

Übungen zu Experimentalphysik V
Wintersemester 2012/13
Prof. Karl Jakobs, Dr. Iacopo Vivarelli
Übungsblatt Nr. 2

Die Lösungen müssen bis 10 Uhr am Dienstag den 6.11.2012 in die Briefkästen im Erdgeschoss des Gustav-Mie-Hauses eingeworfen werden!

1. Relativistische Kinematik

Ein Teilchen der Masse M zerfällt in zwei Teilchen der Massen $m = 0$. Betrachten Sie den Zerfall in einem System, in dem sich das Teilchen der Masse M mit Dreierimpuls \vec{p} bewegt.

- Zeigen Sie, dass die Energieverteilung der Zerfallsteilchen (dass heißt, der Zahl der Zerfallsteilchen pro Energieeinheit, dN/dE) unabhängig von der Energie ist. [**3 Punkte**]
- Berechnen Sie die minimale und maximale Energie der Zerfallsteilchen. [**1 Punkt**]

[Hinweis: Berechnen Sie die Abhängigkeit der Energie $\cos \theta^*$ (θ^* ist der Polarwinkel zwischen \vec{p} und dem Impuls der Zerfallsteilchen im Ruhesystem der Teilchen M), und berechnen Sie dann $dN/dE = (dN/d\Omega^* \cdot d\Omega^*/dE)$, mit $d\Omega^* = d\phi^* d \cos \theta^*$]

2. Formfaktors

Der Formfaktor einer radialsymmetrischen Ladungsverteilung $\rho(\vec{r}) = \rho(r)$ ist definiert als:

$$F(|\vec{q}|^2) = \int e^{\frac{-i\vec{q}\cdot\vec{r}}{\hbar}} \rho(r) d^3r \quad (1)$$

Führen Sie eine Taylor-Entwicklung des Formfaktors für kleine Werte von $|\vec{q} \cdot \vec{r}|$ durch und zeigen Sie, wie Sie den mittleren quadratischen Radius der Ladungsverteilung

$$\langle r^2 \rangle = \int r^2 \rho(r) d^3r \quad (2)$$

aus dem Formfaktor bestimmen können.

[**3 Punkte**]

3. Streuung

Es werden Elektronen mit einer Energie von 420 MeV an ^{16}O Sauerstoffkernen gestreut.

- a) Berechnen Sie die de Broglie-Wellenlänge der Elektronen. [**1 Punkt**]
- b) Welche Form hat die gemessene Streuwinkelverteilung unter der Annahme, dass die elektrische Ladungsverteilung durch eine Fermi-Funktion beschrieben werden kann? [**1 Punkt**]
- c) Das Beugungsmuster zeige ein erstes Minimum unter einem Streuwinkel von 44° . Betrachten Sie den Streuprozess in Analogie zur Beugung von Lichtstrahlen an einem kreisrunden Loch mit dem Radius R in der Optik. Schätzen Sie hieraus den Radius der Ladungsverteilung ab. Unter welchem Winkel würden Sie das erste Minimum erwarten, wenn die Streuung mit Elektronen mit einer Energie von 360 MeV durchgeführt würde? [**2 Punkte**]

4. Masse des Neutrons

Die Masse des Neutrons läßt sich massenspektroskopisch nicht direkt bestimmen, da es keine elektrische Ladung trägt. Sie kann allerdings indirekt aus folgenden Messungen bestimmt werden:

Im Jahre 1934 stellten Chadwick und Goldhaber fest, dass, analog zum Photo-Effekt in der Atomhülle, harte elektromagnetische Strahlung in der Lage ist, Teile des Atomkerns abzuspalten und das Deuteron in seine Bestandteile zu zerlegen. Die zugrundeliegende Reaktion ist



Eine Variation der γ -Energie zeigte, dass der Prozess erst ab einer Schwellenenergie von 2,226 MeV einsetzte, dass diese Energie also benötigt wird, um die Bindung zwischen dem Proton und dem Neutron im Deuteron aufzubrechen. Massenspektroskopisch läßt sich die Massendifferenz zwischen dem Deuteron und der zweifachen Masse des Wasserstoffatoms, $2m_H - m_D$, zu 1,442 MeV/c² bestimmen. Berechnen Sie aus diesen Messwerten die Masse des Neutrons. [2 Punkte]