

## Übung 4

zur Vorlesung im WS05/06

### Einführung in die Astroteilchenphysik

#### 4.1 AGN vs. LHC (10P)

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 Fertigstellung 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?

#### 4.2 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  $\sigma \approx 550 \mu b$ . Wie groß ist die mittlere freie Weglänge der Protonen? Vergleichen sie dieses Ergebnis mit dem Durchmesser der Milchstraße.

Abgabe: Donnerstag 17.11.2005, in der Übung