3

موعد الاختبار

الأثنين ٢/١٧

1

محاضرة جوامد ٢

من الساعة ٢ ← ٤

الأحد

٢٠١٧/١٠/٢٢

١٤٣٩/٢/٢ صفر

قانون كوري للمغناطيسية

Pierre Curie

(1903)

1906

1895

بيركوري درس العلاقة بين القابلية المغناطيسية للمواد البارامغناطيسية χ ودرجة الحرارة (مقلوب درجة الحرارة T)

ووجد أنه

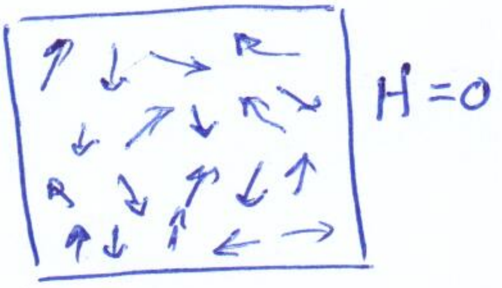
$$\chi \propto \frac{1}{T}$$

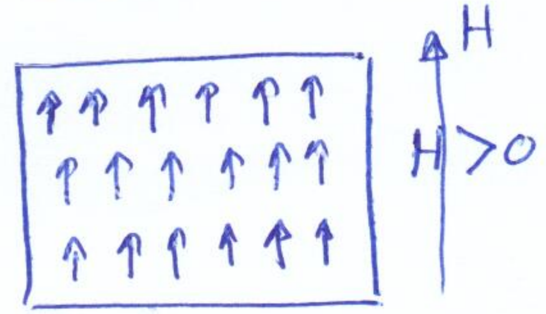
$$\boxed{\chi = \frac{C}{T}}$$

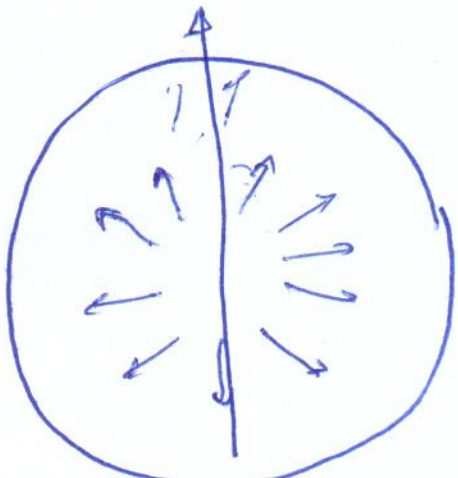
C → Curie Constant

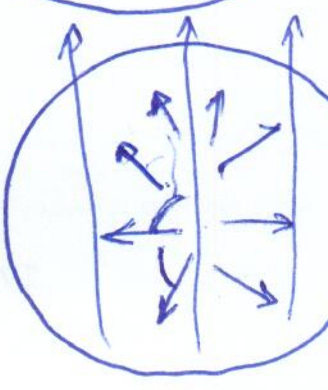
نظرية لانجفين الكلاسيكية للمواد البارامغناطيسية

(2) افرض أن عدد الذرات في وحدة الحجوم هو n
وكل ذرة لها عزم مغناطيسي دائم ولتكن $\vec{m}$.
افرض أن العزوم المغناطيسية كانت بحيث
إذا موجهة في جميع الاتجاهات ولكن إذا
موجهة من نقطة الأصل واعتبر أن المادة على
هيئة كرة صغيرة









وأن العزوم المغناطيسية
موزعة في جميع الاتجاهات
بحيث أن العزم المغناطيسي
في أي اتجاه = صفر
وذلك في حالة غياب
المجال المغناطيسي الخارجي

ولنفرض أننا طبقنا مجال
مغناطيسي B في اتجاه محور z
فإن العزوم المغناطيسية
تبدأ في الدوران في اتجاه المجال.
الشغل المبذول (طاقة
الوضع) لدوران العزم المغناطيسي
في اتجاه المجال يعطى بالعلاقة

$$E = -\vec{m}\cdot\vec{B} = -mB\cos\theta$$

بتفاضل تلك المعادله نحصل على

$$dE = mB\sin\theta \, d\theta \longrightarrow \boxed{1}$$

من قوانين الاحصاء نجد ان عدد ~~الـ~~ العزوم المغناطيسية dn التى تقع بين الزاويه θ و $\theta + d\theta$
اى تقع فى منطقه الطاقه بين E ، $E + dE$

$$dn = C e^{-\frac{E}{kT}} dE \longrightarrow \boxed{2}$$

بالتعويض من (1) فى $\boxed{2}$ نحصل على

$$dn = C e^{-E/kT} mB\sin\theta \, d\theta \longrightarrow (3)$$

∵ شدة التمغنط هى عباره عن العزم المغناطيسى الكلى لوحدة الحجوم) فان شدة التمغنط فى اتجاه المجال المغناطيسى يمكن التعبير فى اى لحظه بالعلاقه التاليه

$$M = \int_0^n m\cos\theta \, dn \longrightarrow \boxed{4}$$

بالتعويض من العلاقه $\boxed{3}$ فى $\boxed{4}$ نحصل على

$$M = C m^2 B \int_0^{\pi} e^{-E/kT} \cos\theta \sin\theta \, d\theta \longrightarrow \boxed{5}$$

$$\because E = -mB\cos\theta$$

$$M = C m^2 B \int_0^{\pi} e^{\left(\frac{mB}{kT}\cos\theta\right)} \cos\theta \sin\theta \, d\theta \longrightarrow (6)$$

$\downarrow$??

4

يمكن حساب الثابت $\underline{c}$ كالاتى

$$dn = c e^{-E/kT} dE \qquad E = -mB\cos\theta$$

$$n = \int dn \qquad dE = mB\sin\theta\, d\theta$$

$$n = \underline{\underline{c}} \int e^{\left(\frac{mB}{kT}\cos\theta\right)} mB\sin\theta\, d\theta$$

$$\boxed{C = \frac{n}{mB\int_0^{\pi} e^{\left[\frac{mB}{kT}\cos\theta\right]} \sin\theta\, d\theta} \rightarrow \boxed{7}}$$

بالتعويض من $\boxed{7}$ فى $\boxed{6}$ نحصل على

$$M = \frac{n m^2 \cancel{B} \int_0^{\pi} e^{\left(\frac{mB}{kT}\cos\theta\right)} \cos\theta \sin\theta\, d\theta}{\cancel{m}\cancel{B} \int_0^{\pi} e^{\left(\frac{mB}{kT}\cos\theta\right)} \sin\theta\, d\theta} \rightarrow \boxed{8}$$

nm

افرض ان

$$\boxed{9} \leftarrow \boxed{\alpha = \frac{mB}{kT}}$$

$$\boxed{10} \leftarrow \boxed{x = \cos\theta}$$

$$\boxed{11} \leftarrow \boxed{dx = -\sin\theta\, d\theta}$$

بالتعويض من (9) ، (10) ، (11) فى (8) نحصل على

$$M = +nm \frac{\int_1^{-1} e^{\alpha x} \cdot x \cdot dx}{\int_{-1}^{1} e^{\alpha x} \cdot dx} \rightarrow \boxed{12}$$

5 حساب هذا التكامل من الجداول التكاملية نعطي بالعلاقة

$$M = nm\left[\frac{e^{\alpha}+e^{-\alpha}}{e^{\alpha}-e^{-\alpha}} - \frac{1}{\alpha}\right]$$

$\coth\alpha$

$$= nm\left[\coth\alpha - \frac{1}{\alpha}\right]$$

مفكوك $\coth\alpha$ يساوى

$$\boxed{\coth\alpha = \frac{1}{\alpha} + \frac{\alpha}{3} - \frac{\alpha^2}{45} + \frac{9\alpha^5}{245}}$$

if $\alpha \ll 1 \Rightarrow \coth\alpha = \frac{1}{\alpha} + \frac{\alpha}{3}$

$\alpha = \frac{mB}{kT}$

$\sim 0.0067 \ll 1$

Let $B = 1$ Tesla

$m = 3\mu_B \sim 27\times10^{-24}$

$k = 1.38\times10^{-23}$

T 300K

$$M = nm\frac{\alpha}{3} = \frac{nm^2B}{3kT} = \frac{\mu_0 n m^2 H}{3kT}$$

∴ القابلية المغناطيسية تساوى

$$\chi = \frac{M}{H} = \frac{\mu_0 n m^2}{3k}\frac{1}{T} = \frac{C}{T}$$

$$\boxed{\therefore \text{ Curie constant } C = \frac{\mu_0 n m^2}{3k}}$$

هذا هو تفسير لانجفين لسلوك القابلية المغناطيسية مع درجة الحرارة

ويمكن التعبير عن عدد الجسيمات n بدلالة عدد أفوجادرو وعدد الكتلة الذرية وكثافة المادة حيث

Avogadro's No

$$n = \frac{N_A \rho}{A} \longrightarrow \text{density}$$

A atomic mass

$$\boxed{\therefore C = \frac{\mu_0 N_A \rho m^2}{3kA}}$$

نظرية لانجفين لم تأخذ في الاعتبار أن العزوم المغناطيسية للذرات يمكن أن تؤثر ~~[illegible]~~ بعضها على بعض وتعاملها على أنها ذرات منفصلة لا تأثير بينها.

ولكن الحقيقة أنه يوجد تأثير متبادل بين العزوم وبعضها

قدم ~~بيير~~ ارنست فايس Ernest ~~Pierre~~ Weiss نموذج يتضمن التأثير المتبادل بين العزوم المغناطيسية

في عام ١٩٠٧ اقترح فايس أنه يمكن التعبير عن التأثير المتبادل بين العزوم المغناطيسية بدلالة مجال سماه بالمجال الجزيئي

Molecular field H_m

وهذا المجال يساهم مع المجال الخارجي عند موضع العزم المغناطيسي حيث المجال الكلي

$$H_T = H + H_m$$

كما أنه اقترح التعبير عن شدة المجال الجزيئي بالعلاقة

$$H_m = \gamma M$$

حيث γ ثابت يعرف بمعامل المجال الجزيئي

γ = Molecular field factor

$$H_T = H + \gamma M$$

وبالتالي القابلية المغناطيسية الحقيقية =

$$\chi = \frac{M}{H_T} = \frac{M}{H + \gamma M} = \frac{C}{T}$$

$$\therefore \quad MT = HC + \gamma C M$$

$$M(T - \gamma C) = HC$$

ومن تلك العلاقة فإن القابلية المغناطيسية

$$\chi = \frac{M}{H} = \frac{C}{(T - \gamma C)}$$

$$\gamma C \rightarrow T_C$$

يوضح

$T_C = \gamma C$ تسمى درجة حرارة كوري

Curie temperature

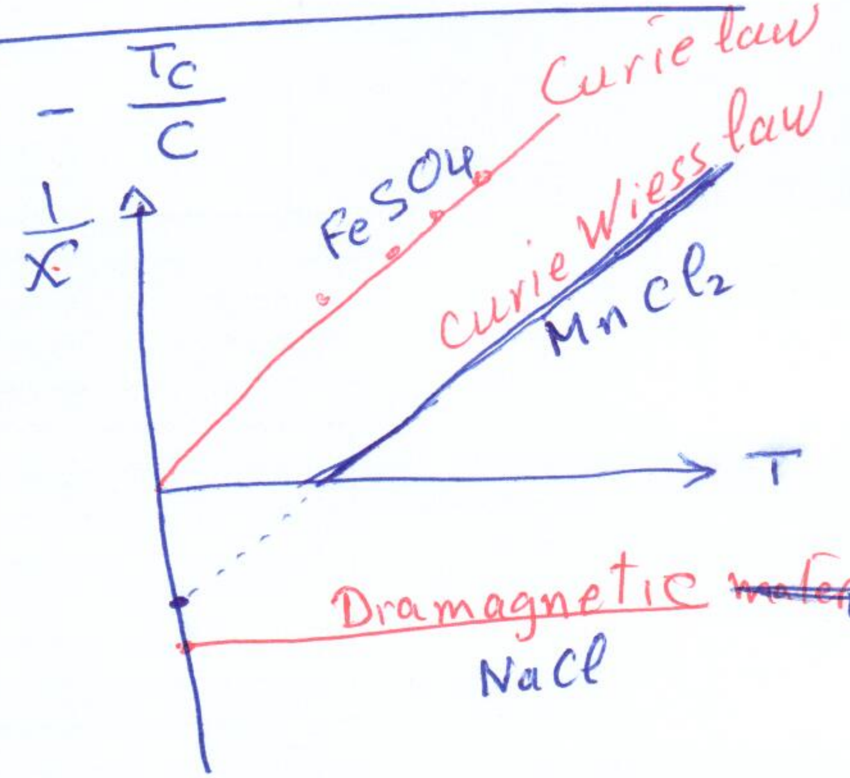
$$\boxed{\chi = \frac{C}{T - T_C}}$$

تلك العلاقة تسمى بقانون كوري - فايس

Curie-Weiss law

$$\frac{1}{\chi} = \frac{T}{C} - \frac{T_C}{C}$$

$$\frac{1}{\chi} = \frac{T}{C}$$



$\boxed{9}$ اساسيات النظرية الكمية للمغناطيسية

كل الكترون (طبقا لميكانيكا الكم) محدد باربعة ارقام كمية هي

رقم الكم الرئيسي (يحدد مستوى الطاقة) $n = 1, 2, 3$

principle quantum No.

رقم الكم المداري $\ell = 0, 1, \dots (n-1)$

angular momentum Quantum No.

رقم الكم المغناطيسي $m_\ell = -\ell, \dots 0, \dots +\ell$

magnetic quantum No.

رقم الكم المغزلي $S = \pm \frac{1}{2}$

spin quantum No.

Orbital ~~Quantum~~ angular Momentum العزم المداري الكمي

$$L = \hbar \sqrt{\ell(\ell+1)}$$

spin angular momentum

$$S = \hbar \sqrt{s(s+1)}$$

Russell- Saunders Coupling

العزم المدارى الكلى

$$L = \sum L_i$$

العزم المغزلى الكلى

$$S = \sum s_i$$

والعزم الكلى للذره =

$$J = L \pm S$$

Hund's rules قاعدة هوند

١- المدارات الأساسية والمدارات العزلية فإن

L و S = صفر

٢- للمدارات الممتلئة أقل من النصف

$$J = L - S$$

٣- المدارات الممتلئة أكثر من النصف

$$J = L + S$$

٤- المدارات الممتلئة عند النصف فإن

$L = 0$ و $\boxed{J = S}$