

# Übungsblatt 9

für das Tutorium am 12.06.2015

## 1. Kugelwelle

Das Vektorpotential einer Kugelwelle im Vakuum ist

$$\vec{A} = \frac{C}{r} e^{i(kr - \omega t)} \vec{e}_z \quad C \in \mathbb{R}. \quad (1)$$

- Berechne  $\vec{E}$  und  $\vec{B}$ .
- Betrachte nun die Näherung großer Abstände  $r \gg \lambda$ , wobei  $\lambda$  die Wellenlänge der Kugelwelle ist ("Strahlungszone" bzw. "Fernfeldnäherung"). Berechne  $\vec{E}$  und  $\vec{B}$  in dieser Näherung.
- Berechne die (über eine Schwingungsperiode) zeitlich gemittelte abgestrahlte Leistung pro Raumwinkelement  $\frac{d\langle P \rangle}{d\Omega}$  in der Näherung  $r \gg \lambda$  und skizziere das Resultat.
- Berechne die gesamte abgestrahlte Leistung, wenn  $r \gg \lambda$ .

*Hinweis:* Die abgestrahlte Leistung ist  $P = \oint_{\partial V} d\vec{f} \vec{S}$ , wobei  $\vec{S}$  der Poyntingvektor ist (siehe Energiesatz der Elektrodynamik). Als Volumen wählt man in diesem Fall eine Kugel mit Radius  $r$ . Mehr zu elektromagnetischer Abstrahlung gibt es in Elektrodynamik 2!

## 2. Bewegter Stab

Ein Stab befindet sich in einem Inertialsystem  $S$  in der  $xy$ -Ebene und bewegt sich relativ zu  $S$  mit der Geschwindigkeit  $v = \frac{2}{3}c$  in  $y$ -Richtung. Die Länge des Stabes in  $S$  ist  $L$  und der Stab sei so ausgerichtet, dass er mit der  $x$ -Achse einen Winkel von  $30^\circ$  einschliesst (siehe Abbildung 1).

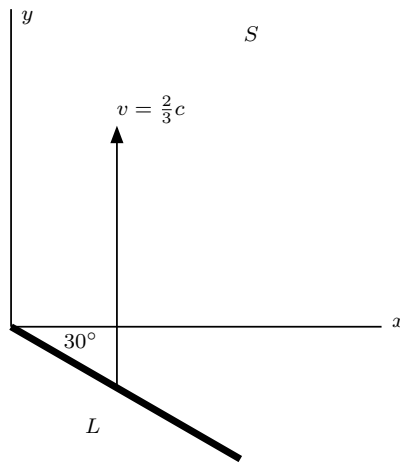


Abbildung 1: Stab in  $S$  zum Zeitpunkt  $t = 0$ .

- (a) Wie groß ist die Ruhelänge  $L_0$  des Stabes?
- (b) Gibt es ein Inertialsystem  $S'$ , das sich mit Geschwindigkeit  $V$  relativ zur  $x$ -Richtung bewegt, in dem der Stab parallel zur  $x'$ -Achse ist? Wie groß ist  $V$ ?
- (c) Welche Länge  $L'$  besitzt der Stab in  $S'$ . Was ist seine Geschwindigkeit  $\bar{v}'$ ?

### 3. Lichtuhren

Zwischen zwei parallelen Spiegeln  $A$  und  $B$  mit Abstand  $L$  bewege sich ein Lichtblitz hin und her. Diese "Uhr" ticke bei jedem Auftreffen des Lichtblitzes auf den Spiegel  $A$ , was durch einen Zähler registriert werde. Es seien nun zwei solcher Uhren synchronisiert und in einem festen Abstand von einander aufgestellt. Eine dritte bewege sich dazu mit der konstanten Relativgeschwindigkeit  $v$  wie in Abbildung 2 dargestellt. Die Zeitmessungen finden statt, wenn Uhr 3 mit Uhr 1 bzw. Uhr 2 überlappt. Führe die Diskussion im Ruhesystem von den Uhren 1 und 2.

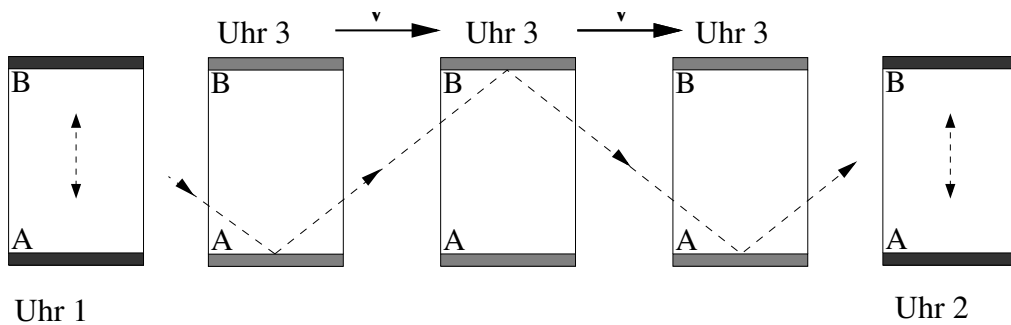


Abbildung 2: Bewegte Uhr zwischen zwei festen Uhren.

- (a) Berechne mit Hilfe geometrischer Überlegungen den Faktor, um den die bewegte Uhr langsamer geht als die beiden ruhenden.
- (b) Es sei der Versuchsaufbau wie in Aufgabe (a) gegeben mit dem Unterschied, dass nun die sich bewegende dritte Uhr um  $90^\circ$  so gedreht ist, dass die Bewegungsrichtung der Uhr parallel zum Laufweg des Lichtblitzes in ihrem Innern ist (siehe Abbildung 3).

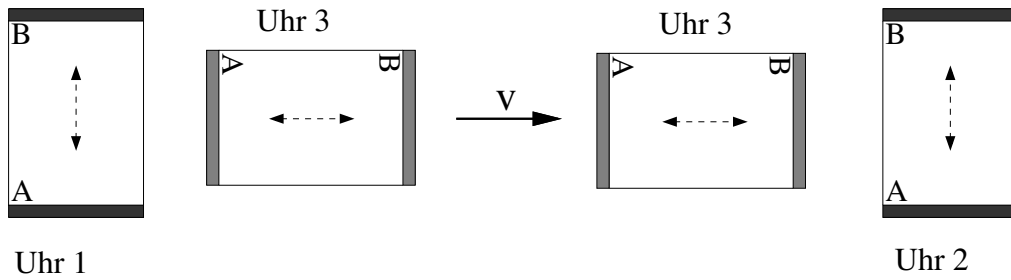


Abbildung 3: Nun ist die bewegte Uhr um  $90^\circ$  gedreht.

Um welchen Faktor muss der Abstand der beiden Spiegel der bewegten dritten Uhr verringert werden, damit sie um den in Aufgabe (a) berechneten Faktor langsamer geht? Warum ist das eine konsistente Fragestellung?

Ankreuzbar: 1ab, 1cd, 2abc, 3a, 3b