جامعة الانبار

كلية التربية للعلوم الصرفة

قسم الفيزياء

محاضرات

خواص مادة

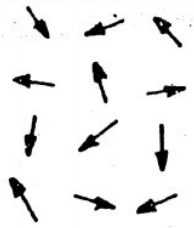
البروفيسور الدكتور

وليد بديوي

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

بعضها البعض . الشكل (6.3) يوضح ترتيب العزوم المغناطيسية للمادة البارامغناطيسية . ان الاتجاهات المبعثرة للعزوم سيجعل المغناطيسية للمادة مساوية للصفر في حالة عدم وجود المادة داخل المجال المغناطيسي المؤثر. تتناسب التأثرية المغناطيسية لهذه المواد تناسباً عكسياً مع درجة الحرارة ، اي ان:

$$\chi \propto \frac{1}{T}$$

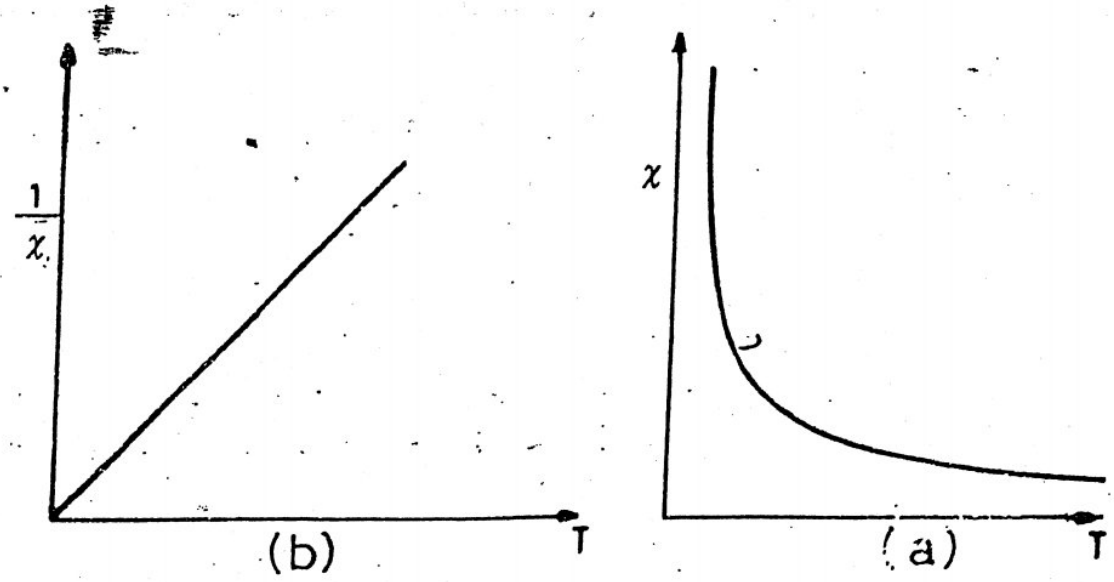


الشكل (6.3) : ترتيب العزوم في المواد البارامغناطيسية

وفي حالة وجود مجال مغناطيسي ذي قيمة معقولة (ولكنها ضعيفة) فان علاقة التأثرية المغناطيسية ودرجة الحرارة تكون خطية وكما يأتي:

$$\chi = \frac{C}{T} \qquad \text{.....(6.15)}$$

يعرف هذا القانون بقانون كوري ، و C تمثل ثابت التناسب (ثابت كوري).
الشكل (6.4) يوضح العلاقة بين χ و $\frac{1}{\chi}$ مع درجة الحرارة للمواد البارامغناطيسية .



الشكل (6.4) : علاقة التأثرية المغناطيسية مع درجة الحرارة في المواد البارامغناطيسية .

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

الجدول (6.2): يبين قيم التأثرية المغناطيسية لبعض المواد البارامغناطيسية

المواد		التأثرية المغناطيسية $\times 10^{-5}$
الكالسيوم	Ca	1.9
الليثيوم	Li	2.1
الالمنيوم	Al	2.2
الكروميوم	Cr	27
البلاتين	Pt	29
الصوديوم	Na	0.9
الاوكسجين	O_2	0.2
المنغنيز	Mn	98
التنكستن	W	36

6-5-3 المواد الفيرومغناطيسية The Ferromagnetic materials

ان وجود مواد ذات مغناطيسية دائمية في درجة حرارة الغرفة معروف منذ زمن بعيد، ومن أشهر هذه المواد الحديد وأوكسيده Fe_3O_4 إذ استخدما منذ العصور القديمة من قبل البحارة في إيجاد الاتجاه، وذلك لامتلاكه المغناطيسية الدائمة التي تتاثر بالمجال المغناطيسي الارضي. تنشأ الخاصية الفيرومغناطيسية من الالكترونات المنفردة ذات العزم المغناطيسي الدائم، أو من تراصف هذه العزوم وباتجاه واحد تنشأ هذه الخاصية. ومن اهم العناصر الفيرومغناطيسية المعروفة هي الحديد والكوبلت والنيكل والكادولونيوم والدسبروسيوم التي تملك درجات حرارة كوري Curie temperature, Tc, 1043K و 1395 و 631 و 289 و 85 درجة كلفنية على الترتيب.

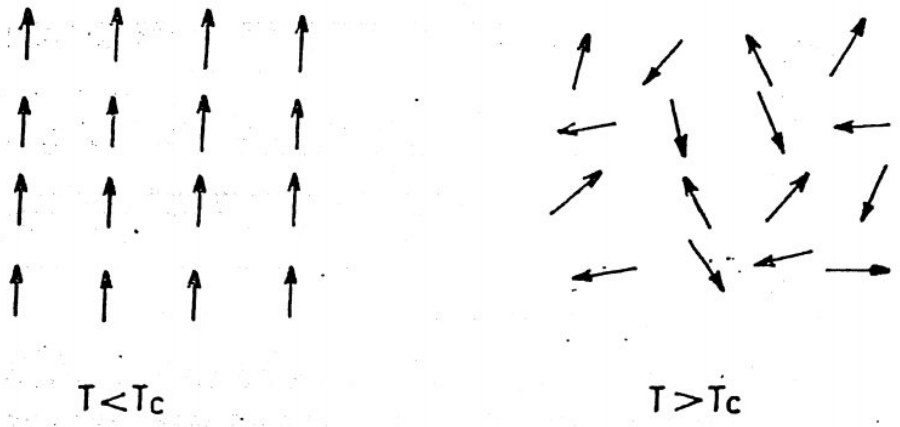
تتحول المواد الفيرومغناطيسية الى مواد بارامغناطيسية. اذا اصبحت درجة حرارتها اكبر من درجة حرارة كوري وعند تبريدها الى اقل من درجة حرارة كوري فانها تتحول مرة ثانية الى الصفة الفيرومغناطيسية. تزداد التأثرية المغناطيسية كلما أقتربنا من درجة حرارة كوري. ان التأثرية المغناطيسية للمادة في الدرجات الحرارية الاعلى من درجة حرارة كوري تتغير مع درجة الحرارة بحسب قانون خاص يسمى قانون كوري – وايز Curie-Weiss law الذي يمكن كتابته كما يأتي :

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

$$\chi = \frac{C}{T - \theta_c} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots (6.16)$$

حيث ان θ_c تمثل درجة حرارة موجبة

تتراصف العزوم المغناطيسية كما في الشكل (6.5) عندما تكون درجة حرارة المادة اكبر من واقل من درجة حرارة كوري. الجدول (6.3) يوضح اهم العناصر الفيرومغناطيسية ودرجاتها الحرجة.



الشكل (6.5) : ترتيب العزوم في المواد الفيرومغناطيسية

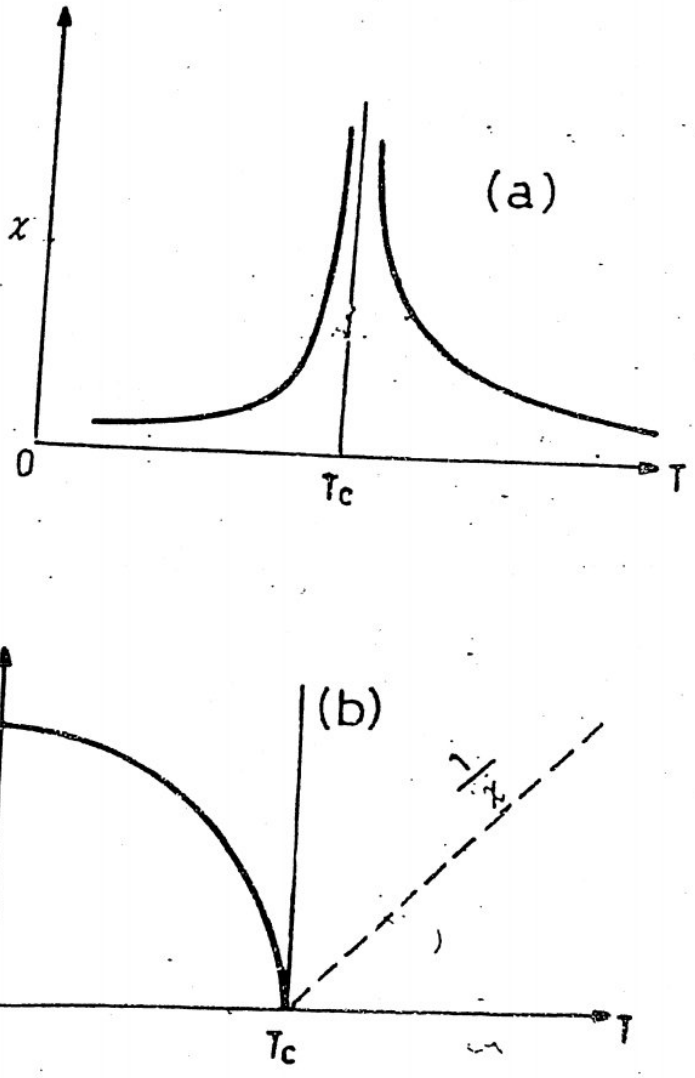
الجدول (6.3) يبين أشهر العناصر الفيرومغناطيسية ودرجة حرارة كوري لها

العنصر	Tc (K)
Fe	1043
CO	1388
Ni	637
Gd	293
Dy	85

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

تتغير التأثرية المغناطيسية للمواد الفيرومغناطيسية مع درجة الحرارة كما في الشكل (6.6a)

تزداد مغناطيسية المادة كلما انخفضت درجة الحرارة وتصل اعلى قيمة لها عند درجة الصفر الكلفنية وتقل كلما ارتفعت درجة الحرارة وتصل الى الصفر عند الدرجة الحرجة (اي درجة حرارة كوري) ، التي تتحول بعدها المادة الى الحالة البارامغناطيسية ، حالة تبعثر العزوم المغناطيسية ، انظر الشكل رقم (6.6b).



الشكل (6.6) : علاقة التأثرية المغناطيسية مع درجة الحرارة في المواد الفيرومغناطيسية

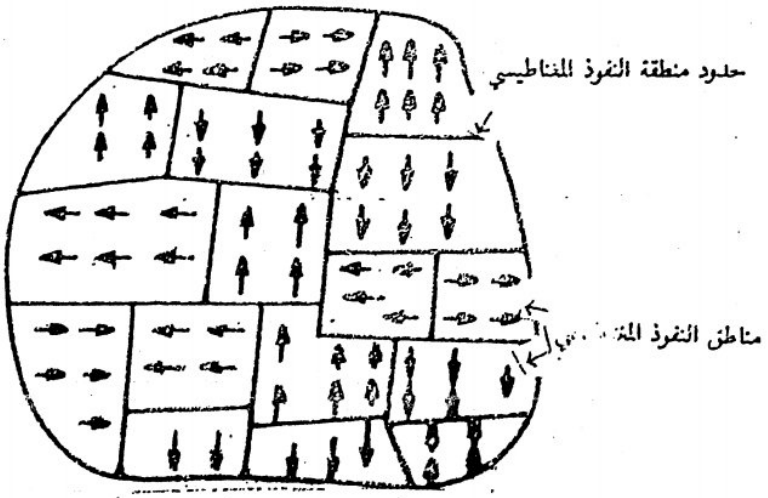
الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

اما اذا انخفضت درجة حرارة المادة الى مادون الدرجة الحرجة Tc فانها تتحول مرة اخرى الى الطور الفيرومغناطيسي ، اي حالة انتظام العزوم المغناطيسية باتجاه واحد. وهذا يعني ان المادة تكون ممغنطة ذاتياً من دون التأثير عليها بمجال مغناطيسي خارجي مؤثر. بقيت ظاهرة المغناطيسية الذاتية وبالتالي النظرية الفيرومغناطيسية مبهمة الى ان جاء العالم وايز Weiss الذي افترض (نظرية المجال الجزيئي) (Molecular Field Theory) والذي يتصف بما يأتي :-

1- انه مجال ذاتي يؤثر في المادة المغناطيسية .

2- له قيمة عالية ، إذ انه يستطيع ان يمغنط المادة الى حد الاشباع ، حتى في حالة عدم وجود مجال مغناطيسي خارجي مؤثر. وبتأثر هذا المجال تكون المادة ممغنطة حدّ الاشباع بصورة ذاتية.

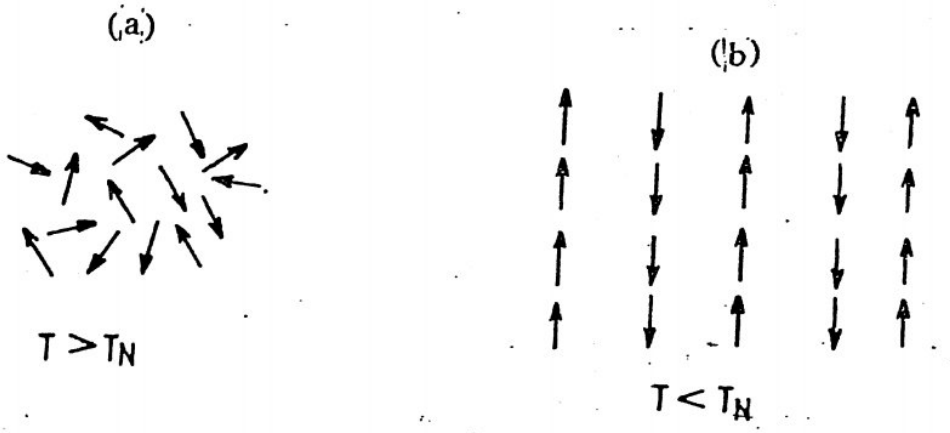
كما استطاع العالم وايز ان يفسر حالة وجود مواد فيرومغناطيسية حديدية في حالة عدم تمغنط في درجة حرارة الغرفة بأفتراضه ان المادة مقسمة الى مناطق مغناطيسية تسمى مناطق النفوذ المغناطيسي Magnetic Domains وهي مناطق مفصولة عن بعضها البعض بحاجز يدعى بـ حائط المنطقة المغناطيسية Magnetic Domain Wall. ان كل منطقة من هذه المناطق تكون ممغنطة ذاتياً حد الاشباع ويكون اتجاه العزوم في كل منطقة معاكس لاتجاه المنطقة المجاورة إذ ان المغناطيسية الكلية للمادة تساوي صفراً. ان سبب تحول المادة الى مادة ذات مناطق نفوذ مغناطيسية متعددة ، يعود الى ان الطاقة المخزونة في المجال المغناطيسي تكون كبيرة ، اما اذا قسمت المادة الى مناطق ممغنطة متعددة وباتجاهات متعاكسة فان الطاقة المخزونة ستكون أقل بكثير مما هي عليه في حالة المنطقة المنفردة. الشكل (6.7) يوضح مناطق النفوذ المغناطيسي في المواد الفيرومغناطيسية.



الشكل (6.7) : مناطق النفوذ المغناطيسي

4 – 5 – 6 المواد ضديدة الفيرومغناطيسية The Anti-Ferromagnetic Materials

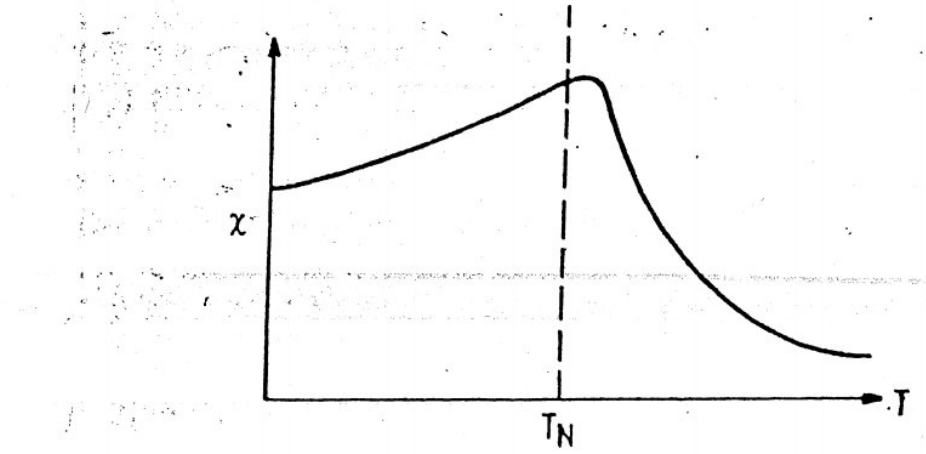
من أشهر العناصر ضديدة الفيرومغناطيسية الكروم Cr والسيريوم Ce والمنغنيز α – Mn وتتصف المواد ضديدة الفيرومغناطيسية بأن تأثريتها قليلة ولكنها موجبة لجميع درجات الحرارة. ان العزوم المغناطيسية لذرات او جزيئات هذه المواد تكون مرتبة بشكل صفوف متوازية ومتشابهة. ولكن اتجاهات العزوم فيها تكون في صفوف متضادة ، كما في الشكل (6.8).

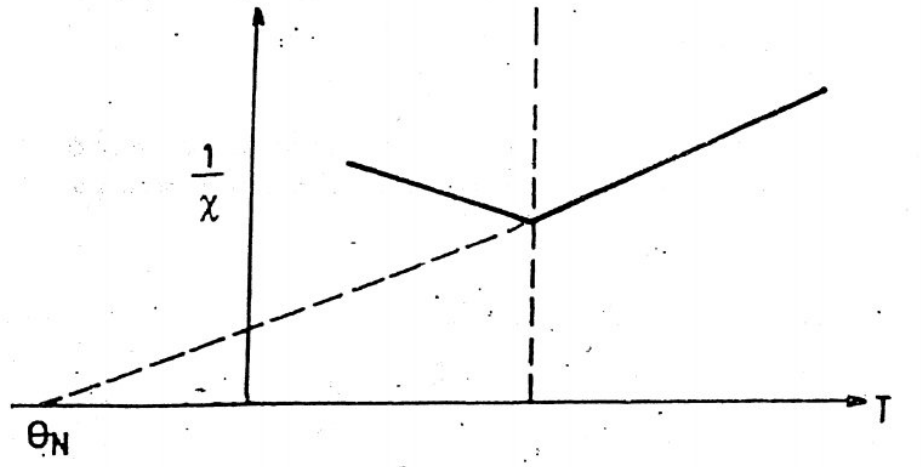


الشكل (6.8) : ترتيب العزوم في المواد ضديدة الفيرومغناطيسية

تمتلك هذه المواد درجة حرارة حرجة تسمى درجة حرارة نيل (T_N) Neel Temperature ، اذ تكون المادة تحت هذه الدرجة مادة ضديدة الفيرومغناطيسية وتترتب العزوم كما في الشكل (6.8b). اما اذا كانت المادة عند درجة حرارة اعلى من درجة حرارة اعلى من درجة حرارة نيل فان المادة تتحول الى الطور البارامغناطيسي ، الذي تكون فيه العزوم مبعثرة باتجاهات مختلفة كما في الشكل (6.8a). تكون مغناطيسية هذه المواد ضعيفة (صفر تقريباً) وذلك لتشابه العزوم المتضادة. تقل التأثرية المغناطيسية للمواد ضديدة الفيرومغناطيسية كلما انخفضت درجة الحرارة في الطور ضديدة الفيرومغناطيسية. الشكل (6.9) يوضع علاقة التأثرية المغناطيسية ومقلوبها مع درجة الحرارة.

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner





الشكل (6.9) : علاقة التأثرية المغناطيسية مع درجة الحرارة في المواد ضديدة الفيرومغناطيسية.

ينطبق قانون كوري – وايز على التأثرية المغناطيسية للمواد ضديدة الفيرومغناطيسية في الطور المغناطيسي ويأخذ الصيغة الآتية.

$$\chi = \frac{C}{T - \theta_N} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots (6.17)$$

ان قيمة θ_N تكون سالبة.

الجدول (6.4). يحتوي على أهم المواد ضديدة الفيرومغناطيسية ودرجة حرارة نيل لها.

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner