

Experimentalphysik Vb (Teilchen- und Astrophysik)

Übung 01

Hinweis: Verwenden Sie in allen Übungen „The Review of Particle Physics“ für die Teilchenmassen und die physikalischen Konstanten.

Aufgabe 1 *LEP und LHC* (2+1+2=5 Punkte)

Am CERN in Genf wurde von 1989 bis 2000 der Elektron-Positron Speicherring LEP betrieben. Dabei wurden Elektronen und Positronen bis auf eine Energie von 100 GeV beschleunigt und zur Kollision gebracht. In demselben Tunnel, mit 26,695 km Umfang, wurden ab 2008 an dem LHC Proton-Proton Kollisionen untersucht. Die Protonen haben dabei bis heute eine Maximalenergie von 6,8 TeV erreicht.

- Welche Strukturen können mit der Schwerpunktsenergie von LEP bzw. LHC aufgelöst werden? Nehmen Sie für LHC an, dass sich die Strahlenergie gleichmäßig auf die drei Quarks im Proton aufteilt. (2 Punkte)
- Ein Protonstrahl im LHC besteht aus 2808 einzelnen Paketen, von denen jedes $115 \cdot 10^9$ Protonen enthält. Wie groß ist die gespeicherte Energie in Joule in jedem Protonstrahl? Welche Masse hätte ein ICE bei $v = 350 \text{ km/h}$ bei gleicher kinetischer Energie? (1 Punkt)
- Wieviel Zeit vergeht zwischen der Kollision von zwei Proton-Paketen in einem der LHC-Detektoren? Wie weit können Teilchen in dieser Zeit durch die Teilchendetektoren fliegen? Vergleichen Sie dies mit den Abmessungen von ATLAS und CMS. (2 Punkte)

Aufgabe 2 *Natürliche Einheiten* (4+1=5 Punkte)

- Drücken Sie die Gravitationskonstante in natürlichen Einheiten ($1/\text{GeV}^2$) aus. Geben Sie die zugehörige Massen-, Längen- und Zeitskala in SI-Einheiten an. Diese Skala bezeichnet man als Planck-Skala und sie legt die Grenzen der bisher bekannten physikalischen Gesetze fest. (4 Punkte)
- Wie groß ist das Verhältnis von Gravitationskraft zu Coulomb-Kraft von zwei Protonen im Abstand r ? (1 Punkt)

Aufgabe 3 *HERA*

(5 Punkte)

An dem HERA Beschleuniger am DESY in Hamburg wurden von 1992 bis 2007 Elektron-Proton Kollisionen untersucht. Dabei wurden Elektronen auf eine Energie von 27,5 GeV und Protonen auf eine Energie von 920 GeV beschleunigt. Berechnen Sie die Schwerpunktsenergie E_{CM} .

Aufgabe 4 *Relativistische Kinematik - Pionzerfall* (10 Punkte)

Ein Pion zerfällt in Ruhe in ein Myon und ein Myon-Neutrino: $\pi^+ \rightarrow \mu^+ \nu_\mu$. Berechnen Sie aus Energie- und Impulserhaltung die Geschwindigkeit (v_μ/c) des μ^+ unter der Annahme, dass das Neutrino ν_μ masselos ist.

Tipp: Berechnen Sie dazu zunächst $|\vec{p}_\mu|$ aus dem Ansatz $p_\pi = p_\mu + p_\nu$ der Vierervektoren.