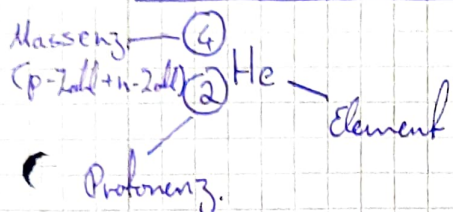


# Physik - Vorkurs:

## Themen:

- Radioaktivität
- Zerfallsfolgen
- Reaktionsgleichungen
- Logarithmierung
- Teilchen in Feldern
- Relativitätstheorie



## $\beta$ -Strahlung:

- Elektronen ( $\beta^-$ ) ( $e^-$ )
- Positronen ( $\beta^+$ ) ( $e^+$ )
- 1x pos/neg geladen ( $e^+/e^-$ )
- Reichweite in Luft einige Meter
- durch dünnes Blei absorbierbar

## Nachweismethoden:

- Nebelkammer
- Geiger-Müller-Zählrohr
- Halbleitertelektrode
- Szintillationszähler

## Radioaktivität:

Radioaktive Strahlung kommt aus dem Atomkern, entsteht ohne äußeren Einfluss, ist sehr energiereich (MeV) und ist in der Lage andere Atome und Moleküle zu ionisieren.

## Strahlungsarten:

### $\alpha$ -Strahlung:

- He-Kerne ( ${}^4_2\text{He}$ )
- 2x positiv geladen ( $2e$ )
- Reichweite in Luft 5-10cm
- durch Papier/Haut absorbierbar

### $\gamma$ -Strahlung:

- EM-Strahlung
- keine Ladung
- Reichweite im Vakuum  $\infty$
- durch dickes Blei absorbierbar

## Kernbausteine:

- Nukleonen = Protonen + Neutronen
- Protonen/Elektronenzahl  $\rightarrow$  chem. Element/Verhalten
- Neutronen  $\rightarrow$  Isotope/Radioaktivität

## Atomare Masseneinheit u:

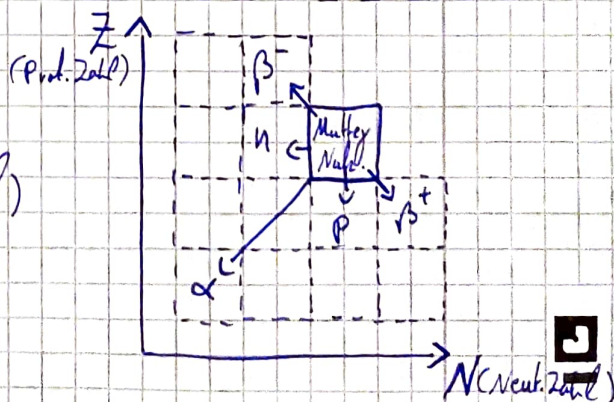
$$1 \text{ mol} = 6,023 \cdot 10^{23} \text{ Atome}$$

$$m_{\text{mol}} \approx A \cdot 10^{-3} \text{ kg} \quad (A = \text{Massenzahl})$$

$$u = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

$$m_p \approx u \quad m_e \approx 0u$$

$$m_n \approx u$$



## W-Messung Alphastrahlung:

$$F_{el} = F_L$$

$$q \cdot E = q v B$$

$$\frac{U}{d} = v B \Rightarrow v = \frac{U}{d B}$$

Bei bestimmtem  $U$  und  $B$  max. Zählrate  
 $\Rightarrow$  gerade Flugbahn

Nebelkammer: Spuren gleicher Länge  $\rightarrow$  diskrete Energien

## $q/m$ -Bestimmung:

$$F_z = F_L$$

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

## Energie - Betastrahlung:

- In Nebelkammer unterschiedlich lange Spuren, im  $B$ -Feld versch.

Radien  $\Rightarrow$  kontinuierliches Energiespektrum,  $W_{\max} \in [10 \text{ eV}; \text{MeV}]$

$$F_z = F_L$$

$$\frac{m v^2}{r} = e v B \Rightarrow p = B r e$$

$$p = m_0 v \cdot \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}} \Rightarrow v = \frac{p}{\sqrt{m_0^2 + \left(\frac{p}{c}\right)^2}}$$

$$p = m_{\text{rel}} \cdot v \quad \left( m_{\text{rel}} = m_0 \cdot \gamma \right) \quad \left( \gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}} \right)$$

$$W_{\text{kin}} = W_{\text{rel}} - W_0 = m_{\text{rel}} \cdot c^2 - m_0 c^2$$

## Absorption Radioaktiver Strahlung:

Absor. Gesetz  $\gamma$ :

$$Z(d) = Z_0 \cdot 2^{-\frac{d}{d_{1/2}}} \quad \left[ \frac{d}{d_{1/2}} = e^{-\mu d} \right]$$

Impulse

$$\ln Z(d) = \ln Z_0 - \mu \cdot d$$

Ursachen:

- 1. - Compton-Wechselwirkung mit Photonen
- 2. - Photoeffekt + Compton-Effekt, Paarbildung ( $\gamma$ )
- 3. - Bremsstrahlung, Anregung
- 4. - Kernreaktionen (Neutronen)

Linearer Schwächungskoeffizient



## Radioaktiver Zerfall:

$$N(t) = N_0 \cdot e^{-\lambda t} = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T_{1/2}}}$$

$N$  = Anzahl Atome

$T_{1/2}$  = Halbwertszeit

$$\lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}} = \text{Zerfallskonstante}$$

$$A(t) = -\frac{d}{dt} N(t) = -\dot{N} = \lambda \cdot N_0 e^{-\lambda t} \quad \tau = \frac{1}{\lambda} = \text{mittlere Lebensdauer}$$

## Haupteinheiten:

Energieeinz:

Durch Strahlung übertragene Energie

$$D = \frac{W}{m} \quad [D] = \frac{J}{kg} = Gy \text{ (Gray)}$$

Organeinz:

$$H_T = \sum_R W_R \cdot D_{T,R}$$

Energieeinz  $D_{T,R}$  für <sup>ein</sup> Organ T und jede Strahlungsart R.  $W_R$  = Gewichtungsfaktor für Strahlungsart.

$$[H] = \frac{J}{kg} = Sv \text{ (Sievert)}$$

Effektive Dosis:

$$E = \sum_T W_T \cdot H_T$$

Summe der Organeinze für jedes Organ mit Gewichtungsfaktor für Gewebeart  $W_T$ .

$$[E] = \frac{J}{kg} = Sv$$

## Bindungsenergie:

Massendefekt:

$$\Delta W = \Delta m \cdot c^2$$

- Die einzelnen Nukleonen haben eine <sup>andere</sup> größere Masse als in gebundener Form

- Bes. stabile Kerne  
( ${}^4\text{He}$ ,  ${}^8\text{Be}$ ,  ${}^{12}\text{C}$ ,  ${}^{16}\text{O}$ )  
=> Fusion

- Gebundener Zustand energetisch stabil

- Stabile Zone so ~~stabil~~ Bei Bildung einer Kerne wird Massentst als

- Fission von Unst. Energie frei

# Alpha-Zerfall:

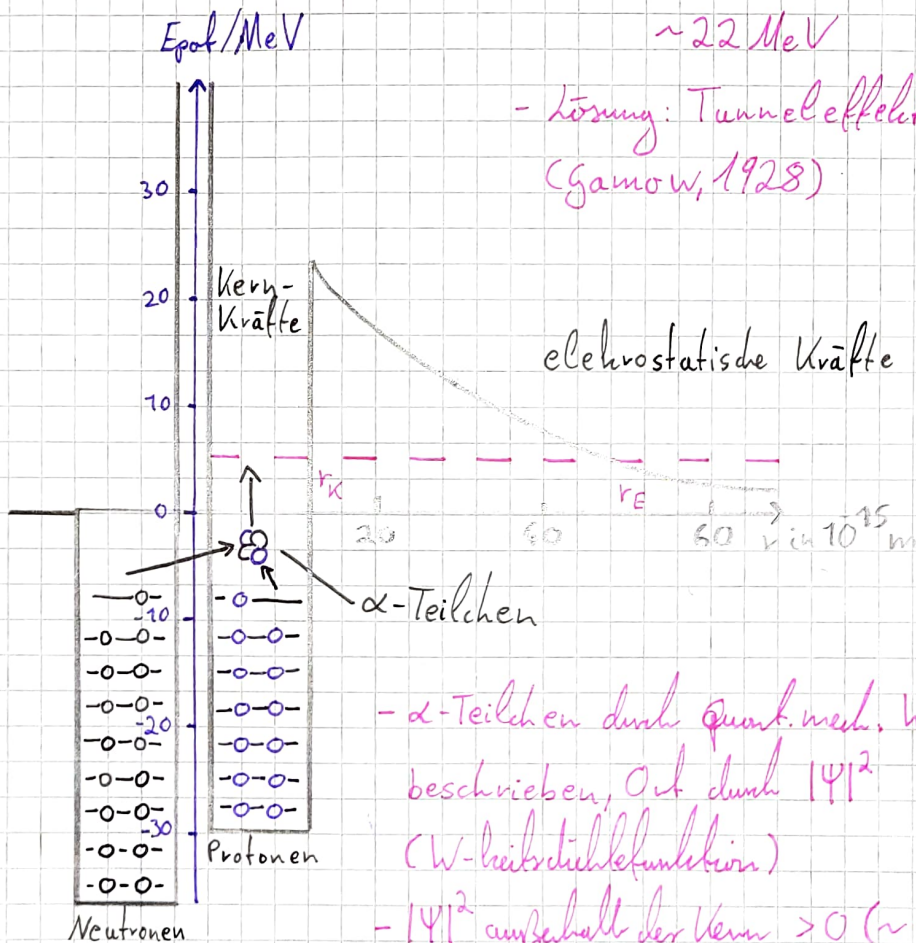
## Potentialtopf-Modell:

- Kernkraft lokal begrenzt
- im Kernpraktisch konstant
- außen Coulomb-Potential
- Nukleonen in gebundenen Töpfen und diskreten Energiezuständen
- $\gamma$ -Zerfall (Anregung)
- Bei stabilen Kernen Töpfe gleichhoch gefüllt, sonst Kernumwandlung möglich ( $\alpha$ -,  $\beta$ -Zerfall)

## Tunneleffekt:

- Nukleonen allein können Kern nicht verlassen
- Bildung von  $\alpha$ -Teilchen liefert  $\sim 28,3 \text{ MeV} \pm \text{Unschärfe}$
- Bilanz:  $28,3 \text{ MeV} - 4 \cdot 6 \text{ MeV} = 4,3 \text{ MeV}$
- $\Rightarrow \alpha$ -Teilchen kommen über Nullniveau, aber nicht über Pot.-Wall  $\sim 22 \text{ MeV}$

- Lösung: Tunneleffekt (Gamow, 1928)



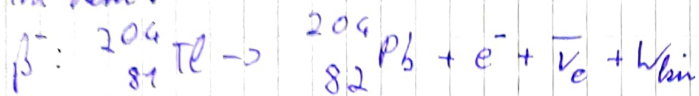
- $\alpha$ -Teilchen durch quant. mech. Welle  $\Psi$  beschrieben, Ort durch  $|\Psi|^2$  (Wahrscheinlichkeitsfunktion)
- $|\Psi|^2$  außerhalb des Kerns  $> 0$  ( $\sim 10^{-38}$ )  $\Rightarrow \alpha$ -Teilchen kann sich außerhalb des Kerns befinden,  $\alpha$ -Zerfall möglich



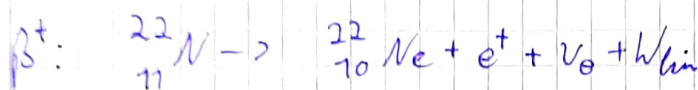
## Beta-Zerfall:

- keine diskreten Energien der  $\beta$ -Teilchen wie beim  $\alpha$ -Zerfall
- aber diskrete Energieschufen der Nukleonen im Kern
- 1930 Postulat eines Teilchen: Neutrino (Nachweis 1956)

Im Kern:



$\nu_e$  = Elektron-Neutrino



$\bar{\nu}_e$  = Anti-Elektron-Neutrino



EC = electron capture

Freies Neutron:  $n \rightarrow p + e^- + \bar{\nu}_e$   $T_{1/2} \sim 10 \text{ min}$

Neutrino:

- Ladungsfrei
- drei Generationen (Elektron, Myon, Tauon) + Antineutrinos
- Auf der Erde  $\sim 1$  Billion Neutrinos/s aus Kosmos
- Ruhemasse Null?  $\rightarrow$  Forschung!  $\rightarrow$  Abschätzung:  $< 0,2 \text{ eV}/c^2$
- schwer nachweisbar (schwache Wechselwirkung)
- Wassertank  $\bar{\nu}_e + p \rightarrow n + e^+$   $\xrightarrow{\text{Antimater. Zerstreuung}}$  28-Quanten

## Gamma-Strahlung:

- $\alpha$ - und  $\beta$ -Strahlung verändert Atomkern
- Folgekern geht meist in angeregten Zustand über
- Abregung führt zu Emission von  $\gamma$ -Strahlung
- Nukleonenzahl ändert sich dadurch nicht
- diskontinuierliches W-Spektrum

## Relativitätstheorie:

$$F_z = F_L$$

$$\frac{mv^2}{r} = evB \Rightarrow v = \frac{Bre}{m} \Rightarrow p = Bre$$

$$v = \frac{p}{m_{\text{rel}}} = p \cdot \frac{m_0}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}} \Leftrightarrow v = c \cdot \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{(m_0 c^2)}{(pc)}\right)^2 + 1}}$$

$$W_{\text{ges}} = W_0 + W_{\text{kin}} \quad | - W_0$$

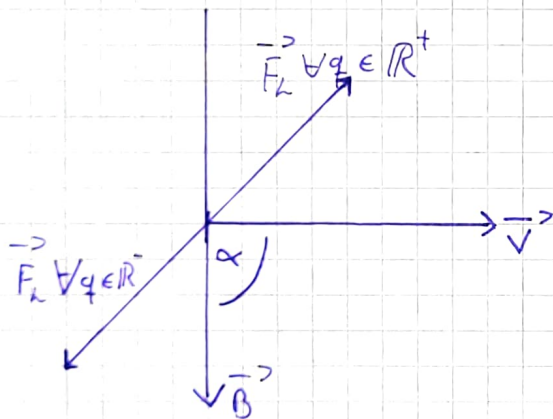
$$W_{\text{kin}} = W_{\text{ges}} - W_0$$

$$= (m_{\text{rel}} c^2) - (m_0 c^2)$$

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

## Teilchen in Feldern:

B-Feld:



$$F_L = qvB \sin \alpha$$

$\alpha = 90^\circ$ : Kreisbahn

$$F_z = F_L$$

$$\frac{mv^2}{r} = qvB$$

E-Feld:

- Entgegengesetzte Ladungen ziehen sich an  
(+ < -)

$$\vec{F}_E \parallel \vec{F}_C$$
$$\vec{F}_C = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

$$F = EQ$$

Bewegte Ladung im E-Feld:

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q}{r^2} \quad (\text{Entfernung von } Q = r)$$

$$E_{\text{condensator}} = \frac{U}{d}$$

$$F = ma = EQ \cdot m$$

$$a = EQm$$

$$s(t) = \iint a(t) dt dt = \iint EQm dt dt$$

$$= \int [EQm t] dt = \frac{1}{2} EQm t^2 = \frac{EQm}{2} t^2$$

Kettenbau: — Logarithmus-Gesetze:

$$\ln(xy) = \ln(x) + \ln(y)$$

$$\ln\left(\frac{x}{y}\right) = \ln(x) - \ln(y)$$

$$\ln(x^n) = n \cdot \ln(x)$$

$$\ln(\sqrt[n]{x}) = \frac{1}{n} \cdot \ln(x)$$