

Übungen zur Theoretischen Physik 3 für das Lehramt L3 – Blatt 12

Aufgabe 1 (10 Punkte): Gleichförmig bewegter Plattenkondensator

Im Inertialsystem Σ' ruhender Plattenkondensator mit Platten parallel zur x'^2 - x'^3 -Ebene im Abstand d mit Ladung Q besitzt bekanntlich ein elektrostatisches Feld $E'^1 = E' = Q/(\epsilon_0 A)$, wobei A die Fläche der (gegenüber d sehr großen Platten ist. Das elektrostatische Feld wird durch die Potentiale $\Phi' = -E'x'^1$, $\vec{A}' = 0$ beschrieben, d.h. das Vierervektorpotential ist $(A'^\mu) = (\Phi'/c, 0, 0, 0)^T$. Die Spannung am Kondensator ist demnach $U' = E'd$.

- (3 Punkte) Berechnen Sie das elektromagnetische Feld, wie es ein Beobachter im Inertialsystem Σ misst. Wie üblich bewege sich dabei Σ' (und damit der Kondensator) im System Σ mit der Geschwindigkeit $\vec{v} = \beta c \vec{e}_1$.
- (7 Punkte) Berechnen Sie das Viererpotential (A^μ) und zeigen Sie, dass sich daraus das gleiche elektromagnetische Feld wie in (a) ergibt.

Aufgabe 2 (10 Punkte): Feld einer gleichförmig bewegten Punktladung

Eine Punktladung q bewege sich mit der Geschwindigkeit $\vec{v} = \beta c \vec{e}_1$ im Inertialsystem Σ , d.h. sie ruht im räumlichen Ursprung im Inertialsystem Σ' . In Σ' wird es daher durch das Viererpotential $\underline{A} = (\Phi'/c, 0, 0, 0)^T$ mit

$$\Phi'(\vec{x}') = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 |\vec{x}'|} \quad (1)$$

beschrieben. Wir wollen ohne Zuhilfenahme der Lorentz-Transformationsformeln das elektromagnetische Feld in Σ berechnen.

Dazu bemerken wir, dass in Σ' die Vierergeschwindigkeit des Teilchens $(u'^\mu = (1, 0, 0, 0)^T)$ ist.

- (3 Punkte) Zeigen Sie, dass

$$|\vec{x}'| = \sqrt{(\underline{u}' \cdot \underline{x}')^2 - \underline{x}' \cdot \underline{x}'} \quad (2)$$

und folglich

$$A'^\mu = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 c \sqrt{(\underline{u}' \cdot \underline{x}')^2 - \underline{x}' \cdot \underline{x}'}} u'^\mu \quad (3)$$

ist.

- (2 Punkte) Wie lautet die Vierergeschwindigkeit \underline{u} bzgl. Σ ?
- (2 Punkte) Wie lautet demnach das Viererpotential in Σ ? **Hinweis:** Sie benötigen hier nicht die Lorentz-Transformation. Sie müssen nur beachten, dass (2) ein Lorentz-kovarianter Ausdruck ist.
- (3 Punkte) Berechnen Sie aus dem Viererpotential das elektromagnetische Feld bzgl. des Inertialsystems Σ .

Hinweis: Die Lösung ist im Skript auf einem anderen Wege hergeleitet (vgl. Abschnitt 4.8.4).

Homepage zu Vorlesung und Übungen:

<https://itp.uni-frankfurt.de/~hees/theo3-13-WS2324/index.html>