

Übungen zur Vorlesung Theorie II (Elektrodynamik)

Blatt 7

Quickies:

70. Diskutieren Sie: Woran kann man sehen, dass die Elektrodynamik die Galilei-Invarianz verletzt?
71. Wie lautet das Relativitätsprinzip in der klassischen Newtonschen Mechanik? Worin unterscheidet sich davon das Einsteinsche Relativitätsprinzip?
72. Formulieren Sie die Einsteinschen Postulate.
73. Wie lautet das Äquivalenzprinzip?
74. Wie lautet die Lorentz-Transformation für zwei Inertialsysteme, die gleichförmig in x -Richtung gegeneinander bewegt sind (Raumkoordinaten nicht verdreht)?
75. Wie lautet die entsprechende Galilei-Transformation? Wie hängt sie mit der Lorentz-Transformation zusammen?
76. Beschreiben Sie die Phänomene der Zeitdilatation und der Lorentzkontraktion.
77. Fallen Ihnen noch weitere relativistische Phänomene ein?
78. Erläutern Sie den Begriff der Gleichzeitigkeit in der speziellen Relativitätstheorie. Wie kann man in einem vorgegebenen Inertialsystem Gleichzeitigkeit feststellen? Warum kann es keine absolute Gleichzeitigkeit geben?
79. Skizzieren Sie die spezielle Lorentz-Transformation in der (x, ct) -Ebene.
80. Wie addieren sich Relativgeschwindigkeiten in der Newtonschen Mechanik, wie in der speziellen Relativitätstheorie? (Sie können sich auf den Fall beschränken, daß beide Relativgeschwindigkeiten in dieselbe Richtung zeigen.)

Aufgaben (abzugeben bis 26.Juni, 13:00 Uhr, im roten Kasten 34, Erdgeschoss Physik-Gebäude)

Aufgabe 20) Relativistische Rakete (10 Punkte)

Eine Rakete der Eigenlänge L_0 fliegt mit konstanter Geschwindigkeit v relativ zu einem Bezugssystem Σ in x -Richtung. Das Ruhssystem der Rakete sei $\bar{\Sigma}$. Zur Zeit $t = \bar{t} = 0$ passiert die Spitze der Rakete den Punkt P_0 in Σ . In diesem Moment wird ein Lichtsignal von der Raketenspitze zum Raketenende gesendet.

- (a) Nach welcher Zeit erreicht im Ruhssystem der Rakete der Lichtblitz das Ende der Rakete?
- (b) Zu welchem Zeitpunkt erreicht das Signal das Raketenende im Ruhssystem Σ des Beobachters?
- (c) Wann registriert der Beobachter, daß das Raketenende den Punkt P_0 passiert?

Aufgabe 21) Lorentztransformation und Geschwindigkeitsaddition (10 Punkte)

Das System $\bar{\Sigma}$ bewege sich mit konstanter Geschwindigkeit $\vec{v} = v(1, 0, 0)$ in x -Richtung gegenüber einem ruhenden System Σ . Ein punktförmiges Teilchen hat in dem System $\bar{\Sigma}$ die Geschwindigkeit $\vec{u}$. Welche Geschwindigkeit $\vec{u}$ hat es in dem System Σ , wenn

- (a) $\vec{u}$ in x -Richtung zeigt?
- (b) $\vec{u}$ senkrecht zu x zeigt?
- (c) Für allgemeine $\vec{u}$?
- (d) Diskutieren Sie für Ihre Ergebnisse von (a-c) speziell den Fall $u \rightarrow c$. Welchen Betrag hat dann $\vec{u}$?

Aufgabe 22) Geometrische Aspekte der Lorentztransformation (10 Punkte)

Betrachten Sie zwei Inertialsysteme Σ und $\bar{\Sigma}$, die sich relativ zueinander mit der konstanten Geschwindigkeit V in x -Richtung bewegen (d. h. $\bar{\Sigma}$ hat die Geschwindigkeit $+V\vec{e}_x$ bezüglich Σ).

- (a) Ein in Σ ruhender Stab schließt mit der x -Achse einen Winkel von 45° ein. Unter welchem Winkel erscheint er in $\bar{\Sigma}$?
- (b) Ein kräftefreies Teilchen verläßt den Ursprung von Σ zur Zeit $t = 0$ mit der Geschwindigkeit v in einer Richtung, die mit der x -Achse einen Winkel von 45° bildet. Welcher Winkel ergibt sich in $\bar{\Sigma}$? Was erhalten Sie speziell im Fall eines Photons (Lichtstrahls?))

Hinweis Für diese Aufgabe brauchen Sie das Geschwindigkeitsadditionstheorem, das Sie in Aufgabe 21 hergeleitet haben sollten. Die Lösung lautet: Ein System $\bar{\Sigma}$ bewege im Vergleich zu einem ruhenden System Σ mit konstanter Geschwindigkeit $\vec{V}$. In dem System $\bar{\Sigma}$ habe ein Körper die Geschwindigkeit $\vec{u}$. Dann ist die Geschwindigkeit $\vec{u}$ im System Σ gegeben durch:

$$u_{\parallel} = \frac{\bar{u}_{\parallel} + V}{(1 + \bar{u}_{\parallel} V/c^2)} \quad \text{parallel zu } \vec{V} \quad \text{und} \quad \vec{u}_{\perp} = \bar{\vec{u}}_{\perp} \frac{\sqrt{1 - V^2/c^2}}{(1 + \bar{u}_{\parallel} V/c^2)} \quad \text{senkrecht zu } \vec{V}.$$