

## Übungsaufgaben zur Elektrodynamik<sup>2</sup>

16 Punkte

1.

### Vierervektoren

10 Punkte

- (a) Man zeige, dass sich die Komponenten  $x^\mu = (ct, \vec{x}^T)^T$  mit und  $\{\mu = 0, 1, 2, 3\}$  bei räumlichen Drehungen wie die Komponenten des dreidimensionalen Vektors  $\vec{x}$  transformieren (2 P).
- (b) Man zeige, dass sich die Komponenten eines antisymmetrischen Vierertensors 2. Stufe bei räumlichen Drehungen wie die Komponenten zweier unabhängiger Vektoren  $\vec{p}$  (polarer Vektor) und  $\vec{a}$  (axialer Vektor) des dreidimensionalen Raumes transformieren (3 P).
- (c) Der Vierer-Impuls eines freien Teilchens mit der Geschwindigkeit  $\vec{v}$  und der Ruhmasse  $m$  ist gegeben durch  $p^\mu = (\gamma mc, \gamma m\vec{v})$  mit  $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}$ .
- i) Zeigen Sie, dass der  $p^\mu$  eine Lorentz-Invariante ist.
- ii) Zeigen Sie, dass für ein freies Teilchen mit der Energie  $E = \gamma mc^2$  und dem Impuls  $\vec{p}_{rel} = \gamma m\vec{v}$  die Beziehung  $E^2 = c^2 p_{rel}^2 + m^2 c^4$  gilt (5 P).

2.

### Kontinuitätsgleichung in Viererschreibweise

6 Punkte

- a) Zeigen Sie, dass die Kontinuitätsgleichung in Viererschreibweise durch

$$\partial_\mu j^\mu = 0$$

gegeben ist. Zeigen Sie, dass sich die Komponenten von  $(j^\mu)$  *kontravariant* und die Komponenten von  $(\partial_\mu)$  *kovariant* unter Lorentztransformationen transformieren.

- b) Zeigen Sie, dass Lorentztransformationen die Kontinuitätsgleichung forminvariant lassen, dass also

$$\partial'_\mu j'^\mu = \partial_\alpha j^\alpha$$

gilt.

---

<sup>1</sup>udo.schwarz@uni-potsdam.de

<sup>2</sup><http://www.agnld.uni-potsdam.de/~shw/Lehre/lehangebot/2018WSEdynamik/2018WSEdynamik.html>