

Übungen zu „Kern- und Teilchenphysik I“

(M.P. Heyn, H.-E. Mahnke, R. Püttner)

Übung 1:

Aufgabe 1:

Hochenergetische Muonen werden hoch in die Atmosphäre (etwa 8.000 m Höhe) produziert und bewegen sich mit einer mittleren Geschwindigkeit von $0.998 c$ in Richtung Erde. Dort wird auf Meereshöhe ein hoher Fluss von $\sim 180 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ beobachtet. Wie weit würden diese Muonen sich im Mittel gemäß der nicht-relativistischen Mechanik (bei einer Lebensdauer von $2.2 \mu\text{s}$) bewegen? Würden sie die Erde erreichen? Wie sieht das Ergebnis unter Verwendung der relativistischen Mechanik aus?

(2 Punkte)

Aufgabe 2:

Ein neutrales Teilchen X^0 zerfällt in zwei geladene Teilchen A^+ und B^- . Die Komponenten des Impulses der Zerfallsprodukte wurden gemessen (Einheit GeV/c):

	p_x	p_y	p_z
A^+	- 0.488	- 0.018	2.109
B^-	- 0.255	- 0.050	0.486

Handelt es sich um den Zerfall $K_s^0 \rightarrow \pi^+ \pi^-$ oder $\Lambda \rightarrow p \pi^-$?

(3 Punkte)

Aufgabe 3:

Teilchen A (Gesamtenergie E) stößt zusammen mit Teilchen B (in Ruhe). Es werden Teilchen C_1, C_2, \dots, C_n erzeugt. Zeigen Sie, dass die Schwellenenergie für diesen Prozess gegeben ist durch

$$E = \frac{(M^2 - m_A^2 - m_B^2)}{2m_B} c^2 \quad \text{mit} \quad M = \sum_{i=1}^n m_i$$

Berechnen Sie die Schwellenenergie für

- a) $p + p \rightarrow p + p + \pi^+ + \pi^-$
- b) $\pi^- + p \rightarrow K^0 + \Sigma^0$
- c) $p + p \rightarrow p + \Sigma^+ + K^0$

(4 Punkte)

Aufgabe 4:

Für ein Neutrino-Oszillationsexperiment braucht man hochenergetische Neutrinostrahlen, die durch den Zerfall hochenergetischer, geladener Pionen und Kaonen erzeugt werden (ähnlich für π^- und K^-):

$$\pi^+ \rightarrow \mu^+ + \nu_\mu$$

$$K^+ \rightarrow \mu^+ + \nu_\mu$$

- a) Welcher Bruchteil der Pionen und Kaonen eines 200 GeV-Strahls zerfällt auf einer Strecke von 100 m? (Massen, Lebensdauern verwenden)
- b) Wie groß sind die mini- und maximalen Neutrinoenergien in beiden Fällen? Leiten Sie dazu zuerst einen Ausdruck für die Abhängigkeit der Neutrinoenergie von dem Winkel zwischen der Strahlrichtung (Impuls) der Pionen (bzw. Kaonen) und dem Neutrino-Impuls ab. Nehmen Sie dazu an, dass die Ruhemasse des μ -Neutrinos Null ist.

(4 Punkte)