

Physik * Jahrgangsstufe 10 * Altersbestimmung mit der C-14-Methode

(Quelle: LeiFi)

Trifft die kosmische Strahlung (im Wesentlichen Sonnenwind) auf die oberste Atmosphäre, so entstehen kaskadenförmig sehr viele verschiedene Teilchen, die sekundäre Höhenstrahlung.

Trifft nun ein Neutron der sekundären Höhenstrahlung auf einen Stickstoffkern, so geschieht manches Mal die Kernumwandlung in das Kohlenstoffisotop ^{14}C . Dieses Isotop ist ein radioaktiver Betastrahler mit einer Halbwertszeit von 5730 a. Es mischt sich mit den chemisch identischen und stabilen Kohlenstoffisotopen ^{12}C und ^{13}C .

Durch das Wettergeschehen werden die ^{14}C - Atome gleichmäßig in der gesamten Biosphäre der Erde verteilt. Auf lange Sicht stellt sich zwei Gleichgewichte ein:

1. Ein Gleichgewicht zwischen den der Biosphäre entzogenen oder zerfallenen und den in der oberen Atmosphäre neu entstehenden Atomen.
2. Ein Gleichgewicht (fester Prozentsatz) zwischen ^{14}C und ^{12}C bzw. ^{13}C -Atomen der Biosphäre.

$$N(^{14}\text{C}) = 1,2 \cdot 10^{-12} \cdot N(\text{C}_{\text{Ges}})$$

Durch die Fotosynthese wird der in der Luft als CO_2 vorkommende radioaktive Kohlenstoff überall im natürlichen Gleichgewichts-Verhältnis als Kohlenwasserstoff in die lebende Pflanze eingebaut und gelangt so in die gesamte Nahrungskette, also auch in Tier und Mensch.

Sowie der Baum oder das Tier gestorben ist, beginnt seine ^{14}C -Stoppuhr zu laufen. Denn von nun an wird dem Baum kein neuer radioaktiver Kohlenstoff mehr zugeführt. Der ^{14}C -Kohlenstoff baut sich mit einer Halbwertszeit von 5730 a ab, der andere Kohlenstoff baut sich nicht ab.

Sowie man einen Gegenstand wie ein Holzstück, Knochen, Mumie oder Muschel gefunden hat, liest man dessen ^{14}C -Stoppuhr ab.

Möglichkeit 1: Ablesen der Altersuhr mit dem Zählrohr

Bestimmen der Aktivitäten vergleichbarer Stoffmengen Kohlenstoff in der antiken Probe und in einer noch lebenden Probe:

In einer lebenden Probe misst man 230 Bq/kg Kohlenstoff, in der Probe eines abgestorbenen Holzstücks dagegen 170 Bq/kg. Bestimmen Sie daraus das Alter des Holzstücks.

Möglichkeit 2:

Ablesen der Altersuhr mit dem Massenspektrograph

Man schickt 1 mg einer präparierten Kohlenstoffprobe des "Ötzi" (siehe Bild) durch einen Massenspektrographen und zählt die Anzahl der ^{14}C -Atome.

Bei Ötzi zählt man $N(t) = 2,3 \cdot 10^5$ an ^{14}C -Atome

Bei einer Vergleichsprobe zählte man $N(0) = 4,0 \cdot 10^5$ an ^{14}C -Atomen.

Bestimmen Sie daraus den Sterbezeitpunkt von Ötzi.



Weitere Aufgaben:

1. Geben Sie Gleichung der Austauschreaktion für die Bildung von ^{14}C durch die Höhenstrahlung an!
2. Am 19.09.1991 fand man im Ötztal aufgrund des Gletscherrückgangs einen Steinzeitmenschen (genannt Ötzi). In der Gerätschaft die Ötzi mit sich führte, stellte man eine ^{14}C -Aktivität von 0,121 Bq pro Gramm Kohlenstoff fest. Bestimmen Sie aus der Halbwertszeit des radioaktiven Kohlenstoffs von 5730 a das ungefähre Alter der Gerätschaft.
Hinweis: Die Aktivität von 1,0 g Kohlenstoff zu Beginn des Zerfalls beträgt 0,23 Bq.
3. ^{24}Na ist ein β^- -Strahler mit einer Halbwertszeit von 15,0 h. Um die Blutmenge eines Patienten zu bestimmen, spritzt man ihm eine Lösung ein, die $2,0 \cdot 10^{-10}$ g des radioaktiven Natriums enthält.
 - a) Bestimmen Sie die Aktivität der eingespritzten Menge radioaktiven Natriums in der ersten Sekunde und nach 6,0 Stunden in Bq.
 - b) Nach 6,0 Stunden – das radioaktive Natrium hat sich inzwischen gleichmäßig im Blut verteilt - entnimmt man dem Patienten 15 cm^3 Blut und stellt bei dieser Menge eine Aktivität von $1,2 \cdot 10^5$ Bq fest. Bestimmen Sie das Blutvolumen des Patienten.