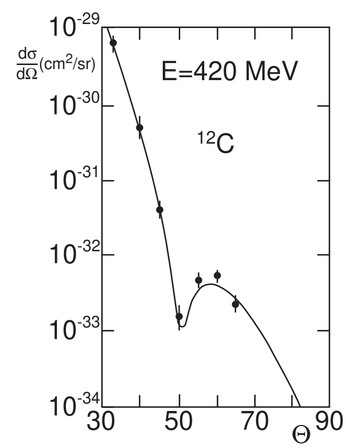
Universität Karlsruhe (TH) Prof. Dr. K.–H. Kampert
Institut für Experimentelle Kernphysik Dr. J.R. Hörandel

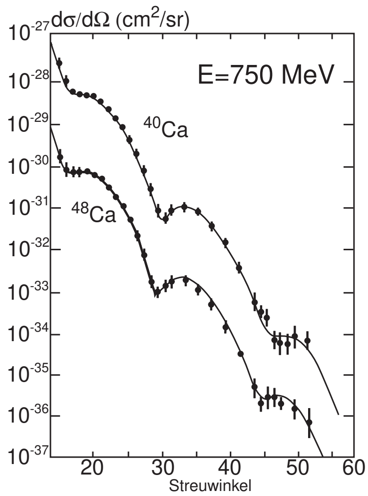
# Übungen zur Kern– und Teilchenphysik — SS 2002
# 3. Aufgabenblatt

**Aufgabe 9** Formfaktor

Ein Kern kann in erster Näherung als homogen geladene Kugel mit Radius $R$ betrachtet werden.

1. Zeigen Sie unter Benutzung der Beziehung
$$\int_V \exp\left(\frac{i}{\hbar}\vec{q}\cdot\vec{r}\right)\,d^3r = \int_0^\infty \frac{\sin(qr/\hbar)}{qr/\hbar}\cdot 4\pi r^2\,dr$$
daß hierfür der Formfaktor folgende Form hat:
$$\left|F(q^2)\right| \propto \left|\frac{\sin x - x\cdot\cos x}{x^3}\right|, \quad \text{mit} \quad x = \frac{qR}{\hbar}.$$
2. Ermitteln Sie die ersten drei Nullstellen dieser Funktion.
3. In den folgenden Abbildungen ist der gemessene Wirkungsquerschnitt für die Streuung hochenergetischer Elektronen an $^{12}$C, $^{40}$Ca und $^{48}$Ca gegen den Streuwinkel aufgetragen. Bestimmen Sie aus allen Minima den jeweiligen Kernradius.
4. In der Optik wird für das erste Minimum bei der Beugung an einer kreisförmigen Öffnung die Formel
$$\sin\Theta_1 = 0.61\cdot\frac{\lambda}{R}$$
angegeben. Berechnen Sie die Kernradien, indem Sie für $\lambda$ die de Broglie–Wellenlänge des Elektrons einsetzen.



**Aufgabe 10** Myonische Atome

Negative Myonen können ebenso wie Elektronen von Atomen eingefangen werden. Aus spektroskopisch gemessenen Abweichungen der inneren Energiezustände von der Bohr'schen Theorie kann man auf den mittleren quadratischen Radius des Kerns rückschließen.
a) Vergleichen Sie den Bahnradius eines Elektrons mit dem eines Myons. Bei welcher Hauptquantenzahl ($n$) entspricht der $\mu$-Bahnradius dem des elektronischen Grundzustands?
b) Bei Zinn-Atomen wird für den $(3 \to 2)$-Übergang eine Röntgenstrahlung von 1.02 MeV beobachtet. Bestimmen Sie hieraus die Masse des Myons. (Der Kern soll hierfür noch als punktförmig angenommen werden)
c) Die Röntgenstrahlung für den nachfolgenden Übergang $(2 \to 1)$ beträgt 3.41 MeV. Berechnen Sie die Bohr'sche Energie für diesen Übergang und erklären Sie die Diskrepanz durch den Vergleich von Bahnradius und Kernradius.

**Aufgabe 11** Weizäckersche Massenformel

Die Bindungsenergie eines Kerns sei gegeben durch

$$B(Z,A) = a_V A - a_S A^{2/3} - a_C Z^2 A^{-1/3} - a_A \frac{(Z - A/2)^2}{A}$$

mit $a_V = 15.6$ MeV, $a_S = 17.2$ MeV, $a_C = 0.7$ MeV und $a_A = 90$ MeV. Die Paarungsenergie ist vernachlässigt.

1. Bestimmen Sie analytisch aus der Weizsäckerschen Massenformel die Ladungszahl $Z$ der jeweils stabilsten Isotope in Abhängigkeit von $A$. Nehmen Sie dabei $A$ und $Z$ als kontinuierlich an.
2. Bestimmen Sie die bei der Spaltung eines $^{238}$U–Kerns ($Z = 92$) in zwei identische Bruchstücke freiwerdende Energie. Welche Energie wird anschließend noch durch den weiteren Zerfall der Bruchstücke zum Massental hin frei? Nehmen Sie an, daß letzteres nur durch $\beta$–Zerfälle erfolgt, d.h. $A$ konstant bleibt.

**Aufgabe 12** Parität des Pions

Pionen werden vom Deuteron gemäß folgender Reaktion im $L = 0$ Zustand eingefangen:

$$\pi^- + d \to n + n.$$

Leiten Sie daraus die Parität des Pions ab.

Hinweis: Betrachten Sie alle möglichen Drehimpuls–Kopplungen im Ausgangskanal und wenden Sie das Pauli–Prinzip an.

Die Aufgaben werden in den Übungen am 15. Mai 2002 besprochen.
Informationen zu den Übungen: http://www-ik.fzk.de/~joerg/uebungen.html.