

2.4.4 Merkpunkte Kapitel 2.4

➤ Molare *Wärmekapazität* Metall ist klassisch-theoretisch immer

$$C = C_e + C_{\text{Gitter}} = 6/2 \cdot R + 3/2 \cdot R = 9/2 \cdot R$$

● Das ist experimentell doppelt falsch:

1. Gitteranteil geht $\Rightarrow 0$ für $T \Rightarrow 0 \text{ K}$
2. Elektronenanteil immer $\ll 3/2 \cdot R$

● Fehler bei Elektronen: Pauli Prinzip nicht berücksichtigt

➤ Richtig ist: Nur Elektronen mit freien Plätzen in der Nachbarschaft im k -raum können Energie aufnehmen.

!!! Sehr wichtiges Prinzip !!!

● Das sind *nur* die Elektronen im "Aufweichungsbereich" der Fermiverteilung

➤ Richtige Formel

● Strickmuster ist immer: Zustandsdichte mal Fermiverteilung = Dichte Elektronen bei E ; mal $E =$ gesamte Energie der Elektronen bei E , Aufsummieren (= integrieren)

$$E = \int_0^{\infty} E \cdot D(E) \cdot f(E, T) \cdot dE$$

$$C = dE/dT \approx D(E_F) \cdot \int_0^{\infty} (E - E_F) \cdot \frac{d}{dT} \left(\frac{1}{\exp - (E - E_F)/kT} \right) dE \approx \frac{\pi^2}{2} \cdot R \cdot \frac{T}{T_F}$$

● Rechnerei trickreich; braucht Näherungen.

➤ Schnelle Abschätzung gibt

● Merke: Mathe kann schwierig sein, Physik ist aber klar.

$$C_e \approx \frac{9N_A}{2E_F} \cdot k^2 T = 9/2 R \cdot \frac{kT}{E_F} = 9/2 R \cdot \frac{T}{T_F}$$

➤ Bei klassischer *Leitfähigkeit* ebenfalls Fehler weil kein Pauli Prinzip berücksichtigt.

● Dadurch ist die mittlere Geschwindigkeit v_0 viel zu klein

● "Reparatur" klassischer Formel: Ersetze v_0 (klassisch) durch "Fermigeschwindigkeit v_F "

● Damit größere freie Weglängen; grundsätzliches Verständnis möglich.

$$1/2 m \cdot v_F^2 = k \cdot T_F$$

➤ Genauer Betrachtung der mittleren freien Weglänge als Funktion von Temperatur, Defekten, Legierung usw. ergibt die klassischen "Regeln" und "Gesetze" für die Leitfähigkeit der Metalls.

Matthiesen Regel:

$$\rho \approx \rho_0 (1 + \alpha T) \quad \alpha \approx 4 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$$

Nordheim Regel:

$$\rho \propto \text{Konz. Legierungselement}$$