

電子物性 I

松野哲也

平成18年2月10日 (金) 4限目 防音103号室

1. 次の語句について説明せよ.

- (1) リュードベリの実験式
- (2) 光電効果
- (3) トンネル効果
- (4) ボルツマンのエントロピーの式

2. エネルギーの平均

$$\langle \epsilon \rangle = \frac{\sum_n \epsilon_n \exp(-\beta \epsilon_n)}{\sum_n \exp(-\beta \epsilon_n)}, \quad \beta = \frac{1}{k_B T}$$

を計算し,

$$\langle \epsilon \rangle = \frac{h\nu}{\exp(\beta h\nu) - 1}$$

を導け. また, $\langle \epsilon \rangle$ を波長 $\lambda (= c/\nu)$ に対して描け. ただし, c は光速.

3. ニュートンの運動方程式とシュレディンガー方程式を書き, それらの大きな違いを述べよ.

4. k_x, k_y, k_z を波数ベクトルの成分とし, 電子のエネルギーが

$$E = \frac{1}{2}\alpha k_x^2 + \frac{1}{2}\alpha k_y^2 + \beta k_x k_z + \beta k_y k_z$$

で与えられとき, z 方向に沿った電界を加えると, 電子はどのように加速されるか. なお, α と β は正の定数とする. また, 有効質量とはどういう概念か?

5. フェルミ分布とボーズ分布の違いを, 図 (横軸をエネルギー, 縦軸を占有数期待値) および式を用いて説明せよ. また, フェルミ分布, ボーズ分布に従う粒子をそれぞれあげよ.

6. 光の強さは2つの要因で決まる. その2つの要因とは何か. また, 何ゆえ紫外線が肌に良くないと言われるのか.

7. 電圧と電流が比例するというオームの法則は何ゆえ成立するのか. また, 電子の平均速度 (ドリフト速度) は, およそどのくらいか.

電子物性 I (電子物性論第一)

都甲・小野寺

平成17年2月16日(水) 4限目 防音103号室

1. 次の語句について説明せよ.

- (1) (拡散に関する) アインシュタインの関係
- (2) 光電効果
- (3) トンネル効果
- (4) リュードベリの実験式

2. ボーズ分布とフェルミ分布の違いを, 横軸をエネルギー, 縦軸を確率(分布関数 f) にして図示, 及び式を用いて説明せよ. また, ボーズ分布, フェルミ分布に従う粒子をそれぞれあげよ.

3. ニュートンの運動方程式とシュレーディンガー方程式を書き, その大きな違いを述べよ.

4. 電圧と電流が比例するというオームの法則は何ゆえ成立するのか. また, 電子の平均速度(ドリフト速度)は, およそどのくらいか?

5. 光の強さは2つのファクターで決まる. その2つのファクターとは何か. また, 何ゆえ紫外線が肌に良くないと言われるのか.

6. k_x, k_y, k_z を波数ベクトルの成分とし, 電子のエネルギーが

$$E = \alpha k_x^2/2 + \alpha k_y^2/2 + \beta k_x k_z + \beta k_y k_z$$

で与えられるとき, z 方向に沿った電界を加えると, 電子はどのように加速されるか. なお, α と β は正の定数とする. また, 有効質量とはどういう概念か?

7. 「覆水盆に返らず」のことわざの意味を説明し, 熱力学との対応を議論せよ.

電子物性 I (電子物性論第一(再試))

平成16年2月13日(金) 4限目 防音103号室

1. ボーズ分布とフェルミ分布の違いを、横軸をエネルギー、縦軸を確率(分布関数 f) にして図示、及び式を用いて説明せよ。また、ボーズ分布、フェルミ分布に従う粒子をそれぞれあげよ。
2. ニュートンの運動方程式とシュレーディンガー方程式を書き、その大きな違いを述べよ。
3. 電圧と電流が比例するというオームの法則は何ゆえ成立するのか。また、電子の平均速度(ドリフト速度)は、およそどのくらいか?

4. 固体の原子振動に起因する比熱を求めたい。固体の原子振動を、3次元的なバネで結ばれた、独立した単振動の和と考える。状態 i の振動子のエネルギー E_i は

$$E_i = \frac{p_i^2}{2m} + \frac{1}{2} m \omega^2 x_i^2$$

ここで、 p_i 、 m 、 ω 、 x_i はそれぞれ原子の運動量、質量、振動の角周波数、変位である。1つの振動子について分配関数 Z は、 $\beta = 1/k_B T$ として (k_B はボルツマン定数、 T は絶対温度); 次式で与えられる。

$$Z = \sum_i \exp(-\beta E_i)$$

また原子1個あたりの比熱 C は次式で与えられる。

$$C = 3 \frac{\partial}{\partial T} \left[- \frac{\partial}{\partial \beta} (\ln Z) \right]$$

係数の3は振動が x 、 y 、 z の3方向あるためである。次の積分公式を用いて上記比熱を求めよ。またこの比熱の特徴を述べよ。

$$\text{(積分公式)} \int_{-\infty}^{\infty} \exp(-ax^2) dx = (\pi/a)^{1/2}$$

5. k_x 、 k_y 、 k_z を波数ベクトルの成分とし、電子のエネルギーが

$$E = \alpha k_x^2/2 + \alpha k_y^2/2 + \beta k_x k_z + \beta k_y k_z$$

で与えられるとき、 z 方向に沿った電界を加えると、電子はどのように加速されるか。なお、 α と β は正の定数とする。また、有効質量とはどういう概念か?

6. 「覆水盆に返らず」のことわざの意味を説明し、熱力学との対応を議論せよ。

電子物性論第一

平成15年7月24日(木) 4限目 防音102号室

1. 次の語句について説明せよ.

- (1) フェルミ準位 (フェルミエネルギー)
- (2) 光電効果
- (3) トンネル効果
- (4) リチャードソン・ダッシュマンの式

2. ボーズ分布とフェルミ分布の違いを, 横軸をエネルギー, 縦軸を確率 (分布関数 f) にして図示, 及び式を用いて説明せよ. また, ボーズ分布, フェルミ分布に従う粒子をそれぞれあげよ.

3. 電圧と電流が比例するというオームの法則は何ゆえ成立するのか. また, 電子の平均速度 (ドリフト速度) は, およそどのくらいか?

4. 固体の原子振動に起因する比熱を求めたい. 固体の原子振動を, 3次元的なバネで結ばれた, 独立した単振動の和と考える. 状態 i の振動子のエネルギー E_i は

$$E_i = \frac{p_i^2}{2m} + \frac{1}{2} m \omega^2 x_i^2$$

ここで, p_i , m , ω , x_i はそれぞれ原子の運動量, 質量, 振動の角周波数, 変位である. 1つの振動子について分配関数 Z は, $\beta = 1/k_B T$ として (k_B はボルツマン定数, T は絶対温度), 次式で与えられる.

$$Z = \sum_i \exp(-\beta E_i)$$

また原子1個あたりの比熱 C は次式で与えられる.

$$C = 3 \frac{\partial}{\partial T} \left[- \frac{\partial}{\partial \beta} (\ln Z) \right]$$

係数の3は振動が x , y , z の3方向あるためである. 次の積分公式を用いて上記比熱を求めよ. またこの比熱の特徴を述べよ.

$$(\text{積分公式}) \int_{-\infty}^{\infty} \exp(-ax^2) dx = (\pi/a)^{1/2}$$

5. k_x , k_y , k_z を波数ベクトルの成分とし, 電子のエネルギーが

$$E = \alpha k_x^2/2 + \alpha k_y^2/2 + \beta k_x k_z + \beta k_y k_z$$

で与えられるとき, z 方向に沿った電界を加えると, 電子はどのように加速されるか. なお, α と β は正の定数とする. また, 有効質量とはどういう概念か?

6. 電子のもつ波動性が互いに干渉を示すような2つのスリットが空いた板を準備する. また後方には電子が衝突した際に輝点が生じる感光紙を置く. いま電子を1個ずつスリットを持つ板に照射した場合を考える. 照射した電子の数を時間とともに増したときの感光紙上に干渉縞が形成される様子を, 図を4つ用いて順に描け.

7. 「覆水盆に返らず」のことわざの意味を説明し, 熱力学との対応を議論せよ.

電子物性論第一

平成14年7月23日(火) 14:50-16:20 防音103号室

1. 次の語句について説明せよ.

- (1) カノニカル集合
- (2) (拡散に関する) アインシュタインの関係
- (3) 光電効果
- (4) トンネル効果
- (5) リチャードソン・ダッシュマンの式

2. ボーズ分布とフェルミ分布の違いを, 横軸をエネルギー, 縦軸を確率(分布関数 f) にして図示, 及び式を用いて説明せよ.

3. k_x, k_y, k_z を波数ベクトルの成分とし, 電子のエネルギーが

$$E = \alpha k_x^2/2 + \alpha k_y^2/2 + \beta k_x k_z + \beta k_y k_z$$

で与えられるとき, z 方向に沿った電界を加えると, 電子はどのように加速されるか. なお, α と β は正の定数とする.

4. 「覆水盆に返らず」のことわざの意味を説明し, 熱力学との対応を議論せよ.

5. ニュートンの運動方程式とシュレーディンガー方程式を書き, その大きな違いを述べよ.

6. 電圧と電流が比例するというオームの法則は何ゆえ成立するのか.

7. 光の強さは2つのファクターで決まる. その2つのファクターとは何か. また, 何ゆえ紫外線が肌に良くないと言われるのか.