

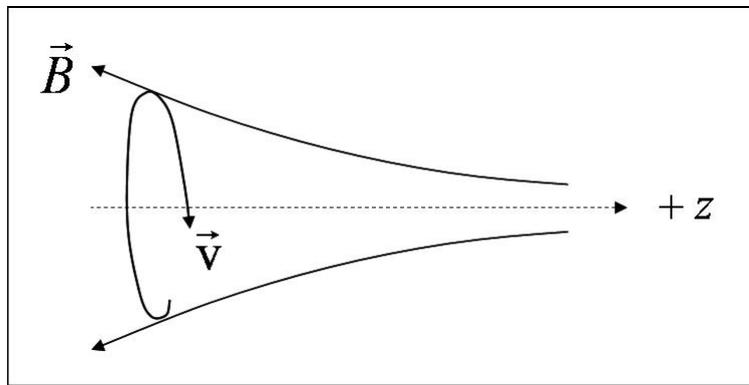
Übung 14

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 θ 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