

Prof. Dr. Sabine Klapp

Mathias Hayn, Maria Zeitz, Christian Fräbendorf, Hagen-Henrik Kowalski, Kilian Kuhla

1. Übungsblatt – Elektrodynamik**Abgabe: Mo. 28. 10. 2013 bis 11:00 Uhr im Briefkasten am Ausgang des ER-Gebäudes**

Bei den schriftlichen Ausarbeitungen werden ausführliche Kommentare zum Vorgehen erwartet. Dafür gibt es Punkte! Die Abgabe soll in 3er-Gruppen erfolgen. Bitte geben Sie Ihre Namen, Matrikelnummern und das Tutorium an!

Aufgabe 1 (12 Punkte): Rechnen

(a) Sei \mathbf{a} ein konstanter Vektor und $\mathbf{r} = (x, y, z)^T$ der Ortsvektor, mit dem Betrag $r = |\mathbf{r}| = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$. Berechnen Sie

- | | |
|---------------------------------|---|
| (i) $\nabla \cdot \mathbf{r}$, | (iv) $\Delta(1/r)$, |
| (ii) ∇r , | (v) $\nabla \times \mathbf{r}$, |
| (iii) $\nabla(1/r)$, | (vi) $\nabla \times (\mathbf{a} \times \mathbf{r})$. |

Hierbei ist ∇ der Nabla- und Δ der Laplace-Operator. Nehmen Sie für (iii) und (iv) $r > 0$ an. Schreiben Sie Ihre Ergebnisse wieder in vektorieller Form.

(b) Zeigen Sie, dass für drei beliebige Vektorfelder \mathbf{a} , \mathbf{b} und \mathbf{c} die beiden Identitäten

$$(i) \quad \mathbf{a} \times (\mathbf{b} \times \mathbf{c}) = \mathbf{b}(\mathbf{a} \cdot \mathbf{c}) - \mathbf{c}(\mathbf{a} \cdot \mathbf{b}) \quad \text{und} \quad (ii) \quad \nabla \times (\nabla \times \mathbf{a}) = \nabla(\nabla \cdot \mathbf{a}) - \Delta \mathbf{a}$$

gelten.

(c) Gegeben sei das Skalar- $\Phi(\mathbf{r}) = (\mathbf{d} \cdot \mathbf{r})/r^3$ und das Vektorfeld $\mathbf{A}(\mathbf{r}) = (\mathbf{d} \times \mathbf{r})/r^3$, mit einem konstantem Vektor \mathbf{d} . Schreiben Sie Ihre Ergebnisse jeweils in vektorieller Form.

- (i) Berechnen und visualisieren Sie den Gradienten des Skalarfeldes.
- (ii) Berechnen Sie die Rotation des Vektorfeldes.
- (iii) Berechnen Sie explizit die Rotation Ihres Ergebnisses aus (i) und die Divergenz des Ausdrucks aus (ii).

Aufgabe 2 (5 Punkte): Gauß'sches Gesetz

Benutzen Sie das Gauß'sche Gesetz,

$$\oint_{\partial V} \mathbf{E}(\mathbf{r}) \cdot d\mathbf{F} = \frac{1}{\varepsilon_0} \int_V \varrho(\mathbf{r}) d^3r,$$

aus der Vorlesung, um das elektrische Feld $\mathbf{E}(\mathbf{r})$ der Ladungsverteilung

$$\varrho(\mathbf{r}) = Q\delta(\mathbf{r}) + \varrho_0 \Theta(r - R_1)\Theta(R_2 - r)$$

zu berechnen. Dabei sind Q , ϱ_0 , R_1 , und R_2 reelle Konstanten und $\Theta(x)$ ist die Stufenfunktion, $\Theta(x < 0) = 0$, $\Theta(x > 0) = 1$.

Bestimmen und skizzieren Sie mithilfe dieses Ergebnisses das elektrostatische Potential $\Phi(\mathbf{r})$.

1. Übung TPIII WS13/14

Aufgabe 3 (4 Punkte): *Kugelsymmetrische Ladungsverteilungen*

Leiten Sie ausgehend von der Poisson-Gleichung, $\Delta\Phi(r) = -\rho(r)/\varepsilon_0$, den Integralausdruck

$$\Phi(r) = \frac{1}{\varepsilon_0} \left[\frac{1}{r} \int_0^r s^2 \rho(s) ds + \int_r^\infty s \rho(s) ds \right]$$

für das elektrostatische Potential $\Phi(r)$ einer ganz im Endlichen liegenden kugelsymmetrischen und beschränkten Ladungsverteilung $\rho(r)$ her.

Bestimmen Sie außerdem das elektrische Feld $\mathbf{E}(\mathbf{r}) = -\nabla\Phi(\mathbf{r})$.

Vorlesung: Mittwoch, 12 Uhr – 14 Uhr in EW 203,
Freitag, 8 Uhr – 10 Uhr in EW 203.

Tutorien: Die Tutorien beginnen in der zweiten Vorlesungswoche. Welche Termine endgültig angeboten werden, wird am Ende der ersten Vorlesungswoche festgelegt.

Website: http://www.itp.tu-berlin.de/menue/lehre/lv/ws_201314/pflichtveranstaltungen_-_bachelorstudium/theoretische_physik_iii_elektrodynamik/

Scheinkriterien:

- Mindestens 50% der schriftlichen Übungspunkte
- Regelmäßige und aktive Teilnahme (mind. einmal Vorrechnen) an den Tutorien
- Bestandene Klausur

Literatur zur Lehrveranstaltung:

- R. Feynman: „Feynman Lectures in Physics“, Bd. 2 (Oldenbourg)
- T. Fließbach: „Elektrodynamik“ (Spektrum)
- J. D. Jackson: „Klassische Elektrodynamik“ (de Gruyter)
- W. Nolting: „Grundkurs Theoretische Physik 3 — Elektrodynamik“ (Springer)
- E. Rebhan: „Elektrodynamik“ (Spektrum)
- F. Scheck: „Theoretische Physik 3 — Klassische Feldtheorie“ (Springer)

Sprechzeiten:

Name	Tag	Zeit	Raum	Tel. 314...
Prof. Dr. Sabine Klapp	Di	12:15 – 13:00 Uhr	EW 707	23763
Mathias Hayn	Di,Fr	11:00 – 12:00 Uhr	EW 711	27884
Maria Zeitz	Mo	14:00 – 16:00 Uhr	EW 702	24253
Christian Fräbldorf	Fr	11:00 – 12:00 Uhr	EW 60	26143
Hagen-Henrik Kowalski	Fr	16:00 – 17:00 Uhr	EW 60	26143
Kilian Kuhla	Mi	15:00 – 16:00 Uhr	EW 60	26143