

# Einführung in die Astroteilchenphysik

Sommersemester 2010

Übungsblatt 2



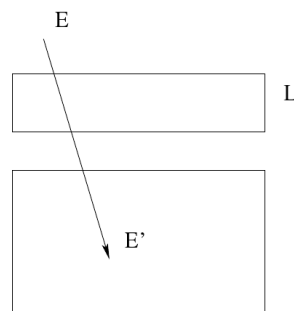
Dr. Julian Rautenberg (rautenbe@physik.uni-wuppertal.de)

Daniel Kruppke-Hansen (dkruppke@uni-wuppertal.de)

<http://auger.uni-wuppertal.de/AT2010>

## 1 Silizium-Detektor

Mit einem Silizium-Detektor lassen sich direkt die Teilchen der kosmischen Strahlung messen und ihre Masse und Ladung bestimmen. Der Detektor besteht aus einer dünnen Silizium Schicht der Dicke  $L$  und einem dicken Detektor, in dem die Teilchen absorbiert werden (siehe Skizze).



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

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

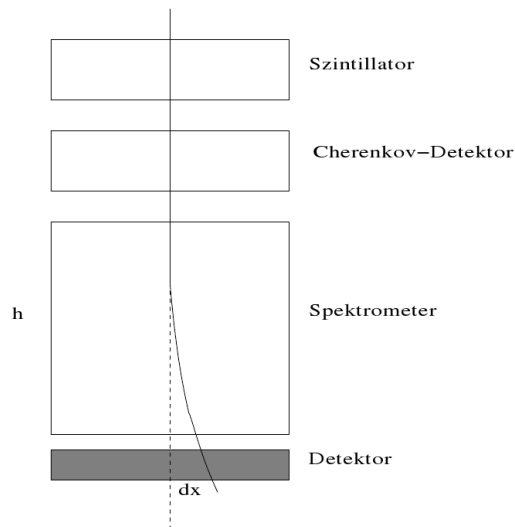
Es gilt weiterhin  $R_{Z,M}(E/M) - R_{Z,M}(E'/M) = L$ . Zeigen Sie, dass sich die Masse und Ladung folgendermassen bestimmen lassen:

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

Dazu muss man annehmen, dass  $M/Z = 2 + \varepsilon$  gilt, was für leichte Kerne ( $Z < 30$ ) erfüllt ist.

## 2 Magnetspektrometer

Mit einem Magnetspektrometer können Teilchen der kosmischen Strahlung registriert werden. Es besteht aus einem Szintillationszähler, mit dem die Ladung  $Z$  der Teilchen bestimmt wird, einem Cherenkov-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 ( $B = 1 \text{ T}$ ) ist  $h = 1 \text{ m}$  hoch. Die Teilchenspur wird mit einem ortsauflösenden Detektor nachgewiesen, dessen Ortsauflösung  $dx = 200 \mu\text{m}$  beträgt.



1. Mit dem Spektrometer werden die Impulse der einfallenden Teilchen gemessen. Welcher Wert  $p_{\max}$  kann für die gegebene Ortsauflösung gemessen werden? Geben Sie das Ergebnis in der Einheit  $\text{GeV}/c$  an.
2. 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.