

6 電子の軌道運動と磁場の効果

電子や原子核のスピンについて考察したり、各種の磁気共鳴現象を理解するための準備として、磁場について復習する。

6.1 電流と磁場

磁気モーメント $\vec{\mu}$ の磁石が作る磁場のポテンシャル $\phi(\vec{r})$

$$(6.1) \quad \phi(\vec{r}) = \frac{\mu_0 \vec{\mu} \cdot \vec{r}}{4\pi r^3}$$

μ_0 は真空の透磁率

面積 A のループを流れる閉じた電流 I (法線ベクトル $\vec{n}$) による磁場のポテンシャル $\phi(\vec{r})$

$$(6.2) \quad \phi(\vec{r}) = \frac{\mu_0 A I \vec{n} \cdot \vec{r}}{4\pi r^3}$$

2つの式を比べると閉じた電流のつくる磁気モーメントがわかる

$$(6.3) \quad \vec{\mu} = A I \vec{n}$$

6.2 軌道運動する電子

半径 R の円軌道 ($A = \pi r^2$) を質量 m_e 電荷 $-e$ の粒子が角速度 ω で運動するときの角運動量と電流

$$(6.4) \quad \vec{L} = m_e r^2 \omega \vec{n}$$

$$(6.5) \quad I = -\frac{\omega e}{2\pi}$$

磁気モーメント

$$(6.6) \quad \vec{\mu} = -\frac{\omega e}{2\pi} \pi r^2 \vec{n} = -\frac{e}{2m_e} \vec{L} \equiv \gamma_e \vec{L}$$

γ_e は電子の磁気回転比という。

磁気量子数 m と軌道角運動量の z 成分との関係

$$(6.7) \quad L_z = m\hbar$$

より

$$(6.8) \quad \mu_z = -\frac{e\hbar}{2m_e} m \equiv -\mu_B m$$

μ_B を Bohr 磁子という

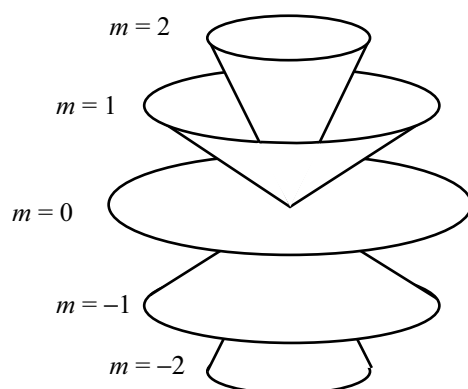
6.3 磁場効果

z 方向の均一磁場 B の中に置かれた磁気モーメントのエネルギー E

$$(6.9) \quad E = -\vec{\mu} \cdot \vec{B} = -\mu_z B$$

原子を磁場中に置くと、縮退していた準位が $2m + 1$ の準位に分裂する。
角運動量の z 成分が確定すると、 x, y 成分は確定できないことに注意。

6.4 ベクトル模型



歳差運動

演習問題

6-1. 電流の作る磁場について。

- (1) 面積 A のループを流れる閉じた電流 I (法線ベクトル $\vec{n}$) のつくる磁気モーメントはどのように表されるか。
- (2) Bohr モデルの基底状態にある水素原子の磁気モーメントはどのように表されるか。
- (3) 半径 R の円軌道を運動する電子の磁気モーメントは角運動量とどのような関係にあるか。
- (4) Bohr 磁子とは何か説明し、数値と単位とを書け。

6-2. 電子が 3d 軌道にある水素原子の磁気モーメントを計算せよ。