

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 ω 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 ω 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?