

Übungsblatt 4

22.11.2012

1. Viererkraft

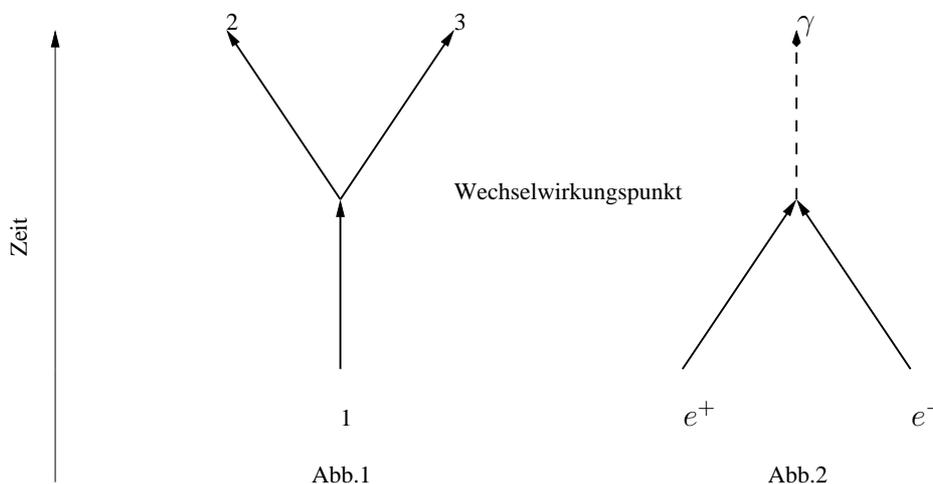
- (a) Ein Bezugssystem S bewege sich relativ zu einem Bezugssystem S' mit der Geschwindigkeit V in x -Richtung. Verwende das Transformationsgesetz der Vierergeschwindigkeit (Dreiergeschwindigkeiten \vec{v}, \vec{v}') um zu zeigen dass gilt:

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

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

2. Zerfalls- und Streuprozesse

Bei Zerfalls- und Stoßprozessen von Elementarteilchen ist der Gesamtviererimpuls 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 Intertialsystem wo Teilchen 1 ruht.

- (c) Betrachte den Zerfallsprozess $K^+ \rightarrow \pi^+ + \pi^0$ eines Kaons in zwei Pionen mit den Ruhemassen $m_{K^+} = 493.7 \text{ MeV}/c^2$, $m_{\pi^+} = 139.6 \text{ MeV}/c^2$ und $m_{\pi^0} = 135 \text{ MeV}/c^2$.
- (d) Zeige, dass der Paarvernichtungsprozess in Abb.2 nicht möglich ist.

Hinweise:

- Wähle ein geeignetes Bezugssystem und benütze die Lorentzinvarianz des Produkts von Vierervektoren.
- Der Viererimpuls des Photons ist gegeben durch

$$p^\mu = \hbar k^\mu \quad k^\mu = \left(\frac{\omega}{c}, \vec{k} \right).$$

3. Relativistischer Dopplereffekt

- (a) Ein Astronom beobachtet einen entfernten Quasar und stellt fest, dass die Wellenlänge der Lyman α Spektrallinie von Wasserstoff 790nm beträgt. Bei Wasserstoff auf der Erde hat die Spektrallinie eine Länge von 122nm. Wie schnell bewegt sich der Quasar von der Erde weg?
- (b) Welche Wellenlänge würde der Astronom messen, wenn sich der Quasar mit dieser Geschwindigkeit auf die Erde zubewegen würde?
- (c) Woher weiss der Astronom trotz der Verschiebung der Wellenlänge, dass es sich um die Lyman α Linie handelt?