



Teilchenphysik für Fortgeschrittene

Übungsaufgabe: Elektromagnetischer Schauer

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

1. Diskutieren Sie die Entwicklung für ein einlaufendes Elektron bzw. Photon.
2. Wie hoch ist die mittlere Teilchenenergie in der n -ten Generation?
3. Die maximale Schauerentwicklung wird erreicht, wenn die Teilchenenergien im Mittel die kritische Energie E_c unterschreiten. In welcher Generation n_{max} des Schauers ist dies der Fall? Für die Tiefe des Schauermaximums gilt dann $h_{max} = n_{max} \cdot X_0$. Dabei bezeichnet X_0 die Strahlungslänge des Mediums, in dem sich der Schauer entwickelt. Die Materialgröße X_0 ist definiert für hochenergetische Elektronen und Positronen und bezeichnet die Wegstrecke, nach deren Durchqueren sich die Energie der Elektronen aufgrund von Bremsstrahlungsprozessen im Mittel um den Faktor $1/e$ reduziert hat.
4. Diskutieren Sie qualitativ, weshalb die Tiefe eines elektromagnetischen Kalorimeters deutlich größer als dieser Wert sein sollte, typischerweise ungefähr das Dreifache.
5. Berechnen Sie die Teilchenzahl im Maximum der Schauerentwicklung sowie die longitudinale Ausdehnung eines elektromagnetischen Schauers in Wasser für $E_\gamma = 10 \text{ GeV}$ bzw. 50 GeV . (Wasser: $X_0 = 36.4 \text{ cm}$, $E_c = 93 \text{ MeV}$)