

Übungen zu „Kern- und Teilchenphysik I“

(M.P. Heyn, H.-E. Mahnke, R. Püttner)

Übung 8:

Aufgabe 26:

Welches Erhaltungsgesetz, Invarianz Prinzip oder andere Mechanismen führen dazu, dass folgende Prozesse unterdrückt oder verboten sind?

$$(1) p + n \rightarrow p + \Lambda^0$$

$$(2) K^+ \rightarrow \pi^+ + \pi^- + \pi^+ + \pi^- + \pi^+ + \pi^0$$

$$(3) \Lambda^0 \rightarrow K^0 + \pi^0$$

$$(4) K^- \rightarrow \pi^0 + e^-$$

$$(5) \pi^0 \rightarrow \gamma + \gamma + \gamma$$

$$(6) K_L^0 \rightarrow \pi^+ + \pi^-$$

$$(7) K^+ \rightarrow \pi^+ + \pi^+ + \pi^0$$

Bahndrehimpuls ℓ_{12} der geladenen Pionen. Machen Sie die berechtigte Annahme $\ell_{12} = 0$.

(3 Punkte)

Aufgabe 27:

Für die Herstellung eines Neutrinostrahls werden hochenergetische Protonen auf ein Target geschossen, in dem u. a. π^+ und K^+ erzeugt werden, die mit Impuls überwiegend parallel zu dem Impuls der Protonen emittiert werden. Gemäß der Aufgaben 4 und 17 zerfallen die Pionen und Kaonen in Neutrinos, die wiederum überwiegend in der Vorwärtsrichtung produziert werden. Für s. g. „long base-line“ Neutrinoexperimente werden die Neutrinos über ≈ 1000 km durch die Erde geschossen um in einem unterirdischen Detektor detektiert zu werden. Um die Zählrate im Detektor zu optimieren, ist ein möglichst gut kollimierter Pionen/Kaonen-Strahl deshalb sehr wünschenswert. Für diese Zwecke wurde das s. g. „magnetic horn“ (Ähnlichkeit mit dem Alphorn) erfunden, das die unter verschiedenen Winkel und mit unterschiedlichen Impulsen aus dem Target emittierten Pionen/Kaonen in der Vorwärtsrichtung fokussiert. Skizzieren Sie den Aufbau und erklären Sie die Wirkungsweise (Fokussierung) eines einfachen „magnetic horn“. Verwenden Sie hierzu die Ressourcen des Internets.

(3 Punkte)

Aufgabe 28:

Čerenkov-Strahlung: Zeigen Sie mit Hilfe von Energie- und Impulserhalt, dass bei der Emission eines Photons ($h\nu$) durch ein Teilchen mit Energie E und Geschwindigkeit v in einem Medium mit dem Brechungsindex n für den Emissionswinkel θ gilt

$$\cos \theta = \frac{1}{n\beta} \left[1 + \frac{h\nu (n^2 - 1)}{2E} \right]$$

Hinweis: Im Medium gilt für das Photon $E_{\text{ph}} = p_{\text{ph}} \frac{c}{n}$.

(4 Punkte)

Aufgabe 29:

An den Speicherringen DORIS und CESR wurden Y -Mesonen der Masse $10.58 \text{ GeV}/c^2$ in der Reaktion $e^+e^- \rightarrow Y(4S)$ erzeugt. Die im Laborsystem ruhenden $Y(4S)$ -Mesonen zerfallen sofort in ein Paar von B -Mesonen: $Y \rightarrow B^+B^-$. Die Masse m_B der B -Mesonen beträgt $5.28 \text{ GeV}/c^2$, und die Lebensdauer τ beträgt 1.5 ps .

- Wie groß ist die mittlere Zerfallslänge der B -Mesonen im Laborsystem?
- Um die Zerfallslänge zu erhöhen, müsste man den $Y(4S)$ -Mesonen bei der Produktion einen Laborimpuls geben. Diese Idee wurde in sogenannte „ B -factories“ (Babar, SLAC & KEK-B, Japan) umgesetzt, bei der Elektronen und Positronen mit unterschiedlicher Energie aufeinander treffen. Welchen Impuls müssen die B -Mesonen haben, damit ihre mittlere Zerfallslänge 0.2 mm beträgt?
- Welche Energie müssen dann die $Y(4S)$ -Mesonen haben, bei deren Zerfall die B -Mesonen produziert werden?
- Welche Energie müssen der Elektronen- und der Positronenstrahl haben, um diese $Y(4S)$ -Mesonen zu erzeugen? Für die letzten drei Fragen nehmen Sie an, dass die B -Mesonen eine Masse von $5.29 \text{ GeV}/c^2$ (anstatt der exakten $5.28 \text{ GeV}/c^2$) besitzen, um die Rechnung ohne Einfluss auf das Ergebnis zu vereinfachen.

(4 Punkte)