Übungen zur Vorlesung Physik V

Elementarteilchenphysik

Sommersemester 2005

Prof. Dr. K. Jakobs, Dr U. Parzefall

Aufgabenblatt 2

Abgabe bis Montag, 25. April 2005, 16:00

(Bitte in die Übungskästen im Gustav-Mie-Haus, EG, einwerfen)

1. Am europäischen Forschungszentrum für Elementarteilchenphysik CERN in Genf wird der Proton-Proton-Collider LHC (*Large Hadron Collider*) gebaut. In diesem Speicherring werden zwei gegenläufige Protonenstrahlen mit einer Energie von 7 TeV umlaufen und an verschiedenen Wechselwirkungspunkten zur Kollision gebracht werden.

   (a) Bei der Reaktion $A + B = C + D$ ist die Energie, die zur Produktion der Teilchen C und D zur Verfügung steht, durch die *Schwerpunktsenergie* $\sqrt{s}$ mit $s = (p_A + p_B)^2$ gegeben (p_A und p_B sind Vierervektoren). Berechnen Sie die Schwerpunktsenergie bei LHC.

   (b) Welche Energie müßte ein Protonenstrahl haben, um bei der Kollision mit ruhenden Protonen die gleiche Schwerpunktsenergie zu erreichen?

   (4 Punkte)

2. 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

   $$ {}^{2}_{1}D \; + \; \gamma \; \rightarrow \; {}^{1}_{1}H \; + \; {}^{1}_{0}n $$

   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/c^2 bestimmen. Berechnen Sie aus diesen Messwerten die Masse des Neutrons.

(**2 Punkte**)

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

   a) Berechnen Sie die de Broglie-Wellenlänge der Elektronen.

   b) Welche Form hat die gemessene Streuwinkelverteilung unter der Annahme, dass die elektrische Ladungsverteilung durch eine Fermi-Funktion beschrieben werden kann?

   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? (**3 Punkte**)

4. Bei einer Supernova wird manchmal die Hülle des betroffenen Sterns in den Raum hinausgeschleudert. Zurück bleibt ein vollständig aus Neutronen bestehender Neutronenstern mit einer Dichte, die in etwa der des Atomkerns entspricht. Berechnen Sie den Radius eines Neutronenstern mit der Masse der Sonne, $m_S = 1,99 \cdot 10^{30}$ kg.

   (**1 Punkt**)