ulm university universität ulm

K L A U S U R D E C K B L A T T

Name der Prüfung: Elektromagnetische Felder und Wellen

Datum und Uhrzeit: 10.10.2017, 10:00 Uhr | Bearbeitungszeit: 120 min:

Institut: Institut für Optoelektronik | Prüfer: Prof. Unger

Vom Prüfungsteilnehmer auszufüllen:

Name: ____________________ Vorname: ____________________

Studiengang: ____________________ Abschluss: ____________________

Matrikelnummer: ______________

____

Datum, Unterschrift des Prüfungsteilnehmers

Hiermit erkläre ich, dass ich prüfungsfähig bin. Sollte ich aufgrund fehlender Anmeldung nicht auf der Liste der angemeldeten Studierenden aufgeführt sein, dann nehme ich hiermit zur Kenntnis, dass diese Prüfung nicht gewertet werden wird.

Bitte dieses Feld für den Barcode freilassen!

Viel Erfolg!

Vom Prüfer auszufüllen:

Gesamtnote: ____________________ ____________________________

Unterschrift Prüfer

Elektromagnetische Felder und Wellen: Klausur 2017-2

Aufgabe 1:	Aufgabe 2:	Aufgabe 3:	$\sum$
Aufgabe 4:	Aufgabe 5:	Aufgabe 6:	$\sum$
Aufgabe 7:	Aufgabe 8:	Aufgabe 9:	$\sum$
Aufgabe 10:			$\sum$
			Gesamtpunktzahl:
		Ergebnis:	

Bemerkungen:

Aufgabe 1 (8 Punkte)

Sind die unten genannten Aussagen wahr oder falsch? Begründen Sie Ihre Entscheidung kurz.

1. Für eine elliptisch polarisierte Welle existiert an einer Grenzfläche ein Einfallswinkel, so dass die reflektierte Welle linear polarisiert ist.

2. Für eine Welle existiert am Übergang von einem optisch dichteren zu einem optisch dünneren und jeweils verlustlosen Medium ein Einfallswinkel, ab dem die Welle total reflektiert wird.

3. Aus einem zeitlich veränderlichen $\vec{E}$-Feld resultiert immer ein zeitlich veränderliches $\vec{B}$-Feld.

4. Am Übergang zu einem optisch dichteren Medium ist der Brewster-Winkel immer größer als 45°.

5. Die Dispersionsrelation für das Feld $\vec{E} = E_0(x/x_0 + \omega t)^5 \vec{e}_z$ lautet $\omega x_0 = c$.

6. In einem isotropen Medium breitet sich eine Welle in unterschiedliche Raumrichtungen unterschiedlich schnell aus.

7. Die Coulomb-Eichung ermöglicht eine Entkopplung der Wellengleichungen der elektrodynamischen Potentiale ϕ_{el} und $\vec{A}$.

8. Die Maxwell-Gleichungen schließen die Existenz von magnetischen Monopolen grundsätzlich aus.

Aufgabe 2 (3 Punkte)

Zeigen Sie die Eichinvarianz des elektrischen Feldes $\vec{E}\{\vec{r},t\}$ und der magnetischen Flussdichte $\vec{B}\{\vec{r},t\}$ unter der Eichtransformation

$$\phi'\{\vec{r},t\} = \phi\{\vec{r},t\} - \frac{\partial}{\partial t}\Lambda\{\vec{r},t\}$$

$$\vec{A}'\{\vec{r},t\} = \vec{A}\{\vec{r},t\} + \nabla\Lambda\{\vec{r},t\}$$

mit einer beliebigen, analytischen Funktion $\Lambda\{\vec{r},t\}$.

Aufgabe 3 (4 Punkte)

Gegeben ist folgendes Potential:

$$\Phi_{\mathrm{el}}\{\vec{r},t\} = a(x^3+y^3+z^3), \qquad \vec{A} = bt(x^2\vec{e}_{\mathrm{x}}+y^2\vec{e}_{\mathrm{y}}+z^2\vec{e}_{\mathrm{z}}), \tag{1}$$

wobei $a = -1\,\mathrm{V/m^3}$ und $b = 3\,\mathrm{T/ms}$ sind.
Berechnen Sie das elektrische und das magnetische Feld, sowie die Ladungs- und Stromverteilung im gesamten Raum.

Aufgabe 4 (7 Punkte)

Ein unendlich langer, leitfähiger Vollzylinder mit Radius a liegt konzentrisch zur z-Achse. Durch ihn fließt der Gesamtstrom I in z-Richtung, wobei die Stromdichte als homogen angenommen werden darf. Ein unendlich langer, infinitesimal dünner, leitfähiger Hohlzylinder mit Radius $b > 2a$ liegt parallel zur z-Achse bei $(x, y) = (a, 0)$. Auf diesem fließt der Gesamtstrom I in die zum ersten Zylinder entgegengesetzte Richtung.
Berechnen Sie die magnetische Induktion im gesamten Raum.

Aufgabe 5 (8 Punkte)

Eine dielektrische Kugel mit der ortsfesten Oberflächenladung ϱ_0 rotiert mit der Winkelgeschwindigkeit ω um eine Achse, die ihren Mittelpunkt schneidet. Berechnen Sie die magnetische Flussdichte auf dieser Achse.
Hinweis: Es reicht, einen möglichst einfachen Ausdruck zu finden, dieser darf gegebenenfalls ein Oberflächen- oder Kurvenintegral beinhalten. Die Integration als letzten Schritt müssen Sie nicht ausführen!

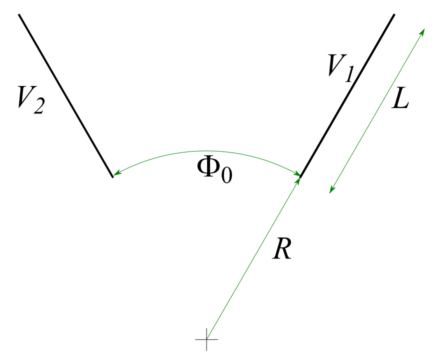

Abbildung 1: Kondensator mit verkippten Platten.

Aufgabe 6 (5 Punkte)

Die Platten eines Kondensators befinden sich auf den Potenzialen V_1 und $V_2 = V_1 + U$. Sie wurden gegeneinander um den Winkel Φ_0 verkippt, wie in Abbildung 1 skizziert ist. Welche Größe hat ie elektrische Feldstärke $E\{\vec{r}\}$ zwischen den Platten unter der Annahme, dass das elektrische Feld als $\vec{E} = E\{\vec{r}\}\vec{e}_\Phi$ dargestellt werden kann?

Welche Ladungsdichte stellt sich zwischen den Platten ein?

Aufgabe 7 (10 Punkte)

Eine ebene Drahtschleife in Form eines gleichseitigen Dreiecks mit Kantenlänge a trägt den Strom I. Welche Größe hat die magnetische Induktion $\vec{B}$ auf der Achse, die senkrecht durch den Schwerpunkt der Schleife verläuft, wie in Abbildung skizziert ist?

Integrale:

$$\int \frac{t}{\sqrt{a^2+t^2}}\,\mathrm{d}t = \sqrt{a^2+t^2}$$

$$\int \frac{1}{\sqrt{a^2+t^2}}\,\mathrm{d}t = \ln\{t+\sqrt{a^2+t^2}\}$$

$$\int \frac{1}{\sqrt{a^2+t^2}^3}\,\mathrm{d}t = \frac{1}{a^2}\frac{t}{\sqrt{a^2+t^2}}$$

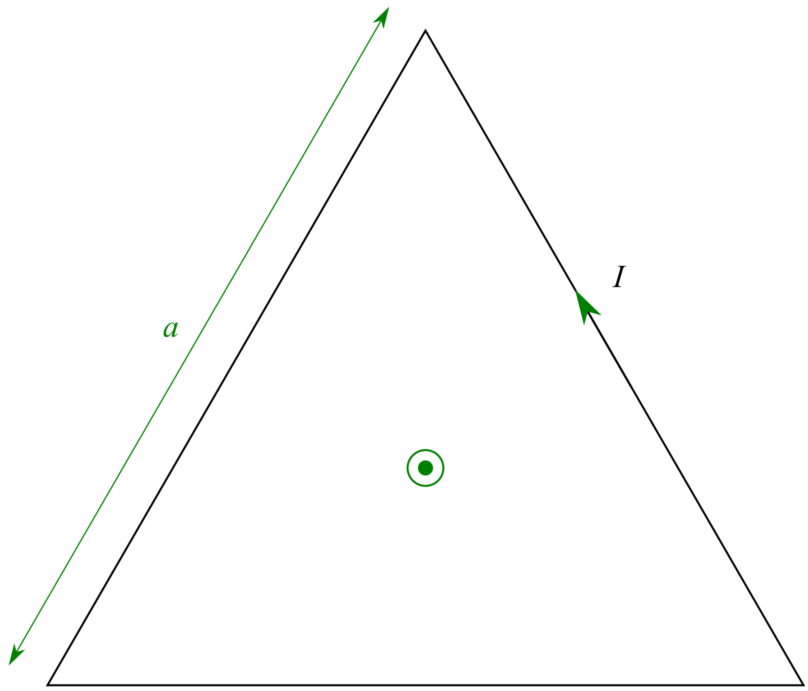

Abbildung 2: Dreieckige Drahtschleife mit Strom I. Die Achse durch den Schwerpunkt steht senkrecht zur Ebene des Dreiecks und hat den Abstand $a\sqrt{3}/6$ zur Basis.

Aufgabe 8 (6 Punkte)

Eine ebene Welle breitet sich im freien Raum sich mit dem Wellenzahlvektor $\vec{k} = k_0(\cos\{\alpha\}\vec{e}_x + \sin\{\alpha\}\vec{e}_y)$ aus. Die Amplitude der magnetischen Feldstärke ist $\vec{H} = \hat{H}_0(\sin\{\alpha\}\vec{e}_x - \cos\{\alpha\}\vec{e}_y)$. Bei $x = 0$ trifft die Welle auf eine ideal leitfähige Grenzfläche. Wie lautet das magnetische Feld $\vec{H}_{\text{ref}}$ der reflektierten Welle?

Aufgabe 9 (10 Punkte)

Die ebene Welle mit elektrischer Feldstärke $\vec{E} = E_0 \exp\{i(4\pi(y+z)/\lambda - \omega t)\}\vec{e}_x$ trifft bei $y = 0$ auf die Grenzfläche zum freien Raum. Wie lautet die elektrische Feldstärke der transmittierten Welle, wenn sich die einfallende Welle in einem Medium mit $\varepsilon = 8$ bewegt?

Aufgabe 10 (2 Punkte)

Der magnetische Fluss durch eine Fläche S wird durch

$$\Phi_{\mathrm{S}} = \iint\limits_{S} \vec{B} \circ \mathrm{d}^2\vec{r}$$

definiert. Welcher Zusammenhang besteht zwischen dem magnetischen Vektorpotenzial $\vec{A}$ und dem magnetischen Fluss? Formen Sie so weit wie möglich um.