Klausur Frühjahr 2002

Aufgabe 1 (3 Punkte)

Eine ebene Welle wird an der Grenzfläche zwischen zwei unmagnetischen Medien mit dem Faktor $r = -0.5$ reflektiert. Die Welle läuft in einem Medium der Brechzahl $n_1 = 1.5$ und stößt unter dem Winkel von $\theta = 30^0$ gegen die Grenzfläche (gemessen gegen die Normale). Das elektrische Feld ist parallel zur Grenzfläche. Wie groß ist die Brechzahl des Mediums jenseits der Grenzfläche?

Aufgabe 2 (5 Punkte)

An der Oberfläche eines Kreiszylinders wird im ansonsten freien Raum das Feld $E = \sqrt{2}\,\mathrm{V/m}$ gemessen. Der Zylinder hat den Durchmesser $D = 5\,\mathrm{mm}$. Das Zylindermaterial hat die Leitfähigkeit $\sigma = 10^{-3}\,/(\Omega\mathrm{cm})$. Das Feld zeigt zu gleichen Teilen auf die Zylinderachse und um die Zylinderachse. Wie groß ist das Feld auf der Innenseite des Zylinders?

Aufgabe 3 (13 Punkte)

Die Spannung an einem Koaxialkabel zwischen Innenleiter und Außenleiter sei U. Die Leiter sind durch Vakuum voneinander isoliert. Der Durchmesser des Innenleiter ist d, der des Außenleiters D. Berechnen Sie den Potenzialverlauf zwischen Innen- und Außenleiter. Wie groß ist das elektrische Feld auf der Oberfläche des Innenleiters? Wie groß ist die Oberflächenladungsdichte ϱ_S und die zugehörige längenbezogene Ladung $Q' = \partial Q/\partial z$ auf dem Innenleiter? Die längenbezogene Kapazität ist $C' = \partial C/\partial z = 0.1\,\mathrm{pF/mm}$. Welchen Durchmesser D hat der Außenleiter, wenn $d = 2\,\mathrm{mm}$ ist?

Aufgabe 4 (10 Punkte)

Zwei entgegengesetzt gleich große Punktladungen Q und $-Q$ sind im freien Raum im Abstand L voneinander fest angeordnet. Wie groß ist das elektrische Feld dieser Anordnung? Im Folgenden soll nur noch die Fläche senkrecht zur Verbindungslinie betrachtet werden, die durch deren Mitte geht. Wie groß ist das elektrische Feld auf der Fläche? Wie weit darf man sich höchstens von der Verbindungslinie entfernen, damit das Feld nicht mehr als 0.5% abfällt?

Aufgabe 5 (3 Punkte)

Wie lautet das Biot-Savart-Gesetz in der Schreibweise des Konzepts des Stromfadens ?

Aufgabe 6 (5 Punkte)

Auf einer im Innern ladungsfreien Kugel mit dem Radius a wird das Pontenzial $V = V_0 a\sqrt{\frac{3}{4\pi}}\cos\theta$ vorgegeben. Wie lautet das Potenzial im Inneren ?

Aufgabe 7 (5 Punkte)

Ein unendlich ausgedehnter Plattenkondensator der Dicke d besitzt ein inhomogenes Dielektrikum im Bereich $0 \leq x \leq d$, das Potenzial sei $V = V_0 \frac{e}{e-1}(1 - \exp\{-\frac{x}{d}\})$. Wie groß ist die Raumladungsdichte ρ_{v} im Bereich $0 \leq \mathrm{x} \leq \mathrm{d}$?.

Aufgabe 8 (7 Punkte)

Eine unendlich ausgedehnte Metallplatte der Dicke d besitzt die Magnetisierung $\vec{M} = xM_0\vec{e}_{\mathrm{x}}$ im Bereich $0 \leq \mathrm{x} \leq d$. Berechnen Sie das magnetische Potenzial und das magnetische Feld im Bereich $0 \leq \mathrm{x} \leq d$ unter der Annahme $\phi_M\{0\} = 0$, $\vec{H}\{0\} = H_0$.

Aufgabe 9 (10 Punkte)

Ein Plattenkondensator besitzte zwischen den unendlich ausgedehnten Platten ein verlustbehaftetes Dielektrikum ϵ mit der Leitfähigkeit σ. Die Platte bei x=0 sei geerdet, das Potenzial auf der anderen Platte bei $x = d$ ändert sich harmonisch ($\phi = \phi_P \exp\{i\omega t\}$). Es gelte das ohmsche Gesetz $\vec{j} = \sigma\vec{E}$, $\rho = 0$

1. Wie lauten die Wellengleichungen für $\vec{A}$ und ϕ_{el} in Lorentz-Eichung für den Fall $\rho = 0$?

2. Es soll nur die Wellengleichung für das skalare elektrische Potenzial gelöst werden. Verwenden Sie zur Separation von Zeit- und Ortsabhängigkeit den Ansatz

$\phi_{\mathrm{el}} = \phi_0(x) \exp\{i\omega t\}$. Lösen Sie die resultierende Differenzialgleichung für $\phi_0(x)$ unter Berücksichtigung der Randbedingungen !

Aufgabe 10 (5 Punkte)

Entlang der x-Achse herrsche in einem unendlich langen, beliebig dünnen Draht der Leitfähigkeit σ die elektrische Feldstärke $\vec{E} = E_0 \cos\{\omega t\} \exp\{-x/2\} \cdot \vec{e}_x$. Welche Joulsche Wärme wird im Bereich $x > 0$ im zeitlichen Mittel frei?

Aufgabe 11 (6 Punkte)

Durch ein mit Elektrolyt der Leitfähigkeit σ gefülltes Rohr ist zentrisch ein runder Graphitstab als Elektrode gesteckt. Die beiden Enden der Elektrode, sowie deren Zuleitung befinden sich außerhalb des Rohres. Der Elektrodenstab hat den Radius d und wird mit dem Strom I gespeist. Die Länge der Anordnung sei L. Die Rückführung des Stromes geschieht über den Mantel der Rohrinnenseite. Der Mantel ist an den Enden gegen die Elektrode durch nichtleitende Deckel isoliert. Skizzieren Sie die Anordnung und geben Sie die Stromdichte $\vec{j}$ an der Oberfläche der Elektrode an. Vernachlässigen Sie Randeffekte.

Aufgabe 12 (8 Punkte)

Ein zylindrischer Stab mit endlicher Länge L befinde sich in einem homogenen Magnetfeld der Stärke $B_0 = 0.01\,\mathrm{T}$, wobei Magnetfeld und Zylinderachse parallel liegen. Der Kreisstrom auf dem Mantel hat eine Stromdichte der Stärke $1.0\frac{\mathrm{A}}{\mathrm{m}}$. Umgeben sei der Zylinder von Vakuum. Skizzieren Sie die Anordnung. Bestimmen sie die magnetische Suszeptibilität des Zylindermaterials.
Hinweis: Die Permeabilität fast aller Materialien ist sehr nahe der von Vakuum.

Aufgabe 13 (8 Punkte)

Eine beliebig dünne Kreisscheibe vom Radius R trage die Oberflächenladungsdichte $\varrho_s = \varrho_0 \sin\{\varphi\}$. Berechnen Sie das elektrostatische Potential für alle Punkte auf der Geraden $\varphi = 0$ in der Scheibe.

Hinweis:

$$\int \frac{\frac{\partial f\{x\}}{\partial x}}{\sqrt{f\{x\}}}\,\mathrm{d}x = 2\sqrt{f\{x\}} \tag{1}$$

Aufgabe 14 (3 Punkte)

In einem unendlich ausgedehnten homogenen Medium mit den Materialparametern ε_r und σ befinde sich zum Zeitpunkt $t_0 = 0$ in einem kugelförmigen Gebiet vom Radius R um den Ursprung verteilt eine homogene Ladungsdichte ϱ_0.

Das Skript gibt im Kapitel „Ladungsdichte im nichtstatischen Fall“ für den zeitlichen Verlauf der Ladungsträgerdichte die Lösung

$$\varrho\,\{\vec{r}, t\} = \varrho\,\{\vec{r}, t = t_0\}\ \exp\left\{-\frac{t - t_0}{\tau}\right\} \tag{2}$$

an. Da hier keine Ortsabhängigkeit enthalten ist, bedeutet diese, dass in der ursprünglichen Kugel die Ladungsträgerdichte exponentiell abnimmt und im übrigen Raum Null bleibt. Ist hier die Ladungserhaltung verletzt? Begründen Sie Ihre Aussage!