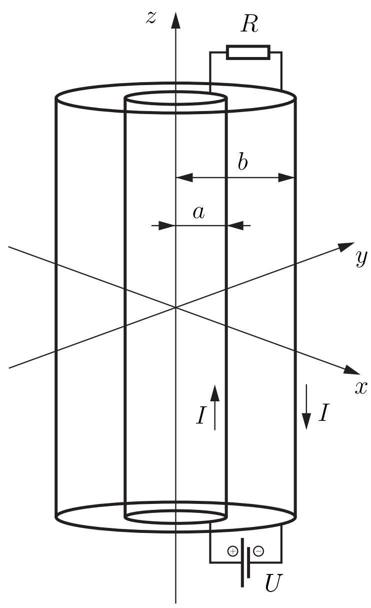
Humboldt-Universität zu Berlin
Institut für Physik
PD Dr. T. Klose, Dr. I. Bierenbaum

Pk5 Klassische Theoretische Physik WS 2015/16

Übungsblatt 14, Abgabe am Do. 04.02.16,
Besprechung in den Übungen am Fr. 05.02.16.

1 Energietransport im Koaxialkabel

Ein Koaxialkabel besteht aus zwei zylindrischen Leitern mit gemeinsamer Achse. Unser Koaxialkabel hat die Radien a und b, ist unendlich lang und verläuft entlang der z-Achse, wie dargestellt. Am unteren "Ende" schließen wir eine Batterie an, die eine Potentialdifferenz U zwischen den beiden Leitern bewirkt. Am oberen "Ende" verbinden wir die beiden Leiter mit einem ohmschen Widerstand R. Das Koaxialkabel selbst habe keinen Widerstand.



Dieser Aufbau bewirkt, dass sich auf den beiden Leitern des insgesamt neutralen Kabels eine jeweils konstante Ladungsdichte bildet (innen $\sigma_a > 0$, außen $\sigma_b < 0$) und dass durch den inneren Teil ein konstanter Strom I nach oben und durch den äußeren Teil der gleiche Strom I nach unten fließt.

(a) Berechnen Sie das elektrische Feld im gesamten Raum. Schreiben Sie das Ergebnis als Funktion der Spannung U.

(b) Berechnen Sie das magnetische Feld im gesamten Raum.

(c) Berechnen Sie die Energiestromdichte $\mathbf{S} = \frac{1}{\mu_0}\mathbf{E} \times \mathbf{B}$ im gesamten Raum. Berechnen Sie den gesamten Energiestrom $\int \mathbf{S} \cdot \mathbf{e}_z \, da$ von unten durch die $z = 0$ Ebene und zeigen Sie, dass dieser Energiestrom gleich der im Widerstand verbrauchten Leistung $P = UI$ ist.

(d) Die Vorzeichen welcher der folgenden Größen ändern sich, wenn die Batterie umgepolt wird: σ_a, σ_b, $\mathbf{j}$, $\mathbf{E}$, $\mathbf{B}$, $\mathbf{S}$, P?

Bitte Rückseite nicht übersehen.

2 Lorentzinvarianz der Wellengleichung

Gegeben ist die dreidimensionale Wellengleichung

$$\frac{\partial^2\psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2\psi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2\psi}{\partial z^2} - \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2\psi}{\partial t^2} = 0$$

in einem Inertialsystem mit den Koordinaten x, y, z und t. In der Vorlesung hatten wir gesehen, dass diese Gleichung *nicht* invariant ist unter Galilei-Transformationen ($t' = t$, $x' = x - vt$, $y' = y$, $z' = z$). Zeigen Sie hier, durch eine entsprechende Rechnung, dass sie invariant ist unter der folgenden Transformation

$$t' = \gamma(t - vx/c^2) \quad , \quad x' = \gamma(x - vt) \quad , \quad y' = y \quad , \quad z' = z$$

mit $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1-v^2/c^2}}$.

Bem.: Diese Transformation heißt Lorentz-Transformation und ist eine Verallgemeinerung der Galilei-Transformation. Im Grenzfall $v \ll c$ vereinfachen sich diese Formeln zur Galilei-Transformation — probieren Sie es aus!