Technische Universität München **Wintersemester 2007/08**

Theoretische Physik 2: ELEKTRODYNAMIK, Probeklausur

Freitag, 21.12.2007 HS1 11:00 – 12:30

Aufgabe 1: Multiple Choice Aufgaben: **(10 P)**

Bitte geben Sie genau eine Antwort [(i) oder (ii) oder (iii)] an. (Auswahl nach dem Zufallsprinzip lohnt nicht, da falsche Antworten mit *negativen* Punkten belegt werden!).

(a) Zwei gleiche Ladungen

i) ziehen sich an ii) stoßen sich ab. (1P)

(b) Zwei parallele konstante Ströme

i) ziehen sich an ii) stoßen sich ab iii) üben keine Kraft aufeinander aus. (1P)

(c) Zwei orthogonale konstante Ströme

i) ziehen sich an ii) stoßen sich ab iii) üben keine Kraft aufeinander aus. (1P)

(d) Ein ungeladenes Dielektrikum wird in ein externes $\vec{E}$-Feld eingefügt. Dadurch wird das $\vec{E}$-Feld

i) verstärkt ii) abgeschwächt. (1P)

(e) Ein Stück ferromagnetisches Material mit verschwindender (freier) Stromdichte wird in ein externes $\vec{B}$-Feld eingefügt. Dadurch wird das $\vec{B}$-Feld

i) verstärkt ii) abgeschwächt. (1P)

(f) Zwei parallele Drähte führen zunächst keinen Strom. Zur Zeit $t = t_0$ wird ein Strom durch einen dieser Drähte geschickt. Dadurch wird der zweite Draht

i) angezogen ii) abgestoßen. (1P)

(g) Die Erhaltung der elektrischen Ladung

i) folgt aus den Maxwell-Gleichungen ii) muss zusätzlich postuliert werden. (1P)

(h) Eine im Vakuum propagierende elektromagnetische Welle trifft senkrecht auf ein Medium mit Brechungsindex n , wobei $n \gg 1$. Diese Welle wird hauptsächlich

i) transmittiert ii) reflektiert iii) absorbiert. (2P)

(i) Gegeben seien die Felder $\vec{E}(\vec{r},t)$ und $\vec{B}(\vec{r},t)$. Bestimmen die Maxwell-Gleichungen dann die Ladungsdichte $\rho(\vec{r},t)$ und die Stromdichte $\vec{j}(\vec{r},t)$ *eindeutig*?

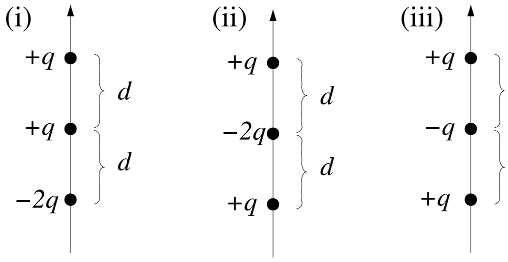
i) Ja ii) Nein. (1P)

-bitte wenden-

Aufgabe 2: **(10 P)**

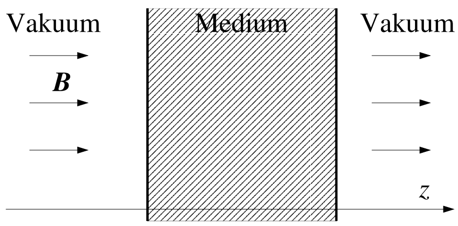
(**a**) Geben Sie für das homogene Magnetfeld $\vec{B} = B_0 \hat{e}_z$ ein Vektorpotential $\vec{A}$ an. (1P)

(**b**) Betrachten Sie folgende Anordnungen ruhender Ladungen im Vakuum:



Geben Sie für jede Anordnung die führenden Potenzen von r an, mit denen das elektrostatische Potential $\Phi(\vec{r})$ und die elektrische Feldstärke $\vec{E}(\vec{r})$ bei großem r abfallen. (6P)

(**c**) Ein homogenes paramagnetisches Medium mit Permeabilität $\mu > 1$ ist von Vakuum umgeben, in dem ein homogenes $\vec{B}$-Feld herrscht, das in z-Richtung zeigt, siehe Skizze.



Skizzieren Sie Qualitativ, wie die Stärke $|\vec{B}|$ der magnetischen Induktion und die Stärke $|\vec{H}|$ des Magnetfelds von z abhängen, insbesondere bei den Übergangen zwischen Vakuum und Medium. (3P)

Aufgabe 3: **(8 P)**

Ein ebener Lichtpuls im Vakuum werde durch die Potentiale $\vec{A}(\vec{r}, t) = \hat{e}_x f(z - c_0 t)$, $\Phi(\vec{r}, t) = 0$ beschrieben.

(**a**) Prüfen Sie nach, ob die Potentiale einer geläufigen Eichung genügen. (2P)

(**b**) Berechnen Sie die Orts- und Zeitabhängigkeit der Felder $\vec{E}$ und $\vec{B}$. (2P)

(**c**) Berechnen Sie den Poynting-Vektor $\vec{S}(\vec{r}, t)$. (2P)

(**d**) Wenn der Lichtpuls auf eine (nicht ruhende) Punktladung Q trifft, dann übt er durch sein elektrisches Feld und durch sein Magnetfeld jeweils eine Kraft auf die Punktladung aus. Welches Feld verursacht die stärkere Kraft? Begründen Sie Ihre Antwort. (2P)

Aufgabe 4: **(11 P)**

Eine im Vakuum propagierende elektromagnetische Welle ($\vec{k} = |\vec{k}|\hat{e}_x$) trift senkrecht auf ein Medium mit komplexen Brechungsindex $n = Re(n) + i\, Im(n) = n_1 + i\, n_2$.

(**a**) Berechnen Sie die Amplituden der reflektierten und der transmitierten Welle im Falle $\mu = 1$. (4P)

(**b**) Finden Sie nach der Mittelung über einen Zeitraum $T \gg 1/\omega$ die Energiestromdichte der transmittierten Welle im Falle $n_1 = Re(n) \ll Im(n) = n_2$ und $|n| \gg 1$. (7P)

Hinweis: Wählen Sie die Polarisationen der $\vec{E}$-Felder entlang der y-Achse.

Nützliche Information:

- Maxwellgleichungen

$$
\begin{array}{rclrclrcl}
\vec{\nabla}\cdot\vec{D} & = & \rho_{\mathrm{frei}} & \vec{\nabla}\times\vec{E} & = & -\frac{\partial\vec{B}}{\partial t} & \vec{D} & = & \varepsilon\varepsilon_0\vec{E} \\
\vec{\nabla}\cdot\vec{B} & = & 0 & \vec{\nabla}\times\vec{H} & = & \vec{j}_{\mathrm{frei}}+\frac{\partial\vec{D}}{\partial t} & \vec{H} & = & \frac{1}{\mu\mu_0}\vec{B}
\end{array}
$$

- Potentiale

$$\vec{B}=\vec{\nabla}\times\vec{A}\,,\qquad \vec{E}=-\vec{\nabla}\Phi-\frac{\partial\vec{A}}{\partial t}$$

$$\vec{\nabla}\cdot\vec{A}=0\ \text{(Coulomb-Eichung)}\,,\qquad \vec{\nabla}\cdot\vec{A}+\frac{\partial\Phi}{c_0^2\,\partial t}=0\ \text{(Lorentz-Eichung)}$$