

18.5 الفيريت (المواد الفريمغناطيسية)

(i) تركيب وخواص الفيريت

1. الفيريت هو تعديل على تركيب الحديد بدون وجود الكربون، ويعتبر الفيريت من الامثلة الجيدة على المواد الفريمغناطيسية حيث يكون الغزل للأيونات المتجاورة في وجود مجال مغناطيسي في اتجاهات متعاكسة وبمقادير مختلفة.
2. تصنع الفيريت من سيراميك المركبات الفرومغناطيسية.
3. يمتلك الفيريت من الناحية الميكانيكية خواص الحديد النقي. كما ويمتلك قوة شد ضعيفة ويعتبر من المواد الهشة واللينه ولا يتحمل عمليات التصنيع الميكانيكية.
4. كل الكترولونات التكافؤ مرتبطة برابطة ايونية وهذا يجعله موصل رديء ومقاومته النوعية عالية حيث تصل إلى 10^{11} ohm.m
5. تصنع الفيريت بواسطة عملية السحق المعدنية من خلال الخلط والضغط والتسخين عند درجات حرارة عالية يتبعها عملية تصلب في وجود مجال مغناطيسي.
6. تستخدم في قوالب المحولات وملفات المسح التلفزيوني واجهزة الذاكرة ومفاتيح عالية السرعة للدوائر الالكترونية.
7. الصيغة الكيميائية للفيريت هي $X Fe_2O_4$ حيث ان X قد تكون معدن مثل Mg او Mn أو Zn.
8. تمتلك هذه المواد فقد قليل من التيارات الدوامية وكذلك فقد قليل في التخلف المغناطيسي عند ترددات الراديو.

في العادة هناك نوعين من التراكيب المتوفرة للفيريت.

السبينل العادي

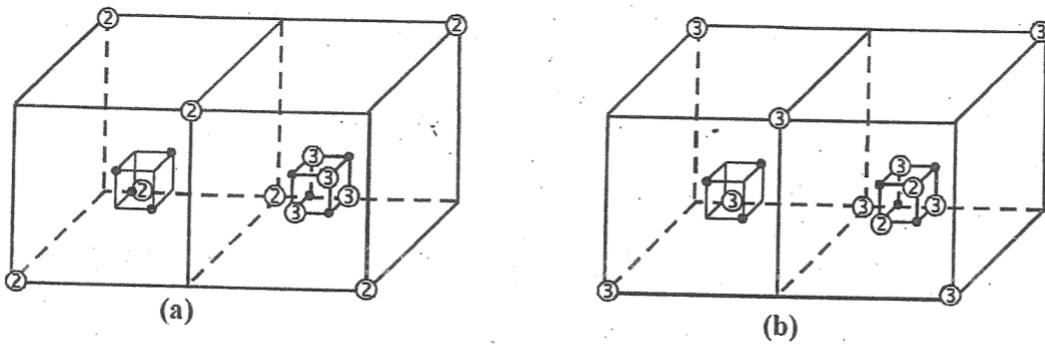
يشغل كل ايون معدني ثلاثي التكافؤ في السبينل العادي الموقع ثماني الاسطح (B) ويشغل كل ايون ثنائي التكافؤ الموقع رباعي الاسطح (A) من شبكة الاكسجين البلورية المكعبة.

امثلة: $X^{2+} Fe_2^{3+} O_4$ حيث ان X تمثل ايون معدني ثنائي التكافؤ مثل Mn و Cu و Ni و Mg الخ.

السبينل المعكوس

في السبينل المعكوس تشغل ايونات معدنية ثلاثية التكافؤ كل المواقع الرباعية الاسطح (A) ونصف المواقع الثمانية الاسطح (B) وباقي مواقع الـ (B) تكون مشغولة بأيونات معدنية ثنائية التكافؤ.

امثلة: O^4 ($Fe^{2+}Fe^{3+}$) Fe^{3+} والتي تعادل فيريت الحديدوز



- ② موقع الايون المعدني ثنائي التكافؤ
- ③ موقع الايون المعدني ثلاثي التكافؤ
- موقع ايون الاكسجين

الشكل 18.5 (a) تركيب سبينل عادي (b) تركيب سبينل معكوس

في الشكل 18.5 (a) الدائرة ② محاطة بأربعة ايونات O^{2-} او O^{-} في شكل رباعي الاسطح وهي تلك الموضحة بالنقاط الداكنة • وتعرف بموقع رباعي الاسطح (الموقع A). هناك 8 مواقع رباعية الاسطح في وحدة خلية الاكسجين. الدائرة ③ محاطة بستة ايونات O^{2-} او O^{-} في شكل ثماني الاسطح وتعرف بالموقع الثماني الاسطح (الموقع B). هناك 16 موقع ثماني الاسطح في وحدة خلية الاكسجين. هذا النوع من الترتيب يعود إلى السبينل العادي. في حالة السبينل المعكوس (الشكل 18.5 (b) فان المواقع A تكون مشغولة بأيونات معدنية ثلاثية التكافؤ ونصف المواقع B تكون مشغولة بأيونات معدنية ثنائية التكافؤ. والباقي من المواقع B تكون مشغولة بأيونات معدنية ثنائية التكافؤ.

(ii) انواع التفاعلات الموجودة في الفريت

اقترح نييل "Neel" ان كل التفاعلات في الفيريت هي فريمغناطيسية مضادة. لكن التفاعلات A-B أكثر قوة من التفاعلات A-A او B-B. إذا كان فيريت النيكل فريمغناطيسي فانه يجب ان يكون لديه 12 بور ماجنيتون اي 7 بور ماجنيتون في الموقع B و 5 بور ماجنيتون في الموقع A. حيث في الموقع A ايون حديدي واحد وفي الموقع B يوجد ثلاثة ايونات حديدية وايونات نيكل بسبب التركيب العكسي. لكننا لاحظنا عمليا ان هناك فقط 2.3 بور ماجنيتون، لذلك إذا اعتبرنا ان التفاعل يكون فريمغناطيسي مضاد حسب اقتراح نييل فان العزم المغناطيسي الكلي لكل جزيء هو الفرق في 7 بور ماجنيتون (المواقع B) و 5 بور ماجنيتون (المواقع A). هذا متوافق جدا مع البيانات العملية. لذلك فريت النيكل هو عبارة عن مادة فريمغناطيسية.

في حالة فيريت الزنك ($ZnFe_2O_4$) والذي يمتلك تركيب سبينل عادي او منتظم، فان كل المواقع A تكون مشغولة بأيونات زنك غير مغناطيسية وايونات فيريت في المواقع B. هنا تكون تفاعلات A-B مساوية للصفر وذلك لعدم وجود عزم مغناطيسي في المواقع A. تكون ايونات الفيريت في المواقع B مرتبة بشكل متوازي عكسي من خلال تفاعلات B-B الفريمغناطيسية المضادة. ولذلك فان تفاعلات B-B وتفاعلات A-A تساوي صفر. وبهذا فان فريت الزنك لا يظهر مغناطيسية ويعتبر مادة فريمغناطيسية مضادة بالرغم من كونه فيريت.

(iii) تطبيقات الفيريت

1. تستخدم الفيريت لتوليد امواج فوق صوتية بترددات منخفضة من خلال مبدأ التخصر المغناطيسي (magnetostriction). كما انها تستخدم في محول الطاقة الكهروميكانيكي.
2. تستخدم قضبان الفيريت في مستقبلات الراديو (بالأخص في ملف الموجة المتوسطة) لزيادة حساسية المستقبل وانتقائيته.
3. تستخدم الفيريت مثل فريت زنك النيكل كقوالب في محولات الراديو والتلفزيون.
4. حيث ان فقد التيارات الدوامية للفيريت صغيرا وكذلك لان الفقد صغيرا ايضا في التخلف المغناطيسي عند ترددات الميكروويف فإنها تستخدم بشكل كبير في اجهزة الميكروويف الغير تبادلية مثل جهاز ازاحة الطور الجيراتور "gyrator" والذي يتكون من منفذين لوحدة ارسال

الطاقة في اتجاهين لكن بإزاحة متفاوتة للطور بمقدار π بين المنفذين، واجهزة التدوير والتي تتكون من عدة منافذ للإرسال المتتابع بين المنافذ لكن بإزاحة محددة للطور بين المنافذ، واجهزة العزل والتي تتكون من منفذين بتوهين متفاوت. تستخدم فريت المنجنيز والماغنيسيوم في تلك الاجهزة حيث تتميز هذه المادة بحساسية عالية مع فقد قليل في التخلف المغناطيسي.

5. بالاعتماد على التنسور الغير خطي لخاصية النفاذية يستخدم الفيريت في اجهزة تقييد الطاقة وفي المولد التوافقي.

6. تستخدم اجهزة تكبير اشارة الميكروويف الفيرومغناطيسية مادة الفيريت الذي يمتاز بضجيج منخفض جدا.

7. تستخدم الفيريت ايضا في الحواسيب الرقمية ودوائر معالجة البيانات. وفي العادة تستخدم الفيريت التي لها حلقات تخلف مغناطيسي ذات شكل مستطيل في عناصر التخزين المغناطيسية.

(i) العناصر ثنائية الاستقرار

يستخدم قلب الفيريت كعنصر ثنائي الاستقرار لأنه بعد مرور نبضة تيار مغنطة مشبعة فان الفيض المتبقي سيكون اما $\Phi_r +$ او $\Phi_r -$ وذلك بالاعتماد على اتجاه نبضة التيار. في غياب تأثيرات إزالة المغنطة الخارجية سوف يحتفظ القلب بهذا الفيض المتبقي إلى اجل غير مسمى بدون استهلاك المزيد من الطاقة. وبالتالي يمكن استخدامه في تخزين المعلومات في صورة شيفرة ثنائية بحيث ان $\Phi_r +$ و $\Phi_r -$ تمثل حالة الصفر والواحد على التوالي. ولقراءة المعلومات يتم ارسال نبضة تيار سالبة لها نفس مقدار نبضة التيار الاصلية التي استخدمت في تخزين المعلومات لقراءة البيانات. حيث ان التيارات الدوامية تساوي صفر تقريبا في الفيريت حتى في حالة فيض عكسي كبير وسريع فان هذه المواد تظهر كخيار واضح لتستخدم كمفتاح الكتروني في اجهزة الحاسوب علاوة على انها تعطي الشكل المستطيل المطلوب لحلقة التخلف المغناطيسي الخاصة بها.

مكعب حديدي Ferrox cube: انه واحد من المواد المغناطيسية اللينة وهي ايضا من الفيريت. يمتلك المكعب الحديد حلقة تخلف مغناطيسي مربعة الشكل. ولها نفاذية ومقاومية عاليتين. تستخدم في دوائر التبديل وفي مصفوفة التخزين ومقاومة الازاحة للحواسيب.

مثال: فيريت المنجنيز والماغنيسيوم (50% MgO + 50% MnO – Fe₂O₃)

(ii) مسجل الازاحة المغناطيسي magnetic shift register

وظيفة مسجل الازاحة المغناطيسي او خط التأخير هو لقبول وتخزين المعلومات بشيفرة ثنائية. يستخدم قلب الفيريت ذو الحلقة المستطيلة مع قيم منخفضة لمعامل التبديل ومجال يعمل عند القيمة الحرجة (العتبة). يمكننا ان نقوم بتركيب مسجل ازاحة مغناطيسي يعتمد على قالبين لكل رقم مخزن او قلب واحد لكل رقم باستخدام دوائر التقويم. توفر مسجلات الازاحة تسهيلات متعددة لتخزين البيانات في الحاسوب. يمكن ان تستخدم كمقسمات للتردد. مرافق التخزين على نطاق واسع تعتمد بشكل كبير على التخزين المغناطيسي.

(iii) الفقاعات المغناطيسية

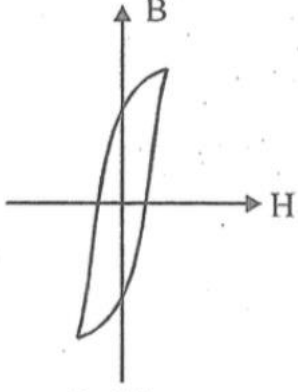
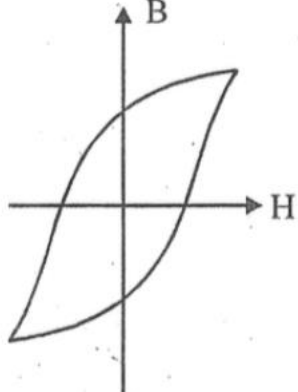
تعتبر الفقاعات المغناطيسية من المواد المغناطيسية اللينة التي لها نطاقات مغناطيسية تصل اقطارها لبضعة μm متضمنة مصفوفة من الغزل باتجاهات مختلفة. هذه الفقاعات تناظر من الناحية الالكترونية ذاكرة القرص المغناطيسي المستخدم في الحواسيب. الشريط المغناطيسي يتحرك ميكانيكيا بينما الفقاعات في اجهزة ذاكرة الفقاعة تتحرك الكترونيا بسرعات كبيرة. لذلك فان زمن القراءة او زمن التخزين يقل بشكل كبير في اجهزة ذاكرة الفقاعة.

8. تعتمد كل التطبيقات أعلاه على خواص الفيريت اللين. لدينا بعض الفيريت القاسي والذي يستخدم في صناعة المغناطيسات الدائمة. أحد هذه الفيريت القاسي هو فيريت الباريوم ($\text{BaO}_6 \text{Fe}_2\text{O}_3$) والذي ينتج بتسخين خليط من الباريوم واكاسيد حديدية. انها مختلفة تماما عن الفيريت اللينة من ناحية التركيب البلوري والخواص المغناطيسية. انها تمتلك قوة مغنطة قسرية عالية وتستخدم في توليد فيض مغناطيسي كبير وتعمل بكفاءة بدون دوائر حديد لينة على خلاف سبيكة "Alnico" وهي اختصار لسبيكة مغناطيسية من الالومنيوم والنيكل والكوبلت والحديد.

(d) الجارنيت

1. الجارنيت هو ايضا من المواد الفريمغناطيسية مثل الفيريت له صيغة كيميائية عامة وهي $M_3Fe_5O_{12}$ حيث ان M ايون معدني ثلاثي التكافؤ و Fe ايون حديدي ثلاثي التكافؤ.
2. هذه عبارة عن مواد مغناطيسية لينة وتتميز بفقد تيارات دوامية صغير بسبب مقاومتها النوعية العالية وكذلك فقد صغير في التخلف المغناطيسي عند ترددات الميكروويف.
3. تمتلك هذه المواد منحنى رنين ضيق وتستخدم بشكل كبير كعوازل ميكروويف في مدى ترددات الـ GHz.
4. جارنيت اليوتيريوم والحديد (YIG او $Y_3 Fe_5 O_{12}$) ينتمي لمجموعة الجارنيت الحديد الارضي النادرة ولها فقد مغناطيسي منخفض من الفيريت بسبب الترتيب المنظم للأيونات في الشبكة البلورية. يتأسس تركيب هذه المادة على شبكة الاكسجين البلورية المكعبة في صورة مكدسة، وتحتوي وحدة الخلية على ثمانية جزيئات من $Y_3 Fe_5 O_{12}$. ايون اليوتيريوم الكبير تدفع ايونات الاكسجين إلى لخلف لتشكل موقع مجاور به ثمانية ذرات اكسجين. كل الفراغات المتوفرة تنشغل باليوتيريوم او ايونات الحديد وبالتالي لا يوجد اي عشوائية في توزيع الايونات.

19.5 المواد المغناطيسية اللينة والقاسية

المواد المغناطيسية اللينة	المواد المغناطيسية القاسية
 <p style="text-align: center;">Soft iron</p>	 <p style="text-align: center;">Steel</p>
<p>الشكل 19.5 (b)</p>	<p>الشكل 19.5 (a)</p>
<p>1. يوضح الشكل اعلاه طبيعة حلقة التخلف المغناطيسي لمادة مغناطيسية لينة.</p> <p>2. المواد المغناطيسية اللينة هي مواد مغناطيسية لا يمكن مغنطتها او ازالة مغنطتها بسهولة.</p> <p>3. تمتلك فقد تخلف مغناطيسي صغير بسبب مساحة حلقة التخلف المغناطيسي الصغيرة.</p> <p>4. تمتلك هذه المواد قيم نفاذية وقابلية مغناطيسية كبيرة.</p> <p>5. فقد التيارات الدوامية هنا اقل بسبب مقاومتها النوعية العالية.</p> <p>6. للحصول على مواد مغناطيسية لينة فان جدران النطاق يجب ان تكون قابلة للحركة بسهولة وعكوسة وبذلك تكون تغيرات المغنطة بكميات</p>	<p>1. يوضح الشكل اعلاه طبيعة حلقة التخلف المغناطيسي لمادة مغناطيسية قاسية.</p> <p>2. المواد المغناطيسية القاسية هي مواد مغناطيسية لا يمكن مغنطتها او ازالة مغنطتها بسهولة.</p> <p>3. تمتلك فقد تخلف مغناطيسي كبير بسبب مساحة حلقة التخلف المغناطيسي الكبيرة.</p> <p>4. تمتلك هذه المواد قيم نفاذية وقابلية مغناطيسية صغيرة.</p> <p>5. فقد التيارات الدوامية أكثر بسبب مقاومتها النوعية الصغيرة.</p> <p>6. حركة جدر النطاق في المواد المغناطيسية القاسية صعبة وهذا يعود إلى عيوب الشبكة البلورية وطبيعتها اللاعكسية.</p>

<p>كيرة لتغيرات صغيرة في المجال الممغنط.</p>	
<p>القوة المغناطيسية القسرية وقدرتها على الاحتفاظ بالمغنطة صغيرة.</p>	<p>7. القوة المغناطيسية القسرية وقدرتها على الاحتفاظ بالمغنطة كبيرة</p>
<p>هذه المواد خالية من العيوب (في التركيب البلوري) مثل الاجهاد الميكانيكي أو الشوائب. وكذلك طاقتها المغناطيسية الساكنة صغيرة جدا.</p>	<p>8. في هذه المواد يكون عدم الانتظام (في التركيب البلوري) مثل الاجهاد الميكانيكي سوف يكون أكثر. وكذلك طاقتها المغناطيسية الساكنة كبيرة</p>
<p>تصنع هذه المواد على النحو التالي: تسخين المادة النقية لدرجة حرارة كافية لجعل حركة الذرات ممكنا لتستقر وتترتب في الشبكة البلورية، يتبع ذلك تبريد بطيء (عملية معالجة حرارية) حتى لا يتم احداث اي تشويس لها.</p>	<p>9. تنتج هذه المواد بتسخين المادة ومن ثم وضعها فجأة في زيت بارد (عملية تبريد سريع) وهذا يولد فيها اجهادات داخلية. لذلك يتم ادخال الاجهاد الميكانيكي فيها عن قصد لجعلها مواد قاسية.</p>
<p>امثلة: سبيكة السليكون والحديد، وسبيكة النيكل الحديدي، والفيريت والجارنيت.</p>	<p>10. امثلة: سبيكة Alnico، وCunifex وCunico وSilmanal</p>
<p>الاستخدامات:</p>	<p>الاستخدامات:</p>
<p>تستخدم هذه المواد في الآلات الكهرومغناطيسية وفي قوالب المحولات. تستخدم هذه في دوائر التبديل الكهربائية وعوازل الميكروويف ومسجلات الانزياح ومصفوفة التخزين الحاسوبية وكذلك لإنتاج مغناطيسات كهربائية.</p>	<p>11. تستخدم هذه المواد لإنتاج مغناطيسيات دائمة. تستخدم المغناطيسيات الدائمة في الكواشف والميكروفون ومقياس الفيض ومنظمات الجهد واجهزة الاخمد والفواصل المغناطيسية.</p>

1.19.5 تطبيقات المواد المغناطيسية اللينة

تستخدم المواد المغناطيسية اللينة في الآلات الكهرومغناطيسية والمحولات وصناعة القوالب لزيادة ترابط الفيض المغناطيسي.

تستخدم القوالب المغناطيسية في المجالات المغناطيسية المترددة مثل تلك المستخدمة في المحولات وفي الآلات الكهربائية ذات الحركة الدورانية حيث انها تصنع من مواد لها حلقات تخلف مغناطيسي ضيقة وذلك للحفاظ على فقد منخفض في التخلف المغناطيسي. يتناسب فقد التخلف المغناطيسي طرديا مع المساحة المحصورة داخل حلقة التخلف المغناطيسي للمادة ويتناسب طرديا ايضا مع تردد التيار وحجم المادة.

ينتج عن المجالات المغناطيسية المترددة قوة دافعة كهربية مستحدثة في القوالب وتتسبب في مرور تيار كهربى فيها. هذا التيار الكهربى المستحث يعرف باسم التيارات الدوامية وينتج عنها فقد في القدرة يظهر على شكل حرارة، ومن هنا أطلق على هذا الفقد باسم فقد التيارات الدوامية.

لهذا يجب ان تمتلك مادة القالب فقد تخلف مغناطيسي منخفض وكذلك فقد تيارات دوامية منخفضة. ونحصل على هذه الخصائص من المواد المغناطيسية اللينة مع مقاومة نوعية عالية.

حديثا، استخدم الزجاج المعدني كمادة لقلب المحول وهذا الزجاج المعدني عبارة عن سبائك معدنية لا تمتلك ترتيب ذري كبير المدى. تمتلك هذه المادة مقاومة نوعية كهربية كبيرة ونفاذية عالية مع قوة مغناطيسية قسرية منخفضة. كما انها فقد التخلف المغناطيسي وفقد التيارات الدوامية مهملين. لهذا فان هذه المواد تعتبر مواد فرومغناطيسية لينة. ومن الامثلة لمواد الزجاج المعدني $Fe_{75}P_{15}C_{10}$ و $Fe_{24}Zr_{76}Ni_{60}Nb_{40}$ و $Fe_{40}Mo_{40}B_{20}$. هذه المواد بالإضافة إلى استخدامها في صناعة المحولات الخفيفة الوزن فهي ايضا تستخدم كحواجز مغناطيسية وتصنع منها رؤوس تسجيل الشريط المغناطيسي. تتوفر هذه المواد في صورة افلام واشرطة وصفائح رقيقة.

أمثلة أخرى على المواد المغناطيسية اللينة

(a) سبيكة الحديد والسليكون (Fe-Si)

1. تمتلك هذه السبيكة مقاومة نوعية اعلى من الحديد النقي. (اضافة 4% سليكون). لذلك فهي سوف تقلل فقد التيارات الدوامية.
2. هذه السبيكة سوف تكون مناسبة للتشغيل عند ترددات من 50 إلى 50 هيرتز.
3. لا يمكن استخدام هذه السبيكة عندما يكون هناك حاجة لحساسية ودقة عاليتين.

(b) سبيكة الحديد والنيكل (Fe-Ni)

1. كل المزايا التي ذكرت للسبيكة السابقة تتحسن بالمعالجة الحرارية المغناطيسية.
2. تستخدم هذه السبيكة حتى ترددات الراديو.
3. افترض اننا نرغب في الحصول على حساسية ودقة عالية في معدات الاتصالات فاننا نستخدم سبائك الحديد والنيكل مثل سبكية بيرمالوي "permalloy" (45% من النيكل مع 55% من الحديد) وسبيكة سوبريم "superm" (79% من النيكل مع 16% من الحديد مع 5% من الموليبدنيم).
4. تمتلك هذه السبيكة نفاذية ابتدائية عالية بالمقارنة مع سبائك الحديد والسليكون. وهذا يقلل المساحة تحت منحنى حلقة التخلف المغناطيسي مما يجعلها مناسبة للاستخدام عند الترددات العالية.
5. سبيكة ميومتال "Mumetal" (77% من النيكل مع 16% من الحديد مع 5% من النحاس مع 2% من الكروم) تعتبر سبيكة نيكل مهمة.
6. تستخدم هذه السبيكة في محولات الـ AF و RF.

(c) الفريت والجارنيت هي ايضا مواد مغناطيسية لينة (انظر الجزء 18.5)

2.19.5 انواع مختلفة من المواد المغناطيسية القاسية

حاصل ضرب الطاقة لـ B_r و H_c

حاصل ضرب الطاقة للمواد المغناطيسية هو عبارة عن حاصل ضرب المغناطيسية المستحثة المتبقية B_r وشدة المجال المزيل للمغطة H_c .

عندما تكون قيمة حاصل ضرب الطاقة للمادة قليلة جدا فإننا نعتبرها مادة مغناطيسية لينية تستخدم في تطبيقات التخزين المغناطيسي. وعندما تكون قيمة حاصل الضرب كبيرة جدا فان المادة تعرف على انها مادة مغناطيسية قاسية وتستخدم في صناعة المغناطيسيات الدائمة. يعطي حاصل الضرب الطاقة اللازمة للتخلص من مغناطيسية المغناطيس الدائم.

مواد لها حاصل ضرب طاقة كبير لصناعة المغناطيسيات الدائمة

(i) فولاذ الكربون وسبيكة التنجستن وفولاذ الكروميوم وفولاذ الكوبلت في ظروف معدن المارتنيسيت تستخدم في تصنيع مغناطيسيات دائمة. في هذه المواد تساعد القيمة العالية للصلابة على تحسين مقاومة جدران النطاق للحركة.

امثلة: فولاذ الكربون (1% منجنيز و 0.9% كربون و 98.1% حديد)

فولاذ الكروم (3.5% كروم و 0.9% كربون و 0.5% منجنيز و 95.1% حديد)

فولاذ الكوبلت (20% كوبلت و 0.7% كربون و 7% تنجستن و 3% كروم و 69.3% حديد)

(ii) من بين السبائك المعدنية الهامة سبيكة النيكو "alnico". هذه خالية من الكربون وهي من السبائك التي لا تتحمل عمليات التصنيع. خواص هذه السبائك المعدنية مستقرة مع الزمن ودرجة الحرارة. هذه المادة صعبة الصب وبالتالي فإنها تصنع بتقنيات المسحوق المعدني والتصليب في مجالات مغناطيسية.

المعالجة الحرارية لسبائك النيكو في مجال مغناطيسي تعمل على زيادة الطاقة المغناطيسية الاستاتيكية بشكل كبير. من بين المواد المغناطيسية القاسية المشهورة سبائك النيكو فقط وتمتلك قيم حاصل ضرب طاقة مرتفع. من الانواع العامة النوع النيكو II يتكون من (10% الومنيوم و 18% نيكل و 12% كوبلت و 3%

نحاس و 51% حديد) ونوع النيكو V يتكون من (8% الومنيوم و 14% نيكل و 24% كوبلت و 3% نحاس و 51% حديد). عند نسبة عالية من الكوبلت (15% إلى 40%) تزداد المغناطيسية المتبقية والقوة المغناطيسية القسرية في الحديد. لهذا يعتبر النيكو النوع V بان له حاصل طاقة اعلى من النوع II. يمكن انتاج مقدار صغير من مسحوق المغناطيس من هذه السبائك. بالإضافة إلى ان مغناطيس دائم بحاصل طاقة كبير جدا يمكن انتاجه من سبيكة الكوبلت مع عناصر ارضية نادرة.

(iii) تعتبر كلا من (Fe و Ni و Cu) Cunifes و (Co و Ni و Cu) Cunico و (Mn و Ag) Silmanal و (Al) من السبائك المغناطيسية الخالية من الكربون والممكن ان تتحمل التصنيع. تتحسن خواصها المغناطيسية بتصلب الترسيب والتبريد الشديد.

(iv) تصنع المغناطيسات الدائمة بطاقة مغناطيسية استاتيكية عالية بواسطة الحديد النقي بنطاق وحيد او كبس مسحوق الحديد والكوبلت في مجال مغناطيسي. هذه عبارة عن مغناطيسات مسحوق مضغوط. اما مغناطيسات ذات النطاق الوحيد الممدود فهي ايضا تصنع بالعملية السابقة باستخدام جسيمات دقيقة من الحديد.

(v) تصنع مغناطيسات اكسيد المعدن من مساحيق اكسيد المعدن والتي تضغط في الشكل المطلوب، وتعرض للتسخين في وجود مجال مغناطيسي. وهي تمتلك استقرار كيميائي كبير.

مثال: مغناطيس اكسيد الحديد واكسيد الكوبلت (30% Fe_2O_3 و 44% Fe_3O_4 و 26% Co_2O_3)

هناك بعض المغناطيسات من اكسيد غير معدني مثل فيريت الباريوم (تمت مناقشته في موضوع الفيريت)، والماغندور (magnadur) الخ، والتي تمتلك حاصل طاقة أكبر من سبائك alnico. يعتبر الماغندور من الفيريت القاسي بتركيب فيريت سداسي الشكل.

الجدولين 2.5 و 3.5 يوضحان خواص المواد المغناطيسية اللينة والقاسية والتطبيقات المتوقعة.

جدول 5.2 المواد المغناطيسية اللينة الهامة وخواصها

تطبيقات	خواص اخرى	فقد التخلف المغناطيسي ($J.m^{-3}$)	المقاومة النوعية ohm.m	النفاذية النسبية الابتدائية (μ_r)	التركيب	اسم السبيكة
قلب محولات الطاقة.	1. اقصى نفاذية نسبية 7000. 2. المقاومة النوعية اكبر بستة مرات من الحديد النقي.	100	0.6×10^{-6}	500	96%Fe, 4%Si	سبيكة Fe-Si
قوالب محولات الراديو والفيديو واجهزة الاتصالات.	1. اقصى نفاذية نسبية 25000 2. صلابة اعلى.	120	0.55×10^{-6}	2700	55% Fe, 45%Ni	Permalloy
قوالب محولات الصوتيات والراديو حيث تتطلب قوة مغناطيسية قسرية منخفضة.	1. اقصى نفاذية نسبية 8000.000 2. صلابة عالية جدا.	20	0.65×10^{-6}	100,00	79%Ni, 16%Fe, 5%Mo	Supemalloy
قوالب محولات الصوتيات والراديو.	1. اقصى نفاذية نسبية 100.000 2. خواص مغناطيسية عالية الاستقرار حتى عند ترددات مرتفعة جدا. 3. مقاومة عالية للتآكل.	16	0.6×10^{-6}	80,000	77%Ni, 5%Cu, 2%Cr, 16%Fe	Mu metal
قوالب محولات الصوتيات واجهزة التلفزيون	1. مقاومة نوعية عالية جدا. 2. حلقة تخلف مغناطيسي ضيقة. 3. اقصى نفاذية نسبية 5000	35	10^6	500	(80%NiO+ 20%ZnO) Fe ₂ O ₃	Ni-Zn ferrite
عازل الميكروويف والجيرتور	1. اقصى نفاذية نسبية 2500 2. ثابت عازلية كبير جدا	2000	10^8	40	(80%MnO+ 20%ZnO) Fe ₂ O ₃	M _n -Z _n ferrite
ذاكرة الحواسيب	1. حلقة تخلف مغناطيسية مستطيلة 2. مقاومة نوعية عالية جدا وفقد منخفض في التيارات الدوامية	4000	10^8	20	(50%MgO+ 50%MnO) Fe ₂ O ₃	Mg-Mn ferrite
معدات الميكروويف كاجهزة غير معكوسة	1. فقد تيارت دوامية منخفض. 2. مقاومة نوعية عالية جدا. 3. ثابت عازلية عالي جدا.	3000	10^{11}	15	Y ₃ Fe ₅ O ₁₂	YIG

جدول 5.3 المواد المغناطيسية القاسية الهامة وخواصها

تطبيقات	خواص اخرى	حاصل ضرب الطاقة kJ Br Hc (m ⁻³)	المقاومة المغناطيسية H _c (kA m ⁻¹)	الاستبقاء المغناطيسي Br (weber m ⁻²)	التركيب	اسم السبيكة
لصناعة المغناطيسات الدائمة	قوة وصلابة عالية.	3.58	3.98	0.9	حتى 1% كربون	مارتنسيت فولاذ الكربون
لصناعة المغناطيسات الدائمة	قوة وصلابة اعلى من فولاذ الكربون.	5.85	5.57	1.05	6% W, 0.7% C, 0.3% Mn, 93% Fe	فولاذ التنجستن
لصناعة المغناطيسات الدائمة مع حاصل ضرب طاقة مستقر.	صلابة عالية مقاومة عالية ضد التآكل	4.91	5.17	0.95	3.5% Cr, 1% C, 0.4% Mn, 95.1% Fe	فولاذ الكروم
لصناعة المغناطيسات الدائمة	مقاومة مغناطيسية عالية قوة مغناطيسية كبيرة	17.4		0.9518.31	36% Co, 7% W, 3.5% Cr, 0.9% C, 56.3 Fe	فولاذ الكوبلت
لصناعة مغناطيسات دائمة وصغيرة وقوية	قوة مغناطيسية كبيرة قوة ميكانيكية عالية تنتج من خلال المسحوق المعدني سبيكة Alnico النوع V اقوى من النوع II بسبب نسبة الكوبلت الاعلى	48-144	60-120	0.8-1.2	12% Co, 17% Ni, 10% Al, 6% Cu, 55% Fe	سبانك الالومنيوم والنيكل والكوبلت
لصناعة مغناطيسات دائمة وكبيرة	سبيكة للتصنيع خالية من الكربون تتحسن خواصها المغناطيسية بالصلابة.	19	36	0.53	6% Cu, 36% Ni, 58% Fe	Cunifes
لصناعة مغناطيسات دائمة وكبيرة	سبيكة للتصنيع خالية من الكربون	40	40	1	6% Cu, 40% Ni, 54% Co	Cunico
لصناعة مغناطيسات قوية	مقاومة مغناطيسية عالية خواص مغناطيسية مستقرة	29.4	140	0.2	BaO.6Fe ₂ O ₃	فيريت الباريوم

تمارين محلولة

1. يتعرض ساق من الحديد كثافته $7.7 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ وحرارته النوعية $0.462 \times 10^{-3} \text{ J/kgK}$ لدورات مغنطة بمعدل 50 دورة في الثانية. إذا كانت المساحة المحصورة بمنحنى B-H مساوية لفقد الطاقة والتي تساوي 10^{-2} J ، اوجد ارتفاع درجة الحرارة في الدقيقة بافتراض ان الحرارة المتولدة لا تتبدد بالإشعاع.

الطاقة المفقودة في الثانية لكل وحدة حجم تساوي

$$10^{-2} \times 50 \text{ J}$$

الحرارة المتولدة في الدقيقة لكل وحدة حجم تساوي

$$10^{-2} \times 50 \times 60 \text{ J}$$

هذه تساوي ايضا $\rho s \theta$ حيث ان θ هي الارتفاع في درجة الحرارة في الدقيقة

$$7.7 \times 10^3 \times 0.462 \times 10^{-3} \times \theta = 10^{-2} \times 50 \times 60$$

$$\theta = 30 / (7.7 \times 0.462) = 8.43 \text{ K}$$

2. في نموذج بور لذرة الهيدروجين يدور الالكترون حول النواة في مسار نصف قطره 5.1×10^{-11} متر بتردد ν يساوي 6.8×10^{15} دروة في الثانية. ما هي قيم B عند المركز وعند عزم ثنائي القطب؟

$$i = \frac{dq}{dt} = e\nu = 1.6 \times 10^{-19} \times 6.8 \times 10^{15} = 1.1 \times 10^{-3} \text{ ampere.}$$

$$B = \frac{\mu_0 i}{2R} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 1.1 \times 10^{-3}}{2 \times 5.1 \times 10^{-11}} = 14 \text{ weber/m}^2$$

$$\text{The dipole moment} = i A = 1.1 \times 10^{-3} \times \pi \times (5.1 \times 10^{-11})^2 = 9 \times 10^{-24} \text{ ampere/m}^2$$

3. شدة المجال المغناطيسي في مادة مغناطيسية يساوي 10^6 amp/m . اذا كانت القابلية المغناطيسية لهذه المادة تساوي 0.5×10^{-5} ، احسب شدة المغنطة وكثافة الفيض في المادة.

$$\begin{aligned} \chi &= \frac{I}{H} \\ \therefore I &= \chi H = 0.5 \times 10^{-5} \times 10^6 = 5 \text{ ampere/m} \\ B &= \mu_0 (I+H) = 4\pi \times 10^{-7} (5+10^6) = 1.257 \text{ weber/m}^2 \end{aligned}$$

4. قيمة التشبع لمغطة الحديد تساوي 1.76×10^6 amp/m. يمتلك الحديد تركيب بلوري مكعب مركزي بحافة طولها 2.86 \AA . احسب متوسط عدد البورماجنيتون المشارك في المغطة لكل ذرة.

$$1 \text{ Bohr magneton} = \frac{e\hbar}{2m} = 9.27 \times 10^{-24} \text{ ampere m}^2$$

$$N = \frac{2}{(2.86 \times 10^{-10})^3} \text{ per m}^3$$

$$\text{Saturation magnetization } I_s = N\bar{\mu}$$

$$\begin{aligned} \bar{\mu} &= \frac{I_s}{N} = \frac{1.76 \times 10^6 \times (2.86 \times 10^{-10})^3}{2} \text{ per atom} \\ &= 20.586 \times 10^{-24} \text{ ampere m}^2 \end{aligned}$$

In terms of Bohr magneton,

$$\bar{\mu} = \frac{20.586 \times 10^{-24}}{9.27 \times 10^{-24}} = 2.22 \text{ Bohr magneton /atom}$$

5. تعرضت مادة بارامغناطيسية لمجال متجانس 10^6 amp/m عند درجة حرارة الغرفة 30°C . احسب متوسط العزم المغناطيسي على امتداد اتجاه المجال لكل غزل بوحدة البورماجنيتون.

افتراض ان عزم الغزل الواحد يساوي واحد بورماجنيتون. تعطى المغطة للمادة بسبب الغزل المتوازي على النحو التالي:

$$I = N \beta \tanh \left(\frac{\mu_0 H \beta}{kT} \right)$$

$$\text{where } \beta = \text{Bohr magneton} = \frac{e\hbar}{2m}$$

$$\text{Average magnetic moment along the field direction per spin} = \frac{I}{N\beta}$$

$$= \tanh \left(\frac{\mu_0 H \beta}{kT} \right) \approx \frac{\mu_0 H \beta}{kT} \text{ at room temperature.}$$

$$= \frac{4\pi \times 10^{-27} \times 9.27 \times 10^{-24} \times 10^6}{1.38 \times 10^{-23} \times 303}$$

$$= 2.79 \times 10^{-3} \text{ Bohr magneton/spin.}$$

6. مساحة حلقة التخلف المغناطيسي المرسومة بين B و H هي 94 m^2 . كل وحدة فراغ على امتداد المحور الرأسي تمثل 0.1 weber/m^3 وكل وحدة فراغ على امتداد المحور الافقي تمثل 20 ampereturns/m . استخدم الحديد لرسم حلقة التخلف المغناطيسي بوزن 7650 kg/m^3 . حدد

(i) فقد التخلف المغناطيسي لكل دورة. (ii) فقد قدرة التخلف المغناطيسي بوحدة الواط لكل متر مكعب عند تطبيق 50 دورة مغنطة لكل ثانية، و (iii) فقد القدرة بوحدة الواط لكل كيلوجرام عند 50 Hz .

i. The hysteresis loss per cycle.

$$= \text{area of the hysteresis loop} \times \text{value of unit length along Y - axis} \times \text{value of unit length along X - axis}$$

$$= 94 \times 0.1 \times 20 = 188 \text{ J/m}^3$$

ii. The hysteresis power loss per second = $188 \times 500 = 9400 \text{ watt/m}^3$

iii. The power loss = $\frac{9400}{7650} = 1.23 \text{ watt /kg}$.

الخلاصة

1. تنشأ المغناطيسية من الحركة المدارية والحركة المغزلية للإلكترونات في الذرة.
2. المواد الدايا مغناطيسية والمواد البارامغناطيسية والمواد الفرومغناطيسية هي مواد مغناطيسية هامة.
3. تمتلك المواد الدايا مغناطيسية قابلية مغناطيسية سالبة والمواد البارامغناطيسية تمتلك قابلية مغناطيسية موجبة.
4. المغنطة الهائلة في المواد الفرومغناطيسية حتى في حالة تطبيق مجال مغناطيسي ضعيف يعود إلى المغنطة التلقائية والتي تنشأ من التفاعلات التبادلية المفضلة بين الغزل المتجاور.
5. النطاقات هي مناطق صغيرة في المادة الفرومغناطيسية وهي متمغنطة بالكامل من خلال التفاعلات المتبادلة المفضلة بين غزل الإلكترونات المرتبة بطريقة متوازية.
6. فقد التخلف المغناطيسي سوف يكون صغيرا للمواد المغناطيسية اللينة وكبيرا للمواد المغناطيسية القاسية.
7. تمثل المساحة المحصورة في حلقة B-H فقد الطاقة لكل m^3 من العينة خلال دورة واحدة من المغنطة.
8. الفيريت هي مواد فريمغناطيسية يكون فيها الغزل للأيونات المتجاورة في الشبكة البلورية في اتجاهات متعاكسة وقيم مختلفة.
9. الصيغة العامة للفيريت هي XFe_2O_4 حيث ان X قد تكون معدن مثل Mg أو Mn أو Zn.
10. تستخدم الفيريت الناعمة في صناعة الاقراص المغناطيسية المرنة واجهزة الذاكرة وكذلك في ذاكرات الفقاعة المغناطيسية. علاوة على انها تستخدم ايضا في مواد قلب محول تردد الراديو وفي اجهزة اتصالات الميكروويف الغير انعكاسية.

اسئلة موضوعية

1. الكوبلت هو

a فورمغناطيسي b فركهربي c عازل d بارامغناطيسية

2. جزيء

a الهيدروجين يكون بارامغناطيسي b النيتروجين يكون بارامغناطيسي

c الاكسجين يكون ذرة ثلاثية d الاكسجين يكون بارامغناطيسي

3. اي من المواد التالية لها اكبر نفاذية مغناطيسية

a الحديد النقي b فولاذ السليكون 4% c حبيبات Si-Fe المرتبة d الحديد الزهر (الصلب)

4. اذا كان الحديد عند درجة حرارة الغرفة مغناطيس، فأى من المكونات الموجودة يمكن ان تستبعد

a. فيريت b بيرلايت c اوستينيت d سيمينيت

5. الفيريت هي مجموعة فرعية من

a مواد فرومغناطيسية b مواد فريمغناطيسية c مواد دايا مغناطيسية d مواد بارامغناطيسية

6. يصنع الـ ferroxcube من

a. اكسيد فيري b فيريت ماغنيسيوم ومانجنيز c غبار الحديد d لا احد مما سبق

7. يستخدم النيكل في

a منظم الجهد الاتوماتيكي b فتيلة مصابيح الاضاءة

c صمامات الكترودات انبعاث حراري d عناصر حساسة للضغط

8. يكون عزم الغزل في حالة المواد الفرومغناطيسية المرتبط بمجموعتين م الذرات مرتبة

a. متوازية مع بعضها البعض b متعاكسة مع بعضها البعض

c. غير متوازية ولكن لها مقادير مختلفة d عشوائية.

9. اعلى من درجة حرارة كيوري تصبح المادة المغناطيسية

a فرومغناطيسية b بارامغناطيسية c دايا مغناطيسية d لا احد مما سبق

10. اي من المواد التالية ترتبط فيها المغنطة مع المجال المغناطيسي المطبق بعلاقة غير خطية

a مواد فرومغناطيسية b مواد بارامغناطيسية c مواد دايا مغناطيسية d كل ماسبق

11. في حالة المواد الفريمغناطيسية تكون عزوم الغزل لمجموعتين من الذرات مرتبة بشكل

a متوازي مع بعضها البعض b متعاكسة مع بعضها البعض

c متعاكسة لكن بمقادير غير متساوية d عشوائية

12. المواد التي فيها قصور في ثنائيات القطب البارامغناطيسية تعرف بـ

a دايا مغناطيسية b فرومغناطيسية c شبه مغناطيسية d لا احد مما سبق

13. سبيكة الـ Permalloy تكون

a سبيكة غير حديدية تستخدم في صناعة الطائرات b بوليمر

c سبيكة نيكل وحديد لها نفاذية عالية d نوع من انواع الحديد الفولاذي المقاوم للصدأ

14. تصنع اشربة التسجيل المغناطيسية من

a جسيمات صغيرة من الحديد b السليكون والحديد c اكسيد الحديد d نترات الفضة

15. اي من التالي لا تعتبر مادة بارامغناطيسية

a الكروميوم الحديدي b السليكون الحديدي c الكوبلت الحديدي d سبيكة النيكو "alnico"

16. الفيريت هي

a مواد فرومغناطيسية b مواد غير مغناطيسية

c مواد فروكهربية d مواد فريمغناطيسية

17. اي من المجموعات التالية تعطي للمواد الفرومغناطيسية درجة حرارة كيوري بترتيب تصاعدي

a. Ni, Fe, Co b. Co, Ni, Fe c. Ni, Co, Fe d. Fe, Co, Ni

18. تستخدم المواد التالية في صناعة مغناطيسات دائمة

a. platinum cobalt b. alnico V c. carbon steel d. جميع ما سبق

19. التأثير المعاكس لعملية التخصر المغناطيسي "magnetostriction"

a تأثير طمسون b تأثير فيلاري c تأثير كيوري d تأثير المسحوق المر

20. التخصر المغناطيسي هي ظاهرة

a. تولد كهرباء في المواد الفرومغناطيسية

b. تولد مغناطيسية في الموصلات

c. تغيرات في نفاذية المواد الفرومغناطيسية خلال عملية المغنطة

d. تغيرات في الابعاد الفيزيائية للمواد الفرومغناطيسية خلال عملية المغنطة.

الاجابات

1. a 2. d 3. b 4. c 5. b 6. b 7. c 8. a 9. b 10. a
11. c 12. a 13. c 14. c 15. b 16. d 17. c 18. d 19. b 20. d

1. عرف العزم المغناطيسي. اشرح منشأ العزم المغناطيسي على المستوى الذري. ما هو البور ماجنيتون؟
2. ما هي مصادر عزم ثنائي القطب المغناطيسي في المواد المغناطيسية؟
3. اشرح منشأ العزم المغناطيسي. اوجد عزم ثنائي القطب المغناطيسي الناتج عن الحركة الدورانية والحركة المغزلية للإلكترون.
4. اوجد قيمة عزم الغزل المغناطيسي للإلكترون إذا كان له بور ماجنيتون يساوي الواحد؟
5. ما هو البور ماجنيتون؟ كيف يرتبط مع العزم المغناطيسي للإلكترون؟
6. عرف كلا من المصطلحات التالية: القابلية المغناطيسية، والنفاذية المغناطيسية، والحث المغناطيسي والتمغنت.
7. كيف تصنف المواد إلى دايا مغناطيسية وبارامغناطيسية وفرومغناطيسية؟ وضح بالشرح.
8. الكترون e في ذرة الهيدروجين يدور حول النواة على مسافة r متر بسرعة زاوية ω بوحدرة الراديان. اوجد صيغة للعزم المغناطيسي المرتبط مع الإلكترون بسبب حركته المدارية.
9. ما هي الفرومغناطيسية؟ ما هي الميزات الخاصة للفرومغناطيسية؟
10. اشرح النظرية الكلاسيكية للبارامغناطيسية.
11. اشرح نظرية وييز Wiess للفرومغناطيسية.
12. اشرح النظرية الكمومية للبارامغناطيسية.
13. اشرح الفريمغناطيسية.
14. اشرح نظرية النطاق للفرومغناطيسية. اذكر ايضاً ما هي المواضيع الأخرى التي يمكن شرحها بهذه النظرية.
15. ما هي الفرومغناطيسية؟ اشرح منحني التخلف المغناطيسي بالاعتماد على النطاقات.

16. اوصف حلقة التخلف المغناطيسي. كيف تستخدم لتصنيف المغناطيسات؟
17. ما هي الفيريت؟ اشرح الخواص المغناطيسية للفيريت واذكر تطبيقاتها الصناعية.
18. اشرح الفريمغناطيسية والفريمغناطيسية المضادة.
19. ارسم ترتيب عزم ثنائي القطب المغناطيسي في المواد الفرومغناطيسية والفريمغناطيسية والفريمغناطيسية المضادة.
20. اشرح منحنى التخلف المغناطيسي واستخداماته.
21. فرق بين المواد الفرومغناطيسية والفريمغناطيسية المضادة والفريمغناطيسية.

مسائل

1. مادة مغناطيسية لها مغنطة بمقدار 3300 Amp/m وكثافة فيض بمقدار 0.0044 weber/m^3 . احسب شدة المجال المغناطيسي والنفاذية النسبية للمادة.

[Ans: 203 Am^{-1} and 17.26]

2. قيمة التشبع للحث المغناطيسي للنكل هي 0.65 weber/m^2 . إذا كانت كثافة النكل هي 8906 kg/m^3 والوزن الذري هو 58.7، احسب العزم المغناطيسي لذرة النكل بوحدة البورماجنيتون.

$$\text{(Hint: Since } \chi \gg 1, 1 + \chi = \chi = \frac{\mu}{\mu_0} \therefore \text{magnetic moment} = \frac{B_s}{N\mu_0}\text{)}$$

[Ans: $0.61 \mu_B$]

3. احسب القابلية الدايمغناطيسية للنحاس. افترض ان 0.1 nm كنصف قطر ويشارك الكترون واحد لكل ذرة. اعتبر ان ثابت الشبكة البلورية $a=0.3608 \text{ nm}$ للنحاس.

[Ans: -5×10^{-6}]

4. باستخدام علاقة لانجيفين احسب القابلية البارامغناطيسية عند درجة حرارة 300 K لمادة بارامغناطيسية

تمتلك 10^{28} atom/m^3 . العزم المغناطيسي لكل ذرة يساوي $1.8 \times 10^{-23} \text{ amp.m}^2$. ما هو مقدار عزم ثنائي القطب المغناطيسي لساق من هذه المادة طوله 0.1 m ومساحة مقطعه 1 cm^2 موضوع في مجال مغناطيسي $8 \times 10^4 \text{ amp/m}$ ؟

[Ans: 3.28×10^{-4} ; 2.62 Am^2]

5. قيمة التشبع لمغطة الحديد تساوي $1.74 \times 10^6 \text{ amp/m}$. يمتلك الحديد تركيب مكعب مركزي بحافة مكعب ابتدائية مقدارها 0.286 nm . احسب متوسط عدد البورماجنيتون المشاركة في المغطة لكل ذرة.

[Ans: $2.2 \text{ Bohr magneton}$]

6. اعتبر ذرة هيليوم في المستوى الارضي. متوسط نصف القطر للذرة يساوي 0.528 nm . كثافة الهيليوم يساوي 0.178 kg/m^3 والوزن الذري له يساوي 4.003 . احسب القابلية الدايا مغناطيسية لذرة الهيليوم.

[Ans: -0.8×10^{-9}]