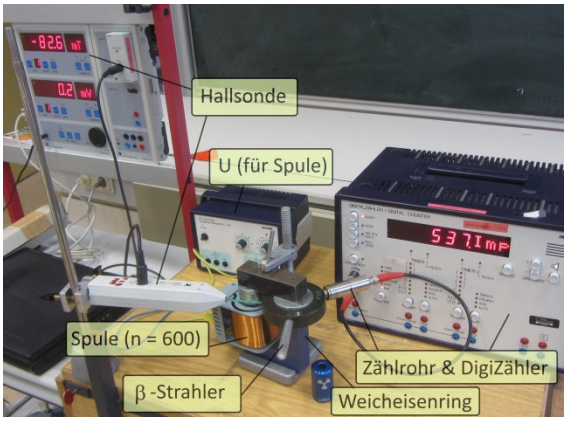
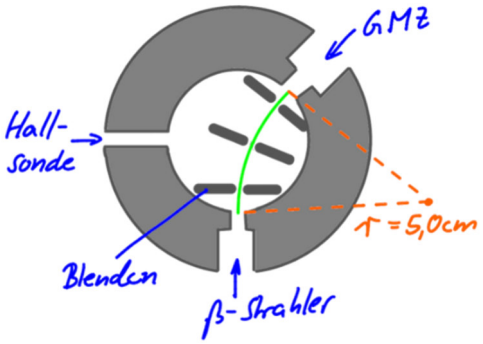
AB Beta-Spektroskopie

Es soll das Energiespektrum von Beta-Strahlung aufgenommen werden. Dazu wird die Ablenkung der Elektronen in einem Magnetfeld in Abhängigkeit der Feldstärke gemessen.

Aufbau:



Innenaufbau des Spektroskops von oben:



Die Blenden im Inneren des Spektroskops sind so angeordnet, dass nur Elektronen, die auf einer Kreisbahn mit r = 5,0cm fliegen, das GMZ erreichen können.

Nehmen Sie die Messdaten aus dem Video auf: https://youtu.be/OBb1-64RkXc

B (mT)											
n (1/30s)											

Aufg. 1)

a) Beschreiben Sie, wie der Versuch funktioniert. Gehen Sie dabei auf die Funktion der einzelnen Komponenten ein.

b) Erläutern Sie, warum man das Spektroskop auch als Geschwindigkeitsfilter bezeichnen könnte.

c) Erläutern Sie das Schema des hier verwendeten Sr-90-Strahlers:

$$^{90}_{38}Sr \xrightarrow{\beta^-;28{,}1a;0{,}55MeV} {}^{90}_{39}Y \xrightarrow{\beta^-;64{,}1h;2{,}3MeV} {}^{90}_{40}Zr \ \ (stabil)$$

Aufg. 2)
Die klassische Formel $E_{kin} = \frac{1}{2} m\, v^2$ verliert ihre Gültigkeit, wenn die Teilchen (hier: Elektronen) große Geschwindigkeiten besitzen, sagen wir mal, ein Drittel der Lichtgeschwindigkeit. Ermitteln Sie, ab welcher Energie das nach dieser Formel für Elektronen der Fall ist. Vergleichen Sie mit den Energien, die beim β-Zerfall auftreten.

Aufg. 3)
Da die obige Formel hier versagt, müssen wir zur Ermittlung der kinetischen Energie die Relativitätstheorie bemühen, die leider deutlich kompliziertere Formeln erzeugt. Die Energie von geladenen Teilchen mit der Ruhemasse m_0 und der Ladung q, die in einem Magnetfeld der Stärke B auf einer Kreisbahn mit Radius r fliegen, berechnet sich mit folgender Formel:

$$E = \sqrt{B^2 \cdot (q \cdot r \cdot c)^2 + (m_0 \cdot c^2)^2} - m_0 \cdot c^2$$

a) Zeigen Sie, dass die β-Teilchen, die bei B = 60mT das Zählrohr erreichen, etwa 0,52MeV Energie haben.

b) Berechnen Sie die kinetischen Energien für die anderen Feldstärken (mit Geogebra oder Numbers). Benutzen Sie bei Geogebra Hilfsmittel wie Listenbefehle, um die Eingabe zu beschleunigen. Erstellen Sie das Diagramm „Energie (in MeV) in Abhängigkeit der Feldstärke (in mT)“. Diese gilt als „Eichkurve für das Spektroskop“.

Aufg. 4)

a) Erstellen Sie jetzt das Energiespektrum (Energie in MeV waagerecht, Zählrate n senkrecht). Als Hilfe hier nochmal die nun um 2 Zeilen ergänzte Messwerttabelle:

B (mT)											
n (1/30s)											
E (10^{-14} J)											
E (MeV)											

Beschreiben Sie es. Lesen Sie ab, bei welchen Energiewerten die Zählrate maximal ist. Bestimmen Sie Maximalenergie der β-Teilchen.

b) Welcher β-Zerfall ist für diesen Kurvenverlauf maßgebend? Warum ist der andere nicht erkennbar?

Aufg. 5*)
Warum hat die Deutung dieses Spektrums lange Zeit erhebliche Schwierigkeiten bereitet? Welche Gesetzmäßigkeiten schienen verletzt? Zu welchen Hypothesen führte der experimentelle Befund?

Daten: $c = 3{,}00 \cdot 10^{8}\frac{m}{s}$; $e = 1{,}60 \cdot 10^{-19}C$; $m_e = 9{,}11 \cdot 10^{-31}kg$