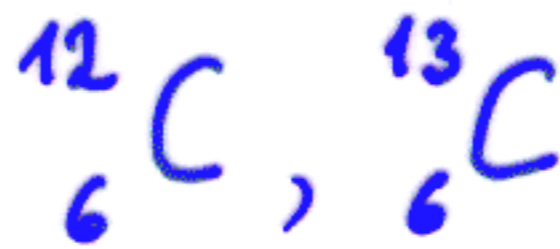
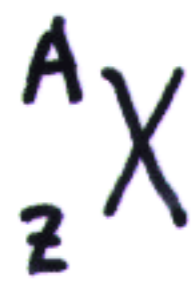
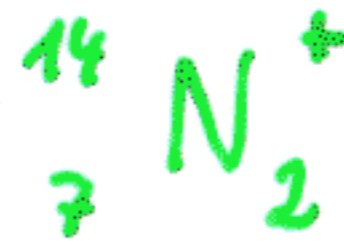


A. Bekannte atomare Daten

A.1 Bestandteile



Isotope



Molekulation

Atomkerne

Z Protonen

N Neutronen

$A = N + Z$ Massenzahl

Kernladung $q_k = +Z \cdot e$

Z Elektronen

$q_e = -1 \cdot e$

$m_e \approx \frac{1}{1836} \cdot m_p$

A.2 Größe

A.2.1 Größe des Atoms (unscharf!) ($1 \text{ \AA} = 0,1 \text{ nm}$)

a) Kovolumen (Eigenvolumen) b

van der Waals - Gleichung (1 Mol)

$$\left(p + \frac{a}{V^2}\right) \cdot (V - b) = R \cdot T$$

$$b = 4 N_A \cdot \frac{4\pi}{3} r^3$$

b) freie Weglänge \bar{l}

Zähigkeit η (Wärmeleitfähigkeit κ)

$$\bar{l} = \frac{1}{\frac{N}{V} \cdot \sigma \cdot [\sqrt{2}]} = \frac{1}{\frac{N}{V} \cdot \pi (2r)^2 \cdot [\sqrt{2}]}$$

c) Röntgen - Gitterkonstante

Dichte in Flüssigkeiten

atomare und molekulare Radien

in $10^{-10} \text{ m} = 1 \text{ \AA}$

	aus "b"	aus "r"	aus Röntgen- filterkonst
He	1,33	0,91	1,76
Ne	1,19	1,13	1,53
Ar	1,47	1,48	1,91
Kr	1,58	1,61	2,01
Xe	1,72	1,77	2,20
H ₂	1,30	1,11	
N ₂	1,57	1,61	
O ₂	1,47	1,51	

A.2.2 Elektronenradius

exp.: "punkt förmig"

klassischer Elektronenradius r_e

$$\left. \begin{aligned} W_0 &= m_{e0} \cdot c^2 \\ W_{\text{Coul.}} &= \frac{e^2}{4\pi \epsilon_0 r_e} \end{aligned} \right\} W_0 \stackrel{!}{=} W_{\text{Coul.}}$$

$$\boxed{r_e = \frac{e^2}{4\pi \epsilon_0 m_{e0} c^2}} \quad (= \alpha^2 \cdot a_0)$$

$$r_e = 2,817\,940\,285(31) \cdot 10^{-15} \text{ m}$$

A.2.3 Kernradius

$$\boxed{r_k = r_0 \cdot A^{1/3}} \quad \rightarrow (\text{Tröpfchenmodell})$$

$$r_0 = (1,2 \dots 1,5) \cdot 10^{-15} \text{ m}$$

1,3

Rutherford - Streuung

historisch: 7,7 MeV - α -Teilchen
(Radon) auf $_{79}\text{Au}$

besser e $W_{\text{kin}} > 1 \text{ GeV}$
n $W_{\text{kin}} \geq 20 \text{ MeV}$

a) Prinzip der Rutherford - Streuung

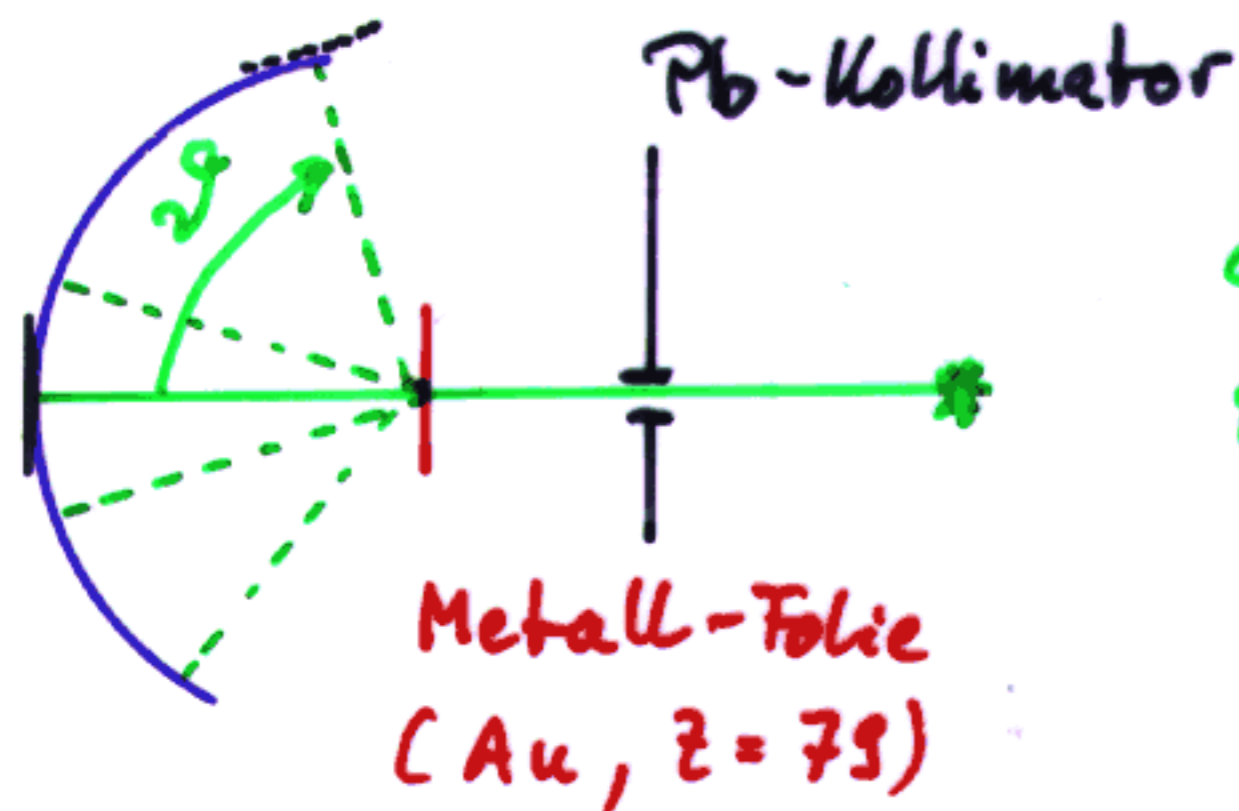
historisch: Test für Atommodelle

Rutherford 1903 - 1911

Geiger + Marsden 1911 relativ

Chadwick 1924 absolut; Z

ZB

ZnS - Film
+ Mikroskop α - QuelleRadon-Gas ($Z = 86$)7,7 MeV ($W_{kin, max}$) ${}^4_2\text{He}^{2+}$, $q = +2e$, $m_\alpha \approx 7300 m_e$

ϑ	15°	60°	150°
Δn	132 000	477	33

 $\vartheta = 180^\circ$ / Rückstreuung bei zentralem Stoß

$$W_{kin} = W_{pot} = W_{coul} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{2e \cdot Ze}{r_{min}}$$

$$r_{min} = \frac{Ze^2}{2\pi\epsilon_0 W_{kin}}$$

$$\rightarrow r_K (\text{Au}, Z=79) \leq r_{min} = 3 \cdot 10^{-14} \text{ m}$$

b) Quantitativ

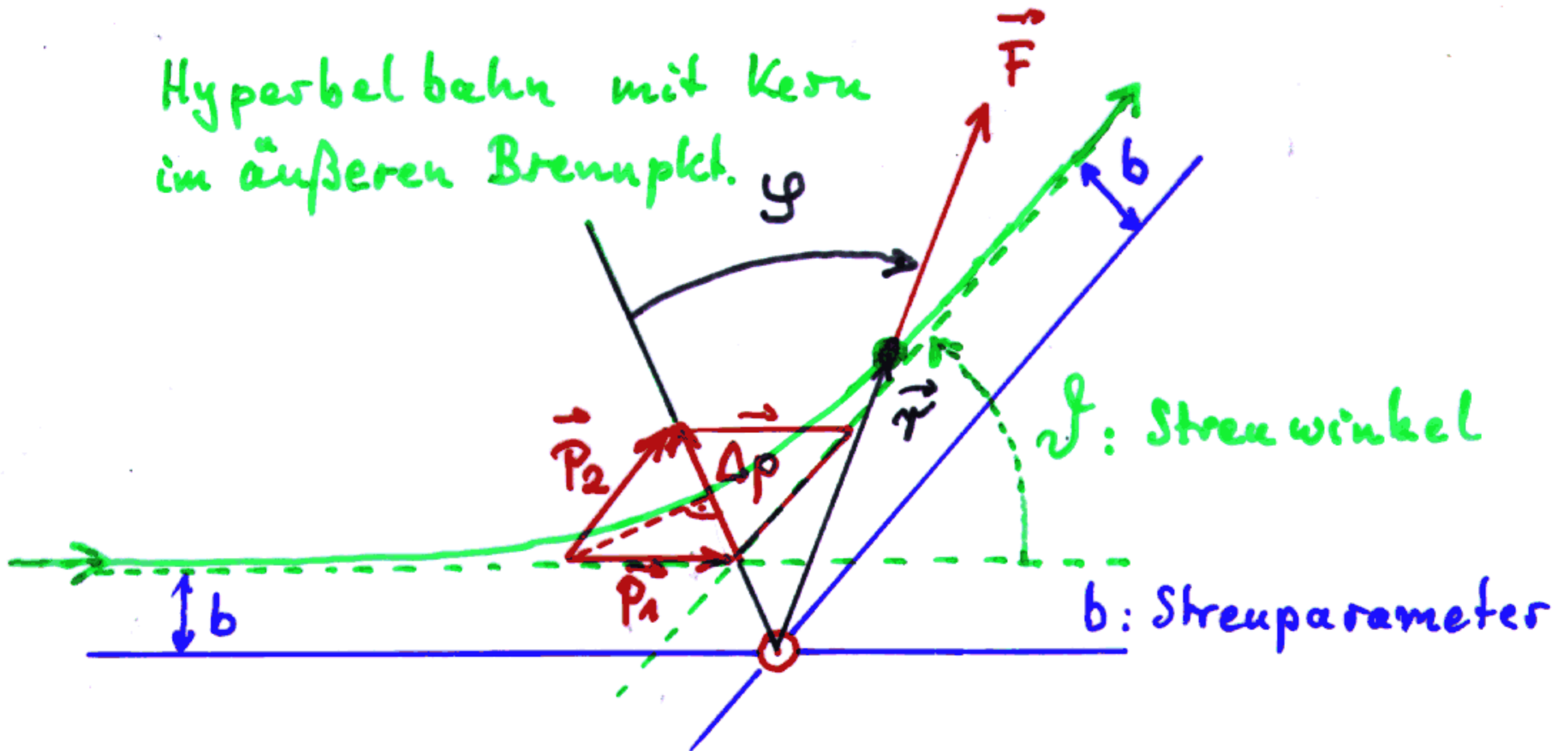
I/5

Punkt Ladungen, Punktmassen

Einfachstreuung am festen Kern (nicht relativ.)

Zentralkraft, Drehimpuls erhaltung

Hyperbelbahn mit Kern
im äußeren Brennpunkt.



$$|\vec{p}_1| = |\vec{p}_2| = m v$$

Kern stationär

$$\Delta \vec{p} = \vec{p}_2 - \vec{p}_1 = \int \vec{F} dt$$

$$\Delta p = 2 \cdot m v \sin \frac{\vartheta}{2} = \int_{t=-\infty}^{+\infty} |\vec{F}| \cos \varphi dt$$

$$= \int_{\varphi = -\frac{1}{2}(\pi - \vartheta)}^{+\frac{1}{2}(\pi - \vartheta)} F(r) \cdot \cos \varphi \frac{dt}{dy} \cdot dy$$

Drehimpuls - Erhaltung

$$L = m r^2 \cdot \omega = m r^2 \cdot \frac{d\varphi}{dt} = m v \cdot b$$

$$\frac{dt}{dy} = \frac{r^2}{v \cdot b} ; \quad F = \frac{2 z e^2}{4 \pi \epsilon_0 r^2}$$

$$2 m v^2 \cdot b \cdot \sin \frac{\vartheta}{2} = \frac{2 z e^2}{4 \pi \epsilon_0} \int_{-(\pi-\vartheta)/2}^{+(\pi-\vartheta)/2} \cos \varphi \, d\varphi$$

$$= \frac{z e^2}{2 \pi \epsilon_0} \left[\sin \varphi \right]_{-(\pi-\vartheta)/2}^{+(\pi-\vartheta)/2}$$

$$= \frac{z e^2}{2 \pi \epsilon_0} 2 \cdot \sin \frac{(\pi-\vartheta)}{2}$$

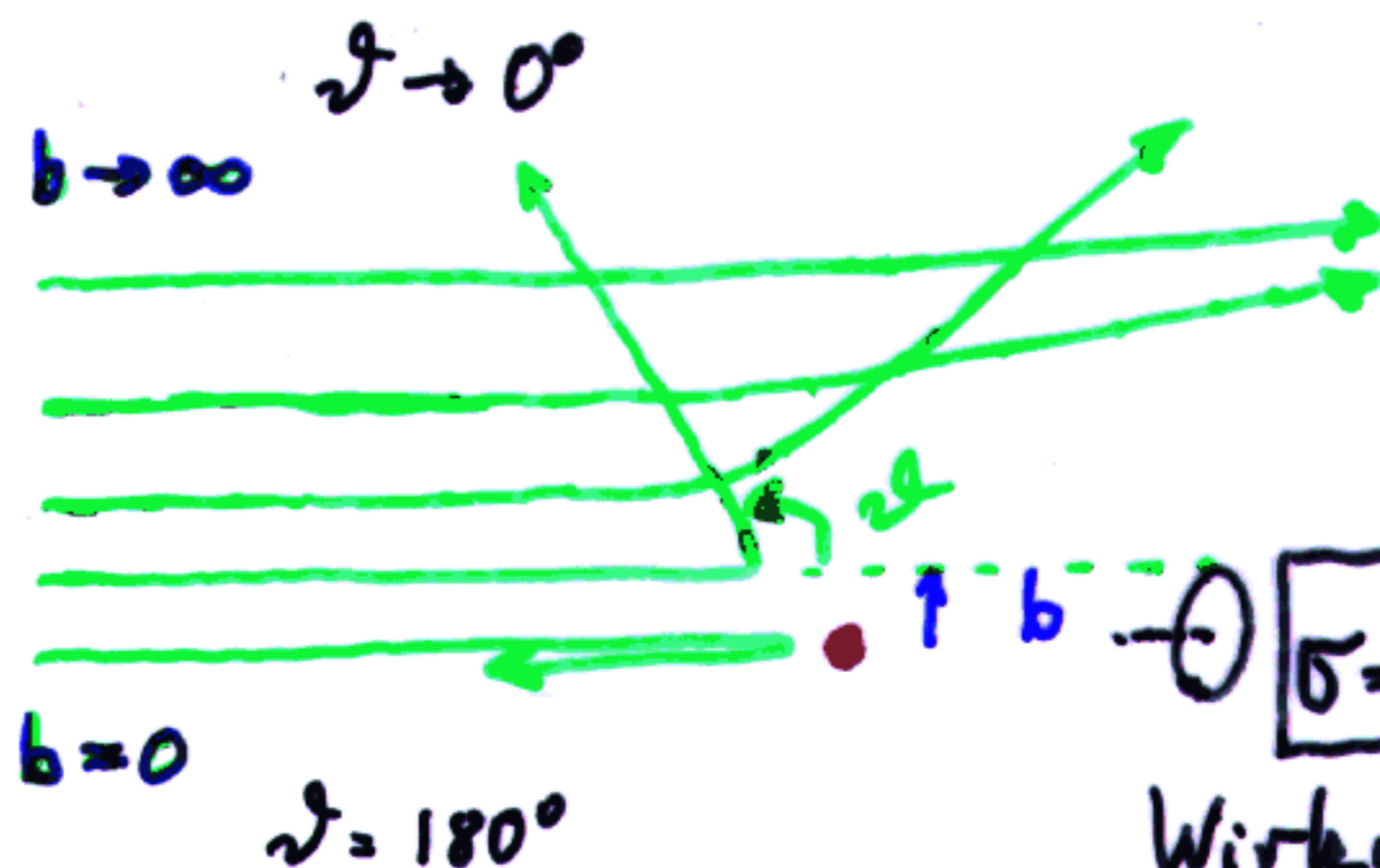
$$= \frac{z e^2}{\pi \epsilon_0} \cos \frac{\vartheta}{2}$$

$$\boxed{\cot \frac{\vartheta}{2} = \frac{4 \pi \epsilon_0}{z e^2} \cdot \frac{m v^2}{2} \cdot b = \frac{4 \pi \epsilon_0}{z e^2} \cdot W_{\text{kin}} \cdot b}$$

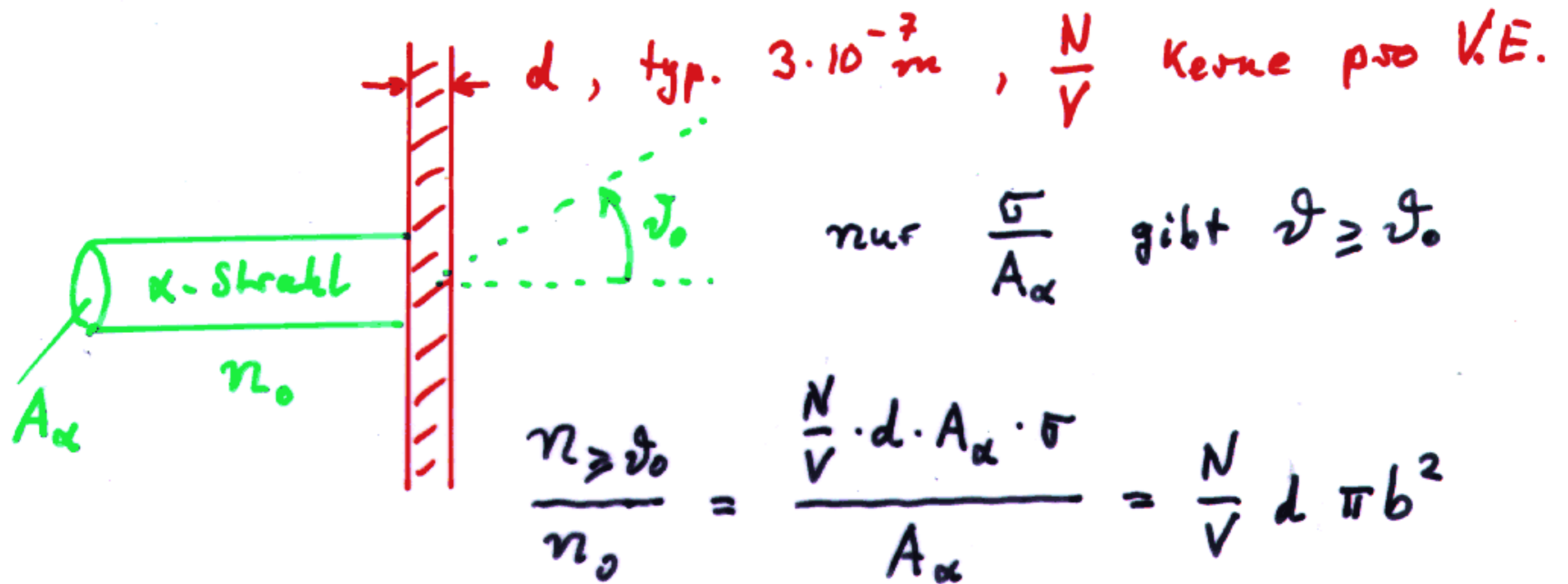
n. rel.
Abl.

$$(W_{\text{ges}} = m c^2 = m_0 c^2 + W_{\text{kin}})$$

$$W_{\text{kin}} = m_0 c^2 \left\{ \frac{1}{\sqrt{1 - (\frac{v}{c})^2}} - 1 \right\}$$

b - AbhängigkeitWirkungsquerschnitt

c) Zählraten (Streuparameter b eliminieren) I/7



$$\frac{n_{\geq \vartheta_0}}{n_0} = \frac{N}{V} d \pi \left(\frac{ze^2}{4\pi\epsilon_0 W_{\text{kin}}} \right)^2 \cot^2 \frac{\vartheta_0}{2}$$

z. B. Geiger, Marsden: $d = 3 \cdot 10^{-7} \text{ m}$

$$\frac{N}{V} = 5,9 \cdot 10^{28} \text{ Au-Atome / m}^3$$

$$z = 79$$

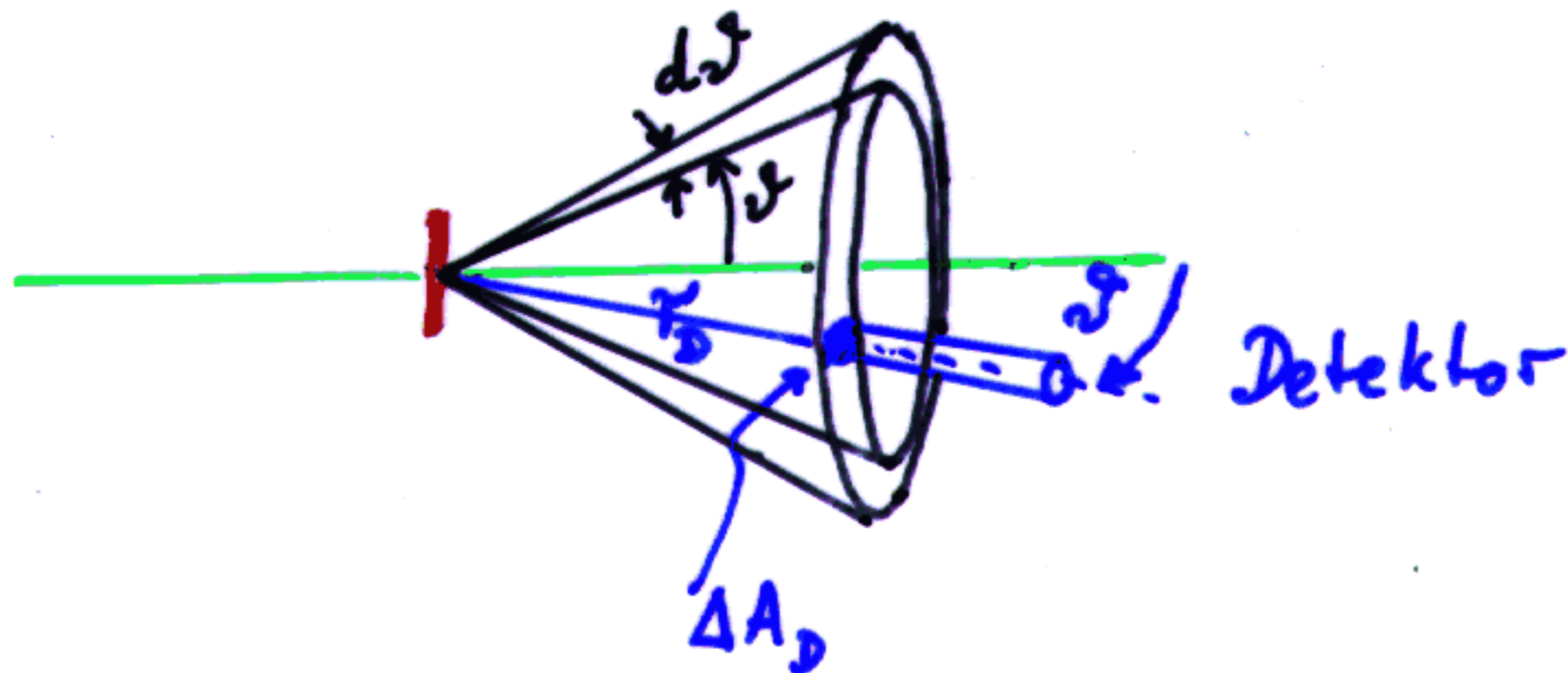
$$W_{\text{kin}} = 7,7 \text{ MeV} = 1,23 \cdot 10^{-12} \text{ J}$$

$$\frac{n_{\geq 45^\circ}}{n_0} = 7 \cdot 10^{-5} = 70 \text{ ppm}$$

Zählrate $\dot{z}(\vartheta)$: Detektorfläche ΔA_D
 einzuarbeiten!

Zählrate

$$\dot{z}(\vartheta) = \dot{n}_0 \cdot \left| \frac{d}{d\vartheta} \left(\frac{n_{z,\vartheta}}{n_0} \right) \right| \cdot \frac{\Delta A_D}{dA/d\vartheta}$$



$$\frac{d}{d\vartheta} \left(\frac{n_{z,\vartheta}}{n_0} \right) = - \frac{N}{V} d \pi \left(\frac{ze^2}{4\pi\epsilon_0 W_{kin}} \right)^2 \cot \frac{\vartheta}{2} \cdot \frac{1}{\sin^2 \frac{\vartheta}{2}} \cdot \frac{1}{2}$$

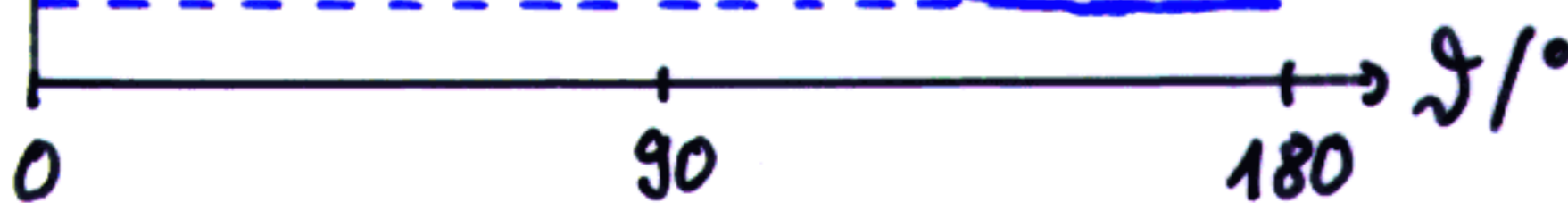
$$\frac{dA}{d\vartheta} = 2\pi r_D \sin \vartheta \cdot r_D \frac{d\vartheta}{d\vartheta} = 2\pi r_D^2 \sin \vartheta = 4\pi r_D^2 \sin \frac{\vartheta}{2} \cos \frac{\vartheta}{2}$$

 $\dot{z}(\vartheta)$

$$\dot{z}(\vartheta) = \dot{n}_0 \frac{N}{V} d \pi \left(\frac{ze^2}{4\pi\epsilon_0 W_{kin}} \right)^2 \frac{\cot \frac{\vartheta}{2}}{\sin^2 \frac{\vartheta}{2}} \cdot \frac{\Delta A_D}{4\pi r_D^2 \sin \frac{\vartheta}{2} \cos \frac{\vartheta}{2}}$$

$$\dot{z}(\vartheta) = \frac{\dot{n}_0 \frac{N}{V} d (ze^2)^2}{(8\pi\epsilon_0)^2 W_{kin}^2 r_D^2 \sin^4 \left(\frac{\vartheta}{2} \right)} \cdot \Delta A_D$$

Rutherford - Streuformel (1911)

(nicht $\vartheta=0$) $\dot{z}(180^\circ)$ 

d) Korrekturen zu \dot{z}_R (2f)

inelastische Beiträge

z.B.

endliche Ausdehnung / ≠ punktförmig: Beugung

→ τ_k !A.3 LadungIonenladung $Q_{\text{mol}} = w \cdot F$ (1833)(Ionenwertigkeit w); Elektrolyse

Faradaykonstante

$$F = N_A \cdot e = 96.485,3415(39) \text{ C} \cdot \text{mol}^{-1}$$

Elementarladung ($\kappa_3 = 2e/h$; $\alpha = \mu_0 c_0 e^2 / 2h$)

$$e = 1,602\,176\,462(63) \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

Millikan 1909/1910 Schwebekondensator

z.B.

A.4 Massemittlere Masse $\bar{m}_x = \frac{M_x}{N_A}$ chemische Methoden

wahre Masse; Isotopie

Massenspektrometer
 q/m ; E -, H -Felder
 $\leq 10^{-7} m_u$ ungenau

$$M_{^{12}\text{C}} = 12 \text{ g/mol}$$

$$m(^{12}\text{C}) = \frac{M_{^{12}\text{C}}}{N_A} = 12 m_u$$

$$N_A = 6,022\,141\,99(47) \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

$$m_u = 1 \text{ u} = \frac{1}{12} \frac{M_{^{12}\text{C}}}{N_A} = 1,660\,538\,73(13) \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

Atommassenkonstante

$$m_u \cdot c^2 = 931,494\,013(37) \text{ MeV}$$

$$m_{e_0} = 9,109\,381\,88(72) \cdot 10^{-31} \text{ kg}$$

$$m_p = 1,672\,621\,58(13) \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

$$m_n = 1,674\,927\,16(13) \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

A.5 Periodensystem

D. J. Mendelejew 3. 1869

Lothar Meyer 12. 1869

"periodische" Abhängigkeiten von Z :

- Atomvolumina
- Schmelztemperatur
- Ausdehnungskoeffizient
- Kompressibilität

z. B.