

8223036 栗山淳

デバイス材料工学 第3回 課題

① 磁気モーメントの起源を状態密度の観点から説明して下さい

② ①において、途中の計算を自分なりに追って、 $M \approx 2\mu_B^2 H \cdot D_{\epsilon_F}$ を証明してください

①金属中の電子にはスピン（上向き・下向き）があり、何もしていないときは両者がほぼ同じ数だけ存在するため、全体として磁気モーメントは生じません。

しかし、外部から磁場をかけると、スピン上向きの電子のエネルギーはわずかに下がり、スピン下向きの電子のエネルギーは少し上がります。このとき、電子はエネルギーの低いスピン状態（上向き）を優先的に占有するため、スピンに偏りが生じます。このスピンの数の差が、磁気モーメントの起源となります。

ただし、磁場によるエネルギーの差は非常に小さいため、主に**フェルミ準位**（電子が満たすエネルギーの上限付近）にある電子だけがこの影響を受けます。

このとき重要なのが状態密度です。状態密度は、あるエネルギーにおいて電子が入れる状態の数を表します。フェルミ準位での状態密度が大きいほど、磁場によるわずかなエネルギーのずれに対して、より多くの電子がスピンの偏りに関与するため、磁気モーメントも大きくなります。

よって、磁気モーメントの大きさは、**フェルミ準位における状態密度によって決まる**と言えます。

②

・ゼーマン効果によるエネルギー分裂

外部磁場 H をかけると、スピンの向きによって電子のエネルギー準位が以下のようにずれる：

$$\epsilon_{\uparrow} = \epsilon - \mu_B H$$

$$\epsilon_{\downarrow} = \epsilon + \mu_B H$$

・スピン↑とスピン↓の電子数の差 ΔN

エネルギーがずれることで、スピン↑の電子は多く占有され、スピン↓の電子は少なくなる。よって、電子数の差は：

$$\Delta N = N_{\uparrow} - N_{\downarrow} \approx D(\epsilon_F) \cdot 2\mu_B \cdot H$$

（ここで $D(\epsilon_F)$ はフェルミ準位における状態密度）

・磁気モーメント M の計算

各電子が μ_B の磁気モーメントを持つため、全体の磁気モーメント M は以下のようになる：

$$\begin{aligned}
 M &= \mu_B \cdot \Delta N \\
 &= \mu_B \cdot (2\mu_B \cdot H \cdot D(\varepsilon_F)) \\
 &= 2\mu_{B^2} \cdot H \cdot D(\varepsilon_F)
 \end{aligned}$$

以上より、磁気モーメントは以下のように表される：

$$M \approx 2\mu_{B^2} \cdot H \cdot D(\varepsilon_F)$$