

# 「半導体」 7/15の問題

## 1. ホール伝導度と Onsager 相反性

2次元系の伝導度テンソルは，電流  $j$  と電場  $E$  に対して

$$\begin{pmatrix} j_x \\ j_y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \sigma_{xx} & \sigma_{xy} \\ \sigma_{yx} & \sigma_{yy} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} E_x \\ E_y \end{pmatrix} \quad (1)$$

と定義される． $\sigma_{\alpha\beta}$  ( $\alpha, \beta = x, y$ ) に対して Onsager の相反性はどのように表されるか．

## 2. グラフェンにおけるサイクロトロン運動

サイクロトロン振動数  $\omega_c$  は，通常は電子の有効質量を  $m_e$  として

$$\omega_c = \frac{eB}{m_e} \quad (2)$$

と書くことができる．しかし，グラフェンにおいては， $m_e = 0$  であるから，一見，上の式をそのまま当てはめることはできないように見える．グラフェンにおけるサイクロトロン振動数はどのように表されるか？

## 3. グラフェンのサイクロトロン質量

磁場下でマイクロ波や遠赤外光の吸収実験を行って  $\omega_c$  を求め，式 (2) より有効質量などを求める実験のことをサイクロトロン共鳴，このようにして求まる有効質量をサイクロトロン質量と呼ぶ．グラフェンのサイクロトロン質量はどのように表されるか．