

# Kern- und Teilchenphysik II (SS17), Übungsblatt 6

Abgabe bis Freitag, 23. Juni 2017  
im Kasten „Kernphysik“ vor Raum NB 2/131

---

## 1. Aufgabe: Oszillationswahrscheinlichkeit (16 Punkte)

Es gelte die vereinfachte Annahme, dass nur zwei Neutrinosorten existieren.

- (a) Zeigen Sie, dass sich die Wahrscheinlichkeit  $P = |\langle \nu_\mu | \nu_e(t) \rangle|^2$ , zum Zeitpunkt  $t$  ein  $\nu_\mu$  vorzufinden, wenn zu einem Anfangszeitpunkt  $t = 0$  ein reines  $\nu_e$  vorliegt, mit der Formel

$$P = |\langle \nu_\mu | \nu_e(t) \rangle|^2 = \sin^2(2\Theta) \sin^2\left(\frac{t\Delta(m^2)}{4\hbar E_\nu}\right)$$

berechnen lässt. Dabei bezeichnet  $\Theta$  den Winkel der  $2 \times 2$  Neutrino-Mischungsmatrix und  $\Delta(m^2) = m_2^2 c^4 - m_1^2 c^4$  die Differenz der Ruheenergien.

Hinweis: Drücken Sie die schwachen Neutrino-Eigenzustände  $\nu_e$  und  $\nu_\mu$  in Abhängigkeit von den Masseneigenzuständen  $\nu_1$  und  $\nu_2$  aus und umgekehrt. Nutzen Sie die Eigenschaft der Masseneigenzustände um die Zeitentwicklung zu beschreiben, so dass Sie einen Ausdruck für  $|\nu_e(t)\rangle$  erhalten, mit dem sich das Skalarprodukt  $\langle \nu_\mu | \nu_e(t) \rangle$  leicht berechnen lässt.

- (b) Zeigen Sie, dass unter der Annahme  $p_\nu c \gg m_\nu c^2$  die Formel aus (a) in die Formel

$$P = |\langle \nu_\mu | \nu_e(t) \rangle|^2 = \sin^2(2\Theta) \sin^2\left(1.27 \frac{\Delta(m^2)/(eV)^2 L/m}{E_\nu/\text{MeV}}\right)$$

umgeschrieben werden kann.

## 2. Aufgabe: Cherenkovzähler: Statistik (6 Punkte)

In einem Cherenkovzähler werden 17 Photonen pro durchquerendem Teilchen produziert. Die Kathode des zugehörigen Photomultipliers wandelt die Photonen mit einer Effizienz von 13% in Photoelektronen um. Das Signal eines Photoelektrons genügt, um den Teilchendurchgang nachzuweisen.

Hinweis: Die Umwandlung eines Photons in ein Photoelektron ist ein Bernoulli-Prozess.

- (a) Berechnen Sie, wieviele Teilchen aus insgesamt 1000 Durchgängen unbeobachtet bleiben.
- (b) Berechnen Sie die Wahrscheinlichkeit, dass 5 oder mehr Photonen umgewandelt werden.

**3. Aufgabe:** Isospinkopplung (14 Punkte)

Schreiben Sie für die folgenden Endzustände die möglichen Gesamt-Isopin-Werte  $|I I_3\rangle$  und die zugehörigen Clebsch-Gordan-Koeffizienten auf:

$$\pi^- n \qquad \eta n \qquad \rho^+ \pi^- \qquad \rho^0 \pi^0$$

Eine Tabelle mit den relevanten Clebsch-Gordan-Koeffizienten finden Sie auf folgender Internetseite:

<http://pdg.lbl.gov/2017/reviews/rpp2016-rev-clebsch-gordan-coefs.pdf>

Wenn Sie nachvollziehen möchten, wie sich die Werte für die Clebsch-Gordan-Koeffizienten ergeben, können Sie dies in T. Fließbach, *Quantenmechanik*, Kapitel 38 nachlesen.