



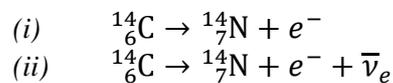
Übung 6

(Ausgabe: 24.11.2015, Abgabe: 01.12.2015)

Übungsaufgaben (zulassungsrelevant)

Aufgabe 1: Paulis Postulat – Die Existenz des Neutrinos (8 Punkte)

Im Jahr 1930 postulierte Pauli die Existenz des Neutrinos beim β -Zerfall. Welche physikalischen Beobachtungen führten ihn zu dieser Hypothese? Diskutieren Sie hierzu die folgenden beiden Zerfälle in Hinblick auf Energie-, Impuls und Drehimpulserhaltung!

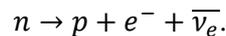


Welche weitere Erhaltungsgröße erfordert außerdem die Existenz des Neutrinos beim β -Zerfall?

(Hinweis: Der β -Zerfall von ${}^{14}\text{C}$ endet im Grundzustand von ${}^{14}\text{N}$. Der Grundzustandsspin von ${}^{14}\text{N}$ ist $J^\pi=1^+$.)

Aufgabe 2: Neutronen und Neutronensterne (10 Punkte)

Neutronen zerfallen beim sogenannten β -Zerfall unter der Emission eines Elektrons und eines Anti-Elektronneutrinos in ein Proton:



- Welche Energie wird beim Zerfall eines Neutrons frei? Vernachlässigen Sie hierbei die Ruhemasse des Antineutrinos! (2 Punkte)
- Diskutieren Sie warum gebundene Neutronen innerhalb von Atomkernen stabil sein können! (2 Punkte)
- Ist ein Wasserstoff-Atom gegenüber Elektroneneinfang stabil? Begründen Sie Ihre Antwort! (2 Punkte)
- Am Ende des Lebenszyklus eines Sternes, in Weißen Zwergen oder Neutronensternen, besitzt das im Stern vorliegende Elektronengas auf Grund der stark komprimierten Materie und des damit verbundenen Entartungsdruckes teilweise eine hohe kinetische Energie. Die maximale Elektronenenergie, die sogenannte Fermi-Energie E_F , ist mit der Elektronendichte n über folgenden Zusammenhang verknüpft:

$$E_F = \frac{\hbar^2}{2m_e} (3\pi^2 n)^{\frac{2}{3}}.$$

Wie hoch muss demnach die Elektronendichte sein, dass eine Umwandlung von freien Protonen in Neutronen stattfinden kann? Diskutieren Sie, ob eine solche Umwandlung in Weißen Zwergen mit typischen Dichten von 10^4 kg/cm^3 stattfinden kann! (4 Punkte)

(bitte wenden)

Aufgabe 3: Gemischte Kurzfragen (12 Punkte)

- a) Was versteht man unter der Parität eines Zustandes? Ist die Parität eine gute Quantenzahl für die Zustände eines Atomkerns? (2 Punkte)
- b) Die Hyperfeinstruktur resultiert aus der Wechselwirkung des magnetischen Momentes des Atomkernes mit jenem der umgebenden Atomelektronen. Der neue zu betrachtende Spin ist $\vec{F} = \vec{I} + \vec{J}$, wobei \vec{I} hier dem Kernspin und \vec{J} dem Elektronenspin entspricht. In wieviele magnetische Unterzustände splittet ein Level mit $F=3$ in einem äußeren magnetischen Feld auf? Wie lässt sich der Kernspin durch die Hyperfeinstruktur bestimmen? (2 Punkte)
- c) Zeigen Sie, dass das elektrische Dipolmoment einer homogen geladenen Kugel verschwindet! Was heißt dies für das statische elektrische Dipolmoment eines sphärischen oder ellipsoiden Atomkerns mit homogener Ladungsverteilung? (3 Punkte)
- d) Bestimmen Sie den Q-Wert von β^+ -Zerfall und Elektroneneinfang für den Zerfall von ^{26}Al nach ^{26}Mg ! Welcher der beiden Zerfälle ist energetisch günstiger? (3 Punkte)
- e) Welchen Einfluss hat der Bahndrehimpuls des α -Teilchens beim α -Zerfall? Betrachten sie den α -Zerfall eines Mutterkern mit Spin $I=4$ in einen Tochterkern mit Spin $I=2$. Welche Bahndrehimpulse sind dann für das α -Teilchen möglich und welcher Bahndrehimpuls tritt für diesen Fall am wahrscheinlichsten beim Zerfall auf? (2 Punkte)