Technische Universität Braunschweig

INSTITUT FÜR THEORETISCHE PHYSIK

Prof. Dr. Wolfram Brenig
Alexander Schwenke
Erik Wagner

Abgabe: Mo., 16.05.2022 bis 12:00 Uhr in Stud.IP

Übungsblätter gibt es unter `https://lnk.tu-bs.de/hOZ6Hb`.
Aufgaben mit △ müssen von Studierenden im Lehramt nicht bearbeitet werden.

13. Wissensfragen (3 Punkte)

(a) Geben Sie das Coulomb'sche Gesetz in cgs-Einheiten an.

(b) Geben Sie das elektrische Feld an einem beliebigen Punkt $\vec{r}$ an, das von einer Punktladung q im Ursprung erzeugt wird.

(c) Geben Sie eine Definition für das elektrische Potential $\varphi(\vec{r})$ an.

14. Kraft zwischen einer Punkt- und einer Linienladung (6 Punkte)

Eine gleichförmige Linienladung von λ (in esu/cm) befinde sich im Abstand r von einer Punktladung Q mit entgegengesetztem Vorzeichen.

(a) Berechnen Sie die Anziehungskraft zwischen der Linien- und der Punktladung.

(b) Zeigen Sie, dass sich dieselbe Kraft ergibt, wenn die Linienladung durch eine im Fußpunkt des von Q gefällten Lots befindliche Einzelladung von der Größe $Q' = 2\lambda r$ ersetzt wird.

△ 15. Ein singuläres Vektorpotential (10 Punkte)

Betrachten Sie ein kugelsymmetrisches Vektorfeld $\vec{E} = q\vec{r}/r^3$ mit $q \in \mathbb{R}$.
Für $r > 0$ gilt $\nabla \cdot \vec{E} = 0$ sowie $\nabla \times \vec{E} = \vec{0}$. Sei nun (in Kugelkoordinaten)

$$\vec{C} := q\frac{1-\cos\theta}{r\sin\theta}\vec{e}_\phi\,. \tag{1}$$

(a) In welchem Teilraum von $G := \{\vec{r} \in \mathbb{R}^3 | r > 0\}$ ist $\vec{C}$ wohldefiniert?

(b) Verifizieren Sie, dass $\vec{E}$ als $\vec{E} = \nabla \times \vec{C}$ geschrieben werden kann.

(c) Nutzen Sie die Darstellung aus (b) um zu zeigen, dass der elektrische Fluss Φ durch eine Kugeloberfläche mit Radius $R > 0$ um den Ursprung den Wert $\Phi = 4\pi q$ besitzt.
Hinweis: Nutzen Sie den Satz von Stokes.

16. Kontinuitätsgleichung (5 Punkte)

Betrachten Sie eine diskrete Verteilung von Punktladungen

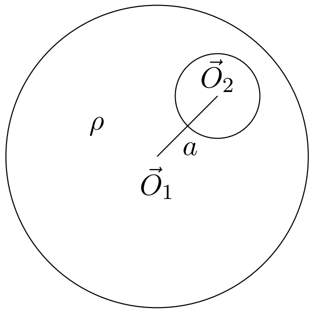
$$\rho(\vec{r}) = \sum_{i=1}^{N} q_i(t)\,\delta(\vec{r} - \vec{r}_i(t)) \tag{2}$$

mit zeitabhängigen Orten $\vec{r}_i(t)$ der Ladungen $q_i(t)$. Was folgt aus der Kontinuitätsgleichung für $q_i(t)$?

Bitte wenden! →

17. **Superpositionsprinzip (6 Punkte)**

Eine Kugel mit Radius R_1 ist mit Ausnahme eines kugelförmigen Hohlraums mit der konstanten Ladungsdichte ρ aufgeladen. Der Hohlraum hat den Radius R_2, sein Mittelpunkt $\vec{O}_2$ befindet sich in der Entfernung a vom Mittelpunkt $\vec{O}_1$ der großen Kugel ($a + R_2 < R_1$).



(a) Berechnen Sie das elektrische Feld $\vec{E}$ sowie das Potential φ in einem beliebigen Punkt im *Inneren des Hohlraums*.

(b) Berechnen Sie außerdem das elektrische Feld $\vec{E}$ sowie das Potential φ in einem beliebigen Punkt außerhalb der Kugel.

(c) Welchen Wert hat φ im Mittelpunkt der Hohlkugel $\vec{O}_2$, wenn das Potential der gesamten Anordnung im Unendlichen verschwinden soll?

(d) Wie sieht das Feld im großen Abstand von $\vec{O}_1$, also $||\vec{r} - \vec{O}_1|| \gg R_1$, aus?

Hinweis:

- Berücksichtigen Sie bei der Berechnung des elektrischen Feldes die Kugelsymmetrie und den Gauß'schen Satz.