

# KLAUSUR ZUR THEORETISCHEN PHYSIK 2 (ELEKTRODYNAMIK)

24. Februar 2012

Hilfsmittel: **keine**; Hinweise werden im Text gegeben.

Auf **jedem** Lösungsblatt angeben: **Name, Matrikel-Nr.**

Sie haben zur Bearbeitung **90 Minuten** Zeit.

Insgesamt können **100 Punkte** erreicht werden.

## 1. Aufgabe

Vor einer unendlich ausgedehnten ebenen Fläche, die aus einem neutralen Leiter besteht, befinde sich eine Punktladung  $q$  (siehe Abb. 1).

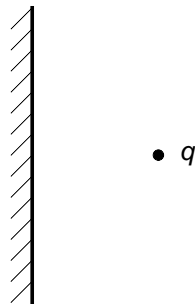


Abb. 1

- a) Wie sieht das Potential  $\phi(\vec{r})$  in der Nähe der Ladung  $q$  aus? Wie lautet die Randbedingung für  $\phi(\vec{r})$  auf der leitenden Wand? [5 Punkte]
- b) Ersetzen Sie die leitende Wand durch eine Scheinladung ("Spiegelladung"), so dass die Potentialverhältnisse von a) simuliert werden. Zeigen Sie, dass eine solche Anordnung durch die Dipolkonfiguration in Abb. 2 realisiert ist. Bestimmen Sie so das elektrische Feld  $\vec{E}(\vec{r})$  auf der leitenden Wand. [10 Punkte]

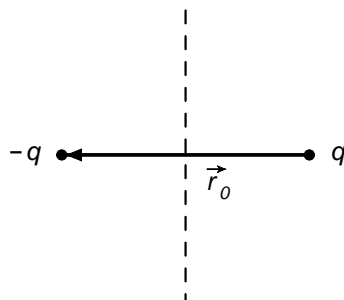


Abb. 2

- c) Es sei nun  $F$  ein beliebiger Ausschnitt auf der leitenden Wandoberfläche. Man zeige: das Integral  $\int_F d\vec{f} \cdot \vec{E}(\vec{r})$  ist proportional zum Raumwinkel  $\Omega$ , unter dem der Ausschnitt  $F$  vom Ort der Punktladung  $q$  aus gesehen wird. [5 Punkte]

## 2. Aufgabe

Wir betrachten eine ebene Schicht der Dicke  $d$  im Vakuum (siehe Abb. 3). Die Schicht (Bereich (II)) besitze eine (reelle) Dielektrizitätskonstante  $\varepsilon$  und eine Leitfähigkeit  $\sigma$  (die magnetische Permeabilität sei  $\mu = 1$ ).<sup>\*</sup> Auf die Schichtebene falle aus dem Vakuum (Bereich (I)) eine ebene elektromagnetische Welle senkrecht ein. Zu bestimmen sind die Intensitäten der im Bereich (I) reflektierten und in den Bereich (III) durchgelassenen Wellen. Im einzelnen soll folgendermaßen vorgegangen werden:

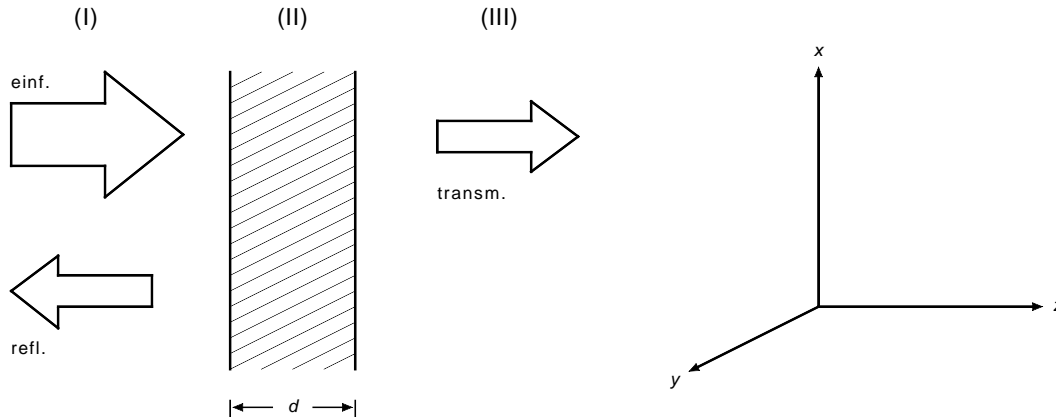


Abb. 3

- Man leite aus den Maxwell-Gleichungen die Wellengleichung für das  $\vec{E}$ - und  $\vec{B}$ -Feld in den Vakuumbereichen (I) und (III) ab und zeige, dass  $E_z = B_z = 0$ . [10 Punkte]
- Wie lautet die in  $x$ -Richtung linear polarisierte Lösung für  $\vec{E}$  und die dazugehörige Lösung für  $\vec{B}$  in den Bereichen (I) und (III)? Welcher Zusammenhang besteht zwischen der Frequenz  $\omega$  und der Wellenzahl  $k$ ? [10 Punkte]
- Man formuliere die Maxwell-Gleichungen im Bereich (II) (d.h. im Inneren der Schicht). *Hinweis:* man berücksichtige das Ohmsche Gesetz  $\vec{J} = \sigma \vec{E}$ . [10 Punkte]
- Wie lautet die Wellengleichung für  $\vec{E}$  im Bereich (II)? Leiten Sie für den komplexen Brechungsindex  $n$  die Beziehung  $n^2 = \varepsilon + 4\pi i \sigma / \omega$  ab. [10 Punkte]
- Wie lauten die Anschlussbedingungen für  $\vec{E}$  und  $\vec{B}$  an den Grenzflächen? Wenden Sie die Anschlussbedingungen auf die in Abb. 3 angegebene Situation an. (Es ergeben sich vier lineare Gleichungen für die nicht verschwindenden Feldamplituden.) [15 Punkte]
- Formulieren Sie das Reflexionsvermögen  $R$  und das Transmissionsvermögen  $T$  der Schicht durch geeignete Verhältnisse der Quadrate von Feldamplituden in den Bereichen (I) und (III). [5 Punkte]
- Für  $\sigma = 0$  ist der Brechungsindex  $n = \sqrt{\varepsilon}$  reell. Man zeige, dass in diesem Fall für das Reflexionsvermögen gilt:

$$R = \frac{\sin^2(nkd)}{\sin^2(nkd) + \gamma^2}, \quad \text{mit } \gamma = \frac{2n}{1 - n^2}.$$

Diskutieren Sie dieses Ergebnis als Funktion der Schichtdicke  $d$ . Bei welchen Wellenlängen  $\lambda = 2\pi/(nk)$  ist  $R$  maximal? Bei welchen  $\lambda$  findet keine Reflexion statt? [20 Punkte]

---

<sup>\*</sup>Wir verwenden das Gaußsche Maßsystem (cgs-System).