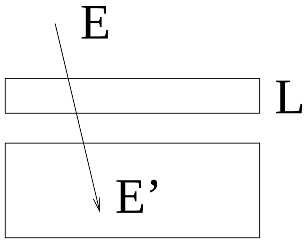
Universität Karlsruhe (TH) Priv. Doz. Dr. J. Hörandel
Institut für Experimentelle Kernphysik Dr. M. Roth

Übungen zur Einführung in die Astroteilchenphysik — WS 2005/06
2. Aufgabenblatt

Aufgabe 6 Silizium-Detektor

Mit einem Silizium-Detektor werden Teilchen der kosmischen Strahlung gemessen. Das Teleskop besteht aus einem dünnen Siliziumdetektor der Dicke L und einem dickeren Detektor, in dem die Teilchen absorbiert werden, siehe Skizze.



Die Teilchen mit der kinetischen Energie E verlieren im dünnen Detektor die Energie ΔE, die Restenergie E' wird mit dem dicken Detektor gemessen, also $\Delta E = E - E'$. Atomkerne der Masse M und Ladungszahl Z haben in Silizium die Reichweite

$$R_{Z,M}(E/M) = k\frac{M}{Z^2}\left(\frac{E}{M}\right)^{\alpha}.$$

Es gilt dann $R_{Z,M}(E/M) - R_{Z,M}(E'/M) = L$. Mit einer solchen Anordnung lassen sich Masse und Ladung eines Atomkerns eindeutig bestimmen. Zeigen Sie, daß

$$M = \left(\frac{k}{Z^2 L}\right)^{1/(\alpha-1)} \left(E^{\alpha} - E'^{\alpha}\right)^{1/(\alpha-1)}$$

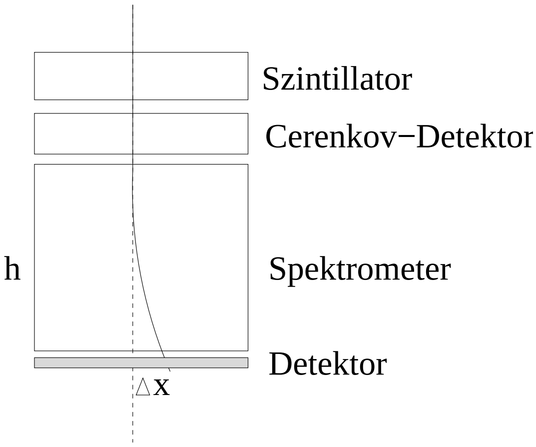
und

$$Z = \left(\frac{k}{L(2+\epsilon)^{\alpha-1}}\right)^{1/(\alpha+1)} \left(E^{\alpha} - E'^{\alpha}\right)^{1/(\alpha+1)}$$

gilt. Nehmen Sie hierzu $M/Z = 2 + \epsilon$ an, dies gilt für leichte Kerne ($Z < 30$).

Aufgabe 7 Magnetspektrometer

Mit einem Magnetspektrometer werden Teilchen der kosmischen Strahlung registriert. Es besteht aus einem Szintillationszähler, mit dem die Ladung Z der Teilchen bestimmt wird, einem Čerenkov-Detektor zur Bestimmung der Teilchengeschwindigkeit $\beta = v/c$ und dem eigentlichen Magnetspektrometer, mit dem die Rigidität der Teilchen gemessen wird. Die Rigidität ist gegeben durch $R = pc/(Ze)$, mit dem Impuls p, der Lichtgeschwindigkeit c und der Elementarladung e.



Das homogene Magnetfeld im Spektrometer ($B = 1$ T) ist $h = 1$ m hoch. Die Teilchenspur wird mit einem ortsauflösenden Detektor nachgewiesen, die Ortsauflösung beträgt $\Delta x = 200$ μm.

Mit dem Spektrometer werden die Impulse der einfallenden Teilchen gemessen. Welcher maximale Wert p_{max} kann für die gegebene Ortsauflösung gemessen werden. Geben Sie das Ergebnis in der Einheit [GeV/c] an. Es gilt 1 GeV/c $= 5.34 \cdot 10^{-19}$ kg m/s.

Mit einem solchen Detektor kann die Ladung Z und Masse M von Teilchen eindeutig bestimmt werden. Der Impuls ist gegeben durch $p = M\beta\gamma c$ mit $\gamma = 1/\sqrt{1-\beta^2}$. Zeigen Sie, daß

$$M = \frac{RZe}{c^2} = \sqrt{\frac{1}{\beta^2} - 1}$$

gilt.

Aufgabe 8 Gyromagnetischer Radius

Der interstellare Raum ist von einem Magnetfeld der Stärke $B = 3$ μG erfüllt. Berechnen Sie den gyromagnetischen Radius von Protonen und Eisenkernen ($Z = 26$) mit kinetischen Energien von jeweils 10^{15} eV, 10^{18} eV und 10^{20} eV in diesem Magnetfeld. Geben Sie das Ergebnis in der Einheit pc an (1 pc = 3.26 Lj). Vergleichen Sie das Ergebnis mit den Abmessungen unserer Galaxis (Radius der galaktischen Scheibe $r \approx 15$ kpc, Dicke der galaktischen Scheibe $d \approx 300$ pc).

Die Aufgaben werden in den Übungen am 6. Dezember 2005 im **Seminarraum 6/1** besprochen.
Informationen zu den Übungen: http://www-ik.fzk.de/~joerg/uebungen.html.