

Übungen Moderne Experimentalphysik III (Kerne und Teilchen) Sommersemester 2011

Übungsblatt Nr. 4

Bearbeitung bis 12.05.2011

Aufgabe 1: De-Broglie-Wellenlänge

(1 Punkt)

Welche kinetische Energie müssen Neutrinos ($m_\nu = 0$), Elektronen, Myonen oder Protonen haben, damit sie eine de-Broglie-Wellenlänge $\lambda = 2\pi\lambda = 1$ fm haben? Welche Energie haben Photonen mit einer Wellenlänge von 1 fm?

Aufgabe 2: Formfaktor

(5 Punkte)

- a) Zeigen Sie, dass der Formfaktor für eine kugelsymmetrische Ladungsverteilung $\rho(\vec{r}) = \rho(r = |\vec{r}|)$ durch

$$F(\vec{q}) = F(q) = 4\pi \int_0^\infty \rho(r) \frac{\sin(qr/\hbar)}{qr/\hbar} r^2 dr$$

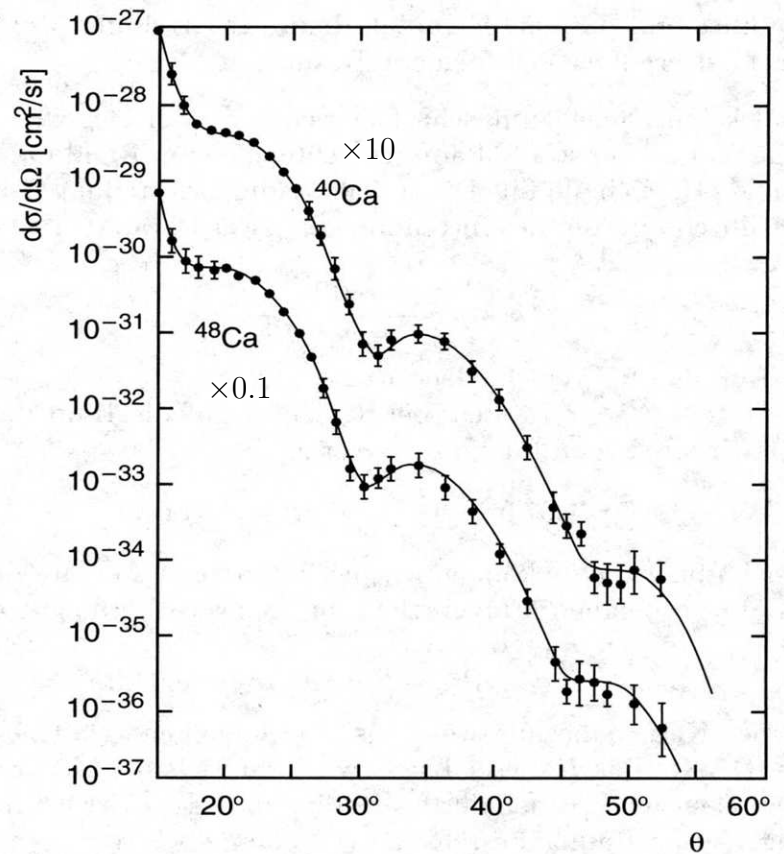
gegeben ist. Dabei sei ρ auf 1 normiert: $\int \rho(\vec{r}) d^3r = 1$.

- b) Ein Kern kann in erster Näherung als homogen geladene Kugel mit Radius R betrachtet werden. Zeigen Sie, dass unter dieser Annahme der Formfaktor

$$F(q) = \frac{3}{x^3} \cdot (\sin x - x \cos x) \quad \text{mit} \quad x = \frac{qR}{\hbar}$$

ist.

- c) Berechnen Sie $F(q = 0)$
- d) Ermitteln Sie (graphisch oder numerisch) die ersten drei positiven Nullstellen von $F(x)$.
- e) In der Abbildung ist der gemessene Wirkungsquerschnitt für die Streuung von Elektronen mit einer Energie von $E = 750$ MeV an ^{40}Ca und ^{48}Ca in Abhängigkeit vom Streuwinkel aufgetragen. Welchen Streuwinkeln entsprechen die im vorigen Aufgabenteil ermittelten Nullstellen? Bestimmen Sie daraus den Kernradius R der beiden Isotope.



Aufgabe 3: Feynman-Diagramme

(2 Punkte)

- Zeichnen Sie alle Feynman-Diagramme für die Reaktion $e^+e^- \rightarrow e^+e^-$ bei denen genau ein Photon ausgetauscht wird. Was ändert sich, wenn man stattdessen die Reaktion $e^+e^- \rightarrow \mu^+\mu^-$ betrachtet?
- Zeichnen Sie jeweils ein Feynman-Diagramm für β^- -Zerfall, β^+ -Zerfall und Elektroneneinfang. Beachten Sie dabei, dass das ausgetauschte W -Boson an Vertices mit Nukleonen und an Vertices mit Leptonen koppelt. Vertices mit Nukleonen und Leptonen gleichzeitig kommen nicht vor.