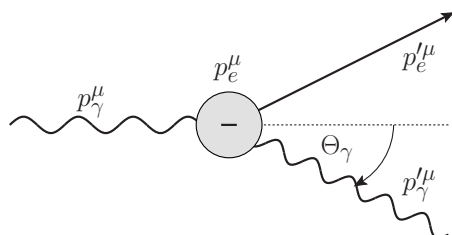


Übungsbetreuung: Seraina Glaus (seraina.glaus@kit.edu) (Raum 12/08 - Geb. 30.23)

Aufgabe 1: Streuprozess - Compton-Effekt

Ein Photon streut an einem ruhenden Elektron und überträgt dabei Energie und Impuls auf das Elektron. In dieser Aufgabe soll nun die Energie E'_γ des Photons nach der Streuung in Abhängigkeit des Streuwinkels Θ_γ mittels Energie-Impuls-Vektoren p^μ bestimmt werden. Diese sind gegeben durch Energie E und Impuls \vec{p} des Teilchens $p^\mu = (E/c, \vec{p})$.



Das Quadrat der Energie-Impuls-Vektoren ist invariant unter Lorentz-Transformationen und gegeben durch die invariante Ruhemasse des Teilchens m_0 gemäß

$$p^2 = p_\mu p^\mu = m_0^2 c^2 = \frac{E^2}{c^2} - \vec{p}^2.$$

- (a) Nutzen Sie die Energie-Impulserhaltung ausgedrückt durch p^μ aus, um die Energie des Photons nach dem Stoß zu bestimmen. Gehen Sie wie folgt vor:
- Lösen Sie die Gleichung der Energie-Impuls-Vektoren des Elektrons p_e^μ und des Photons p_γ^μ vor dem Stoß und des Elektrons p'_e^μ und des Photons p'_γ^μ nach dem Stoß nach p'_e^μ auf.
 - Quadrieren Sie die resultierenden Energie-Impuls-Vektoren auf beiden Seiten der Gleichung und verifizieren Sie, dass die Energie des auslaufenden Photons E'_γ als Funktion der Elektronenmasse m_e , des Streuwinkels Θ_γ und der Energie des einlaufenden Photons E_γ durch

$$E'_\gamma = E_\gamma \cdot \left(1 + \frac{E_\gamma}{m_e c^2} (1 - \cos \Theta_\gamma) \right)^{-1}$$

gegeben ist. *Hinweis:* Es gilt $\vec{p}_\gamma \vec{p}'_\gamma = |\vec{p}_\gamma| |\vec{p}'_\gamma| \cos \Theta_\gamma$. Die Ruhemasse des Photons ist $m_\gamma = 0$, damit können Sie $|\vec{p}_\gamma|$ direkt als Funktion von E_γ ausdrücken.

- (b) Die Energie eines Photons ist durch seine Wellenlänge λ gemäß $E_\gamma = 2\pi\hbar c/\lambda$ gegeben. Bestimmen Sie die Differenz der Wellenlängen $\Delta\lambda = \lambda' - \lambda$.

Aufgabe 2: Dopplereffekt

Einem Raumschiff S', welches sich mit der konstanten Geschwindigkeit v von der Erde S wegbewegt, werden in periodischen Abständen T_0 Radiosignale hinterhergesandt und von diesem wieder zur Erde zurück. Zeige, dass

- (a) die Signale aus der Sicht der Erde in Perioden von $T_1 = \frac{T_0}{1-\frac{v}{c}}$ bei dem Raumschiff ankommen.
- (b) die Signale aus der Sicht des Raumschiffs in Perioden von $T'_1 = T_0 \sqrt{\frac{c+v}{c-v}}$ bei dem Raumschiff ankommen.
- (c) die Signale aus der Sicht der Erde in Perioden von $T_2 = T_0 \frac{c+v}{c-v}$ auf der Erde ankommen.

Aufgabe 3: Lorentz-Transformation: Der Einstein-Zug

Der Einstein-Zug S' bewegt sich in positive x-Richtung mit der Geschwindigkeit $v = 0.6c$ zum Bahnhof S, so dass die Ursprünge der Koordinatensysteme am Zugende ($x' = 0$) bzw. der hinteren Bahnsteigkante ($x = 0$) zur Zeit $t = t' = 0$ in Deckung sind. S' gibt zur Zeit $t' = 0$ einen Schuss in positive x' -Richtung auf die Lokomotive ab. Er stellt fest, dass das Geschoss eine Geschwindigkeit von $u' = 0.8c$ hat und in die Lokomotive einschlägt. Anschliessend bestimmt er die Länge des Zuges zu $s' = 3$ Lichtsekunden.

- (a) Welche Zuglänge s misst S?
- (b) Welche Laufzeit Δt misst S für das Geschoss?
- (c) Welche Geschwindigkeit u misst S für das Geschoss?