

02. Globale Eigenschaften der Kerne

2.1. Atome

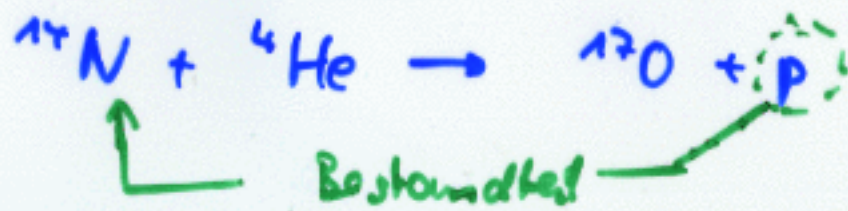
Thomson 1897: freie e^- in Entladungsröhren
 v , q/m durch Lorentzkraft gemessen
nicht von Apparat abhängig $\Rightarrow$ UNIVERSSELL

Millikan 1910: $|e|$ durch Tröpfchenversuch

Thomson - Atom: diffuse Ladungsverteilung
gestoßen durch Rutherford, Geiger, Marsden $\Rightarrow$



Rutherford 1919: $\alpha = \text{He-Kern}$



positiv geladenes
Teilchen mit großer
Reichweite
vgl. $\frac{dE}{dx} \propto \frac{1}{v^2}$ $\frac{dE}{dr} \propto \frac{1}{r^2}$

Chadwick 1932: Neutron
Rückstoßmessungen an H, He, N!

Stoßgesetze: $m_n \approx m_p$

Ionenquellen und Massenspektrographen $\Rightarrow$ Kernmassen, Bindungsenergie

2.2. Nuklide

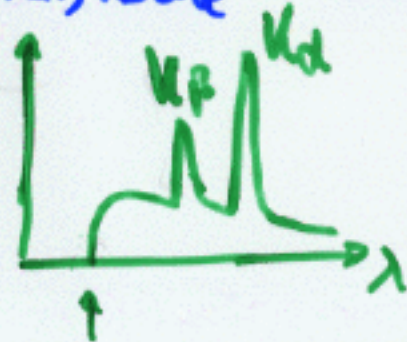
Kernladungen: $Q = Z \cdot e$

charakteristische

Röntgenstrahlung

$$E_{K\alpha} \propto (Z-1)^2$$

Moseley-Gesetz



K_{α} :

$L \rightarrow K$ -Schale

K_{β} :

$M \rightarrow K$ -Schale

Grenzwellenlänge

$$\lambda_{\min} = hc/eU$$

Ladung des Protons:

$$\frac{|e_p + e_e|}{e} < 10^{-18}$$

aus Ablenkung neutraler Moleküle

(+ kosmologische Überlagerungen, Strukturbildung etc.)

Massenzahl:

$$A = \begin{matrix} N + Z \\ \quad \quad \quad \downarrow \\ \quad \quad \quad \text{Protonen} \\ \quad \quad \quad \downarrow \\ \quad \quad \quad \text{Neutronen} \end{matrix}$$

} Nuklide

gleiches A :

Iso bare

gleiches Z :

Iso tope

gleiches N :

Iso tone

- Bindungsenergie B:
- Bindungszustand und Stabilität
 - Massendefekt $\approx 0.1\%$
 - präzise Messungen durch Atommassen

$$B(Z, A) = \left[\underbrace{(Z \cdot M(^1\text{H}) + (A-Z) \cdot M_n)}_{\text{„Erwartung“}} - \underbrace{M(A, Z)}_{\text{„Messung“}} \right] \cdot c^2$$

$\downarrow$
 $= M_p + m_e + 13.6\text{eV}$

$\downarrow$
 $939,566\text{ MeV}$

$\downarrow$
 $938,272\text{ MeV}$

$\downarrow$
 9511 MeV

Nuklidbezeichnungen:



- Massenspektrometrie (Aston 1919)

Ablenkung in elektrischen und magnetischen Feldern
(Lorentzkraft)

$$r_E = \frac{M}{Q} \cdot \frac{v^2}{E}$$

(kinetische Energie)

$$r_M = \frac{M}{Q} \cdot \frac{v}{B}$$

(Impuls)

- Doppelfokus-Massenspektrometer, Aston-Massenspektrometer

$$\frac{M}{Q} = \frac{B^2 r^2}{2U} \quad r = \frac{\sqrt{2U}}{B} \sqrt{\frac{M}{Q}}$$

Auflösung: $\frac{\Delta r}{r} = 1 - \sqrt{\frac{M_2}{M_1}} \approx 10^{-2}$

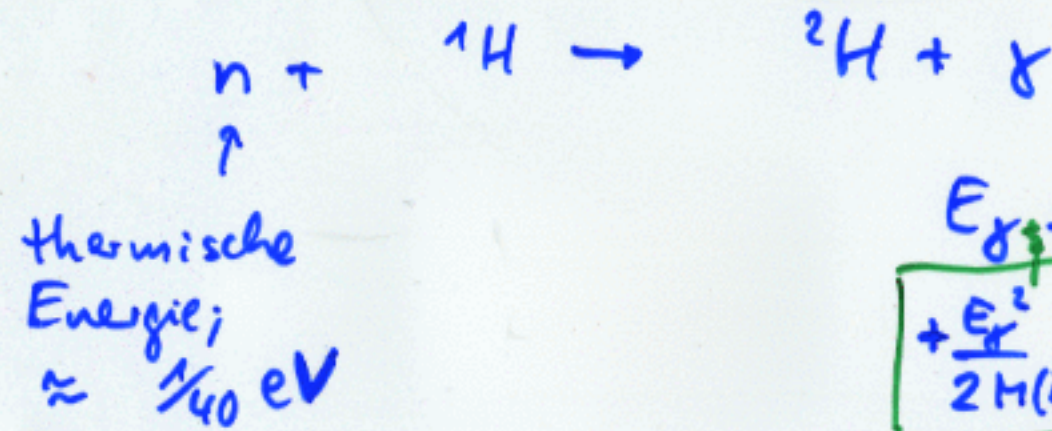
$U: 3000V$, $B: 0.12 T$ $r \approx 500 mm$

Eichung durch ^{12}C : atomare Masseneinheit

$$1u = \frac{1}{12} M(^{12}C) = 931,494 MeV$$

($c=mp$)

- Massenbestimmung durch Energiebilanz in Kernreaktionen



$$E_\gamma \approx B({}^2\text{H}) = 2.2 \text{ MeV}$$

$$\boxed{+\frac{E_\gamma^2}{2M({}^2\text{H})}}$$

Rückstoß

Sonst. 3 bekannte Massen + alle kinetischen Energien

- Elementhäufigkeiten

Sonnensystem:

Erde

Mond

Meteoriten

} Proben

aufgefaßt:

Kosmische Strahlung

Primärstrahlung,

Ballon- und Satelliten exp.

- Elementsynthese:

Quarks + Elektronen $\rightarrow$

aus Urknall
 H_2O
C $\rightarrow$ aus Sternverbrennen

Pb ... aus Supernovae

H
D
He
Li
Be
:
:
:
Fe
*Fe
:
:

Urknall-
Nukleosynthese

stellare
Nukleosynthese

Supernova-
Explosionen

2.3.

Bindungsenergie

$$E_B \approx 7-8 \text{ MeV/Nukleon}$$

Bethe - Weizsäcker 1935

$$M(A, Z) = N \cdot M_n + Z \cdot M_p + Z \cdot m_e$$

Bindung der
Nukleonen

$$- a_v \cdot A$$

$$+ a_s \cdot A^{2/3}$$

$$+ a_c \cdot \frac{Z^2}{A^{1/3}}$$

$$+ a_a \cdot \frac{(N-Z)^2}{4A}$$

$$+ \frac{\delta}{A^{1/2}}$$

Reduktion
der
BindungVolumen-
Oberflächen-

Coulomb-

Asymmetrie-

Paarungs-

Ruhemassen der
Teilchen

$$a_v = 16 \text{ MeV}$$

$$a_s = 17$$

$$a_c = 0.7$$

$$a_a = 9.3$$

$$\delta = \pm 1.1$$

Energie

- Tröpfchenmodell:

konstante Dichte

$$M \propto A \propto R^3$$

kurze Reichweite der Bindungskraft

Sättigung, nur nächste Nachbarn

Deformierbarkeit

Oberflächenspannung

$$\propto R^2 \propto A^{2/3}$$

aber: mittlere freie Weglänge von Nukleonen im Kern ist groß

↳ Quantenflüssigkeit, „Fermigas“

$$E_C = \frac{3}{5} \frac{Z(Z-1) \alpha \hbar c}{R} \rightarrow \propto \frac{Z^2}{R} = \frac{Z^2}{A^{1/3}}$$

= Coulomb-Abstoßung der Protonen (alle untereinander)

$$\text{Paarungsenergie: } \delta = \begin{cases} +11 \text{ MeV} & \text{für } gg\text{-Kerne} \\ 0 & \text{für } ug\text{-, } gu\text{-Kerne} \\ -11 \text{ MeV} & \text{für } uu\text{-Kerne} \end{cases}$$

g = gerade Anzahl

u = ungerade Anzahl

$\uparrow \uparrow$
N Z

Spin-Dubletts $\uparrow \downarrow$ besonders stabil