

Aufgabe 1: Formelsammlung**1**

Erstellen Sie jede Woche eine Formelsammlung zum Stoff der Vorlesungen der letzten Woche und dieser Übung. Diese wöchentlichen Formelsammlungen sollen Grundlage ihrer Klausurvorbereitung sein.

Aufgabe 2: Viererimpuls

a) Ein Elektron habe die Geschwindigkeit $\vec{\beta} = (0.9, 0.1, 0.001)$. Wie lautet der Viererimpuls des Elektrons?

1

b) Ein Pion habe die Energie E und den Dreierimpuls $\vec{P} = (0, P, 0)$. Wie lautet die 4x4-Matrix der Lorentz-Transformation, die in das Ruhesystem dieses Pions führt?

1**Aufgabe 3: Energie und Kraft**

a) Berechnen Sie für ein langsames Teilchen ($\beta \ll 1$) die ersten Terme der Taylor Entwicklung für $E = \gamma m$ bis zur Potenz β^4 . Vergleichen Sie die verschiedenen Approximationen mit der nichtrelativistischen kinetischen Energie für $\beta = 0, 1$ und $\beta = 0, 9$.

2

b) Bestimmen Sie die allgemeine Form der 4-er Kraft $F = \frac{dp}{d\tau}$ als Funktion der Masse m , γ , Geschwindigkeit $\vec{\beta}$ und $\dot{\vec{\beta}} = \frac{d\vec{\beta}}{dt}$. Betrachten sie eine gleichmäßig beschleunigte Bewegung aus der Ruhe in x-Richtung. Bei welcher Geschwindigkeit β benötigt man die doppelte Kraft (relativ zur Kraft bei $\vec{\beta} = 0$) um die Beschleunigung $\dot{\vec{\beta}}$ konstant zu halten?

2**Aufgabe 4: 4-er Impuls graphisch****3**

Erstellen Sie mit einem Plotting-Programm (z.B. Maple, Mathematika, Wolfram Alpha, ROOT oder matplotlib) Diagramme der folgenden Funktionen: E als Funktion von P ($P < 4 \text{ GeV}$) für Photonen und für ein massives Teilchen mit $m = 1 \text{ GeV}$. Kennzeichnen Sie die Bereiche raumartiger und zeitartiger 4-er Impulse.

Zeichnen Sie in das gleiche Diagramm die Linien für die relativistische kinetische Energie E_{kin} , für die nicht-relativistische kinetische Energie $E_{kin,nr} = \frac{P^2}{2m}$, für die erste Approximation an die relativistische Energie $E_{approx.} = m + \frac{P^2}{2m}$.

Aufgabe 5: Skalarprodukt von Vierervektoren**2**

Zeigen Sie am Beispiel einer Lorentz-Transformation in z -Richtung, dass Skalarprodukte von zwei Vierervektoren (a, b) lorentzinvariant sind:

$$a' b' = a b$$

Aufgabe 6: Kinematik des Top-Zerfalls

Ein top-Quark zerfällt durch den Prozess $t \rightarrow bW^+$ mit $W^+ \rightarrow e^+\nu_e$. Die Massen der Teilchen sind in den Tabellen im Skript angegeben.

- a) Berechnen Sie den Impuls des W^+ im System des top-Quarks. **1**
- b) Wie groß ist die minimale und maximale Energie des Elektrons im System des top-Quarks? **2**