Chapter Four الفصل الرابع

المواد المغناطيسية

Magnetic Materials

Sequence:33

- المقدمة.
- المواد الفيرومغناطيسية.
- منشأ الفيرومغناطيسية.
- منحني التمغنط لمادة فيرومغناطيسية.

المقدمة

- افترض فرينكل أن المصدر الأساسي للظاهرة الفيرومغناطيسية يكمن في التفاعلات المتبادلة وهي خاصية كمية ليس لها نظير في الميكانيك الكلاسيكي وهذا التفاعل المتبادل الذي يعمل بين الأيونات (الذرات المتجاورة) يؤدي إلى تزاوج مغناطيسي قوي. فقد أعزى هايزنبرك خواص الفيرومغناطيسية في الحديد والكوبالت والنيكل إلى علاقة تبادل الطاقة مع المسافة بين الذرات، حيث ان مصدر المغناطيسية الحديدية هو الدوران اللولبي للإلكترونات في المدرارات الغير مشبعة على أن تكون المسافة بين الذرات ضمن حدود معينة لإحداث نفس الدوران اللولبي للإلكترونات المتشابهة في الذرات المتجاورة فإذا كانت المسافة بين الذرات تنتج بتيادل طاقة موجبة فإلكترونات الذرات المعينة تدور في نفس اتجاه دوران إلكترونات الذرات المجاورة لها وتكون المادة في هذه الحالة ذات مغناطيسية حديدية أما إذا كانت المسافة بين الذرات بحيث تنتج تبادل طاقة سالبة فتكون المادة بدون مغناطيسية حديدية.

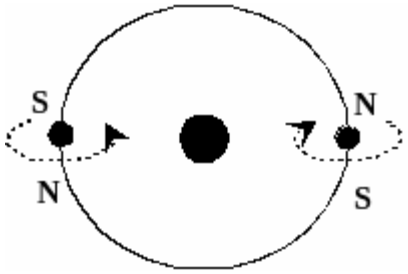
- ****

Ferromagnetic Materials المواد الفيرومغناطيسية

- تعرف أيضا بالمواد ذات النفاذية المغناطيسية العالية، أو المواد عالية المغناطيسية حيث تحتفظ بمغناطيسيتها حتى بعد إزالة المجال الخارجي المؤثر، على عكس كل من المواد الدايامغناطيسية والمواد البارامغناطيسية اللتان تفقدان مغناطيسيتهما بمجرد إزالة المجال المغناطيسي المؤثر، وهذه المواد ذات هندسية كبيرة حيث تتميز بإنجذابها للمغناطيسيات الدائمة، وتعد هذه الخاصية من أهم الطرق المعروفة للكشف عن المواد ذات المغناطيسية الحديدية ونجد من أمثلة هذه المواد :الحديد والنيكلو الكوبلت والكدلينيوم وهذا الأخير هو أحد العناصر الأرضية النادرة، ويتمتع بالمغناطيسية الحديدية عند درجة حرارة أقل من°17م إلا أن استخداماته الصناعية قليلة وتطبيقاته العلمية محدودة، ونجد كذلك سبائك هذه المواد منها NiFe و FeCo و NiCo وتحتوي هذه المواد على عزوم مغناطيسية ذرية التي تميل إلى الاصطفاف بشكل مواز لبعضها البعض في وجود مجال مغناطيسي ضعيف، فإن هذه المادة تبقى ممغنطة بعد إزالة المجال الخارجي وهذا بسبب الإزدواج القوي بين العزوم المتجاورة الذي يمكن فهمه فقط بعناصر الميكانيك الكمي، كما أنها تتميز بقابلية مغناطيسية عالية جدا $\chi_m >> 1$ وقد تصل إلى نحو (10^6)، كونها تعتمد على مقدار المجال الممغنط وليست مقدارا ثابتا كما هو الحال في المواد الدايامغناطيسية والمواد البارامغناطيسية، هناك نقطة مهمة يجب أن نذكرها وهي أن المواد ذات المغناطيسية الحديدية يكون مقدار شدة المغنطة الناتجة عنها تساوي $\mu_0 M$ و هي في غالب الأحوال أكبر بكثير من شدة المجال المؤثر $\mu_0 H$. ولهذا يستخدم مع المواد ذات المغناطيسية الحديدية الحث المغناطيسي B بينما المواد الأخرى نستخدم قيمة المغنطة M.

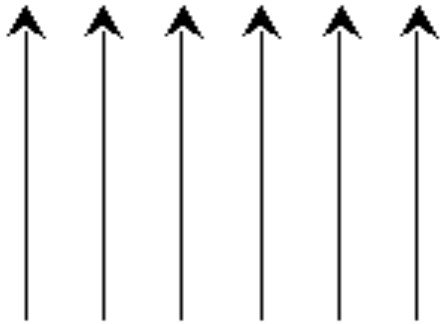
منشأ الفيرومغناطيسية

- ترجع المغناطيسية الحديدية لهذه المواد إلى كيفية لف الإلكترونات الفردية الداخلية داخل البلور، حيث تمتلأ المدارات الداخلية لذرات تلك العناصر بأزواج من الإلكترونات التي تتميز بإتجاهين متضادين للدوران، كما توجد أيضا محصلة لعزوم إلكترونات التكافؤ الخارجية التي تكون مرتبطة مع ذرات أخرى مكونة الرابطة الكيميائية، بينما في العناصر الإنتقالية تكون لذرات هذه العناصر عزما مغناطيسيا لوجود إلكترونات فردية، حيث يكون لهذه الإلكترونات دورانا لولبيا في أحد الإتجاهات أكثر من الاتجاه الأخر، وفي الذرات والأيونات ذات العدد الزوجي من الإلكترونات يكون اتجاه لفها لنصف الإلكترونات معاكسا للنصف الآخر، وتكون محصلة العزم المغناطيسي الكلي معدوما كما يوضح الشكل (13) أما في العناصر التي تكون مداراتها التكافؤية غير مشبعة فإن عدد الإلكترونات التي يكون اتجاه لفها أكبر من العدد الذي يكون فيه لف الإلكترونات في الاتجاه الأخر ولهذا يكون لهذه العناصر محصلة عزم مغناطيسي غير معدوم، ومن ضمن المواد التي يكون مدارها الفرعي (3d)يحتوي على إلكترونات فردية نجد :الحديد (Fe)الكوبلت (Co)، النيكل (Ni).
- حيث تعد الإلكترونات الفردية هي المسؤولة عن المغناطيسية الحديدية، التي تظهرها
- هذه العناصر فمثلا توجد في ذرة الحديد أربعة إلكترونات فردية في المدار الفرعي (3d)
- بينما تحتوي كل من ذرتي الكوبلت والنيكل على إلكترونين في المدار نفسه، ولهذا يُعد
- الحديد أقوى العناصر المغناطيسية.

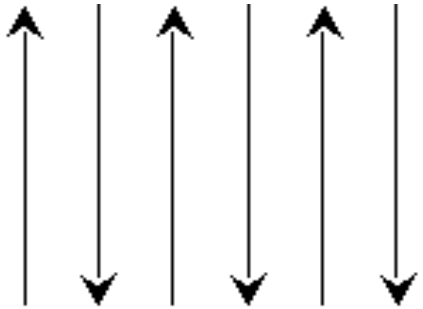


شكل (13): لف الإلكترونين في ذرة الهيليوم.

- ففي عينة جامدة من الحديد أو الكوبلت أوالنيكل وعند درجة الحرارة العادية يصطف عزم إلكترونات الطبقة الفرعية (3d) في اتجاه واحد و متواز ويطلق على هذه الحالة بالظاهرة المغناطيسية العفوية (ويحدث هذا الاصطفاف المتوازي فقط في مناطق ميكروسكوبية، يطلق عليها مناطق نفوذ مغناطيسية وإذا أخذت هذه المناطق اتجاهات عشوائية فستكون محصلة العزوم المغناطيسية في كامل العينة صفرا ولا يظهر أي أثر مغناطيسي لها، ولكن في عناصر الحديد والكوبالت والنيكل يولد الاصطفاف المتوازي للأقطاب المغناطيسية عزما مغناطيسيا قويا كما هو موضح في الشكل (14).
- كما أن ذرات هذه العناصر تكون قريبة من بعضها البعض بما فيه الكفاية حيث تتراوح
- نسبة الفراغات بين الذرات إلى قطر المدار (3d) في المدى بين 1.4 و 2.7 لينتج
- عنها ظاهرة المغناطيسية الحديدية أو الفيرومغناطيسية، بينما لا يظهر عنصر
- المنغنيز أو الكروم هذه الخاصية لارتفاع نسبة الفراغات بين الذرات إلى قطر
- المدار (3d)كما يوضح الشكل (15).
- إضافة إلى العناصر المذكورة توجد عدة عناصر أخرى وكذا بعض السبائك التي تحقق
- شروط الفيرومغناطيسية نجد منها مادة البزموث وعدد من الأكاسيد المركبة.



شكل (14): تراصف ثنائيات الأقطاب المغناطيسية في المادة الفيرومغناطيسية.

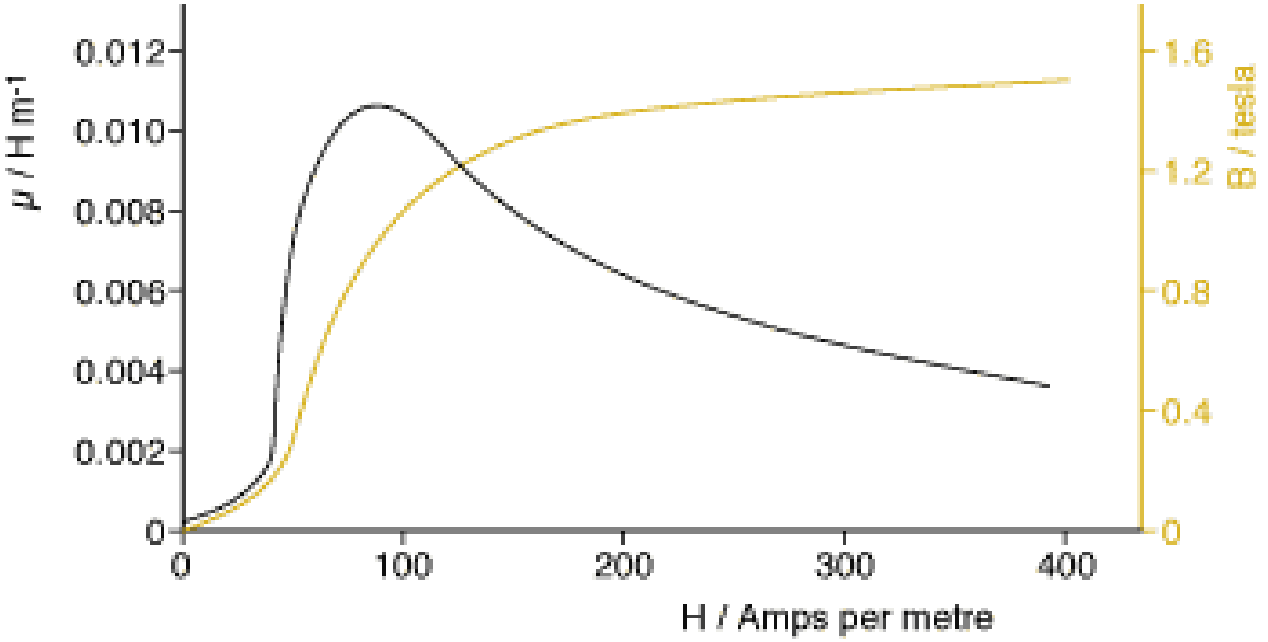


شكل (15)

منحنى التمغنط لمادة فيرومغناطيسية

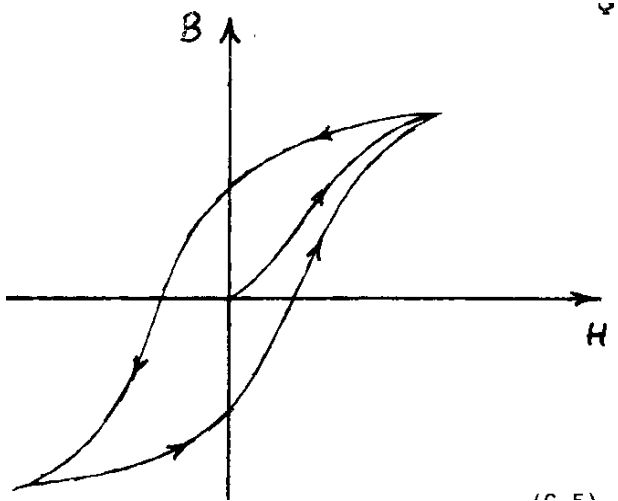
- إذا عرضت مادة مغناطيسية حديدية غير ممغنطة لمجال مغناطيسي H يزداد تدريجيا فإن B تزداد على شكل حرف (S) كما يمثل المنحنى في الشكل (16)، حيث نلاحظ أن ميل المنحنى يكون كبيرا في البداية ثم يأخذ الميل بالنقصان التدريجي كلما زاد المجال الممغنط وهذا يعني أن شدة المجال المغناطيسي B هي ليست دالة خطية للمجال الممغنط H ولكن هي دالة قد تكون معقدة جدا كون أن النفاذية المغناطيسية هي أيضا ليست مقدارا ثابتا، بالإضافة إلى اعتمادها على المجال الممغنط H كما هو موضح في المنحنى السابق في الشكل ادناه فإنها تعتمد كذلك على التاريخ المغناطيسي للعينة كما ستتضح عند مناقشتها في التخلف المغناطيسي لهذه المواد في المحاضرة القادمة.

- يتبين من المنحنى أن العلاقة
- بين Bو H ليست خطية، حيث
- أن Bتزداد تدريجيا مع H إلى
- أن تصل إلى قيمة حدية توافق
- حالة التشبع المغناطيسي للمادة.



شكل (16): تغير كل من الحث والإنفاذية المغناطيسية مع المجال المسلط H.

- وضع العالم فايس فرضيتين اساسيتين هما :
- 1) يوجد مجال متبادل شديد يتولد من ثنائيات الاقطاب المغناطيسية المتجاورة يجعلها تتراصف باتجاه المجال الخارجي المسلط. وعليه فأن المجال المغناطيسي الؤثر يمكن ان يعبر عنه بالشكل التالي :
- اذ ان γ كمية ثابة للمادة الفيرومغناطيسية وتسمى ثابت $H_m = H + \gamma M$ ..... (42)
- المجال الجزيئي المؤثر.
- 2) ان المادة الفيرومغناطيسية تتكون من عدد من المناطق المغناطيسية ابعادها قد تكون اكبر او ضمن حدود (10^{-6} cm) وعليه فأن ثنائيات الاقطاب المغناطيسية في كل منطقة من هذه المناطق تتراصف باتجاه واحد معين الآ ان التمغنط يختلف اتجاهه من منطقة مغناطيسية الى منطقة اخرى مجاورة. كما ان كل منطقة نجدها ممغنطة ذاتياً في حالة عدم تعرضها لمجال مغناطيسي خارجي ولان المناطق المغناطيسية ضمن المادة الفيرومغناطيسية مرتبة عشوائياً فأن محصلة المجال المغناطيسي داخل هذه المادة تكون واطئة.



- وعلى ضوء هذه النظرية التي تبين وجود مناطق مغناطيسية ضمن
- كل مادة فيرومغناطيسية يمكننا ان نعطي تفسيراً مقبولاً لظاهرة
- التخلف المغناطيسي التي تحصل في هذه المواد. ، لاحظ الشكل المجاور.
- *******
-

مثـــــــال (1) :

- ماذا يحصل للمواد الفيرومغناطيسية أذا أصبحت درجة حرارتها أعلى من درجة حرارة كوري؟ وماذا يميز هذه المواد؟

- **الحل :**

- تتحول المواد الفيرومغناطيسية إلى مواد بارامغناطيسية أذا أصبحت درجة حرارتها أعلى من درجة حرارة كوري وعند تبريدها فإنها سوف ترجع إلى الصفة الفيرومغناطيسية.

- وتتميز المواد الفيرومغناطيسية بالاتي :-

- 1- معامل نفاذيتها كبير جدا . $\mu >>> 1$

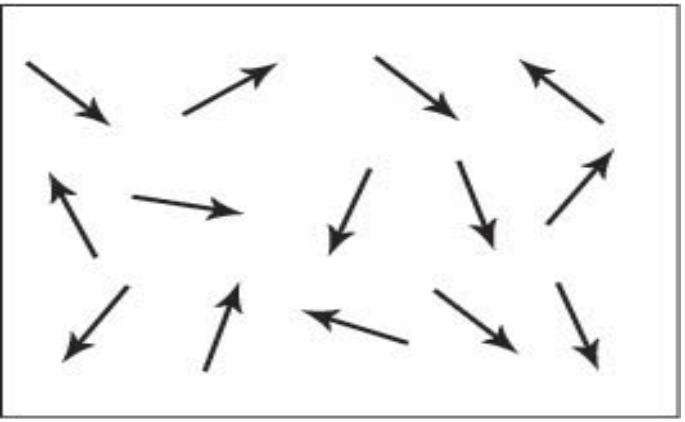
- 2- التأثيرية المغناطيسية لها موجبة.

- 3- لا تتراصف العزوم المغناطيسية عندما تكون درجة حرارة

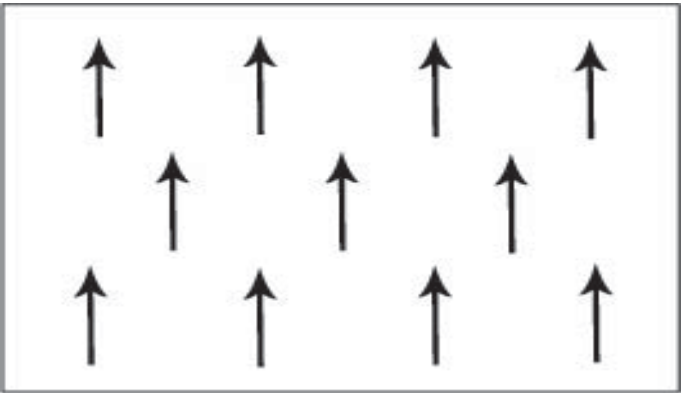
- المادة اقل من من درجة حرارة كوري وكما في الشكل (أ).

- 4- تتراصف العزوم المغناطيسية عندما تكون درجة حرارة

- المادة اكبر من من درجة حرارة كوري وكما في الشكل (ب).



شكل (أ) :درجة الحرارة اقل من درجة حرارة كوري.



شكل (ب) :درجة الحرارة اعلى من درجة حرارة كوري.

مثـــــــال(2): قارن بين المواد الفيرومغناطيسية والدايامغناطيسية والبارامغناطيسية من حيث الخواص التالي : (1) قابلية التمغنط (2) كيفية التمغنط (3) الاحنتفاظ بالمغنطة بعد زوال المجال المؤثر (4) أمثلة.

الخاصيـة	فيرومغناطيسية	بارامغناطيسية	دايا مغناطيسية
(أ) قابلية التمغنط:	كبيرة جداً وموجبة.	صغيرة جداً وموجبة.	صغيرة جداً وسالبة.
(ب) كيفية التمغنط:	(1) تتمغنط بشدة في اتجاه المجال 2)تنجذب بشدة نحو مناطق المجال الأقوى	(1) التمغنط ضعيف وفي اتجاه المجال . (2) تنجذب قليلاً نحو مناطق المجال الأقوى.	(1) التمغنط ضعيف وفي عكس اتجاه المجال (2) تبتعد عن مناطق المجال الأقوى .
ج) الاحتفاظ بالمغنطة بعد زوال المجال المؤثر	تحتفظ بجزء من المغنطة	لا تحتفظ بجزء من المغنطة.	لا تحتفـظ .
(د) أمثلـة	حديد– نيكل– كوبلت	ألمنيوم– بلاتين– مغنسيوم.	نحاس– جرمانيوم سيليكون – بزموت

الخلاصة Summary

- تضمنت المحاضرة النقاط المهمة التالية :
- التعرف على المواد الفيرومغناطيسية وهي تلك المواد التي تتميز بما يلي:
- ـ مواد ذات هندسية كبيرة حيث تتميز بإنجذابها للمغناطيسيات الدائمة، وتعد هذه الخاصية من أهم الطرق المعروفة للكشف عن المواد ذات المغناطيسية الحديدية ونجد من أمثلة هذه المواد :الحديد والنيكلو الكوبلت.
- ـ تمتلك مغناطيسية دائمة والتي تتاثر بالمجال المغناطيسي الأرضي وتنشا الخاصية الفيرومغناطيسية من الالكترونات المنفردة ذات العزم المغناطيسي الدائم او من تراصف هذه العزوم وبقوة وباتجاه واحد.
- ـ تتحول المواد الفيرومغناطيسية إلى مواد بارا مغناطيسية أذا أصبحت درجة حرارتها أعلى من درجة حرارة كوري وعند تبريدها فإنها سوف ترجع إلى الصفة الفيرومغناطيسية.
- ـ يتبين من منحنى التمغنط أن العلاقة بين B و H ليست خطية، حيث أن B تزداد تدريجيا مع H إلى أن تصل إلى قيمة حدية توافق حالة التشبع المغناطيسي للمادة
- ـ ان وجود مناطق مغناطيسية ضمن كل مادة فيرومغناطيسية يمكن من خلاله ان نعطي تفسيراً مقبولاً لظاهرة التخلف المغناطيسي التي تحصل في هذه المواد .
- مثـــــال (1) & (2) .
- أختبـــار.

Start Formative Assessment