

Die Atomgröße

- Die Größe (Volumen, Durchmesser) von Atomen lässt sich mit vielfältigen Methoden bestimmen.

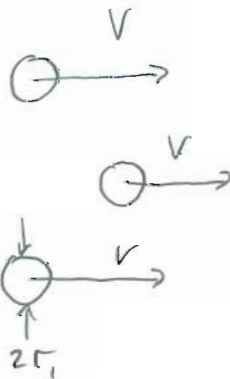
↳ Röntgenbeugung an kristallinen Festkörpern

↳ Stossexperimente zwischen Atomen in Gasen

↳ direkte Abbildung einzelner Atome mit mikroskopischen Techniken

Der Wirkungsquerschnitt

- betrachte Stossprozess von geradlinig bewegtem Atomen an ruhenden Atomen in der Gasphase



Bewegte Atome
mit Durchmesser
 $2r_1$



ruhende Atome mit
Durchmesser $2r_2$

- Wann stoßen zwei Atome miteinander?

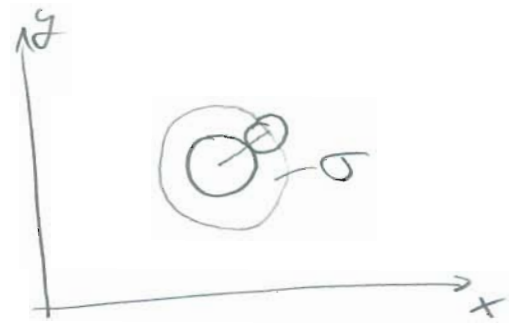
↑ g

Diagram showing two overlapping circles representing atoms. The circles are shaded and overlap, with a vertical arrow labeled g pointing upwards between them.

$$\sigma = \pi (r_1 + r_2)^2$$

- **Stossfläche**

$$\sigma = \pi (\tau_1 + \tau_2)^2$$

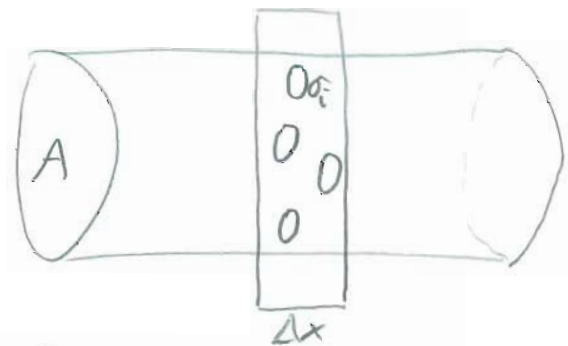


↳ Teilchen mit einem Abstand kleiner als $\tau_1 + \tau_2$ werden ausgelenkt

- Wie viele Teilchen aus einem Atomstrahl mit der Dichte N_0 und dem Teilchenradius τ_1 stoßen auf ruhende Atome in einer Schicht der Dicke Δx mit der Atomdichte n und dem Teilchenradius τ_2 und werden somit aus ihrer Ursprungsrichtung ausgelenkt.

- **Stosswahrscheinlichkeit pro Teilchen**

$$W = \frac{\sum_i \sigma_i}{A}$$



$$W = \frac{\text{Fläche aller Wirkungsquerschnitte im Volumen } \Delta x A}{\text{Gesamtstrahlfläche } A}$$

- **Änderung der Zahl der Atome im Strahl**

$$\Delta N = -WN = -\frac{n A \Delta x \sigma}{A} N$$

$$\boxed{\frac{\Delta N}{N} = -n \sigma \Delta x}$$

differentielle Änderung pro Schicht der Dicke Δx

$$\int_{N_0}^{N_L} \frac{dN}{N} = \int_0^L -n\sigma dx$$

$$\Rightarrow N_L = N_0 e^{-n\sigma L}$$

im Strahl nach der Streuung über eine Länge L verbliebende Atomzahl

- gestreute Atomzahl

$$N_0 - N_L = N_0 (1 - e^{-n\sigma L})$$

• mittlere freie Weglänge λ

$$\frac{N_L}{N_0} = \frac{1}{e} = e^{-n\sigma \lambda}$$

Länge nach der $\frac{1}{e} \approx 0.37$ der Teilchen noch nicht gestreut werden

$$\lambda = \frac{1}{n\sigma}$$



• makroskopischer Streuquerschnitt

$$\alpha = n\sigma$$

σ mikroskopischer Streuquerschnitt
 n Dichte des Streuzentrums

Bestimmung des Atomradius aus feiner Welllänge

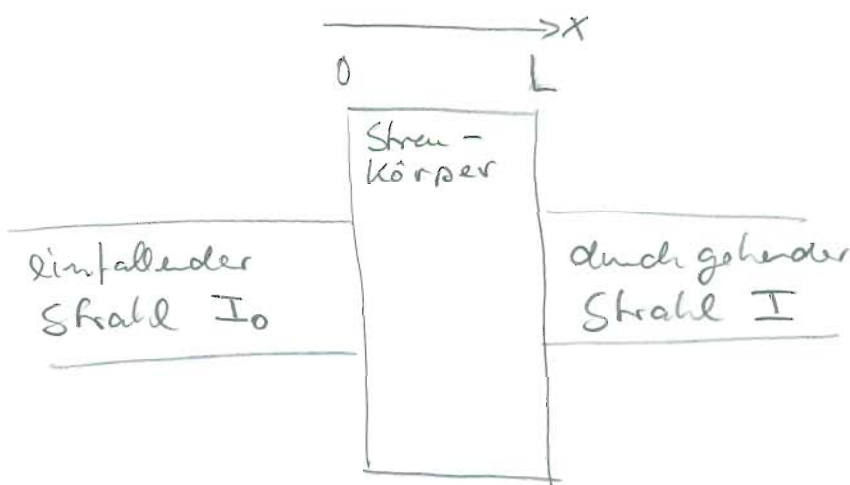
$$\lambda = \frac{1}{n\sigma} = \frac{1}{n\pi(2r)^2}$$

$$\Rightarrow r = \sqrt{\frac{1}{4n\lambda n}}$$

λ : aus Messung bestimmt

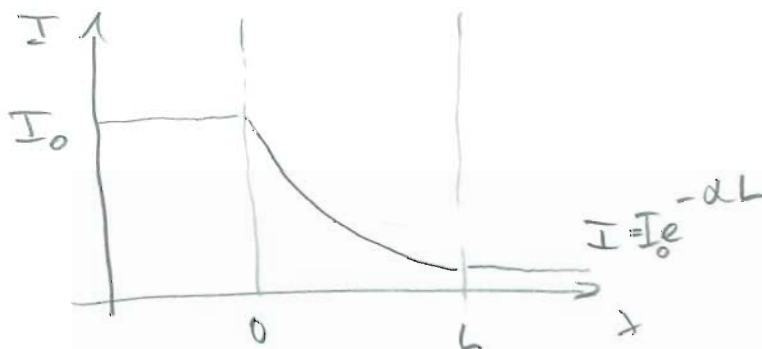
für Streuung an der selben Atomart

Allgemeines Streuexperiment



Beersches Gesetz:

$$I = I_0 e^{-\alpha x}$$



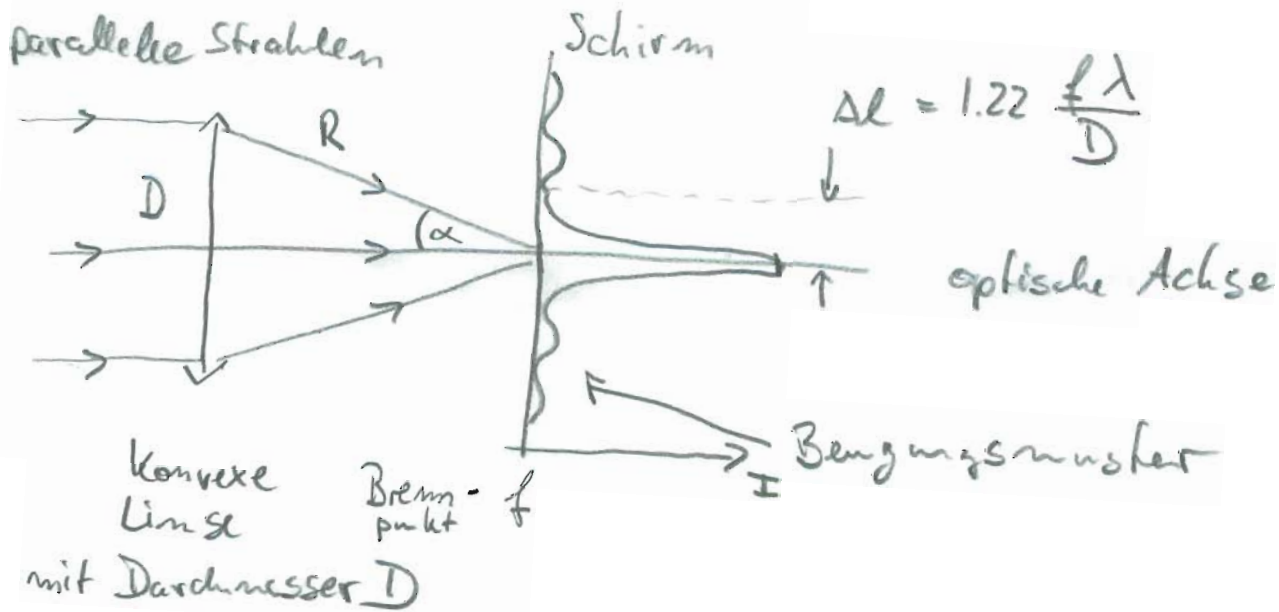
I_0 : Anfangsintensität

I : verbliebene Intensität

2 \Rightarrow bisher: indirekte Bestimmung der Atomgröße

\Rightarrow Tot direkte Abbildung einzelner Atome möglich?

Abbildung an einer Linse



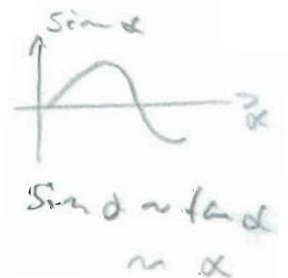
① Beugung am Rand der Linse

$$\Delta l = 1.22 \frac{f\lambda}{D}$$

mit $\sin \alpha = \frac{D/2}{R}$

$$\approx \frac{1.22}{2} \frac{R}{D/2} \lambda = 0.61 \frac{\lambda}{\sin \alpha}$$

$$f \approx R$$



Lage des ersten Beugungsminimums

② Optimal:

- möglichst kleine Wellenlänge λ
- möglichst großer Abbildungswinkel

$$\alpha \rightarrow 90^\circ$$

$$\rightarrow \sin \alpha = 1$$

\rightarrow Auflösungsvermögen

$$\Delta l \sim \lambda$$