

Chapter Four الفصل الرابع

المواد المغناطيسية

Magnetism Materials

Sequence:26

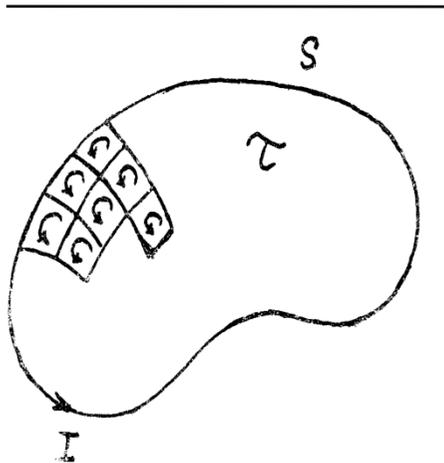
- المقدمة
- التمغنت
- تيارات التمغنت

المقدمة

- أن العزم المغناطيسي للذرات يكون ناتجاً من حركة الإلكترون المدارية حول النواة ويسمى العزم المغناطيسي المداري. أو ان هناك أيضاً للإلكترون عزم مغناطيسي ذاتي وهو ما يسمى بعزل الإلكترون حيث يدور حول نفسه كما تدور الأرض حول محورها.
- وتصنف المواد حسب خواصها المغناطيسية. لأنه جميع المواد على اختلاف أنواعها سواء الغازات أو السوائل أو المواد الصلبة لها خواص مغناطيسية، نتيجة لتأثرها بالمجال المغناطيسي ولكن بدرجات متفاوتة فبعض المواد لها خواص مغناطيسية ضعيفة وبعضها متوسطة وبعضها قوية، ونظراً لإستعمال المواد المغناطيسية في كثير من الأجهزة أصبح مهما دراسة بعض القواعد الأساسية لهذه المواد وفهمها بصورة تفصيلية لذلك لابد أن نتعرف على ظاهرة التمغنط وتياراتها.

التمغنت Magnetization

• لتتصور وسطاً مادياً حجمه (τ) يحيط سطح مغلق مساحته السطحية S كما هو موضح في الشكل رقم (3). يمكننا ان نتصور الان بان هذا الوسط يتكون من عدد كبير من مسارات مغلقة صغيرة ومتجاورة يمر في كل فيها تيار كهربائي دوار يكافىء عزمًا مغناطيسياً معيناً. فأذا وقع هذا الوسط بعيداً عن تأثير اي مجال مغناطيسي خارجي فان العزوم المغناطيسية لهذا الوسط قد تترتب بصورة عشوائية وتصبح عندئذ محصلة العزوم المغناطيسية له مساوية صفراً . اما اذا تعرض هذا الوسط لمجال مغناطيسي خارجي فان عزوم ذراته تحاول ان تتراصف باتجاه المجال الذي تتعرض اليه، ومما يلاحظ ان كل ذرة في هذا الوسط رغم انها تحتوي على مجموعة من الالكترونات قد لا تمتلك عزمًا مغناطيسياً واذا وقعت مثل هذه الذرات تحت تأثير مجال مغناطيسي خارجي يحدث تغيير في حركة الالكترونات العائدة لها ينشأ عنه عزم مغناطيسي محتث. ان هذا التأثير نراه موجوداً في جميع المواد بدون



شكل (3): وسط مادي مع تيار سطحي مقداره I .

أستثناء الآ أنه قد لا يظهر في كثير من المواد وذلك لوجود تأثير آخر مضاد أقوى

منه فيحجبه ويمنع ظهوره. ان التأثيرات الخارجية التي يحدثها الوسط المادي بسبب

المجال المغناطيسي المسلط عليه يمكن ان يفسر على اساس ان الحيز الذي يحتويه

هذا الوسط تنتشر فيه ثنائيات اقطاب مغناطيسية . فأذا فرض ان العزم المغناطيسي

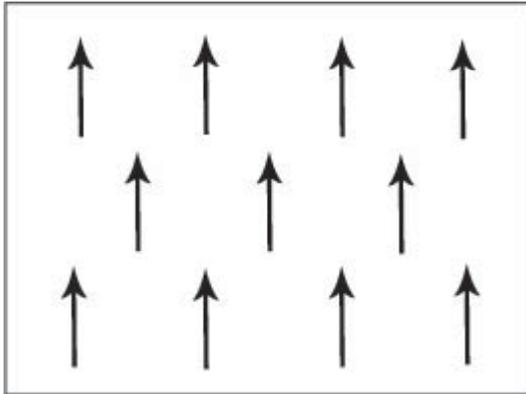
لكل ذرة في هذا الوسط المادي هو m وان عدد الذرات (او الجزيئات) لوحدة الحجم

هو N فإن التمغنت الذي نرمز له بالحرف M يساوي: (1) $M = Nm$

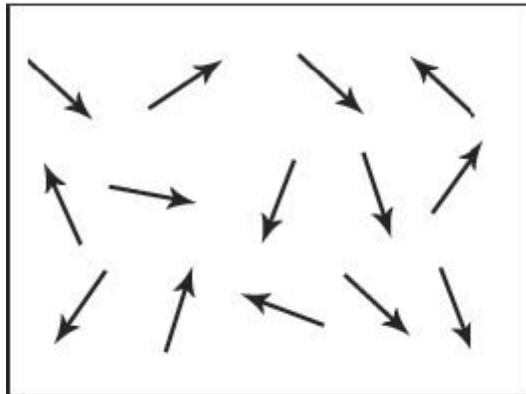
- وعلى هذا الاساس اذا فرضنا ان Δm هو العزم المغناطيسي ضمن حجم صغير $\Delta \tau$ من الوسط المادي فإن التمتعظ يمكن ان يعرف كذلك حسب العلاقة التالية :

$$M = \frac{\Delta m}{\Delta \tau} \dots (2)$$

- وهكذا نلاحظ ان التمتعظ M هو العزم المغناطيسي لوحدة الحجم من المادة ووحدة قياسه (Amp./m) .
- اذن يتم وصف الحالة المغناطيسية للمادة بواسطة كمية تدعى متجه التمتعظ (شدة التمتعظ) M . حيث أن المواد القابلة للتمتعظ مصدر من مصادر المجالات المغناطيسية لأن لذرات هذه المادة عزوم مغناطيسية ذرية (نتيجة حركة الإلكترون الدائرية والمغزلية).
- حيث أن المادة في طبيعتها العادية يكون لها عزوم مغناطيسية ولكن في اتجاهات عشوائية كما هو واضح في الشكل رقم (4)، ولكن إذا وضعت هذه المادة



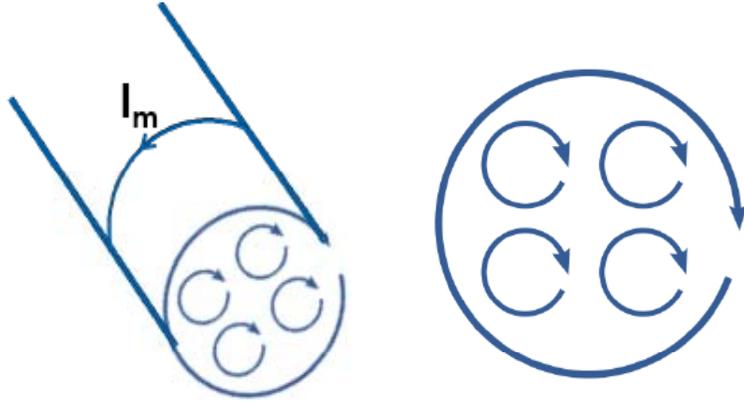
شكل (5): مادة مغناطيسية وضعت في مجال مغناطيسي خارجي تمتلك عزوم مغناطيسية مرتبة في اتجاه واحد.



شكل (4): مادة مغناطيسية بدون تاثير مجال مغناطيسي خارجي تمتلك عزوم مغناطيسية في اتجاهات عشوائية.

- في مجال مغناطيسي نلاحظ أن هذه العزوم تترتب في اتجاه واحد وهذا مانسميه بالتمتعظ والشكل رقم (5)
- يبين هذه الحالة .

- اذن التمغنت هو استقطاب العزوم المغناطيسية الداخلية في اتجاه معين تحت تأثير مجال مغناطيسي خارجي. وعند تسليط مجال مغناطيسي على مادة مغناطيسية



- فإن العزوم تترتب.

- اما اذا كان لدينا مادة موصلة (قضيب) فإن التيارات الداخلية سيلاشي بعضها البعض وتبقى التيارات السطحية وترمز لها بالرمز I_m او I وبالتالي فإن المجال المغناطيسي لهذه المادة يسمى بمتجه التمغنت نتيجة العزم

- المغناطيسي μ والذي يساوي حاصل ضرب التيارات السطحية في المساحة السطحية للمادة ، أي ان $\mu = I_m A$
- حيث أن متجه التمغنت M يعرف على أنه العزم المغناطيسي لوحدة حجم المادة.
- أي أن شدة التمغنت M هي النسبة بين العزم المغناطيسي للمادة μ وحجمها τ ، كما في المعادلة التالية :

$$M = \frac{\mu}{\tau} = \frac{IA}{LA} = \frac{I}{L} \quad (\text{Amp.} / \text{m}) \quad \dots\dots (3)$$

- حيث L هو طول القضيب :

تيارات التمغظ Magnetization Currents

• نعتبر اسطوانة صلبة طولها (l) ونصف قطرها r متمغظة بصورة متجانسة باتجاه محورها. هذا يعني ان التيارات الناتجة من حركة الالكترونات داخل الذرات المكونة للمادة متراصفة بكيفية تجعل مستوياتها عمودية على محور الاسطوانة. فأذا فرضنا ان مقطع هذه الاسطوانة كما هو موضح في الشكل (6) نلاحظ ان هذه التيارات الداخلية الدواره باتجاهات متعاكسة. وهكذا فان محصلة التيارات الداخلية هذه تساوي صفرأ . أما على سطح الاسطوانة فنجد ان هذه التيارات الدواره الصغيرة تمر من خلال مناطق صغيرة من السطح فتبقى تأثيراتها المغناطيسية دون ان يزيل بعضها البعض الاخر. ان هذه التيارات السطحية الصغيرة الكثيرة العدد يمكن ان يستعاض عنها بتيار واحد مغلق I_s يمر باتجاه السطح وكما هو مبين في الشكل ادناه. يطلق على مثل هذه التيار بالتيار السطحي. وهناك علاقة بسيطة تربط هذا التيار بالتمغظ M . فنتيجة لتداخل جميع ثنائيات الاقطاب المغناطيسية داخل الاسطوانة

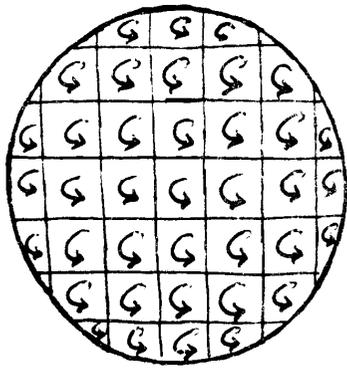
تسلك هذه الاسطوانة سلوك ثنائي قطب مغناطيسي كبير عزمه المغناطيسي هو :

$$\mu = Ml \pi r^2 \quad \dots (4)$$

• وبما ان العزم المغناطيسي هذا يمكن ان يعبر عنه ايضا بالصيغة :

$$\mu = I_s A \quad \dots (5)$$

• إذ ان A مساحة مقطع الاسطوانة، فأنا نحصل على التالي :



شكل (6): وسط مادي مع تيار سطحي مقداره I_s .

$$M l \pi r^2 = I_s A = I_s \pi r^2$$

$$\therefore M = \frac{I_s}{l} = i_s \quad \dots (6)$$

- نستنتج مما تقدم ان التيار السطحي لوحدة الطول من الاسطوانة هو التمغظ ويسمى هذا التيار عادة بتيار التمغظ السطحي i_s . ومن الجدير بالذكر انه بالرغم من ان هذه النتيجة قد حصلنا عليها باستخدام جسم هندسي منتظم من المادة الا انها عامة وتطبق على جميع الاجسام دون استثناء. ويمكن ان يذكر ايضاً أنه اذا كان التمغظ غير متجانس فأن هناك تيارات دوارة كذلك داخل المادة.

المواد الحديدية المغناطيسية

- يوجد في المواد الحديدومغناطيسية مثل الحديد (Fe) والنيكل (Ni) والكوبالت (Co) تفاعل قوي بين العزوم المغناطيسية للذرات المتجاورة فيما بينها بحيث يمكن للعزوم الذرية من توجيه نفسها بصورة متوارية تحت تسليط مجال مغناطيسي خارجي بسيط أو بدونه. ولذلك فالمواد الحديدومغناطيسية لها نفاذية مغناطيسية كبيرة جدا ويمكن
- ان تتمغظ بصورة دائمة. وطالما ان العزوم المغناطيسية تكون جميعها تقريبا في اتجاه واحد بمجرد تسليط مجال

- خارجي بسيط فإن قيمة التشبع يمكن الوصول اليها عند قيم صغيرة للشدة المغناطيسية وفي هذه الحالة فإن العلاقة بين التمتعظ (M) والمجال الخارجي المسلط (H) ليست علاقة خطية. وبالتالي فإن التأثيرية المغناطيسية (χ_m) (التي سنتطرق اليها في المحاضرة القادمة رقم 27) للمواد الحديدومغناطيسية ليسن ثابتة ولكنها تتغير مع شدة المجال الخارجي (H).

- يمكن القول كمحاولة اولى لتفسير هذه الظاهرة ان القوة التي اعطت التوجيه المغناطيسي للمواد الحديدومغناطيسية هي تأثير القوى المغناطيسية الثنائية للمغانط الذرية الاحادية بعضها على بعض ولكن هذه القوى ليست اكبر في المواد الحديدومغناطيسية منها في المواد البارامغناطيسية (هذه المواد سيأتي تعريفها لاحقاً) فهي ضعيفة حتى انها غير قادرة على مقاومة التأثيرات العشوائية الناشئة عن حركات الجزيئات او الذرات المثارة حراريا ولذلك تكون العزوم الذرية في المواد الحديدومغناطيسية ضعيفة جدا وغير قادرة على توجيه نفسها.

• **مثال :**

- قرص رقيق سمكه (1.0 mm) ونصف قطره (8 cm) تمغنط بصورة منتظمة باتجاه محوره حتى اصبح التمغنط مساوياً الى (10⁶ Amp./m) . أحسب التيار السطحي I_s .

• **الحل:**

المعلومات المعطاة بالمثل هي سمك القرص والذي يمثل قيمة l

$$l = 10^{-3} \text{ m}$$

لحساب التيار السطحي I_s نستخدم المعادلة رقم (6) التالية :

$$\therefore i_s = M = \frac{I_s}{l}$$

$$\therefore I_s = li_s = 10^{-3} \times M$$

$$I_s = 10^{-3} \times 10^6$$

$$I_s = 10^3 \text{ Amp.}$$

الخلاصة Summary

- تضمنت المحاضرة النقاط المهمة التالية :
- ان التمغنت M هو العزم المغناطيسي لوحدة الحجم من المادة ووحدة قياسه (Amp./m)
- اذن يتم وصف الحالة المغناطيسية للمادة بواسطة كمية تدعى متجه التمغنت (شدة التمغنت) M .
- اذن التمغنت هو استقطاب العزوم المغناطيسية الداخلية في اتجاه معين تحت تأثير مجال مغناطيسي خارجي.
- في الاسطوانة تتداخل جميع ثنائيات الاقطاب المغناطيسية داخل الاسطوانة وتسلك هذه الاسطوانة سلوك ثنائي قطب مغناطيسي كبير .
- نستنتج ايضا ان التيار السطحي لوحدة الطول من الاسطوانة هو التمغنت ويسمى التيار الناتج على سطح الاسطوانة عادة بتيار التمغنت السطحي .
- النتيجة اعلاه حصلنا عليها باستخدام جسم هندسي منتظم من المادة الا انها عامة وتطبق على جميع الاجسام دون استثناء. ويمكن ان يذكر ايضاً أنه اذا كان التمغنت غير متجانس فإن هناك تيارات دوارة كذلك داخل المادة.
- مثال .
- أختبار.

Start Formative Assessment