

Kollisionen, Zerfälle und Fermigasmodell

- a) Nennen Sie jeweils zwei Beispiele für die folgenden Teilchentypen. Jedes Beispiel darf hierbei nur einmal verwendet werden: Nukleon, Fermion, Lepton, Meson, Baryon, Vektorboson, Boson, Hyperon. (2 Punkte)
- b) Am Large Hadron Collider (LHC) werden Protonen beschleunigt und zur Kollision gebracht. Die Energie der Protonen betrage 8TeV . Der Beschleunigerring hat einen Umfang von $26,7\text{km}$ und besteht aus Kreisbögen und geraden Abschnitten. Nehmen Sie zur Vereinfachung an, dass der Beschleunigerring kreisförmig ist. Berechnen Sie, um wieviel sich die Geschwindigkeit der Protonen von der Lichtgeschwindigkeit unterscheidet (Ersatzlösung $2\frac{m}{s}$). Berechnen Sie die magnetische Flußdichte B , die benötigt wird, um die Protonen auf die Kreisbahn zu zwingen. (5 Punkte)
- c) Natürliches Uran auf der Erde besteht zu $99,27\%$ aus ^{238}U und zu $0,72\%$ aus ^{235}U . Die Halbwertszeit von ^{238}U beträgt $4,468 \cdot 10^9$ Jahre und die Halbwertszeit von ^{235}U beträgt $7,038 \cdot 10^8$ Jahre. Berechnen Sie das Alter der Erde indem Sie näherungsweise annehmen, dass beide Isotope bei der Entstehung der Erde gleich häufig vorkamen. (3 Punkte)
- d) Betrachten Sie den Atomkern als Fermigas, indem Sie annehmen, dass sich die Protonen und Neutronen im gesamten Volumen eines Kerns unter Berücksichtigung des Pauli-Prinzips frei bewegen können die Nukleonen seien durch ein dreidimensionales kastenförmige Potential im Kern gebunden. Das Volumen des Kerns betrage $V = \frac{4}{3} \pi R_0^3 A$, wobei für den Radius $R_0 = 1,2\text{fm}$ gilt und A die Anzahl der Nukleonen ist. Die Zahl dn der Zustände eines Nukleons im Volumen V und im Impulsintervall dp sei

$$dn = \frac{4\pi p^2 V}{(2\pi\hbar)^3} dp$$

Im Grundzustand seien alle Zustände bis zu einem maximalen Impuls $p_{max} = p_F$, dem Fermi-Impuls besetzt. Nehmen Sie an dieser Stelle an, dass der Fermi-Impuls für Neutronen und Protonen identisch ist. Leiten Sie für Kerne gleicher Protonen- und Neutronenzahl eine Formel zur Berechnung des Fermi-Impulses her und berechnen Sie p_F (Ersatzlösung $250\text{MeV}/c$). Berechnen Sie den mittleren Impuls \bar{p} der Nukleonen und die Energie des höchsten besetzten Zustands E_{max} . (6 Punkte)

- e) In einer einfachen Erweiterung des Modells aus Teilaufgabe d) kann man für Protonen und Neutronen unterschiedlich tiefe Potentialtöpfe annehmen. Beschreiben Sie diese Modellerweiterung und skizzieren Sie schematisch die Potentialverläufe für Neutronen und Protonen inklusive Fermi-Kante. Begründen Sie, weshalb in stabilen Kernen im Rahmen dieses Modells ein Überschuss einer Nukleonensorte vorhanden ist. (4 Punkte)