Johannes Kepler Universität Linz
Institut für Theoretische Physik

Übung zu Theoretischer Physik III für LA (Elektrodynamik und Statistik) WS2004/05

10+11.Übungstermin: 16.12.2004+13.1.2005

21.) Minkowski-Diagramm:
Zeigen Sie, dass im Minkowski-Diagramm die Einheitsmaßstäbe auf einer Hyperbel liegen.
(Hinweis: Zeigen Sie zuerst, dass $x^2 - c^2t^2 = x'^2 - c^2t'^2 = const.$ gilt d.h., dass diese Größe unter einer Lorentztarnsformation sich nicht ändert und damit in allen Beszugssystemen den gleichen Wert besitzt. Wenden Sie dann dieses Ergebnis speziell für $const. = \pm 1$ im Minkowski-Diagramm an.

22.) Längenkontraktion und Zeitdilatation:
Zeigen Sie sowohl rechnerisch (Lorentz-Transformation) alsauch grafisch (im Minkowski-Diagramm) die Längenkontraktion bzw. die Zeitdilatation für den Fall, dass

a.) ein Maßstab der Länge l in S ruht.
b.) ein Maßstab der Länge l' in S' ruht.
c.) eine Uhr mit Zeiteinheit t in S ruht.
d.) eine Uhr mit Zeiteinheit t' in S' ruht.

Was erhalten Sie, falls Sie das Ergebnis in a.) gleich wieder nach S transformieren.

23.) Teilchen im Beschleuniger:
Zwei Teilchen mit Ruhmassen m_1 bzw. m_2 werden in einem Beschleuniger aufeinandergeschossen. Teilchen 1 hat eine Geschwindigkeit v_1 bzgl. des Laborsystems und Teilchen 2 hat $-v_2$.

a.) Geben Sie die 4-er Impulse der beiden Teilchen im Laborsystem an.
b.) Geben Sie die 4-er Impulse der beiden Teilchen im Ruhsystem des Teilchens 1 an.
c.) Kann die Kollision der beiden Teilchen ein im Laborsystem ruhendes Teilchen ergeben? Begründen Sie und geben Sie, falls dies geht die Ruhmasse dieses Teilchens an.

B5.) Zerfall eines Teilchens:
Ein Teilchen mit Ruhmasse m_1 bewegt sich relativ zum Labor mit einer konstanten Geschwindigkeit $\vec{v} = v_0\hat{e}_x$. Plötzlich zerfällt das Teilchen ist 2 Photonen.

a.) Geben Sie die 4-er Impulse $p_i^{\mu'}$ der beiden Zerfallsprodukte im Ruhsystem S' ersten Teilchens an , wobei sie sich auf den 2-dimensionalen Fall für den Ortsanteil beschränken können (d.h. θ_i sei der Winkel den der räumliche Anteil des Impulses mit der x-Achse einschließt). Welche Frequenz f_i' haben die Photonen?
b.) Geben Sie dann die 4-er Impulse p_i^{μ} der beiden Zerfallsprodukte im Laborsystem S an. Ändern sich die Winkel der Impulsverktoren bzgl. der x-Achse. Welche Frequent f_i haben die Photonen im Laborsystem?

B6.) Transformation einer ebenen Welle:
Eine elektromagnetische ebene Welle ist im System S charakterisiert durch $\vec{k} = k_0\hat{e}_x$, $\vec{E} = E_0\hat{e}_y$ und $\vec{B} = B_0\hat{e}_z$ (mit $|\vec{E}| = |\vec{B}|$). Transformieren Sie diese 3 Größen ins System S', welches sich relativ zu S mit $\vec{v} = v_0\hat{e}_x$ bewegt.

a.) Gilt weiterhin die Orthogonalität der 3 Größen?
b.) Mißt man in S' eine andere Frequenz als in S?
c.) Bestimmen Sie auch den Poytingvektor $\vec{S}$ in S uns S'.

Führen insbesonders die Grenzfälle $v_0 \to \pm c$ durch!

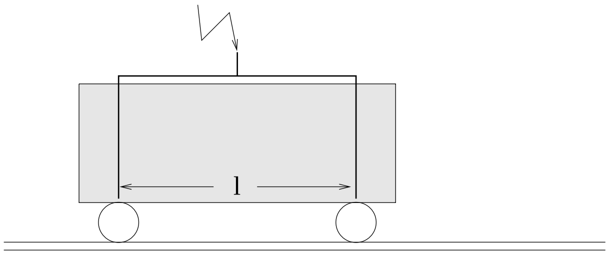
26.) Teilchen im homogenen Magnetfeld:

Ein Teilchen mit Ruhmasse m_0 bewegt sich in einem homogenen Magnetfeld $\vec{B} = B_0 \hat{e}_z$. Lösen Sie die relatischtische Bewegungsgleichung (mit $\vec{v}(0) = \vec{v}_0$). Welche Aussage können Sie über die 0-te Komponente machen.

27.)Blitz im Eisenbahnwaggon:

Ein Eisenbahnwaggon fährt mit einer Geschwindigkeit v auf einer horizontalen Strecke während eines Gewitters. Zum Zeitpunkt $t = t' = 0$ schlägt ein Blitz in den Blitzableiter des Waggons ein, der sich genau in der Waggonmitte auf dem Dach befindet. Zwei Drähte (gleichlang, jeweils Länge s, Ausbreitungsgeschwindigkeit im Draht sei c_n) leiten den Blitz zu den beiden Achsen (Abstand l), wo es zur Weiterleitung an die geerdeten Schienen kommt. Diese beiden Ereignisse hinterlassen Spuren auf den Schienen.
Bestimmen Sie nun die Koordinaten dieser beiden Ereignisse sowohl im System des Waggons (S') alsauch im System des ruhenden Schienenkörpers.
Vergleichen Sie Zeit und Ort der Ereignisse in den beiden Systemen und interpretieren Sie dieses.

Lösen Sie diese Aufgabenstellung auch mit Hilfe eines Minkowskidiagramms, wobei die Waggonmitte die Koordinate $x' = 0$ besitezn soll.



FROHE WEIHNACHTEN!