

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

9. Übungsblatt zur Theoretischen Physik III: Elektrodynamik

Abgabe: spätestens Montag 10.01.2011. bis 10:00 in den Briefkasten im Ernst-Ruska Gebäude (Physik Altbau).

Die Abgabe erfolgt in **3er Gruppen**.

Aufgabe 24 (4+2+4=10 Punkte): Ladungsdichteänderung und Polarisierung

Die Kapiteln 4.1.7 bis 4.1.9 im Script zur Vorlesung behandeln die Theorie der linearen Antwort und ihre Anwendung auf die Elektrodynamik in Materie. Diese Aufgabe soll die dort behandelten Konzepte veranschaulichen.

- Berechnen Sie die Ladungsdichteänderung $\delta\rho(\mathbf{r})$ eines Systems von Ladungen in drei Dimensionen bei Abschirmung einer punktförmigen Ladung Q gemäß dem Yukawa-Potential. *Hinweis:* Benutzen Sie die lineare Beziehung zwischen $V_{ext}(q)$ und $\delta\rho(q)$ mit der Dichteresponsefunktion in der mit dem Yukawa-Modell verträglichen Mean-Field-Näherung.
- Diskutieren Sie die Bedeutung der Abschirmlänge κ^{-1} . Wie gross ist die über den gesamten \mathbb{R}^3 integrierte Ladungsdichteänderung, d.h. gilt in diesem Modell Ladungserhaltung?
- Wir nehmen an, dass die Ladungsdichteänderung $\delta\rho(\mathbf{r})$ aus Teil a) durch mikroskopische induzierte Dipole erzeugt wird. Berechnen Sie die zugehörige longitudinale Polarisierung $P_l(\mathbf{r})$ im Ortsraum.

Aufgabe 25 (3+7=10 Punkte): Poisson-Boltzmann-Gleichung II

Bereits auf dem dritten Übungsblatt wurde die Poisson-Boltzmann-Gleichung

$$\Delta\Phi(\mathbf{r}) = -\frac{1}{\epsilon_0} \sum_{\alpha=1}^M q_{\alpha} n_{0,\alpha} e^{-\beta q_{\alpha} \Phi(\mathbf{r})}.$$

behandelt. Dort wurde der Fall $M = 1$, d.h. einer Sorte von positiven Gegen-Ionen mit Ladung q_+ im Halbraum $z > 0$, die eine konstante, homogene negative Flächenladungsdichte σ auf der Randfläche $z = 0$ insgesamt elektrisch kompensieren, betrachtet. Hier soll nun der Fall $M = 2$ betrachtet werden.

- Leiten Sie die Poisson-Boltzmann-Gleichung

$$\Delta\Phi(\mathbf{r}) = \frac{2}{\epsilon_0} e n_0 \sinh\left(\frac{e\Phi(\mathbf{r})}{k_B T}\right)$$

für ein System von Punktladungen $\pm e$ mit den Dichten $n_{\pm}(\mathbf{r})$ her.

Hinweis: $n_{\pm}(\mathbf{r}) = n_{0,\alpha} e^{-\beta q_{\alpha} \Phi(\mathbf{r})}$ ist eine "barometrische Höhenformel", während $n_{0,\alpha} = n_0$ ($\alpha = 1 = +$ und $\alpha = 2 = -$) die Verteilung bei Potential Null sein soll.

- Linearisieren Sie die Poisson-Boltzmann-Gleichung in $\Phi(\mathbf{r})$ und lösen Sie die Gleichung für den Halbraum $z > 0$, wenn sich bei $z = 0$ eine mit einer Flächenladungsdichte $\sigma < 0$ geladene Wand befindet. Für das elektrische Feld soll $E(z < 0) = 0$ und $E(z = \infty) = 0$ gelten. weiterhin für das Potential $\Phi(z = \infty) = 0$. Zeigen Sie, dass das Potential der Wand exponentiell abgeschirmt wird, und berechnen Sie die entsprechende Abschirmlänge.

Bitte Rückseite beachten! →

9. Übung TPIII WS2010/11

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 13–14 Uhr in EW 217 bei Valentin Flunkert Do 15:30–16:30 Uhr in EW 60 bei Benjamin Regler Fr 13–14 Uhr in EW 217 bei Jan Techter
Scheinkriterien:	Mindestens 50% der Übungspunkte Regelmäßige und aktive Teilnahme am Tutorium Bestandene Klausur