

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.

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

!!! Sehr wichtiges Prinzip !!!

■ Richtige Formel

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

● Rechnerei trickreich;
braucht Näherungen.

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

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

■ Schnelle Abschätzung gibt

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

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

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

● Dadurch ist die mittlere Geschwindigkeit **v₀** viel zu klein

● "Reparatur" klassischer Formel: Ersetze **v₀(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 Metalle.

Matthiesen Regel:

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

Nordheim Regel:

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