

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

### Aufgabe 1 (10 Punkte): Gleichförmig bewegter Plattenkondensator

Im Inertialsystem  $\Sigma'$  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  $\Sigma$  misst. Wie üblich bewege sich dabei  $\Sigma'$  (und damit der Kondensator) im System  $\Sigma$  mit der Geschwindigkeit  $\vec{v} = \beta c \vec{e}_1$ .
- (7 Punkte) Berechnen Sie das Viererpotential  $(A^\mu)$  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  $\Sigma$ , d.h. sie ruht im räumlichen Ursprung im Inertialsystem  $\Sigma'$ . In  $\Sigma'$  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  $\Sigma$  berechnen.

Dazu bemerken wir, dass in  $\Sigma'$  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.  $\Sigma$ ?
- (2 Punkte) Wie lautet demnach das Viererpotential in  $\Sigma$ ? **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  $\Sigma$ .

**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-WS2223/index.html>