

Übung 8

zur Vorlesung im WS 09/10

Einführung in die Astroteilchenphysik

8.1 Neutrino-Oszillationen (20P)

In dieser Aufgabe sollen Neutrino-Oszillationen mit den in der Vorlesung (siehe Skript) angegebenen Parametern für die LMA-Lösung berechnet werden. Benutzen Sie die Näherungen

$$\theta_{12} \approx 34^\circ, \quad \theta_{23} \approx 45^\circ, \quad \theta_{13} \approx 0^\circ$$

und

$$\Delta m_{12}^2 \approx 8 \cdot 10^{-5} \text{ eV}^2, \quad \Delta m_{13}^2 \approx \Delta m_{23}^2 \approx 2.4 \cdot 10^{-3} \text{ eV}^2.$$

- Konstruieren sie die 3-Familien-Mischungsmatrix.
- Geben Sie die Gleichungen für die Übergangswahrscheinlichkeiten für $\nu_e \rightarrow \nu_\mu$, $\nu_e \rightarrow \nu_\tau$, und $\nu_\mu \rightarrow \nu_\tau$ an.
- Machen Sie eine Skizze (evt. mit Computer) von der Übergangswahrscheinlichkeit $\nu_\mu \rightarrow \nu_\tau$ als Funktion des Verhältnisses Abstand zu Energie für den Fall, dass am Ursprung, ein reiner ν_μ -Zustand vorliegt.
- Mit einem ν_μ -Strahl (mittlere Energie 17 GeV) vom CERN zum 732 km entfernten Gran-Sasso-Laboratorium soll das Erscheinen von τ -Neutrinos nachgewiesen werden (OPERA, <http://operaweb.lngs.infn.it/>). Für welchen Wert von Δm_{23}^2 wäre die Distanz optimal? Alternativ: wo sollte man den τ -Neutrino-Detektor aufbauen, um bei den bisher bekannten Parametern ein optimales Experiment machen zu können?
- Berechnen Sie, wieviele ν_τ -Ereignisse man pro Jahr mit den oben gegebenen Mischungsparametern mit OPERA messen sollte. Das aktive Targetvolumen beträgt 1.25 kt (Blei), die Querschnittsfläche $6.7 \times 6.7 \text{ m}^2$. Der Wirkungsquerschnitt für charged current νN -Wechselwirkungen ist gegeben durch $\sigma(E) = 0.6 \cdot 10^{-38} E_\nu \text{ cm}^2 \text{ GeV}^{-1} \text{ nucleon}^{-1}$. Die Muonneutrino fluenz in Gran Sasso beträgt $7.4 \cdot 10^{-9} \text{ m}^{-2} \text{ pot}^{-1}$. Die Einheit pot entspricht einem Proton-on-target am CERN. Es werden pro Jahr $4.5 \cdot 10^{19}$ pot erzeugt. Nehmen Sie an, dass am CERN ein reiner ν_μ -Strahl erzeugt wird und ν_τ Wechselwirkungen in OPERA mit 100% Effizienz gemessen werden können. Wieviele ν_μ und ν_τ -Wechselwirkungen gibt es in OPERA im Jahr? Wie werden diese unterschieden?