

**Klassische Theoretische Physik III WS 2014/2015**

Prof. Dr. A. Shnirman

Blatt 14

Dr. B. Narozhny

Abgabe 06.02.2015, Besprechung 11.02.2015

---

**1. Relativistische Elektrodynamik:**

(20 Punkte)

In der Vorlesung wurde die allgemeinen Transformationsgesetze für elektromagnetische Felder besprochen. Betrachten Sie jetzt eine Punktladung in gleichförmiger Bewegung.

- Eine Punktladung  $q$  ruht im System  $\mathcal{S}_0$  im Ursprung. Wie lautet das elektrische Feld derselben Ladung im System  $\mathcal{S}$ , welches sich nach rechts mit der Geschwindigkeit  $v_0$  relativ zu  $\mathcal{S}_0$  bewegt?
- Bestimmen Sie das magnetische Feld einer Punktladung  $q$ , die sich mit konstanter Geschwindigkeit  $\vec{v}$  bewegt.
- Bestätigen Sie, dass das Feld einer gleichförmig bewegten Punktladung dem Gauß'schen Gesetz gehorcht, indem Sie über eine Kugel mit Radius  $R$  integrieren, deren Mittelpunkt in der Ladung liegt.
- Bestimmen Sie den Poynting-Vektor einer gleichförmig bewegten Punktladung.  
*Hinweis:* Nehmen Sie an, dass sich die Ladung mit Geschwindigkeit  $v$  in  $z$ -Richtung bewegt, und berechnen Sie  $\vec{S}$  zu dem Zeitpunkt, in dem  $q$  durch den Ursprung geht.

**2. Elektromagnetische Wellen:**

(10 Punkte)

Eine elektromagnetische ebene Welle der Frequenz  $\omega$  bewegt sich in  $x$ -Richtung durch das Vakuum. Sie ist in  $y$ -Richtung polarisiert, und die Amplitude des elektrischen Felds ist  $E_0$ .

- Schreiben Sie das elektrische und magnetische Feld  $\vec{E}(x, y, z, t)$  und  $\vec{B}(x, y, z, t)$  auf.  
*Hinweis:* Stellen Sie sicher, dass Sie alle von Ihnen eingeführten willkürlichen Größen angeben und durch  $\omega$  und  $E_0$  sowie die Naturkonstanten ausdrücken.
- Dieselbe Welle wird aus dem Inertialsystem  $\bar{\mathcal{S}}$  heraus beobachtet, das sich relativ zum ursprünglichen System  $\mathcal{S}$  mit Geschwindigkeit  $v$  in  $x$ -Richtung bewegt. Bestimmen Sie das elektrische und magnetische Feld in  $\bar{\mathcal{S}}$  und drücken Sie durch die Koordinaten in  $\bar{\mathcal{S}}$  aus :  $\vec{E}(\bar{x}, \bar{y}, \bar{z}, \bar{t})$  und  $\vec{B}(\bar{x}, \bar{y}, \bar{z}, \bar{t})$ .  
*Hinweis:* Definieren Sie auch hier alle von Ihnen eingeführten willkürlichen Größen.
- Welche Frequenz  $\bar{\omega}$  hat die Welle in  $\bar{\mathcal{S}}$ ? Interpretieren Sie dieses Ergebnis. Welche Wellenlänge  $\bar{\lambda}$  hat die Welle in  $\bar{\mathcal{S}}$ ? Bestimmen Sie anhand von  $\bar{\omega}$  und  $\bar{\mathcal{S}}$  die Geschwindigkeit der Wellen in  $\bar{\mathcal{S}}$ . Entspricht das Ergebnis Ihren Erwartungen?

- (d) Wie groß ist das Intensitätsverhältnis zwischen  $\bar{S}$  und  $\bar{S}'$ ? Als Jugendlicher soll sich Einstein gefragt haben, wie eine elektromagnetische Well aussehen würde, wenn man mit Lichtgeschwindigkeit neben ihr her laufen könnte. Was könnten Sie ihm, für den Fall  $v \rightarrow c$ , über Amplitude, Frequenz und Intensität der Welle sagen?