

Literatur:

Festkörperphysik: Ashcroft und Mermin; Kittel; Black und Zwick, Kapitel 1

Nanosstrukturen: Supriyo Datta, "Electronic Transport in Mesoscopic Systems"

Joseph Junge "Introduction to Mesoscopic Physics"

1.3 Grenzflächen und Oberflächen-Effekte

Bisher: elektronische Zustände, die über den ganzen Festkörper ausgedehnt sind. Atome an Oberflächen und Grenzflächen sind anders gebunden als innerhalb des Volumens.

⇒ veränderte Eigenschaften

Beispiele: 2-dim Elektronengas in Halbleiter-Strukturen

- nanokristalline Materialien. Viele Atome an Grenzflächen

⇒ veränderte Eigenschaften (grenzflächenabhängige Eigenschaften)

- mechanische Eigenschaften

Plastizität definiert durch

Grenzflächenatome

- thermodynamische Eigenschaften

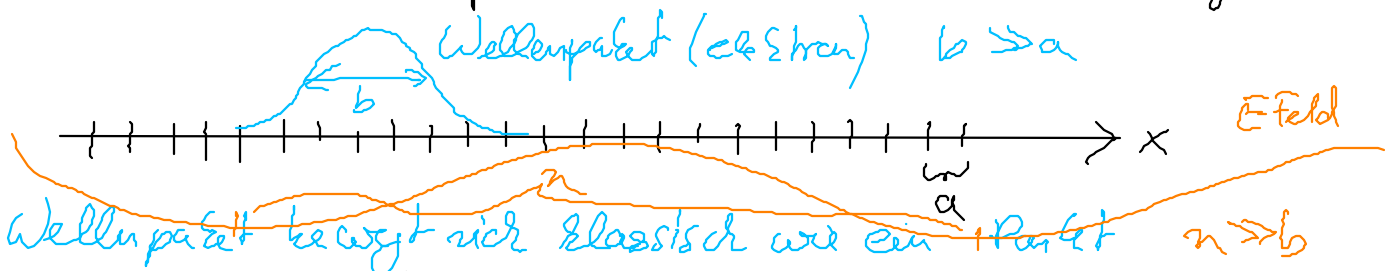
z.B. Schmelzpunkt

- magnetische Eigenschaften: magnetisches Moment und Anisotropie

"Material Design"

1.4 Elektronischer Transport

In Volumen Festkörpern: semi-klassische Beschreibung



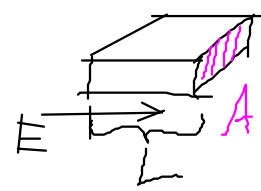
• Hierarchie von Längenskalen: $a \ll b \ll n$: "klassische" Bewegung von Wellenpaket.

• klassische BGL und $\epsilon(k)$ (mit Dispersionsrelation)
 Stöße sind Erinnerungsplosch
 Bandstruktur \Rightarrow mess

l : freie Weglänge (typischer Abstand von Streuzentren)

\Rightarrow Ohmsches Gesetz:

$$R = \frac{\rho L}{A}$$



$$\sigma = \frac{1}{\rho} = Ne^2 D$$

σ : Leitfähigkeit

N : Zustandsdichte

D : Diffusionskonstante

$$D = \frac{v_F \cdot l}{d}$$

$$v_F = \left. \frac{\partial \epsilon(k)}{\partial k} \right|_{k=k_F}$$

Dispersionsrelation

v_F : Fermigeschwindigkeit

Metall: $v_F \sim 10^6 \frac{cm}{s} \sim 0,01 c$

l_{el} : elektrische Streulänge (Defekte)

l_{in} : inelastische Streulänge (Gitterschwingungen, Coulomb WW zwischen e^-)

d : Dimensionen (1, 2, 3)

In Mesoskystemen treten neue Phänomene auf

- Quantisierung der Elektronenenergie
- Phasenkohärenz (1 Elektroneneffekt)
- Einzelladungseffekte

• Verschränkte Transportregime (freie Weglänge l , Abmessung L , Phasenkohärenzlänge l_ϕ)

- diffusive $l \ll L$
- ballistische $l \gg L$
- mesoskopische $l \ll L, l_\phi \gtrsim L$

Leitwertquantisierung (φ : Leitwert) $\left[\frac{Gate}{w} \right] \left[\frac{Gate}{w} \right]$

Lokale Einschnürung, $w \sim n_F \Rightarrow$ diskrete transversale Moden
 „Wellenleiter“ für Elektronen. Jede Mode liefert Beitrag $\frac{2e^2}{h}$

$\varphi \Rightarrow$ diskrete Leitwertsprünge ($\varphi = \frac{1}{R}$)

Phasenkohärenz z.B. Aharonov-Bohm-Effekt

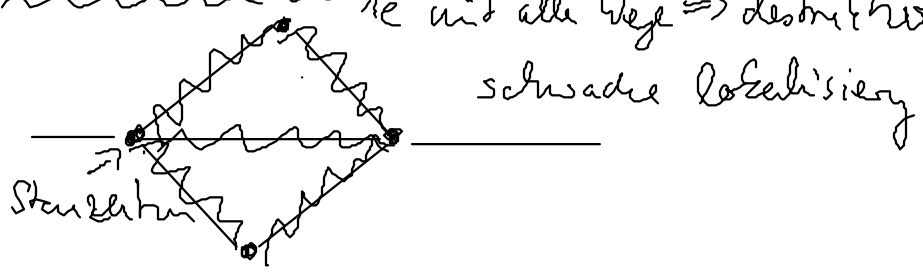


$$\varphi = \frac{e}{h} \int \vec{A} \cdot d\vec{s}$$

φ : Phase der Elektronen-Welle

- Phasenverschiebung $\Delta\varphi = 2\pi \frac{\phi}{\phi_0}$ $\phi_0 = \frac{h}{e}$ $\phi = B \cdot A$
- konstruktive + destruktive Interferenz \Rightarrow Oszillationen der e^- -Welle
- Längenskala \hookrightarrow kontrolliert durch mechanische Struktur.

Phasenverschiebung



ohne Magnetfeld: konstruktive Interferenz

Ein-Elladungseffekt: Coulomb-Blockade

- Coulombwechselwirkungen
- Quantisierung der Ladung

$$E_c = \frac{e^2}{2C}$$

C: Kapazität $C = \sum_i C_i$

