

Physik III - Übungsblatt 4

SS2006, Universität Heidelberg

Ausgabe am 17.5.2006

Besprechung am 26.5.2006

4.1 Relativistische Energie- und Impulserhaltung

Ein K^0 -Meson (Masse $m_K = 498 \text{ MeV}/c^2$) zerfällt in zwei π -Mesonen ($K^0 \rightarrow \pi^+ + \pi^-$) mit den Massen $m_\pi = 140 \text{ MeV}/c^2$.

a) Berechnen Sie im Ruhesystem des K^0 die Gesamtenergie E'_π , den Betrag des Impulses p'_π und die Geschwindigkeit v'_π der beiden Pionen. Der hochgestellte Strich bezeichnet das Ruhesystem des K^0 .

b) Wir betrachten nun den Zerfall eines K^0 mit dem Impuls p_K . Im Ruhesystem des K^0 erfolge die Emission der Pionen senkrecht zur Flugrichtung im Laborsystem. Geben Sie die Pionenenergien und die Pionenimpulse als Funktion von E'_π bzw. p'_π im Laborsystem an, für den Impuls beide Komponenten parallel und senkrecht zur Flugrichtung des Kaons. Welchen Winkel bilden die Kaon- und die Pionflugrichtung (Formel)?

Zahlenbeispiel: $p_K = 1000 \text{ MeV}/c$. Für die Numerik das Resultat aus a) benutzen.

c) Das Kaon emittiere in seinem Ruhesystem ein Pion parallel und das andere antiparallel zu seiner Flugrichtung im Laborsystem. Welche Pionenenergien und -impulse erhält man jetzt? Kann es vorkommen, daß eines der Pionen im Laborsystem ruht ($p_\pi = 0$)? Wenn ja, bei welchem Kaon-Impuls tritt dies auf und wie ist dies anschaulich zu interpretieren?

4.2 Hintergrundstrahlung

Das Universum ist ausgefüllt mit der sog. Hintergrundstrahlung. Diese besitzt eine mittlere Photonenenergie von 10^{-3} eV . In Stößen zwischen ebenfalls vorhandenen, sehr hochenergetischen Photonen und den Photonen der Hintergrundstrahlung können in der Reaktion $\gamma + \gamma \rightarrow e^+ + e^-$ Elektron-Positron Paare erzeugt werden. Welche Energie müssen die hochenergetischen Photonen mindestens haben, um diesen Prozess in Gang zu setzen? Erklären Sie qualitativ, welche Konsequenz sich daraus für die Intensität von Photonen mit einer noch höheren Energie ergibt.

4.3 Teilchenerzeugung

Ein hochenergetisches Proton mit der Ruhemasse m stößt auf ein zweites Proton. In diesem Stoß werde ein drittes Teilchen mit der Ruhemasse M erzeugt.

a) Wie groß muss die Energie des bewegten Protons mindestens sein, damit der Prozess stattfinden kann, wenn das zweite Proton im Laborsystem ruht?

b) Wie groß ist die Energie für den Fall, daß beide Protonen im Laborsystem mit gleicher Geschwindigkeit aufeinander prallen (Stichwort „Collider“)?

c) Berechnen Sie die Energien für beide Fälle, wobei das dritte Teilchen das π^0 ist.

4.4. Compound-System

Ein relativistisches Teilchen mit der Ruhemasse m und der kinetischen Energie $2m$ stößt auf ein ruhendes Teilchen mit der Ruhemasse $2m$ und bleibt an ihm haften (es entsteht ein sog. "Compound-System").

a) Wie groß ist die Ruheenergie M des Compound-Systems?

b) Wie groß ist seine Geschwindigkeit in cm/sec ?