Theoretische Physik I

Präsenzübung Nr. 7 23./24.11.2004

P18 *Relativistisches Feuerwerk*
Eine Touristengruppe fliegt in einem Raumschiff in Richtung Mond und passiert die Erde um $t = t' = 0$ Uhr. (Mond und Erde seien punktförmig und ruhend, und der Abstand zwischen beiden betrage $4 \cdot 10^8$m.) Genau zum Zeitpunkt $t = \frac{20}{9}$s (Erdzeit) wird auf dem Mond ein Feuerwerk ausgelöst. Das Raumschiff ist pünktlich am Mond um das Ereignis dort fotografieren zu können. Welche Zeit zeigt die Uhr im Raumschiff an?

P19 *Additionstheorem für Geschwindigkeiten*
Im Folgenden soll die nichttriviale Addition von Geschwindigkeiten in der speziellen Relativitätstheorie hergeleitet werden, die ein Überschreiten der Lichtgeschwindigkeit verhindert.

a) Betrachten Sie eine Gerade g_1 durch den Ursprung im $\mathbb{R}^2$, der durch die Koordinaten (x, y) parametrisiert sei. Die Steigung von g_1 sei m_1. Interpretieren Sie nun diese Gerade als neue x-Achse eines Koordinatensystems (x', y'), indem wiederum eine Gerade g_2 mit Steigung m_2' liegt. Welche Steigung m_2 besitzt g_2 bezüglich des Koordinatensystems (x, y)?
Hinweis: Verwenden Sie die Steigungswinkel von g_1 und g_2.

b) Ein System Σ' bewege sich relativ zu einem System Σ mit Geschwindigkeit v. Ein weiteres System Σ'' bewege sich in Σ' parallel mit der Geschwindigkeit v'. Mit welcher Geschwindigkeit bewegt sich Σ'' in Σ? Finden Sie das Additionstheorem für *parallele* Geschwindigkeiten

$$v'' = \frac{v + v'}{1 + \frac{vv'}{c^2}}$$

durch zwei sukzessive Lorentztransformationen. Vergleichen Sie das Ergebnis mit dem Resultat aus Teil (a). Warum kann die Lichtgeschwindigkeit durch Addition von Relativgeschwindigkeiten nicht überschritten werden?

c) Betrachten Sie nun die zugehörigen *Rapiditäten* θ, θ' und θ'' mit $\tanh\theta = \frac{v}{c}$ etc. Wie lautet hier das Additionstheorem, und in welchem Verhältnis steht es zu Teil (a)?

P20 *Relativistisches Teilchen*
In Σ' fliegt ein Teilchen mit $\mathbf{w}' = (-w, 0, 0)$ in x-Richtung. Wie schnell muss man Σ' in die entgegengesetzte Richtung durch das Labor werfen, damit in Σ die Geschwindigkeit $\mathbf{w} = (w, 0, 0)$ beobachtet wird? Was passiert für $w \to c$.
Anmerkung: Diese Rechnung ist für das Lewis-Tolman-Gedankenexperiment notwendig, das die Formel für die relativistische "Massenkorrektur"

$$\bar{m}(u) = \frac{m}{\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}}$$

ergibt. Für weitere Details siehe z.B. "Physik mit Bleistift", Kapitel 15, Abschnitt "Impuls".