

Übung 3

zur Vorlesung im WS09/10

Einführung in die Astroteilchenphysik

3.1 AGN vs. LHC (8P)

In kosmischen Beschleunigern wie Aktiven Galaktischen Kernen (AGN, Active Galactic Nucleus) können vermutlich Teilchen mit Energien von bis zu 10^{20} eV = 100 EeV erzeugt werden. Im terrestrischen Beschleuniger LHC (Large Hadron Collider) am CERN wird man nach dessen Inbetriebnahme Protonen auf Energien von $7 \cdot 10^{12}$ eV = 7 TeV beschleunigen können.

- Berechnen Sie die Schwerpunktsenergie zweier kollidierender Protonen am LHC.
- Berechnen Sie die Schwerpunktsenergie der Fixed-Target-Kollision eines kosmischen Protons (10^{20} eV) mit einem ruhenden Proton in der Erdatmosphäre. Welcher Proton-Energie in einem Fixed-Target-Experiment entspricht die Schwerpunktsenergie beim LHC?

3.2 Intergalaktische Magnetfelder (2P)

Sind Protonen mit einer Energie von 10^{20} GeV in den Strukturen der Lokalen Gruppe eingeschlossen? Die Ausdehnung der lokalen Gruppe beträgt etwa 3 Mpc. Typischerweise sind die intergalaktischen Magnetfeldstärken in der Größenordnung $10^{-2} \mu\text{G}$.

3.3 Der Greisen-Zatsepin-Kuzmin-Cutoff (10P)

Hauptgegenstand der Untersuchung ultrahochenergetischer kosmischer Strahlung („UHECR“, $E > 10^{18}$ eV) ist die Suche nach dem GZK-Cutoff. Dieses Absacken des Strahlungsspektrums bei großen Energien wird verursacht von der Wechselwirkung der UHECR mit den Photonen des Mikrowellenhintergrundes.

- Berechnen Sie unter Annahme der Näherung $E_\gamma \approx kT_{CMB}$ die minimale Energie, die für den Prozess



notwendig ist.

- Der Wirkungsquerschnitt dieser Reaktion ist $\sigma \approx 550 \mu\text{b}$. Wie groß ist die mittlere freie Weglänge der Protonen? Vergleichen sie dieses Ergebnis mit dem Durchmesser der Milchstraße.