

ÜBUNGEN ZUR 'EINFÜHRUNG IN DIE ASTROTEILCHENPHYSIK'

WS 2010/11 - Zettel 1 (Ausgabe: 22.Okt. 2010, Abgabe: 29.Okt. 2010)

Aufgabe 1) SRT

Ein Teilchen X mit der Ruhemasse $M_X = 5m_0$ zerfällt in 2 identische Teilchen x_1 und x_2 , von denen jedes die Masse m_0 hat.

- (a) Im Ruhesystem S' des zerfallenden Teilchens X bewegt sich Teilchen x_1 entlang der positiven y' -Achse, während Teilchen x_2 in die entgegengesetzte Richtung propagiert (siehe Abb.1). Berechnen Sie den Impulsbetrag beider Zerfallsprodukte im System S' .
- (b) Im Laborsystem S bewegt sich das Teilchen X mit der Geschwindigkeit $v = 0.9c$ (hier ist c die Lichtgeschwindigkeit) in positive x -Richtung (siehe Abb.2). Wie groß ist der Winkel θ zwischen der Bewegungsrichtung des jeweiligen Teilchens (x_1, x_2) und der x -Achse? (Hinweis: Benutzen Sie die Lorentz-Transformation des Vierer-Impulses.)

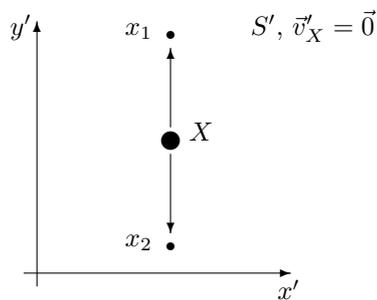


Abbildung 1: Teilchenzerfall im Ruhesystem S' des Teilchens X

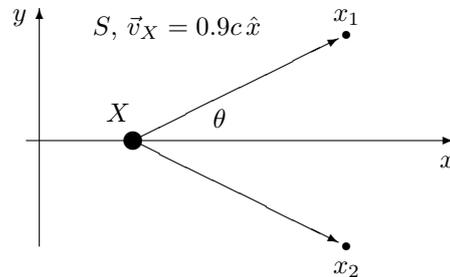


Abbildung 2: Teilchenzerfall im Laborsystem S des Teilchens X

Aufgabe 2) Kosmische Beschleuniger

In der Vorlesung wurde die maximale Energie E_{MAX} , die Teilchen bei der Beschleunigung in astrophysikalischen Objekten erreichen können, sowohl für nicht-relativistische als auch für relativistische Quellen besprochen. Seien im Folgenden q die Teilchenladung, v die zum Magnetfeld senkrechte Komponente der Teilchengeschwindigkeit, D die typische Ausdehnung des (kosmischen) Beschleunigers, B das Magnetfeld, c die Lichtgeschwindigkeit und γ der Gamma-Faktor des Beschleunigers.

- (a) Betrachten Sie Protonen und benutzen die Näherung $v = c$. Erstellen Sie nun den sog. 'Hillas-Plot', ein \log_{10} - \log_{10} -Diagramm mit $B(D)$, und zeichnen E_{MAX} für folgende Objekte ein:
- den LHC
 - das Sonnensystem
 - Pulsare
 - SNa-Überreste.

Benutzen Sie dazu folgende Einheiten: das Parsec (pc) für D , das Gauss (G) für das Magnetfeld B und das Elektronenvolt (eV) für die Teilchenenergien.

Wo im Hillas-Plot sind die Quellen zu finden, die Protonen auf 10^{20} eV beschleunigen können? Was passiert, wenn man $v = c/300$, $c/10$, $c/100$ statt der Näherung $v = c$ betrachtet?

- (b) Man nimmt an, dass relativistische Jets ($\gamma \geq 10$) für die Beschleunigung von UHECRs verantwortlich sind. Zeigen Sie in Ihrem Diagramm, dass AGNs ($\gamma = 10$) und GRBs ($\gamma = 300$) mögliche Kandidaten für die Beschleunigung von UHECRs sind.
- (c) Wo im Hillas-Plot befinden sich Quellen, die Eisenkerne auf 10^{20} eV beschleunigen können? Vergleichen Sie Ihr Ergebnis mit den aus (a) and (b).