

Übungen zu Relativitätstheorie I im WS 2014

Aufgabe 34

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

Aufgabe 35

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 36

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 37

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 38

Zeigen Sie, dass der Energie-Impuls-Tensor eines Photonenbündels mit Richtungs-Vierervektor n die Relation $T^{ik} \propto n^i n^k$ erfüllt. 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 39

Folgern Sie aus den Aufgaben 37 und 38 die Relation

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

mit dem Dopplerfaktor δ .

Aufgabe 40

Zwei Teilchen gleicher Masse m haben die Relativgeschwindigkeit v . E_{CM} bzw. E_L sei die Gesamtenergie im Schwerpunkt- bzw. Laborsystem. Zeigen Sie $E_{CM} \ll E_L$ für $v \rightarrow 1$. Welches Resultat liefert die klassische Mechanik?

Aufgabe 41

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

Aufgabe 42

Berechnen Sie die Hamiltonfunktion für ein freies Teilchen ausgehend von der

a) reparametrisierungsinvarianten Wirkung S ,

b) alternativen Wirkung \tilde{S} .