

Relativistische Physik

FSU Jena - WS 2008/2009

Nachklausur

23.03.2009 10:00-11:30

Aufgabe 01

Wie sind Vierergeschwindigkeit und Viererbeschleunigung im Minkowskiraum definiert? Zeigen Sie, dass beide Größen stets senkrecht aufeinander stehen! Wie lautet die speziell-relativistische Verallgemeinerung des zweiten Newtonschen Axioms? Wie berechnet sich die kinetische Energie eines Teilchens aus seinem Dreierimpuls?

Aufgabe 02

Begründen Sie mit Hilfe der Einsteinschen Feldgleichungen, dass für inkohärente Materie (Staub) mit der Massendichte μ und der Vierergeschwindigkeit u^k (Energie-Impuls-Tensor: $T^{ik} = \mu u^i u^k$) die Gleichungen $\nabla_k(\mu u^k) = 0$ und $u^l \nabla_l u^k = 0$ gelten, und erläutern Sie deren physikalische Bedeutung!

Aufgabe 03

Gegeben sei die Schwarzschild-Metrik

$$ds^2 = \frac{dr^2}{1 - \frac{r_s}{r}} + r^2 (d\vartheta^2 + \sin^2 \vartheta d\varphi^2) - \left(1 - \frac{r_s}{r}\right) c^2 dt^2$$

Zeigen Sie, dass bei der kräftefreien Bewegung eines Testteilchens in der Ebene $\vartheta = \pi/2$ die Größen

$$A := \left(1 - \frac{r_s}{r}\right) c \frac{dt}{d\tau} \quad \text{und} \quad B := r^2 \frac{d\varphi}{d\tau}$$

konstant bleiben, und leiten Sie damit eine Gleichung der Form

$$\frac{1}{2} \left(\frac{dr}{d\tau}\right)^2 + V(A, B, r) = 0$$

her (τ : Eigenzeit)! Bestimmen Sie den minimalen Koordinatenradius einer stabilen Kreisbahn!