

Frankfurt, 30. Oktober 2015

Übungen zur Vorlesung
Theoretische Physik III - Elektrodynamik
Wintersemester 2015/16

Blatt 3

(Abgabetermin: keine Abgabe, sondern Wertung als Präsenzübung)

Name	
Übungsgruppe	
Punkte	

Blatt 3 wird als Präsenzübung gewertet, nicht in der Vorlesung abgegeben: In der Woche vom 9.11. bis 13.11. lösen Sie das Blatt in Ihrem Tutorium (90 Minuten Zeit, nur das Vorlesungsskript ist als Hilfsmittel zugelassen). Die Lösung sollten Sie natürlich gründlich zuhause vorbereiten.

Aufgabe 11 (Gaußsches Gesetz in Zylinderkoordinaten) (7 Punkte)

Ein unendlicher Zylinder mit Radius a hat eine homogene Ladungsdichte ρ_0 .

- Berechnen Sie das elektrische Feld $\mathbf{E}(\mathbf{r})$ überall im Raum.
- Das elektrische Potential $\Phi(\mathbf{r})$ kann mithilfe von

$$(1) \quad \Phi(\mathbf{r}) = - \int_{\mathbf{r}_0}^{\mathbf{r}} d\mathbf{l}' \cdot \mathbf{E}(\mathbf{r}')$$

berechnet werden, wobei \mathbf{r}_0 der Potentialursprung ist und $d\mathbf{l}'$ ein Linienelement für die Integration ist. Kann man in dem jetztigen Fall den Potentialursprung ins Unendliche versetzen? Schlagen Sie eine Lösung vor und berechnen Sie entsprechend das Potential überall im Raum.

- Wie viel Arbeit muss man gegen das elektrische Feld leisten, um eine externe Punktladung q entlang der radialen Koordinate r von $r = r_0$ auf $r = r_1$ zu bringen? Es gilt $r_0 > a$ und $r_1 > a$. Kann diese Arbeit von der Ursprungswahl abhängen?

(Bitte wenden!)

Aufgabe 12 (Biot-Savart-Gesetz) (7 Punkte)

- a) Ein Strom I fließt durch eine kreisförmige Schlaufe mit Radius R . Legen Sie ein System kartesischer Koordinaten mit Ursprung am Zentrum der Schlaufe und z -Achse senkrecht dazu (Rechte-Hand-Regel). Berechnen Sie mithilfe vom Biot-Savart-Gesetz das magnetische Feld an der Symmetrieachse der Schlaufe. Bestätigen Sie, dass das Magnetfeld an der Symmetrieachse nur eine z -Komponente hat.
- b) Es befindet sich ein magnetischer Dipol $\mathbf{m} = \mu_z \hat{\mathbf{z}}$ in der Symmetrieachse der Schlaufe. Wird das Dipolmoment von der Schlaufe abgestoßen oder angezogen? Wir drehen jetzt das Dipolmoment um: $\mathbf{m}' = -\mu_z \hat{\mathbf{z}}$. Wird das Dipolmoment jetzt von der Schlaufe abgestoßen oder angezogen?

Aufgabe 13 (Verifikation von Integralsätzen) (6 Punkte)

- a) Verifizieren Sie den Satz von Gauß

$$\int_{\mathcal{F}} \mathbf{A} \cdot d\mathbf{F} = \int_{\mathcal{V}} \nabla \cdot \mathbf{A} dV$$

durch explizites Ausrechnen der Integrale auf beiden Seiten der Gleichung. Die Integrale laufen über Oberfläche bzw. Volumen einer Kugel von Radius R , und die Vektorfelder sind

- (i) $\mathbf{A} = \mathbf{r}$,
(ii) $\mathbf{A} = r^2 \mathbf{r}$,
(iii) $\mathbf{A} = (R - r)\mathbf{r}$.

- b) Verifizieren Sie den Satz von Stokes

$$\oint_S \mathbf{A} \cdot d\mathbf{s} = \int_{\mathcal{F}} (\nabla \times \mathbf{A}) \cdot d\mathbf{F}$$

für das Vektorfeld

$$\mathbf{A} = \begin{pmatrix} -y^3 \\ x^3 \\ 0 \end{pmatrix}$$

auf einer Halbkugeloberfläche, die durch $x^2 + y^2 + z^2 = R^2$ und $z > 0$ gegeben ist (Außenseite ist durch $x^2 + y^2 + z^2 > R^2$ definiert).