
Klassische Theoretische Physik II

Blatt 9

WS 2011/12

Abgabe: Dienstag, den 13.12.2011 vor 10 Uhr gegenüber dem Prüfungsamt

Besprechung: Donnerstag, den 15.12.2011 in den Übungsstunden

Website: <http://www.thp.uni-koeln.de/~rk/ktpii2011.html>

Mitteilung I: Alle 8-Uhr-Gruppen finden im Seminarraum des II. Instituts statt

Mitteilung II: Wir sind umgezogen. Dozent und Assistenten sind jetzt im Container zwischen Physik und Wilhelm-Waldeyer-Straße im Erdgeschoß ganz hinten zu finden.
tel. 470 4995 und 470 4402

34. Minkowski-Diagramme

(4 Punkte)

Erklären Sie den Effekt der relativistischen Längenkontraktion anhand eines Minkowski-Diagramms.

35. Relativistischer Dopplereffekt

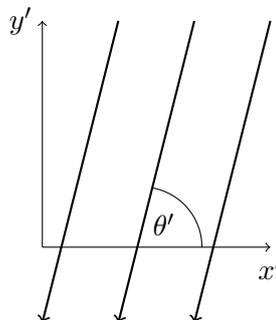
(4 Punkte)

a) Der longitudinale Dopplereffekt:

Ein System S' bewege sich mit der Geschwindigkeit $\mathbf{v} = v\mathbf{e}_x$ relativ zum System S . Im System S' breite sich eine ebene elektromagnetische Welle mit Vierer-Wellenvektor $k = (\frac{\omega}{c}, \mathbf{k})$ senkrecht zur z' - und parallel zur x' -Achse aus. Bestimmen Sie die Frequenz der Welle in S .

b) Transversaler Dopplereffekt und Aberration

Die Situation sei nun wieder wie in Aufgabe a. Nur diesmal falle die Welle in einem Winkel θ' zur x' -Achse ein. Wie ist der Empfangswinkel θ in S ? Wie ist die Aberration, die Abweichung der beiden Winkel voneinander, für $\theta = \frac{\pi}{2}$? Wie ist die Rotverschiebung bei senkrechter Beobachtung ($\theta = \frac{\pi}{2}$), was gilt hier für θ' ?



36. Überlichtgeschwindigkeit

(4 Punkte)

- a) Ein im Inertialsystem K ruhender Sender A (Weltlinie $(ct, 0)_K$) sendet zur Zeit $t = 0$ ein Signal mit Überlichtgeschwindigkeit $U > c$ (relativ zu K) an einem Empfänger B , der sich relativ zu A mit Geschwindigkeit $v < c$ bewegt (Weltlinie $(ct, x_0 + vt)_K$). B empfängt das Signal zur Zeit $t_1 > 0$ (bzgl. K), und sendet sofort ein Antwortsignal an A zurück. Das Antwortsignal bewegt sich jetzt relativ zu B mit Geschwindigkeit $U > c$. A empfängt das Antwortsignal zur Zeit t_2 bzgl. K . Bestimmen Sie t_2 als Funktion von t_1 , U , v und natürlich c . Überprüfen Sie Ihr Ergebnis an Ihren Erwartungen in den zwei Grenzfällen $v = 0$ bzw. $U = c$. Zeigen Sie, dass für hinreichend große Signalgeschwindigkeit U die Ankunftszeit t_2 negativ ist, und damit Kausalitätsverletzung vorliegt.
- b) Unter Aufgabe des Relativitätsprinzips nehmen wir jetzt an, dass das Antwortsignal von B nach A sich ebenso wie das erste Signal relativ zu A mit Geschwindigkeit U bewegt. Wie lautet dann die Zeit t_2 und wie steht es dann um die Kausalität?

37. Lorentz-Tensoren

(4 Punkte)

Zeigen Sie:

- a) Ist $T_{\beta_1}^{\alpha_1\alpha_2}$ ein Lorentz-Tensor, so ist die Kontraktion $S^\alpha := T_\mu^{\alpha\mu}$ ebenfalls ein Lorentz-Tensor, $U_\beta := T_\beta^{\mu\mu}$ dagegen aber *kein* Lorentz-Tensor.
- b) Sind $T_{\beta_1}^{\alpha_1\alpha_2}$ und S_δ Lorentz-Tensoren, so ist auch das Tensorprodukt $T_{\beta_1}^{\alpha_1\alpha_2} S_\delta$ ein Lorentz-Tensor.
- c) Ist $T^{\mu\nu}$ ein (anti-)symmetrischer Lorentz-Tensor, d.h. $T^{\mu\nu} = (-)T^{\nu\mu}$, so ist auch der Lorentz-transformierte Tensor $T'^{\mu\nu}$ (anti-)symmetrisch.