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

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

Aufgabe 16 Čerenkov-Detektor

In eine Luftschauerexperiment sollen Teilchen mit einem Čerenkovdetektor nachgewiesen werden. Der Detektor ist mit Wasser (Brechungsindex $n = 1.33$) gefüllt. Die Teilchen bewegen sich mit der Geschwindigkeit $\beta = v/c$ durch das Medium. Zeigen Sie, daß für den Winkel Θ zwischen Teilchenbahn und Abstrahlungsrichtung der Čerenkovstrahlung gilt:

$$\cos\Theta = \frac{1}{\beta n} \quad .$$

Berechnen Sie den Winkel Θ für hochrelativistische Teilchen.

Berechnen Sie die kinetische Energie von Protonen, Myonen und Elektronen, ab denen diese Čerenkovstrahlung emittieren (Čerenkovschwelle).

Aufgabe 17 Elektromagnetischer Schauer

Wenn hochenergetische Elektronen oder Photonen in Materie eindringen, bildet sich ein elektromagnetischer Schauer aus. In jeder Generation der Schauerentwicklung wird dabei im Mittel die Teilchenzahl verdoppelt.

Diskutieren Sie die Entwicklung für ein einlaufendes Elektron bzw. Photon.

Wie hoch ist die mittlere Teilchenenergie in der n–ten Generation?

Die maximale Teilchenzahl wird erreicht, wenn die Teilchenenergien im Mittel gleich der kritischen Energie E_c sind. In welcher Tiefe ($n \cdot X_0$) ist dies der Fall?

Berechnen Sie die Teilchenzahl im Maximum der Schauerentwicklung sowie die longitudinale Tiefe des Maximums eines elektromagnetischen Schauers in Luft für $E_\gamma = 10$ TeV bzw. 10 PeV. (Luft: $X_0 = 36.66$ g/cm^2, $E_c = 85$ MeV)

Aufgabe 18 Wechselwirkung von Pionen

In einem Luftschauer bieten sich für geladene Pionen zwei Möglichkeiten der Wechselwirkung. Sie können in Myonen zerfallen ($\tau_0 = 26$ ns) oder sie können eine hadronische Wechselwirkung erleiden (es sei $\lambda_I = 120$ g/cm^2, unabhängig von der Pionenergie).

Berechnen Sie die Energie E', bei der die Wahrscheinlichkeit für den Zerfall gleich groß ist wie die Wahrscheinlichkeit für eine hadronische Wechselwirkung.

Die Dichte der Luft als Funktion der Höhe h ist gegeben durch die barometrische Höhenformel $\rho(h) = \rho_0 \exp(-h/H)$, mit $H = 8005$ m und $\rho_0 = 1.3$ g/l.

Geben Sie die Energie E' für Meereshöhe, sowie 1 km, 10 km und 30 km Höhe an. Welcher Prozeß überwiegt für $E_\pi < E'$, welcher für $E_\pi > E'$?

Aufgabe 19 Ausgedehnte Luftschauer

Durch Wechselwirkung primärer kosmischer Strahlung mit den Atomkernen der Lufthülle entstehen ausgedehnte Luftschauer. Diskutieren Sie qualitativ die Unterschiede zwischen Schauern die durch primäre Protonen und Eisenkerne induziert werden.

Für welches Primärteilchen befindet sich das Schauermaximum höher über dem Erdboden?

In einem Luftschauerexperiment wird die Zahl der Elektronen N_e und Myonen N_μ am Erdboden registriert. Für welches Primärteilchen ist das Verhältnis N_e/N_μ größer?

Die Aufgaben werden in den Übungen am 31. Januar 2006 um 14:00 Uhr im **Seminarraum 6/1** besprochen.
Informationen zu den Übungen: http://www-ik.fzk.de/~joerg/uebungen.html.