

Übung 8.1-1

Schnelle Fragen zu

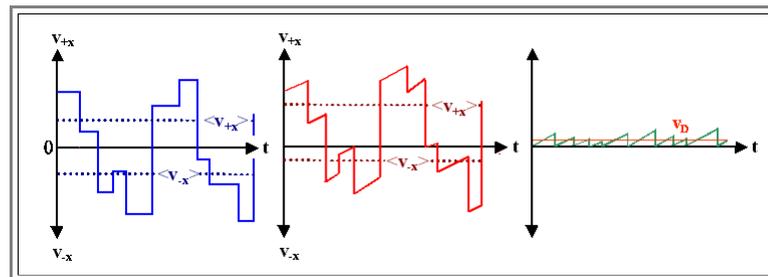
8.1 Leitfähigkeit, Konzentration und Beweglichkeit

Schnelle Fragen zu 8.1.1: Ein neuer Blick auf's Ohmsche Gesetz

- Leite das Ohmsche Gesetz [wie im Rückgrat angegeben](#) mit den spezifischen Größen j , E und σ her.
- Wie berechnet man die Dichte der **Atome/cm³** aus der Massendichte (**g/cm³**) und der Kenntnis der Atomsorte(n)? Was folgt daraus *ungefähr* für die Dichte von *freien* Elektronen in Metallen?
- Wie groß ist die Stromdichte j_i von Teilchen der Sorte i mit der Konzentration n_i , die sich mit der Durchschnittsgeschwindigkeit v_D bewegen (z.B. Wasser im Schlauch, Autos auf der Autobahn, Elektronen im **Cu**)? Wie groß ist die elektrische Stromdichte, falls die Teilchen eine Ladung q tragen? Gleichung!
- Leite mit der obigen Gleichung und mit dem Ohmschen Gesetz für die Stromdichte j und elektrische Feldstärke E die Hauptgleichung $\sigma = q \cdot n \cdot \mu$ für die spez. Leitfähigkeit her sowie die Definition der *Beweglichkeit* μ .
- Gib Größenordnungen für den spez. Widerstand von guten Metallen, Halbleitern und Isolatoren.
- Wenn man für ein typisches Metall die Dichte der freien Ladungsträger (d. h. Elektronen) = Dichte Atome setzt, und einen spez. Widerstand von **(2 - 50) $\mu\Omega\text{cm}$** annimmt, wie groß sind dann typische Beweglichkeiten? Gleichung und Zahlen.

Schnelle Fragen zu 8.1.2: Mittlere freie Weglänge, Stoßzeit und Beweglichkeit

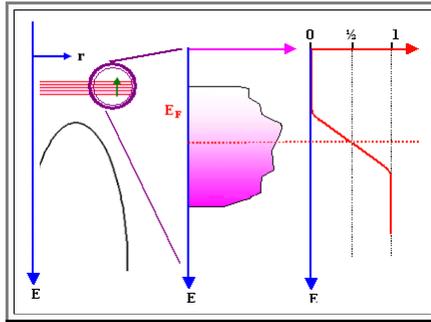
- Warum werden Elektronen in einem Metall auf die ein elektrisches Feld E wirkt, nicht immer schneller und schneller, sondern bewegen sich feldbedingt mit der konstanten Driftgeschwindigkeit $v_D = \mu \cdot E$ (parallel oder antiparallel?) zum Feld (μ = Beweglichkeit der Elektronen im gegebenen Metall).
- Wie schnell, d. h. mit welcher mittleren Geschwindigkeit v_{therm} , würden sich Elektronen als *klassische* Teilchen in einem Metall bei der Temperatur T bewegen? Formel!
Hinweis : Aus Sicht des [Gleichverteilungssatz](#) sind Elektronen identisch zu einem "einatomigen" Gas.
- Wie vergleicht sich v_{therm} bei Raumtemperatur und v_D bei einer "vernünftigen" Feldstärke ganz grob (aus dem Gedächtnis oder rechnen).
- Mit was stoßen sich Elektronen in Kristallen bevorzugt? Mit welchen zwei Parametern beschreibt man solche Stoßprozesse?
- Interpretiere die nachfolgende Bildsequenz. Welcher Stoßparameter ist direkt sichtbar?



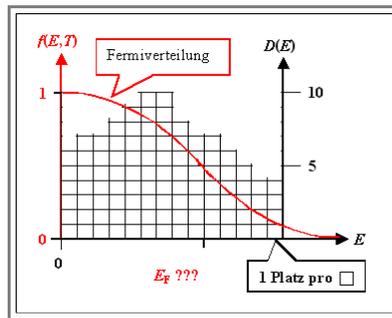
- Die Beweglichkeit μ hängt wie mit den oben gefragten Stoßparametern zusammen? (qualitativ; Proportionalitäten).
- In der Formel $I = v \cdot t$, die ein *klassisches* Elektron in einem Metall das bei der Temperatur T nur so rumliegt in der Zeit t zurücklegt, ist welche Geschwindigkeit einzusetzen? Was ändert sich, wenn man jetzt noch ein elektrisches Feld einschaltet?
- Für eine bekannte Leitfähigkeit und Elektronendichte kann man für *klassische* Elektronen über die Beweglichkeit die mittlere freie Weglänge zwischen zwei Stößen ausrechnen und erhält Werte im Bereich **< 1 nm**. Warum folgt daraus zwingend, dass Elektronen *nicht* als klassische Teilchen behandelt werden dürfen? Was darf man dann insbesondere *nicht* mehr machen?
- Sind Elektronen *Fermionen* oder *Bosonen*? Wie sind diese zwei Sorten definiert? Worin besteht der fundamentale Unterschied in ihrem Verhalten, insbesondere bei der Besetzung von Zuständen?

Schnelle Fragen zu 8.1.3: Die elektrische Leitfähigkeit – jetzt aber richtig

- Was zeigt das Bild unten? Erläutere insbesondere die mit der "Lupe" sichtbar gemachte Kurve und die Bedeutung des Farbverlaufs.



- Zeichne ins untere Bild die Kurve der Zustandsdichte und markiere für die gegebene Fermiverteilung besetzte Plätze (mit Farbe). Wieviele Teilchen sind zu verteilen? Wo liegt die Fermienergie? Wie sähe da Bild für dieselbe Teilchenzahl bei **0 K** aus?



- Was sind die wesentlichen Eigenschaften der Fermiverteilung?
- Warum können Elektronen, die Zustände bei Energie besetzt haben für die $f(\mathbf{E}) = 1$ gilt, *nicht* an der Leitung von elektrischem Strom durchs Material partizipieren? Warum können das nur Elektronen im "Aufweichungsbereich"? Wie groß ist der "Aufweichungsbereich" etwa als Funktion der Temperatur?