

LK Physik * Altersbestimmung mit Hilfe radioaktiver Nuklide

Durch radioaktiven Zerfall gehe ein Nuklid A in ein stabiles Nuklid B über. Die Halbwertszeit sei hierbei T.

$N_A(t)$ und $N_B(t)$ gebe die Anzahl der Nuklide von A bzw. B zum Zeitpunkt t an.

Ferner gelte $N_B(0s) = 0$. Zeigen Sie:

$$t = \frac{T}{\ln(2)} \cdot \ln \left(1 + \frac{N_B(t)}{N_A(t)} \right)$$

Das Verhältnis $\frac{N_B(t)}{N_A(t)}$ kann mit Hilfe der Massenspektroskopie bestimmt werden.

Die angegebene Gleichung ermöglicht es nun, die Zeit t zu bestimmen, in der sich aus der reinen Muttersubstanz mit $N_A(0)$ Teilchen das vorhandene Gemisch von Nukliden mit dem

Verhältnis $\frac{N_B(t)}{N_A(t)}$ gebildet hat.

Da das massenspektroskopische Verfahren zur Bestimmung dieses Verhältnisses die besten Resultate für $N_B(t) \approx N_A(t)$ liefert, sollte T zweckmäßig die Größenordnung der zu bestimmenden Zeit t besitzen.

Uran-Blei-Methode zur Bestimmung des Erdalters

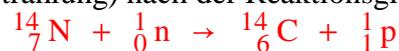
Für die Bestimmung des Erdalters und ähnlich großer Zeiträume braucht man eine Substanz mit hoher Halbwertszeit. Aus den Halbwertszeiten der Uran-Radium-Reihe sieht man, dass für den Übergang von U 238 zu Pb 206 die Halbwertszeit des U 238 bestimmend ist.

Bei dem geschilderten Verfahren zur Altersbestimmung nimmt man an, dass zur Zeit $t = 0$ für die Zahl $N_B(0) = 0$ gilt und außerdem während der Zeit t keine neuen Mutterkerne nachgebildet werden. (Dies gilt insbesondere für Mineralien!) Aus dem heute bestehenden Verhältnis $N_{Pb\ 206} / N_{U\ 238}$ errechnet sich ein Erdalter von ca. 4 Milliarden Jahren.

C 14 - Methode

Die Halbwertszeit von C 14 beträgt etwa $5,6 \cdot 10^3$ Jahre, d.h. diese radioaktive Substanz ist für die Bestimmung von Zeiträumen in der Größenordnung von 1000 bis 10000 Jahren geeignet.

Im Kohlendioxid der Lufthülle ist ein konstantes Verhältnis N_{C14} / N_{C12} gegeben (nämlich etwa $1,5 \cdot 10^{-12}$). Aufgrund des Entstehungsprozesses von C 14 in der oberen Atmosphäre (durch kosmische Strahlung) nach der Reaktionsgleichung



kann man annehmen, dass sich das Verhältnis von C 14 zu C 12 über die letzten 10000 bis 20000 Jahre nicht geändert hat. (Erst in unserem Jahrhundert hat sich dieses Verhältnis zuerst wegen der Verbrennung von Kohle und Öl und später auch noch aufgrund von Kernwafferversuchen in der Atmosphäre deutlich verändert.) In lebenden Organismen ist wegen der ständigen Aufnahme von CO_2 das gleiche Verhältnis zu erwarten wie in der Atmosphäre. Stirbt der Organismus ab, so nimmt wegen der fehlenden Aufnahme von CO_2 und des radioaktiven Zerfalls von C 14 das Verhältnis von C 14 zu C 12 ab. Kennt man dieses Verhältnis beim abgestorbenen Organismus heute, so kann man ähnlich wie bei der Uran-Blei-Methode die Zeitdauer vom Absterben des Organismus bis heute bestimmen.

Für noch kürzere Zeitbestimmungen eignet sich die so genannte Tritium-Methode (Halbwertszeit 12,3 Jahre). Sie ist z.B. geeignet, das Alter eines (wertvollen) Weines festzustellen.

In diesem Sinne **Prost!**

1. Altersbestimmung mit Tritium (LPh4 , Abitur 2003)

Bei Bohrungen in Gletscher- bzw. Grönlandeis werden Eisproben aus Schichten verschiedener Tiefe entnommen. Ihr Alter lässt sich mit Hilfe ihres Tritiumgehalts bestimmen.

Das Nuklid Tritium ^3H ist in der Atmosphäre auf Grund fehlender natürlicher Erzeugungsprozesse fast nicht vorhanden. In den 60-er Jahren wurde es jedoch durch Kernwaffentests in höherem Maße freigesetzt. ^3H ist radioaktiv ($T_{1/2} = 12,3 \text{ a}$) und geht durch β -Zerfall in das stabile Edelgasisotop ^3He über. Das Zerfallsprodukt kann das Eis nicht verlassen und reichert sich darin an. Daher kann zur Altersbestimmung der Proben das Anzahlverhältnis von Mutter- und Tochterkernen des Tritiumzerfalls verwendet werden.

- a) Gehen Sie zunächst davon aus, dass zum Zeitpunkt des Tritiumeinschlusses kein ^3He im Eis vorhanden war. Weisen Sie nach, dass dann für das Anzahlverhältnis k von Mutter- zu Tochterkernen

$$k = \frac{1}{e^{\lambda t} - 1} \text{ gilt, wobei } \lambda \text{ die Zerfallskonstante für Tritium ist.}$$

Welches Alter ergibt sich für eine Eisprobe, bei der $k = 0,14$ gemessen wird?

- b) Ist das tatsächliche Alter der Probe größer oder kleiner als der berechnete Wert, wenn die zum Zeitpunkt der Entstehung der Probe bestehende ^3He -Konzentration nicht vernachlässigbar ist? Begründen Sie Ihre Antwort.
- c) Nennen Sie zwei Gründe, warum die Tritiummethode zur Altersbestimmung von Eisschichten, die deutlich älter als 40 Jahre sind, nicht geeignet ist.

Aufgabe zur C14-Methode

- a) Im Gleichgewichtszustand hat 1,00g Kohlenstoff eines lebenden Organismus die Aktivität $3,48 \cdot 10^{-10} \text{ Ci}$.
Bestimmen Sie das Alter der Mumie Tut-ench-Amuns, wenn bei der Mumie die Aktivität von 1,00g Kohlenstoff noch $2,34 \cdot 10^{-10} \text{ Ci}$ beträgt.
- b) Warum kommt man bei der Altersbestimmung nach der C14-Methode bei Bäumen, die neben einer Autobahn standen auf zu hohe Werte?