วิชาไฟฟ้า

ว่าด้วย แม่เหล็ก

โดย ๕ มิ.ย. ๘๐

นายพิกุล สิทธิวรรณ์

(A. M. I. E. T.)

538
พ 631 ว

โรงเรียนช่างก่อสร้าง โดยทางไปรษณีย์

กรุงเทพ ฯ

ฟ. ฟ. ๑.

สงวนลิขสิทธิ์

537.1
0714

วิชาไฟฟ้า

ว่าด้วยแม่เหล็ก

สำนักหอสมุดแห่งชาติ
29 ก.ค. 2534
กรมศิลปากร

๑๔ มิ.ย. ๘๐

ตำราแต่งพิเศษ

สำหรับจ่ายให้นักเรียนช่างไฟฟ้าของโรงเรียน
ช่างก่อสร้างโดยทางไปรษณีย์เท่านั้น

โรงเรียนช่างก่อสร้างโดยทางไปรษณีย์

กรุงเทพ ฯ

ฟ. .ฟ ๑.

สงวนลิขสิทธิ์

ว ๓๗.๑

หอสมุดแห่งชาติ
กรมศิลปากร

เลขห้อง 313 274
เลขหมู่ @548 538
W 6312
เลขทะเบียน หกด.๓๒๑๗

วิชาไฟฟ้า

ว่าด้วยแม่เหล็ก

Magnetism

แม่เหล็กธรรมชาติ (Natural Magnets) ได้ทราบกันมาหลายศตวรรษแล้วว่า มีสินแร่เหล็ก (Iron Ore) ชะนิดหนึ่งเรียกกันว่า "แม็กเน็ทไตต์" (Maguetite) สินแร่เหล็กชะนิดนี้มธาตุเหล็กกับธาตุอ็อกซิเย่นเป็นสารประกอบ (Fe_3O_4) มีคุณสมบัติปลาดอยู่อย่างหนึ่ง ที่สามารถดูดผงเหล็กและผงเหล็กผะสมได้ การที่เรียกสินแร่เหล็กชะนิดนี้ว่าแม็กเน็ตไตต์นั้น เข้าใจกันว่าชื่อนี้ได้มาจากชื่อจังหวัด "แม็กเนเชีย" (Magnesia) ซึ่งอยู่ในเอเชียไมเน่อร์ (Asia minor) เพราะในจังหวัดนี้มีสินแร่เหล็กชะนิดนี้มากและได้พบในจังหวัดนี้เป็นครั้งแรกด้วย.

แต่ตามในหนังสือของชาวลาติน (Latin) ผู้หนึ่งชื่อปลินี่ (Pliny) ได้กล่าวไว้ว่า คำว่า "แม็กเน็ต" ได้มาจากชื่อของเด็กเลี้ยงแกะชาวกรีกผู้หนึ่งชื่อ "แมกเนส" (Magnes) ขึ้นไปเลี้ยงแกะอยู่บนภูเขา "ไอดา" (Ida) และมีก้อนแร่ชะนิดนี้ถือเล่นอยู่ ก็พยายามสังเกตุอาการอันปลาดของมันอยู่เสมอว่ามันดูดผงเหล็กได้ สินแร่เหล็ก (Iron Ore) ที่มีคุณสมบัติดูดเหล็กหรือเหล็กผะสมได้นี้เรียกกันว่า "แม่เหล็กธรรมชาติ" (Natural Magnets).

แม่เหล็กเหมือนเข็มทิศ (Magnet as Compass) ในราวศตวรรษที่ ๑๒ ได้ค้นพบกันว่า แม่เหล็กถ้าเอามาผูกเชือกแขวนไว้กลางหาวให้อย่ตามนอน ปลายข้างหนึ่งของแม่เหล็กจะชี้ไปทางทิศเหนือ และอีกข้างหนึ่งจะชี้ไปทางทิศใต้ โดยลักษณะเช่นนี้เอง แม่เหล็กจึงได้ชื่อว่า "หินนำ" (Lodestones หรือ Leading Stones) การที่เรียกว่าหินก็เพราะเป็นก้อนรูปร่างเหมือนหิน ดังในรูปที่ ๑ ตั้งแต่นั้นมาแม่เหล็กจึงถูกนำมาใช้เป็นเข็มชี้ทิศ เรื่องนี้เข้าใจกันว่า ชาวจีนเป็นผู้ใช้กันมาก่อน ครั้นต่อมาราว พ.ศ. ๑๗๓๓ ชาวยุโรปได้นำไปทำเข็มชี้ทิศเป็นครั้งแรก.

รูปที่ ๑ ก้อนแร่แม็กเน็ตไตต์

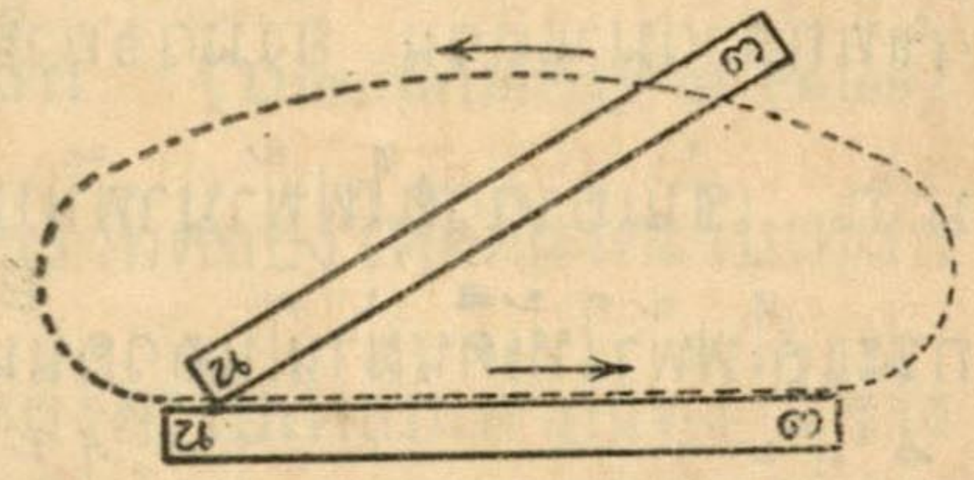
แม่เหล็กมี ๒ ชนิด ๆ หนึ่งเป็นแม่เหล็กที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ (Natural Magnet) กับอีกอย่างหนึ่งเป็นแม่เหล็กที่ทำขึ้นเอง (Artificial Magnet) อายุของการเป็นแม่เหล็กมีต่าง ๆ กัน แล้วแต่การทำจะดีเพียงใด กับอีกอย่างหนึ่งเกี่ยวกับโลหะที่เอามาทำเป็นแม่เหล็กนั้น แต่ถ้าจะให้แม่เหล็กเป็นแม่เหล็กอยู่ได้นาน ๆ ก็จะต้องหาเหล็กอ่อน (Soft Iron) มาชิ้นหนึ่งพาดไว้ระวางยอดของแม่เหล็ก เพื่อให้กระแสแม่เหล็กจากยอดเหนือเดินไปหายอดใต้ได้จนเป็นวงกลม และพยายามไม่ให้ซึมออกไปตามอากาศ เหล็กอ่อนชิ้นนี้เรียกว่า "เหล็กรักษา" (Keeper) หรือ อาเมเจอร์

(Armature) ดังในรูปที่ ๒ การพาดเหล็กวงธนมประโยชน์ที่ทำให้แม่เหล็กอยู่ได้นาน แม่เหล็กที่มีอายุอยู่ได้นานๆ ชะนิดนี้เรียกว่า "แม่เหล็กถาวร" (Permanent Magnet).

รูปที่ ๒

วิธีทำแม่เหล็ก (Making Artificial Magnts) การทำแม่เหล็กมีหลายวิธีด้วยกัน เพราะแม่เหล็กเป็นของทำได้โดยง่าย ต่างคนก็ต่างหาวิธีทำกันได้ และวิธีที่จะกล่าวต่อไปนี้ก็เป็นวิธีง่ายและได้รับผลดีด้วย แต่จะกล่าวไว้พอเป็นสังเขปสัก ๒–๓ วิธีเท่านั้น.

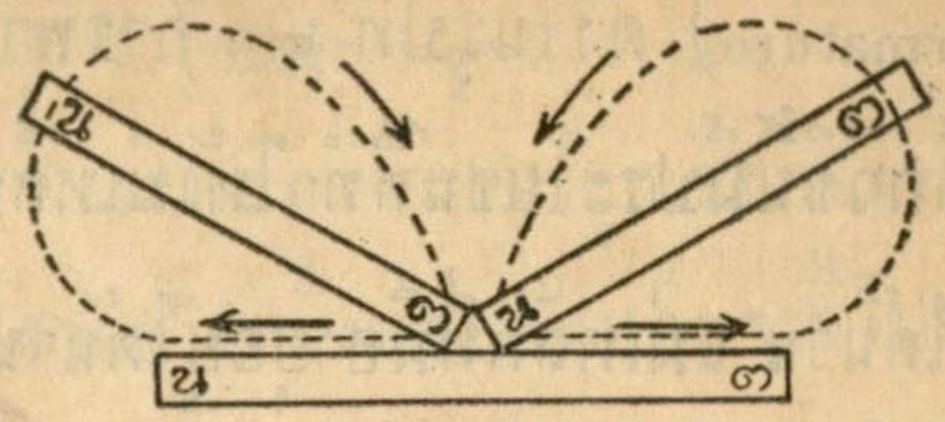
วิธีถูซ้ำรอย (Method of Single Touch) หาเหล็กกล้า (Steel) ที่ต้องการทำแม่เหล็กมาหนึ่งชิ้นวางให้ราบ แล้วเอาปลายแม่เหล็กอันหนึ่งมาจดเข้าที่ปลายเหล็กนั้นแล้วถูไปให้ตลอด เมื่อสุดปลายแท่งเหล็กนั้นแล้วก็ยกขึ้นจดเข้าที่เดิมใหม่ ถูไปเช่นเดิม ทำดังนี้หลายๆ หน เหล็กแท่งที่ถูถูนั้นก็เกิดเป็นแม่เหล็กดังรูปที่ ๓.



รูปที่ ๓

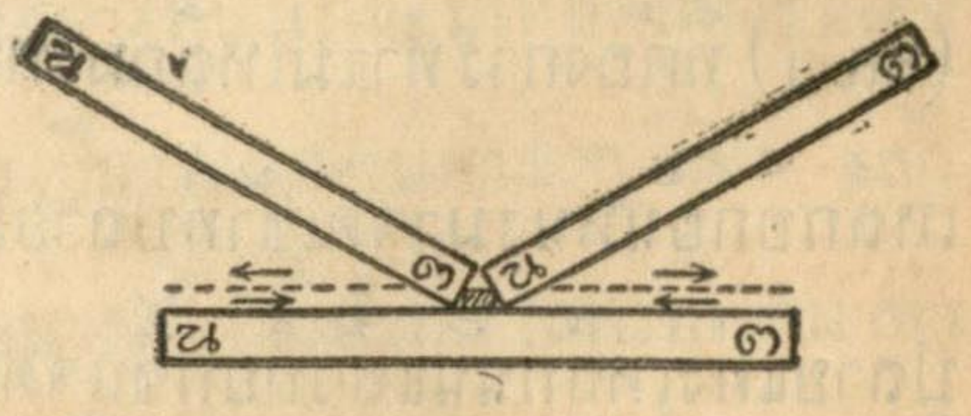
วิธีถูแยกรอย (Method of Divided Touch) วิธีทำคล้ายกับวิธี

แรก แต่ใช้แม่เหล็ก ๒ อันมาจดเข้าตรงกลางอันละข้าง (คือ น ข้าง หนึ่งกับ ต ข้างหนึ่ง) แล้วต่างก็ถูแยกออกไปทั้ง ๒ ข้าง (คือข้างขวาอันหนึ่ง ข้างซ้ายอันหนึ่ง) เมื่อสุดแท่งเหล็กแล้วยกมาจดตรงกลางใหม่ แล้วถูออกไปอีก ทำเช่นนี้หลาย ๆ หนเหล็กแท่งนั้นก็จะเกิดเป็นแม่เหล็กดังรูปที่ ๔.



รูปที่ ๔

วิธีถูซ้ำรอย (Method of Double Touch) วิธีนี้เหมือนวิธีถูแยกรอย แต่เมื่อถูแยกออกมาแล้วไม่ต้องยก คือถูกลับเข้าไปใหม่ หรือถูเข้าถูออกหลาย ๆ หน แต่ควรมีไม้หรือวัตถุอ่อน ๆ กั้นไว้ตรงกลาง เพื่อไม่ให้แม่เหล็กที่ถูเข้ามานั้นกระทบกัน ถูอยู่เช่นนี้หลาย ๆ หน เหล็กแท่งนั้นก็จะเกิดเป็นแม่เหล็กดังในรูปที่ ๕.



รูปที่ ๕

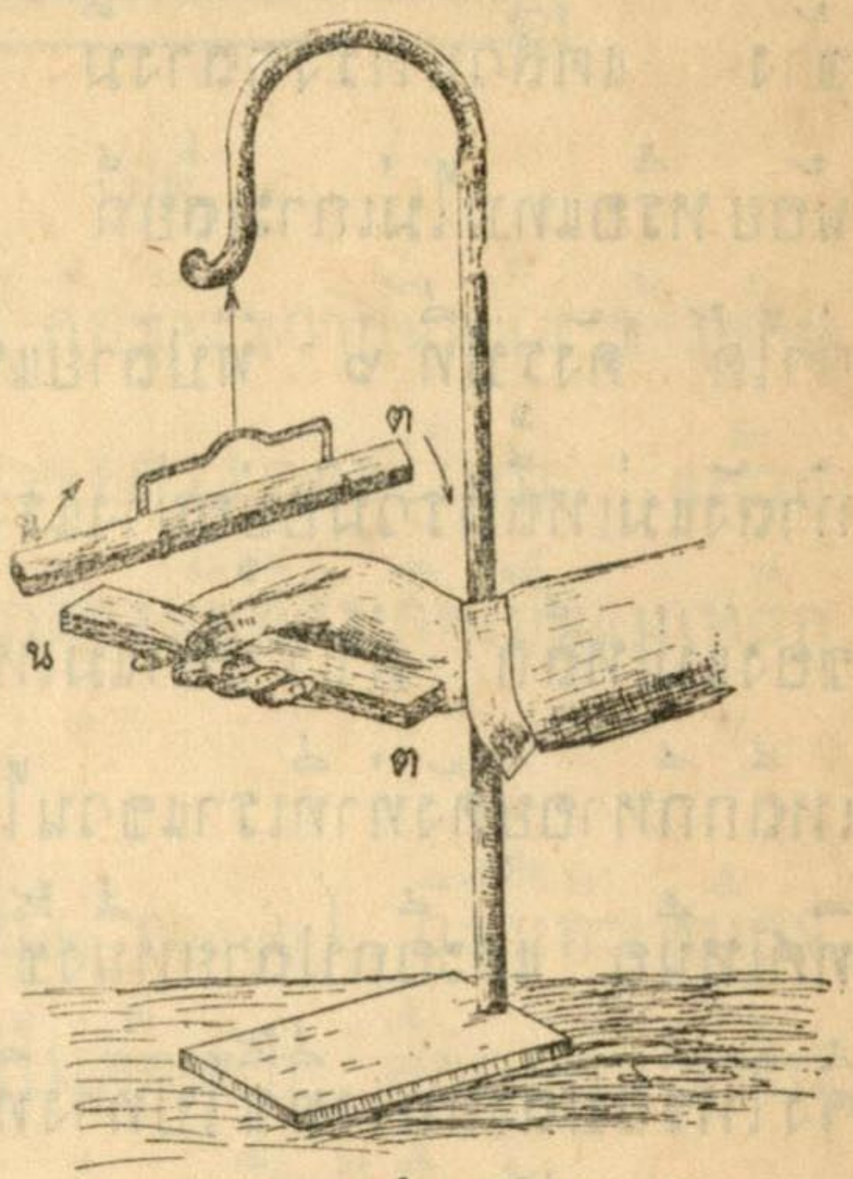
การทำแม่เหล็กนอกจากวิธีที่กล่าวมาแล้วนั้น ยังมีวิธีอื่นอีกมาก เช่นเอาลวดไฟฟ้ามาพันบนเหล็กไว้หลาย ๆ รอบ แล้วเปิดกระแสไฟฟ้าให้เดินผ่านในลวดนั้น เหล็กที่ถูกพันอยู่ก็เกิดเป็นแม่เหล็ก หรือใช้แม่เหล็กมาล่อ หรือใช้เคาะและเผาไฟ เหล่านี้เป็นแม่เหล็กได้ทั้งนั้น ซึ่งจะได้กล่าวต่อไป.

ขั้วแม่เหล็ก (Poles of Magnet) ถ้าเราเอาแม่เหล็กแท่งหนึ่งมาคลุกกับผงตะไบเหล็ก เราจะเห็นผงตะไบเหล็กเกาะปลายแม่เหล็กนั้นเป็นกลุ่มอยู่ทั้ง ๒ ข้าง แต่ส่วนตรงกลางมีน้อยหรือแทบไม่เกาะเลยก็ว่าได้ ดังรูปที่ ๖ ที่ปลายแท่งแม่เหล็กทั้ง ๒ ข้าง ซึ่งเป็นที่ ๆ มีกำลังแม่เหล็กรวมอยู่อย่างแรงนั้น เราเรียกว่า "ขั้ว" (Pole) ของแม่เหล็ก ถ้าเราเอาแม่เหล็กมาผูกเชือกแขวนไว้ตามนอน แม่เหล็กก็หาอยู่ดังท่าที่เราแขวนไม่ จะพยายามหันปลายหนึ่งไปทางทิศเหนือ และอีกปลายหนึ่งชี้ไปทางทิศใต้ โดยอาการชะนิดนี้ เราจึงให้ชื่อปลายทางที่ชี้ไปทางทิศเหนือว่า "ขั้วเหนือ" (North Pole) และปลายที่ชี้ไปทางทิศใต้ว่า "ขั้วใต้" (South Pole) คือให้ชื่อตามขั้วที่ชี้ไปนั่นเอง (ขั้วแม่เหล็กมักใช้อักษร น = เหนือ และ ต = ใต้ หรือภาษาอังกฤษว่า N = North กับ S = South) โดยเหตุนี้แม่เหล็กจึงมีประโยชน์สำหรับทำเข็มชี้ทิศ และเส้นวิถีที่เข็มชี้ไปนั้นเรียกว่า "เส้นเมอริเดียนแม่เหล็ก" (Magnetic Meridian).

รูปที่ ๖

ความต่างกันแห่งขั้วแม่เหล็ก (Dissimilarity of Poles) ความแตกต่างของขั้วแม่เหล็กนี้ ถ้าเราทดลองให้ดูดผงตะไบเหล็กดู จะเห็นได้ว่าขั้วของแม่เหล็กจะดูดผงตะไบเหล็กเท่ากันทั้ง ๒ ข้าง เราจะสังเกตุไม่ได้เลยว่า ขั้วไหนเป็นขั้วเหนือ และขั้วไหนเป็นขั้ว

ได้ การหาขั้วแม่เหล็ก อาจหาได้ด้วยเข็มทิศ เพราะเข็มทิศเรารู้ขั้วแล้วว่าขั้วไหนเป็นขั้วอะไร เมื่อเราเอาเข็มทิศมาวางลงข้าง ๆ ขั้วแม่เหล็ก ก็สังเกตได้ว่าเข็มทิศจะดูดขั้วไหน หรือผลักขั้วไหน หรือเราอาจจะหาได้ด้วยแม่เหล็กอันอื่น เช่นหาแม่เหล็กมาอีกอันหนึ่ง ซึ่งรู้ขั้วทั้ง ๒ ข้างแล้ว เอาแม่เหล็กที่ต้องการทราบนั้นมาแขวนไว้ดังรูปที่ ๗ แล้วเอาแม่เหล็กที่รู้ขั้วแล้วนั้นมาแตะที่ขั้วแม่เหล็กที่แขวนอยู่ จะเอาขั้วไหนก่อนก็ได้ ถ้าหากแม่เหล็กทั้ง ๒ อันนั้นผลักกัน ก็หมายความว่า ขั้วทั้ง ๒ นั้นเหมือนกัน



รูปที่ ๗

แต่ถ้าขั้วแม่เหล็กทั้ง ๒ ขั้วนั้นดูดกันก็หมายความว่า ขั้วทั้ง ๒ นั้นต่างกัน โดยวิธีนี้เราจึงหาขั้วแม่เหล็กที่ยังไม่ทราบนั้นได้.

ตามการกระทำที่แล้วมานี้ เราจึงสรุปความไว้เป็นกฎของแม่เหล็กได้ว่า “ขั้วของแม่เหล็กที่เหมือนกันย่อมผลักกัน และขั้วของแม่เหล็กที่ต่างกันย่อมดูดกัน.

แรงของการดึงดูด (Attraction) กับแรงของการผลัก (Repulsion) ของขั้วแม่เหล็กเราจะเห็นได้ว่า เหมือนกันกับแรงแห่งศูนย์ถ่วงของโลก (Gravitation) และการคิดแรงก็คือ แรงระวางขั้ว

เท่ากับความต่างเป็นส่วนกลับ (Inversely Proportioned) ของระยะระวางขั้วกำลังสอง (Square) คือถ้าเราแยกขั้วแม่เหล็กให้ห่างออกไปเป็น ๒ เท่าของระยะที่วางไว้เดิม แรงระวางขั้วทั้ง ๒ นั้นจะเหลือเพียงเศษหนึ่งส่วนสี่ของแรงเดิม หรือถ้าเราแยกขั้วแม่เหล็กให้ห่างออกเป็น ๓ เท่าของระยะเดิม แรงก็จะเหลือเพียงเศษหนึ่งส่วนเก้าของแรงเดิมเท่านั้น (ความจริงแรงสูงสุดของแม่เหล็กนั้น ไม่ได้อยู่ที่ปลายของขั้วแม่เหล็กทีเดียว อยู่ถัดจากขั้วเข้าไปเพียงเล็กน้อย)

หน่วยกำลังของขั้วแม่เหล็ก (Unit strenght of a Magnetic Pole) เมื่อพูดถึงแรงแม่เหล็ก เราต้องจำไว้ว่า เราวัดแรงเดี่ยวประจำปลายหนึ่งปลายใดของแท่งแม่เหล็กไม่ได้ แรงดูดหรือแรงผลักที่เราวัดได้คราวใด ๆ ย่อมเป็นแรงร่วมเสมอ เช่นตัวอย่าง ปลายหนึ่งของแท่งแม่เหล็กดูดแม่เหล็กท่อนอื่นหรือดูดก้อนเหล็กห้อยติดอยู่ได้ และถ้าก้อนที่ดูดติดอยู่ได้หนัก ๕ กรัม ก็แปลว่าแรงที่ดูดก้อนที่ห้อยติดอยู่นั้นมากกว่า ๕ กรัม ถ้าทดลองต่อไปได้ความจริงว่าเมื่อเอาน้ำหนักอื่นอีก ๑๐ กรัม มาถ่วงก้อนที่ห้อย ๆ จึงจะพอดีหล่นตกลงมาจากแม่เหล็ก ดังนี้แปลว่าแรงดูดทั้งหมดเท่ากับ ๑๕ กรัม แต่แรงดูด ๑๕ กรัมนี้เป็นแรงดูดร่วมระหว่างแม่เหล็กกับก้อนที่ถูกดูด สองแรงรวมกันต่างหากเท่ากับ ๑๕ กรัม จะเป็นแรงละเท่าไรเรารู้ไม่ได้ จะกล้าพูดได้ก็แต่เพียงแรงหนึ่งน้อยกว่า ๑๕ กรัม.

เมื่อความจริงเป็นเช่นนี้ เป็นธรรมดาเราย่อมอาศัยกำลังดูดที่ปลายแท่งตามที่เราวัดได้เป็นจำนวนสำหรับใช้วัดขั้วแม่เหล็กไม่ได้ เราจำเป็นต้องหาหน่วยอย่างอื่นสำหรับใช้วัดขั้วแม่เหล็ก หน่วยที่เราใช้กันเรียกว่า หน่วยขั้ว (Unit Pole) ถ้าเราเอาขั้วแม่เหล็กที่เหมือนกัน ๒ ขั้วมาวาง ซึ่งมีแรงที่ปลายเท่ากันพอดี ให้ห่างกัน ๑ เซ็นติเมตร์ (หรือ $\frac{๑๓}{๓๓}$ นิ้ว) ถ้าแรงผลักของขั้วแม่เหล็กทั้ง ๒ นั้นคิดได้ ๑ ไดน์ (Dyne) หรือ $\frac{๑}{๒๗๘๐๐}$ เอาน์ เราจัดว่าเป็นแรงของแม่เหล็กหน่วยหนึ่ง.

วัตถุธาตุแม่เหล็ก (Magnetic Substance) วัตถุธาตุแม่เหล็กนั้นหมายความว่า วัตถุที่แม่เหล็กดูดได้ หรืออาจทำวัตถุนั้นให้เป็นแม่เหล็กได้ เช่นเหล็ก (Iron) หรือเหล็กกล้า (Steel) ส่วนนิเกิล (Nikel) ก็เป็นวัตถุธาตุแม่เหล็กด้วยเหมือนกัน แต่เป็นส่วนน้อย ถ้าเราเอาไปวางไว้ใกล้ ๆ กับแม่เหล็กอย่างแรง จึงจะรู้สึกว่ามีกำลังดูดเล็กน้อย.

ส่วนโลหะอื่น ๆ อีกหลายชะนิดที่จัดกันว่าไม่ใช่วัตถุธาตุแม่เหล็ก (Non Magnetic Substanee) มีทองเหลือง (Brass) ทองแดง (Copper) และอลูมิเนียม (Aluminium) เหล่านี้เป็นต้น นอกจากนี้ยังมี ไม้, กระดาษ และรวมทั้งของเหลวอีกด้วย ซึ่งจัดว่าไม่ใช่

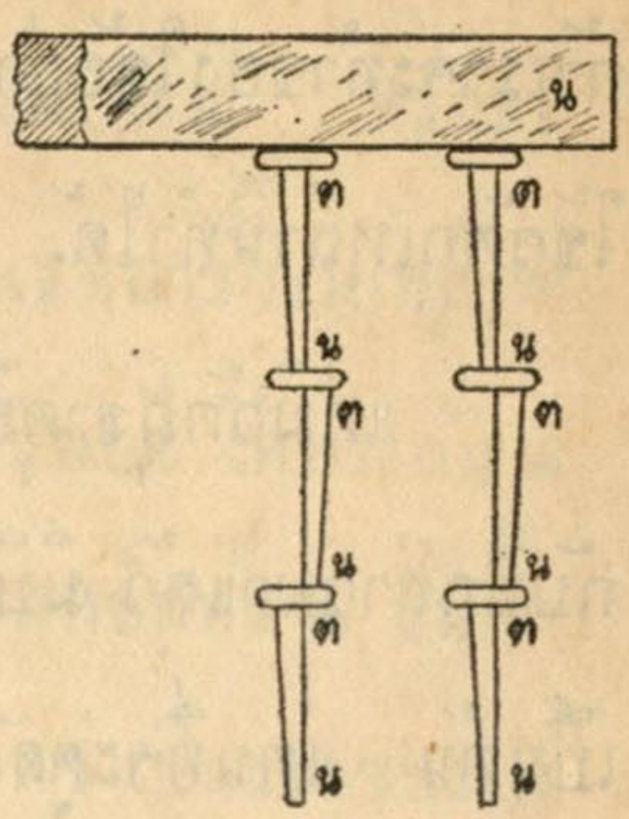
ธาตุแม่เหล็ก เพราะวัตถุเหล่านี้ไม่ดูดหรือผลักกับแม่เหล็ก ฉะนั้น ถ้าเราจะทำของใช้อย่างหนึ่งอย่างใดที่ไม่ต้องการให้เป็นแม่เหล็ก ก็ใช้วัตถุเหล่านี้ทำได้.

แต่มีวัตถุธาตุอีกสองสามชะนิด ซึ่งมีคุณสมบัติแตกต่างกันกับที่กล่าวมาแล้ว มีบิสมัธ (Bismuth) และแอนติโมนี (Antimony) เป็นต้น แทนที่จะดูดแม่เหล็กหรืออยู่เฉย ๆ กลับผลักแม่เหล็กเสียอีกด้วย วัตถุเหล่านี้เรียกว่า "ไดอาแม็กเนติก" (Diamagnetic) วัตถุชะนิดนี้มีแต่ผลักแม่เหล็กอย่างเดียว ถ้าเราเอาเชือกผูกแขวนไว้ตามนอน มันจะชี้ขวางได้ฉากกับเส้นเมอริเดียนของแม่หล็ก คือสมมุติว่าแม่เหล็กที่แขวนไว้นั้นชี้ไปทางทิศเหนือกับทิศใต้ แต่ส่วนวัตถุธาตุเหล่านี้จะชี้ไปทางทิศตะวันออกกับตะวันตก วัตถุเหล่านี้เป็นของหายาก แต่ก็ไม่ใคร่จะใช้กันบ่อยนัก และทั้งราคาก็แพง.

แม่เหล็กชักนำ (Magnetic Induction)

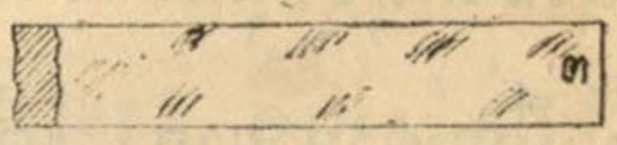
การเป็นแม่เหล็กด้วยการชักนำ (Magnetizing by Induction) ถ้าเราเอาตะปูเหล็กที่ยังไม่เป็นแม่เหล็กมาตัวหนึ่ง และติดเข้าที่ปลายขั้วแม่เหล็ก เมื่อตะปูตัวนั้นติดห้อยอยู่ เอาตะปูอีกตัวหนึ่งติดเข้าที่ปลายตะปูตัวแรก ตะปูตัวที่ ๒ ก็จะติดอีก ดังในรูป

ที่ ๘ หรือถ้าแม่เหล็กนั้นแรงพอ ก็อาจติดต่อกันไปได้หลาย ๆ ตัว ทีนี้เราจับตะปูตัวต้นที่ติดกับขั้วแม่เหล็กนั้นไว้ แล้วค่อย ๆ ปลดเอาแม่เหล็กออก ตอนนี้เราจะเห็นได้ว่า ตะปูเหล่านั้นจะหลุดออกจากกันหมด โดยอาการชะนิดนี้ แสดงให้เราเห็นว่า ตะปูเหล่านั้นจะเป็นแม่เหล็กได้ก็ต่อเมื่อติดอยู่กับแม่เหล็กแท่งนั้น.



รูปที่ ๘

เหล็กอ่อน (Soft Iron) เป็นแม่เหล็กได้ชั่วคราวในขณะที่ติดอยู่กับแม่เหล็กถาวร (Permanent Magnet) และนอกจากนี้เรายังได้ความจริงอีกว่า เหล็กอ่อนเหล่านั้นไม่จำเป็นต้องติดอยู่กับขั้วแม่เหล็กที่เดียวก็ได้ ถ้าเราเอาตะปูมาตัวหนึ่งถือไว้ให้ใกล้กับขั้วแม่เหล็ก (แต่อย่าให้ติดกับขั้วแม่เหล็ก) ดังในรูปที่ ๙ ตะปูตัวนั้นก็กลายเป็นแม่เหล็กได้เหมือนกัน ถ้าเราจะทดลองดู โดยถือแม่เหล็กกับตะปูไว้ใกล้ ๆ กันดังกล่าวแล้ว เอาผงตะไบเหล็กมาล่อที่ปลายตะปูอีกข้างหนึ่ง ผงตะไบก็จะติดที่ปลายตะปูตัวนั้นเป็นกลุ่มเหมือนกัน แต่ถ้าเราเอาแม่เหล็กถาวรแท่งนั้นออกเสีย ผงตะไบที่ติดอยู่กับปลายตะปูตัวนั้นก็หลุดร่วงไปทันที นี่แสดงให้เห็นว่า การที่ตะปูเกิดเป็นแม่เหล็ก



รูปที่ ๙

ขนได้ก็ด้วยอำนาจของแม่เหล็กแท่งนั้น แม่เหล็กซึ่งเกิดขนด้วยวิธีนี้เราเรียกว่า "แม่เหล็กชักนำ."

ตามกฎของแม่เหล็กชักนำ ทำนองนี้ ถ้าเราจะเอาเข็มทิศ (Compass) มาทดลองดู เราจะทราบได้ว่า ถ้าเราเอาขั้วใต้ (ต หรือ s) ของเข็มทิศมาล่อที่ปลายตะปูนั้น ข้างบนจะเป็นขั้วเหนือ (น) และข้างล่างจะเป็นขั้วใต้ เรื่องนี้คือ การชักนำของแม่แม่เหล็กนั้น จะชักนำให้ปลายตะปูที่ใกล้กว่านั้นเป็นขั้วตรงกันข้ามเสมอ เช่นเราเอาขั้วเหนือ (น) ของแม่เหล็กมาล่อตะปู ขั้วของตะปูที่อยู่ใกล้กับขั้วแม่เหล็กนั้นจะเป็นขั้วใต้ (ต).

โดยอาการชักนำของแม่เหล็กทำนองนี้ อธิบายความจริงให้เราทราบว่า เมื่อแม่เหล็กจะดูดเหล็กธรรมดาที่ไม่ได้เป็นแม่เหล็กนั้น ครั้งแรกก่อนที่มันจะดูดเหล็ก มันชักนำให้เหล็กแท่งนั้นเป็นแม่เหล็กขึ้นก่อน และให้ปลายเหล็กที่อยู่ใกล้มีขั้วตรงกันข้ามกับตัวมันเองด้วย แล้วมันจึงดูดกันขึ้น และส่วนอีกปลายหนึ่งจะเกิดขั้วตรงกันข้ามกับขั้วที่อยู่ใกล้แม่เหล็ก ในขณะเดียวกันนั้นเอง นอกจากนี้ผงตะไบที่โดดเข้าเกาะแม่เหล็กนี้ก็ทำนองเดียวกัน กล่าวคือ ผงตะไบทุกๆชิ้น ถูกทำให้เกิดเป็นแม่เหล็กขั้วคราวขึ้นก่อน ซึ่งมีขั้ว ๒ ขั้วเหมือนแม่เหล็กทุกประการ.

ความซึมได้ (Permeability) ความซึมได้นั้น หมายความว่า อำนาจของแม่เหล็กที่สามารถซึมเข้าไปในวัตถุอย่างใดอย่าง

หนึ่งได้ เพราะวัตถุทุก ๆ ชะนิดอำนาจแม่เหล็กซึมเข้าไปได้ไม่เหมือนกัน บางชะนิดก็ซึมเข้าไปได้มาก และบางชะนิดก็ซึมเข้าไปได้น้อย ตัวอย่างเช่น เอาแม่เหล็กถาวรมาอันหนึ่ง ปล่อยให้ชักนำกับเหล็กกล้า (Steel) เอาขั้วแม่เหล็กแท่งนั้นเอง มาปล่อยให้ชักนำกันกับเหล็กอ่อน (Soft Iron) เราจะเห็นได้ว่าเหล็กอ่อนเป็นแม่เหล็กได้มากกว่าเหล็กกล้า (Steel) ความเป็นแม่เหล็กของวัตถุเหล่านี้เราเรียกว่า "ความซึมได้" (Permeability).

ตามธรรมดาวัตถุธาตุแม่เหล็ก (Magnetic Substance) เมื่อเอาแม่เหล็กมาล่อ กระแสแม่เหล็กก็ซึมเข้าไปในวัตถุนั้น จะมากหรือน้อยก็แล้วแต่ความซึมได้จะมีมากน้อยเท่าใด ส่วนความต้านทานต่ออำนาจแม่เหล็กนั้นเรียกว่า "รีลัคแตนซ์" (Reluctance) ความต้านทานก็คือความฝืดนั่นเอง.

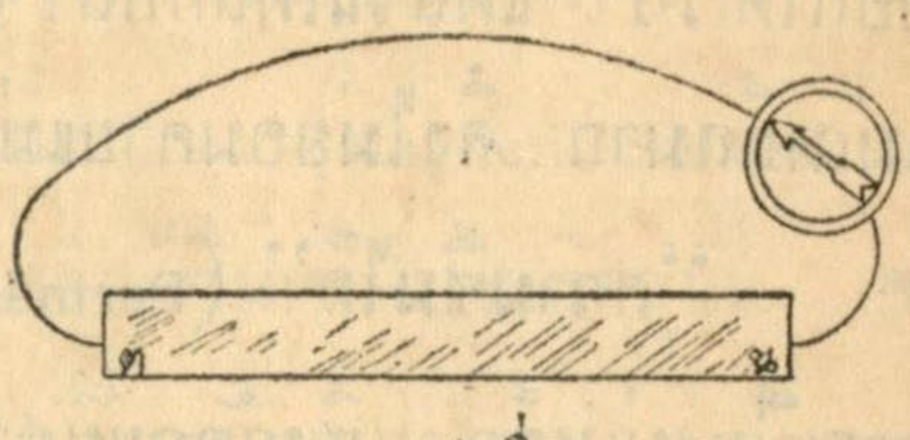
กับอีกประการหนึ่ง เหล็กอ่อน (Soft Iron) มาทำให้เป็นแม่เหล็กได้ง่าย, เร็ว, และเป็นได้มาก ๆ ด้วย ในขณะที่ปล่อยให้แม่เหล็กชักนำมันอยู่ แต่เมื่อปลดเอาแม่เหล็กตัวนำออกหรือมาทิ้งไว้เฉย ๆ มันก็สละฤทธิ์แม่เหล็ก หรือคายฤทธิ์แม่เหล็กออกไปหมดโดยเร็วเหมือนกัน ในทำนองเดียวกันนี้ถ้าเอาเหล็กกล้า (Steel) มาทำดูบ้าง จะรู้สึกว่าเป็นแม่เหล็กได้ยากกว่าเหล็กอ่อน แต่เมื่อมาทำให้เป็นแม่เหล็ก หรือชักนำให้เป็นแม่เหล็กได้แล้ว ถึงแม้

จะเอาแม่เหล็กตัวนำออกหรือทิ้งไว้เฉย ๆ ก็ยังคงเป็นแม่เหล็กอยู่ได้นาน ไม่ยอมสละฤทธิ์แม่เหล็กหรือกลัดฤทธิ์แม่เหล็กออกได้ง่าย ๆ.

จากเหตุตามที่ได้กล่าวมาแล้วนั้น เนื่องจากการยึดของอณูของวัตถุต่าง ๆ ไม่เหมือนกัน บางอย่างอณูยึดกันแน่น และบางอย่างก็ยึดกันไม่แน่น จึงเกิดมีความขัดขืนที่จะสละฤทธิ์แม่เหล็กออกได้ต่าง ๆ กัน ซึ่งเรียกว่า "รีเตนติวิต" (Retentivity) เหล็กอ่อนมีความขัดขืนที่จะสละฤทธิ์แม่เหล็กน้อย จึงยอมให้แม่เหล็กคายออกได้เร็ว แต่ส่วนเหล็กกล้า (Steel) มีความขัดขืนที่จะสละฤทธิ์แม่เหล็กมาก จึงไม่ยอมคายแม่เหล็กออกง่าย ๆ.

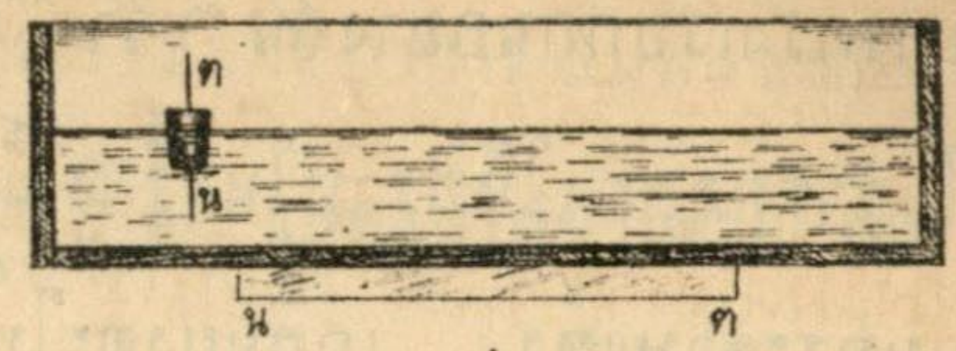
"ความซึมได้" (Permeability) นั้น วัดได้ด้วยจำนวนของการเป็นแม่เหล็ก ซึ่งวัตถุนั้นสามารถรับไว้ได้ภายใต้แห่งกำลังแรงของขั้วแม่เหล็กที่เอามาชักนำ ส่วนความขัดขืนที่จะสละฤทธิ์แม่เหล็กออก (Retentivity) นั้น วัดได้ด้วยความยึดเหนี่ยว (Tenacity) ของอาการคลายเป็นแม่เหล็กในเมื่อได้เอาขั้วแม่เหล็กชักนำออกไปเสีย และขอสรุปคำว่า "รีเตนติวิต" อีกสักเล็กน้อย เพื่อไม่ให้แคลงใจในภายหลัง รีเตนติวิต (Retentivity) นั้นคือ กำลังแห่งความฝืดที่ต้านทานวัตถุนั้นไม่ให้เป็นแม่เหล็กอย่างหนึ่ง กับอีกอย่างหนึ่งเมื่อวัตถุนั้นได้เป็นแม่เหล็กขึ้น แล้วต้านทานไว้ไม่ยอมให้ความเป็นแม่เหล็กนั้นเสื่อมคลายไป กำลังแห่งความฝืดทั้งสองประการนี้เรียกว่า "รีเตนติวิต" (Retentivity).

เส้นแรงของแม่เหล็ก (Magnetic Lines of Force) แม่เหล็กตามธรรมดามี ๒ ขั้ว แต่ถ้าสมมุติว่าเราแยกขั้วเหนือของแม่เหล็กแท่งเล็ก ๆ ออกไปได้ และให้ขั้วนั้นอยู่โดยอิสสระแล้วเอาขั้วเหนือที่แยกออกมาได้นั้น ไปวางไว้ใกล้ ๆ กับขั้วเหนือของแม่เหล็กอีกแท่งหนึ่ง ซึ่งมีขั้วครบทั้ง ๒ ขั้ว โดยวิธีนี้เราจะเห็นได้ว่า ขั้วเหนืออิสสระนั้นจะค่อย ๆ เคลื่อนที่จากขั้วเหนือของแม่เหล็กแท่งนั้นไปหาขั้วใต้เป็นเส้นโค้ง. ดังในรูปที่ ๑๐ อาการเคลื่อนที่ของขั้วอิสสระนี้ จะเป็นทางโค้งมากกว่าทางตรง เพราะเกิดจากกำลัง ๒ กำลังที่เข้ากระทำกับขั้วเหนืออิสสระนั้นในเวลาเดียวกัน คือตามปกติ ขั้วเหนือของแท่งแม่เหล็กจะผลักขั้วเหนือของแม่เหล็กอิสสระ กับอีกแรงหนึ่งคือขั้วใต้ของแท่งแม่เหล็กดูดขั้วเหนือของแม่เหล็กอิสสระ ดังนั้นในเวลาเดียวกันนั้นขั้วเหนือของแม่เหล็กอิสสระ จึงถูกกระทำด้วยแรง ๒ แรงพร้อม ๆ กัน และแรงทั้ง ๒ แรงนี้เปลี่ยนอยู่ทุกขณะ เนื่องจากระยะระวางขั้วเหนือกับขั้วใต้ของแท่งแม่เหล็กที่ดูดและผลักขั้วแม่เหล็กอิสสระนั้นเปลี่ยนไปทุก ๆ จุด ตามที่ได้กล่าวมาแล้วนี้ จะพิสูจน์ได้โดย



รูปที่ ๑๐

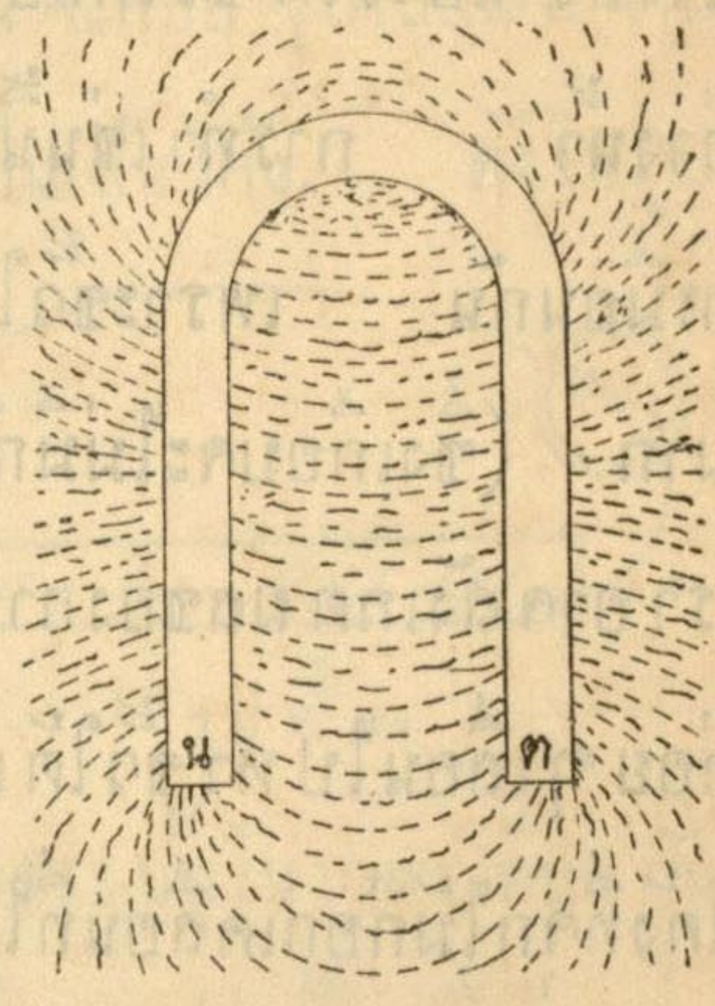
ง่าย ถ้าเราหาอ่างมาใบหนึ่งใส่น้ำพอสมควรแล้ววางไว้บนแม่เหล็ก แท่งหนึ่ง ดังรูปที่ ๑๑ เอาเข็มเย็บผ้ามาอันหนึ่งทำให้เป็นแม่เหล็กเสียบเข้ากับจุกไม้ก๊อก เอาขั้วเหนือลงข้างล่าง และขั้วใต้ขึ้นข้างบน เสร็จแล้ววางลงในอ่างให้ขั้วเหนือของเข็มตรงกับขั้วเหนือของแม่เหล็กใต้อ่างน้ำ การทำเช่นนี้เหมือนกันกับขั้วเหนืออยู่โดยอิสสระเหมือนกัน เพราะขั้วใต้ซึ่งอยู่ข้างบนห่างจากแท่งแม่เหล็กมาก (ซึ่งเกือบจะไม่มีกำลังดูดหรือผลักกันเลยก็ว่าได้) ต่อไปเราอาจสังเกตผลของการทดลองนี้ได้ว่า จุกไม้ก๊อกนั้นจะค่อย ๆ เลื่อนไปหาขั้วใต้เป็นทางโค้ง ดังได้กล่าวมาแล้ว เส้นโค้งที่จุกไม้ก๊อกเคลื่อนที่ไปนั้นเรียกว่า "เส้นแรงของแม่เหล็ก" (Line of Magnetic Force) วิธีง่ายที่สุดที่จะหาเส้นนี้ได้ก็คือ เอาเข็มทิศมาวางเข้าใกล้ ๆ ขั้วของแม่เหล็ก แล้วค่อย ๆ เลื่อนเข็มทิศนั้นไปทีน้อย ๆ เราจะเห็นว่าเข็มทิศนั้นค่อย ๆ เอียงไปทุกทีจนเป็นเส้นโค้งเหมือนกับรูปที่ ๑๐.



รูปที่ ๑๑

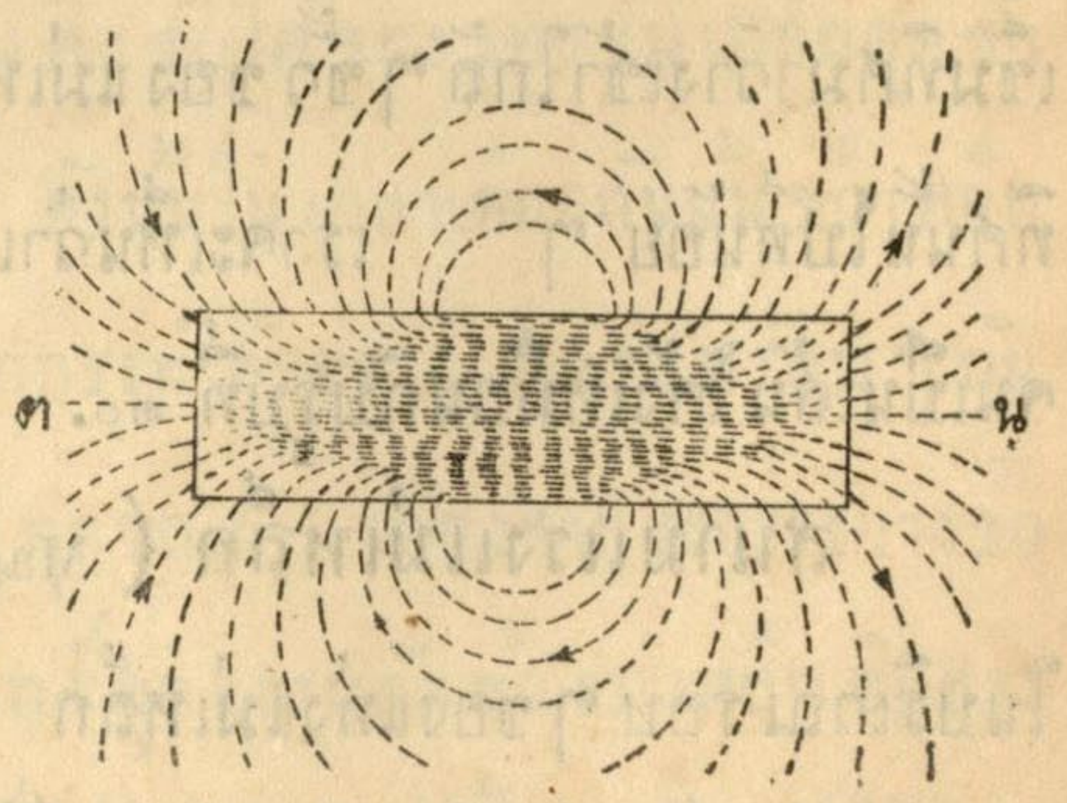
สนามแรงแม่เหล็ก (Magnetic Fields of Force) ภายในบริเวณรอบ ๆ ของแท่งแม่เหล็ก ที่เราสามารถรู้ได้ว่า มีกระแสแม่เหล็กแผ่ออกมาใกล้ไกลเพียงใดก็ตาม ภายในเขตต์ที่มี

แรงของแม่เหล็กแผ่ออกมานั้นเรียกว่า "สนามแรงแม่เหล็ก" และบางครั้งเรียกกันอย่างสั้น ๆ ว่า "สนามแม่เหล็ก" (Field of Force) ในการทดลองให้ทราบในเรื่องนี้ก็ต้องอาศัยผงตะใบเหล็กมาโรยบนกระดาษแข็ง เกลี่ยผงตะใบนั้นไว้บาง ๆ แล้วเอาแม่เหล็กสอดไว้ข้างใต้กระดาษนั้น เมื่อเราเคาะกระดาษเบา ๆ สักสองสามครั้ง ผงตะใบเหล็กก็จะจัดตัวกันเข้าเป็นรูปดังรูปที่ ๑๒ แต่เพื่อจะให้เห็นอย่างชัดเจน จึงมาเขียนให้เส้นห่าง ๆ ดังรูปที่ ๑๓ และนอกจากนี้ในรูปที่ ๑๓ ยังแสดงลูกศรบอกทางของเส้นแรงแม่เหล็ก พุ่งออกไปจากขั้วเหนือไปยังขั้วใต้ไว้ด้วย เส้นทางกำลังของแม่เหล็กตามความคิดเห็นอันนี้ จะวิ่งผ่านเป็นเส้นโค้งไปบรรจบกัน



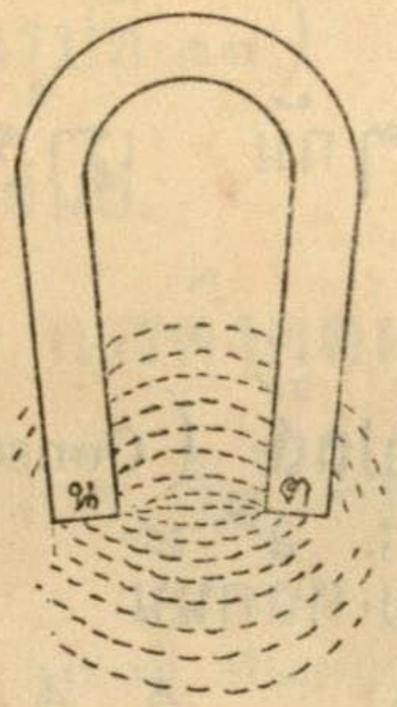
รูปที่ ๑๒

ข้างนอกของแท่งแม่เหล็กคือจากยอดเหนือไปหายอดใต้ แต่ส่วนภายในแท่งแม่เหล็กนั้น จะเดินจากยอดใต้ไปหายอดเหนือ เรื่องนี้ท่านนักปราชญ์ทาง

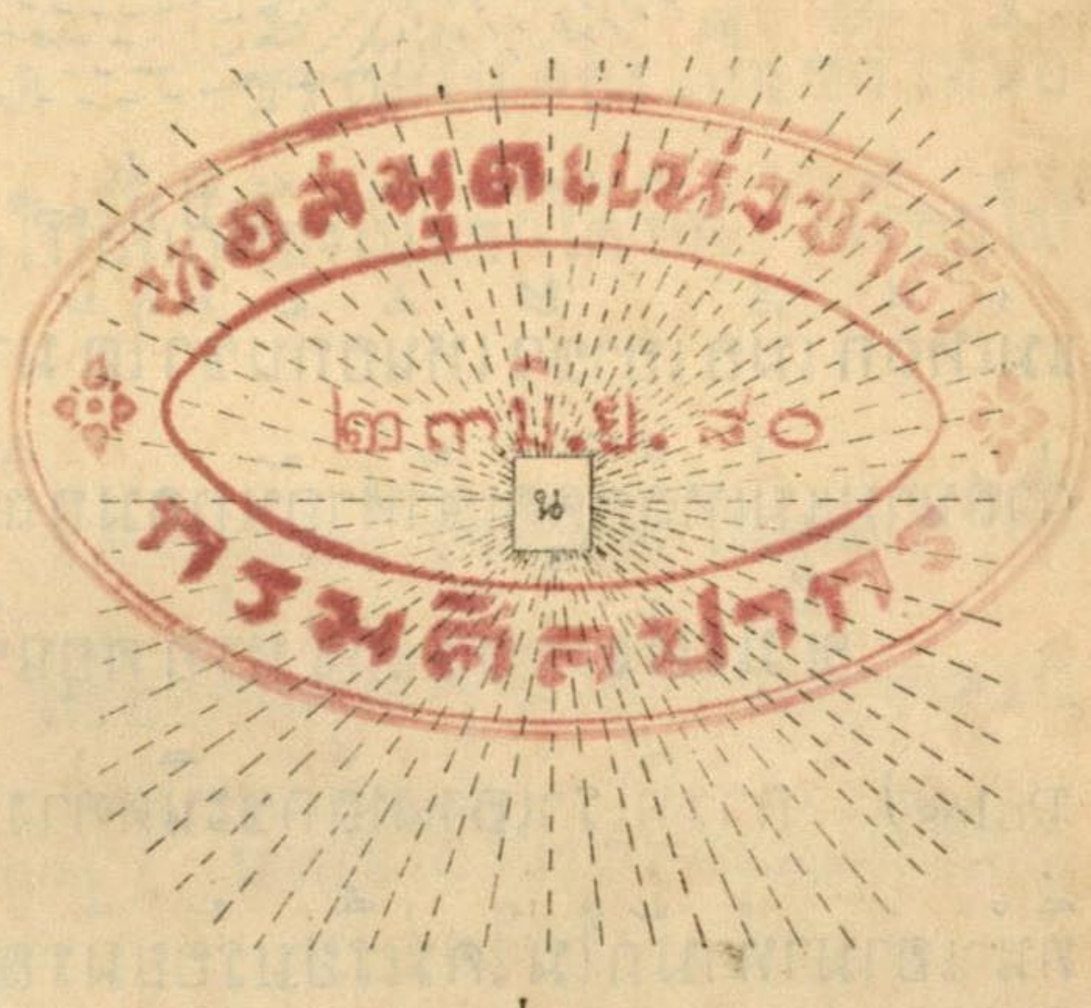


รูปที่ ๑๓

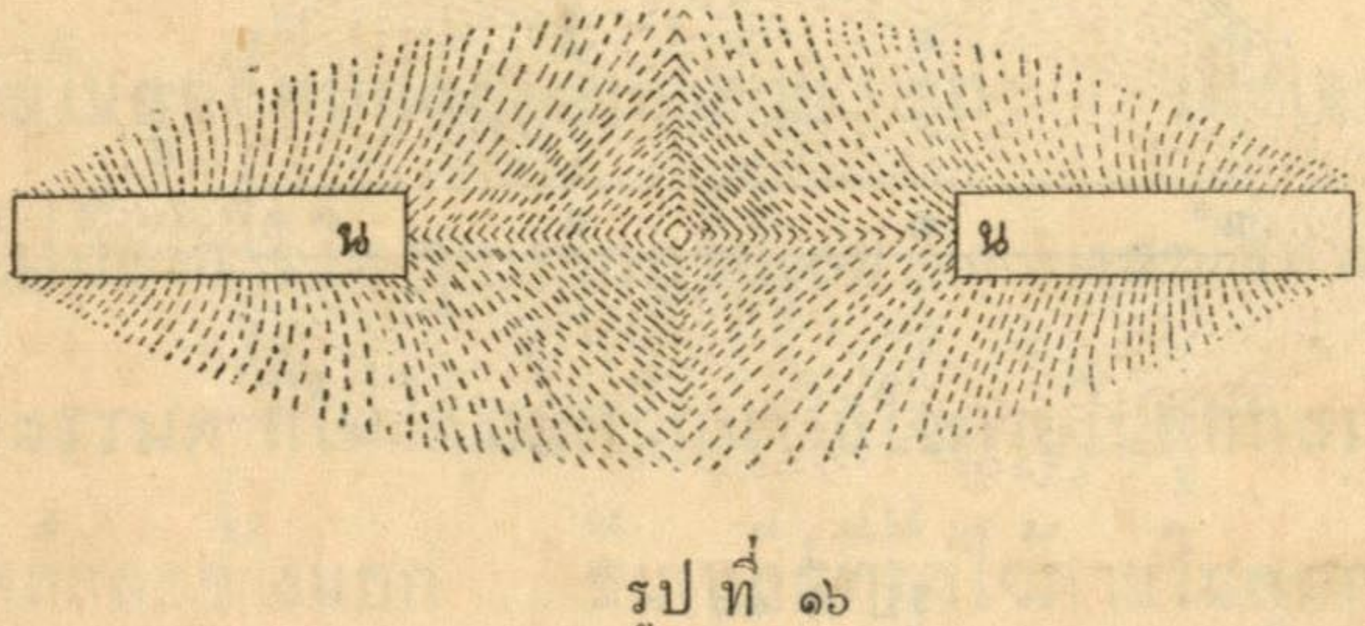
ไฟฟ้าชื่อ ฟาราเดย์ (Faraday) ได้ตรวจพบเมื่อพ.ศ.๒๓๗๓ ซึ่งเป็นเครื่องช่วยเหลือให้เราทราบถึงความจริงแห่งอาการสัมพันธ์ของวิชาแม่เหล็กได้เป็นอันมาก ในรูปที่ ๑๔ แสดงถึงสนามแม่เหล็กของแม่เหล็กรูปเกือกม้า รูปที่ ๑๕ แสดงสนามแม่เหล็กขั้วเหนือขั้วเดียว เราจะเห็นได้ว่าเป็นรัศมีกระจายออกมาเท่านั้นเอง รูปที่ ๑๖ สนามแม่เหล็กขั้วเหนือต่อขั้วเหนือ เมื่อวางไว้ใกล้ ๆ กันจะเห็นได้ว่า สนามแม่เหล็กนั้นผลักกัน อีกรูปหนึ่งคือรูปที่ ๑๗ สนาม



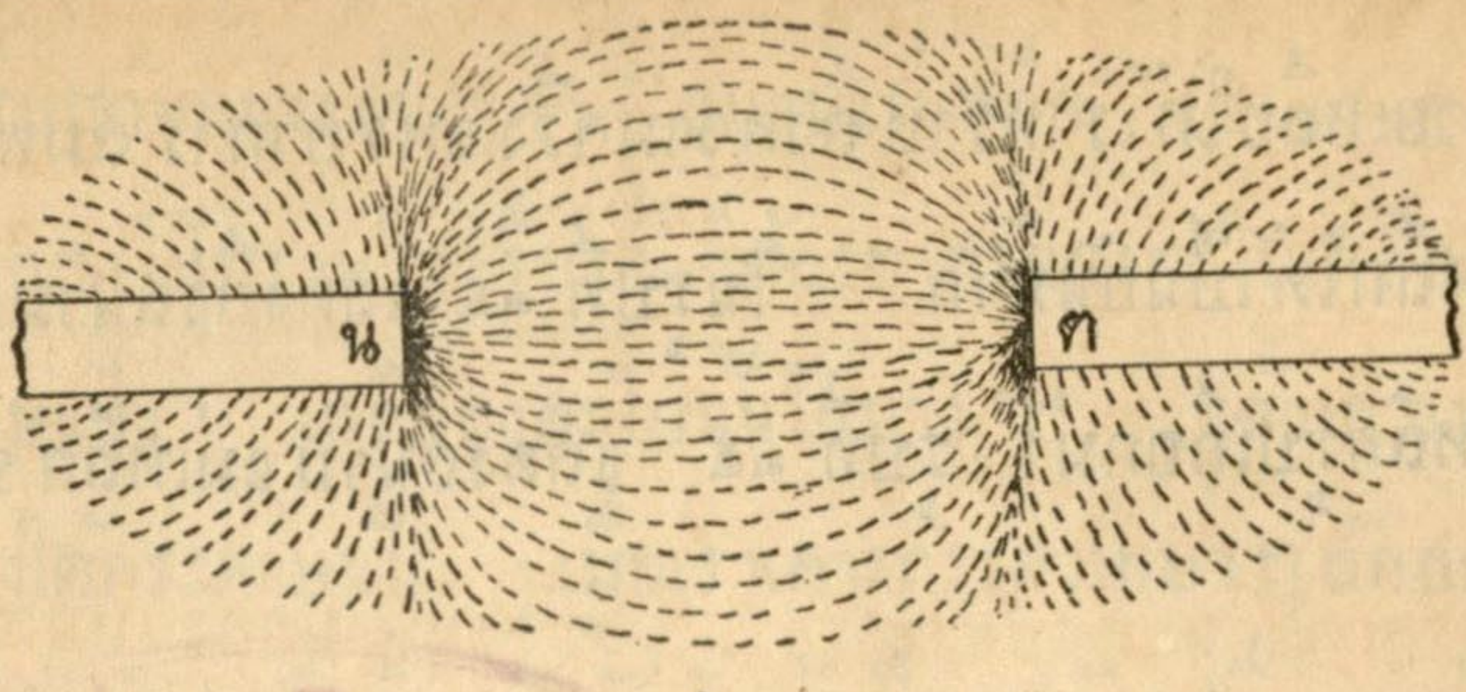
รูป ที่ ๑๔



รูป ที่ ๑๕



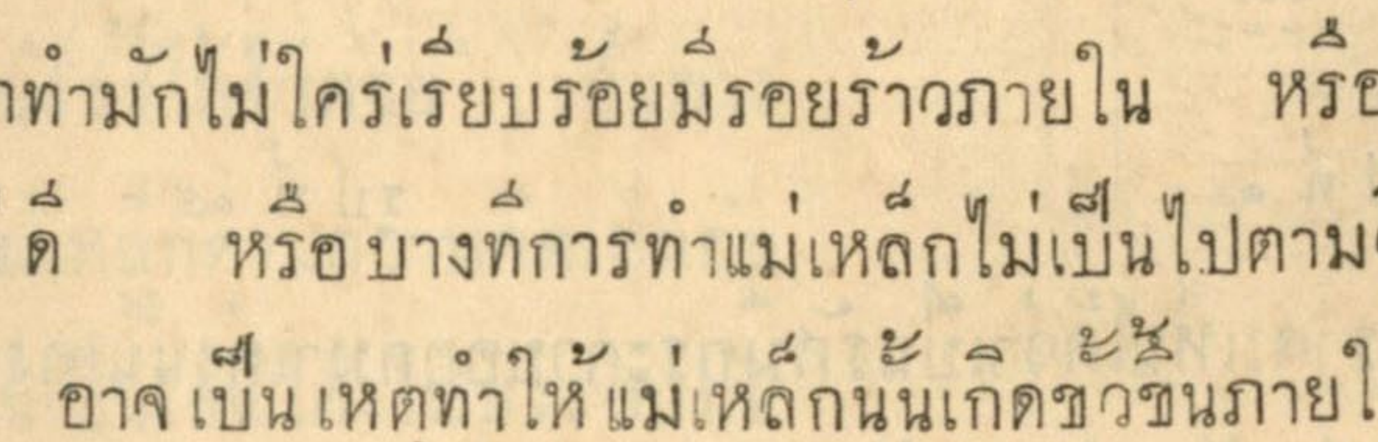
รูป ที่ ๑๖



รูปที่ ๑๗

แม่เหล็ก เมื่อ เอาขั้ว เหนือกับขั้วใต้ มา วางใกล้ๆกัน เรา จะ เห็น ว่าสนามแม่เหล็กดูดเข้าหากันกลมกลืนกันดี.

ขั้วแฝง ขั้ว แฝง หรือ คอนซีเควนต์ โปลส์ (Conseguent Poles) การที่เราเอาเหล็กชะนิดต่าง ๆ มาทำแม่เหล็กนั้น เหล็ก ที่นำเอามาทำมักไม่ใคร่เรียบร้อยมีรอยร้าวภายใน หรือเนื้อเหล็ก ภายในไม่ดี หรือ บางทีการทำแม่เหล็กไม่เป็นไปตามวิธีที่ดีจริง เหล่านี้ อาจ เป็น เหตุทำให้ แม่เหล็กนั้นเกิดขั้วขึ้นภายใน และ บางทีก็เกิดขึ้นได้หลาย ๆ ขั้ว ขั้วที่อยู่ข้าง นอกคือขั้ว ที่ปลาย แม่เหล็กทั้ง ๒ ข้างเรียกว่า "ขั้ว นอก" (Salient Poles) ส่วน



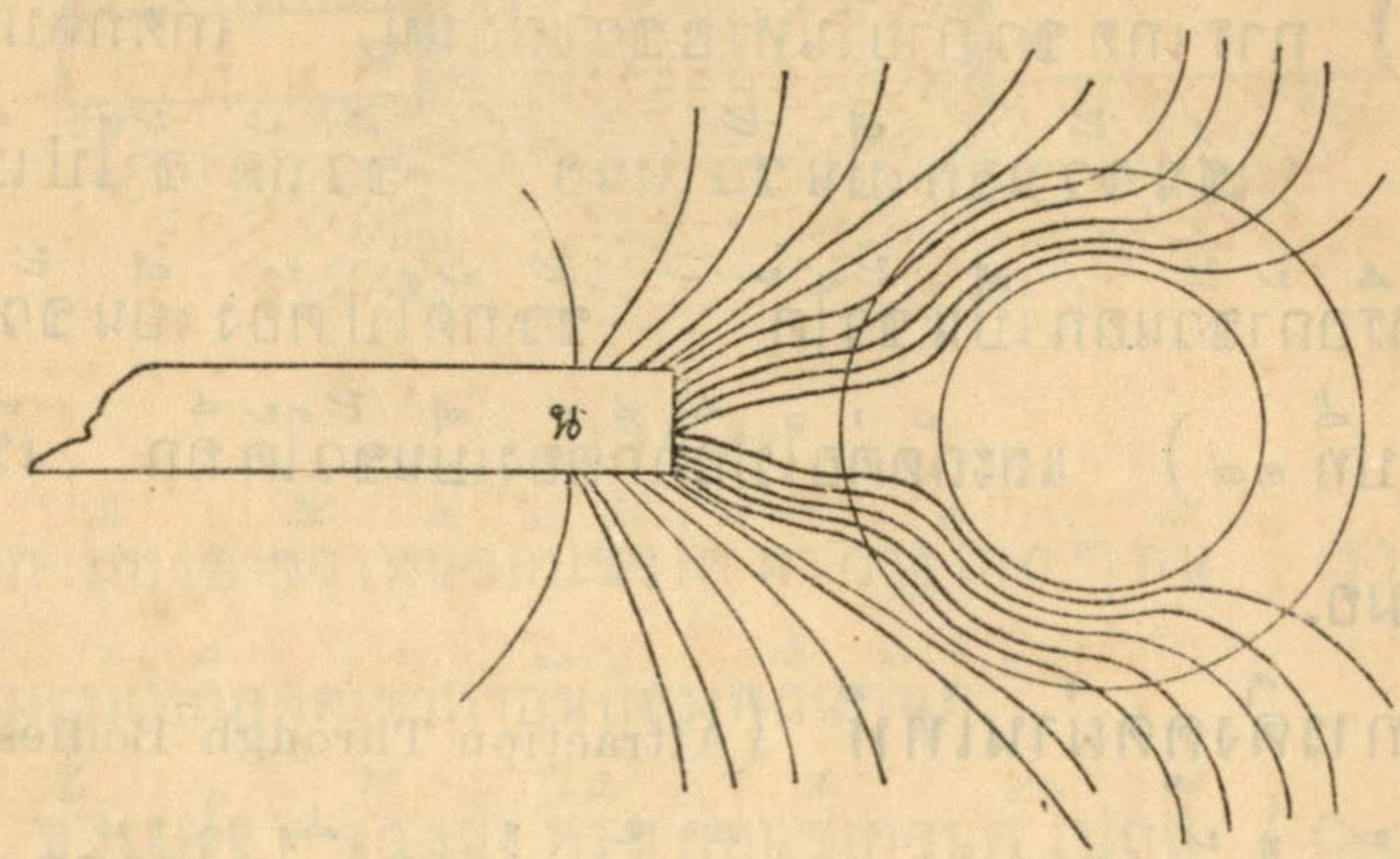
รูปที่ ๑๘

ขั้วที่เกิดขึ้นภายในนั้น เรียกว่า "ขั้วแฝง" (Consequent Poles) แม่เหล็กที่เป็นเช่นนี้ เรียกว่า "แม่เหล็กผิดธรรมดา" (Anomalous Magnet) การเกิดขั้วภายในหรือขั้วแฝงนั้น เกิดกลับกันกับขั้วนอก เช่น ขั้วนอกเป็นขั้วเหนือ ขั้วถัดเข้าไปเป็นขั้วใต้ หรือถ้าขั้วนอกเป็นขั้วใต้ ขั้วถัดไปต้องเป็นขั้วเหนือ (ดังในรูปที่ ๑๘) และถัดต่อไปอีกก็ต้องเป็นขั้วใต้อีก เรื่อยไปเช่นนี้เสมอ.

การดึงดูดผ่านเทห์ (Attraction Through Bodies) ถ้าเราเอาแก้ว, ไม้, กระดาษ, หรือวัตถุต่าง ๆ ที่ไม่ใช่วัตถุธาตุแม่เหล็ก (Non-Magnetic Substance) มากั้นไว้ในระวางแม่เหล็กกับเหล็กหรือที่เป็นวัตถุธาตุแม่เหล็ก (Magnetic Substance) เราจะเห็นได้ว่า อาการดึงดูดจะเกิดขึ้นระวางแม่เหล็ก กับสิ่งของที่เป็นวัตถุธาตุแม่เหล็ก ดูประหนึ่งว่าไม่มีอะไรมากั้นกางระวางกลางนั้นเลย.

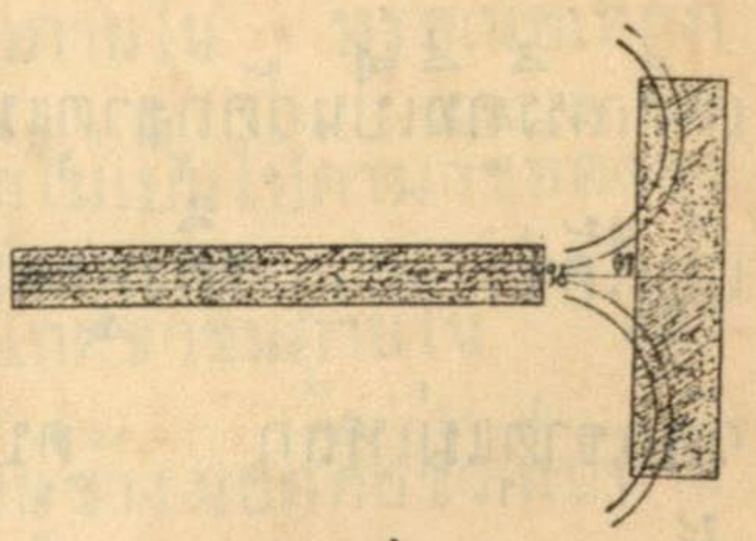
อีกประการหนึ่ง ถ้าเราหาแม่เหล็กแท่งเล็ก ๆ มาแท่งหนึ่ง ใส่ไว้ภายในลูกกลมกลวงซึ่งทำด้วยเหล็ก เมื่อเราตรวจดูภายนอกจะไม่มีอาการใด ๆ ปรากฏขึ้นเลย และในทางตรงกันข้าม หาเหล็กธรรมดาที่ไม่ใช่แม่เหล็กมาใส่ไว้ภายในลูกกลมนั้น แล้วเอาแม่เหล็กล่อข้างนอก ชิ้นเหล็กที่ทิ้งไว้ภายในลูกกลมนั้นจะไม่

ได้รับกระแสแม่เหล็กเลย โดยการทดลองทำนองนี้แสดงให้เรา ทราบว่า กระแสแม่เหล็กซึมเข้าไปในลูกกลมนั้นหมด ไม่ผ่าน



รูปที่ ๑๙

เข้าไปถึงชั้นเหล็กภายในนั้นเลย หรือตามการทดลองครั้งแรกเมื่อเอาแม่เหล็กใส่ไว้ภายใน กระแสแม่เหล็กจะไม่ออกมาก็เพราะซึมอยู่ในลูกกลมนั้นเช่นเดียวกัน ดังในรูปที่ ๑๙ อาการชะนิดนี้มีประโยชน์สำหรับทำเครื่องป้องกันกระแสแม่เหล็ก (Magnetic Screen) คือถ้าณที่ใดเราไม่ต้องการให้กระแสแม่เหล็กผ่านไป เราก็ต้องหาเหล็กหรือวัตถุธาตุแม่เหล็ก (Magnetic Substance) หนา ๆ มาบังคับดังรูปที่ ๒๐ กระแสแม่เหล็กก็จะซึมติดอยู่ในเครื่องกันนั้น.



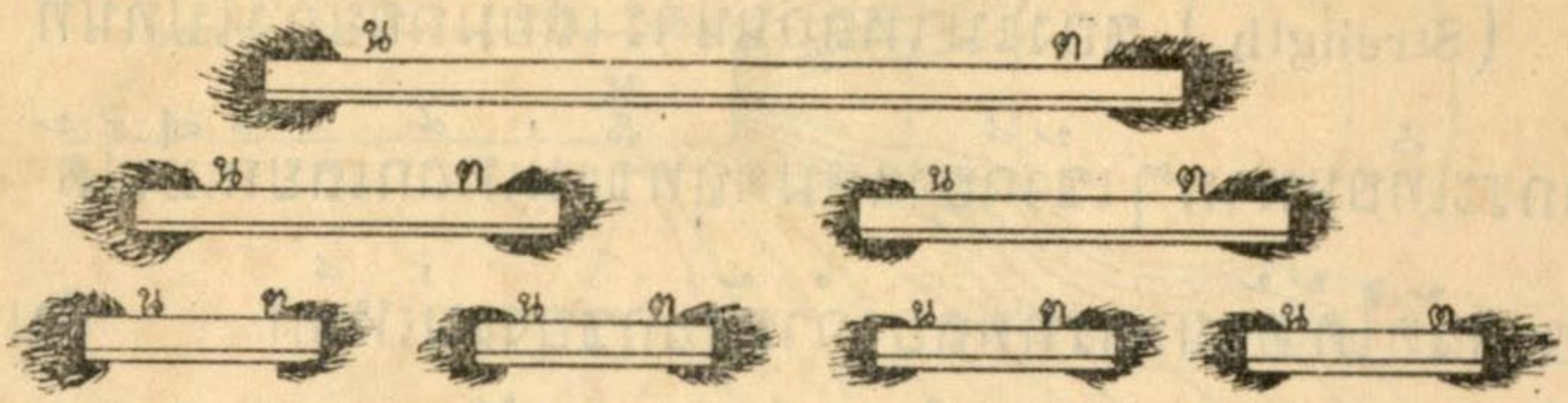
รูปที่ ๒๐

ผลของความร้อน (Effect of Heat) ถ้าเราเอาแม่เหล็กมาเผาให้ร้อนจนแดง อาการเป็นแม่เหล็กก็จะหายไปหมดสิ้น แม่เหล็กแท่งนั้นก็เหมือนกับเหล็กธรรมดา นอกจากนี้แม่เหล็กเมื่อถูกทำให้กระเทือน เช่นตีด้วยฆ้อน หรือบิดให้เป็นเกลียว กำลัง (Strength) ของแม่เหล็กนั้นจะเสื่อมถอยลงไปทันที หรือถ้าถูกกระเทือนมากๆ เข้าก็อาจหมดฤทธิ์แม่เหล็กเลยก็เป็นได้ เรื่องนี้เราอาจวัดได้ด้วยการทดลองกำลังยกของแม่เหล็ก สมมุติว่าก่อนที่แม่เหล็กจะถูกทำให้เสื่อมคุณสมบัตินั้น เราลองวัดความสามารถของมันดูว่าจะยกของได้เท่าใด เมื่อทราบกำลังดีแล้วเอาแม่เหล็กอันนั้นมาลองบิดเคาะด้วยฆ้อน หรือทำให้กระเทือนโดยวิธีใดๆก็ได้ แล้วเรากลับเอามาลองยกของดูใหม่ ทีนี้จะเห็นได้ว่า แม่เหล็กแท่งนั้นจะอ่อนกำลังลงเป็นอันมาก.

ตามที่เราทดลองมานี้ ทำให้เราคิดเห็นได้ว่า แม่เหล็กคงมีอะไรบางอย่างที่มากระทำกับการจัดอณูของวัตถุ ซึ่งเป็นเหตุมาขัดขวางหรือรบกวนอณูของแม่เหล็ก จนทำให้เสื่อมคุณสมบัติแห่งความเป็นแม่เหล็กนั้นไป.

การหักแม่เหล็ก (Breaking a Magnet) ถ้าเราหาแม่เหล็กแท่งยาวๆมาแท่งหนึ่ง หักออกหลายๆท่อน จะเห็นว่าทุกๆท่อนมีขั้วเหนือและขั้วใต้ และเป็นแม่เหล็กเหมือนเดิมทุกประการ การเกิดขั้วนั้นเมื่อเราหักออก ๒ ท่อน ที่ตรงรอย

หักนั้นจะเกิดขั้วเหนือและขั้วใต้ขึ้นพร้อม ๆ กัน ๒ ขั้ว คือเกิดขั้วเหนือขึ้นใหม่ ทางท่อนที่มีขั้วใต้อยู่เดิม และเกิดขั้วใต้ขึ้นใหม่ทางท่อนที่มีขั้วเหนืออยู่เดิม และถ้าเราจะหักต่อไปอีกสักกี่ท่อนก็ตาม (ดังรูปที่ ๒๑) ย่อมเกิดขั้วขึ้นดังกล่าวแล้ว

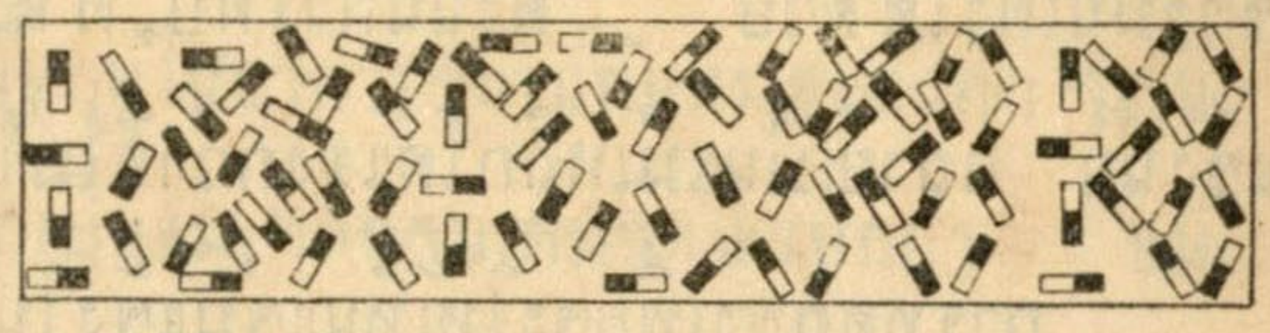


รูปที่ ๒๑

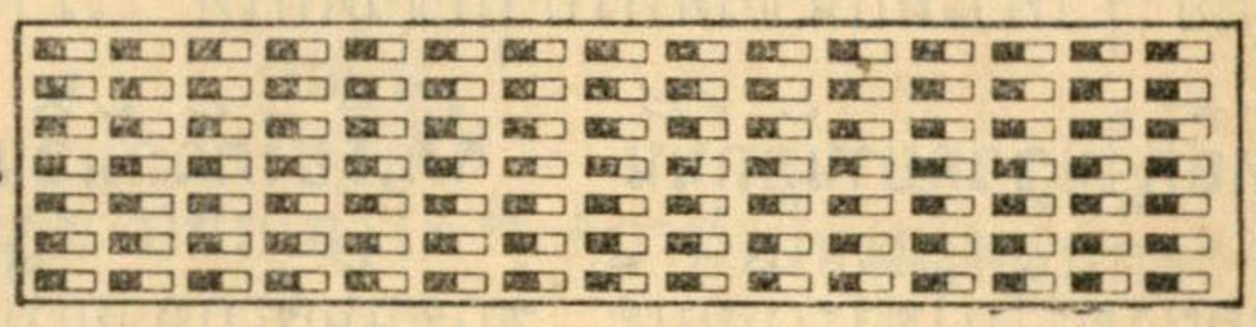
ทุก ๆ ท่อน และถ้าเราหักต่อไปจนไม่มีที่สิ้นสุด ผลที่ได้ก็จะเป็นแม่เหล็กอยู่ตามเดิมทุก ๆ อัน ดังนั้นจึงทำให้เราพิศูจน์ได้ว่าอณูของแม่เหล็กทุก ๆ อณูเป็นแม่เหล็ก และจัดตัวกันอยู่เป็นแนวซึ่งมีขั้วตรงกันข้ามติดกันไปเป็นตับ.

ผลแห่งความกะเทือน (Effect of Jarring) ถ้าเราเอาเหล็กกล้าแข็ง (Hard Steel) มาวางลงระวางขั้วเหนือและขั้วใต้ของแม่เหล็กถาวรอย่างที่มีกำลังแรง ๆ แล้วทุบเหล็กแท่งนั้นด้วยฆ้อน หรือมิฉะนั้นเอาเหล็กกล้าแข็งนั้นไปเผาไฟให้ร้อนจนแดงมาวางไว้ระวางขั้วแม่เหล็กอย่างแรง ๒ ขั้ว (คือระวางขั้ว น. กับ ต.) และทิ้งไว้ให้เย็นอยู่ณที่นั้น การกระทำทั้ง ๒ วิธีนี้จะทำให้เหล็กกล้าแท่งนั้นกลายเป็นแม่เหล็กได้.

เมื่อเป็นเช่นนี้ ทำให้เราทราบว่า อณูของเหล็กกล้าทุก ๆ อณูเป็นแม่เหล็กอยู่แล้ว แต่เรียงตัวกันอยู่ตามยถากรรม ไม่ได้เรียงเป็นแนวเป็นแถวให้ได้ระเบียบ อยู่กันเป็นกลุ่ม ๆ หรือบางทีก็ยาวเหยียดไปตามเรื่อง บ้างก็กลับหัวกลับหางหรือเอนเอียงไปสุดแต่ธรรมชาติจะอำนวยดังในรูปที่ ๒๒ เพราะฉะนั้นอณูของแม่เหล็กทุก ๆ อณูจึงดูดกันบ้างผลักกันบ้าง เกิดลบล้างอำนาจแม่เหล็กกันเอง จนกระทั่งอยู่ในฐานะความเป็นกลางตลอดทั่วท่อน แต่เมื่อนำเข้ามาไว้ระวางขั้วทั้ง ๒ ของแม่เหล็ก ด้วยอำนาจของแม่เหล็กภายนอก (Hard Steel) นั้น จัดตัวกันขึ้นจนได้แนวเป็นแถวเรียงกันได้ระเบียบตามลำดับขั้วดังในรูปที่ ๒๓ แรงแม่เหล็กจึงเดินทางเดียวกัน จึงเกิดเป็นแม่เหล็กขึ้นได้.



รูปที่ ๒๒



รูปที่ ๒๓

โดยเหตุผลดังที่ได้กล่าวมาแล้วนั้น แสดงให้เราเห็นได้ว่าการที่เราทุบหรือตีหรือบิดแม่เหล็ก ซึ่งทำให้แม่เหล็กอ่อนกำลังลงนั้น เป็นเพราะเราทำให้อณูของแม่เหล็กนั้นรวนเรไปจากลักษณะเดิม

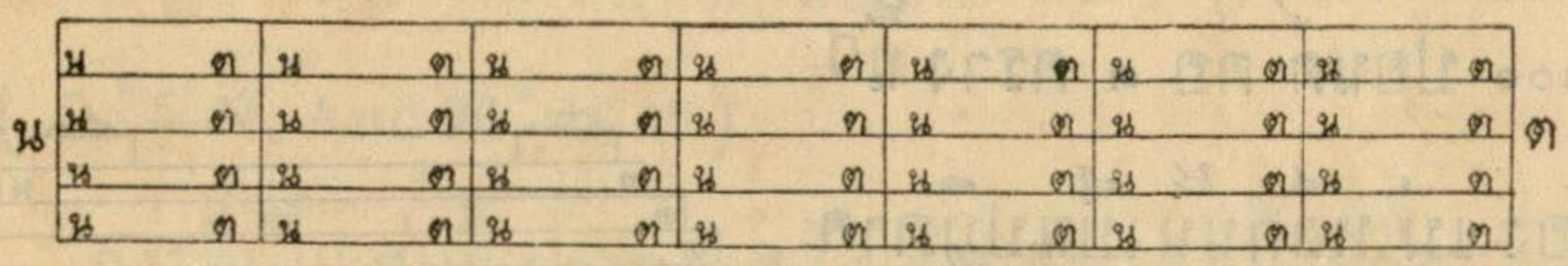
อีกประการหนึ่ง การที่เราเอาเหล็กกล้าแข็ง (Hard Steel) มาเผาไฟ หรือทุบตีระวางขวัวทั้งสองของแม่เหล็ก เพื่อให้เหล็กนั้นกลายเป็นแม่เหล็กได้ ก็เพราะการตีหรือการเผานั้นจะช่วยจัดอณูให้เรียงกัน แต่ถ้าปล่อยไว้เฉย ๆ ให้มันจัดตัวของมันเองก็เปลืองแรงของมันมาก หรือบางทีมันเองไม่มีแรงพอที่จะจัดตัวของมันเองได้ด้วย ดังนั้นการทุบ, ตี หรือเผาจึงทำให้เหล็กกล้าแข็งนั้น กลายเป็นแม่เหล็กได้แรงกว่าที่ไม่ได้ช่วยเสียเลย.

การทดลองเพื่อจะให้เห็นแจ่มแจ้งในเรื่องนี้ก็คือ หาขวดยานัดถุมาใบหนึ่งบรรจุผงตะไบเหล็กให้เต็ม แล้วเอาแม่เหล็กค่อย ๆ เคาะที่ก้นขวดหรือจุกขวดก็ได้ เราจะเห็นได้ว่า ผงตะไบเหล็กในขวดยานัดถุนั้น จัดเรียงตัวกันขึ้นเป็นแนวแถวได้ระเบียบพอผงตะไบได้ระเบียบดี ขวดนั้นจะกลายเป็นแม่เหล็กแท่งขึ้น ถ้าเราเอาเข็มทิศเข้าไปใกล้ ๆ ขวดนั้นก็จะดูดเข็มทิศได้ ทีนี้เราเขย่าขวดให้ผงตะไบภายในนั้นรวนเรเสียอย่างเดิม ความเป็นแม่เหล็กของขวดยานัดถุนั้นก็หายไปสิ้น การทดลองด้วยวิธีนี้อาจสมมุติให้ผงตะไบเหล็กนั้นเป็นอณูของเหล็กได้ ในเมื่อขวดนั้นเป็นแม่เหล็กผงตะไบภายในจัดตัวเรียงขึ้นไปทางเดียวกันทุกชั้น จึงทำให้ขวดนั้นเป็นประหนึ่งแม่เหล็กแท่ง และเมื่อเขย่าขวดเข้าผงตะไบเหล็กภายในนั้นก็รวนเร จึงทำให้ความเป็นแม่เหล็กนั้นหายไป.

ในการทำเช่นนี้ ถ้าใช้ผงตะไบเหล็กอ่อน (Soft Iron) ก็

จะเป็นแม่เหล็กได้เร็วกว่าใช้ผงตะไบเหล็กกล้าแข็ง (Hard Steel)

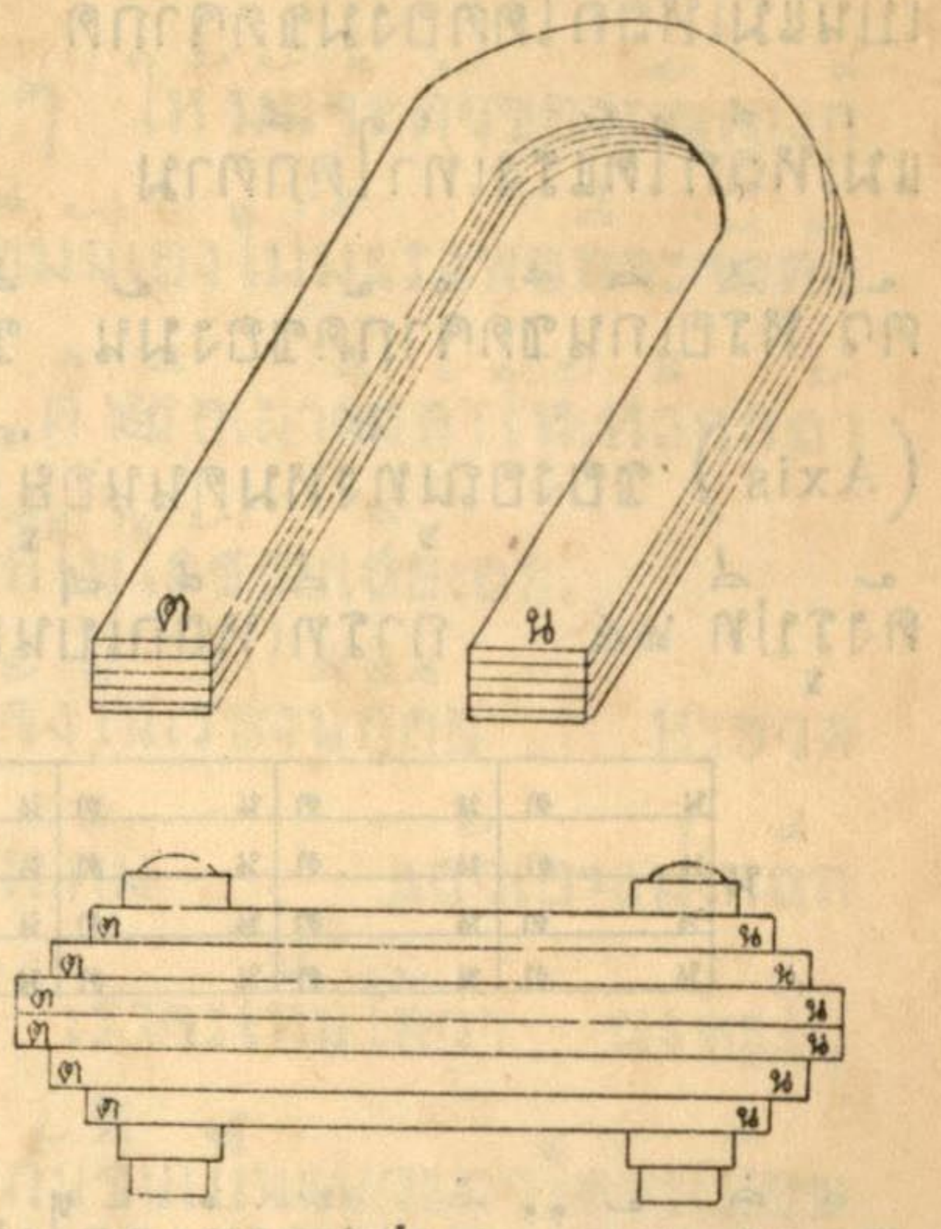
แม่เหล็กอิ่มตัว (Saturated Magnets) แม่เหล็กใด ๆ ก็ตาม จะเป็นแม่เหล็กแรงจนเกินตัวไปไม่ได้ แม่เหล็กทุกอันทำให้เป็นแม่เหล็กได้ต้องมีขีดจำกัด ถึงแม้ว่าเราจะมีกำลังที่จะทำให้เป็นแม่เหล็กได้แรงเท่าใดก็ตาม แม่เหล็กที่ถูกทำนั้นจะไม่แรงจนเกินตัว หรือเกินขีดจำกัดของมัน ขีดจำกัดอันนี้ บางทีจะเนื่องจากแกน (Axis) ของอณูทั้งหมดนั้นอยู่ในอาการขนานกันหมดแล้วทุก ๆ อัน ดังรูปที่ ๒๔ การที่เหล็กเป็นแม่เหล็กจนเต็มขีดนี้เรียกว่า "แม่เหล็กอิ่มตัว" ถึงแม้จะทำต่อไปอีกเท่าใด ๆ ความเป็นแม่เหล็กก็จะไม่แรงขึ้นกว่าขีดจำกัดของตัวมัน.



รูปที่ ๒๔

แม่เหล็กรวม (Compound Magnets) ตามทางทดลองได้ผลอย่างพอใจว่า การทำเหล็กให้เป็นแม่เหล็กนั้น ถ้าเราเอาเหล็กท่อนตันมาทำ ก็จะได้กำลังแม่เหล็กน้อยกว่า เอาเหล็กแผ่นบาง ๆ หรือเหล็กเส้นเล็ก ๆ มาทำ คือเราเอาเหล็กแผ่นบาง ๆ หรือเส้นเล็ก ๆ มาทำให้เป็นแม่เหล็กจนอิ่มตัวทีละอัน แล้วมามัดรวมกันเข้าเป็นอันเดียวกัน แม่เหล็กที่ต้องการใช้แรงมาก ๆ เขาก็ทำกันโดยวิธีนี้ หรือบางทีเอามาย้ำติดกันเป็นอันเดียวกันเสียเลยที

เดียว ดังในรูปที่ ๒๕ แม่เหล็กที่จะทำให้ได้กำลังมาก ๆ นั้น ทำด้วยลวดเล็กกล้าแข็ง (Hard Steel Wire) เส้นเล็ก ๆ เมื่อทำให้เป็นแม่เหล็กจนอิ่มตัวทุก ๆ เส้นแล้ว เอามาเรียงให้ขั้วที่เหมือนกันไปทางเดียวกัน มัดรวมเป็นมัดเดียวกัน ทำนองนี้จะได้กำลังแม่เหล็กแรงมาก แม่เหล็กที่มีแรงมาก ๆ อาจยกน้ำหนักได้ตั้ง ๒๐๐ ปอนด์ ต่อ ๑ ตารางนิ้ว กำลังของแม่เหล็กนั้นเป็นปฏิภาค (Proportion) กับน้ำหนักของตัวมันเอง.



รูปที่ ๒๕

แม่เหล็กของโลก (Earth's Magnetism) แม่เหล็กเข็มชี้ทิศนั้นย่อมชี้ไปทางทิศเหนือกับทิศใต้ (โดยประมาณ) เสมอ แสดงให้เห็นว่า โลกที่เราอยู่นี้เป็นแม่เหล็กก้อนใหญ่ก้อนหนึ่ง ซึ่งมีขั้วแม่เหล็กขั้วใต้อยู่ใกล้ ๆ กับขั้วโลกเหนือ (ขั้วโลกตามภูมิศาสตร์) และมีขั้วแม่เหล็กขั้วเหนืออยู่ใกล้ ๆ กับขั้วโลกใต้ ในสมัยโบราณเรียกขั้วเหนือของเข็มทิศว่า "ขั้วหาทิศเหนือ" (North Seeking Pole) และขั้วใต้ว่า "ขั้วหาทิศใต้" (South Seeking Pole) เพราะทิศทั้ง ๒ อาจหาได้ด้วยขั้วเข็มชี้ทิศนั้นเอง.

ขั้วแม่เหล็กของพิภพเรา ซึ่งอยู่ใกล้ ๆ กับขั้วโลกเหนือนั้น เซอร์ เยมส์ รอสส์ (Sir James Ross) ได้สำรวจพบอยู่ที่ บูเธีย ฟลิกซ์ (Bo thia Felix) ทางทิศเหนือของคานาดา(Canada) ที่ระยะรุ้ง ๗๐ องศา ๓๐ ลิบดาเหนือ (Latitude 70° 30' N) กับระยะแวง ๙๕ องศา ตวันตก (Longitude 95° W) เมื่อปี พ.ศ. ๒๓๗๕ แต่ครั้นต่อมากัปตัน เอมุนด์เสน (Captain Amundsen) ได้สำรวจอีกครั้งหนึ่งเมื่อปี พ.ศ. ๒๔๔๘ ปรากฏว่าอยู่ห่างออกไปทางทิศตวันตกเล็กน้อย ราว ๆ ๗๐ องศา ๕ ลิบดาเหนือ กับ ๙๖ องศา ๔๖ ลิบดา ตวันตก (70° 5' N, And 96° 46 W)

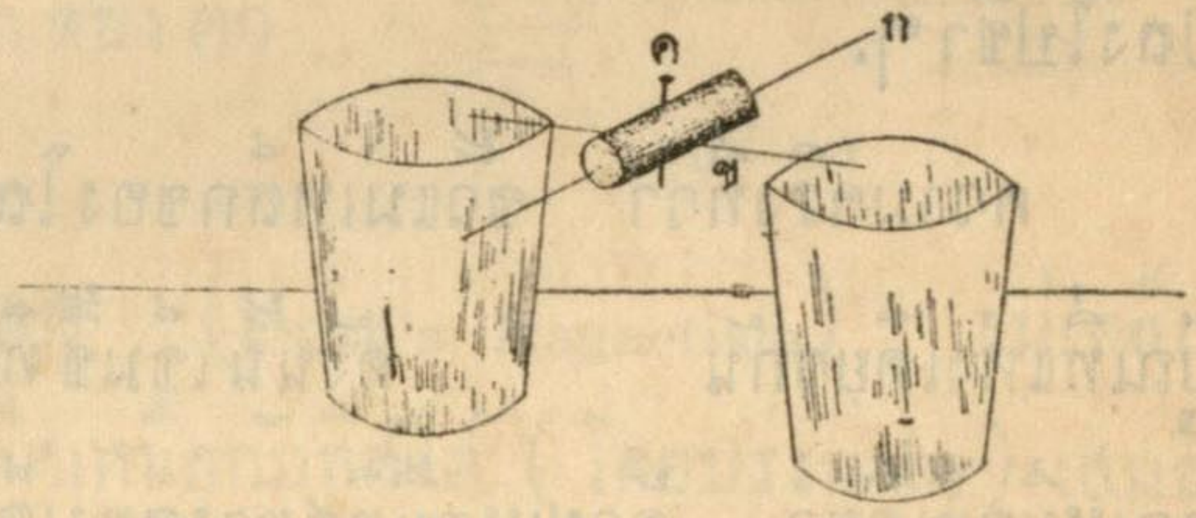
การที่เป็นเช่นนี้ บางทีอาจเป็นด้วยตำแหน่งนี้เคลื่อนที่เปลี่ยนแปลงไปช้า ๆ.

ความจริงที่ว่า ขั้วแม่เหล็กของโลกกับขั้วโลกเหนือไม่ได้อยู่ณที่แห่งเดียวกัน ดังนี้เข็มชี้ทิศจึงมิได้ชี้ตรงไปยังขั้วโลกเหนือที่เดียว ด้วยเหตุนี้ทิศทางของเข็มทิศที่ชี้ไป จึงเปลี่ยนแปลงไปตามสถานที่ ๆ เข็มทิศนั้นเคลื่อนที่ไปตามพื้นพิภพ.

ความจริงอันสุดท้ายนี้ โคลัมบัส (Columbus) เป็นผู้ค้นพบเป็นครั้งแรก เมื่อคราวเดินทางข้ามมหาสมุทไปยังอเมริกา และเรื่องนี้ทำให้พวกลูกเรือของเขาตื่นเต้นกันมาก การที่ทำให้เข็มชี้ทิศเปลี่ยนแปลงไปตามสถานที่ ๆ เข็มนั้นเคลื่อนที่ไปบนพื้นโลก นอก

จากที่ได้กล่าวมาแล้วนั้น ยังมีเหตุอื่น ๆ มากระทำได้อีก เช่นในที่ ๆ มีสินแร่เหล็ก (Iron Ore) มาก ๆ ก็อาจทำให้เข็มชี้ทิศชี้ไปไม่ตรงความจริงได้เหมือนกัน จำนวนองศาที่เข็มชี้ทิศเปลี่ยนแปลงผิดไปณจุด ๆ หนึ่งตั้งแต่เหนือถึงใต้นั้นเรียกว่า "มุมเบน" (Declination) ของจุดนน.

มุมเอียงหรือมุมเท (Inclination, or Dip) การทดลองให้ทราบถึงมุมเอียงหรือมุมเทนั้น ให้หาเข็มถักนิตติง (Knitting Needle) ที่เป็นเหล็กมา ๒ อัน คือ ก. กับ ข. อัน ก. เสียบให้ทลุจุกไม้ก๊อกไปตามยาว แต่อัน ข. เสียบเข้าไปในจุกไม้ก๊อกอันเดียวกันตามขวาง แต่ต้องให้เข็มทั้ง ๒ อันนั้นได้มุมฉากกันดัง รูปที่ ๒๖



รูปที่ ๒๖

แล้วถ่วงด้วยเข็มหมุดหรือขี้ผึ้ง (ค) ให้อยู่ในลักษณะ สมดุล กัน (Equilibrium) เมื่อให้เข็ม ก. ชี้ไปทางทิศตวันออกและตวันตก อัน ข ก็จะเป็นแกน (Axis) ซึ่งหมุนได้รอบ ๆ ต่อไปนี้ให้เอาเข็ม ก. มาทำให้เป็นแม่เหล็กอย่างแรงโดยวิธีใดวิธีหนึ่ง เมื่อเข็มเป็นแม่เหล็กดีแล้วก็เอากลับไปวางไว้ณที่รองรับอย่างเดิม แล้วกลับเอาขั้วเหนือให้ชี้ไปทางทิศเหนือ และขั้วใต้

หอสมุดแห่งชาติ

ชี้ไปทางทิศใต้ การทำเช่นนี้เราจะพบความจริงใน เมื่อทำใน โซนปานกลางเหนือ (North Temperate Zone) เข็มนี้จะทำเป็นมุมเท (Dip) กับพื้นราบ (Horizontal) ตั้งแต่ ๖๐ องศาจนถึง ๗๕ องศา นี้แสดงให้เห็นว่าที่ระยะรุ้ง (Latitude) ตามที่กล่าวแล้วนั้น เส้นแม่เหล็กของโลกหาได้ขนานกันกับพื้นโลกไม่ มุมในระวางเส้นแม่เหล็กนี้กับพื้นโลกเราเรียกว่า "มุมเท" (Dip Angle) หรือ "มุมเอียง" (Inclination) ของเข็มนั้น ณที่วอชิงตัน (Washington) มุมเทมี ๗๑ องศา กับ ๕ ลิบดา และที่ชิกาโก (Chicago) มุมเทเท่ากับ ๗๒ องศา กับ ๕๐ ลิบดา ถ้าที่ขั้วแม่เหล็กของโลกที่เดียวจะเป็น ๙๐ องศา ตรง และที่เส้นศูนย์สูตร์ของแม่เหล็กของโลก (Magnetic Equator) ที่เดียวเท่ากับสูญ.

โลกเป็นแม่เหล็กแท่งใหญ่ (Earth a Great Magnet)

เรามีวิธีทดลองได้อย่างแจ่มแจ้งว่า โลกที่เราอยู่นี้เป็นแม่เหล็กแท่งใหญ่ ถ้าเราเอาเหล็กเส้น (Rod Iron) หรือเหล็กกล้าเส้น (Steel Rod) มาแท่งหนึ่งหาที่ยึดไว้ให้มั่น โดยวางให้ขนานกันกับเส้นแม่เหล็กของโลก (ประมาณราวๆ กับเส้นเมอริเดียน "Meridian") แต่ให้ยอดที่ชี้ไปทางเหนือเอียงลงมาเป็นมุม ๗๐ องศา (แล้วแต่สถานที่ๆ ทำ) แล้วเอาฆ้อนเคาะปลายข้างหนึ่งสัก ๒–๓ ครั้ง เหล็กเส้นนั้นจะกลายเป็นแม่เหล็ก โดยมีขั้วข้างบนเป็นขั้วใต้ (S)

ศิลปากรมหาบุรุษ

ทันเรามากลับเหล็กท่อนนั้นเสีย แล้วเคาะดูใหม่ การเป็นแม่เหล็ก
ก็จะกลับตามไปด้วย ต่อจากนี้เราลองทดลองโดยหันเหล็กแท่งนั้น
ไปทางทิศตวันออกและตวันตก แล้วเคาะดูใหม่ อาการที่เป็นแม่
เหล็กนั้นจะหายไปทันที นี่แสดงให้เห็นว่า โลกที่เราอยู่นี้เป็น
แม่เหล็กแท่งใหญ่.

214
538
W6312

ข้อสอบซ้อม

ว่าด้วยแม่เหล็ก

คะแนนเต็ม ๑๐๐ เวลาที่ควรตอบได้ชั่วโมงครึ่ง

๑. แม่เหล็กธรรมชาติ ได้พบกันที่ไหนก่อน ?

๒. ให้อธิบายวิธีทำแม่เหล็กมาให้ละเอียดสัก ๒ วิธี.

๓. แม่เหล็กใช้ทำอะไรได้บ้าง ? อธิบายพอเป็นสังเขป.

๔. เรารู้ได้อย่างไรว่าโลกเป็นแม่เหล็ก ?

๕. ให้อธิบายคำว่ามุมเบน. (Declination) มุมเท (Dip) มาให้พึงอย่างละเอียด ?

๖. ขอดแม่เหล็กของโลกอยู่ที่ไหน ? ใครเป็นผู้ค้นพบ ?

๗. อะไรบ้างที่ทำให้แม่เหล็กเข็มทิศชี้ไม่ตรงทิศเหนือ ?

๘. ให้อธิบายวิธีทำแม่เหล็ก ให้มีแรงได้มากที่สุด ?

๙. เพราะเหตุใด แม่เหล็กจึงมีขีดจำกัด เราไม่สามารถจะทำให้มีแรงเกินขีดไปได้ ?

๑๐. ท่านมีเหตุผลอย่างไร ท่านจึงทราบได้ว่า โลกเป็นแม่เหล็กแท่งใหญ่ ?

Für Deutschland
NATIONAL

หอสมุดแห่งชาติ
NATIONAL LIBRARY

พิมพ์ที่ ร. พ. วิศวถร วังถรมพระสมมต ฯ พระนคร

นายอนงค์ อาจารีย์ ผู้พิมพ์ โฆษณา ๔/๓/๘๐