

物性物理 100 問集 初版第 2 刷で訂正された箇所

物性物理 100 問集 (大阪大学出版, 2016 年) の初版第 1 刷にて発見された誤りなどを以下, **赤字**で記す. 初版第 2 刷では訂正済みである.

訂正履歴

- 2016 年 12 月 27 日 問 21 問題 (12 ページ) および解答例 (66 ページ)
2017 年 1 月 18 日 問 15 解答例 (61 ページ), 問 17 解答例 (62 ページ), 問 55 解答例 (95 ~ 96 ページ),
問 79 解答例 (120 ページ)
2017 年 2 月 22 日 問 1 解答例 (49 ページ), 問 11 解答例 (56 ~ 58 ページ), 問 17 解答例 (62 ページ),
問 55 問題 (26 ページ)

問 1 量子力学における基底変換【解答例】 (49 ページ)

- (1) 2 組の完全規格直交系 \sim に対して以下の**関係**が成立する. ... U は規格直交系の変換を与えるため, **任意の i について**以下のように書ける.

問 11 量子力学における基底変換【解答例】 (58 ページ)

- (2) (e) ... と定義すれば, 規格化条件を満たすことがわかる. これを用いると,

$$\begin{aligned}\varepsilon\psi_{\text{NR}}(\mathbf{x}) &= \left(1 - \frac{\hat{\mathbf{p}}^2}{8m^2c^2}\right) \left[\frac{\hat{\mathbf{p}}^2}{2m} + V(r) + \frac{\hat{\boldsymbol{\sigma}} \cdot \hat{\mathbf{p}}V(r)\hat{\boldsymbol{\sigma}} \cdot \hat{\mathbf{p}}}{4m^2c^2}\right] \left(1 - \frac{\hat{\mathbf{p}}^2}{8m^2c^2}\right) \psi_{\text{NR}}(\mathbf{x}) \\ &\simeq \left[\frac{\hat{\mathbf{p}}^2}{2m} + V(r) - \frac{\hat{\mathbf{p}}^4}{8m^3c^2} - \frac{\hbar^2}{8m^2c^2} \nabla \cdot \mathbf{E} - \frac{\hbar}{4m^2c^2} \hat{\boldsymbol{\sigma}} \cdot (\mathbf{E} \times \hat{\mathbf{p}})\right] \psi_{\text{NR}}(\mathbf{x})\end{aligned}$$

問 15 逆格子ベクトル【解答例】 (61 ページ)

- (4) ... 同様に体心立方格子では,

$$\begin{aligned}\mathbf{a}_1 &= \frac{a}{2}(-\hat{\mathbf{x}} + \hat{\mathbf{y}} + \hat{\mathbf{z}}) \\ \mathbf{a}_2 &= \frac{a}{2}(\hat{\mathbf{x}} - \hat{\mathbf{y}} + \hat{\mathbf{z}}) \\ \mathbf{a}_3 &= \frac{a}{2}(\hat{\mathbf{x}} + \hat{\mathbf{y}} - \hat{\mathbf{z}})\end{aligned}$$

となり, 逆格子ベクトルは以下のように得られる.

$$\begin{aligned}\mathbf{b}_1 &= \frac{2\pi}{a}(\hat{\mathbf{y}} + \hat{\mathbf{z}}) \\ \mathbf{b}_2 &= \frac{2\pi}{a}(\hat{\mathbf{z}} + \hat{\mathbf{x}}) \\ \mathbf{b}_3 &= \frac{2\pi}{a}(\hat{\mathbf{x}} + \hat{\mathbf{y}})\end{aligned}$$

問17 Brillouin 領域の描画【解答例】 (62 ページ)

... 逆格子の基本ベクトル b_1, b_2 を定義にしたがって計算する. z 軸方向の単位ベクトル n を用いると, ...

$$\begin{aligned} b_2 &= 2\pi \frac{n \times a_1}{|a_1 \times a_2|} \\ &= \frac{2\pi}{3a^2} a (0, 0, 1) \times (1, 0, 0) \\ &= \frac{2\pi}{3a} (0, 1, 0) \end{aligned}$$

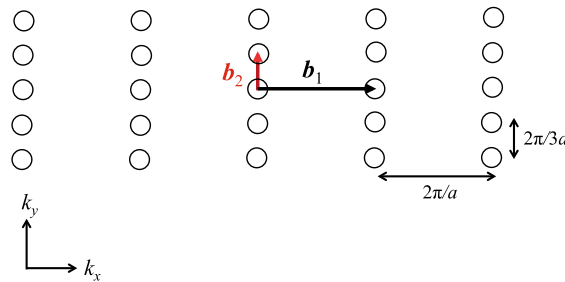


図 2A.1: 矩形格子の逆格子

問21 回折実験における粒子のエネルギースケール (12 ページ)

- (1) 光のエネルギーに関する単位換算を考える. 表 3.1 を完成させよ. ただし, 有効数字は 2 桁とする. また, 波長 λ に対して波数は $\tilde{\nu} = 1/\lambda$ で定義されるものとする.

問21 回折実験における粒子のエネルギースケール【解答例】 (66 ページ)

- (1) 表 3A.1 が解答である. 波長 λ に対して, 波動力学や量子力学では「波数」を $k = 2\pi/\lambda$ と定義することが多いが(いわゆる「角波数」), 本問では「波数」を $\tilde{\nu} = 1/\lambda$ と定義した. これは主に分光学分野で用いられる定義であり, 単位長さあたりの波の数を表している. 光の強度の波長分布(分光スペクトル)は, 波長に対してだけでなく, 光の振動数 $\nu = c/\lambda$, エネルギー $h\nu$, もしくは波数 $\tilde{\nu}$ に対してプロットすることも多い(角振動数 $\omega = 2\pi c/\lambda$ や角波数 k に対してプロットすることは稀である). その際, $[\text{cm}^{-1}]$ という単位自体を「波数」と呼ぶこともある(以前は「カイザー」と呼ばれていたが, 最近では「波数」と呼ぶ傾向にある).

表 3A.1: 光のエネルギーに関する単位換算の解答

波長 [μm]	波数 [cm^{-1}]	振動数 [THz]	エネルギー [eV]
1	1.0×10^4	3.0×10^2	1.2

- (2) 結晶の格子定数は $1 [\text{\AA}]$ 程度のオーダーであるから, 回折実験を行うためには格子定数と同程度の波長を持った電磁波, 粒子線が必要となる. よって以下, 波長が $1 [\text{\AA}]$ となる場合の X 線, 中性子線, 電子線のエネルギーを求める.

(a) X線,

$$E = h\nu = h\frac{c}{\lambda} \approx 10 \text{ [keV]}$$

(b) 中性子線,

$$E = \frac{(\hbar k)^2}{2m_n} = \frac{1}{2m_n} \left(\frac{h}{\lambda}\right)^2 \approx 0.1 \text{ [eV]}$$

(c) 電子線,

$$E = \frac{(\hbar k)^2}{2m_e} = \frac{1}{2m_e} \left(\frac{h}{\lambda}\right)^2 \approx 200 \text{ [eV]}$$

問 55 2次元正方格子における強束縛近似 (26 ページ)

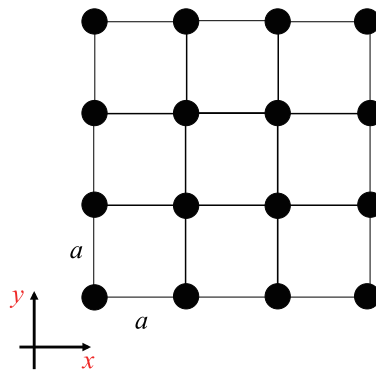


図 7.1: 2次元正方格子の結晶構造

問 55 2次元正方格子における強束縛近似【解答例】 (95 ~ 96 ページ)

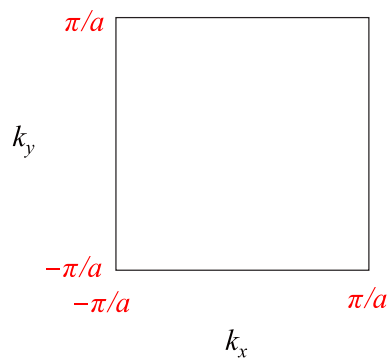


図 7A.3: 2次元正方格子の第 1 Brillouin 領域

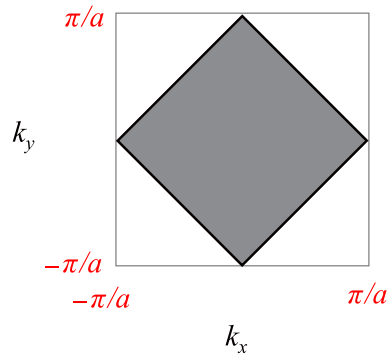


図 7A.4: 2次元正方格子の第1 Brillouin 領域 (灰色線) 内に描いた Fermi 面 (黒線). 電子は灰色の領域を占有する.

問 79 磁気モーメントの熱力学的解析【解答例】 (120 ページ)

... よって, 熱平衡下における磁気モーメントは,

$$M = (N_+ - N_-)\mu_B = N\mu_B \frac{e^{\mu_B\mu_0 H/k_B T} - e^{-\mu_B\mu_0 H/k_B T}}{e^{\mu_B\mu_0 H/k_B T} + e^{-\mu_B\mu_0 H/k_B T}} = N\mu_B \tanh\left(\frac{\mu_B\mu_0 H}{k_B T}\right)$$