

# Übungsblatt 7

## Relativitätstheorie I

Wintersemester 2022/23  
Fakultät für Physik, Universität Stuttgart  
Prof. Dr. R. Hilfer

### Aufgabe 1)

Superman überquert mit hoher Geschwindigkeit eine Ampelkreuzung deren Ampel grün zeigt. Direkt rechts vor der Ampel steht die Polizei. Hinter der Ampel wird er von einer über Funk verständigten Polizeistreife angehalten, die behauptet, er hätte die Ampel bei rot überquert. Angenommen, beide hätten Recht. Wie schnell war Superman?

### Aufgabe 2)

Ein Lichtquant wird an einem anfänglich ruhenden Elektron gestreut. Berechnen Sie den Impuls und damit die Wellenlängenänderung des gestreuten Lichtquants als Funktion des Streuwinkels (Winkel zwischen der Richtung des einfallenden und des auslaufenden Lichtquants).

### Aufgabe 3)

Ein neutrales Pion  $\pi^0$  mit Ruhemasse  $m_{\pi^0} = 135 \text{ GeV}$  zerfällt in zwei Photonen  $m_\gamma = 0$ . Aufgrund der Energie- und Impulserhaltung werden die beiden Photonen im Schwerpunktsystem mit gleicher Energie und entgegengerichtetem Impuls emittiert. Das Pion bewege sich vor dem Zerfall mit einer Relativgeschwindigkeit  $\vec{v}_L$  im Vergleich zum Labor.

1. Berechnen Sie die Energie der Photonen  $E_1, E_2$  sowie den Winkel  $\alpha$  zwischen den Photonen im Labor in Abhängigkeit von  $m_{\pi^0}, \beta_L(\vec{v}_L), \gamma_L(\vec{v}_L)$  und dem Winkel  $\theta_{SP}$  zwischen der Emissionsrichtung des vorwärts gestreuten Photons und der Bewegungsrichtung des Pions im Schwerpunktsystem.
2. Ein Pion mit der Gesamtenergie  $E_{\pi^0} = 10 \text{ TeV}$  zerfällt wie beschrieben in zwei Photonen. Bestimmen Sie aus der Gesamtenergie die Relativgeschwindigkeit  $\vec{v}_L$ . Bestimmen Sie damit den Wertebereich für die Winkel zwischen den emittierten Photonen und berechnen Sie deren Energien.

*Bitte wenden!*

#### Aufgabe 4)

Betrachten Sie einen relativistischen Stoß zweier Teilchen mit gleicher Masse. Nehmen Sie an, daß Teilchen 2 vor dem Stoß ruht.

1. Berechnen Sie den Winkel  $\theta = \theta(E_1, E'_1)$  zwischen den Flugrichtungen nach dem Stoß, als Funktion der Energien  $E_1$  und  $E'_1$  des ersten Teilchens vor und nach dem Stoß.
2. Nehmen Sie an, daß die Spitzen der räumlichen Impulsvektoren beider Teilchen vor und nach dem Stoß auf einer Ellipse im Impulsraum liegen. Geben Sie die Halbachsen  $a$  und  $b$  der Ellipse an.
3. Zeigen Sie mit dem Ergebnis aus 2, daß die Spitzen der räumlichen Impulsvektoren im Impulsraum tatsächlich stets auf einer Ellipse liegen. Stellen Sie dazu die entsprechende Ellipsengleichung auf und zeigen Sie, daß diese erfüllt ist.
4. Erläutern Sie, was im nichtrelativistischen Grenzfall passiert.