

c) Radioaktive Strahlung:

- α -Strahlung: He-Kerne ($2p + 2n, {}^4_2\text{He}_2$) werden μ
- β -Strahlung: Elektronen (Positronen) werden μ (β^-) -
Zerfall emittiert
- γ -Strahlung: elektromagnetische Strahlung (Photonen) werden
emittiert.

d) Plastiktüte: schirmt α -Strahlung ab

Aluminiumplatte: schirmt β -Strahlung ab

Bleiblock: schwächt γ -Strahlung ab

e) Absorption von γ -Strahlung:

- Absorberdicke d : Abschwächung um Faktor 10: A_d

- Absorberdicke $2d$: welche Abschwächung? : A_{2d}

$$I = I_0 e^{-\mu d}$$

$$A_d = \frac{I_1}{I_0} = e^{-\mu d} = 0.1$$

$$\Rightarrow A_{2d} = \frac{I_2}{I_0} = e^{-2\mu d} = (e^{-\mu d})^2 = (A_d)^2 = (0.1)^2 = \underline{0.01}$$

\Rightarrow Doppelte Absorberdicke schwächt um Faktor 100 ab.

- Wiederholung:
- Kern-Bindungsenergie u. Nukleonmassen
 - Bindungsenergie-Kurve, Fusion, Spaltung
 - Radioaktivität
 - Abklingzeit von α -, β -, γ -Strahlung
 - Abschirmung von β -Strahlung

Bindungsenergie im Kern:

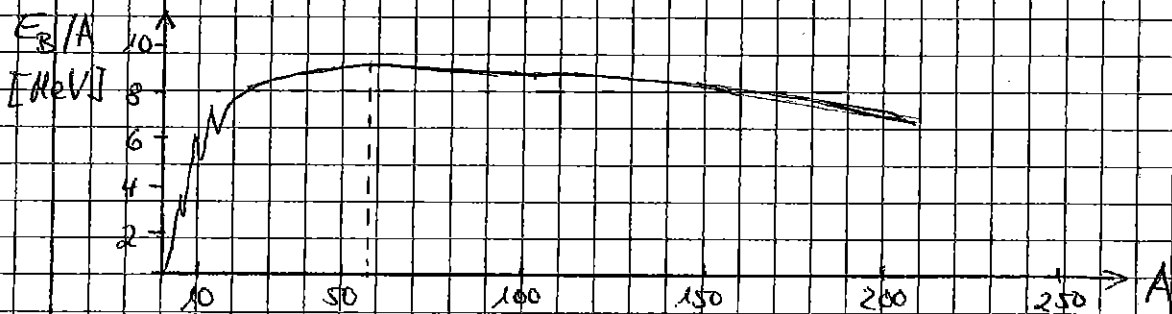
$$m_K(Z, A) = Z \cdot m_p + (A-Z) \cdot m_n - \underbrace{E_B(Z, A)}_{\text{Bindungsenergie}} / c^2$$

atomare Masse: $m_A(Z, A) = m_K + Z \cdot m_e$ - Atombindungs-Energie
vernachlässigbar klein

atomare Masseneinheit: $1u = m_n = \frac{m_A(12)}{12} = 931.49 \text{ MeV}/c^2$
 (= $1.66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$)

Bindungsenergie pro Nukleon:

$$E_B / c^2 \equiv Z \cdot m_p + N \cdot m_n - m_A(Z, A)$$



- E_B/A ist über einen weiten Bereich konstant bei $\approx 8 \text{ MeV}$
- das Maximum liegt bei $A \approx 60$ (^{56}Fe), dort liegen die stabilsten Kerne
- unterhalb des Maximums: Energie wird frei bei Fusion zweier leichter zu einem schwereren Kern
- oberhalb des Maximums: Energie wird frei bei Spaltung eines schweren in zwei leichtere Kerne

Konstanz der Bindungsenergie / Nukleon:

⇒ die Konstanz ist aufgrund ihrer beschränkten Reichweite einer "gesättigten" Kraft, d.h. sie stabilisiert nicht mit der Zahl der Nukleonen (was der Fall wäre, wenn jedes Nukleon mit jedem anderen wechselwirken würde).

=> führt auch zu einer bestimmten Dichte von Kernbestandteilen,
die immer denselbe wie einem Flüssigkeitstropfen betrachtet werden

=> $R \sim A^{1/3}$ ($R^3 \sim A$) experimentell beobachtet

- wäre $E_B/A \sim$ Dublonenfall: Kernradius R wäre \approx konstant
(wie es bei den Messungen der Fall ist)

Radioaktivität:

- von den mehr als 3000 bekannten Nuklide sind nur 266 stabil.
- restliche Nuklide sind radioaktiv, d.h. zerfallen unter Aussendung von Strahlung (elektromagnetische Strahlung, Teilchen) in andere Nuklide
- Zerfallsrate nimmt exponentiell mit der Zeit ab:

$\frac{dN}{dt} \sim -\lambda N$ } $dN \sim -N \cdot dt \rightarrow dN = -\lambda \cdot N \cdot dt$

=> $\int 1/N dN = -\lambda \cdot \int dt \Rightarrow \ln N = -\lambda \cdot t + C$

=> $N(t) = e^{-\lambda t + C}$; $t=0: N(t=0) = N_0$

=> Radioaktives Zerfallsgesetz: $N(t) = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$

λ : Zerfallskonstante

- Radioaktiver Zerfall ist stochastischer Prozess: nicht Einzelzerfall ist vorhersagbar, aber Zerfallsrate ist charakteristisch

=> Halbwertszeit $T_{1/2}$: $t = T_{1/2} \rightarrow N(t) = \frac{1}{2} N_0$
 $N(T_{1/2})/N_0 = \frac{1}{2} = e^{-\lambda T_{1/2}}$

=> $-\ln 2 = -\lambda T_{1/2} \Rightarrow T_{1/2} = \ln 2 / \lambda$

- Zerfallsarten:
- α, β : Teilchen-Emissionen
 - γ : Elektromagnetische Strahlung

=> Für einen radioaktiven Zerfall verläßt die Rate der zerfallenden Kerne größer wie die Summe der Raten der Zerfallsprodukte

α-Zerfall:

- tritt vor allem bei schweren Kernen auf
- α-Teilchen wird emittiert: Heliumkern ${}^4_2\text{He}^{2+} = \alpha$
- α-Teilchen muss durch die Coulomb-Barriere des Kernes "durchtunneln", daher können $\frac{1}{4}$ proz. werden (weil die Zerfallsenergie klein ist).
- die Reichweite von α-Strahlung ist klein, kann mit wenig Material (z.B. Papierblatt) abgeschirmt werden.
- strahlenbiologisch gefährlich aufgrund der oft langen Halbwertszeit

β-Zerfall:

- β⁻ und β⁺-Zerfall möglich Aussendung von Elektronen (β⁻) oder Positronen (β⁺)
- β⁻: $n \rightarrow p + e^- + \bar{\nu}_e$ (freies Neutron? $t_{1/2} \sim 880\text{s}$)
- β⁺: $p \rightarrow n + e^+ + \nu_e$ (nur im Kern, nicht bei freier Proton)
- β⁻: ${}^A_Z X_N \rightarrow {}^A_{Z+1} Y_{N-1}$
- kontinuierliches β-Energiespektrum (Existenz des Neutrinos gefolgert)
- zur Abschirmung genügt ein dünner Aluminiumblock

γ-Zerfall:

- ein Kern geht aus einem angeregten Zustand in einen Zustand niedrigerer Energie über (Schlepp nach Aussendung eines γ-Quanten über).
- typische Energien: $\sim \text{MeV}$
- typische Wellenlängen: $\lambda = \frac{hc}{E} \approx \frac{2\pi \cdot 197 \text{ MeV fm}}{1 \text{ MeV}} = 1238 \text{ fm}$
- typische Lebensdauer ist sehr kurz: $\sim 10^{-14} \text{ s}$ ("isomere" können auch länger leben: $\text{ms} \rightarrow \text{Stunden}$)
- γ-Strahlung kann nur abgeschirmt werden:

$$I = I_0 \cdot e^{-\mu x}$$

μ : Absorptionskoeffizient (materiale Abtöpfung)

- i. allg. benötigt man dicke Schichten zur Abschirmung

0

0

0

0