

電子物性 2

後期金曜日2時限目 E6 0 3 教室
常盤和靖

モバイル出欠 認証コード 1730
登録をお願いします。

授業の進め方について

- ・ 講義の曜日と時間は、毎週金曜日 2 時限目です。基本的に対面（E603教室）で実施します。
講義、LETUS、メールなどでアナウンスします。
- ・ 授業期間は、9月12日（本日：1回目）～1月9日（15回目）までです。
試験日程の都合で1月23日（16回目）まで該当することもあり得ます。
- ・ 授業資料をLETUSに事前に載せる予定です。
- ・ 授業期間内に1～2回程度、レポート課題を出す予定です。レポートを出す際に指示しますが、
LETUS上にアップしてもらう形式で行う予定です。

評価方法

到達度評価（70%）+レポート（30%）

電子物性2 講義の進め方

講義内容（固体内の電子の運動を中心に考察していきます）

古典的な電子模型

有限温度の伝導電子

周期ポテンシャルの影響(ブロッホの定理)

ほぼ自由電子近似

強結合近似

フェルミ面とブリルアンゾーン

電子輸送現象（ボルツマン方程式）

第1章 金属の伝導現象（ドゥルーデ理論）

電気伝導の古典的な扱い	・・・	ドゥルーデモデル 気体分子運動論を固体中の 電気伝導に応用 電荷は剛体球として取り 扱われる
固体中の電気伝導を担うもの	キャリア	・・・

電気伝導率

電荷 q のキャリアが電場 E で加速

キャリアの有効質量 m^* 、速度 v_D
運動方程式

$$m^* \left(\frac{d\mathbf{v}_D}{dt} + \frac{1}{\tau} \mathbf{v}_D \right) = q\mathbf{E} \quad (1.1)$$

v_D とはどのような速度なのか？

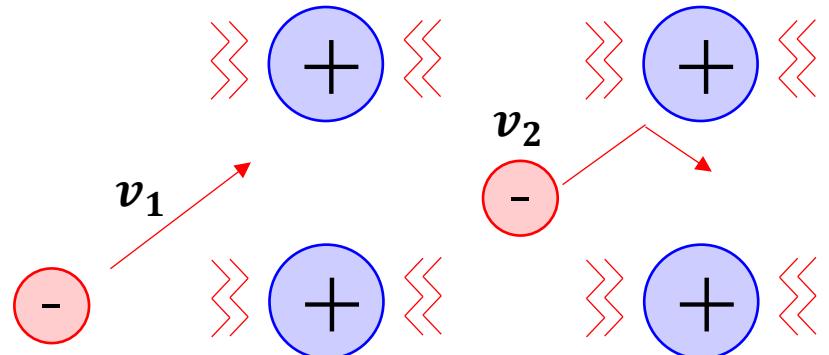
単位時間に散乱を受ける回数

散乱時間（緩和時間）
：電荷の衝突と衝突の間の
平均時間

固体（結晶）中の電子 →

- ・原子の平衡位置における
熱振動（フォノン）
- ・不純物・欠陥

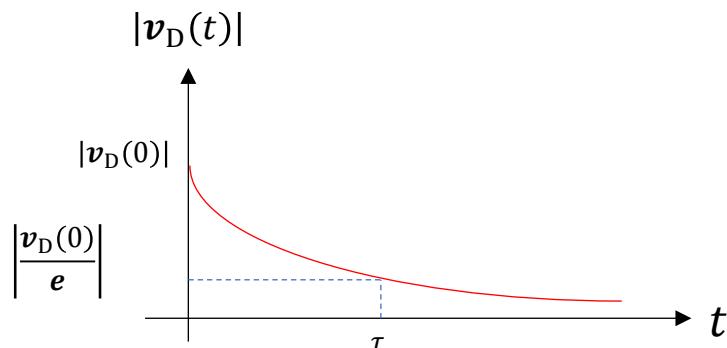
これらに散乱を受ける



(1.1)の解は

$E = \mathbf{0}$ の場合

$$v_D(t) = v_D(0) \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right)$$



結晶中では多くのキャリアがいろいろな速度で運動している→全体では平均速度 v_D を見ている。

$$v_D = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n v_i \quad (1.2)$$

十分に時間($t \rightarrow \infty$)が経つと

$$v_D = \frac{q\tau}{m^*} E$$

$E \neq \mathbf{0}$ の場合

$$v_D(t) = v_D(0) \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right) + \frac{q\tau}{m^*} E \quad (1.3)$$

$$v_D = \frac{q\tau}{m^*} E \quad (1.4)$$

ドリフト速度

ドリフト速度 v_D に対する定常電流密度 j

$$j = nqv_D = nq \times \frac{q\tau}{m^*} E = \frac{nq^2\tau}{m^*} E \quad (1.5)$$

また、 v_D と E を結ぶ比例係数を
 μ （移動度or ドリフト移動度）とよび

$$v_D = \mu E = \frac{q\tau}{m^*} E \quad (1.9)$$

電気伝導率を σ とすると

$$j = \sigma E \quad (1.6) \quad \text{より}$$

$$\sigma = \frac{nq^2\tau}{m^*} \quad (1.7)$$

$$\text{より} \quad \mu = \frac{q\tau}{m^*} \quad (1.10)$$

$$\text{あるいは電気抵抗率 } \rho = \frac{1}{\sigma} \text{ を用いて } \rho = \frac{m^*}{nq^2\tau} \quad (1.8)$$

$$\sigma = nq\mu \quad (1.11) \quad \text{と書ける}$$

半導体のように電子とホールが同時に共存する場合

電子 n_e (単位体積あたりの電子密度) m_e^* (有効質量) τ_e (緩和時間)

ホール n_h (単位体積あたりのホール密度) m_h^* (有効質量) τ_h (緩和時間)

$$\sigma = \frac{n_e e^2 \tau_e}{m_e^*} + \frac{n_h e^2 \tau_h}{m_h^*} = e(n_e \mu_e + n_h \mu_h) \quad (e > 0 \text{ として } q_e = -e, q_h = +e) \quad (1.12)$$