5-9 المواد الفيرومغناطيسية Ferromagnetic Materials

أن المجال المغناطيسي المؤثر على اي ثنائي قطب مغناطيسي والمتولد بسبب حركة الالكترونات المغزلية في المواد الفيرومغناطيسية يساوي المجموع المتجهي للمجال المغناطيسي الخارجي والناتج من وجود ثنائيات الاقطاب المغناطيسية الأخرى المحيطة. أن هذا المجال يسمى المجال المغناطيسي المتبادل. لقد وجد عملياً أن هذا المجال اكبر بكثير من اي مجال آخر تم حسابه (باستخدام الأفكار الكلاسيكية) من تأثير ثنائيات الاقطاب المغناطيسية المتجاورة.

أن هذه القوى الكبيرة المتبادلة لا يمكن تفسيرها الا على ضوء طرق الميكانيك الكمي (حيث يكون للإلكترونات صفة جسيمية وموجية) حيث وجد فايس Weiss (1907) نظرية تخص الخصائص الفيرومغناطيسية للمادة (نظرية فايس الفيرومغناطيسية) والتي تم اثباتها لاحقاً بأستخدام افكار الميكانيك الكمي.

لقد وضع فايس فرضيتين اساسيتين:

(١) يوجد مجال متبادل شديد يتولد من ثنائيات الاقطاب المغناطيسية المتجاورة يجعلها تتراصف بأتجاه المجال الخارجي المسلط.

وعليه فأن المجال المغناطيسي المؤثر (المتبادل) يمكن أن يعطى بالآتي:

$$\vec{H}_m = \vec{H} + \gamma \vec{M} \qquad \text{--- 67}$$

$\vec{M}$ ← لاحظ ثانية للمادة الفيرومغناطيسية تمثل ثابت المجال الجزيئي المؤثر

$\vec{H}$ ← شدة المجال المغناطيسي الخارجي المسلط.

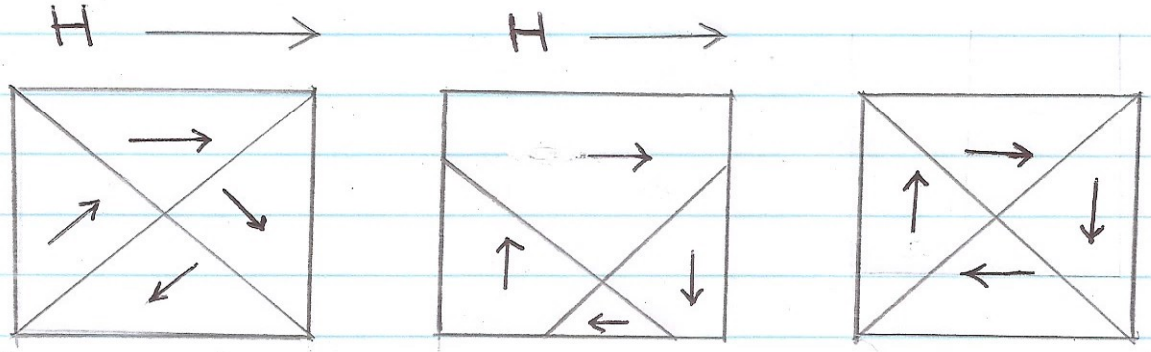
(2) أن المادة الفيرومغناطيسية تتكون من عدد من المناطق المغناطيسية أبعادها قد تكون اكبر أو ضمن حدود ($10^{-6}m$).

وعندما تتعرض المادة المغناطيسية غير المتمغنطة الى مجال مغناطيسي خارجي يحدث مايلي:

(1) أذا كان المجال المغناطيسي الخارجي ضعيف تأخذ المناطق المغناطيسية المتمغنطة بأتجاه المجال بالنمو على حساب المناطق المغناطيسية الأخرى.

(2) عندما تأخذ شدة المجال المغناطيسي الخارجي بالأزدياد يستمر نمو المناطق المغناطيسية حتى تصبح المادة بأكملها منطقة مغناطيسية مفردة وقد يحدث دوران لبعض المناطق المغناطيسية لتصبح بأتجاه المجال اذا كانت شدة المجال المغناطيسي الخارجي المسلط عليها عالية.

أن هذه العملية تستمر الى أن تصل المادة الى حالة الأشباع مغناطيسياً والشكل الآتي يوضح عمليات التمغنط المختلفة.



مادة غير متمغنطة

مادة متمغنطة بنمو المناطق المغناطيسية

مادة متمغنطة بدوران المناطق المغناطيسية

* وعندما تبدأ شدة المجال المغناطيسي بالتقصان تدريجياً تترك هذه المناطق بكيفية بحيث تتساوى مجموعها مرة أخرى وأذا أصبحت شدة المجال المغناطيسي صفراً تبقى الماده محتفظه بقدر من مغناطيسيتها وهذا يعود الى أن بعضاً من المناطق المغناطيسيه لازال متمغنطه بأتجاه المجال المغناطيسي الخارجي. ولقد دلت الفحوصات المجهرية على أن متحينات التمغنط للمادة الفيرومغناطيسيه تشير الى أن عملية التمغنط هذه ليست عملية مستمره وتدريجية ويرجع ذلك الى الحركه الفجائيه التي تحدث بسبب حدود المناطق المغناطيسية.

هذا التأثير يسمى تأثير باركهوسن ( ).

وبالتعويض عن $\vec{H}_m$ من العلاقه 67 في العلاقه (65) نحصل على

$$M = \frac{M_0 n m^2}{3kT}(H + \gamma M) \quad \text{--- 68}$$

يرمز لها بالرمز C وتسمى ثابت كوري

$$\therefore M = \frac{C}{T}(H + \gamma M) \Rightarrow M = \frac{H}{\frac{T}{C} - \gamma}$$

$$\therefore \chi_m = \frac{M}{H} = \frac{1}{\frac{T}{C} - \gamma}$$

$$\therefore \chi_m = \frac{C}{T - C\gamma} = \frac{C}{T - \theta} \quad \text{--- 69}$$

$\theta = C\gamma$ وتسمى درجة حرارة كوري.

أن المعادلة (69) تسمى قانون كوري - فايس (Curie-Weiss law).

ملاحظات حول المعادلة (69)

من هذه العلاقة نجد :

(1) عندما تكون $T > \theta$ (تكون χ_m موجبة) تتحول صفات المادة الفيرومغناطيسية الى بارامغناطيسية.

يعني انه عندما تكون درجة حرارة المادة (الفيرومغناطيسية) أكبر من درجة حرارة كوري فأن صفات المادة تكون بارامغناطيسية

(2) عندما تكون $T < \theta$ (تكون χ_m سالبة) يعني أن درجة حرارة المادة الفيرومغناطيسية أقل من درجة حرارة كوري فلا يمكن في هذه الحالة استخدام قانون كوري - فايس وضمن هذه الحدود من درجة الحرارة نرى أن المادة الفيرومغناطيسية تبقى متمغنطة بعض الشيء حتى لو كان المجال المغناطيسي المسلط على المادة يساوي صفر. ويسمى هذا التمغنط بالتمغنط الذاتي (Spontaneous magnetization) ويرمز له بالرمز M_s.

من الواضح الآن أن الفيرومغناطيسية هي حالة خاصة للبارامغناطيسية في مجال مغناطيسي عالي جداً يرتبط مع تمغنط المادة تقريباً.

5-10 المواد الفيريمغناطيسيه Ferrimagnetic materials

لقد وجد أن الصفات الفيرومغناطيسيه تظهر في مواد ليست من المعادن (غير موصله) وأنما مركبات تحتوي في تركيبها على الحديد، النيكل أو الكوبلت فهي تمتلك تمغنطاً ذاتياً تحت درجة حرارة معينه بالأضافه الى امتلاكها لمناطق مغناطيسيه.

وهنالك أختلاف بين المواد الفيرومغناطيسيه والمواد الفيريمغناطيسيه حيث أن التمغنط M للمواد الفيريمغناطيسيه يتغير مع درجه الحراره T بصوره أكبر مما هي الحاله عليه في المواد الفيرومغناطيسيه، كما أن المقاومه النوعيه للمواد الفيرومغناطيسيه عاليه جداً مما هي عليه في الفيرومغناطيسيه التي تعتبر من المواد جيدة التوصيل الكهربائي أو الحراري.

* وهذه الصفه للمواد الفيريمغناطيسيه زادت من اهميتها للأستعمال في مختلف صنوف التكنلوجيا وبصوره خاصة في الدوائر الالكترونيه والحاسبات الالكترونيه وأستخدامات المايكروويف.

* أن الصيغه الكيميائيه العامه للمواد الفيريمغناطيسيه هي

$$PQ_2X_4$$

يمثل X جزيئ لامغناطيسيه ثنائيه التكافؤ مثل الأوكسجين O^{-2} الكبريت S^{-4}

يمثل Q اي جزيئ ثلاثي التكافؤ مثل Ga, Al, Co, Fe

يمثل P اي معدن ثنائي التكافؤ مثل النيكل، النحاس او اي مزيج منها.

وبصوره عامه يمثل كل من P و Q الجزيئات المغناطيسيه لمادة الفيرومغناطيسيه .

واذا كانت محصلة العزم المغناطيسي للجزيئات ساويه للصفر فان المواد تسمى بالالا فيرومغناطيسيه أو ضديد الفيرومغناطيسيه antiferromagnetic .

الشكل التخطيطي الآتي يوضح رسم الذرات في تركيب برمي مرتب :
(atomic spins in ordered spin structures)