ÜBUNGEN ZUR THEORETISCHEN PHYSIK C FÜR LEHRAMTSKANDIDATEN / MODERNE THEORETISCHE PHYSIK FÜR METEOROLOGEN UND GEOPHYSIKER — BLATT 7

Prof. Dr. F.R. Klinkhamer; Dr. S.Thambyahpillai
Institut für Theoretische Physik

Abgabe: 08. 12. 10
Besprechung: 10. 12. 10

Name: ....

Bitte die Gruppe ankreuzen und dieses Blatt mit abgeben (bitte tackern):

☐ Gruppe 1
Ramona Gröber

☐ Gruppe 2
Wolfgang Hollik

*

Aufgabe 1: Elektron in elektromagnetischer Welle — 2

Auf ein anfänglich (zur Zeit $t \to -\infty$) ruhendes Elektron fällt eine elektromagnetische Welle ein, die durch die Potentiale

$$\vec{A} = (0, A(x - ct), 0)\,, \quad \Phi = 0\,,$$

mit einer beliebigen, für $|s| \to \infty$ verschwindenden Funktion $A(s)$ beschrieben wird (wobei kartesische Koordinaten $\vec{r} = (x, y, z)$ benützt werden).
Überprüfen Sie die Coulomb-Eichbedingung und die Wellengleichung und berechnen Sie die Feldstärken $\vec{E}$ und $\vec{B}$. [Die Wellengleichung in dieser Eichung lautet $\Delta\vec{A} - \frac{1}{c^2}\partial_t^2\vec{A} = \frac{1}{c}\nabla\partial_t\Phi$.]

Aufgabe 2: Zeitdilatation und Längenkontraktion — 4

i) Im Ursprung des Inertialsystems K befinde sich eine ruhende Uhr. Zu zwei Zeitangaben gehören die Ereignisse $(0, \vec{0})$ und $(cT, \vec{0})$. Welche Zeitdifferenz wird im Inertialsystem K' gemessen, welches sich relativ zu K mit der Geschwindigkeit $(v, 0, 0)$ bewegt? *2P*

ii) Im Inertialsystem K befinde sich ein ruhender Stab der Länge L. Seine Endpunkte beschreiben die Weltlinien $(ct, 0, 0, 0)$ und $(ct, L, 0, 0)$. Welche Länge mißt man im Inertialsystem K'? *2P*

*3. Dezember 2010 14:06 Uhr

(bitte wenden)

Auf ein Teilchen mit der Ruhemasse m wirke eine konstante Kraft F_0 in x-Richtung.

i) Lösen Sie die relativistische Bewegungsgleichung *2P*

$$\frac{d}{dt}\Big(\frac{mv}{\sqrt{1-v^2/c^2}}\Big) = F_0\,,$$

wobei $\vec{v} = (v, 0, 0)$ (benützen Sie die Abkürzung $g = F_0/m$). Finden Sie $x(t)$ und $v(t) = dx(t)/dt$ mit den Anfangswerten $x(0) = 0$, $v(0) = 0$. Wie lauten $x(t)$ und $v(t)$ in führender Ordnung bezüglich c^{-1}? Können Sie das Ergebnis interpretieren? Hinweis: Integrieren Sie beide Seiten, und schreiben Sie v als Funktion von g und t. Integrieren Sie $v(g,t)$, um $x(g,t)$ zu erhalten.

ii) Berechnen Sie den Zusammenhang zwischen t und der Eigenzeit $\tau = \tau(t)$. Geben Sie x und v als Funktion der Eigenzeit τ an. Hinweis: Denken Sie daran, daß $\tau = s/c$ und *2P*

$$ds^2 = c^2dt^2 - dx^2 = c^2dt^2 - v^2dt^2 = \frac{c^2dt^2}{1+g^2t^2/c^2}\,,$$

ist.

iii) Bestimmen Sie die Vierergeschwindigkeit $u^\mu(\tau) = \partial_\tau x^\mu(\tau) = \partial_\tau(ct(\tau), x(\tau))$ und Viererbeschleunigung $a^\mu(\tau) = \partial_\tau u^\mu(\tau)$ des Teilchens. Berechnen Sie die Beschleunigung, die ein mitbewegter Beobachter im System des Teilchens spürt. Hinweis: Finden Sie $\beta(\tau)$ und $\gamma(\tau)$, und setzen Sie diese in die Lorentztransformation *2P*

$$\Lambda^\mu{}_\nu = \begin{pmatrix} \gamma & -\beta\gamma \\ -\beta\gamma & \gamma \end{pmatrix}\,,$$

ein.