

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

- | | | |
|-----------------------|-----------------------|---|
| <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | Bei einer Drehung des dreidimensionalen Raums bleibt die Spur des Quadrupoltensors erhalten. |
| <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | Die Diagonalkomponenten des Quadrupoltensors sind null, wenn die Ladungsverteilung kugelsymmetrisch ist. |
| <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | 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 σ , die andere Platte bei $z_2 = -z_1$ hat die Flächenladungsdichte $-\sigma$. Sind die folgenden Aussagen richtig oder falsch?

richtig falsch

- | | | |
|-----------------------|-----------------------|--|
| <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | Für $ z \gg z_1$ ist das elektrische Feld wie ein Dipolfeld proportional zu $1/z^3$. |
| <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | Das Potential verschwindet für $z \rightarrow \infty$ und $z \rightarrow -\infty$. |
| <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | 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 Verbindungsachse steht im Winkel α 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.