

GRUNDPRAKTIKUM I

VERSUCHSPROTOKOLL

Gamma-spektroskopie

Clemens Schumann, Tassilo Scheffler

clemensrubenschumann@googlemail.com,
tassilo@glief.de

betreut von
NELE STETZUHN

15.03.2018

Inhaltsverzeichnis

1	<u>Einleitung</u>	2
2	<u>Physikalische Grundlagen</u>	2
3	Aufgaben	4
3.1	.....	4
3.2	.....	4
3.3	.....	4
3.4	.....	4
3.5	.....	4
3.6	.....	4
4	Geräte	4
5	Skizze	6
5.1	Szintillationsdetektor	6
6	Durchführung	6
7	<u>Aufbau</u>	6
8	<u>Auswertung</u>	7
9	<u>Diskussion</u>	8
10	<u>Messwerte</u>	9

Gammapektroskopie

1 Einleitung

In diesen Versuchen wollen wir

2 Physikalische Grundlagen

Atomkerne bestehen aus Protonen und Neutronen. Jeder Atomkern ist über die Anzahl dieser definiert. Das heißt jedes Nuklid X ist mit A_ZX definiert. A ist dabei die Massenzahl und Z die Ordnungszahl. Dabei gilt für Protonen $p : {}^1_1p$ und für Neutronen $n : {}^1_0n$. Diese Kerne können radioaktiv zerfallen, wenn sie instabil sind. Dabei gibt es verschiedene Arten des Zerfalls:

1. α - Zerfall : *Eindoppelt positiv geladener Heliumkern wird emittiert.* ${}^A_ZX \rightarrow {}^{A-4}_{Z-2}Y(1)2a.$
 β^+ - Zerfall: Ein Proton wandelt sich in ein Neutron, ein Positron und ein Neutrino um. Das Positron wird anschließend emittiert.

$$p \rightarrow n + e^+ + \nu \quad (2)$$

$${}^A_ZX \rightarrow {}^A_{Z-1}Y + e^+ + \nu \quad (3)$$

2b. β^- - Zerfall: Ein Neutron wandelt sich in ein Proton, ein Elektron und ein Antineutrino um. Das Elektron wird anschließend emittiert.

$$n \rightarrow p + e^- + \bar{\nu} \quad (4)$$

$${}^A_ZX \rightarrow {}^A_{Z+1}Y + e^- + \bar{\nu} \quad (5)$$

3. γ - Zerfall: Hierbei werden γ - Quanten emittiert. Das heißt, dass sich nur das Energieniveau des Atoms ändert:

$${}^A_ZX^* \rightarrow {}^A_ZX + \gamma \quad (6)$$

Die Energie des γ - Quants kann mit

$$E = h \cdot \frac{c}{\lambda} \quad (7)$$

berechnet werden. h ist dabei das Planksche Wirkungsquantum, c die Lichtgeschwindigkeit und λ die Wellenlänge des γ - Quants. Der Strahlungsnachweis erfolgt mithilfe eines Geiger-Müller-Zählrohrs. Dieses kann β^- - Strahlung und γ - Strahlung messen, indem die Atome des Gases des Zählrohrs durch das Eintreten der radioaktiven Atome ionisiert werden. Dadurch kommt es zu einer Elektronenlawine und schließlich zu einem Stromstoß. Daher kann man mithilfe dessen auch keine zwei exakt aufeinanderfolgende radioaktive Teilchen messen. Für die Intensität der γ - Strahlung gilt

$$I = I_0 e^{-\mu x} \quad (8)$$

sobald man annimmt, dass die Wechselwirkungswahrscheinlichkeit der durchstrahlten Schichtdicke dx proportional ist und dass ein Strahlungsquant bei der Wechselwirkung mit dem Strahlungsfeld verloren geht. μ bezeichnet hier den Absorptionskoeffizient. Bei konstanter Energie ist $\frac{\mu}{\rho}$ mit der Dichte ρ nahezu konstant.

Bei der Interaktion mit Materie gibt es 3 wesentliche Effekte, die zutreffen können.

1. Der Photoeffekt

Bei diesem Effekt interagiert ein γ - Quant mit einem Atom. Das γ - Quant gibt dabei seine gesamte Energie an ein

2. Der Compton – Effekt

Hierbei interagiert ein γ – Quant mit einem freien Elektron. Dabei Photonein Teilchen mit einer relativen Masse

3 Messprotokoll

4 Aufgaben

4.1

Messung der natürlichen Äquivalentdosisleistung und der Dosisleistung des ^{60}Co -Präparates in 0.5 m Abstand mit einem integrierten Äquivalentdosisleistungsmessgerätes. Umrechnung auf die Äquivalentdosiswerte pro Jahr in Sv/a und mrem/a.

4.2

Aufnahme der γ - Spektren von ^{60}Co , ^{137}Cs , ^{22}Na und ^{241}Am und Kalibrierung des Spektrometers (Kalibrierkurve).

4.3

Bestimmung der Energie der $e^+ - e^-$ Vernichtungsstrahlung und Vergleich mit der Einsteinschen Beziehung ($E = mc^2$).

4.4

Bestimmung des Auflösungsvermögens des Spektrometers für die γ -Linie von ^{137}Cs .

4.5

Bestimmung der maximalen Übertragsenergie beim Compton-Streuprozess (Compton-Kante) für die γ -Linie von ^{137}Cs und Vergleich mit dem theoretischen Wert aus der Streuformel.

4.6

Überprüfung des Absorptionsgesetzes und Bestimmung der Schwächungskoeffizienten und Halbwertsdicken für Eisen und Blei für die 0.662 MeV- γ -Strahlung von ^{137}Cs .

5 Geräte

- Szintillationsdetektor mit Sekundärelektronenvervielfacher und Vorverstärker
- Hochspannungs-Netzgerät
- AD-Wandler
- Netzgerät
- PC mit Monitor und Tastatur
- Präparatesatz Co-60, Cs-137, Na-22, Am-241
- 2 Sätze Absorber (Pb, Fe) verschiedener Dicke
- Präparatehalter mit Pb-Abschirmung
- Absorbehälter
- Dosisleistungsmessgerät

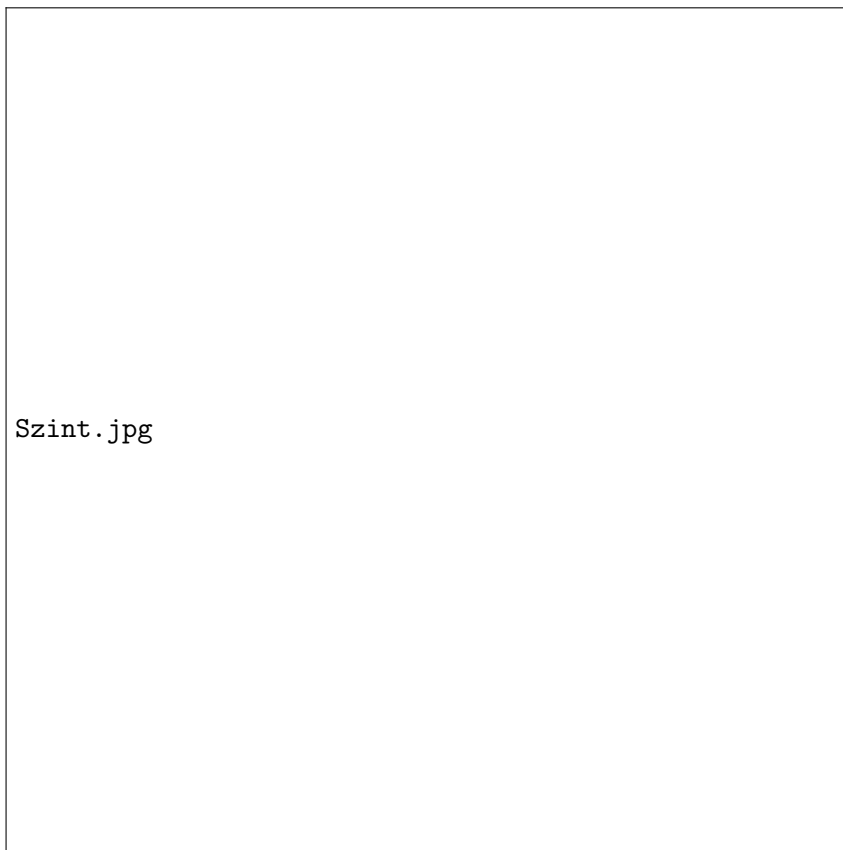


Abbildung 1: Szintillationsdetektor

6 Skizze

6.1 Szintillationsdetektor

7 Durchführung

Für Aufgabe 1 misst man mithilfe des Dosisleistungsmessgerätes in der Luft und mit 0.5m Abstand zu dem Co-Präparat.

Bei Aufgabe 2 benötigt man den PC und das Tool "measure" auf diesem. Mithilfe des Netzgerätes und des AD-Wandlers wird dieser dann mit dem Szintillationsdetektor mit den verschiedenen Präparaten darin verbunden. Zwischen Präparat und Detektor sollte möglichst wenig Platz sein. Schließlich startet man eine Messung auf dem PC und wartet 5 min bis der Graph komplettiert ist. Zu beachten ist, dass Na einen Vernichtungspeak und einen Photopeak hat und Co zwei Photopeaks hat. Von Beim Am-Präparat wird nur der Photopeak von 0.060 MeV betrachtet, da nur dieser über den Graphen ersichtlich ist.

Die Vernichtungsstrahlung von Aufgabe 3 kann bei Natrium betrachtet werden und ausgewertet werden. Dabei ist die Energie $E = mc^2$ zu beachten.

Aufgabe 4 wird gelöst indem man die Standardabweichung betrachtet und diese umrechnet.

Für Aufgabe 5 ist das Caesium-Präparat zu betrachten. Die Compton Kante ist in dem Graphen recht gut erkennbar. Dabei wird der Mittelwert von Compton Kante und keine Compton Kante genommen. Der Vergleichswert wird der Streuformel entnommen.

Für Aufgabe 6 wird das Absorptionsgesetz genommen und zwischen Cs-Präparat und Detektor Blei bzw. Eisen positioniert. Eisen wird in 5 mm Schritten bis 45 mm dazwischen gemessen und jeweils die Anzahl der Impulse, die in den Kanälen des Peaks ankommen gemessen. Das selbe wird mit Blei in 3 mm Abständen gemacht.

8 Aufbau

9 Auswertung

10 Diskussion

11 Messwerte