

RADIOAKTIVITÄT

Physikalische Größen

- Z : Kernladungszahl äquivalent zur Ordnungszahl
- N : Anzahl an Neutronen
- A : Massenzahl
- e : Elementarladung

Bemerkung

Siehe Naturkonstanten.

Grundlagen

Der Atomkern besteht aus Neutronen n^0 und Protonen p^+ , diese werden Nukleonen genannt und sind sogenannte Kernbausteine eines Atomkerns. Der Atomkern ist also positiv.

Es gilt:

$$A = Z + N$$

Tröpfchenmodell

Das Tröpfchenmodell wurde in 1937 von *Gavmov* entwickelt und betrachtet den Atomkern als Ganzes.

Die Atomkerne werden als kleine Tropfen einer aus Protonen und Neutronen bestehenden Kernflüssigkeit angesehen. Wie in einem Wassertropfen werden die einzelnen Moleküle durch Kohäsionskräfte zusammengehalten und verbinden so Kernkräfte und Nukleonen.

Nuklid

Ein Nuklid wird beschrieben durch ein chemisches Elementsymbol K , eine Massenzahl A und eine Kernladungszahl Z .



Isotope

Isotope sind Atomkerne mit gleicher Protonenzahl aber verschiedener Neutronenzahl.

Bemerkung

Isotope verhalten sich chemisch gesehen gleich, wie ein Atomkern gleicher Neutronenzahl und Protonenzahl da, chemisch gesehen nur die Elektronenzahl relevant.

Atomare Masseneinheit

Die atomare Masseneinheit u ist $\frac{1}{12}$ der Atommasse m_A des Kohlenstoffisotops ${}^{12}_6\text{C}$.

$$1u = 1,660\,5 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

Bemerkung

Siehe Exotische Umwandlungen.

Absolute Atommasse

Formel:

$$m_A = A_r \cdot 1u$$

Radioaktivität

Radioaktivität ist die Eigenschaft von Atomkernen sich selbst umzuwandeln und dabei eine charakteristische Strahlung auszusenden.

Natürliche und Unnatürliche Strahlung

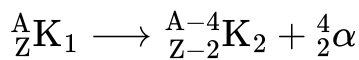
Je nachdem, ob das zerfallende Nuklid natürlich vorkommt oder künstlich erzeugt wurde, spricht man von natürlicher oder künstlicher Radioaktivität.

Strahlungsarten

- Alphastrahlung:

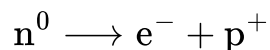
Beim α Zerfall zerfällt der Atomkern in ein neues Element und strahlt dabei ein α - Teilchen aus also ein He-Kern.

Zerfallsgleichung:



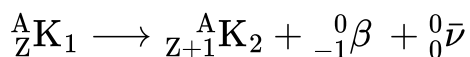
- β^- -Strahlung:

Beim β^- Zerfall zerfällt der Atomkern in ein neues Element und strahlt dabei ein Elektron e^- ab. Dabei zerfällt im Atomkern ein Neutron zu einem Elektron und einem Proton:



Dieser Prozess den Energieerhaltungssatz nicht befolgt, wurde das Antineutrino $\bar{\nu}$ postuliert. Dieses Teilchen besteht aus Antimaterie, besitzt keine elektrische Ladung und stellt eine Portion Energie dar.

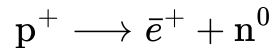
Zerfallsgleichung:



- β^+ -Strahlung:

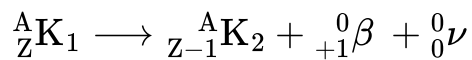
Beim β^+ Zerfall zerfällt der Atomkern in ein neues Element und strahlt dabei ein Positron \bar{e}^+ ab. Dabei zerfällt im Atomkern ein Proton zu einem

Positron und einem Neutron:



Dieser Prozess den Energieerhaltungssatz nicht befolgt, wurde das Neutrino ν postuliert. Dieses Teilchen besteht aus gewöhnlicher Materie, besitzt keine elektrische Ladung und stellt eine Portion Energie dar.

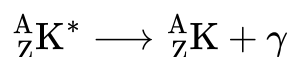
Zerfallsgleichung:



- Gammastrahlung

Die Gammastrahlung ist eine kurzwellige elektromagnetische Welle welche von dem Atomkern ausgesendet wird wenn dieser sich von einem energetisch angeregten Zustand zu einem energetisch niedrigen Zustand oder manchmal dem Grundzustand verändert.

Zerfallsgleichung:



Nomenklatur der Antimaterie

Antimaterie wird mit einem oberen Strich gekennzeichnet.

Aktivität

Die Aktivität A gibt die Zerfallsrate der Radioaktiven Atomkerne an.

Formel

$$A = -\frac{\Delta N}{\Delta t}$$

Einheit

$$[A] = 1Bq$$

$$[A] = 1s^{-1}$$

Bq, Becquerel

Die Aktivität lässt sich auch anders definieren. Da:

$$A \sim N$$

und

$$A \sim \lambda$$

erhalten wir:

$$A = \lambda \cdot N$$

Erklärungen

λ , Zerfallskonstante

Die Zerfallskonstante λ ist für jedes Element und Isotop anders.

Bemerkung

Siehe Zerfallskonstantentabelle

Grundgesetz des radioaktiven Zerfalls

Herleitung

Um ein Gesetz für den radioaktiven Zerfall zu finden kombinieren wir folgende Formeln der Aktivität A

$$A = -\frac{\Delta N}{\Delta t} (1)$$

$$A = \lambda \cdot N (2)$$

Es gilt:

$$(1) = (2)$$

$$\Leftrightarrow -\frac{\Delta N}{\Delta t} = \lambda \cdot N$$

$$\Leftrightarrow \frac{\Delta N}{\Delta t} = -\lambda \cdot N$$

Mit

$$\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta N}{\Delta t} = \frac{dN}{dt}$$

Wir erhalten also

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

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

$$\Leftrightarrow \int_{N_0}^N \frac{dN}{N} = -\lambda \int_0^t dt$$

$$\Leftrightarrow \ln \left(\frac{dN}{N} \right) = -\lambda \cdot t$$

$$\Leftrightarrow N = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$$

$$\Leftrightarrow N(t) = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$$

Formel

$$N(t) = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$$

Anzahl der Atome

Formel

$$N_{Atome} = \frac{m}{m_A}$$

N_{Atome} , Atomanzahl

m , Masse des Körpers

m_A , Masse eines Atoms

Radioaktiver Zerfall: Masse

Herleitung

$$\begin{aligned}N(t) &= N_0 \cdot e^{-\lambda t} \\ \Leftrightarrow N(t) \cdot m_A &= N_0 \cdot m_A \cdot e^{-\lambda t} \\ \Leftrightarrow m(t) &= m_0 \cdot e^{-\lambda t}\end{aligned}$$

Formel

$$m(t) = m_0 \cdot e^{-\lambda t}$$

Radioaktiver Zerfall: Aktivität

Herleitung

$$\begin{aligned}N(t) &= N_0 \cdot e^{-\lambda t} \\ \Leftrightarrow N(t) \cdot \lambda &= N_0 \cdot \lambda \cdot e^{-\lambda t} \\ \Leftrightarrow A(t) &= A_0 \cdot e^{-\lambda t}\end{aligned}$$

Formel

$$A(t) = A_0 \cdot e^{-\lambda t}$$

Halbwertszeit

Die Halbwertszeit $T_{\frac{1}{2}}$ gibt die Zeit an, die ein radioaktives Präparat benötigt, um zur Hälfte zerfallen zu sein.

Herleitung 1

Nach der Definition der Halbwertszeit gilt:

$$\begin{aligned}\frac{1}{2} \cdot N_0 &= N_0 \cdot e^{-\lambda T_{\frac{1}{2}}} \\ \Leftrightarrow \frac{1}{2} &= e^{-\lambda T_{\frac{1}{2}}}\end{aligned}$$

$$\Leftrightarrow \ln\left(\frac{1}{2}\right) = -\lambda T_{\frac{1}{2}}$$

$$\Leftrightarrow T_{\frac{1}{2}} = \frac{\ln(2)}{\lambda}$$

Formel

$$T_{\frac{1}{2}} = \frac{\ln(2)}{\lambda}$$

Herleitung 2

Mit der Formel der Aktivität gilt

$$A = \lambda \cdot N(t)$$

$$\Leftrightarrow \lambda = \frac{A}{N(t)} \quad (1)$$

und

$$T_{\frac{1}{2}} = \frac{\ln(2)}{\lambda}$$

$$\Leftrightarrow \lambda = \frac{\ln(2)}{T_{\frac{1}{2}}} \quad (2)$$

Es gilt:

$$(1) = (2)$$

$$\Leftrightarrow \frac{A}{N(t)} = \frac{\ln(2)}{T_{\frac{1}{2}}}$$

$$\Leftrightarrow A = \frac{N(t)}{T_{\frac{1}{2}}} \cdot \ln(2)$$