

# P526 Compton-Effekt

## P526.1 Versuchsziel

Im Versuch „Compton-Effekt“ soll die Wechselwirkung von  $\gamma$ -Strahlung mit Materie untersucht werden, wobei der Schwerpunkt auf der Compton-Streuung liegt. Im Experiment sollen der totale Stoßwirkungsquerschnitt sowie die Winkelabhängigkeit der  $\gamma$ -Energie und der Intensität nach der Compton-Streuung bestimmt werden.

## P526.2 Notwendige Vorkenntnisse

- Wechselwirkung von  $\gamma$ -Strahlung mit Materie: Photoeffekt, Comptoneffekt, Paarbildung, Abhängigkeit des Wirkungsquerschnittes dieser Effekte von  $E_\gamma$  sowie von der Ordnungszahl  $Z$  des Absorbermaterials.
- Thomson-Streuung
- Compton-Streuung:
  - Compton-Streuformel, Compton-Wellenlänge
  - Differenzieller Wirkungsquerschnitt für Stoß und Streuung
  - Klein-Nishina-Plot
  - totaler Stoßwirkungsquerschnitt
  - Linearpolarisation von  $\gamma$ -Quanten
  - Abschwächung von  $\gamma$ -Strahlung in Materie
  - totaler Abschwächungskoeffizient
- Szintillationsspektrometer:
  - Bauteile und deren Funktionsweise: Szintillator (Mechanismus, Bändermodell, Selbsttransparenz, ...), Photomultiplier, MCA, etc.
  - Eigenschaften (Energieauflösung, Totzeit, ...)
  - Form des Impulshöhenspektrums von  $\gamma$ -Strahlung (inkl. Eigenschaften wie Totalenergiepeak (Photopeak), Comptonuntergrund, Comptonkante, Rückstreupeak, Escapepeaks, Peak-to-Total-Verhältnis)
  - Intensitätsbestimmung und Ansprechwahrscheinlichkeit
- Zerfallsschemata von  $^{133}\text{Ba}$ ,  $^{152}\text{Eu}$  und  $^{137}\text{Cs}$

## P526.3 Literatur

- Evans: The Atomic Nucleus, S.672-689, S.728, Appendix A S.819-827
- Leo: Techniques for Nuclear and Particle Physics Experiments
- Knoll: Radiation Detection and Measurement Techniques for Nuclear and Particle Physics Experiments, besonders Kap.II und Kap.X
- Siegbahn:  $\alpha, \beta, \gamma$ -ray Spectroscopy Bd.1 Kap.II und V
- Marmier: Kernphysik

## P526.4 Aufgaben

Der Versuch gliedert sich in drei Teile:

1. Messung des totalen Stoßwirkungsquerschnitts,
2. Energiekalibrierung des Spektrometers,
3. Messung der Streuspektren.

Hinweis: Der Schwerpunkt dieses Versuchs liegt auf der Auswertung der aufgenommenen Spektren.

## P526.5 Durchführung und Analyse

### P526.5.1 Versuchsvorbereitung

Zunächst muss die Funktion des Aufbaus geprüft sowie die Datennahme mit bestmöglicher Auflösung vorbereitet werden.

Stellen Sie den Detektor in Vorwärtsrichtung in den Strahlengang der  $^{137}\text{Cs}$ -Quelle hinter den Kollimator. Verbinden Sie den Ausgang des Photomultipliers (Anode) mit dem Oszilloskop (mittels T-Stück mit 50  $\Omega$ , warum?). Während nun die Hochspannung am Photomultiplier **! langsam !** von 0 auf max. 700 V erhöht wird, soll das Ausgangssignal beobachtet werden. Ab welcher Spannung können Signale erkannt werden? Wie groß ist die Amplitude des  $^{137}\text{Cs}$ -Photopeaks bei 700 V?

Verbinden Sie nun den Detektor mit dem Verstärker und analysieren Sie das unipolare Ausgangssignal. Protokollieren Sie das Signal bei der Verstärkereinstellung Coarse Gain 1, Fine Gain  $\approx 2$ . Welche Amplituden und Zeitverluste weisen z. B. Photopeak und Comptonkante auf?

Verbinden Sie den unipolaren Ausgang mit dem Eingang der MCA-Karte im PC und variieren Sie den Verstärkungsfaktor solange, bis der Photopeak etwa bei Kanal-Nr. 7000 im Spektrum liegt.

Alle folgenden Messungen sollen mit einer Messzeit von netto (Warum? Was bedeutet das?) 10 Minuten (totaler Wirkungsquerschnitt) bzw. 5 Minuten (Kalibrierung und Winkelmessung) durchgeführt werden. Die Dauer der Messung kann im RANGE, PRESET des MCDWIN-Programms vorgegeben werden.

### P526.5.2 Messung des totalen Stoßwirkungsquerschnitts

Dazu wird der 662 keV-Übergang im  $^{137}\text{Ba}$  aus dem Zerfall des  $^{137}\text{Cs}$  (Abb.P526.1) benutzt. Messen Sie zuerst in „guter“ Geometrie die Intensität dieser  $\gamma$ -Strahlung im Spektrometer. Dazu wird der Detektor unter  $0^\circ$  hinter dem Bleikollimator positioniert. Danach messen Sie nacheinander ohne und mit den verschiedenen Aluminium-Targets als Absorber senkrecht im Strahlengang und messen die transmittierte Intensität. Die Dicke der verwendeten Targets beträgt 1,0 mm, 5,0 mm und 10,0 mm (bzw. 20,0 mm).

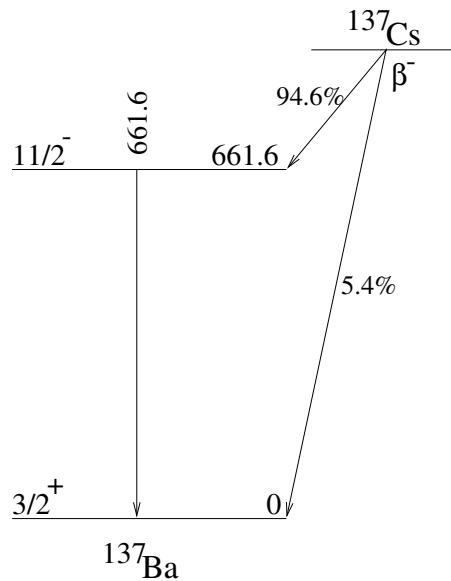


Abbildung P526.1: Zerfallsschema von  $^{137}\text{Cs}$

### P526.5.3 Energiekalibrierung des Spektrometers

Dazu werden die  $\gamma$ -Spektren von  $^{133}\text{Cs}$  aus dem Zerfall des  $^{133}\text{Ba}$ -Präparats, sowie von  $^{152}\text{Eu}$  aufgenommen (Abb.P526.2). Stellen Sie dazu den Detektor auf  $90^\circ$ . Achten Sie auf ungefähr gleiche Zählrate im Vergleich zur Messung mit der  $^{137}\text{Cs}$  Quelle (durch Wahl des Abstandes der  $^{133}\text{Ba}$  Quelle vom Detektor). Ziehen Sie von den Messdaten des Eu/Ba-Spektrums eine Untergrundmessung ohne das entsprechende Präparat ab. Welche Linien werden beobachtet? Nehmen Sie eine lineare Kalibrierung mit den stärksten Übergängen im  $^{133}\text{Cs}$ ,  $^{152}\text{Eu}$  und dem 662 keV Übergang im  $^{137}\text{Ba}$  vor.

### P526.5.4 Messung der Streuspektren

Die Streuspektren werden mit der  $^{137}\text{Cs}$ -Quelle gemessen. Dazu wird wahlweise das 6 mm-Al-Rundtarget oder das 18 mm PMMA-Rundtarget senkrecht in den  $\gamma$ -Strahl gebracht, der Kollimator entfernt und die Spektren der gestreuten Strahlung unter Winkeln von  $\Theta = 35^\circ$  bis  $120^\circ$  in Schritten von  $5^\circ$  gemessen. Für jede Messposition muss auch eine Untergrundmessung ohne Target gemacht werden, da die  $\gamma$ -Quanten auch an der Blei-Abschirmung und in der Umgebung gestreut werden und damit gestreute  $\gamma$ -Quanten auch ohne Al-Target in den Detektor gelangen.

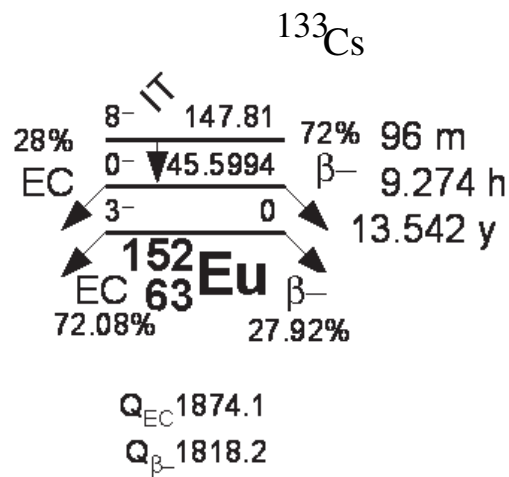
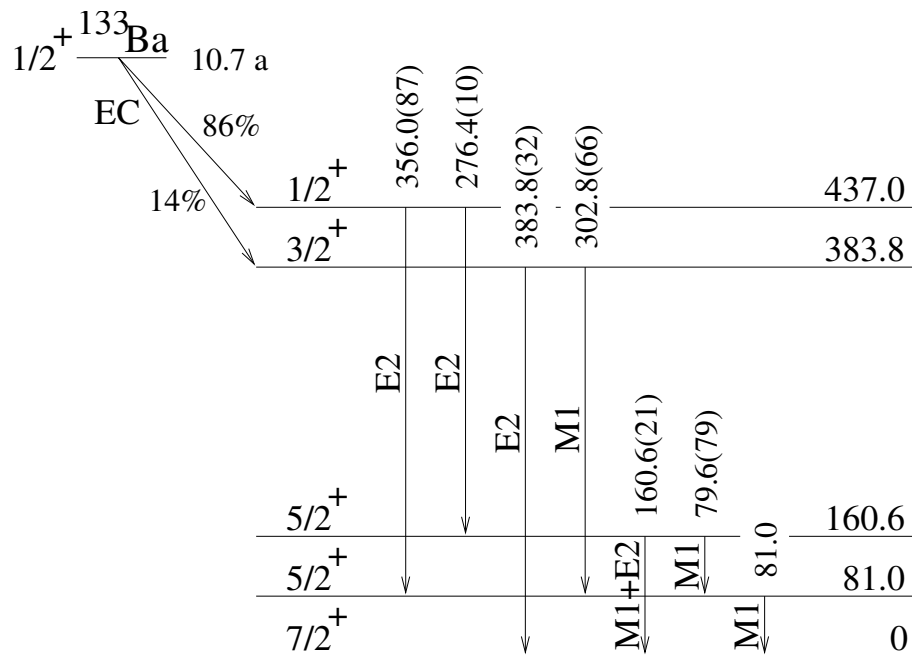
## P526.6 Protokoll und Versuchsauswertung

Im Versuchsprotokoll sollen zunächst der Versuchsaufbau und -ablauf kurz beschrieben werden. Die angewandten Methoden der Auswertung der erhaltenen Spektren sollen dargestellt werden. Anschließend soll der totale Stoßwirkungsquerschnitt aus den Messungen für die unterschiedlichen Targets (das dicke Target soll hierbei in beiden Orientierungen – 10 bzw. 20 mm – vermessen werden) bestimmt, eine Energiekalibrierung erstellt und die Streuspektren analysiert werden. Achten Sie dabei auf eine sinnvolle Berücksichtigung von Untergrundbeiträgen unter den Signalen.

Vergleichen Sie den Stoßquerschnitt mit dem Literaturwert bzw. dem theoretischen Wert aus der Klein-Nishina-Formel, und diskutieren Sie Ihr Resultat.

Aus den Streuspektren bestimmen Sie die Energie der gestreuten  $\gamma$ -Quanten und prüfen die Winkelabhängigkeit nach, indem Sie  $h\nu'$  gegen  $\frac{1}{1+\alpha(1-\cos(\Theta))}$  auftragen. Bestimmen Sie außerdem die Intensität der Streupeaks und führen Sie Korrekturen auf die Ansprechwahrscheinlichkeit des Detektors (Abb.P526.3) durch. Tragen Sie die korrigierten Intensitäten in einem Polarkoordinatendiagramm als Funktion des Streuwinkels  $\Theta$  auf. Bedenken Sie dabei, dass Sie Ihre Messdaten geeignet normieren müssen. Vergleichen Sie Ihr Ergebnis mit dem Klein-Nishina-Plot. Diskutieren Sie die Fehler und eventuelle systematische Abweichungen vom Verlauf des Klein-Nishina-Plots.

## P526.7 Anhang

Abbildung P526.2: Zerfallsschemata von  $^{133}\text{Ba}$  und  $^{152}\text{Eu}$ 

**Relative Ansprechwahrscheinlichkeit des  $\text{NaJ(Tl)}$  - Kristalls**

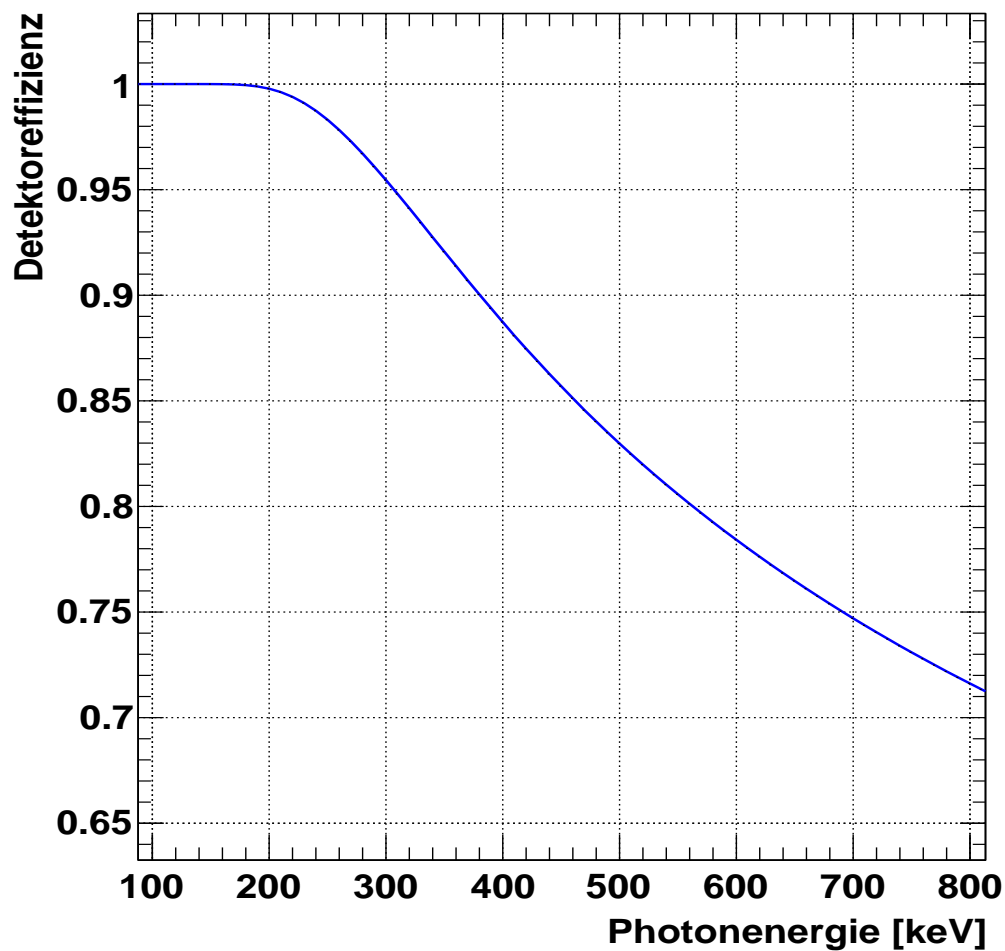


Abbildung P526.3: Relative Ansprechwahrscheinlichkeit des  $NaJ(Tl)$  - Kristalls aufgetragen gegen die  $\gamma$ -Energie  $E_\gamma$

### Gammalinien für die Kalibrierung

Ba-133		Eu-152	
Energie / keV	Rel. Int.	Energie / keV	Rel. Int.
30,625	33,9	39,522	17,13
30,973	62,2	40,118	30,78
80,9979	32,9	121,77	1,911
276,3989	7,16	121,7817	20,564
302,8508	18,34	244,6974	5,44
356,0129	62,05	344,2785	7,25

Viel Erfolg bei der Durchführung!

Stand: April 2015