# metallische Leitung

## Drude-Modell

freie Elektronen im Festkörper → Masse $m_e \cong 10^{-30}$ kg

Ladung $q_e = -e = -1.6 \cdot 10^{-19}$ C

Bewegungsgleichung: $m_e \cdot \frac{d\vec{v}}{dt} = -e\vec{E}$

$$v_e \cong \sqrt{\frac{3kT}{m_e}} = 10^5 \, m/s$$

bei gleichförmiger Bewegung: $m_e \cdot \frac{\vec{v}_D}{\tau} = -e\vec{E}$

Stosszeit

$$\vec{j} = \rho_e \cdot \vec{v}_D = \underbrace{-\frac{\tau e \rho_e}{m}}_{\sigma} \vec{E}$$

mittlere freie Weglänge

Stosszeit: $\underline{\tau} = \frac{l}{v_e} = \frac{l\sqrt{m_e}}{\sqrt{3kT}}$

$$\cong \frac{10^{-7} m}{10^5 m/s} \cong 10^{-12} s \qquad \underline{\tau \cong 10^{-11} - 10^{-13} \, s}$$

$$\sigma = \frac{\tau e \rho_e}{m_e} = \frac{10^{-12} s \cdot (1.6 \cdot 10^{-19} C)^2 \, 10^{29} m^{-3}}{10^{-30} kg} \cong 3 \cdot 10^8 \, \frac{1}{\Omega \cdot m}$$

$$= \frac{\tau e^2 n_e}{m_e}$$

---

$\rho \sim \sqrt{T}$ Drude-Modell weil $\tau = \frac{l}{v_K} \sim \frac{1}{\sqrt{T}}$

## mittlere freie Weglänge

$$l \sim \frac{1}{n_a r_a^2} \sim \underbrace{\frac{1}{1}}$$ → konst. Dichte

$\hookrightarrow \langle \delta x^2 \rangle \sim T$

$\ell \sim \frac{1}{\sqrt{T}}$ wenn T-Abhängigkeit der Dichte auch mitgenommen wird

$$\tau = \frac{\ell}{v_{th}} \sim \frac{1}{T} \Rightarrow \rho \sim T$$

---

## Halbleiter

$$\sigma \sim \tau \cdot n_e$$

$\tau \sim 1/v_{th}$, $n_e$: Boltzmann

$$n_e \sim e^{-\frac{E_B}{kT}}$$

$$\sigma \sim e^{-E_B/kT} \qquad \rho \sim e^{\frac{E_B}{kT}} \qquad T\uparrow \ \rho\downarrow$$

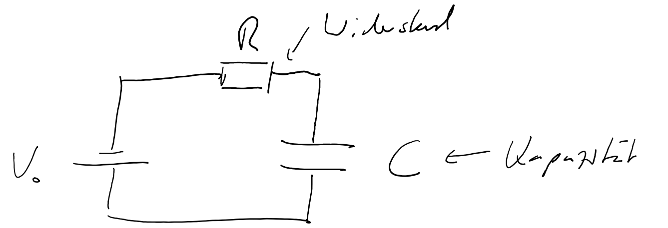
---

## Halbleiter mit angelegter Spannung

$$n_e \sim e^{-\frac{E_B - qU}{kT}} \sim e^{\frac{qU}{kT}}$$

---

## Aufladen eines Kondensators




$$V_0 = RI + \frac{Q}{C} = R\frac{dQ}{dt} + \frac{Q}{C}$$

Homogene Gl.: $0 = R\frac{dQ}{dt} + \frac{Q}{C}$

$$\frac{dQ}{dt} = -\frac{1}{RC} \cdot Q = -\frac{1}{\tau} Q \qquad \tau = RC$$

$$Q = Q_0 e^{-t/\tau}$$

spezielle Lösung: $Q = CV_0$

$$Q = CU_0 \left(1 - e^{-t/\tau}\right) \rightarrow \underline{U(t) = U_0 \left(1 - e^{-t/\tau}\right)}$$

$$\underline{I} = \frac{dQ}{dt} = \underline{I_0 \, e^{-t/\tau}}$$