

Mn-Acetate · 4H₂O の高周波帯磁率に 見出した Critical Slowing Down

阪大基礎工 奥 田 雄 一
松 浦 基 浩
長谷田 泰 一 郎

臨界現象のダイナミクスにおいて最も基本的な概念は、Critical Slowing Downである。磁性体におけるこの実験的研究は、中性子非弾性散乱を中心に進められてきたが、中性子による方法では、中性子の特性周波数が非常に高いため slowing down していく、行きつく先まで追いかけるのは大変難しい。本来低周波の現象である Critical Slowing Down の全貌を明らかにするために、低周波側からアプローチすることを目指して高周波帯磁率測定を酢酸マンガン四水塩について試みた。

いくつかの誘電体で、 T_c 直上で高周波誘電率に anomaly — $\epsilon'(\omega)$ に T_c で dip があらわれる — が見出され、Critical Slowing Down の直接的なあらわれてあるといわれている。磁性体ではこういう anomaly は今まで見出されていない。Heisenberg Spin 系では、こういう形の anomaly は非常におこりにくいのであろうか。また Heisenberg 系では relaxation time は、系が isotropic であるほど anisotropy に敏感になる。Onsager の現象論に従えば、 $\tau^{-1} = \frac{L}{\chi_0}$ で定義される Onsager の Kinetic coefficient L が anisotropy に敏感なのである。そしてこの L が、 T_c 近傍で異常な温度依存性をもつため、 χ_0 の発散とのかね合いで、 τ は非常にデリケートな振舞いをするようになる。これらの事が現実の磁性体でどのように実現されているだろうか。

酢酸マンガンは、酢酸基と水分子とによって面間が十分隔てられた層状構造をもつ 2d 的磁性体であるが、3.186K 以下で 3d 的 AF にオーダーする。各層は Mn の個数の違いのためにフェリ磁性面になっており、その面間が非常に弱く ($J'/J \sim 10^{-4}$) AF 的にカップルしている。スピンは a 軸方向に並び、 χ_a は面間の AF カップリングが非常に弱いために、 T_N で、発散的に増大する。しかも ordered state は AF なので、自発磁化の運動から逃れることができ、 T_N 近傍の $\chi^*(\omega)$ を調べるのには格好の試料である。

また、Mn イオンのHeisenberg的性格が Critical Slowing Down に顕著にあらわれるであろうことが、興味の的になる。

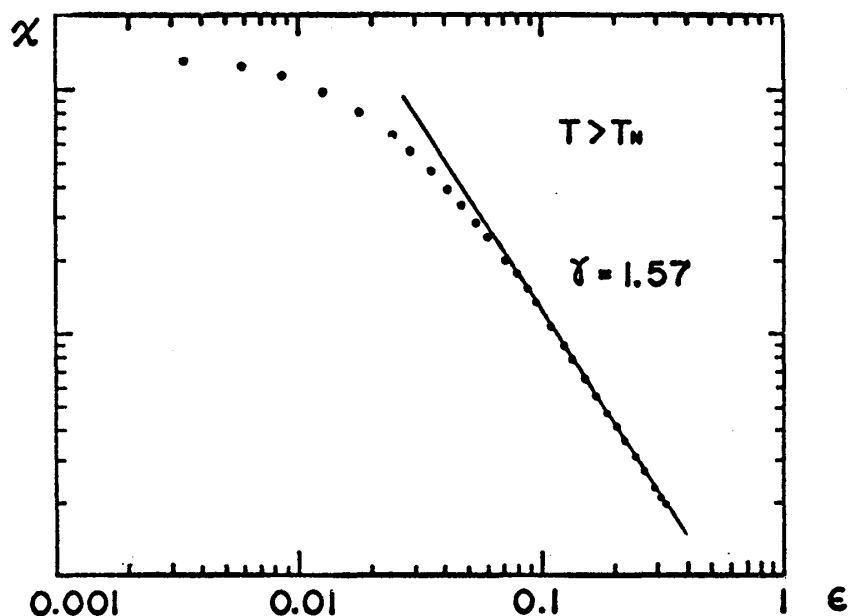


Fig. 1

Fig. 1 に demagnetization 補正を施した a 軸方向の静帯磁率の発散の様子を示す。ε の小さいところで直線から大きくずれているが、これは面間の J' が効いてきた為と考えられる。ε の比較的大きいところの直線の傾きは 1.57 である。この a 軸方向の帯磁率の測定周波数を上げていくと、 T_N 近傍からずれ出してくるが、130 MHz で T_N の少し低温に小さな肩があらわれ出した。更に周波数を上げると、 T_N 直上で帯磁率に dip が見え出し、両側の山は高温測と低温測へと離れて行く。そして dip は深くなっていく。これは簡単な理論で、Critical Slowing Down がおこっているときに、定性的に期待される現象であるが、磁性体では本実験で初めて見つけられた。

実際の relaxation の様子を調べるために、Cole-Cole プロットをおこない、Fig. 3 に示した。4.2 K から 3.25 K まで、きれいに Cole-Cole 円弧にのっていることが図よりわかる。relaxation は一つの relaxation time τ で記述しうる Single dispersion であ

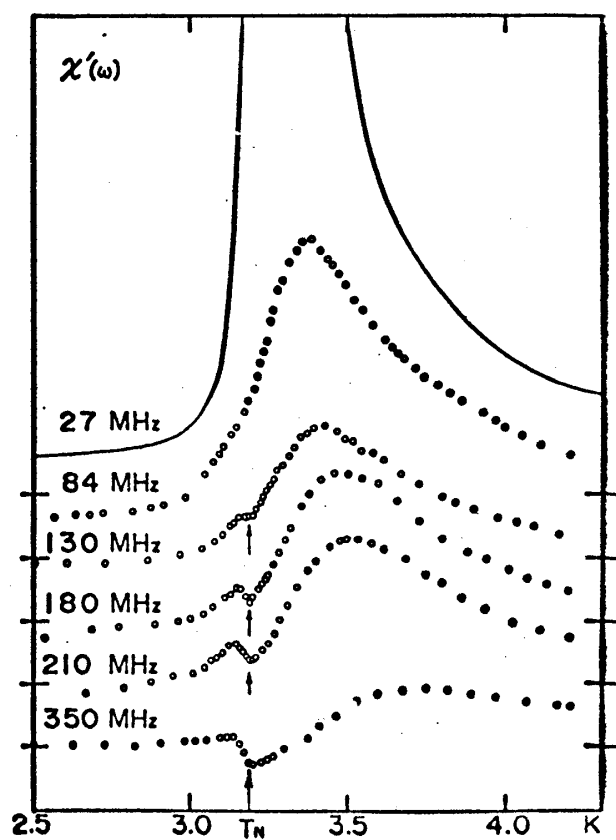


Fig. 2

る。Cole-Cole 円弧から relaxation time を求めてみると、Fig. 4 の如く著しく slowing down していることがわかる。直線領域から index $\Delta = 1.3$ と求まる。静的帯磁率の index $r = 1.57$ との差、1.27 は、Onsager の L の温度依存性を与え、 L は $\epsilon^{-1.27}$ で大きくなっていく。 $\epsilon \lesssim 5 \times 10^{-2}$ で τ は直線からずれて round 気味になってくる。一部は χ_0 の round によるものであるが、それだけでは説明できない。 L の異常、nonlinearity によるものと思われるが、 $T = T_N$ で Cole-Cole がどういう形になるのかという問題とあわせて、目下詳細に調べているところである。

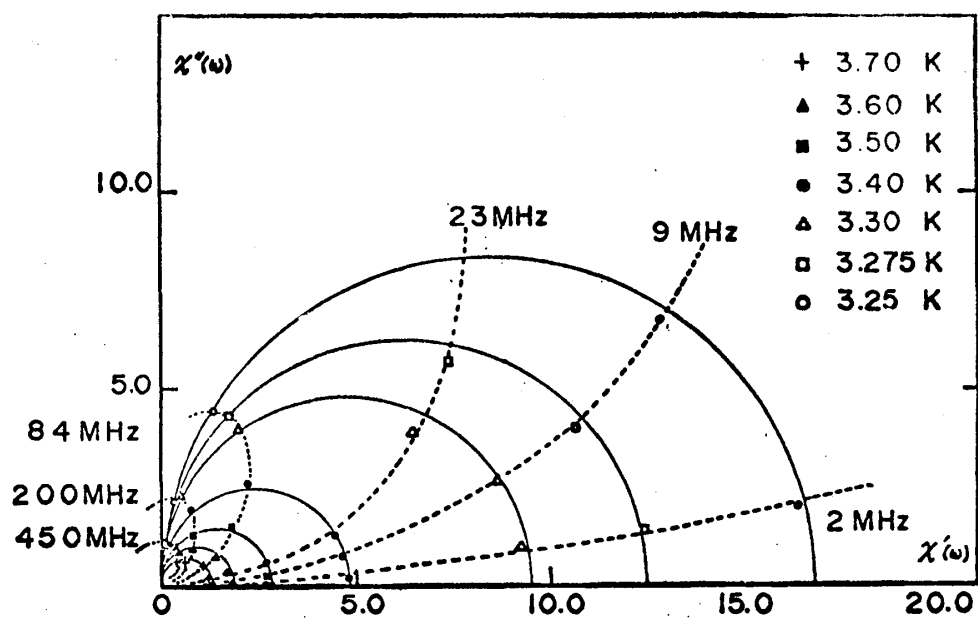


Fig. 3

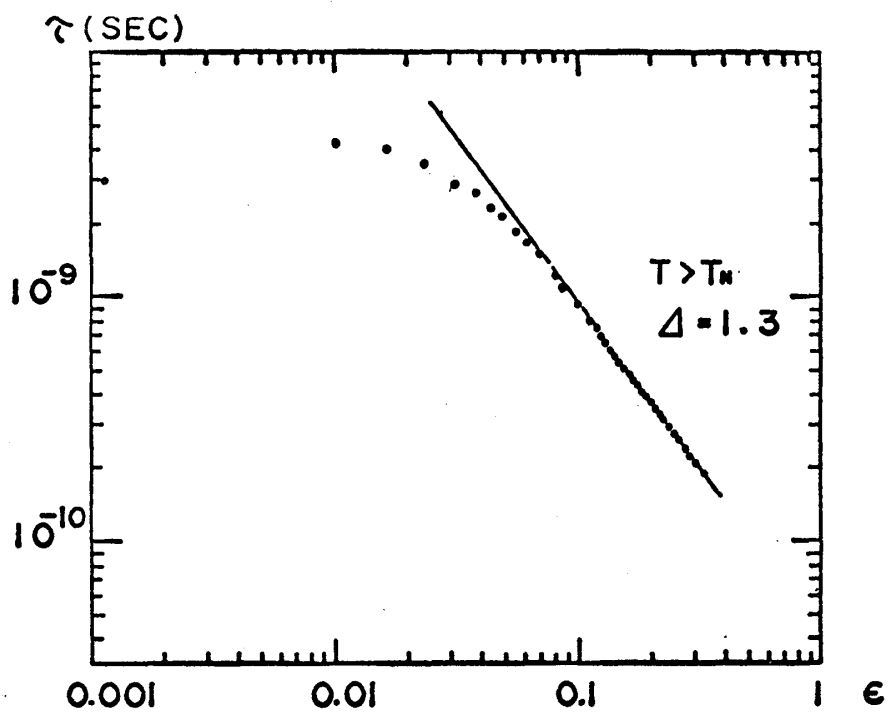


Fig. 4