Chapter Four الفصل الرابع

المواد المغناطيسية

Magnetism Materials

Sequence:25

- المقدمة.
- المغناطيسية.
- العزم المغناطيسي للإلكترون.
- العزم المغناطيسي لثنائي القطب.

المقدمة

- ان المجال المغناطيسي المتولد من التيارات الكهربائية المستمرة والذي تطرقنا إليه في الفصل الأول كان محدداً في وسط واحد هو الفراغ او الهواء. وتستدعي الضرورة الآن أن نفهم ما يحدث عندما يوجد وسط غير الهواء او الفراغ فمثلا هل تتغير كثافة الفيض المغناطيسي داخل ملف حلزوني حينما يستبدل الهواء بمادة الحديد؟ لقد لوحظ ان وجود وسط اخر غير الهواء يغير النتائج كما حصل تماماً عندما استبدل الهواء بمادة عازلة اخرى في مجال كهربائي.
- ترجع أهمية المواد المغناطيسية لاستخدامها في جميع الأجهزة الكهربائية القديمة والحديثة، مثل ذاكرة الكمبيوتر والدوائر المنطقية التي تعتمد على مفاتيح الفتح والفصل المغناطيسية. ولهذا أصبح من الأهمية دراسة خواص المواد المغناطيسية من الناحية التجريبية والنظرية. وهذا الموضوع المهم لن يتسع هذا الفصل لاستعراضه بالتفصيل ولذا سنتعرض له بصورة مبسطة.
- وقد عرفنا في الفصل الاول أن المغانط تملك خصائص تمكنها من جذب مواد أخرى، مثل: الدبابيس والمسامير، وقلنا: إن هذه المواد يطلق عليها اسم مواد مغناطيسية، كما وتعرفت على بعض خصائص المجال المغناطيسي الناشئ عن حركة الشحنات الكهربائية، وتأثير هذا المجال في موصلات يمر فيها تيار كهربائي. وقد تتساءل: كيف تفسر الخصائص المغناطيسية للمغانط الدائمة؟ وكيف نجعل قطعة حديد مغناطيسياً دائماً أو مؤقتاً؟

المغناطيسية Magnetism

الخواص المغناطيسية للمواد

- **تصنيف المواد حسب خواصها المغناطيسية**

- **جميع المواد على اختلاف انواعها سواء الغازات او السوائل او 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 مثل: الميكروفونات والسماعات ووسائل الإتصال اللاسلكية وكذلك استعمالها في ذاكراة الحواسيب الآلية وتطبيقات الفتح والقطع عالي السرعة للدوائر. لذلك أصبح مهما دراسة بعض القواعد الأساسية لهذه المواد وفهمها بصورة تفصيلية لذلك لابد أن نعرف تصنيف المواد ولكن قبل ذلك لابد من معرفة التالي:**

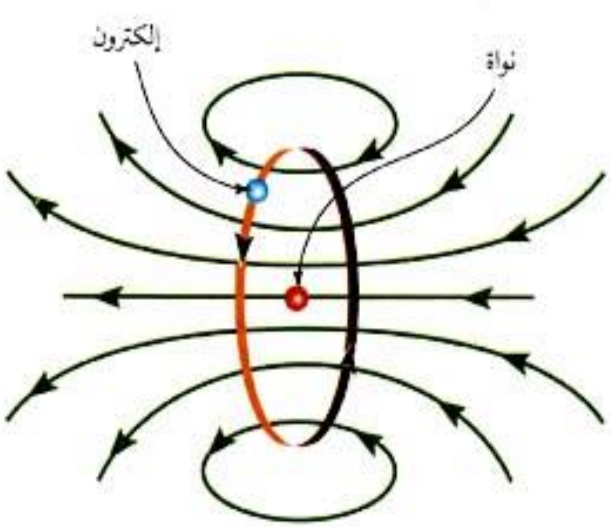
- ***ماهو العزم المغناطيسي للذرات؟***

- **لكي نفهم التأثيرات المختلفة التي يحدثها المجال المغناطيسي الخارجي على مادة مغناطيسية او العكس علينا ان نعرف اولاً وبالتفصيل التأثير الذي يحدثه المجال المغناطيسي المسلط على طبيعة الذرة المكونة للمادة. وفي ضوء نظرية التركيب الذري فأن المادة تتكون من عدد من الجسيمات الاولية وهي الالكترونات والبروتونات والنيوترونات. فأذا اجتمعت هذه الجسيمات كونت الذرة. وفيها نجد هناك عدد من البروتونات والنيوترونات مجتمعة سوية في الوسط مكونة ما يسمى بنواة الذرة، يحيطها عدد من الالكترونات الدائرة حولها بمدارات معينة.**

العزم المغناطيسي للإلكترون Magnetic Moment of Electron

- إن الالكترونات تكافىء في دورانها التيارات الكهربائية الدوارة على مستوى القياسات الذرية وبسبب دوران الالكترون في مسارات مغلقة يتكون عزم ثنائي قطب مغناطيسي مرافقاً لهذا الالكترون. أن محصلة عزوم ثنائيات الاقطاب المغناطيسية هذه لكل ذرة نتيجة حركة الالكترونات العائدة لها في مسارات مغلقة تسمى العزم المغناطيسي المداري. أضافة الى هذا العزم نجد هناك عزماً مغناطيسياً أخر ناتجاً عن التأثيرات النسبية لحركة الالكترون يسمى بالعزم المغزلي . وهذا النوع من العزم المغناطيسي يلعب دوراً مهماً في الخصائص المغناطيسية للمواد المختلفة.
- وخلاصة ما ذكر اعلاه فأن العزم المغناطيسي للذرات يكون ناتج عن حركتين هما :
- 1- للإلكترون حركة مدارية حول النواة يسمى العزم المغناطيسي المداري يسبب له تيار اً.
- 2- وأيضاً للإلكترون عزم مغناطيسي ذاتي وهو مايسمى برم (غزل) الإلكترون حيث يدور حول نفسه كما تدور الأرض حول محورها لذلك الإلكترونات الزوجية تمتلك بروم يعاكس أحدها الآخر وبذلك تلغي عزم البرم المغناطيسية لها أما الإلكترونات الفردية فإنها لها عزم برم مغناطيسي فتتميز هذه المواد مثل الحديد بأن لها خواص مغناطيسية.
- من الحقائق الثابتة أنه لا يوجد قطب مغناطيسي مفرد، بمعنى أنه لا يمكن فصل القطب الشمالي لمغناطيس عن قطبه الجنوبي. تصور أنك كسرت مغناطيساً إلى جزئين، فإن كل جزء سيكون له قطبان: شمالي وجنوبي. ولو واصلت هذه العملية (على فرض أن عملية الكسر لا يصاحبها ارتفاع درجة حرارة المغناطيس، لأنها تفقده

- خصائصه المغناطيسية)، فإنك ستصل في النهاية إلى الذرات المكونة للمغناطيس، وكل ذرة من هذه الذرات ما هي إلا مغناطيس صغير له قطبان، شمالي وجنوبي. فما منشأ الخصائص المغناطيسية لذرات المغناطيس؟
- ترجع الخصائص المغناطيسية في الأصل إلى حركة الإلكترونات حول نوى الذرات. فمن المعلوم أن الإلكترون هو شحنة كهربائية، وحركة الشحنة الكهربائية تولد حولها مجالاً مغناطيسياً. ويولد الإلكترون مجالاً مغناطيسياً بطريقتين مختلفتين:
- ***أولاهما*** بفعل حركته حول نواة الذرة، وهذه تناظر تياراً كهربائياً يمر في ملف، انظر الشكل (1)، ***والثانية*** فتعود إلى برم (غزل) الإلكترون. ودلت التجارب، على وجود مجال مغناطيسي ناتج عن غزل الإلكترون، ويكون المجال المغناطيسي الناشئ، مساوياً لمحصلة هذه المجالات
- المغناطيسية الناشئة عن الإلكترونات الموجودة في المادة.
- وفي الواقع، تعزى معظم الخصائص المغناطيسية للمواد المغناطيسية
- إلى غزل الإلكترونات؛ في حين يكون إسهام حركة الإلكترونات حول
- النوى ضئيلاً. وكما تعلم من دراستك للبنية الذرية للمادة، فإنه لكل
- إلكترون يدور في فلك معين، عادة ما يوجد إلكتروناً آخر يدور في
- الفلك ذاته، باتجاه معاكس. وفي هذه الحالة نقول:



شكل (1): المجال المغناطيسي الناشيء عن حركة الالكترون حول النواة.

- **إن العزم المغناطيسي للإلكترون الأول يساوي العزم المغناطيسي للثاني مقداراً، ويعاكسه في الاتجاه. ويلغي الواحد منهما تأثير غير أن ثمة عناصر مثل الحديد والكوبالت والنيكل وبعض السبائك، يوجد فيها عدد فائض من الإلكترونات المفردة، تدور في أفلاك مختلفة وباتجاه واحد، فتتحد عزومها المغناطيسية، وتظهر خصائص مغناطيسية، فتولد حولها مجالات مغناطيسية. وإذا وقعت المادة تحت تأثير مجال مغناطيسي خارجي، فإن العزوم المغناطيسية تتوحد في اتجاهاتها، ويقال عندئذ، إن المادة قد تمغنطت بالحث. وتوجد هذه العزوم في مجموعات، يطلق على كل منها اسم الحقل المغناطيسي، وتكون العزوم مرتبة في اتجاه واحد في الحقل الواحد، وتختلف اتجاهات الحقول في الوضع الطبيعي.**

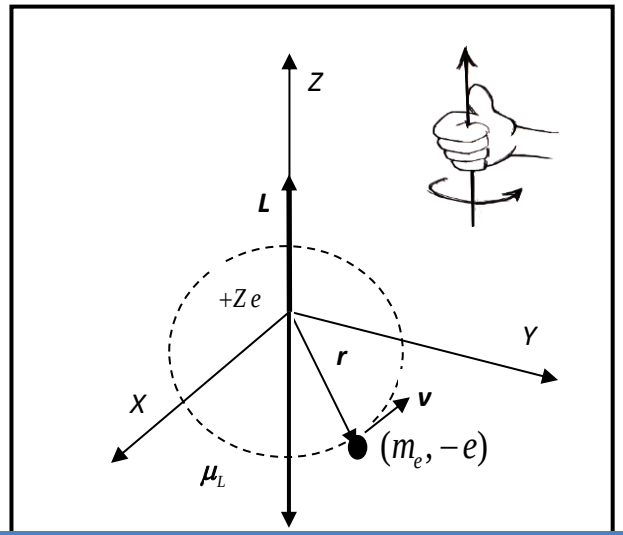
- **يمكن ان نعتبر المواد القابلة للتمغنط مصدرا من مصادر المجالات المغناطيسية لأن لذرات هذه المادة عزوم مغناطيسية، وهذه العزوم المغناطيسية الذرية كانت نتيجة لتيارات دائرية نتجت عن حركتي الالكترون الدائرية والمغزلية. فإذا كانت المادة ممغنطة فإن التيارات الإلكترونية الداخلية سيلاشي بعضها بعضا وتبقى التيارات السطحية. ويسمى التيار في هذه الحالة بمحصلة التيار المغناطيسي السطحي ويسري حول سطح المادة ويعد هذا التيار مصدر المجال المغناطيسي للمادة، وكأن المجال ناتج عن عزم مغناطيسي لذي القطبين قيمته تساوي حاصل ضرب التيار المغناطيسي السطحي في مساحة مقطع المادة.**

Magnetic Dipole Moment العزم المغناطيسي لثنائي القطب

سوف نتحدث هنا عن العزم المغناطيسي لثنائي القطب الناتج من حركة الإلكترون المدارية أو حركته الذاتية المغزلية، وتأثره بالمجال المغناطيسي الخارجي.

لذا دعونا نتصور إلكتروناً، كما هو موضح في الشكل (2). شحنته (-e) و كتلته (m_e) ، ويدور حول النواة المركزية +Ze في مدار نصف قطره r ، بالمستوى XY ، وبسرعة v . في هذه الحالة ستكون مركبات الزخم الزاوي (وباستخدام قاعدة اليد اليمنى) هي:

$$\bar{L} = (L_x = 0, L_y = 0, L_z = m_e v r)$$



شكل (2): مركبات الزخم الزاوي لإلكترون يدور في مدار دائري بالمستوي.

ونتيجة لحركة الإلكترون ينتج تيار مكافئ عبارة عن:

$$I = \frac{q}{t} = \frac{-e}{(2\pi r)/v} = -\frac{ev}{2\pi r}$$

ونحن نعرف من النظرية الكهرومغناطيسية أن أي تيار يدور في حلقة مساحتها A ينشأ عنه عزم مغناطيسي ثنائي القطب ويعرف بالمعادلة:

$$\mu_L = I\overline{A} = I\left|\overline{A}\right|\hat{k} = \left(-\frac{ev}{2\pi r}\right)(\pi r^2)\hat{k}$$

$$\mu_L = \left(-\frac{e}{2m_e}\right)\overline{L}$$

- إن قيمة التيار الكهربائي الناشئ عن دوران إلكترون واحد (e -) بمقدار ***(v)*** دورة في الثانية يكافئ تيار كهربائي مقداره **(I)** ، أي إن: $\left(I = -e \times v\right)$

حيث $\hat{k}$ هي متجه الوحدة باتجاه المحور **Z**. ونظراً لشحنة الإلكترونالسالبة فإن μ_L دائماً تكون باتجاه مضاد مع ***L***.

بالرغم من أننا حصلنا على العلاقة السابقة باستخدام الميكانيكا التقليدية لمدار دائري، إلا أن هذه العلاقة تبقى صحيحة في ميكانيكا الكم لأي مدار اختياري له زخم زاوي مقداره ***L*** . وإذا استخدمنا المركبة **Z** للعزم المغناطيسي μ_L فإن:

$$\mu_{LZ} = \left(-\frac{e}{2m_e}\right)L_Z$$

- **مثـــــــال :**
- **اوجد العزم المغناطيسي لثنائي القطب الناتج عن مرور تيار مقداره (0.2×10^{-6} Amp.) في حلقة دائرية نصف قطرها (10^{-6} m) ؟**
- **الحـــــــل:**

المعلومات المعطاة بالمثال هي :

$$I = 0.2\times10^{-6}\ Amp.$$

$$A = \pi\times(10^{-6})^2 \quad m^2$$

لحساب العزم المغناطيسي لثنائي القطب نستخدم المعادلة التالية :

$$\mu_L = IA$$

$$\mu_L = (0.2\times10^{-6})(\pi\times10^{-12})$$

$$\mu_L = 0.2\pi\times10^{-18}\ \ (Amp.\bullet m^2)$$

الخلاصة Summary

- تضمنت المحاضرة النقاط المهمة التالية :
- أهمية المواد المغناطيسية تكمن في استخدامها في جميع الأجهزة الكهربائية القديمة والحديثة، مثل ذاكرة الكمبيوتر والدوائر المنطقية التي تعتمد على مفاتيح الفتح والفصل المغناطيسية. ولهذا أصبح من الأهمية دراسة خواص المواد المغناطيسية من الناحية التجريبية والنظرية.
- أن العزم المغناطيسي للذرات يكون ناتج عن حركتين هما :
- 1- للإلكترون حركة مدارية حول النواة يسمى العزم المغناطيسي المداري يسبب له تيار اً.
- 2- وأيضاً للإلكترون عزم مغناطيسي ذاتي وهو مايسمى برم (غزل) الإلكترون حيث يدور حول نفسه كما تدور الأرض حول محورها لذلك الإلكترونات الزوجية تمتلك بروم يعاكس أحدها الآخر وبذلك تلغي عزم البرم المغناطيسية لها أما الإلكترونات الفردية فإنها لها عزم برم مغناطيسي فتتميز هذه المواد مثل الحديد بأن لها خواص مغناطيسية.
- تكلمنا عن العزم المغناطيسي لثنائي القطب الناتج من حركة الإلكترون المدارية أو حركته الذاتية المغزلية، وتأثره بالمجال المغناطيسي الخارجي.
- مثـــــال .
- أختبـــار.

Start Formative Assessment