

Experimentalphysik IV

Abzugeben am 29.06.2015

11. Übung

11.1

- Warum werden Neutronen in Wasser mehr gebremst als in Blei, warum ist es bei den meisten anderen Strahlungen umgekehrt?
- Warum moderiert man Neutronen in vielen Reaktoren mit schwerem und nicht mit normalem Wasser?

11.2

Wird ein Neutron von einem Atomkern getrennt, so zerfällt es gemäß der folgenden Reaktionsgleichung in ein Proton, ein Elektron und ein Antineutrino: $n \rightarrow {}^1_0\text{H} + e^- + \bar{\nu}$. Die thermische Energie eines Neutrons ist von der Größenordnung $k_B T$.

- Berechnen Sie die Energie eines thermischen Neutrons bei 25°C in J und eV.
- Welche Geschwindigkeit hat das thermische Neutron?
- Ein Strahl monoenergetischer thermischer Neutronen wird bei einer Temperatur von 25°C erzeugt und hat eine Intensität I . Nachdem er eine Strecke von 1350 km zurückgelegt hat, ist die Intensität des Strahls auf $I/2$ gesunken. Schätzen Sie die Halbwertszeit der Neutronen ab.

11.3

Der Tochterkern eines radioaktiven Ausgangskerns ist häufig selbst wieder radioaktiv. Nehmen Sie an, das Ausgangsmaterial A hat die Zerfallskonstante λ_A und das Tochtermaterial B die Zerfallsrate λ_B . Die Zahl der Kerne der Substanz B, also n_B , ergibt sich dann als Lösung der Differenzialgleichung

$$dn_B/dt = \lambda_A n_A - \lambda_B n_B \quad (1)$$

wobei n_A die Zahl der Kerne des Ausgangsmaterials bezeichnet.

- Erklären Sie, wie diese Differenzialgleichung zustandekommt.
- Zeigen Sie, dass ihre Lösung

$$n_B(t) = \frac{\lambda_A n_{A,0}}{\lambda_B - \lambda_A} (e^{-\lambda_A t} - e^{-\lambda_B t}) \quad (2)$$

lautet, wobei $n_{A,0}$ die Zahl der Kerne der Sorte A zum Zeitpunkt $t = 0$ bezeichnet; die Zahl der Kerne der Sorte B ist zu diesem Zeitpunkt gleich null.

- Zeigen Sie, dass $n_B(t) > 0$ stets gilt, unabhängig davon, ob $\lambda_A > \lambda_B$ oder $\lambda_A < \lambda_B$ ist.
- Tragen Sie $n_A(t)$ und $n_B(t)$ für den Fall $\tau_B = 3\tau_A$ als Funktion der Zeit auf.

11.4

Welche Nullpunktsenergie hätte ein Elektron, das Bestandteil eines Kerns wäre? Vergleichen Sie mit den Energien und Massen anderer Kernteilchen.