Technische Universität Berlin – Institut für Theoretische Physik 17. November 2010
http://www.itp.tu-berlin.de Direktzugang: 90109

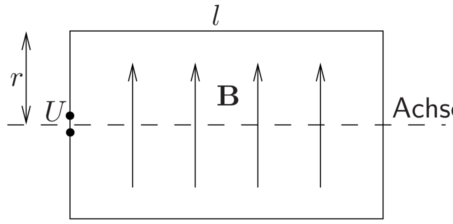
Prof. Dr. Tobias Brandes
Dipl.-Phys. Arash Azhand, Dipl.-Phys. Valentin Flunkert, Dipl.-Phys. Philipp Zedler
Benjamin Regler, Jan Techter

5. Übungsblatt zur Theoretischen Physik III: Elektrodynamik

Abgabe: Montag 29.11. bis 10:00 in den Briefkasten im Ernst-Ruska Gebäude (Physik Altbau). Die Abgabe erfolgt in **3er Gruppen**.

Aufgabe 13 (4+2+2=8 Punkte): *Leiterschleife im Magnetfeld*

Eine rechteckige Leiterschleife rotiere in einem homogenen Magnetfeld $\mathbf{B} = B_0\mathbf{e}_z$ mit der Winkelgeschwindigkeit w.



a) Berechnen Sie die induzierte Spannung U in Abhängigkeit von der Zeit.

b) Die Leiterschleife sei quadratisch mit einer Seitenlänge von 10cm und bewege sich mit 10 Umdrehungen pro Sekunde. Wie stark muss das Magnetfeld sein, damit die maximal induzierte Spannung $1V$ beträgt? Ist das viel? Was ließe sich an der Apparatur verbessen, wenn effizient Strom produziert werden soll?

c) Geben Sie für den beschriebenen Aufbau das Verhältnis zwischen Strom und Verschiebestrom an. Hierzu genügt es, eine einzige Gleichung zu erklären.

Aufgabe 14 (3+3+2=8 Punkte): *Greensche Funktion einer schwingenden Saite*

Wir definieren eine Greensche Funktion

$$G(\mathbf{x}, \mathbf{x}', t - t') \equiv \sum_n \phi_n(\mathbf{x})\phi_n^*(\mathbf{x}')\frac{\sin\left[\sqrt{\lambda_n}(t - t')\right]}{\sqrt{\lambda_n}} \quad (1)$$

zur Wellengleichung $\ddot{\Phi}(\mathbf{x}, t) + L_x\Phi(\mathbf{x}, t) = f(\mathbf{x}, t)$, wobei wieder $\phi_n(x)$ ein vollständiges System von Eingenfunktionen von L_x zu den Eigenwerten λ_n ist.

a) Zeigen Sie, dass die retardierte Greensche Funktion $G_{ret}(\mathbf{x}, \mathbf{x}'; t-t') \equiv G(\mathbf{x}, \mathbf{x}', t-t')\theta(t-t')$ tatsächlich die Definitionsgleichung

$$\left(\frac{d^2}{dt^2} + L_{\mathbf{x}}\right) G_{ret}(\mathbf{x}, \mathbf{x}'; t - t') = \delta(t - t')\delta^{(3)}(\mathbf{x} - \mathbf{x}'), \quad G_{ret}(\mathbf{x}, \mathbf{x}'; t - t' < 0) = 0$$

zur Wellengleichung erfüllt.

b) Zeigen Sie, dass sich die Lösung des Anfangswertproblems der homogenen Wellengleichung

$$\ddot{\Phi}(\mathbf{x}, t) + L_{\mathbf{x}}\Phi(\mathbf{x}, t) = 0, \quad \Phi(\mathbf{x}, t_0) = \Phi_0(\mathbf{x}), \quad \dot{\Phi}(\mathbf{x}, t_0) = \Psi_0(\mathbf{x})$$

schreiben lässt als

$$\Phi(\mathbf{x}, t) = \int d^3\mathbf{x}' \frac{d}{dt} G(\mathbf{x}, \mathbf{x}'; t - t_0)\Phi_0(\mathbf{x}') + \int d^3\mathbf{x}' G(\mathbf{x}, \mathbf{x}'; t - t_0)\Psi_0(\mathbf{x}').$$

c) Konstruieren Sie die Greensche Funktion $G(x, x'; t - t')$ für die Gleichung der schwingenden Saite $\ddot{\Phi}(x, t) - \frac{d^2}{dx^2}\Phi(x, t) = 0$ (eine Dimension, Intervall $V = [0, L]$, Randbedingung $\Phi(0, t) = \Phi(L, t) = 0$). Lösen Sie damit das (einfache) Anfangswertproblem $\Phi(x, 0) = \alpha \sin\left(\frac{2\pi x}{L}\right)$, $\dot{\Phi}(x, 0) = 0$. Diskutieren Sie den Zusammenhang mit der Theorie der Fourierreihen.

Aufgabe 15 (4 Punkte): *Greensche Funktion in einer und in zwei Dimensionen*
Die Greensche Funktion kann mit Hilfe von Gleichung (1) berechnete werden, wobei wir ohne spezielle Randbedingungen in einem D-dimensionalen System als Eigenfunktionen $\phi_{\mathbf{k}}(\mathbf{x}) = \frac{e^{i\mathbf{k}\cdot\mathbf{x}}}{(2\pi)^{D/2}}$ verwenden können. Berechnen Sie die Greensche Funktion für eine und für zwei Dimensionen, indem Sie das jeweilige Integral ausführen.

Vorlesung:	Mittwoch 12:00 Uhr – 14:00 Uhr im EW 203 Freitag 08:00 Uhr – 10:00 Uhr im EW 203
Klausur:	Mittwoch, 16. Februar 2011, von 12:00 – 14:00 Uhr im ER 270
Tutorien:	Mo 10–12 Uhr in EW 731 bei Arash Azhand Mo 12-14 Uhr in EW 731 bei Benjamin Regler Di 08–10 Uhr in EW 731 bei Jan Techter Di 10–12 Uhr in EW 731 bei Jan Techter Di 12–14 Uhr in EW 731 bei Valentin Flunkert Do 08–10 Uhr in EW 731 bei Philipp Zedler Do 10–12 Uhr in EW 731 bei Benjamin Regler
Sprechzeiten:	Di 13–14 Uhr in EW 744 bei Tobias Brandes Mi 11–12 Uhr in EW 217 bei Philipp Zedler Do 11–12 Uhr in EW 217 bei Arash Azhand Do 12–13 Uhr in EW 217 bei Benjamin Regler Do 13–14 Uhr in EW 217 bei Valentin Flunkert Fr 13–14 Uhr in EW 217 bei Jan Techter
Scheinkriterien:	Mindestens 50% der Übungspunkte Regelmäßige und aktive Teilnahme am Tutorium Bestandene Klausur