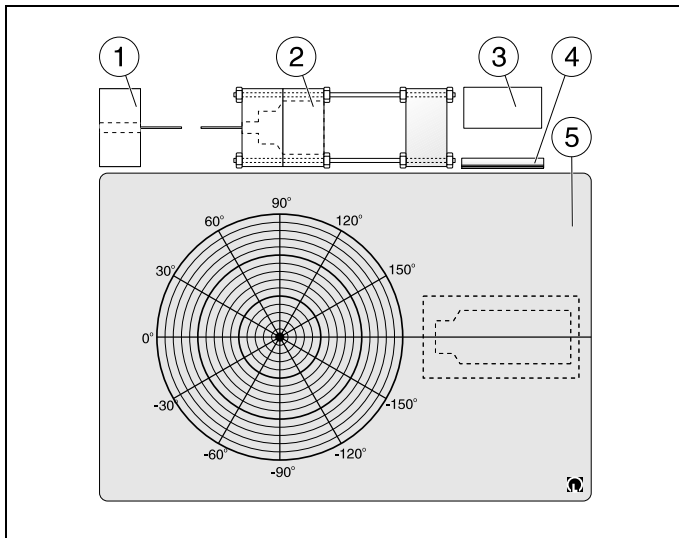


11/96-Pr-Sf-



Gebrauchsanweisung Instruction Sheet

559 800

Gerätesatz Comptonstreuung Apparatus Set Compton

Fig. 1

Der Gerätesatz Comptonstreuung dient zur qualitativen und quantitativen Beobachtung des Comptoneffektes. Die Comptonstreuung beleuchtet insbesondere den Teilchencharakter der γ -Strahlung und spielt daher als grundlegendes Experiment der Quantenmechanik eine wichtige Rolle im Dualismus Welle - Teilchen. Mit dem experimentellen Aufbau lassen sich die Wellenlängenänderungen der gestreuten γ -Strahlung in Abhängigkeit vom Steuwinkel sowie deren Intensität bestimmen. Damit ist dann auch der differentielle Wirkungsquerschnitt der Messung zugänglich.

The Compton scattering equipment set makes possible qualitative and quantitative observation of the Compton effect. Compton scattering illustrates the particle character of γ radiation particularly well, and thus plays an important role as an introductory experiment to quantum mechanics and the dualism of wave and particle. The experiment setup allows you to measure the changes in the wavelength of the scattered γ radiation as a function of the scattering angle and intensity. This in turn permits determination of the differential effective cross-section.

1 Gerätebeschreibung, Lieferumfang, technische Daten (siehe Fig. 1)

- ① Probenhalter \varnothing ; 12 mm, mit Kollimator
- ② Detektorhalter mit Bleiabschirmung
- ③ bewegliche Zusatzabschirmung
- ④ Aluminiumstreuer
- ⑤ Experimentierplatte mit Winkelskala und Polarkoordinaten

- Zu ① Probenhalter als Bleiziegel mit zentrischer Bohrung \varnothing ; 12 mm, zur Aufnahme der radioaktiven Präparate vorbereitet; zusätzliches Sackloch, zur Aufnahme eines der mitgelieferten Stahlstifte als Richtungszeiger für die Kollimatorbohrung
- Zu ② Detektorhalter mit Bleiabschirmung ergibt definierte Eintrittsrichtung der γ -Strahlung, ausgelegt auf den Szintillationszähler (559 90) in Verbindung mit der Detektor-Ausgangsstufe (559 91), zusätzliches Sackloch, zur Aufnahme eines der mitgelieferten Stahlstifte als Richtungsanzeiger für das Detektorfenster
- Zu ③ bewegliche Zusatzabschirmung, Bleiziegel dient insbesondere bei kleinen Streuwinkeln und geringen Abständen Quelle - Streuer - Detektor zur Reduzierung der Intensität der ungestreuten γ -Strahlung.
- Zu ④ Aluminiumstreuer, zylindrischer Reinaluminiumstab als Streuzentrum.

1 Equipment description, scope of delivery, technical data; (see Fig. 1)

- ① Sample holder, i.d. 12 mm, with collimator
- ② Detector holder with lead shielding
- ③ Moveable additional shielding
- ④ Aluminum scatterer
- ⑤ Experiment panel with angular scale and polar coordinates

- ① Sample holder as lead block with centered hole, 12 mm dia., for accommodating radioactive preparations. Additional blind hole for inserting one of the steel pins (included in scope of delivery) as directional indicator for collimator hole.
- ② Detector holder with lead shielding for defined direction of incoming γ radiation, designed for the scintillation counter (559 90) in conjunction with the detector output stage (559 91). Additional blind hole which for inserting one of the steel pins (included in scope of delivery) as directional indicator for detector window.
- ③ Moveable additional shielding: lead block serves to reduce the intensity of unscattered γ radiation, particularly for small scattering angles and short distances between source, scatterer and detector.
- ④ Aluminum scatterer, cylindrical pure aluminum rod as center of scattering.

2 Bedienung

- Zunächst VKA-CASSY (529 780) mit Hochspannungs-Netzgerät (521 68), Detektorausgangsstufe (559 91) und Szintillationszähler (559 90) gemäß den entsprechenden Bedienungsanleitungen aufbauen.
- Szintillationszähler in Detektorhalter ② von hinten einführen.
- Detektorhalter ② sowie Probenhalter ① auf Blatt Polarkoordinatenpapier (zur leichten Winkelbestimmung) im gewünschten Abstand aufstellen, siehe Fig. 2
- ^{137}Cs -Präparat (559 809) von hinten in den Probenhalter ① einführen.
- Verstärkung durch Variation der Hochspannung am Hochspannungsnetzgerät 1,5 kV (521 68) so einstellen, daß der Photopeak des ^{137}Cs noch problemlos registriert wird.
- Mit den Präparaten ^{137}Cs (559 809) und ^{241}Am und (aus 559 83) – eventuell zusätzlich ^{22}Na (aus 559 83) – Kalibrierspektren unter $\vartheta = 0^\circ$ aufnehmen. Mit dem Programm VKA Energiekalibrierung vornehmen.
- Für jeden gewünschten Streuwinkel ϑ ein Spektrum für ^{137}Cs aufnehmen. Hierzu eventuell Zusatzabschirmung verwenden.
- Für eine sorgfältige Bestimmung der Energie des Streupeaks E_ϑ ist für jeden Winkel ϑ eine Messung mit und ohne Struer sinnvoll, um die Differenz der Spektren auswerten zu können. Diese Differenzbildung bei den Spektren ist zur Bestimmung der Peakintensität I_ϑ unerlässlich.
- Aus der Peaklage wird die Energie der Streustrahlung E_ϑ und damit die Wellenlängenänderung bestimmt.
- Vergleich mit der Vorhersage, siehe Fig. 3

$$E_\vartheta = E_0 \cdot \frac{1}{(1 + \alpha \cdot (1 - \cos \vartheta))}$$

wobei:

$$\alpha = \frac{E_0}{m_e \cdot c^2}$$

E_0 : Energie der ungestreuten γ -Strahlung
 $m_e c^2$: Ruhemasse des Elektrons

- durch Integration des Photopeaks ergibt sich die Intensität I_ϑ der Streustrahlung.
- Die relativen Intensitäten I_ϑ der Streustrahlungspeaks können mit den Vorhersagen der Klein-Nishina-Formel für den differentiellen Wirkungsquerschnitt $d\sigma / d\Omega$ verglichen werden. Der Kalibrierfaktor C berechnet sich gemäß:

$$C = \frac{1}{n} \cdot \sum_{\vartheta=0}^n \frac{I_\vartheta}{\frac{d\sigma}{d\Omega}}$$

σ : Wirkungsquerschnitt
 Ω : Raumwinkel der Streustrahlung
 n : Anzahl der verschiedenen Streuwinkel

Hinweise:

- 1) Die Meßzeit pro Streuwinkel muß an der gewünschten Genauigkeit sowie am Abstand Quelle - Streuer - Detektor orientiert werden.
- 2) Große Abstände Quelle - Streuer - Detektor erhöhen die Winkelauflösung erfordern jedoch wegen der geringeren Zählrate längere Meßzeiten.
- 3) Bei kleinen Streuwinkeln insbesondere auch bei kleinen Abständen zusätzliche Bleiabschirmung zur Unterdrückung des Untergrundes durch ungestreute γ -Strahlung verwenden.

2 Operation

- First connect MCA CASSY (529 780) with the high-voltage power supply, 1.5 kV (521 68), scintillation counter (559 90) and the detector output stage (559 91) in accordance with the respective instruction sheets.
- Insert the scintillation counter into the detector holder ② from the rear.
- Set up the detector holder ② and the sample holder ① on a sheet of polar-coordinate paper (for easy angle determination) as shown in Fig. 2.
- Insert the ^{137}Cs preparation (559 809) (in the sample holder ①) from the rear.
- By varying the high voltage level on the high-voltage power supply (521 68), adjust the gain so that the photo peak of the ^{137}Cs can be recorded with no problem.
- Using the ^{137}Cs (559 809) and ^{241}Am preparations, record the calibration spectra at $\vartheta = 0$. Calibrate the energy with the program "MCA".
- For every desired scattering angle ϑ , record a spectrum for ^{137}Cs . Use additional shielding as necessary.
- For a reliable determination of the energy of the scattering peak E_ϑ , a measurement with and without scatterer should be made for every angle ϑ to permit evaluation of the difference of the spectra. The determination of this differential is essential for determining the peak intensity I_ϑ .
- Determine the energy of the scatter radiation E_ϑ , and thus the change in the wavelength, from the position of the peak.
- Comparison with theory, in accordance with Fig. 2:

$$E_\vartheta = E_0 \cdot \frac{1}{(1 + \alpha \cdot (1 - \cos \vartheta))}$$

where

$$\alpha = \frac{E_0}{m_e \cdot c^2}$$

E_0 : Energy of unscattered γ radiation
 $m_e c^2$: Rest mass of the electron

- The intensity I_ϑ of the scattered radiation is obtained through integration of the photo peak.
- The relative intensities I_ϑ of the scatter radiation peaks can be compared with the predictions of the Klein-Nishina formula for the differential effective cross section $d\sigma/d\Omega$. The calibration factor C can be calculated using the formula:

$$C = \frac{1}{n} \cdot \sum_{\vartheta=0}^n \frac{I_\vartheta}{\frac{d\sigma}{d\Omega}}$$

σ : cross section
 Ω : solid angle of leakage radiation
 n : number of different scattering angles.

Notes

- 1) The measuring time per scattering angle must be selected according to the desired accuracy and the distances between source, scatterer and detector.
- 2) Greater distances between source, scatterer and detector increase the angular resolution, but require longer measuring times due to the lower counting rates.
- 3) At small scattering angles, particularly for short distances, additional lead shielding is required to suppress the background caused by unscattered γ radiation.

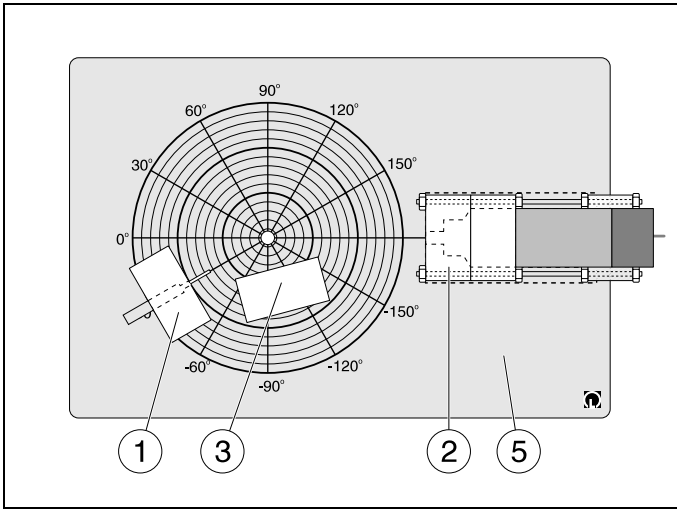


Fig. 2

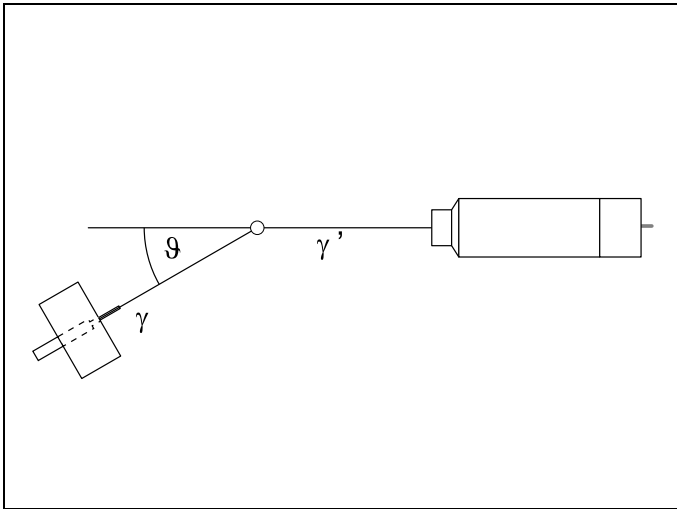


Fig. 3

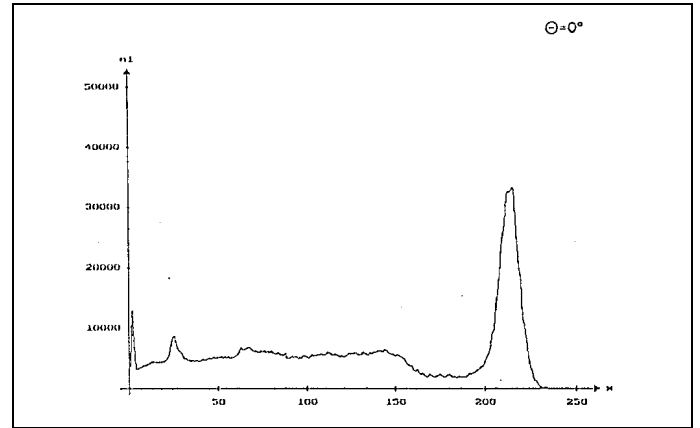


Fig. 4.1

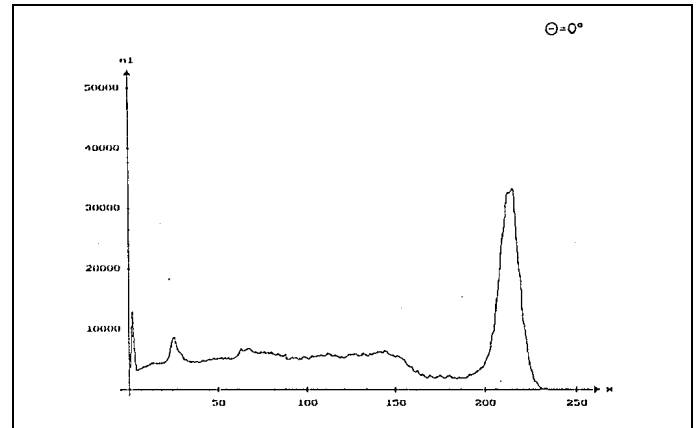


Fig. 4.2

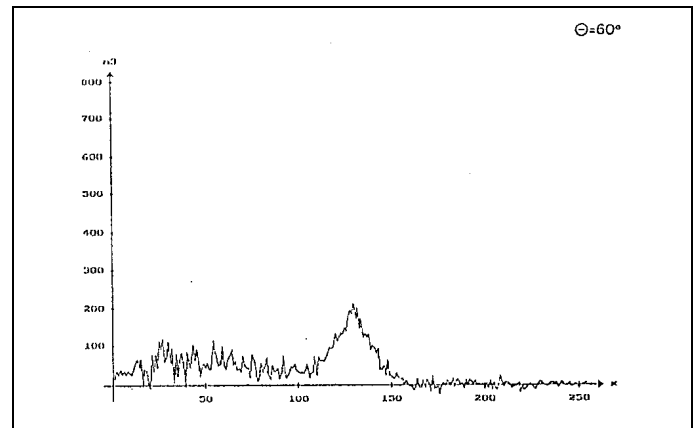


Fig. 4.3

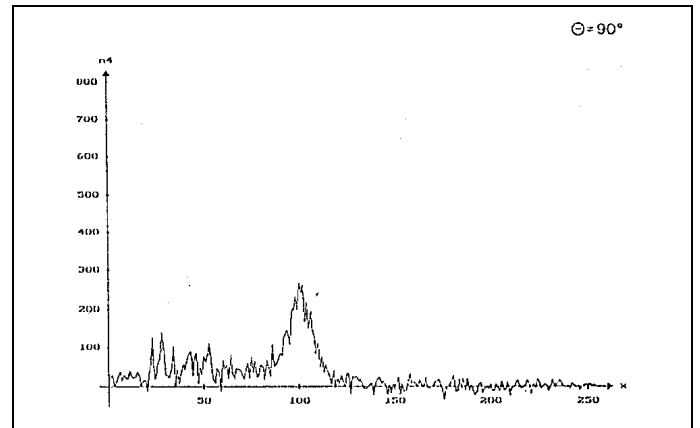


Fig. 4.4

Fig. 4
Mit VKA-CASSY aufgenommene Spektren

Spectra recorded with MCA-CASSY

Fig. 4.1
¹³⁷Cs-Spektrum bei $\vartheta = 0^\circ$

¹³⁷Cs spectrum at $\vartheta = 0^\circ$

Fig. 4.2 - 4.4
Differenzspektren zum Compton-Effekt mit ¹³⁷Cs (559 809) für verschiedene Winkel ϑ , ermittelt aus den mit und ohne Aluminium aufgenommenen Spektren

Differential spectra for Compton effect with ¹³⁷Cs (559 809) for various angles ϑ , determined from the spectra recorded with and without aluminium