

6. Übungsblatt
Theoretische Physik 2: SS2016
Dozent: Prof. M. Vanderhaeghen
Hauptassistent: Leonardo de la Cruz

30.05.2016

Aufgabe 1 (30 Punkte): Lorentz matrix und Lebensdauer des Myons

a) (10 Punkte)

Zeige mit Hilfe der Invarianz des 4-dimensionalen Abstands zwischen Raumzeitkoordinaten unter Lorentztransformationen

$$x^\mu \rightarrow x'^\mu = \Lambda^\mu_\nu x^\nu,$$

dass die Lorentzmatrizen die Gleichung

$$g_{\mu\nu} \Lambda^\mu_{\mu'} \Lambda^\nu_{\nu'} = g_{\mu'\nu'},$$

erfüllen. Zeige, dass dieser Ausdruck kurz geschrieben werden kann als

$$\Lambda^T \Lambda = 1.$$

b) (20 Punkte)

Bei einem Labor-Experiment wird ein Myon beobachtet, welches eine Strecke von 800 m zurücklegt bevor es zerfällt. Mit dem Wert für die Lebensdauer des Myons, 2×10^{-6} s, ergibt sich eine Geschwindigkeit von

$$v = \frac{800 \text{ m}}{2 \times 10^{-6} \text{ s}} = 4 \times 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}} > c.$$

Wo liegt der Fehler und was ist die tatsächliche Geschwindigkeit des Myons?

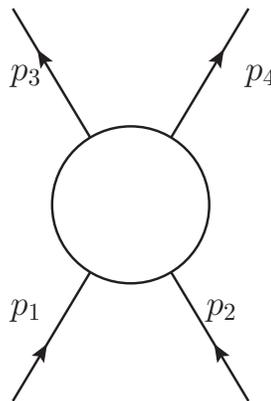
Aufgabe 2 (20 Punkte): Beispiel für eine Lorentzmatrix

Das Bezugssystem S' bewegt sich mit konstanter Geschwindigkeit $\mathbf{v} = \beta c (\cos \phi \mathbf{e}_x + \sin \phi \mathbf{e}_y)$ relativ zu S . Leite die Matrix der Lorentztransformation Λ her.

Aufgabe 3 (30 Punkte): Kinematische Invarianten

Betrachte die Streuung zweier Teilchen mit Massen m_1, m_2 vor der Streuung und m_3 und m_4 nach der Streuung. Die 4er Impulse seien $p_i, i = 1, 2, 3, 4$ (benutzte $c = 1$). Man benutzt dann folgende Variablen zur Charakterisierung der Streuung:

$$s = (p_1 + p_2)^2, \quad t = (p_1 - p_3)^2, \quad u = (p_1 - p_4)^2. \quad (1)$$



a) (5 points)

Zeige, dass

$$s + t + u = \sum_{i=1}^4 m_i^2. \quad (2)$$

b) (10 points)

Nimm eine elastische Streuung an, und dass

$$m_1 = m_3 = M, \quad m_2 = m_4 = m. \quad (3)$$

Im Schwerpunkt-System seien die Anfangs- und End-Impulse der Teilchen mit Masse M gegeben durch \mathbf{k} und \mathbf{k}' . Berechne s , t , und u in Abhängigkeit von \mathbf{k} und \mathbf{k}' und vereinfache soweit wie möglich. Interpretiere s , t , und u .

c) (15 points)

Nimm an, dass im Laborsystem das Teilchen mit Masse m ruht. Berechne sowohl die Energien vor und nach der Streuung der Teilchen mit Masse M im Laborsystem, als auch den Streuwinkel in Abhängigkeit von s , t , und u .

Aufgabe 4 (20 Punkte): Elektron-Positron Paarvernichtung

In einer Paarvernichtung stößt ein Elektron mit Masse m und Impuls \mathbf{p}_e auf ein Positron, welches ruht. Die beiden Teilchen vernichten sich und produzieren zwei Photonen. (Ist es möglich, dass Elektron und Positron sich in ein einzelnes Photon umwandeln? Begründe!) Welche Energie (in Abhängigkeit vom Elektron-Impuls $|\mathbf{p}_e|$) hat eins der Photonen, wenn dessen Impuls um 60° im Vergleich zum einlaufenden Elektron-Impuls verschoben ist?