



Aktivierung und Zerfall von Isotopen

Rhodium, Indium, Silber

K - 11

Kernphysik

Karte nur zur Benutzung in den Räumen der Universität Ulm, Vorlesungssammlung Physik

28.03.06

Brackenhofer G.

Stichworte: Aktivierung und Zerfall von Isotopen; Neutronenaktivierung; Thermische Neutronen: Aktivierung von Isotopen

Zweck: Erzeugung künstlicher Radioaktivität durch Aktivierung mit Neutronen. Bestimmung der Halbwertszeit.

Zubehör: Neutronenquelle {59-bei}
Zählrohr Typ C (Phywe) mit schwarzem Überzug und BNC-Adapter {59-2}
Große Stoppuhr {17-1}
Rhodium, Silber, Indium (P 9083.04) mit Halter (P 9082.00) {59-1}

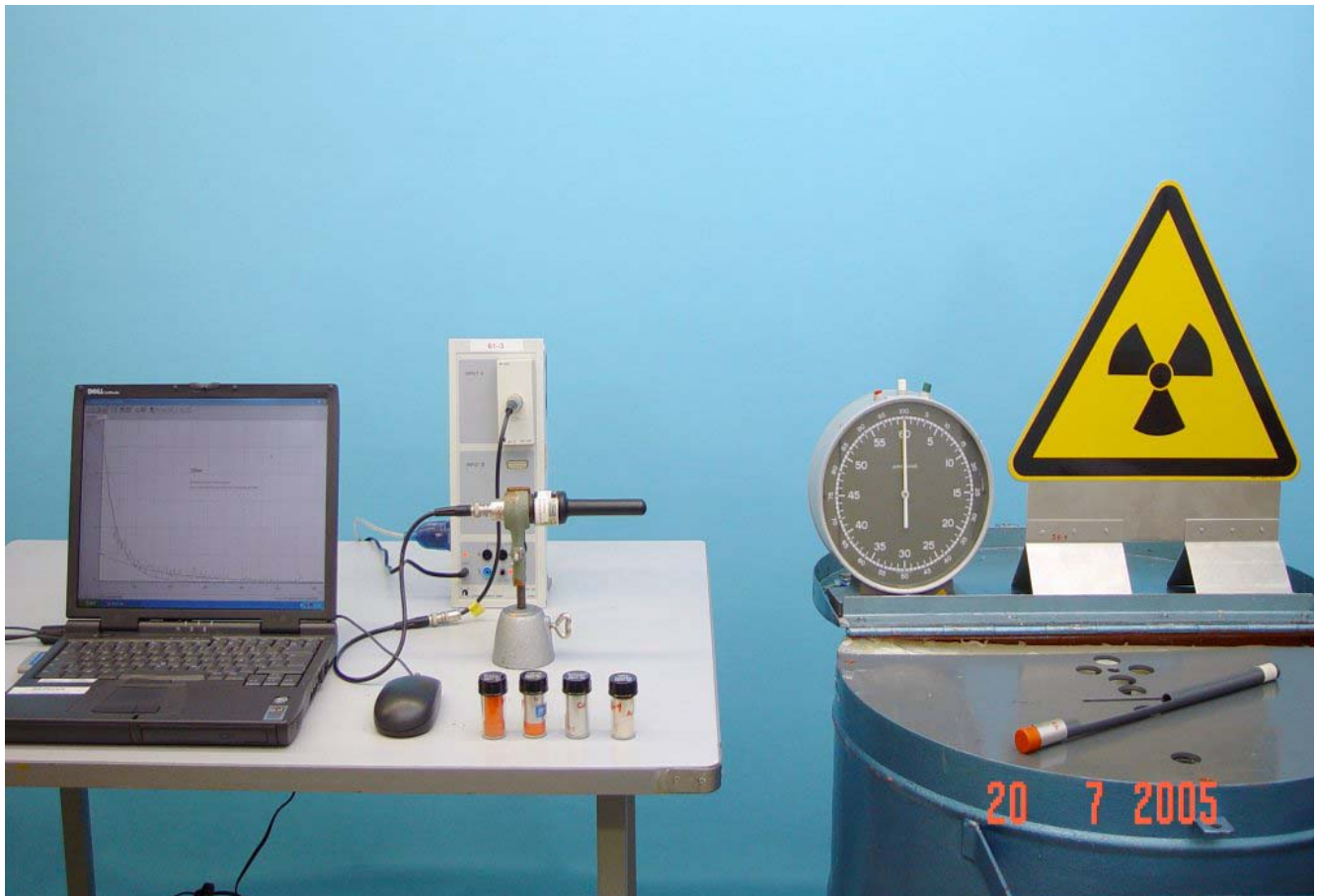
Wenn Abklingkurve registriert werden soll:

PC mit Sensor-CASSY und GM-Box {61-3}

Wenn Aktivität nur angezeigt werden soll:

Impulsratenmesser {59-3}, Multimeter {61-2}

Bild:



Aufbau: Abstand zwischen Geiger-Müller-Zählrohr und Neutronenquelle von mindestens 1,50 m einhalten. Nullrate beträgt etwa 0,4 1/s.
Zählrohr an die GM-Box des Sensor-CASSYs anschließen. Programm K_011P00.lab laden und Einstellungen prüfen.

Durchführung: Probe mit Hilfe der Probenhalterung in eines der vier am nächsten zur Quelle gelegenen Löcher senken. Aktivierungsdauer mit der Stoppuhr messen. Nach der Aktivierung Probe herausnehmen und über Zählrohr stülpen.
Zerfallskurve aufzeichnen und Exponentialfunktion anpassen.

Rhodium:

Einstellungen:

Messintervall: 5 s

Messzeit: 250 s

Torzeit bei R_{A1} : 5 s

Aktivierungszeit: 120 s (oder Messreihe mit 15 s bis maximal 240 s)

Exponentialfunktion anpassen und Halbwertszeit $t_H = \frac{\ln 2}{B}$ berechnen (Literaturwert: 42 s).

Aktiviertes ^{103}Rh wird zu ^{104}Rh und zerfällt mit der Halbwertszeit von 42,3 s in ^{104}Pd .

Indium:

Einstellungen:

Messintervall: 2 s

Messzeit: 125 s

Torzeit bei R_{A1} : 2 s

Aktivierungszeit: 120 s (oder Messreihe mit 10 s bis maximal 60 s)

Exponentialfunktion anpassen und Halbwertszeit $t_H = \frac{\ln 2}{B}$ berechnen.

Durch Bestrahlung von Indium wird aus dem stabilen Isotop ^{115}In der β -Strahler ^{116}In gebildet, der mit der Halbwertszeit von 14,1 s in ^{116}Sn zerfällt.

Silber:

Einstellungen:

Messintervall: 5s

Messzeit: 65 s

Torzeit bei R_{A1} : 5 s

Aktivierungszeit: ca. 10 min (oder Messreihe mit 15 s bis maximal 1800 s)

Exponentialfunktionen für $t < 100$ s und $t > 150$ s anpassen und Halbwertszeiten

$t_H = \frac{\ln 2}{B}$ berechnen.

Natürliches Silber besteht aus 51,82% ^{107}Ag und 48,18% ^{109}Ag . Durch die Neutronenaktivierung entstehen die radioaktiven Silberisotope ^{108}Ag und ^{110}Ag . Sie zerfallen mit kurzer Halbwertszeit durch β -Zerfall in ^{108}Cd (Halbwertszeit: 143,4 s) und ^{110}Cd (Halbwertszeit: 24,9 s).

Auswertung: In der Neutronenquelle werden Kerne mit der Rate a aktiviert.

$$dN_a = a dt$$

Gleichzeitig zerfallen aktivierte Kerne mit der Zeitkonstante τ

$$dN_z = -\frac{N}{\tau} dt$$

Nach der Aktivierungsdauer t_a enthält die Probe

$$dN = \left(a - \frac{N}{\tau} \right) dt$$

$$N(t_a) = a\tau \left(1 - e^{-\frac{t_a}{\tau}} \right)$$

Das Zählrohr registriert die zerfallenen Kerne

$$N(t) = N(t_a) \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right)$$

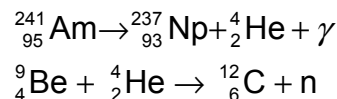
Gemessen wird aber die Zerfallsrate R gemittelt über die Gatezeit Δt_g . Durch Differenzieren und Integrieren erhält man schließlich

$$R = \frac{dN}{dt} \Big|_{\Delta t_g} = \frac{1}{\Delta t_g} \int_t^{t+\Delta t_g} \frac{N(t_a)}{\tau} e^{-\frac{t'}{\tau}} dt' = \frac{N(t_a)}{\Delta t_g} \left(1 - e^{-\frac{\Delta t_g}{\tau}} \right) e^{-\frac{t}{\tau}} = R_0 e^{-\frac{t}{\tau}}$$

Es genügt also, die Zerfallsrate R zu messen und eine Exponentialfunktion anzupassen, um ein Maß für die aktivierten Kerne und die Zerfallskonstante des Isotops zu erhalten.

Hinweis: Neutronenquelle:

Die Americium-Beryllium-Quelle ist zunächst von einer Blei-Abschirmung umgeben, die die Alpha-Teilchen sowie die stets mit entstehenden Gamma-Teilchen zurückhält.



Die Neutronen können jedoch diesen Bleimantel durchdringen und gelangen in das die Bleiabschirmung umgebende Paraffin. Dieses hat den Zweck, die Neutronen durch elastische Stöße mit den Protonen des darin enthaltenen Wasserstoffs auf thermische Energien abzubremesen, da der Einfangquerschnitt aller Kerne stark von der Neutronenenergie abhängt und für langsame ("thermische") Neutronen am größten ist. Diese Energie beträgt etwa 0,025 eV, dies entspricht einer Geschwindigkeit von etwa 2200 m/s. Für diese Moderation genügt eine Paraffinschicht von etwa 4 cm. In diesem Paraffinblock befinden sich Kanäle zur Aufnahme des zu aktivierenden Materials. Je geringer ihr Abstand zur Quelle, um so größer ist der dort herrschende Neutronenfluss. Für die Kanäle 1 bis 4 beträgt er ca. 50 000 Neutronen/cm²s.

Literatur: Phywe: Hochschulpraktikum Physik

Folie: Auswertung von Messreihen → K_011P00.xls

Zerfall von Rhodium-, Indium- und Silber-Isotopen → K_011F00.ppt