

Uebungen zur Experimentalphysik IV

Serie 6, Termin: 31. Mai 1./2. Juni 2017

6.1 Yukawas Pion

Aus einer einfachen Überlegung kann man die Masse des Pions abschätzen. Zwei Protonen im Kern tauschen ein Pion der Masse m_π aus. In dieser Zeit sollen sie kurzfristig die Energieerhaltung verletzen und sich die Ruheenergie des Pions 'borgen'. Eine kurze Zeit Δt später 'zahlen' sie diese Energie wieder 'zurück', wo $\Delta E \cdot \Delta t = \hbar/2$. Diese Zeit soll ausreichen, um das Pion von einem zum anderen Proton fliegen zu lassen. Berechnen Sie unter der Annahme, dass das Pion sich mit fast der Lichtgeschwindigkeit bewege, dessen Ruhemasse und vergleichen sie sie mit dem Literaturwert.

6.2 Schwellenenergie einer Reaktion

Ein Teilchen A der Energie E trifft auf ein ruhendes Teilchen (B). In dieser Reaktion werden Teilchen C_1, C_2, \dots erzeugt



a.) Bestimmen sie die Schwellenenergie für diese Reaktion in Abhängigkeit der verschiedenen Massen.

b.) Bestimmen Sie nun die Schwellenenergie für die folgenden Reaktionen für ein ruhendes Proton als Targetteilchen:

b1.) $p + p \longrightarrow p + p + \pi^0$

b2.) $p + p \longrightarrow p + p + \pi^+ + \pi^-$

b3.) $\pi^- + p \longrightarrow p + \bar{p} + n$

Recherchieren Sie, wenn nötig, die zugehörigen Massen.

6.3 Elektronenspin

Nehmen wir das Elektron als sich klassisch verhaltende Kugel mit Radius $r < 10^{-18}\text{m}$ und Masse m_e an. Sein Spin beträgt $S = 1/2 \cdot \hbar$. Bestimmen Sie die Äquatorialgeschwindigkeit. Interpretieren Sie das Resultat.

Bitte wenden!

6.4 Elektronen im Zentrum der Sonne

Sind die Elektronen im Kern der Sonne entartet? Im Zentrum der Sonne sei die Temperatur $T_c = 1.6 \times 10^7$ K. Der Radius des Kerns beträgt ca. $r_\odot/6$, die Dichte $\rho = 1,622 \times 10^5$ kg/m³. Auf zwei Nukleonen kommt etwa ein Elektron.

- a.) Bestimmen Sie dazu zuerst die Fermienergie, E_F . Wie groß ist sie in Einheiten von eV?
- b.) Bestimmen Sie nun die Fermi-Temperatur T_F , wo $E_F = k_B T_F$.
- c.) Vergleichen Sie die mittlere Energie eines Elektrons in der klassischen Näherung mit der Fermienergie. Wie groß ist/wäre die mittlere Energie von entarteten Elektronen im hier betrachteten Fermionengas?
- d.) Sind die Elektronen im Zentrum der Sonne entartet?

6.5 Neutrinos

- a.) Zeigen Sie, dass die Geschwindigkeit eines ultra-relativistischen Teilchens der Masse m und Energie E durch den folgenden Ausdruck genähert werden kann:

$$v \approx c \left[1 - \frac{1}{2} \left(\frac{mc^2}{E} \right)^2 \right]; \quad \frac{1}{v} \approx \frac{1}{c} \left[1 + \frac{1}{2} \left(\frac{mc^2}{E} \right)^2 \right]$$

- b.) 1987 ereignete sich in der großen Magellanschen Wolke (im Abstand von $1.7 \cdot 10^5$ Lichtjahren) eine Supernova (SN 1987A). Im Kamiokande Neutrinodektektor wurden in einem Zeitintervall von 10 Sekunden Neutrinos mit Energien zwischen 20 und 30 MeV gemessen. Leiten Sie daraus eine obere Grenze für die Neutrinomasse her.