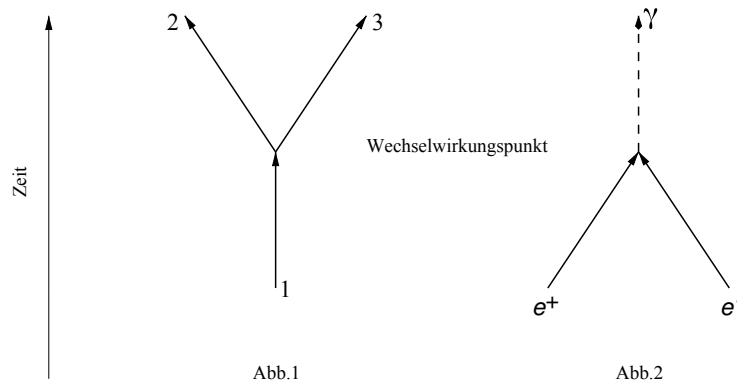


4. Tutorium

für 03.04.2020

4.1 Zerfalls- und Streuprozesse

Bei Zerfalls- und Stoßprozessen von Elementarteilchen ist der Gesamtviereimpuls vor und nach dem Prozess derselbe. Das entspricht der Erhaltung von Gesamtenergie und Gesamtimpuls. Betrachte einen Zerfallsprozess (Abb.1) und einen Paarvernichtungsprozess von einem Elektron und einem Positron unter Abstrahlung eines Photons (Abb.2) wie folgt:



- a) Zeige, dass der Zerfallsprozess in Abb.1 nur möglich ist, wenn für die Ruhemassen m_1, m_2, m_3 der Teilchen gilt: $m_1 \geq m_2 + m_3$.
- b) Sei $m_1 \geq m_2 + m_3$. Berechne die kinetischen Energien der Zerfallsprodukte 2, 3 in Abb.1 im Inertialsystem wo Teilchen 1 ruht. Drücke das Ergebnis durch die Massen m_1, m_2 und m_3 aus.
- c) Betrachte den Zerfallsprozess $K^+ \rightarrow \pi^+ + \pi^0$ eines Kaons in zwei Pionen mit den Ruhemassen¹ $m_{K^+} = 493.7 \text{ MeV}/c^2$, $m_{\pi^+} = 139.6 \text{ MeV}/c^2$ und $m_{\pi^0} = 135 \text{ MeV}/c^2$ und berechne die kinetischen Energien der Zerfallsprodukte.
- d) Zeige, dass der Paarvernichtungsprozess in Abb.2 nicht möglich ist.

4.2 Viererkräft

- a) Ein Bezugssystem S' bewege sich relativ zu einem Bezugssystem S mit der Geschwindigkeit V in x -Richtung. Mit welcher Geschwindigkeit v' be-

¹Ein Elektronvolt ist die Standardenergieeinheit in der Hochenergiephysik: $1 \text{ eV} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ Joule}$.

wegt sich ein Teilchen im Bezugssystem S' , wenn es im Bezugssystem S die Geschwindigkeit v hat?

Verwende das Transformationsgesetz der Vierergeschwindigkeit (Dreiergeschwindigkeiten \vec{v}, \vec{v}') um zu zeigen dass gilt:

$$\frac{\gamma(v')}{\gamma(v)} = \gamma(V) \left(1 - \frac{v_x V}{c^2}\right)$$

b) Leite mithilfe des Transformationsgesetzes der Viererkraft unter Verwendung des Resultats von (a) das Transformationsgesetz der Dreierkraft her.

4.3 Feldstärketensor

a) Drücke die Lorentzskalare $F^{\mu\nu} F_{\mu\nu}$, $\tilde{F}^{\mu\nu} F_{\mu\nu}$, $\tilde{F}^{\mu\nu} \tilde{F}_{\mu\nu}$, wobei $\tilde{F}^{\mu\nu} = \frac{1}{2} \epsilon^{\mu\nu\sigma\tau} F_{\sigma\tau}$, durch \vec{E} , \vec{B} aus.

b) Gibt es noch weitere Invarianten, die quadratisch in \vec{E} und \vec{B} sind?

c) Kann es ein elektromagnetisches Feld geben, welches in einem Inertialsystem rein elektrisch ist und in einem anderen rein magnetisch? Welche Kriterien müssen erfüllt sein, damit es ein Inertialsystem gibt, in dem das elektrische Feld verschwindet?

Hinweis: Verwende die Resultate aus Aufgabe (a).

Ankreuzbar: 1abc, 1d, 2ab, 3a, 3bc