

## Übung 14

zur Vorlesung im WS09/10

### Einführung in die Astroteilchenphysik

#### 14.1 Schwarze Löcher und Luminosität der Kosmischen Strahlung (20P)

Vergleichen Sie die Luminosität der Kosmischen Strahlung (CR) mit der Erdatmosphäre als Target mit der geplanten Luminosität des 'Large Hadron Colliders' (LHC).

- Bei welcher Energie  $E_p^{min}$  eines CR-Protons ist die Schwerpunktsenergie einer Kollision dieses Protons mit einem Nukleon der Erdatmosphäre gleich der LHC-Schwerpunktsenergie (siehe Aufgabe 3.1)?
- Bestimmen Sie den CR-Fluss (pro Fläche und Zeit) für Energien oberhalb von  $E_p^{min}$  mit einem  $E^{-3}$ -Spektrum. Benutzen Sie das Spektrum in Abb. 3.4 im Skript und eine isotrope Winkelverteilung.
- Wieviele solche hochenergetischen Teilchen treffen pro Sekunde und pro 1 Milliarde Jahre die Erdatmosphäre? Was schliessen Sie daraus für die Wahrscheinlichkeit, dass solche CR-Reaktionen in der Erdatmosphäre bei LHC-Energien schwarze Löcher erzeugen können?

Um nicht zu leichtfertig mit einer solchen Frage umzugehen, wollen wir die relativen Häufigkeiten von LHC- und CR-Reaktionen vergleichen. Dazu wollen wir die Luminositäten beider Systeme vergleichen. Die LHC-Luminosität soll  $L = 10^{34} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$  erreichen.

Zur Erinnerung: Wenn zwei Teilchenstrahlen aufeinanderstoßen, ist die Rate einer Reaktion proportional zum Wirkungsquerschnitt dieser Reaktion. Den Proportionalitätsfaktor nennt man die Luminosität:

$$\dot{N}_R = L \cdot \sigma \quad (1)$$

Hier sollte die CR-Luminosität  $L_{CR}$  über die Definition des Wirkungsquerschnitts durch die Reaktionswahrscheinlichkeit berechnet werden (siehe zum Beispiel das Skript zur Einführung in die Kern- und Elementarteilchenphysik im WS07/08). In diesem Fall sind die Teilchenstrahlen die CR-Teilchen einerseits und die einzelnen Nukleonen der Atmosphäre andererseits. Die Atmosphäre kann man als eine dünne Kugelschale mit dem Radius der Erde annehmen.

d) Berechnen Sie die CR-Luminosität.

e) Was ist das Verhältnis der Zeiten, in denen eine gleiche Anzahl von Reaktionen im LHC und in der Atmosphäre passieren.