

เอกสารประกอบการบรรยาย: วิชา 2304102 ฟิสิกส์ทั่วไป 2

ครั้งที่ 11 ภาคการศึกษาปลาย พ.ศ. 2551

ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วันที่ 21 พฤศจิกายน พ.ศ. 2551

สารบัญ

1 ความเป็นแม่เหล็กของสสาร

1

1 ความเป็นแม่เหล็กของสสาร

สนามแม่เหล็กของสสารแม่เหล็ก

การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนในสสารก่อให้เกิดสนามแม่เหล็ก ถ้าสมมติว่าอิเล็กตรอนทั้งหลายเป็นขดลวดโซลินอยด์ พบว่า สนามแม่เหล็กที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนในสสาร $\vec{B}_m$ มีค่าเป็น

$$\begin{aligned}B_m &= \mu_0 \frac{N}{\ell} I = \mu_0 \frac{NIA}{\ell A} \\ \mu &= NIA; \text{ โมเมนต์แม่เหล็กรวม} \\ B_m &= \mu_0 \frac{\mu}{V} = \mu_0 M \\ \vec{B}_m &= \mu_0 \vec{M} \\ M &\equiv \frac{\mu}{V}\end{aligned}$$

เวกเตอร์ความเป็นแม่เหล็ก (Magnetization Vector, $\vec{M}$): ปริมาณของโมเมนต์แม่เหล็กในสสารต่อหน่วยปริมาตร

ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก

ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก หรือ การเหนี่ยวนำแม่เหล็ก (Magnetic flux density, Magnetic induction, $\vec{H}$): ปริมาณของโมเมนต์แม่เหล็กที่เกิดจากกระแสไฟฟ้าต่อหน่วยปริมาตร (มีหน่วยเดียวกับ $\vec{M}$)

กรณีที่กระแสทำให้เกิดสนามแม่เหล็ก $\vec{B}_0$ ในสุญญากาศ จะได้ว่า

$$\vec{H} \equiv \frac{\vec{B}_0}{\mu_0}$$

สสารในสนามแม่เหล็ก

เมื่อสสารอยู่ในสนามแม่เหล็กที่เกิดจากกระแส เช่น สนามแม่เหล็กของโซลินอยด์ สนามแม่เหล็กรวม $\vec{B}$ เกิดจากการรวมกันของสนามแม่เหล็กที่เกิดจากกระแส $\vec{B}_0$ และสนามแม่เหล็กภายในสสารที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอน $\vec{B}_m$

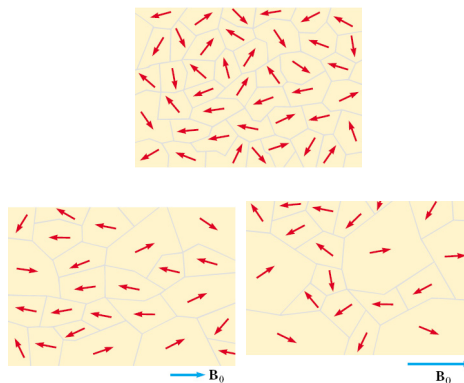
$$\begin{aligned}\vec{B} &= \vec{B}_0 + \vec{B}_m \\ &= \mu_0 \vec{H} + \mu_0 \vec{M} \\ &= \mu_0 (\vec{H} + \vec{M})\end{aligned}$$

ประเภทของอำนาจแม่เหล็กของสสาร

- อำนาจแม่เหล็กเฟอร์โร (ferromagnetism)
- อำนาจแม่เหล็กพารา (paramagnetism)
- อำนาจแม่เหล็กไดอา (diamagnetism)

อำนาจแม่เหล็กเฟอร์โร

อำนาจแม่เหล็กเฟอร์โรเกิดจากอะตอมที่มีโมเมนต์แม่เหล็กถาวร ซึ่งอาจแสดงสมบัติความเป็นแม่เหล็กได้โดยไม่ต้องมีสนามแม่เหล็กจากภายนอก ($\vec{M}$ ไม่ขึ้นกับ $\vec{B}_0$)



แม่เหล็กเฟอร์โรเป็นสสารที่ประกอบไปด้วยชิ้นส่วนเล็กๆ เรียกว่า โดเมน ซึ่งโดเมนเหล่านี้จะแสดงความเป็นแม่เหล็กที่มีทิศทางแบบสุ่มที่เกิดจากความไม่สมดุลของการรวมกันของโมเมนต์แม่เหล็กภายในอะตอมรวมกัน และโมเมนต์แม่เหล็กนี้จะเหนี่ยวนำซึ่งกันและกัน โดยเวกเตอร์ความเป็นแม่เหล็ก $\vec{M}$ ไม่ขึ้นกับสนามแม่เหล็กภายนอก $\vec{B}_0$ ถ้าวางแม่เหล็กเฟอร์โรในสนามแม่เหล็ก สนามแม่เหล็กจะทำให้ขนาดของโดเมนที่มีทิศทางของแม่เหล็กต่างจากสนามภายนอกมีขนาดเล็กลง

อำนาจแม่เหล็กพารา

อำนาจแม่เหล็กพารา (เป็นอำนาจแม่เหล็กที่น้อย) เกิดจากอะตอมที่มีโมเมนต์แม่เหล็กถาวร แต่แสดงอำนาจแม่เหล็กได้เมื่อมีสนามแม่เหล็กจากภายนอก เวกเตอร์ความเป็นแม่เหล็ก $\vec{M}$ ขึ้นอยู่กับสนามแม่เหล็กภายนอก $\vec{B}_0$ (ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก $\vec{H}$) โดยแปรผันตรงต่อกัน อำนาจแม่เหล็กพาราจะเกิดขึ้นได้ต้องมีสนามแม่เหล็กจากภายนอกมาจัดทิศทางของโมเมนต์แม่เหล็กของอะตอมให้อยู่ในทิศเดียวกัน

อำนาจแม่เหล็กไดอา

อำนาจแม่เหล็กไดอาเกิดจากสารที่ไม่มีโมเมนต์แม่เหล็กถาวร และแสดงอำนาจแม่เหล็ก (ขนาดน้อยมาก ๆ) ด้านกับสนามแม่เหล็กจากภายนอก อำนาจแม่เหล็กไดอาเกิดเมื่อมีสนามแม่เหล็กจากภายนอก เวกเตอร์ความเป็นแม่เหล็ก $\vec{M}$ ขึ้นอยู่กับสนามแม่เหล็กภายนอก $\vec{B}_0$ (ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก $\vec{H}$) โดยแปรผกผันต่อกัน สารที่แสดงอำนาจแม่เหล็กไดอาในสภาวะปกติโมเมนต์แม่เหล็กรวมของอะตอมในสารมีค่าเป็นศูนย์ (เพราะอิเล็กตรอนโคจรในทิศตรงกันข้าม) แต่เมื่อมีสนามแม่เหล็กภายนอกเข้ามา อิเล็กตรอนที่โคจรในทิศหนึ่งมีแรงแม่เหล็กเพิ่มมากขึ้นทำให้เคลื่อนที่เร็วขึ้น แต่อิเล็กตรอนที่เคลื่อนที่ในทิศตรงข้ามจะมีแรงลัพท์ลดลงเนื่องจากแรงแม่เหล็กทำให้เคลื่อนที่ช้าลง เกิดความไม่สมดุลของโมเมนต์แม่เหล็กรวม

ความไวตัวได้ทางแม่เหล็ก

เวกเตอร์ความเป็นแม่เหล็ก $\vec{M}$ ของทั้งอำนาจแม่เหล็กพาราและไดอา เขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$\vec{M} = \chi \vec{H}$$

χ (อ่านว่า ไค, chi) คือ *ความไวตัวได้ทางแม่เหล็ก (magnetic susceptibility)* เป็นบวกในกรณีของอำนาจแม่เหล็กพารา และเป็นลบในกรณีของอำนาจแม่เหล็กไดอา และมีค่าไม่เกิน 1

สภาพซึมซาบได้แม่เหล็ก

$$\begin{aligned}\vec{B} &= \mu_0 \vec{H} + \mu_0 \vec{M} \\ &= \mu_0 \vec{H} + \mu_0 \chi \vec{H} \\ &= \mu_0 (1 + \chi) \vec{H} = \mu_m \vec{H}\end{aligned}$$

$\mu_m = \mu_0 (1 + \chi)$ คือ *สภาพซึมซาบได้แม่เหล็ก (magnetic permeability)* ของสาร

- กรณีแม่เหล็กพารา $\mu_m > \mu_0$
- กรณีแม่เหล็กไดอา $\mu_m < \mu_0$