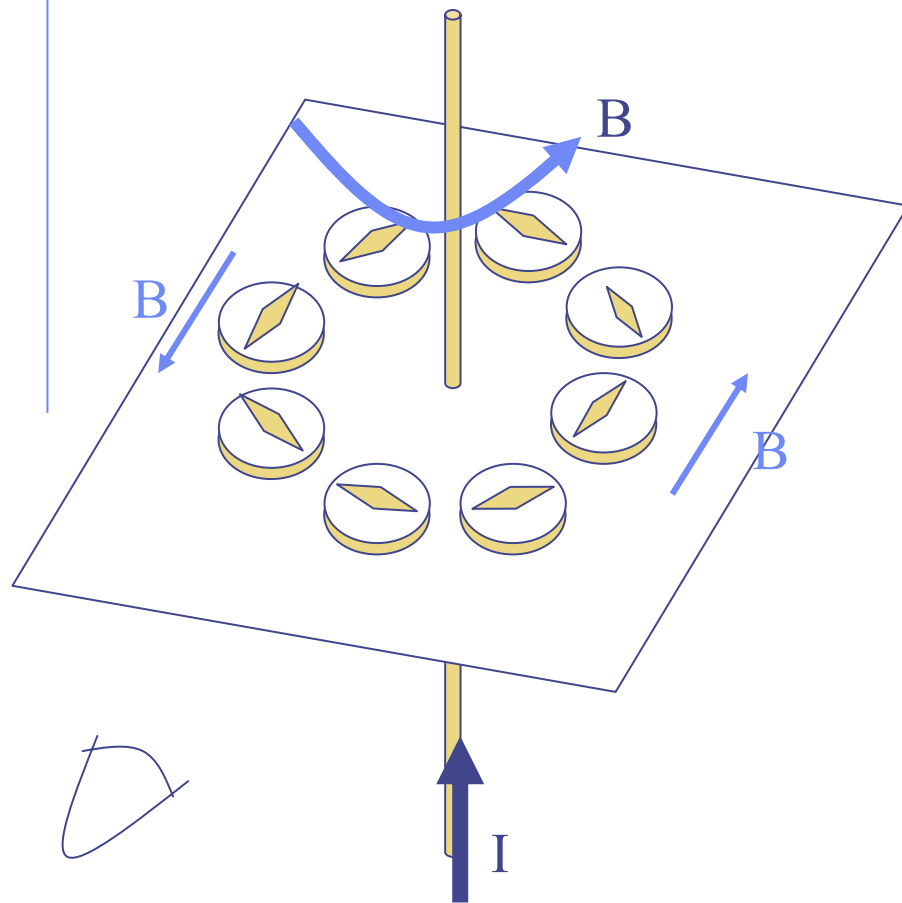
กฎมือขวา

นิ้วกลาง — ทิศสนามแม่เหล็ก

นิ้วชี้ — ทิศกระแส (การเคลื่อนที่ของประจุบวก)

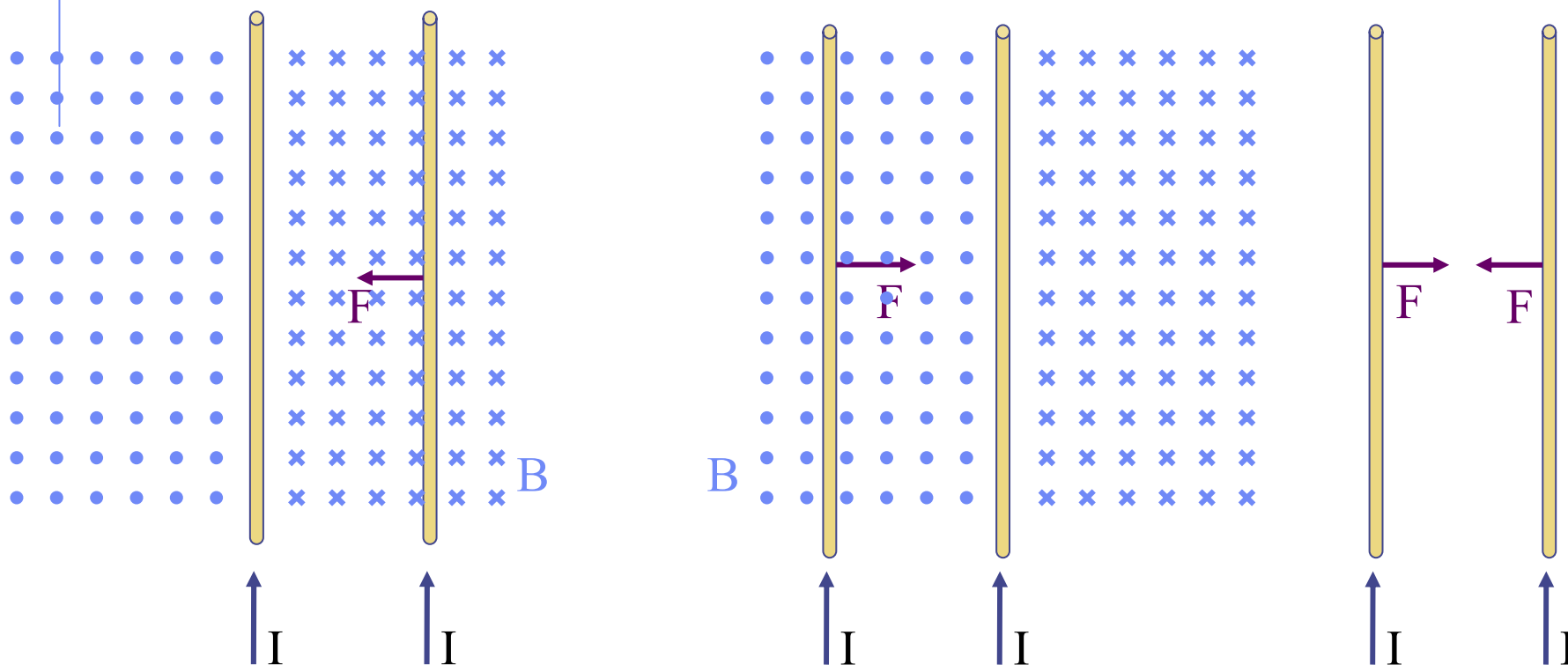
นิ้วโป้ง — ทิศแรงแม่เหล็ก

# แรงระหว่างลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้า



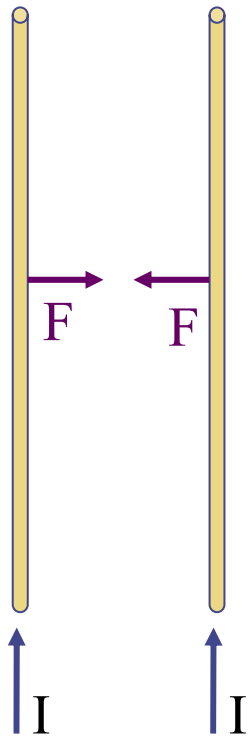
# แรงระหว่างลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้า

เมื่อลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าสองเส้น ถูกวางไว้ใกล้ๆกัน จะเกิดแรงแม่เหล็กกระทำต่อกัน เนื่องจากสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นจากอีกเส้นหนึ่ง

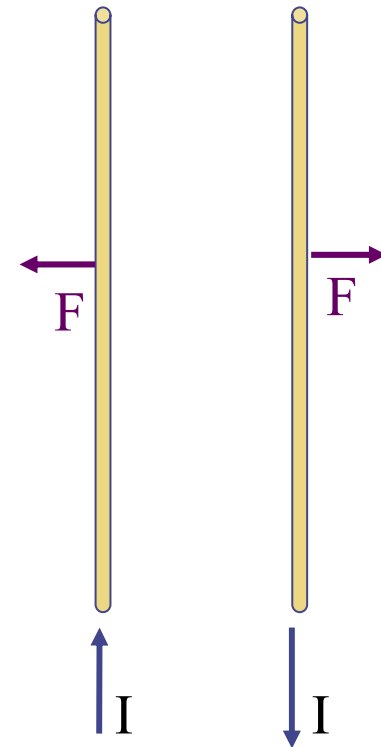


# แรงระหว่างลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้า

ลวดตัวนำสองเส้นขนานกันมีกระแสไฟฟ้าไปในทางเดียวกัน จะเกิดแรงแม่เหล็กดูดให้ลวดตัวนำเข้าหากัน แต่ถ้ากระแสไฟฟ้าไหลสวนทางกัน จะเกิดเป็นแรงผลัก

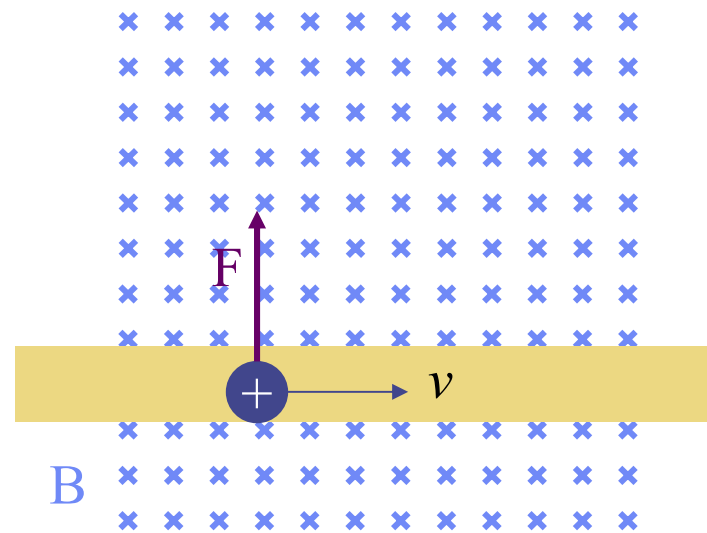
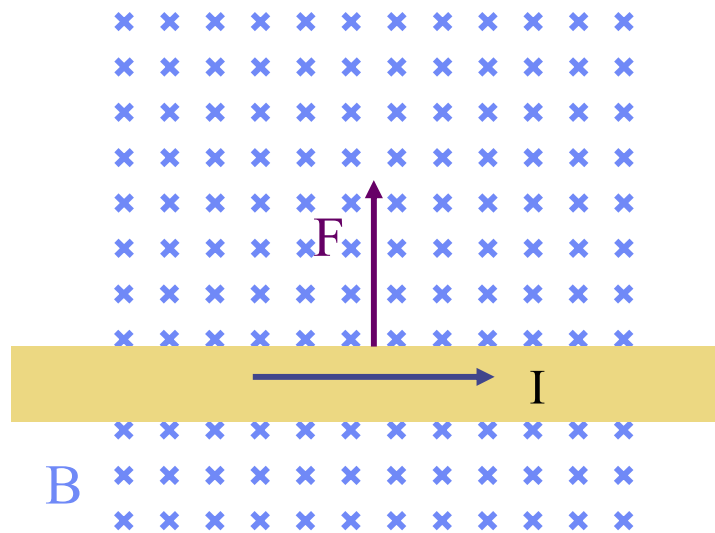


ให้นักศึกษาทดลองเขียนภาพสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นเพื่อแสดงแรงแม่เหล็กดังกล่าว



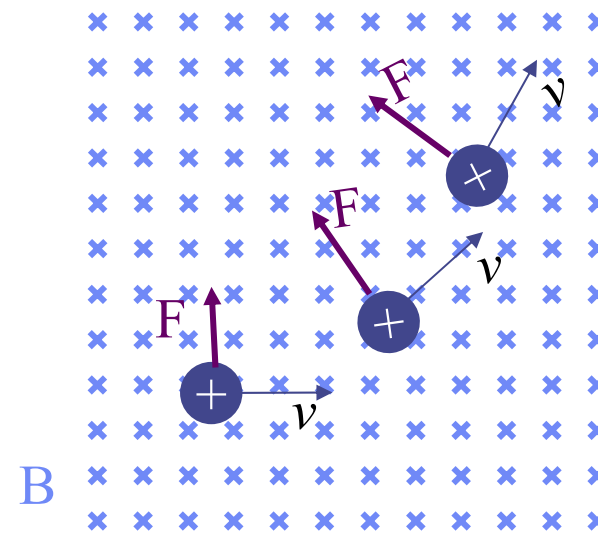
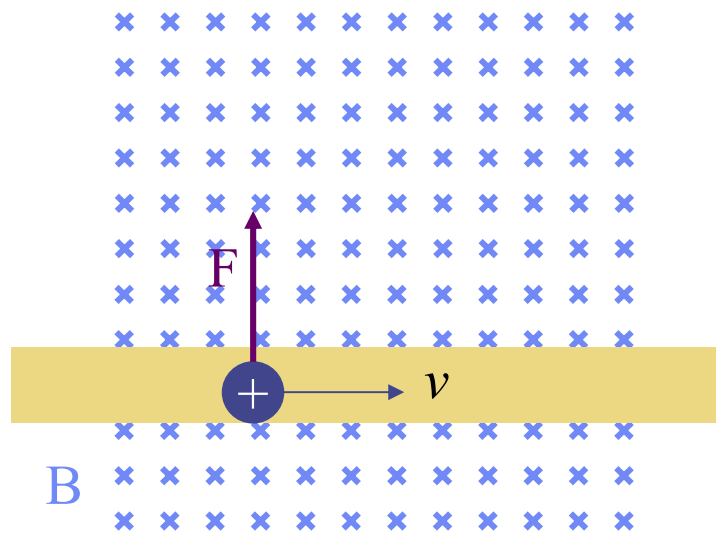
# แรงแม่เหล็กที่กระทำต่อประจุที่เคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก

ทิศของแรงแม่เหล็กที่กระทำกับลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าเป็นไปตามกฎมือขวา แต่เนื่องจากกระแสไฟฟ้าที่จริงแล้วก็คือทิศการเคลื่อนที่ของประจุบวก ดังนั้น ถ้าเราพิจารณาลงไปในระดับของประจุไฟฟ้า จะเกิดแรงแม่เหล็กกระทำกับประจุไฟฟ้านั้น ตามกฎมือขวาเช่นกัน



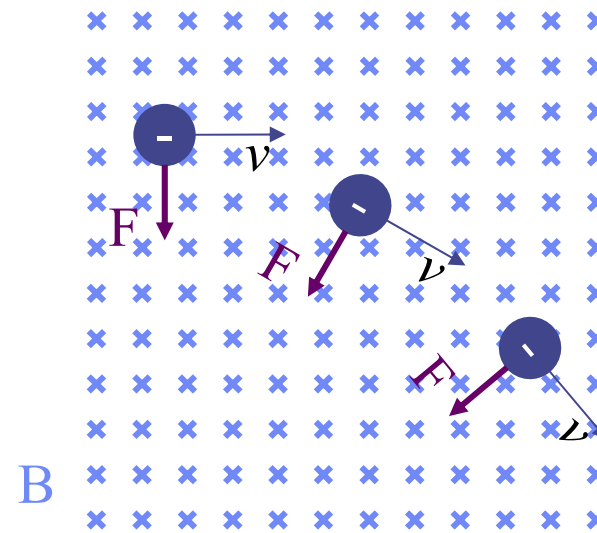
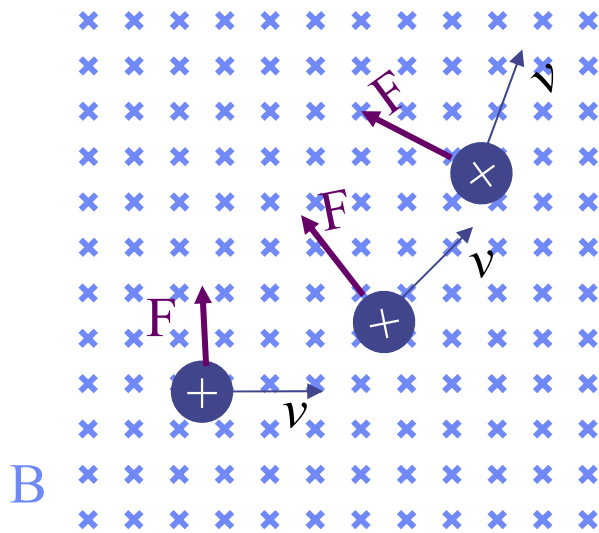
# แรงแม่เหล็กที่กระทำต่อประจุที่เคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก

เมื่อประจุบวกเคลื่อนที่เข้าไปในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็กสม่ำเสมอ จึงเกิดแรงกระทำต่อเนื่อง ในทิศทางตามกฎมือขวา จึงทำให้ประจุบวกเคลื่อนที่เป็นแนวโค้ง



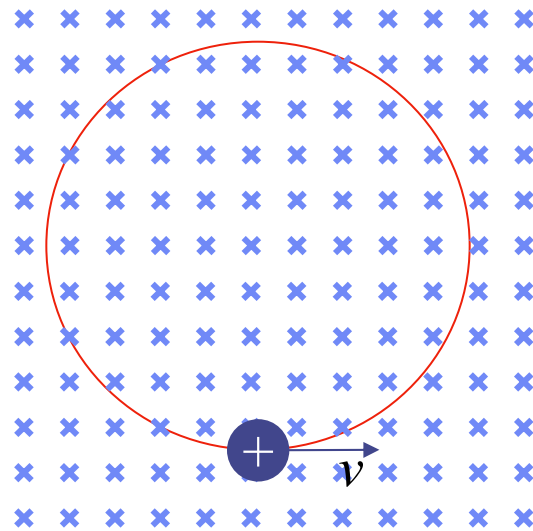
# แรงแม่เหล็กที่กระทำต่อประจุที่เคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก

ประจุบวกจะเคลื่อนที่ตามกฎมือขวา ส่วนประจุลบจะเคลื่อนที่ในทิศตรงข้าม

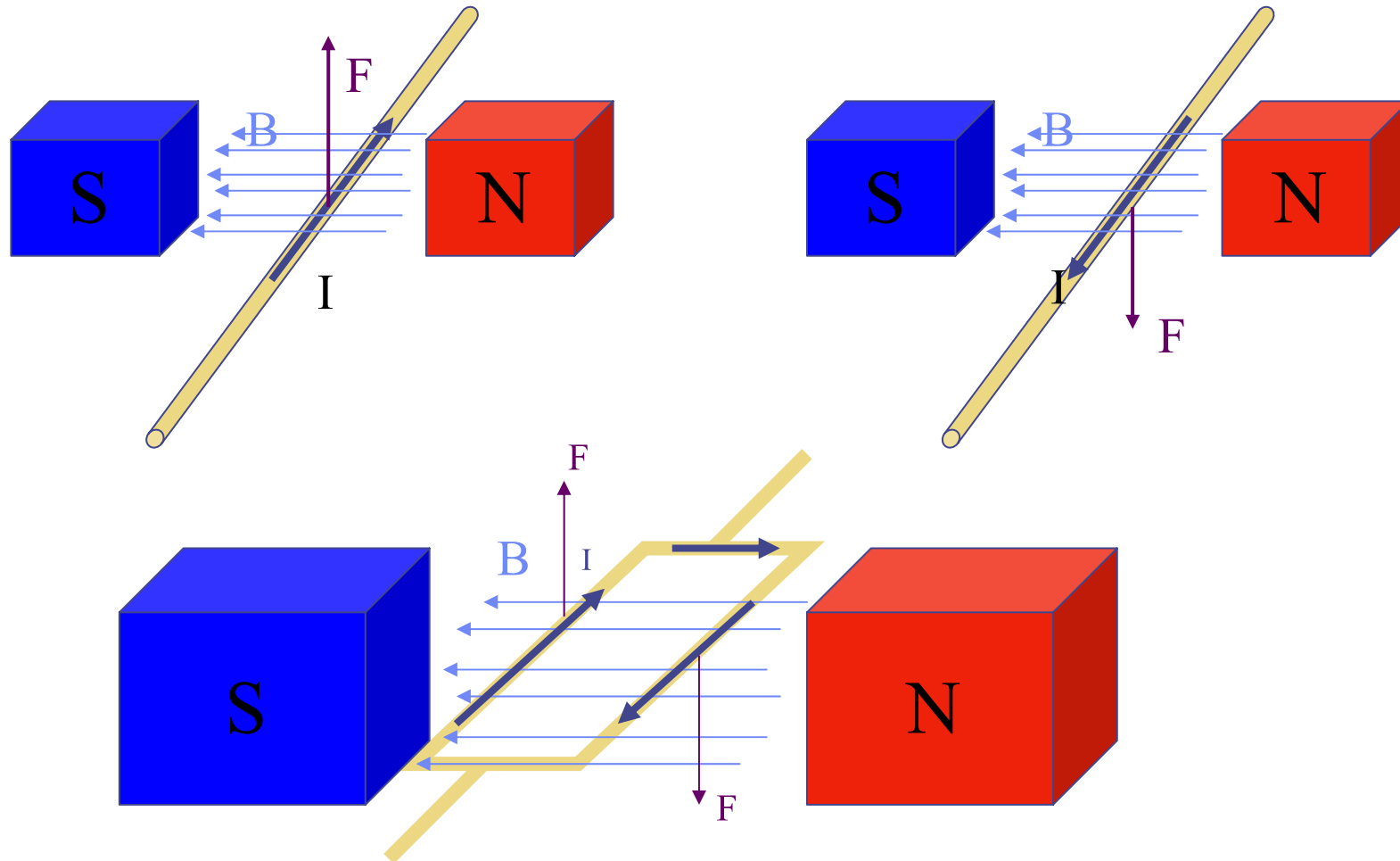


# แรงแม่เหล็กที่กระทำต่อประจุที่เคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก

ถ้าสนามแม่เหล็กมีความเข้มมากพอ ประจุไฟฟ้าจะสามารถเคลื่อนที่ในแนววงกลมได้ภายในสนามแม่เหล็กนั้น

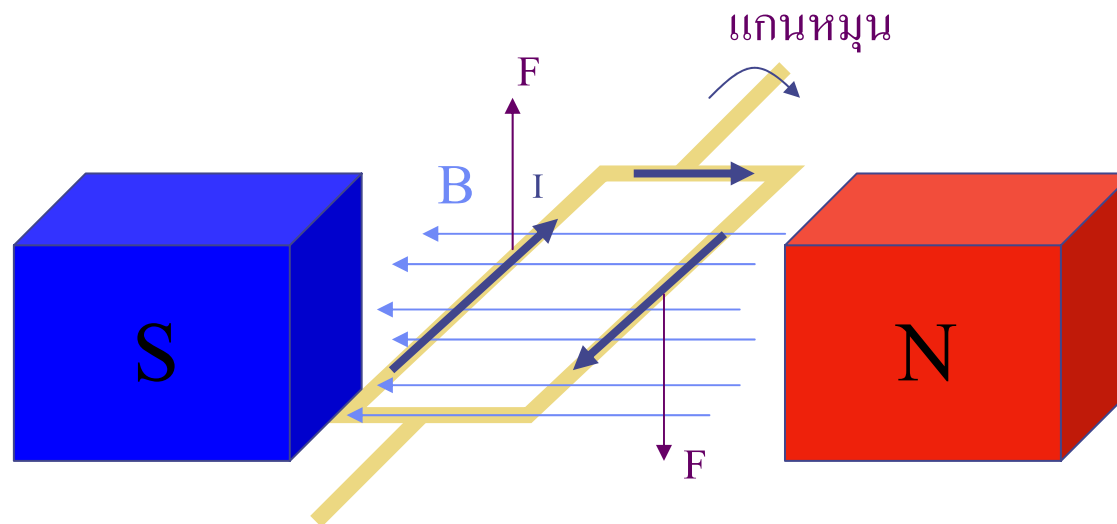


# แรงแม่เหล็กบนวงรอบกระแส

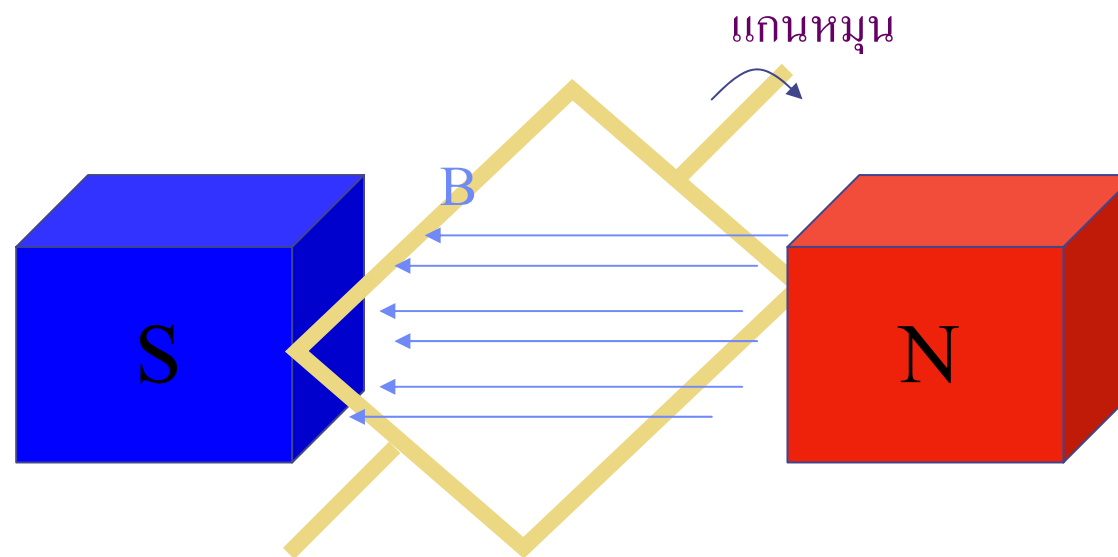


## แรงแม่เหล็กบนวงรอบกระแส

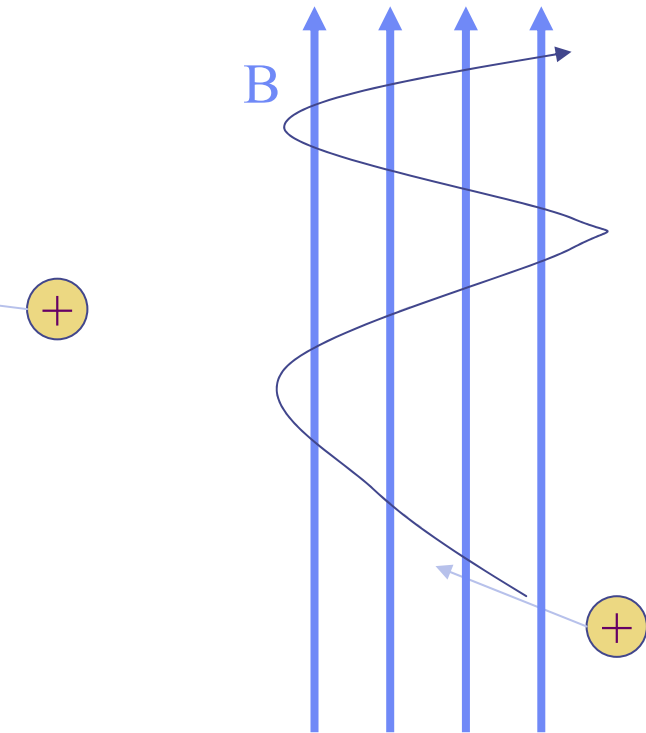
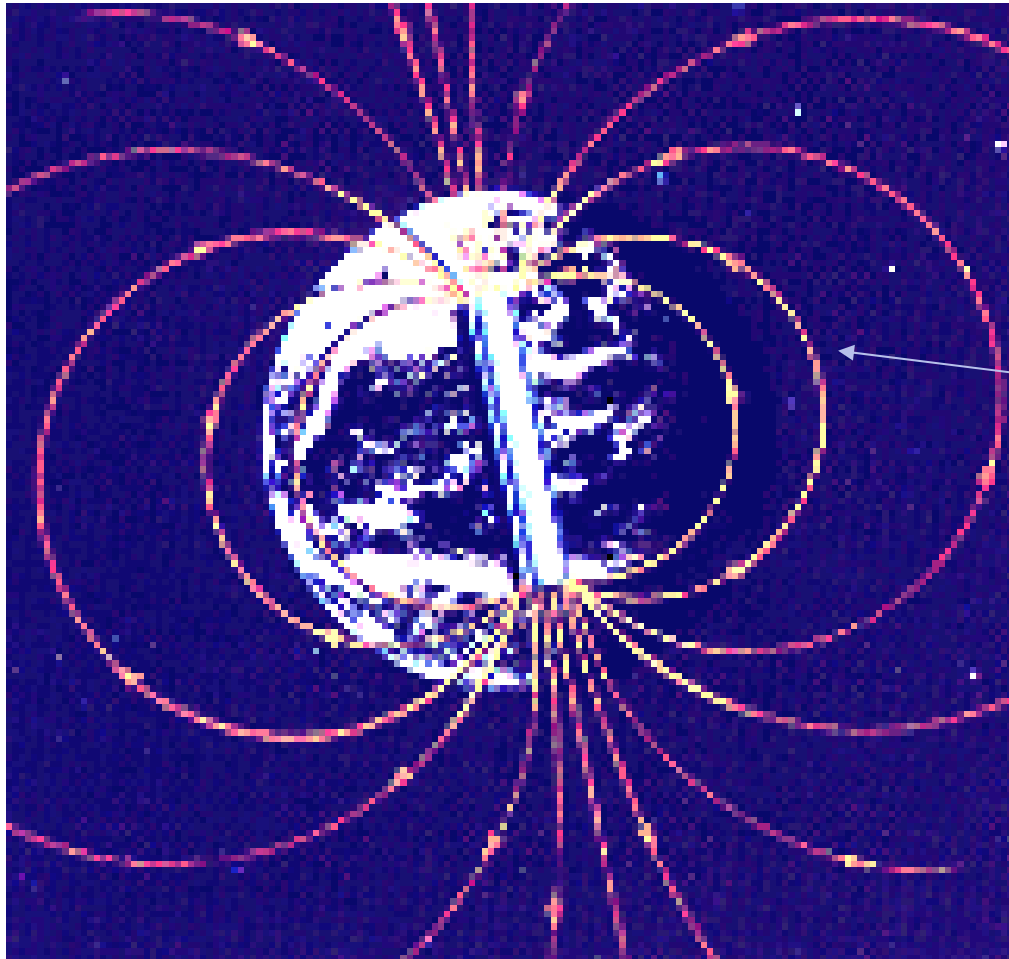
เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลในวงรอบตัวนำ สนามแม่เหล็กจะทำให้เกิดแรงบิด ทำให้วงรอบหมุนได้รอบแกนหมุน



# มอเตอร์ไฟฟ้า



# สนามแม่เหล็กโลกป้องกันอนุภาคประจุความเร็วสูง



ประจุบวกวิ่งโค้งเป็นเกลียวในทิศของสนามแม่เหล็ก เป็นเหตุให้เกิดแสงเหนือ-แสงใต้ ที่ขั้วโลกเหนือและใต้