

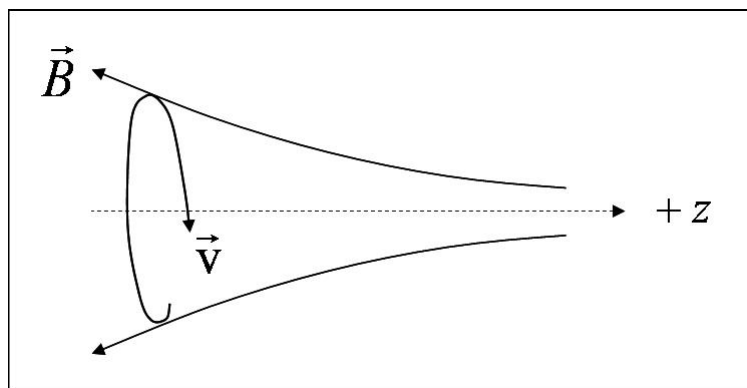
## Übung 14

zur Vorlesung im WS05/06

### Einführung in die Astroteilchenphysik

#### 14.1 Zur magnetischen Flasche (10P)

Ein geladenes Teilchen bewege sich in einem inhomogenen Magnetfeld mit flaschenförmig zulaufenden Feldlinien auf einer Schraubenbahn in positive  $z$ -Richtung (siehe Zeichnung).



- Machen Sie sich mit einer Skizze klar, dass eine Kraftkomponente auftritt, die schließlich das Teilchen in die umgekehrte Richtung laufen lässt.
- Bestimmen Sie diese Kraft in Abhängigkeit von dem Winkel  $\theta$  der  $B$ -Feldlinien zur  $z$ -Achse, zu der das Feld axialsymmetrisch sei.
- Welche Bedingung gilt am Umkehrpunkt?
- Bestimmen Sie den Anteil  $p_T/p$  des Impulses senkrecht zur  $z$ -Achse vom Gesamtimpuls für verschiedene  $z$ -Koordinaten als Funktion des Feldes  $B(r(z))$  (an der Stelle der Teilchenbahn) und des entsprechenden Feldes am Umkehrpunkt.

Hinweis: Alles nur formelmäßig darstellen.

#### 14.2 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).

- a) 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 4.1)?
- b) 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.
- c) 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 Struktur c im WS02/03). 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.

Abgabe: Donnerstag 9.2.2006, in der Übung