

# Elektromagnetische Felder und Wellen: Klausur 2011-2

Aufgabe 1:	Aufgabe 2:	Aufgabe 3:	$\Sigma$
Aufgabe 4:	Aufgabe 5:	Aufgabe 6:	$\Sigma$
Aufgabe 7:	Aufgabe 8:	Aufgabe 9:	$\Sigma$
Aufgabe 10:	Aufgabe 11:	Aufgabe 12:	$\Sigma$
Aufgabe 13:	Aufgabe 14:	Aufgabe 15:	$\Sigma$
Aufgabe 16:	Aufgabe 17:	Aufgabe 18:	$\Sigma$

Gesamtpunktzahl:

Ergebnis:

Bemerkungen:

**Aufgabe 1** ( 4 Punkte)

Ein unendlich langer gerader Hohlzylinder ( $r_2 > r_1$ ) führt die homogene Stromdichte  $j$  parallel zur  $z$ -Achse in positiver Richtung. Bestimmen Sie das magnetische Feld  $\vec{H}$  im gesamten Raum.

**Aufgabe 2** ( 6 Punkte)

Eine Kugel mit der Ladung  $-Q$  schwebt im Abstand  $h$  unter dem Mittelpunkt einer kreisförmigen homogenen Linienladung mit dem Radius  $R$ . Die Gesamtladung der Linienladung ist  $Q$ . Bestimmen Sie die Masse der Kugel.

**Aufgabe 3** ( 3 Punkte)

Gegeben ist die Stromdichte auf der Oberfläche ( $\vec{n} = \vec{e}_y$ ) eines idealen Leiters mit  $\vec{j}_s = j_0(\cos\{\omega t - kz\})\vec{e}_z$ . Welche Oberflächenladungsdichte korrespondiert dazu?

### **Aufgabe 4** ( 5 Punkte)

Ein geladener Teilchenstrom tritt mit der Geschwindigkeit  $v$  senkrecht durch die Eingangsbohrung eines Massenspektrometers. Innerhalb des Spektrometers wird ein Feld ( $\vec{E}$  oder  $\vec{B}$ ) angelegt, so dass die Teilchen der Ladung  $q$  abgelenkt werden. Die gegenüberliegende Wand des Spektrometers befindet sich in der Entfernung  $l$ . Berechnen Sie die Ablenkung  $h$  eines Partikels der Masse  $m$  von der ursprünglichen Flugbahn, wenn jeweils nur ein elektrisches oder magnetisches Feld angelegt wird.

**Aufgabe 5** ( 7 Punkte)

Wie groß ist die zeitgemittelte Energieflußdichte der Welle

$$\vec{E} = E_0(\cos\{\omega t - k_x x - k_z z\} + \cos\{\omega t + k_x x - k_z z\})\vec{e}_y?$$

## Aufgabe 6 (8 Punkte)

Gegeben sind im ladungsfreien Raum die Potenziale

$\vec{A} = C_1 \varepsilon_0 \mu_0 t [(x^2 + z^2) \cdot \vec{e}_x + 2(x - x_0)y \cdot \vec{e}_y + xy \cdot \vec{e}_z]$  und  $\phi = -2C_1 x t^2$  mit der Konstanten  $C_1$ .

Bestimmen Sie die Eichfunktion  $\Lambda$  so, dass Lorentzbedingung gilt. **Hinweis:** Es gibt unendlich viele Lösungen, eine reicht!

**Aufgabe 7** ( 7 Punkte)

In der  $x$ - $y$ -Ebene fließt ein Strom mit der Dichte  $j_S$  in  $y$ -Richtung. Bestimmen Sie das Feld  $\vec{B}$  ausserhalb der  $x$ - $y$ -Ebene.

**Hilfsintegrale:**

$$\int \frac{1}{(a^2 + t^2)^{1/2}} dt = \ln \left\{ t + \sqrt{a^2 + t^2} \right\}$$

$$\int \frac{1}{a^2 + t^2} dt = \frac{1}{a} \arctan\{t/a\}$$

$$\int \frac{1}{(a^2 + t^2)^{3/2}} dt = \frac{1}{a^2} \frac{t}{\sqrt{a^2 + t^2}}$$

**Aufgabe 8** ( 8 Punkte)

Ein in  $x$  und  $y$ -Richtung unendlich ausgedehnter Plattenkondensator ist mit einem Dielektrikum mit  $\varepsilon = 1 + z/d$  gefüllt. Die Kondensatorplatte bei  $z = d$  hat das Potenzial  $V_0$ , die Platte bei  $z = 0$  hat das Potenzial  $V = 0$ . Bestimmen Sie den Potenzialverlauf im Dielektrikum.

**Aufgabe 9** ( 2 Punkte)

Eine skalare Welle wird durch  $E\{\vec{r}\} = u\{\vec{r}\} \exp\{\omega t - k(z - z_0)\}$  beschrieben. Welche Bedingung muss  $u\{\vec{r}\}$  im ladungsfreien Raum erfüllen?

**Aufgabe 10** ( 4 Punkte)

Nach einem Blitzschlag in ein Auto hat sich das isoliert stehende Fahrzeug mit der Ladung  $Q$  aufgeladen. Welcher Strom ist für die Zeit  $T$  des Überschlags geflossen? Wählen Sie geeignete Annahmen zur Berechnung und benennen Sie diese.

**Aufgabe 11** ( 5 Punkte)

Welcher Strom muss durch die Spulen des Linearmotors einer Magnetschwebbahn der Masse  $m$  fließen, um diese im Feld eines Permanentmagneten der Stärke  $B$  anzuheben? Machen Sie geeignete Annahmen zur einfachen Berechnung und benennen Sie diese.

**Aufgabe 12** ( 6 Punkte)

Außerhalb einer als ideal leitfähige angenommenen Stahlplatte mit relativer Permeabilität  $\mu$  existiert das magnetische Vektorpotenzial  $\vec{A} = A_0 \sin\{\pi x/a\} \cos\{\beta z - \omega t\} \vec{e}_y$ . Das Koordinatensystem liegt so, dass die Flächennormale der Platte in  $y$ -Richtung weist und der Ursprung auf der Oberfläche liegt. Bestimmen Sie die Flächenladungen und -ströme an der Grenzfläche.

**Aufgabe 13** ( 5 Punkte)

Das magnetische Vektorpotenzial einer ebenen Welle sei durch  $\vec{A} = A_0 \exp\{i(k_0 z - \omega t)\} \vec{e}_x$  gegeben. Wie lautet das zugehörige Lorentz-geeichte elektrische Feld  $\vec{E}$ ?

**Aufgabe 14** ( 3 Punkte)

Das elektrische Feld in einem luftgefüllten Rechteckhohlleiter wird durch

$$\vec{E} = E_0 \cos\{8\pi x/a\} \cos\{6\pi y/b\} \exp\{i(\beta z - \omega t)\} \vec{e}_z$$

beschrieben. Welche Größe muss  $\beta$  aufweisen?

**Aufgabe 15** ( 4 Punkte)

Ein Lichtstrahl fällt unter dem Winkel von  $60^\circ$  gegen die Flächennormale auf die ebene Grenzfläche zwischen Wasser ( $n = 1,5$ ) und Luft. Bestimmen Sie die Wellenzahlvektoren der reflektierten und transmittierten Wellen, wenn der Lichtstrahl aus dem Wasser kommt. Geben Sie die Wahl des Koordinatensystems an.

**Aufgabe 16** ( 6 Punkte)

Eine ebene Welle fällt unter dem Winkel von  $60^\circ$  (gemessen gegen die Flächennormale) auf die ebene Grenzfläche zwischen zwei unmagnetischen Medien. Die Welle ist bezüglich der Grenzfläche TM-polarisiert, hat die magnetische Feldstärke  $H_{in}$  und läuft in einem Medium mit  $\varepsilon = 9$ . Im angrenzenden Medium gilt  $\varepsilon = 4$ . Wie lautet die elektrische Feldstärke  $\vec{E}_{tr}$  der transmittierten Welle?

**Aufgabe 17** ( 4 Punkte)

Welche Polarisation weist die Welle

$$\vec{H} = H_0 \exp\{i(kz - \omega t)\} \vec{e}_y$$

bezüglich der durch  $(\vec{e}_x - \vec{e}_y) \circ (\vec{r} - a\vec{e}_x) = 0$  beschriebenen Fläche auf?

**Aufgabe 18** ( 3 Punkte)

Wie lautet die Darstellung der magnetischen Feldstärke  $\vec{H}$  einer elliptisch polarisierten, links drehenden Welle, deren Feldstärke in  $x$ -Richtung halb so groß wie die in  $z$ -Richtung ist?