

緩和過程の理論 (I)

西川 恭治 (東大教養)

協力現象が緩和過程に与える影響を調べる一つの方法として菊池氏の方法がある。^{*} この方法では、系の状態変化の道筋 (path) をいくつかの Parameters で指定して、確率が最大となるように path を決定する。こうしてきめられた path は、系が平衡に近い時は非可逆過程熱力学の諸原理をみたし、平衡では平衡統計力学でえられる結果を与える。この方法は最初 Ising model で β -brass 型合金の緩和現象に適用され、Bethe 近似で長距離相関と短距離相関の緩和が調べられた。その結果、平衡の近くで、Curie 点の上では、両者は相互に独立の緩和過程をたどるが、Curie 点の下では、(特に低温で) 互いに強く couple する事が示された。緩和時間は、長距離相関の方は Curie 点で無限大になり、短距離相関の方は有限で連続になる。低温では非常に早い緩和過程と非常に遅い緩和過程の Superposition で表わされる。

*) R. Kikuchi Annals of phys. 10, 127 (1960).

緩和過程の理論 (II)

森 肇 (京大基研)

いろいろの量の、平衡状態への緩和時間が、転移点近傍で異常に長くなる

ことが種々の現象で知られており、この critical slowing-down は二次の相転移の一般的特質と見られる。そこで、その現象論的一般論および統計力学的理論を考察し、特に強磁性体、反強磁性体に見られる緩和過程の異常および反強磁性体の常磁性共鳴吸収線の巾の異常を議論した。

帯磁率や比熱など応答係数が転移点近傍で無限大に近づくことは、磁化やエネルギーなど対応した示量変数の揺ぎが異常に大きくなること、つまり、臨界揺動の表現に他ならない。転移点近傍で揺ぎが異常に大きくなることは、つまり、エントロピーの極大点近傍の、エネルギー面の曲率が異常に小さくなることに当る。従つて、平衡点への緩和を導く熱力学的力（エネルギー面の勾配）が転移点近傍で異常に小さくなり、緩和時間が異常に長くなるわけである。中性子線散乱や磁気吸収などで屢々重要な、磁化やエネルギーなど巨視的量の不均一な乱れの緩和に現われる critical slowing-down は、まさにこのような事情に因る。溶液や合金の密度や長距離秩序の緩和もこのカテゴリーに属するが、しかし、反強磁性体の磁気吸収線の巾の異常や溶液の輸送係数の異常は、このような簡単な事柄からは出ない。

臨界揺動は、更にミクロなレベルで考えると、スピン（あるいは粒子）間の相関が転移点近傍で long range となり、巨視的に隔たつた部分の間に強い統計的相関が現われることに因る。反強磁性体の常磁性共鳴吸収線の巾が、転移点近傍で異常に大きくなることは、このスピン間相関を通じて、スピンの働く局所場が遠くのスピンの熱運動から摂動をうけて大きな揺ぎを示すことに因る。線巾 ΔH は異方性エネルギーや双極子相互作用などに起因するが、その温度依存性は近似的に

$$\frac{\Delta H}{(\Delta H)_{\infty}} \cong \frac{C}{T\chi} \zeta^{3/2},$$

$$\zeta = 1 + A \frac{(T^*)^2 \exp[-\lambda \sqrt{T^*-1}]}{\sqrt{T^*-1}}$$

と表わせることが示せる。 $T^* \equiv T/T_N$ (T_N : ネール温度), C はキュリー-常数, χ は帯磁率である。 A , λ は交換相互作用で決まる常数である。このように, T は T_N の近くで異常に大きくなりうるが, 上式は T_N の極く近傍 ($T - T_N \lesssim \Delta T_N$, ΔT_N : 異方性エネルギーによる転移点のシフト) では使えない。この領域では, 異方性エネルギーがスピン相関を reduce する効果が重要となり, T_N では, 近似的に $T \cong A \sqrt{2 T_N / \Delta T_N}$ で与えられる有限値を保つこととなる。以上の詳細および関連した問題の議論は Buturi 18 (1963), 548 ~ 555 ; Prog. Theor. Phys. 30 (1963), No. 4 を参照して戴きたい。

He³-He⁴ 混合物の二相分離の理論

小 野 周 (東大教養)

He³-He⁴ の溶液は 0.8°K 以下の温度では二相に分離することが知られている。この二相の分離が統計によるものか, 質量の相違によるものか明らかでないが, 最近 Edwards などにより, He³-He⁴ の固溶体においても二相分離がおこることが報告されている。

質量の異った2種の原子でできている結晶格子のエネルギーは一次元の場合については Montroll のスクールの Maradudin などによつて計算されているが, これからも一次元の場合に相変化がおこることは定性的にいえる。ただこの計算の結果だけでは, 濃度が等しいところでおこるということはいえるが, 濃度の小さいところのエネルギーの計算を行うと, 二相分離がある濃度範囲でおこることがわかる。(以下小野, 上甲の計算) 三次元の場合にも同様な計算を行い, He³-He⁴ の場合について計算すると, 二相分離の温