

## 物质电导的经典理论 (40 分)

经典电子论的基础是由 P.K.L.Drude 在 1900 左右提出的。其模型如下：

1. 将金属分为固定不动（可在附近做振动）的原子核和自由移动的电子（满足能均分定理）。
  2. 自由电子的运动决定了金属的导热性与导电性。
  3. 自由电子与原子核碰撞来交换能量，从而达到热平衡。
- (1) Ohm 定律，简单认为电子以平均速率  $\bar{u}$  运动，且与原子核相碰后完全失去定向移动速率，设平均自由程为  $\bar{\lambda}$ ，电子热运动以热运动平均速率  $\bar{u}$  运动。

试证明：

$$\vec{j} = \sigma \vec{E}$$

并给出  $\sigma$ ，用电子质量  $m$ ，电量绝对值  $e$ ，数密度  $n$ （一价金属），平均自由程  $\bar{\lambda}$  表示。

- (2) Joule-Lenz 定律，电子与原子核相碰后，其动能完全转化为原子核的热振动动能，给出热运动功率密度（单位体积内放出的热能）。用电场  $\vec{E}$  与一个用上已知量表示的常数给出。
- (3) Wiedemann-Frantz 定律，在这里，我们将自由电子看成自由电子气，满足能均分定理，给出导热系数  $\kappa$  的微观表达式以及与电导率  $\sigma$  之间的关系

提示：傅里叶热传导定律

$$j_q = -\kappa \frac{dT}{dz}$$

其中  $j_q$  为单位时间，流过单位面积的能量。

注意：本题无需考虑 Maxwell 速率分布