

Elektronenmikroskopie

Stärke Elektron-Kern-WW ~ Ordnungszahl

$$E_{kin} = \frac{1}{2} m v^2 \quad \text{Gleichsetzen} \quad v = \sqrt{\frac{2eU}{m_e}} \Rightarrow \lambda = \frac{h}{m_e \sqrt{\frac{2eU}{m_e}}} = \frac{1.23 \cdot \sqrt{U}}{\sqrt{U}}$$

$$E_{pot} = e \cdot U$$

für $U = 10 \text{ kV} \rightarrow \lambda = 0.017 \text{ nm}$

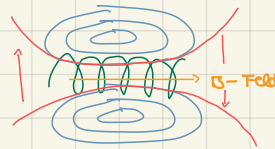
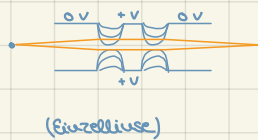
$d_{min} \approx 0.006 \text{ nm}$

Raumladungseffekt \rightarrow Wellen nicht parallel \rightarrow schlechte Auflösung

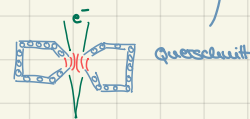
(\rightarrow trotzdem keine atomare Auflösung!)

Elektronen gleiten auf Metall & schlagen e^- raus (Kugel) \rightarrow schlechtere Auflösung

elektrische Linse:



\hookrightarrow 3-Finger-Regel

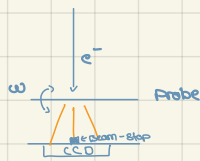


$$\vec{F}_{Lorentz} = |q| \cdot |\vec{v}| \cdot |\vec{B}| \cdot \sin(\theta)$$

$$= q \times \vec{v} \times \vec{B}$$

B: mag. Flussdichte [T]

TEM-Tomographie:



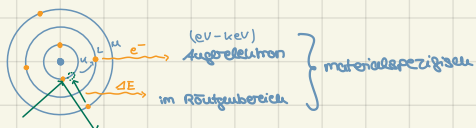
$\omega = \pm 70^\circ$

Auflösung nicht bei jeder Struktur möglich!

REM - Rasterelektronenmikroskopie

- \hookrightarrow Elektronenstrahl rastet über Probe, schlägt e^- raus die dann gemessen werden
 - \hookrightarrow hohe Kernladungszahl \rightarrow starke Streuung \rightarrow viel Signal
 - \hookrightarrow Kontrast umgekehrt zu TEM
 - \hookrightarrow Primärelektronen: rückgestrahlte $e^- \rightarrow$ hohe Energie ($\sim \text{keV}$)
 - \hookrightarrow Sekundärelektronen: WW von e^- im Strahl mit Atomen / Molekülen der Probe \rightarrow niedrige Energie ($\sim \text{eV}$)
- $\sim 2 \text{ nm Tiefe}$; Auflösung durch Elektronenstrahl begrenzt

Ausgeselektierten



- Rückstreuungselektronen, elastisch; Streuung im Coulombabstoßung der Atome
- Rückstreuung aus Rangesamen Elektronen, aus innerer Schale
- Ausgeselektierten elementarspezifisch

EDX- Energy Dispersive X-Ray analysis

\hookrightarrow kin. Energie der Elektronen wird gemessen



$$E(K_{\alpha}) = E(n_1=2) \rightarrow (n_2=1)$$

$$= R_y \cdot (Z-1)^2 \left(\frac{1}{n_2^2} - \frac{1}{n_1^2} \right)$$

$$= R_y \cdot (Z-1)^2 \left(1 - \frac{1}{4} \right)$$

$$= R_y \cdot (Z-1)^2 \cdot \frac{3}{4}$$

(Moseley)

$$R = 13.6 \text{ eV}$$

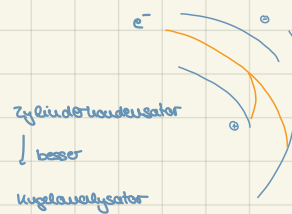
Ionisierungse. v. H_2 !

Elektronenspektroskopie 2

1) kin. Energie messen

$$\frac{1}{2} m_e v^2 = eU \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2 \cdot e \cdot U}{m_e}}$$

Geschw. kann durch Ablenkung im Kondensator ermittelt werden

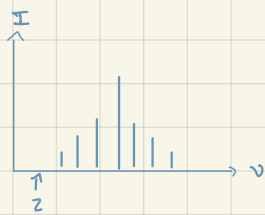
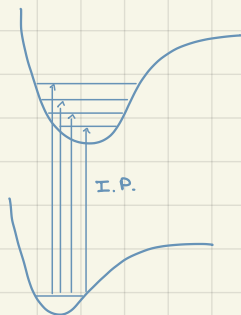


2) B-Feld messen

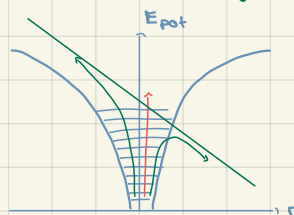
$$\vec{F}_L = \vec{B} \times \vec{v} \times e$$

+ Kombi mit E_{kin} -Methode von (1)

3) Flugzeit messen



durch el. Feld \rightarrow Feldgradient $\Rightarrow e^-$ kommen schon früher aus Topf raus
 \hookrightarrow Lösung: Gradient immer gleich machen um Ionisierungsenergie zu bekommen



$$h\nu = \text{Ionisierungsenergie}$$

was mit Coulomb...

$$F = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r^2}$$

Integrieren

pot. Energie

$$U = -\frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r}$$

ZEKE

Zero Electron Kinetic Energy

\rightarrow el. Feld wird gepulst eingeschaltet

1. Puls schießt e^- mit kin. Energie raus

\hookrightarrow nur noch e^- ohne E_{kin} im Pot. topf

2. Puls kann Ionisierungsenergie abgeben

\rightarrow MATI Massenaufschrausentionization

\rightarrow was mit Massanalyse

aus Masseninformation Info woher das

e^- kommt?