Theoretische Physik I

Hausübung Nr. 7 Abgabe: 30.11.2004

H18 *Lorentz-Transformationen* **[1+1+2 Punkte]**
Beweisen Sie folgende Eigenschaften mit Hilfe der Index-Notation:

a) Das Pseudo-Skalarprodukt auf dem Minkowskiraum ist lorentzinvariant.

b) Die (inverse) Metrik $\eta^{\mu\nu}$ ist invariant unter Lorentz-Transformationen.

Betrachten Sie nun reelle Vektoren $\mathbf{x} = (x^0, x^1)$ zusammen mit dem Pseudo-Skalarprodukt $\mathbf{x} \cdot \mathbf{y} := x^0 y^0 - x^1 y^1$.

c) Bestimmen Sie alle linearen Transformationen $\mathbf{x}' = \Pi \mathbf{x}$, die das Skalarprodukt invariant lassen.

H19 *Scheinbare Überlichtgeschwindigkeit* **[4 Punkte]**
Der Quasar 3C273 ($\rightarrow$ Google) stößt in einer mit der Verbindungslinie Erde-Quasar den Winkel α einschließenden Richtung Materie aus, deren Winkelgeschwindigkeit $\dot{\varphi}$ messbar ist. Die Entfernung der Erde zum Quasar sei L, so dass $L\dot{\varphi}$ die Geschwindigkeit quer zur Sichtlinie ergibt, die mit etwa $7c$ gemessen wird. Fertigen sie eine Skizze an und zeigen Sie, dass die Materie tatsächlich mit $|v| < c$ ausströmt. Geben Sie Werte für α und v an, die zur beschriebenen Situation passen würden.
Hinweis: Vergleichen Sie die Lichtlaufzeiten von einem Materiestück zur Erde zum Zeitpunkt t_0 und zu einem späteren Zeitpunkt $t_0 + \mathrm{d}t$.

H20 *Teilchenkollisionen* **[4 Punkte]**
Ein Teilchen (Ruhemasse $m \approx 1$GeV) fliegt auf ein zweites Teilchen (ebenfalls Ruhmasse m), welches im Laborsystem ruht. Die Energie E des bewegten Teilchens soll zunächst mit einer Lorentz-Transformation durch die im Schwerpunktsystem dargestellt werden.

a) Bei der Kollision von Protonen und Antiprotonen konnten 1982 erstmals Vektorbosonen erzeugt werden. Diese Teilchen haben eine Ruhemasse von $m_W = 90$GeV. Welchen Wert musste die Energie des Protonen-Antiprotonen-Paares vor dem Stoß mindestens erreicht haben? Welche Energie hatte das bewegte Proton im Laborsystem?

b) Schießt man ein Proton auf ein anderes Proton, so kann ein weiteres Proton-Antiproton-Paar erzeugt werden. Nach der Kollision sind dann vier Teilchen vorhanden. Dies geschieht erst, wenn die kritische Energie T' eines Teilchens ($T' := E' - mc^2$) einen bestimmten Wert überschreitet. Berechnen Sie diesen und geben Sie auch hier die kinetische Energie des bewegten Protons im Laborsystem an.
