Technische Universität Berlin
Institut für Theoretische Physik
Prof. Dr. S. Hess,
Sebastian Heidenreich,
Stefan Butscher
30. Mai 2006

# 7. Übungsblatt zur Theoretischen Physik III

**Abgabe (nur in Zweier-Gruppen): Freitag 9.6.06** bis 12:00 Uhr in den Briefkasten im Physik-Altbau.

**Aufgabe 1 (7 Punkte):** *Oszillator Gleichung*
Ziel der Aufgabe ist die Ableitung einer Oszillatorgleichung für die makroskopische Dipoldichte. Betrachtet werden "klassische" Elektronen der Dichte $n_0$ im harmonischen Potential eines unbeweglichen Kerns.

a) Stellen Sie die Bewegungsgleichung mit Dämpfung für die Auslenkung der Elektronen aus ihrer Ruhelage unter dem Einfluss der Lorentzkraft auf und begründen Sie diese. (Elekronen bewegen sich mit nichtrelativistischen Geschwindigkeiten.)

b) Überführen Sie die Bewegungsgleichung der Auslenkung in eine Bewegungsgleichung der Dipolmomente.

c) Führen Sie eine räumliche Mittelung durch, um eine Bewegungsgleichung für die makroskopische Dipoldichte zu erhalten. Lösen Sie diese DGL im Frequenzraum.

**Aufgabe 2 (6 Punkte):** *Absorption von ebenen Wellen*
Gegeben sei eine makroskopische Wellengleichung für verschwindende makroskopische Ladungen, Ströme und Magnetisierung:

$$\triangle\vec{E}(\vec{r},t) - \frac{1}{c^2}\partial_t^2\vec{E}(\vec{r},t) = \mu_0\partial_t^2\vec{P}(\vec{r},t).$$

Das elektrische Feld kann man als Fourierintegral $\vec{E}(\vec{r},t) = \int dw\vec{E}(\vec{r},w)e^{-i\omega t}$ schreiben. Überdies sei ein lineares, isotropes und homogens Antwortverhalten der Polarisation gegeben:

$$\vec{P}(\vec{r},w) = \varepsilon_0\chi(w)\vec{E}(\vec{r},w).$$

a) Zeigen Sie, dass dann ebene Wellen der Form $\vec{E}_{\vec{k}}(\vec{r},w) = \vec{E}_{\vec{k}}(w)e^{i\vec{k}\cdot\vec{r}}$ Lösungen der Wellengleichung sind, wenn die Dispersionsrelation $c^2k^2 = w^2n(w)^2$ (mit komplexwertigem Brechungsindex $n(w) := \tilde{n}(w) + i\kappa(w) = \sqrt{\epsilon(w)}$) erfüllt ist.

b) Betrachten Sie die ebenen Wellen $E(z) = E_0e^{ik_zz-iwt}$. Zeigen Sie, dass die Intensität $I(z) := c|E(z)|^2$ exponentiell $(I(z) = I_0e^{-\alpha(w)z})$ mit dem Absorptionskoeffizient $\alpha(w) = \frac{2w}{c}\kappa(w)$ und damit $\alpha(w) = \frac{w}{c\tilde{n}(w)}\mathrm{Im}\chi(w)$ abklingt.

**Aufgabe 3 (7 Punkte):** *Retardierte Potentiale*
Gegeben sei die infinitesimale Stromverteilung $\mathbf{j}(\mathbf{r},t) = \omega\mathbf{p}_0\cos(\omega t)\delta(\mathbf{r}-\mathbf{r_0})$.

(a) Leiten Sie mit Hilfe der Kontinuitätsgleichung zunächst einen Ausdruck für die zeitliche Ableitung der Ladungsdichte $\dot{\rho}(\mathbf{r},t)$ her, und dann daraus eine mögliche Ladungsdichte. Setzen Sie die auftretende ortsabhängige Integrationskonstante so, dass $\rho(\mathbf{r},0) = 0$ gilt.

(b) Berechnen Sie das retardierte Vektorpotential $\mathbf{A}(\mathbf{r},t)$ der Stromdichte.

(c) Berechnen Sie das retardierte skalare Potential $\phi(\mathbf{r},t)$ der Ladungsdichte.

---

- **Kontakt, Inhalte, Übungsblätter etc.:** wwwitp.physik.tu-berlin.de/lehre/TPIII
- **Scheinkriterien:** 50 % der Punkte aus den Übungszetteln, aktive Teilnahme an den Tutorien, mindestens 1 × vorrechnen im Tutorium und 50 % der Punkte der Klausur
- **Sprechstunde:** S. Butscher Mi, $12^{00}$-$13^{00}$ PN 703, S. Heidenreich Do, $11^{30}$-$12^{30}$ PN 702