

Blatt 2

5) a) Lorentzkraft: $\vec{F}_L = q \cdot \vec{v} \times \vec{B}$

Kreisbahn: $|\vec{F}_L| = |\vec{F}_c|$

$$q v B = m \frac{v^2}{r}$$

$$q = \frac{m v}{B r}$$

mit $\lambda = \frac{h}{m v} \Leftrightarrow m v = \frac{h}{\lambda}$

$$q = \frac{h}{\lambda B r} \approx 3,2 \cdot 10^{-19} \text{ C} \approx 2 e$$

$$n = 2$$

b) Ablenkung im $\vec{B}$ -Feld, z.B. Nebelkammer, wie in a)

$$r = \frac{q B r}{m}$$

c) α -Teilchen $\hat{=}$ ${}^4\text{He}$ -Kern

$$m = 4 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \cdot (6,022 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{mol}})^{-1} = 6,64 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

$$E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} m v^2 \rightarrow v = \sqrt{\frac{2 E_{\text{kin}}}{m}}$$

$$\frac{v}{c} = \sqrt{\frac{2 E_{\text{kin}}}{m c^2}} = 0,057 \Rightarrow v \ll c, \text{ klassische Rechnung gerechtfertigt.}$$

d) Aus Vorlesung: minimaler Abstand bei Rückstreuung nach

zentralem Stoß

Protonen

$$E_{\text{kin}} = E_{\text{pot}} = E_{\text{coul}} = \frac{1}{4 \pi \epsilon_0} \frac{1 e \cdot Z e}{r_{\text{min}}}$$

$$\rightarrow r_{\text{min}} = \frac{1}{4 \pi \epsilon_0} \frac{Z e^2}{E_{\text{kin}}}$$

$$r_{\text{min}} (1 \text{ MeV}) = 0,114 \text{ pm}$$

$$r_{\text{min}} (7,7 \text{ MeV}) = 0,015 \text{ pm}$$

$$r_{\text{min}} (20 \text{ MeV}) = 0,0057 \text{ pm}$$

7)

a) $v = \text{const.} \Rightarrow \underset{\text{Gravitation}}{F} = \underset{\text{Auftrieb}}{F} + \underset{\text{Reibung (Stokes)}}{F}$

$$F_G = m \cdot g + \frac{4\pi}{3} r^3 \rho_{\text{Öl}} g \stackrel{!}{=} \frac{4\pi}{3} r^3 \rho_{\text{Luft}} g + 6\pi \eta r v$$

$$\Rightarrow r = \sqrt{\frac{9\eta v}{2g(\rho_{\text{Öl}} - \rho_{\text{Luft}})}} = 1,6 \mu\text{m} \quad m = g \cdot \frac{4\pi}{3} r^3 = 1,37 \cdot 10^{-14} \text{ kg}$$

b) mit Feld

$$F_{\text{el}} + F_{\text{Auftrieb}} = F_{\text{Grav}} + F_{\text{Reib}}$$

$$E \cdot q + V \rho_{\text{Luft}} g = m \cdot g + 6\pi \eta r v$$

$$q = \frac{(m - V \rho_{\text{Luft}}) g}{E} + \frac{6\pi \eta r v}{E}$$

$t [\text{s}]$	$q [\text{C}]$	inkl. geringfüg. Diff. gekürzte Anzahl z	$Q [10^{-10} \text{ C}]$
36,1	$9,756 \cdot 10^{-19}$	6	1,626
11,5	$1,623 \cdot 10^{-18}$	10	1,623
12,4	$1,301 \cdot 10^{-18}$	8	1,626
7,55	$2,115 \cdot 10^{-18}$	13	1,627
23,9	$1,131 \cdot 10^{-18}$	7	1,616
			$\Rightarrow 1,624 \cdot 10^{-10} \text{ C}$

6)

aus Vorlesung:

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

mit $\dot{n}_0 = 10^6 \frac{\text{Tardem}}{s}$

Strahlintensität

$$d = 20 \mu m$$

Target-Dicke

$$Z = 29 \quad (\text{Kupfer})$$

$$E_{kin} = 5 \text{ MeV}$$

$$r_D = 0,5 \text{ m}$$

Detektorabstand

$$\Delta A_D = 0,0025 \text{ m}^2$$

Detektorfläche

$$\frac{N}{V} = \frac{S}{A m_N} = \frac{9 \cdot 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}{(29 \cdot 1,6726 + 34 \cdot 1,6749) \cdot 10^{-27} \text{ kg}} = 8,53 \cdot 10^{29} \frac{1}{\text{m}^3}$$

$\uparrow$ $\uparrow$
 Protonen Neutronen

$$\dot{z}(\nu) = 0,297 \frac{1}{s} \frac{1}{\sin^4\left(\frac{\nu}{2}\right)}$$

$$\Delta t = \frac{1000}{\dot{z}(\nu)} = 56 \text{ min} \sin^4\left(\frac{\nu}{2}\right)$$

ν	Δt
10°	0,19 s
45°	1,2 min
90°	14 min
180°	56 min

8) a)

Balmer: $n=2$ (sichtbar, deshalb zuerst entdeckt)

Brackett: $n=4$

Lyman: $n=1$

Paschen: $n=3$

Pfund: $n=5$

Wasserstoff: Bindungsenergie $n=1$: $13,6 \text{ eV}$

b)

Bohrsches Atommodell: $\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{e^2}{r^2} = m \frac{v^2}{r}$ (1)

und: $m v r = \frac{n h}{2\pi}$ ($L = n \hbar$) (2)

$\Rightarrow \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{m e^2}{r} = (m v)^2$ aus (1) : (1.)

$(m v)^2 (2\pi)^2 r^2 = (n h)^2 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{m e^2}{r} (2\pi)^2 r^2$

$r_n = \frac{n^2 h^2 4\pi\epsilon_0}{(2\pi)^2 m e^2} = n^2 \hbar^2 \frac{4\pi\epsilon_0}{m e^2}$

$r_n = n^2 \cdot 0,53 \text{ \AA} = n^2 a_0$ mit $a_0 = \frac{\hbar^2 4\pi\epsilon_0}{m e^2}$ (3)

$E_n = E_{\text{pot}} + E_{\text{kin}} = -\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{e^2}{r_n} + \frac{1}{2} m v_n^2$

$v_n = \frac{n \hbar}{m r_n} = \frac{\hbar}{m n a_0}$
aus (2)

$E_n = -\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{e^2}{n^2 a_0} + \frac{1}{2} \frac{\hbar^2}{m n^2 a_0^2}$

aus (3): $\frac{m a_0}{\hbar^2} = \frac{4\pi\epsilon_0}{e^2}$

$= -\frac{1}{2} \left(\frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 a_0} \right) \frac{1}{n^2} = -2,18 \cdot 10^{-19} \text{ J} \cdot \frac{1}{n^2} = -13,6 \text{ eV} \frac{1}{n^2}$

n	r_n	E_n
1	0,53 Å	-13,6 eV
2	2,12 Å	-3,4 eV
3	4,77 Å	-1,5 eV

c)

$$m_\mu = 207 m_e \hat{=} \frac{1}{9} m_p$$

$$m_p = 1836 m_e$$

→ Mitbewegung des Kerns berücksichtigen, reduzierte Masse

$$m^* = \frac{207 m_e \cdot m_p}{207 m_e + m_p} = 186 m_e$$

$$r_n = \frac{4\pi\epsilon_0 \hbar^2}{e^2 m_e} n^2 = a_0 n^2 \quad \text{aus b)}$$

$$r_n^M = \frac{4\pi\epsilon_0 \hbar^2}{e^2 m^*} n^2 = a_0 \frac{m_e}{m^*} n^2 = a_0 \frac{n^2}{186}$$

$$r_1^M = 2,84 \cdot 10^{-3} \text{ Å}$$

$$r_2^M = 1,14 \cdot 10^{-2} \text{ Å}$$

$$E_n^M = - \frac{1}{2} \frac{e^2}{(4\pi\epsilon_0 \frac{a_0}{186})} \frac{1}{n^2}$$

$$E_2^M - E_1^M = -13,6 \text{ eV} \cdot 186 \left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right) \Rightarrow E_2^M - E_1^M = -13,6 \text{ eV} \cdot 186 \cdot \left(\frac{1}{4} - 1 \right) \\ = 1,90 \text{ keV}$$

d)

$$e^+ \rightarrow Z e^+$$

$$m_e \rightarrow m^* = \frac{207 m_e + 59 \cdot 1836 m_e}{207 m_e + 59 \cdot 1836 m_e} \approx m_p$$

A(N.)

$$\Rightarrow r_1^M = \hbar^2 \frac{4\pi\epsilon_0}{m_p Z e^2} = a_0 \frac{1}{Z \frac{m_p}{m_0}} = a_0 \cdot \frac{1}{29 \cdot 207} = 9,14 \cdot 10^{-15} \text{ m}$$

$$E_1^M = -13,6 \text{ eV} \cdot Z^2 \frac{m_p}{m_0} = -2,2 \text{ MeV}$$

$$(A_{\text{us 4)}) : E_n = -\frac{1}{2} \left(\frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 a_0} \right) \frac{1}{n^2} \rightarrow E_n^M = -\frac{1}{2} \left(\frac{Z e^2}{4\pi\epsilon_0 a_0 \left(\frac{m_0}{m_p} \frac{1}{Z} \right)} \right) \frac{1}{n^2}$$