

ÜBUNGEN ZUR THEORETISCHEN PHYSIK III
(THEORIE C, ELEKTRODYNAMIK), WS 2011/12
Prof. Dr. F.R. Klinkhamer; Dr. S.Thambyahpillai
Institut für Theoretische Physik

BLATT 13 (BONUS)
Abgabe: 06. 02. 12
Besprechung: 08. 02. 12

Name:

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

- | | | | |
|--|--|---|---|
| ☐ Gruppe 1
Matthias Weinreuter | ☐ Gruppe 2
Juraj Streicher | ☐ Gruppe 3
Philip Wollfarth | ☐ Gruppe 4
Ulf Briskot |
| ☐ Gruppe 5
Valentin Bolsinger | ☐ Gruppe 6
Robin Roth | ☐ Gruppe 7
Julian Stöckel | ☐ Gruppe 8
Stefan Miereis |
| ☐ Gruppe 9
Philipp Rudo | ☐ Gruppe 10
Marius Bürkle | ☐ Gruppe 11
Guillaume Chalons | ☐ Gruppe 12
Justus Zorn |
| ☐ Gruppe 13
Yasmin Anstruther | | | |

*

Bitte beachten Sie: Bei den Punkten, die Sie auf dem aktuellen Übungsblatt erreichen können, handelt es sich um Bonuspunkte. Diese fließen nur optional in die Bewertung ein, sprich, die Abgabe einer Lösung ist freiwillig.

Aufgabe 1: Compton-Effekt

4

Ein Photon ist ein Teilchen mit Ruhemasse Null, Energie $E = \hbar\omega$ und Impulsbetrag $|\vec{q}| = \hbar\omega/c$. Ein Photon mit Frequenz ω_0 und Impuls $\vec{q}_0$ werde an einem ruhenden freien Elektron der Masse m gestreut. Nach dem Stoß habe das Photon die Frequenz ω_1 und den Impuls $\vec{q}_1$, der mit dem ursprünglichen Impuls $\vec{q}_0$ den Winkel θ einschließt. Das Elektron habe nach dem Stoß den Impuls $\vec{p}$. Bestimmen Sie die Frequenz ω_1 des gestreuten Photons in Abhängigkeit von ω_0 , m und θ .

Aufgabe 2: Elementarteilchenprozesse

4

- i) Zeigen Sie, dass das Endprodukt eines Elementarteilchenprozesses, bei dem zwei verschiedene massive Teilchen miteinander kollidieren, niemals ein einzelnes Photon sein kann. 2P

- ii) Ein ruhendes Teilchen der Masse M zerfällt in ein Teilchen der Masse m und ein Photon. Berechnen Sie die Energie des Photons. 2P

Aufgabe 3: Kovariante Formulierung der Elektrodynamik

4

- i) Die kovariante Form der Lagrangedichte des elektromagnetischen Feldes lautet 1P

$$\mathcal{L}(A_\rho, \partial_\sigma A_\rho) = -\frac{1}{16\pi} F_{\mu\nu} F^{\mu\nu} - \frac{1}{c} A_\mu j^\mu,$$

wobei j^μ eine von außen vorgegebene Vierer-Stromdichte ist. Leiten Sie mit Hilfe der Euler-Lagrange-Gleichungen

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial A_\mu} - \partial_\nu \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial (\partial_\nu A_\mu)} = 0,$$

die Bewegungsgleichungen her. Verwenden Sie die Lorenzbedingung, um die Bewegungsgleichungen als Wellengleichung für A_μ zu schreiben.

Zeigen Sie, dass die Wirkung $S = \int d^4x \mathcal{L}$ eichinvariant ist.

- ii) Der Energie-Impuls-Tensor des elektromagnetischen Feldes ist gegeben durch 1P

$$T^{\mu\nu} = \frac{1}{4\pi} \left(F^\mu{}_\lambda F^{\lambda\nu} + \frac{1}{4} \eta^{\mu\nu} F_{\rho\lambda} F^{\rho\lambda} \right).$$

Zeigen Sie, dass in Abwesenheit von Strömen und Ladungen gilt: $\partial_\mu T^{\mu\nu} = 0$.

- iii) Drücken Sie die Komponenten T^{00}, T^{0i}, T^{ij} ($i, j = 1, 2, 3$) durch $\vec{E}, \vec{B}$ aus. 1P

- iv) Zeigen Sie, dass die Gleichung $\partial_\mu T^{\mu\nu} = 0$ den Poyntingschen Satz und die Impulserhaltung für freie Felder beinhaltet. 1P