

Übungen zu Relativitätstheorie I im WS 2015

Aufgabe 35

Zeigen Sie: Ein masseloses Teilchen kann nur in masselose Teilchen zerfallen, aus zwei masselosen Teilchen können jedoch massive Teilchen entstehen.

Aufgabe 36

Zeigen Sie, dass es in der klassischen Wellenphysik keine Aberration gibt. (Betrachten Sie das Verhalten der Phase unter einer Galileitransformation.) Was gilt für eine Materiewelle mit dem Transformationsverhalten aus Aufgabe 9?

Aufgabe 37

Zeigen Sie die Lorentzinvarianz der folgenden rein räumlichen Aussage: Zwei Photonen fliegen parallel zueinander, ihr Verbindungsvektor ist senkrecht zur Geschwindigkeit und hat die Länge d .

Aufgabe 38

Ein von einem Punkt P ausgehendes enges Photonenbündel habe im Inertialsystem I den Öffnungswinkel $d\Omega$ und treffe transversal auf eine Ebene im Abstand R von P . Derselbe Vorgang wird in einem relativ zu I bewegten Inertialsystem I' beobachtet. Zeigen Sie $R^2 d\Omega = R'^2 d\Omega'$.

Aufgabe 39

Zeigen Sie, dass ein Photonenbündel mit Richtungs-Vierervektor $n = (1, \vec{n})$ den Energie-Impuls-Tensor $T^{ik} = \epsilon n^i n^k$ hat. Leiten Sie daraus die auf den Raumwinkel bezogene differentielle Strahlungsleistung eines stationären Strahlers her: $\frac{d\mathcal{P}}{d\Omega} = R^2 T^{00}$, wo T^{00} die (winkelabhängige) Energiedichte der Strahlung im Abstand $R \gg d$ von der Quelle mit Durchmesser d bedeutet.

Aufgabe 40

Folgern Sie aus den Aufgaben 38 und 39 die Relation

$$\left(\frac{d\mathcal{P}}{d\Omega}\right)' = \frac{d\mathcal{P}}{d\Omega} \delta^4$$

mit dem Dopplerfaktor δ .

Aufgabe 41

Zwei Teilchen gleicher Masse m haben die Relativgeschwindigkeit v . E_{CM} bzw. E_L sei die Gesamtenergie im Schwerpunkt- bzw. Laborsystem. Berechnen Sie E_L/E_{CM} als Funktion der Teilchengeschwindigkeit $v_{1/2}$ im Schwerpunktsystem. Wie verhält sich dieser Quotient für $v \rightarrow 1$?

Aufgabe 42

Beweisen Sie $l^{ik} = \text{const}$ für ein freies Teilchen. Was bedeutet dieser Erhaltungssatz für $i = 0$, $k = \alpha$?

Aufgabe 43

Berechnen Sie die Hamiltonfunktion für ein freies Teilchen ausgehend von der

- a) reparametrisierungsinvarianten Wirkung S ,
- b) alternativen Wirkung \tilde{S} .