



Übungsblatt 7

Ausgabe am 4.12.2014

Besprechung am 10/11.12.2014, 15:15-16:00

Kurzreferat (15 min):

Die Entdeckung des Neutrinos (Cowan-Reines Experiment)

Literatur:

<http://www.pit.physik.uni-tuebingen.de/~hrs Schmid/Lehre/Bleck-Neuhaus-p244ff.pdf>

http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1995/reines-lecture.html

Gruppe 1: Tim Schössler

Gruppe 2: Marco Schlegel

Gruppe 3: Daniel Mieg

Gruppe 4: David Blum

Aufgabe 1:

Der Zerfall von $^{244}_{98}\text{Cf} \rightarrow ^{240}_{98}\text{Cm} + \alpha$ hat einen Q-Wert von 7.329 MeV und eine Halbwertszeit von 19.4 Minuten . Wenn Wahrscheinlichkeit (w_α) ein α -Teilchen zu bilden die gleiche ist wie beim Zerfall von $^{228}_{90}\text{Th} \rightarrow ^{224}_{90}\text{Rn} + \alpha$, was ist dann die Halbwertszeit des α -Zerfalls von $^{228}_{90}\text{Th}$ (der Q-Wert ist 5.520 MeV)?

Lösung 1:

In der Vorlesung wurde die Beziehung

$$\tau = \frac{2R}{w_\alpha \cdot v_\alpha} \cdot e^G = \frac{2R}{w_\alpha \cdot \sqrt{\frac{2E_{\text{kin}}^\alpha}{m_\alpha}}} \cdot e^G = \frac{2R}{w_\alpha \cdot \sqrt{\frac{2Q}{m_\alpha}}} \cdot e^G$$

eingeführt.

Damit gilt

$$\tau(^{228}\text{Th}) = \tau(^{244}\text{Cf}) \cdot \frac{R(^{228}\text{Th})}{R(^{244}\text{Cf})} \cdot \sqrt{\frac{Q(^{244}\text{Cf})}{Q(^{228}\text{Th})}} \cdot e^{G(^{228}\text{Th}) - G(^{244}\text{Cf})}$$

Der Gamov-Faktor ist gegeben durch

$$G = \frac{4\pi\alpha(Z-2)}{\beta_\alpha} = \frac{4\pi\alpha(Z-2)}{\sqrt{\frac{2Q}{m_\alpha}}}$$

der Radius durch

$$R \approx 1.2 \cdot A^{\frac{1}{3}}$$

Damit ergibt sich

$$\begin{aligned} \tau(^{228}\text{Th}) &\approx \tau(^{244}\text{Cf}) \cdot \left(\frac{228}{244}\right)^{\frac{1}{3}} \cdot \sqrt{\frac{7.329}{5.520}} \cdot e^{4\pi\alpha\sqrt{\frac{m_\alpha}{2}}\left(\frac{88}{\sqrt{5.520}} - \frac{96}{\sqrt{7.329}}\right)} \\ &= \tau(^{244}\text{Cf}) \cdot 0.97 \cdot 1.15 \cdot e^{8.2} = 19.4 \text{ Minuten} \cdot 3985 = 53 \text{ Tage} \end{aligned}$$

Die tatsächlich gemessene Halbwertszeit ist 1.9 Jahre.



Aufgabe 2:

Um die Masse des Elektron-Neutrinos aus dem β -Zerfall zu bestimmen, muss das Elektronenspektrum nahe am Endpunkt gemessen werden. Schätzen Sie den Anteil der Ergebnisse mit einer Elektronenenergie innerhalb von $\Delta = 5 \text{ eV}$ des Endpunktes ab. Sie können den Fermi-Abschirmfaktor vernachlässigen und das Elektronenenergie-Spektrum durch die Funktion

$$f(E) = \frac{dN}{dE} = E^{\frac{1}{2}} \cdot (E_{EP} - E)^2$$

annähern.

Suchen Sie anhand ihres Ergebnisses mit Hilfe von <http://www.nndc.bnl.gov/chart/> einen Betastrahler aus, der den Anteil maximiert.

Hinweis:

Zur Vereinfachung der numerischen Rechnung können Sie

$$\int_{a-\epsilon}^a x^{\frac{1}{2}}(a-x)^2 dx \approx \frac{1}{3} a^{\frac{1}{2}} \epsilon^3$$

verwenden.

Lösung 2:

Zur Lösung muss das Verhältnis

$$F = \frac{\int_{E_{EP}-\Delta}^{E_{EP}} f(E) dE}{\int_0^{E_{EP}} f(E) dE}$$

berechnet werden.

Mithilfe von

$$\int_{a-\epsilon}^a x^{\frac{1}{2}}(a-x)^2 dx \approx \frac{1}{3} a^{\frac{1}{2}} \epsilon^3$$

Ergibt sich

$$F = \frac{\frac{1}{3} E_{EP}^{\frac{1}{2}} \Delta^3}{\frac{16 E_{EP}^{\frac{7}{2}}}{105}} = 2.19 \cdot E_{EP}^{-\frac{6}{2}} \cdot \Delta^3$$

Das Verhältnis wird für kleine Endpunkt-Energien maximiert. Tritium mit $E_{EP} = 18 \text{ keV}$ ist offensichtlich am besten geeignet.

Es ergibt sich mit $\Delta = 5 \text{ eV}$ und $E_{EP} = 18.6 \text{ keV}$

$$F = 4.25 \cdot 10^{-11}$$
