

0.1 140. Hausaufgabe

0.1.1 Exzerpt von B. S. 496: Ordnung der Kerne

Die Anordnung der Kerne kann man in einer sog. Nuklidkarte darstellen. Dabei trägt man nach rechts die Neutronenzahl N und nach oben die Kernladungszahl Z auf.

Dabei stellt man fest, dass bei den stabilen Kernen, den Kernen des sog. Stabilitätsbands, tendenziell eine kleinere Kernladungszahl als Neutronenzahl haben.

Isotope nennt man Kerne gleicher Kernladungszahl. Diese zeigen ein ähnliches chemisches Verhalten.

Isobare nennt man Kerne gleicher Massenzahl A . Diese gehören zu verschiedenen Elementen; sie unterscheiden sich in ihrem chemischen Verhalten.

Die Stabilität von Kernen hängt u.a. von der Geradheit der Kernladungszahl- und Neutronenzahl ab; man führt folgende Begriffe ein:

Begriff	Z	N
gg-Kern	gerade	gerade
gu-Kern	gerade	ungerade
ug-Kern	ungerade	gerade
uu-Kern	ungerade	ungerade

Stabile uu-Kerne gibt es bis auf vier Ausnahmen nicht. Besonders viele stabile Kerne liegen bei Z oder $K = 2, 8, 20, 28, 50, 82, 126$ vor. Die Kernmodelle können diese „magischen Zahlen“ teilweise erklären.

0.1.2 Exzerpt von B. S. 498: Notation

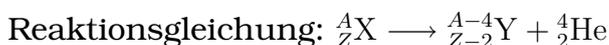
Mit A_ZX meint man einen Kern der Massenzahl $A = Z + N$ und der Kernladungszahl Z des Elements X .

0.1.3 Exzerpt von B. S. 498f. und 509f.: Zerfallsreihen

Es gibt (u.a.) den α -, β^- -, β^+ - und γ -Zerfall. Welcher Zerfall bei einem bestimmten radioaktiven Kern stattfindet, kann man nicht ohne Weiteres vorhersagen.

α -Zerfall

α -Strahlung denkt man sich als Heliumkernium.

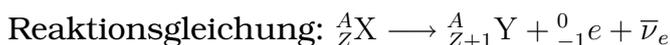


Bei einer Reaktion müssen alle Erhaltungssätze erfüllt sein; die Energien (bzw. nicht-nur-Materie-gebundenen Massen), Ladungen, Impulse und Drehimpulse müssen auf beiden Seiten übereinstimmen.

Diese Gleichung geht von ruhenden Teilchen ($p = 0 \text{ Ns}$ und $L = 0 \text{ Js}$) aus. Die Ladungserhaltung ist erfüllt, $Z = (Z - 2) + 2$. Die Energieerhaltung habe ich nicht überprüft.

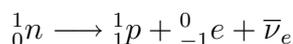
 β^- -Zerfall

β^- -Strahlung denkt man sich als Elektronium und man sagt auch kurz nur „ β -Strahlung“.

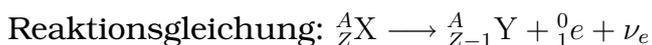


Die Impuls- und Energieerhaltung wird durch das entstehende Antineutrino erfüllt, das die Bilanzen „ausgleicht“.

Das Elektron stammt nicht aus der Atomhülle, sondern rührt von einer Kernreaktion her:

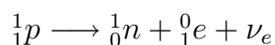
 **β^+ -Zerfall**

β^+ -Strahlung denkt man sich als Positronium.



Die Impuls- und Energieerhaltung wird durch das entstehende Neutrino erfüllt, das die Bilanzen „ausgleicht“.

Das Positron rührt von einer Kernreaktion her:

 **γ -Zerfall**

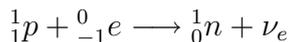
γ -Strahlung denkt man sich als Photonium.



Das Photon rührt aus einem Zustandssprung der Kernneutronen oder -protonen her.

Elektroneneinfang

Beim Elektroneneinfang reagiert ein Elektron, typischerweise eins aus der kernnächsten Schale (der K-Schale), mit einem Proton des Kerns zu einem neuen Kernneutron. Ein Neutrino dient als Energie- und Impulsbilanzausgleichsteilchen.



0.1.4 Exzerpt von B. S. 509: Wirkungsquerschnitt

Werden bei Kernreaktionen N Teilchen emittiert, die ΔN Wechselwirkungen in einem Volumen V der Querschnittsfläche A und der Dicke Δx , das n Atomkerne enthält, hervorgerufen, so gilt:

$$\frac{\Delta N}{N} = \sigma n \Delta x = \frac{\sigma n V}{A};$$

$\frac{\Delta N}{N}$ kann man als Wechselwirkungswahrscheinlichkeit interpretieren. Sie also gleich dem Verhältnis aus der „sich dem Geschoss bietenden Zielfläche“ $\sigma n V$ und der durchstrahlten Fläche A .

Die Einheit des Wirkungsquerschnitts σ ergibt sich zu $1 \text{ m}^2 = 10^{28} \text{ barn}$ und ist ein Maß für die „effektive Größe einen Kerns bei einer bestimmten Reaktion“.

0.1.5 Fragen

- Was ist der Unterschied zwischen Isotopen und -tonen?
- Ist es zulässig, bei der Reaktionsgleichung des α -Zerfalls von Teilchen ohne Drehimpuls auszugehen?
- Steckt beim α -Zerfall die gesamte Energie in den zwei Produkten oder gibt es noch andere entstehende Teilchen, die der Metzler verschweigt?
- Wird beim β^- -Zerfall auch elektromagnetische Strahlung emittiert? (Da ja ein Neutron in ein Proton umgewandelt wird, müssten evtl. Neutronen aufrücken können und somit Photonen emittieren.)
- Beim γ -Zerfall entsteht als einziges neu entstehendes Teilchen ein Photon. Sind die Energie und der Impuls aller ausgesendeten Photonen eines γ -Strahlers gleich? Wenn nein, nimmt

der Kern die Energie- und Impulsdifferenz auf, oder entsteht noch ein anderes Teilchen, das der Metzler verschweigt?

(Die Photoneneenergie müsste doch aus Zustandssprüngen von Neutronen oder Protonen herrühren und somit nur diskrete Werte annehmen. Wenn nun die γ -Strahlung ein kontinuierliches Frequenzspektrum (und damit Energiespektrum) aufweist, müsste es noch ein Energiebilanzausgleichsteilchen geben, das der Metzler verschweigt.)

- Was ist an den vier Zerfallsreihen so außergewöhnlich?
- Was bedeutet die „Massenformel“ $4n + k$?
- Woher kann man die Anzahl N emittierter Teilchen (oder stattgefundenener Kernreaktionen) bestimmen, wenn nur ΔN in Wechselwirkung tritt? Wie kann man also σ bestimmen?

[Elektronium als longitudinale elektromagnetische Welle!]

(Benötigte Zeit: 112 min)