

# Probeklausur zur Theoretischen Physik II (Elektrodynamik)

Name

Matrikelnummer

Übungsgruppenleiter

**Anmerkungen:**

Erlaubte Hilfsmittel: ein selbstbeschriebenes Blatt DIN A4

Bearbeitungszeit: 90 Minuten

Beschriften Sie bitte jedes Blatt mit Namen, Matrikelnummer und dem Namen Ihres Übungsgruppenleiters.

## 1 Multiple-Choice Fragen (10P)

Zu jeder Frage darf nur *eine* Antwort angekreuzt werden. Für jede richtige Antwort gibt es einen Punkt.a) Ein Feld  $\vec{A}(\vec{r})$  ist quellenfrei, wenn gilt

$\nabla \cdot \vec{A} = 0$

$\Delta \vec{A} = 0$

$\nabla \times \vec{A} = 0$

b) Die Tangentialkomponente welcher Größe ist an einer Grenzfläche zwischen zwei Dielektrika mit verschiedener Dielektrizitätskonstante stetig?

 die des elektrischen Felds,  $E_t$  die der dielektrischen Verschiebung,  $D_t$ c) Eine Ladung befindet sich im Mittelpunkt einer metallischen Hohlkugel. Wie viele Bildladungen sind nötig, um das elektrische Feld *im Inneren* der Kugel zu beschreiben? null unendlich viele eine

d) Gegeben ist eine dreidimensionale Ladungsverteilung. Sind die folgenden Aussagen richtig oder falsch?

richtig falsch

- Bei einer Drehung des dreidimensionalen Raums bleibt die Spur des Quadrupoltensors erhalten.
- Die Diagonalkomponenten des Quadrupoltensors sind null, wenn die Ladungsverteilung kugelsymmetrisch ist.
- Der Quadrupoltensor kann nur dann diagonalisiert werden, wenn die Ladungsverteilung Zylindersymmetrie aufweist.

e) Zwei kreisförmige Leiterschleifen sind parallel übereinander angeordnet. In den Leiterschleifen fließt Strom in entgegengesetzten Richtungen. Die beiden Leiterschleifen

 ziehen sich an stoßen sich ab wirken keine Kraft aufeinander ausf) Zwei homogen geladene, unendlich ausgedehnte, infinitesimal dünne Platten befinden sich parallel zur (x,y)-Ebene im Vakuum. Die eine Platte bei  $z_1 > 0$  hat die Flächenladungsdichte  $\sigma$ , die andere Platte bei  $z_2 = -z_1$  hat die Flächenladungsdichte  $-\sigma$ . Sind die folgenden Aussagen richtig oder falsch?

richtig falsch

- Für  $|z| \gg z_1$  ist das elektrische Feld wie ein Dipolfeld proportional zu  $1/z^3$ .
- Das Potential verschwindet für  $z \rightarrow \infty$  und  $z \rightarrow -\infty$ .
- Für  $|z| < z_1$  ist das elektrische Feld konstant.

# Probeklausur zur Theoretischen Physik II (Elektrodynamik)

---

Name

Matrikelnummer

Übungsgruppenleiter

## Anmerkungen:

Erlaubte Hilfsmittel: ein selbstbeschriebenes Blatt DIN A4

Bearbeitungszeit: 90 Minuten

Beschriften Sie bitte jedes Blatt mit Namen, Matrikelnummer und dem Namen Ihres Übungsgruppenleiters.

## 2 Zwei Ladungen an leitender Oberfläche (10P)

Der Halbraum  $z < 0$  wird von einem idealen Leiter ausgefüllt. Zwei Ladungen  $+q$  und  $-q$  sind im Abstand  $d$  starr miteinander verbunden. Der Mittelpunkt befindet sich im Abstand  $z_M > \frac{d}{2}$  zur Leiteroberfläche. Die Verbindungssachse steht im Winkel  $\alpha$  zur Oberflächennormalen.

- Geben Sie alle Bedingungen an, die das elektrostatische Potenzial  $\Phi(\vec{r})$  im Bereich  $z > 0$  erfüllen muss.
- Bestimmen Sie das Potenzial und das elektrische Feld für  $z > 0$  mit Hilfe der Bildladungsmethode.
- Welche Oberflächenladungsdichte wird auf der Leiteroberfläche induziert?

## 3 Rotierende geladene Kugel – magnetischer Dipol (12P)

Eine homogene Vollkugel mit Radius  $R$  und Gesamtladung  $Q$  rotiert um eine feste Achse durch ihren Mittelpunkt mit konstanter Winkelgeschwindigkeit  $\vec{\omega}$ .

- Geben Sie die Stromdichte  $\vec{j}(\vec{r})$  an.
- Berechnen Sie das Vektorpotential  $\vec{A}(\vec{r})$  außerhalb der Kugel. Zeigen Sie, dass ein reines Dipolfeld entsteht.

*Hinweis:* Drücken Sie  $\vec{r}$  mit Hilfe der Kugelflächenfunktionen  $Y_{lm}(\theta, \phi)$  aus.

- Wie groß ist das magnetische Dipolmoment  $\vec{\mu}$  der Kugel? Berechnen Sie das Magnetfeld im Außenraum.

## 4 Kugelkondensator mit inhomogenem Dielektrikum (8P)

Ein Kugelkondensator besteht aus zwei konzentrischen, unendlich dünnen Kugelschalen mit den Radien  $R_1$  und  $R_2 > R_1$ . Die Kugelschalen haben die Ladungen  $q_1 = q$  und  $q_2 = -q$ . Der Zwischenraum zwischen den Beiden Schalen sei ganz mit einem inhomogenen Dielektrikum der Dielektrizitätskonstante  $\varepsilon(r)$  gefüllt.

- Bestimmen Sie das elektrische Feld  $\vec{E}(\vec{r})$ .
- Betrachten Sie nun den Fall  $\varepsilon(r) = \tilde{\varepsilon}r^2$ . Berechnen Sie das elektrische Feld und die Kapazität des Kondensators, und geben Sie die elektrostatische Energie an.