

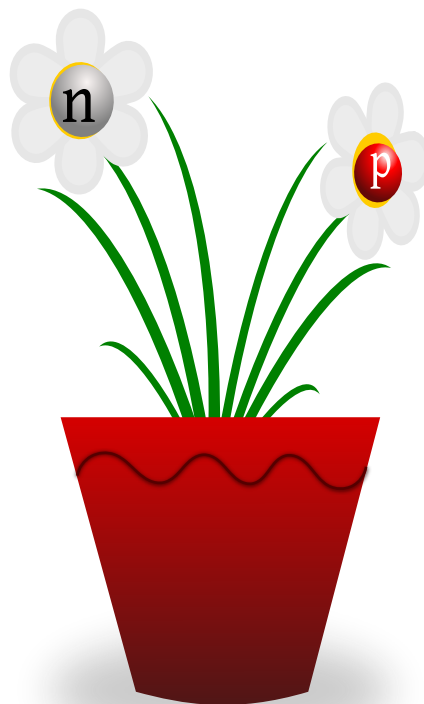
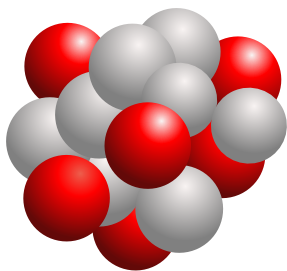
Potentialtopfmodell der Atomkerne



J. Almer

Ludwig-Thoma-Gymnasium
Priem am Chiemsee

1 von 24



Das Potentialtopfmodell

Der Gammazerfall

Der Betazerfall

β^- – Zerfall

β^+ – Zerfall

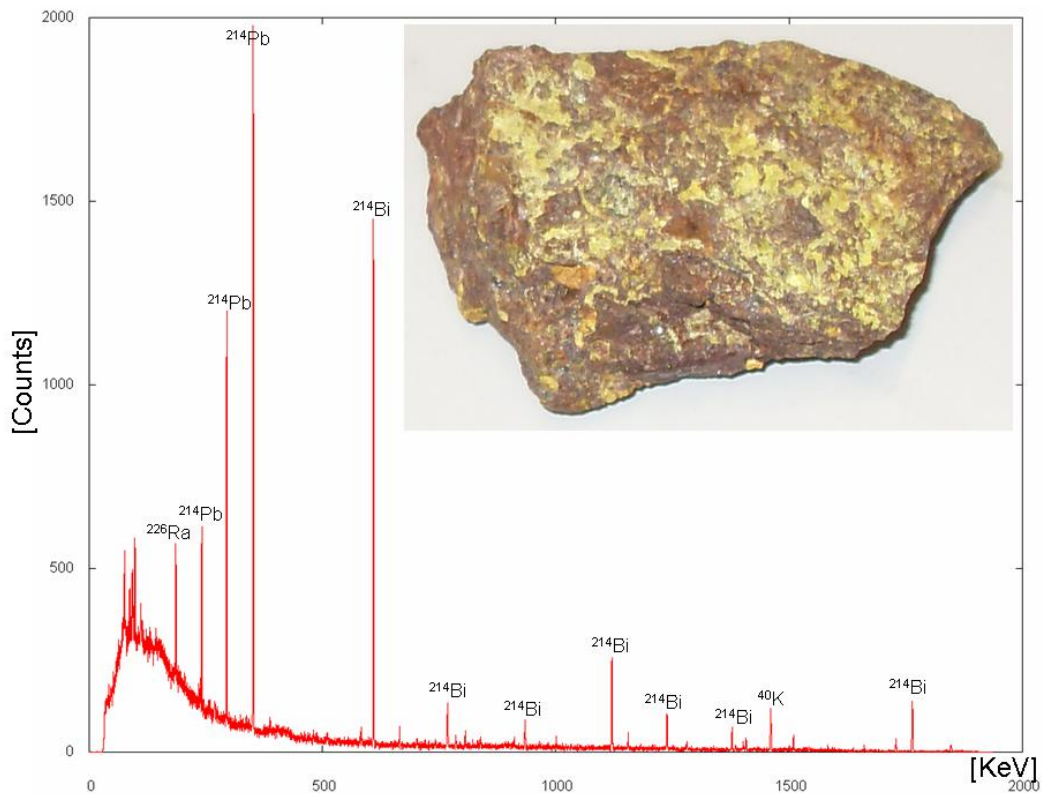
K-Einfang

© de.wikipedia.org

Der α – Zerfall

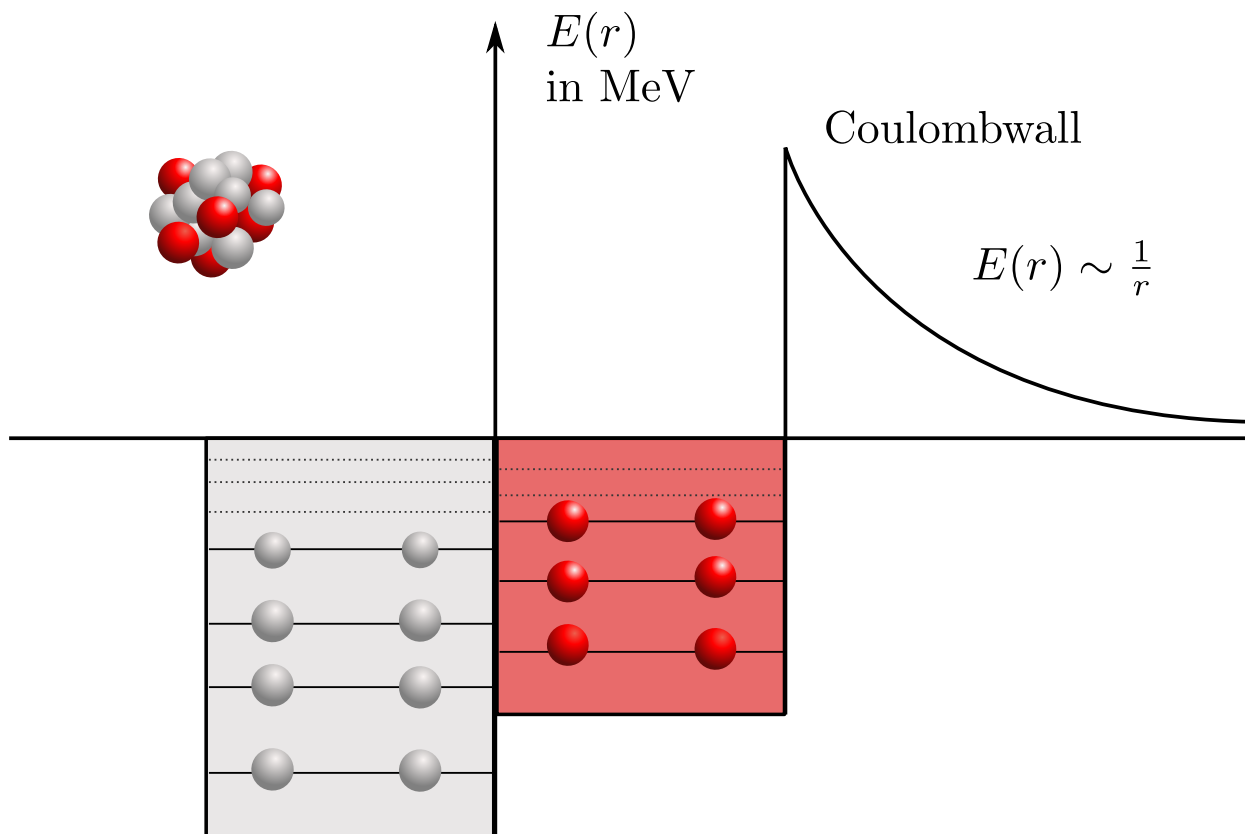
3 von 24

Gammaskpektroskopie



5 von 24

Das Potentialtopfmodell



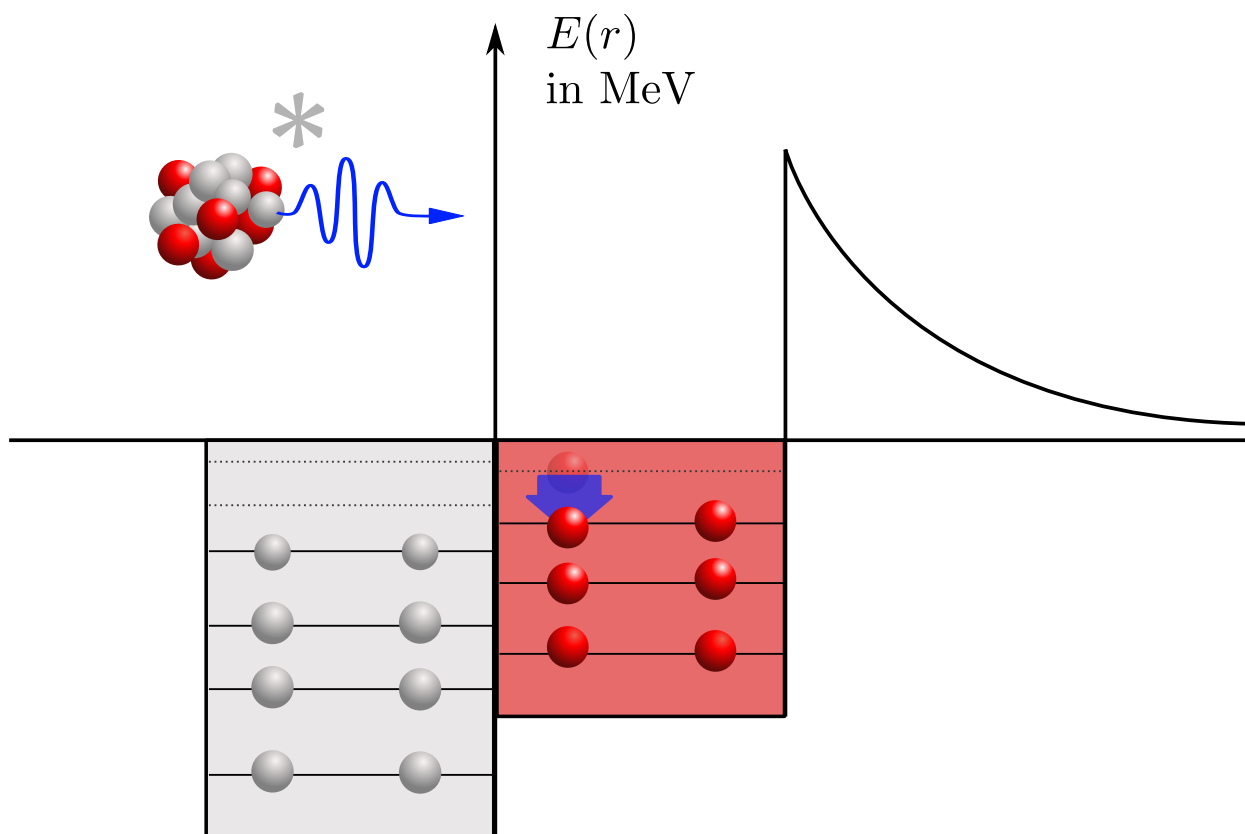
6 von 24

Anmerkungen zum Potentialtopfmodell

- Protonen und Neutronen erzeugen ihr Potential selber
→ es bilden sich Atome durch die freiwerdende Bindungsenergie
- Durch die Coulombkraft F_C ist das Potential der Protonen weniger tief und stößt freie positive Ladungen ab (Coulombwall)
- Bei größerer Massenzahl A gibt es einen Neutronenüberschuss.
- Es erklärt diskrete Energiespektren
→ entsprechen Energieniveauübergängen

7 von 24

γ -Strahlung



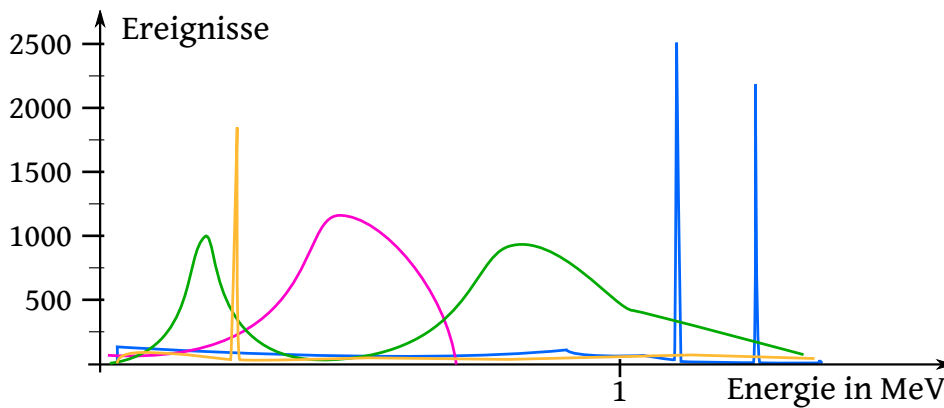
9 von 24

Anmerkungen γ -Zerfall

- Angeregte Atomkerne können durch Abgabe von γ -Strahlung in den Grundzustand übergehen.
- Das Gammaspektrum ist wie ein Fingerabdruck des Atomkerns durch die diskreten Energieübergänge.
- Die Strahlungsenergie liegt im Bereich von 1 MeV.
- Oft tritt Gammastrahlung nach anderen Zerfällen auf, da die Atomkerne in einem angeregten Zustand vorliegen.
- Bei der Gammastrahlung erfolgt keine Kernumwandlung.

10 von 24

Aufgabe γ -Zerfall



1. Welches Spektrum passt zu einem γ -Zerfall?

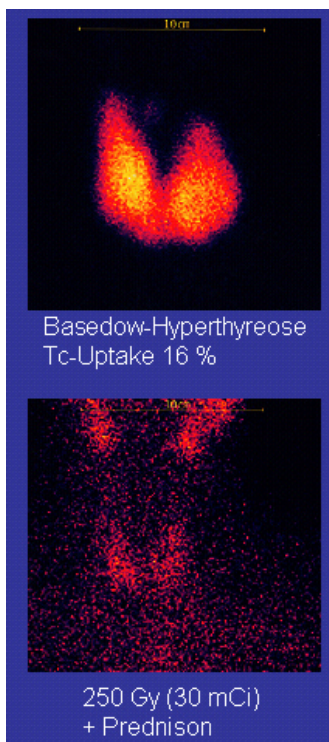
- Orange $^{99m}\text{Tc}^* \rightarrow ^{99}\text{Tc} + \gamma$ mit $E_\gamma = 140 \text{ keV}$ © de.wikipedia.org
- Blau $^{60}\text{Co} \rightarrow ^{60}\text{Co} + \gamma$ mit $E_{\gamma_1} = 1,17 \text{ MeV}$ oder/und $E_{\gamma_2} = 1,33 \text{ MeV}$

2. Berechne die Wellenlänge der Gammastrahlung von $^{99m}\text{Tc}^*$.

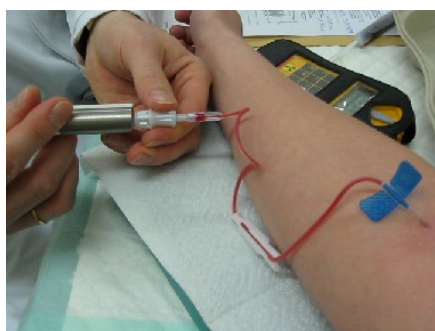
- $E = h \cdot f = h \cdot \frac{c}{\lambda} \Rightarrow \lambda = \frac{h \cdot c}{E_\gamma} = \frac{4,1357 \cdot 10^{-15} \text{ eVs} \cdot 3,0 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{140 \cdot 10^3 \text{ eV}} = 8,86 \text{ pm}$

11 von 24

Nuklearmedizin mit ^{99m}Tc

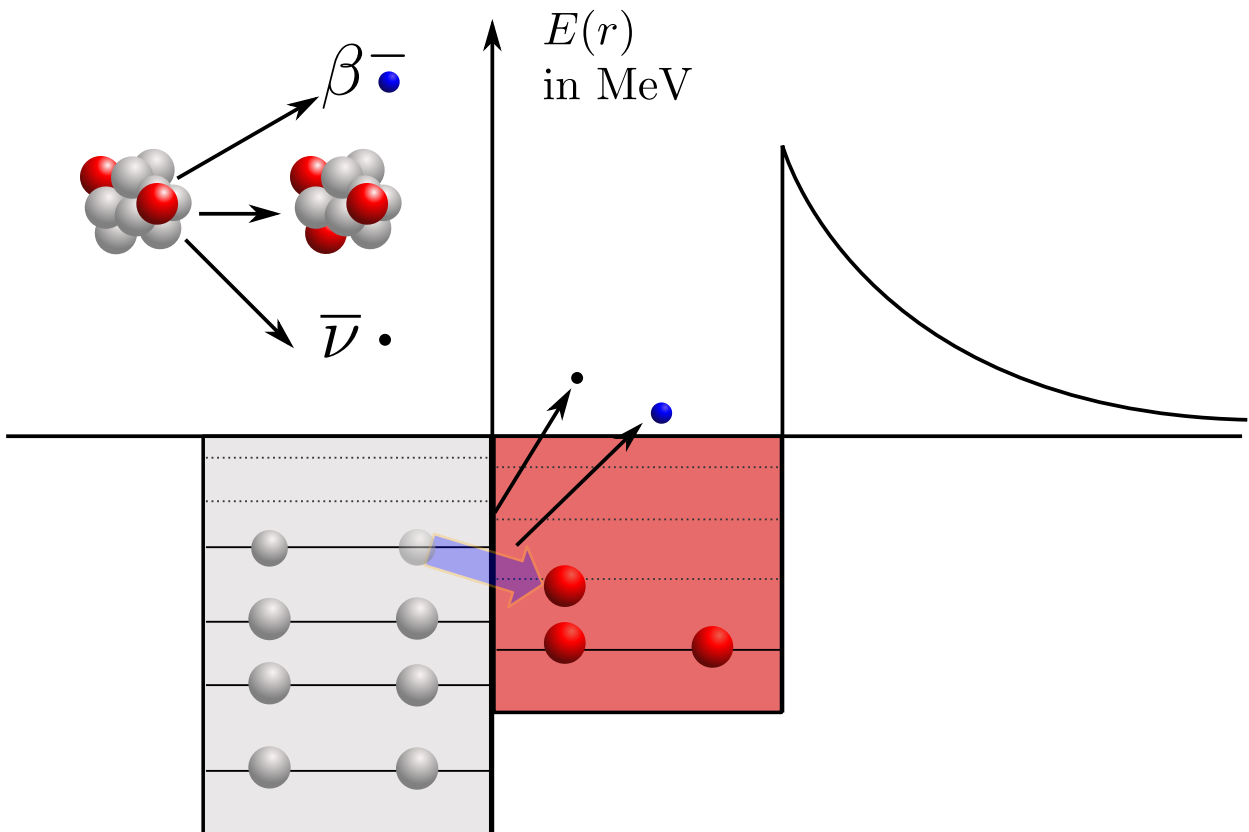


- lagert sich gut an Organe und besitzt weiche Gammastrahlung
- Halbwertszeit ist ideal
 $\Rightarrow T_{1/2} = 6,01 \text{ h}$ von $^{99m}\text{Tc}^*$
 $T_{1/2} = 212000 \text{ a}$ von ^{99}Tc
 $(\beta^- \text{ -Strahlung})$



12 von 24

β^- -Zerfall



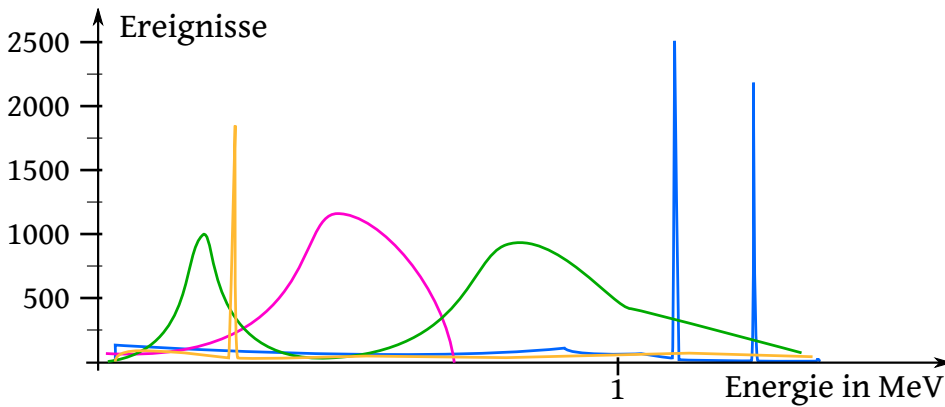
14 von 24

Anmerkungen β^- -Zerfall

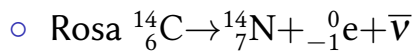
- Im Atomkern: $n \rightarrow p + e^- + \bar{\nu}$
- Kernumwandlung: ${}^A_Z X \rightarrow {}^A_{Z+1} Y + {}^0_{-1} e + \bar{\nu}$
- $Q = (m_X - m_Y) \cdot c^2$ Differenz der Atomkernmassen
 - Elektronen bereits berücksichtigt bis auf die Bindungsenergie!
- Energien der β^- liegen zwischen Null und einem Maximalwert von ca. 1 MeV
 - freiwerdende Energie wird beliebig zwischen β^- und Antielektronneutrino $\bar{\nu}$ verteilt.
 - Maximalenergie durch diskrete Energieübergänge im Atomkern

15 von 24

Aufgabe β^- -Zerfall



1. Welches Spektrum passt zu einem β^- -Zerfall?

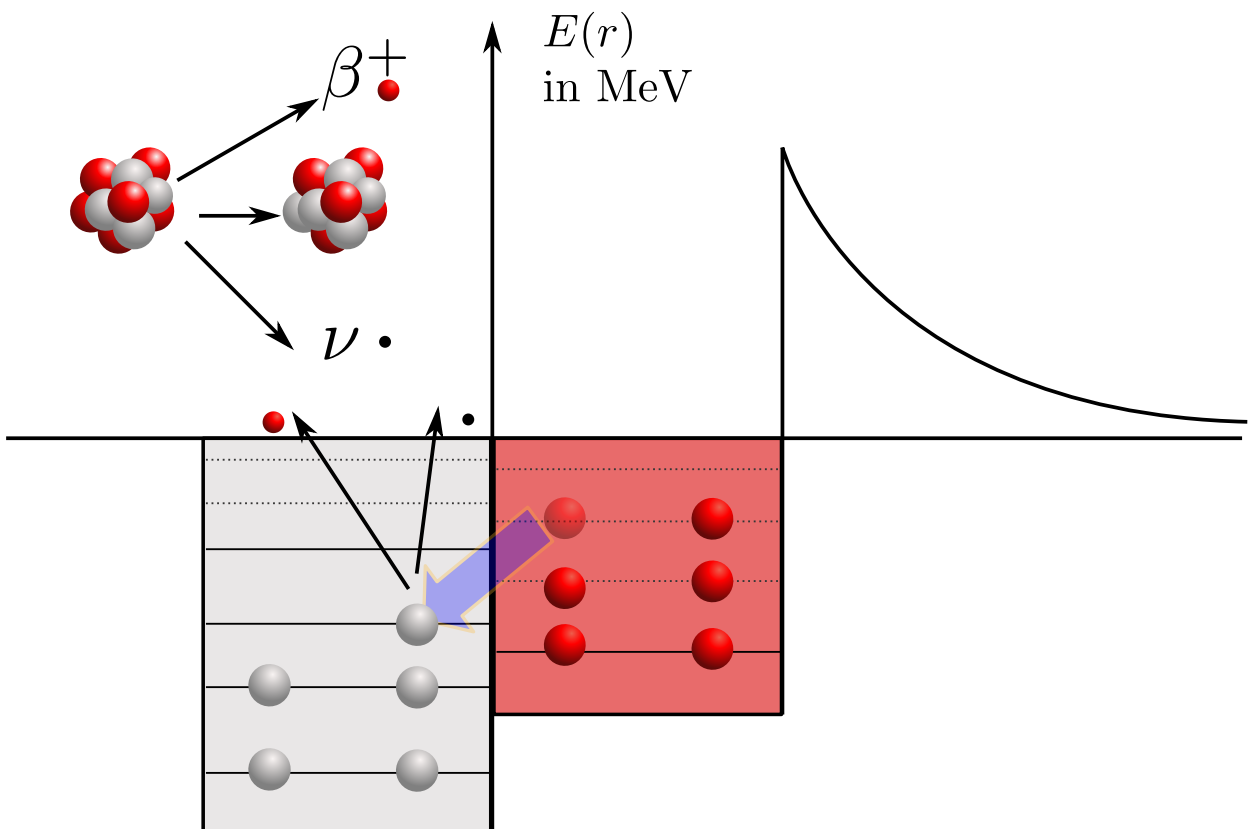


2. Berechne den Q-Faktor. ($m_{{}^{14}\text{C}} = 14,003241 \text{ u}$; $m_{{}^{14}\text{N}} = 14,003074 \text{ u}$)

$$Q = (14,003241 - 14,003074) \cdot 1,6605 \cdot 10^{-27} \text{ kg} \cdot \frac{(3,0 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2}{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}} = 156 \text{ keV}$$

16 von 24

β^+ -Zerfall



17 von 24

Anmerkungen β^+ -Zerfall

- Im Atomkern: $p \rightarrow n + e^+ + \nu$
- Kernumwandlung: ${}^A_Z X \rightarrow {}^A_{Z-1} Y + {}^0_{+1} e + \nu$
- Das Positron verstrahlt normalerweise innerhalb kürzester Zeit mit einem Elektron $e^- + e^+ \rightarrow \gamma$ mit $E_\gamma = 2 \cdot 511 \text{ keV}$
- $Q = (m_X - m_Y) \cdot c^2$ Differenz der Atomkernmassen

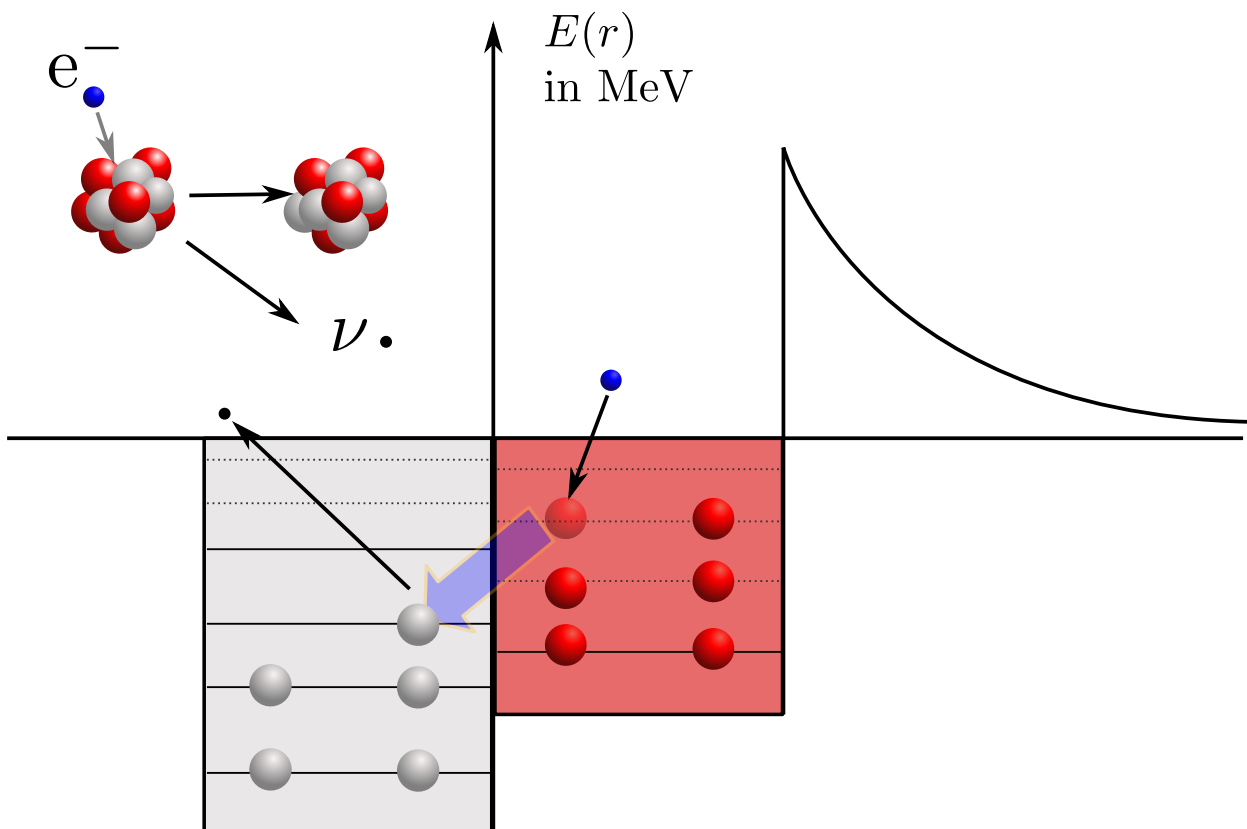
Elektronen sind schwierig zu bilanzieren!

- ▶ Nach der Reaktion sind ein Elektron und ein Positron übrig: $-2 \cdot m_e c^2$
- ▶ Positron-Elektron Annihilation: $2 \cdot m_e c^2$
- ▶ einfache Formel passt wieder!



18 von 24

K-Einfang

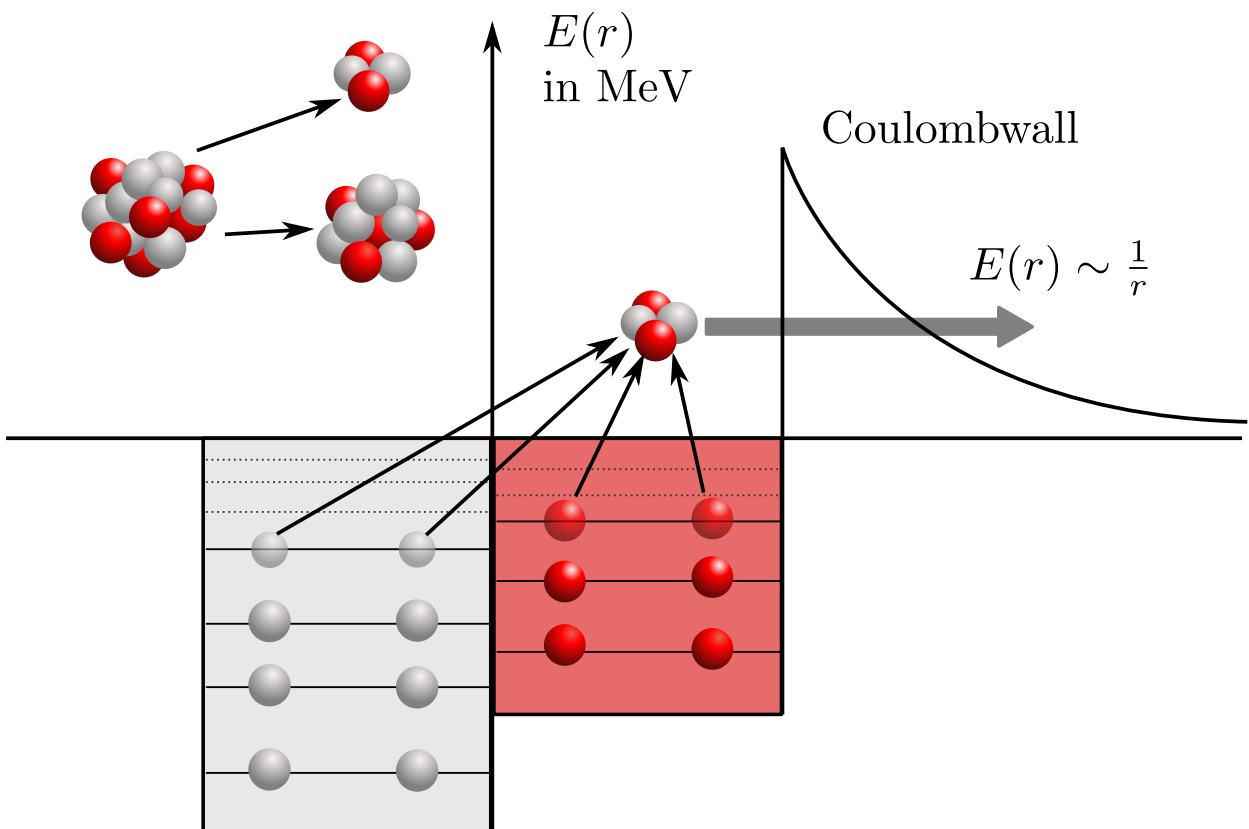


19 von 24

- Im Atomkern: $p + e^- \rightarrow n + \nu$
- Kernumwandlung: ${}^A_Z X + {}^0_{-1} e \rightarrow {}^A_{Z-1} Y + \nu$

20 von 24

α -Zerfall



22 von 24

- Kernumwandlung: ${}^A_ZX \rightarrow {}^{A-4}_{Z-2}Y + {}^4_2\alpha$
 - Tochterkern Y ist zweifach negativ geladen und α ist zweifach positiv geladen
- Das Energiespektrum von α -Strahlung ist diskret.
- $Q = (m_X - m_Y - m_\alpha) \cdot c^2$
Differenz der Atomkernmassen + α -Teilchen © de.wikipedia.org



Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!

Noch Fragen??