



# 目 次

## 1. スピン共鳴序説 1~35

- 1-1 スピン共鳴の発見.....1
- 1-2 マクロな磁石とマイクロな磁石.....4
- 1-3 静磁場における磁気モーメント.....7
- 1-4 合成スピンと有効スピン.....9
- 1-5 有効磁場.....10
- 1-6 回転運動と有効磁場.....13
- 1-7 交流磁場における磁気モーメント.....14
- 1-8 スピン集団の共鳴.....19
- 1-9 共鳴と緩和の現象論.....23
- 1-10 共鳴と緩和の量子論.....29
- 演習問題 1.....35

## 2. 不対電子の構造 36~82

- 2-1 電子磁気モーメントの出現.....36
- 2-2 自由原子, イオンの電子状態.....38
- 2-3 結晶中にある原子, イオンの電子状態  
——立方対称配位子場の効果.....43
- 2-4 Jahn-Teller 効果および低対称配位子場.....51
- 2-5 具体例—— $(3d)^1$  および  $(3d)^9$  のエネルギー準位と波動関数.....56
- 2-6 スピン・ハミルトニアンとエネルギー固有値.....58
- 2-7 核スピンとの相互作用.....61
- 2-8 スピン・ハミルトニアンにおける一般項.....66
- 2-9 スピン・ハミルトニアンの解き方.....68
- 2-10  $f$  電子の基底状態.....75
- 2-11 非 Kramers イオンにおける  $4S_x$  項.....77
- 2-12 原子, 分子の電子スピン共鳴.....79
- 演習問題 2.....82

### 3. スピン間相互作用と スピン-格子相互作用 83~124

- 3-1 磁気双極子相互作用.....83
- 3-2 交換相互作用.....88
- 3-3 等方的な同種スピン常磁性体における線幅.....92
- 3-4  $H/T$  効果.....96
- 3-5 薄められたスピン系の吸収線と線幅.....97
- 3-6 強磁性, 反強磁性転移と常磁性共鳴.....99
- 3-7 スピン対の共鳴.....101
- 3-8 異種スピン系における共鳴.....107
- 3-9 低次元磁性体におけるスピン相関と常磁性共鳴.....109
- 3-10 スピン-格子緩和現象.....116
- 3-11 緩和現象とスピン系の動的効果.....119
- 演習問題 3. ....124

### 4. イオン結晶における共鳴 125~157

- 4-1 イオン結晶と遷移金属不純物.....125
- 4-2  $d$  電子スピン共鳴.....130
- 4-3  $f$  電子スピン共鳴.....135
- 4-4 スピン共鳴と共有結合.....138
- 4-5 スピン・ハミルトニアンの高次の項.....140
- 4-6 静的, および動的 Jahn-Teller 効果.....145
- 4-7 着色中心の電子スピン共鳴.....147
- 4-8 励起状態の電子スピン共鳴.....150
- 4-9 電場効果, 圧力効果, 超音波スピン共鳴.....152
- 4-10 Peierls 転移, 強誘電転移と電子スピン共鳴.....154

### 5. 金属および半導体における共鳴 158~188

- 5-1 伝導電子をもつ系のスピン共鳴.....158
- 5-2 純金属における伝導電子の  $g$  値と緩和.....162
- 5-3 不純物による伝導電子スピン緩和.....163
- 5-4 アルカリ金属におけるスピン波共鳴.....164
- 5-5 金属における不純物スピン共鳴.....166
- 5-6 金属における微細, および超微細構造.....170
- 5-7 スピングラスと共鳴.....171

- 5-8 超伝導, 近藤効果と電子スピン共鳴.....172
- 5-9 基底1重項金属と不純物スピン共鳴.....173
- 5-10 久保効果と  $T_1$ .....175
- 5-11 半導体の浅い不純物準位の ESR.....176
- 5-12 半導体の深い不純物準位の ESR.....182
- 5-13 ドナースピン間の交換相互作用.....184
- 5-14 半金属におけるスピン共鳴.....185

## 6. 強磁性体, フェリ磁性体 における共鳴

189~218

- 6-1 Kittel の式.....189
- 6-2 フェリ磁性体における共鳴.....191
- 6-3 スピン波とマグノン.....197
- 6-4 Walker モード(静磁モード).....202
- 6-5 スピン波共鳴と表面モード.....204
- 6-6 強磁性共鳴の励起と不安定性.....206
- 6-7 強磁性マグノンの緩和現象.....210
- 6-8 金属における強磁性共鳴と緩和.....215
- 6-9 強磁性共鳴実験の注意.....217

## 7. 反強磁性体における共鳴

219~267

- 7-1 反強磁性体の磁氣的性質.....219
- 7-2 反強磁性共鳴の古典論.....226
- 7-3 反強磁性共鳴の量子論.....229
- 7-4 2軸性磁気異方性をもつ系の反強磁性共鳴.....237
- 7-5 一般的な磁気異方性と反強磁性共鳴.....243
- 7-6 低次元磁性体の固有モード.....248
- 7-7 らせん磁性体の固有モード.....251
- 7-8 スピנקラスタ共鳴.....255
- 7-9 不純物スピン共鳴.....259
- 7-10 反強磁性共鳴の緩和現象.....262

## 8. 電子スピン共鳴の実験法

268~283

- 8-1 測定の概要.....268
- 8-2 マイクロ波エレクトロニクス.....270

- 8-3 空洞共振器……………273
- 8-4 標準型スペクトロメータの構成……………276
- 8-5 特殊技術……………279

## 付 録

285~289

- 1 物理定数表……………285
- 2 エネルギー単位換算表……………286
- 3 共鳴周波数・磁場変換式……………286
- 4 安定な原子核の性質……………287

## 文献と解説

291~297

## 演習問題解答

299~302

## 索 引

303~309

