

Aufgabenblatt 7 – Experimentalphysik IV – SS18

Diskussion in den Übungen: Do./Fr., 7./8. Juni

7.1 Energieverlust von Teilchen (1 Punkt)

Beim CMS-Experiment am LHC in Genf können in den Proton-Proton-Kollisionen u.a. Myonen entstehen. Diese durchqueren zunächst den Spurdetektor, der aus verhältnismäßig wenig Material besteht. Der Energieverlust kann daher vernachlässigt werden. Danach passieren die Myonen das elektromagnetische Kalorimeter und das hadronische Kalorimeter, bevor sie die Myonkammern erreichen. Das elektromagnetische Kalorimeter besteht aus einer 230 mm dicken Schicht szintillierender Kristalle aus Bleiwolframat (PbWO_4 , Dichte $\rho = 8.3 \text{ g/cm}^3$, Strahlungslänge $X_0 = 0.9 \text{ cm}$, hadronische Wechselwirkungslänge $\lambda_{\text{int}} = 21 \text{ cm}$). Das hadronische Kalorimeter besteht aus einer 860 mm dicken Messingschicht ($\rho = 8.5 \text{ g/cm}^3$, $X_0 = 1.6 \text{ cm}$, $\lambda_{\text{int}} = 16 \text{ cm}$).

- a) Schätzen Sie für ein Myon mit einer Energie von 50 GeV den Energieverlust beim Durchgang durch die beiden Kalorimeter aus dem Verlauf der Bethe-Bloch-Kurve ab. Eine Präzision von $\pm 50\%$ reicht aus.

Hinweis: Die Gesamtenergie der Myonen ändert sich nicht wesentlich und kann daher über die gesamte Weglänge des Myons im Detektor bei der Integration der Bethe-Bloch Formel als konstant genähert werden.

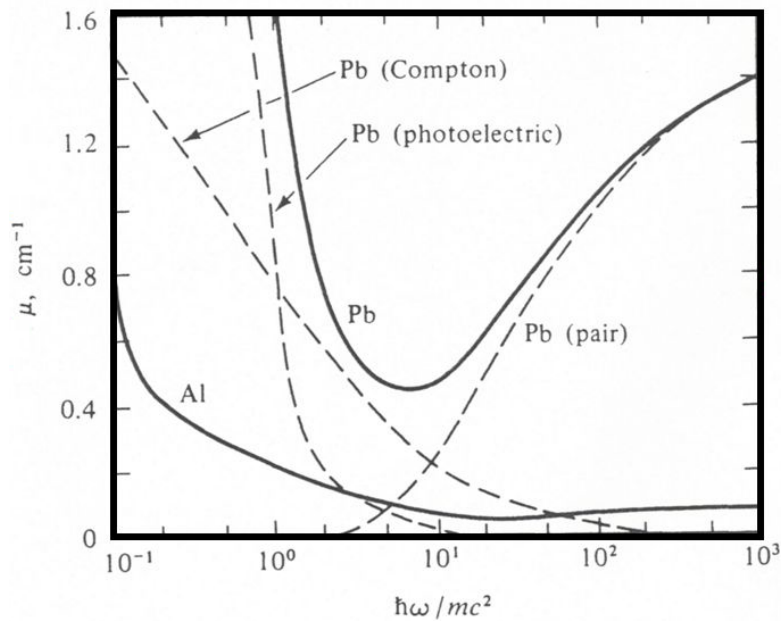
- b) Beschreiben Sie qualitativ, wie sich die folgenden anderen Teilchen gleicher Energie in den Kalorimetern verhalten: Photon, Elektron, Proton, Neutrino.

7.2 Absorption von γ -Strahlen in Blei und Aluminium (1 Punkt)

Eine radioaktive Quelle in einem Bleibehälter emittiert γ -Strahlen der Energie 1.1 MeV. Die Intensität dieser Strahlen soll durch den Bleibehälter um den Faktor 10^4 reduziert werden.

- a) Wie dick (in cm) müssen die Wände des Bleibehälters sein?
- b) Wie dick müßten die Wände sein, wenn man Aluminium nehmen würde?
- c) Welcher ist der für die Absorption dominierende Prozess in beiden Materialien?

Hinweis: Entnehmen Sie die Absorptionskoeffizienten den Graphen unten. Der Wert $\hbar\omega/mc^2 = 1$ entspricht 511 keV.



7.3 Compton-Effekt (1 Punkt)

Betrachten Sie Röntgenstrahlung der Wellenlänge $\lambda_1 = 0.1\text{nm}$ und γ -Strahlung der Wellenlänge $\lambda_2 = 1.88\text{pm}$, die durch den radioaktiven Zerfall von ^{137}Cs entstehen. Die Strahlung wird an freien Elektronen gestreut und die gestreute Strahlung im Winkel von $\Theta = 90^\circ$ zur Einfallsrichtung untersucht.

- Um welchen Betrag ändert sich die Wellenlänge der gestreuten Röntgen- und γ -Strahlung?
- Welche kinetische Energie E_{kin} wird in beiden Fällen auf ein Elektron übertragen? Geben Sie die Energie in Einheiten von keV an.
- Wieviel Energie verlieren die gestreuten Photonen? Geben Sie den Energieverlust in Prozenten ihrer ursprünglichen Energie an. Was fällt Ihnen auf?

7.4 Erzeugung von schweren Quarks in e^+e^- - Annihilationen (1 Punkt)

In e^+e^- -Annihilationen werden neben Lepton-Antilepton-Paaren auch Quark-Antiquark-Paare erzeugt, die als Hadronjets mit Teilchendetektoren nachweisbar sind. Experimentell können Hadronjets aus c-Quarkpaaren und aus b-Quarkpaaren gut identifiziert werden.

- Bestimmen Sie das Verhältnis der Anzahl von Ereignissen, in denen $c\bar{c}$ -Paare bzw. $b\bar{b}$ -Paare produziert werden, wenn die e^+e^- - Schwerpunktsenergie $\sqrt{s} = 16\text{ GeV}$ beträgt, d.h. oberhalb der Schwelle zur Produktion von $b\bar{b}$ -Paaren liegt.
- Wie ändert sich dieses Verhältnis, wenn die Schwerpunktsenergie auf 22.6 GeV erhöht wird?
- Wie ändern sich die Produktionsraten, wenn die Schwerpunktsenergie auf 22.6 erhöht wird?

Hinweis: Berücksichtigen Sie nur Prozesse der elektromagnetischen Wechselwirkung und beachten Sie, dass Quarks drittelzahlige elektrische Ladungen tragen.