Universität des Saarlandes
Naturwissenschaftlich-Technische Fakultät II
Physik und Mechatronik

Fachrichtung 7.1–Theoretische Physik
Dr. Harald O. Jeschke
Gebäude E 2 6, Zi. 4.21
Tel. (0681) 302 57409

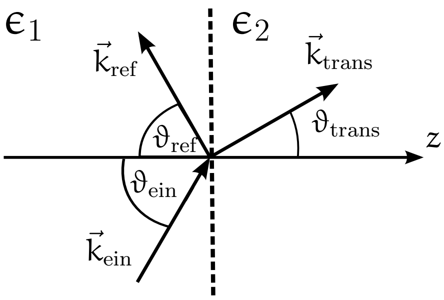
Saarbrücken, 04.07.2008

Übungen zur Theoretischen Physik II, SS 2008

12.Übung

(Abgabe Freitag, 11.07.2008 in der Vorlesung)

Aufgabe 44 (10 Punkte)
(**Herleitung der geometrischen Optik)**



Nehmen Sie an, dass die xy-Ebene die Grenzfläche zwischen zwei linearen isotropen, homogenen und nicht absorbierenden Medien bildet. Eine monochromatische ebene Welle mit dem elektrischen Feldvektor

$$\vec{E}_{\mathrm{ein}} = \vec{E}_0 e^{i(\vec{k}_{\mathrm{ein}}\cdot\vec{r}-\omega t)}$$

fällt auf die Grenzfläche ein, an der sie zum Teil transmittiert und zum anderen Teil reflektiert wird.

a) Zeigen Sie, dass aus der Forderung $Ae^{iax} + Be^{ibx} = Ce^{icx}$ für alle x mit nichtverschwindenden Konstanten A, B, C, a, b, c die Gleichungen $a = b = c$ und $A + B = C$ folgen.

b) Zeigen Sie, dass die Wellenvektoren der einfallenden, transmittierten und reflektierten Welle eine Ebene bilden (*Einfallsebene*), die auch den Normalenvektor der Grenzfläche enthält.

c) Zeigen Sie, dass Einfallswinkel ϑ_{ein} und Reflektionswinkel ϑ_{ref} übereinstimmen. (Siehe Skizze)

d) Zeigen Sie, dass zwischen Einfallswinkel ϑ_{ein} und Brechungswinkel $\vartheta_{\mathrm{trans}}$ die Beziehung (*Snelliussches Brechungsgesetz*) $n_1 \sin(\vartheta_{\mathrm{ein}}) = n_2 \sin(\vartheta_{\mathrm{trans}})$ mit den Brechungsindizes n_1, n_2 gilt.

Aufgabe 45 (10 Punkte)
(**Liénard-Wiechert-Potentiale)**
Ein Teilchen der Ladung q_1 wird im Ursprung des Koordinatensystems festgehalten. Ein zweites Teilchen mit Ladung q_2 bewegt sich mit konstanter Geschwindigkeit v entlang der z-Achse.

a) Berechnen Sie die Kraft $\vec{F}_{12}(t)$, die q_1 auf q_2 zum Zeitpunkt t ausübt (q_2 befindet sich dann am Ort $z = vt$).

b) Berechnen Sie die Kraft $\vec{F}_{21}(t)$, die q_2 auf q_1 zum Zeitpunkt t ausübt und kommentieren Sie das Ergebnis.

c) Berechnen Sie den Impuls $\vec{p}(t)$, der sich zur Zeit t im Feld befindet.

d) Berechnen Sie die Änderungsrate $\frac{d\vec{p}}{dt}$ des im Feld gespeicherten Impulses und interpretieren Sie das Resultat.

Aufgabe 46 (10 Punkte)
(Kapazität von Kondensatoren)
Ein Kondensator besteht aus zwei gegeneinander isolierten Leitern A und B. Werden entgegengesetzt gleiche Ladungen Q und $-Q$ auf die Leiter gebracht, so stellt sich eine Potentialdifferenz U ein, definiert durch

$$U = \int_A^B \vec{E}(\vec{r}) \cdot d\vec{s}$$

entlang eines beliebigen Weges von A nach B. Die Kapazität C ist durch $C = \frac{Q}{U}$ gegeben. Berechnen Sie die Kapazität der folgenden Kondensatorgeometrien:

a) Zwei große, parallele Platten der Fläche A im Abstand d, zwischen denen sich ein Dielektrikum mit
$$\epsilon(z) = 1 + \frac{1}{1 + (z - \frac{d}{2})}$$
befindet. Wählen Sie das Koordinatensystem so, dass die untere Platte in der xy-Ebene liegt.

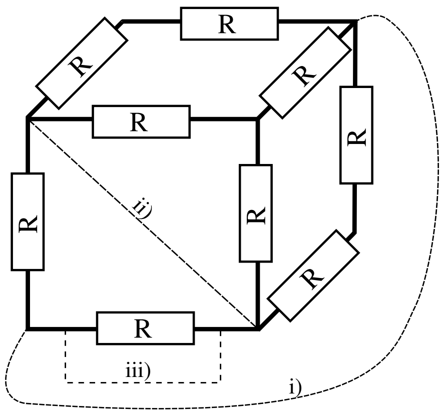
b) Zwei konzentrische leitende Zylinderflächen mit Radien a und b $(1 > a > b > 0)$ und der Länge L $(\frac{a}{l} \ll 1)$. Zwischen den beiden Zylinderflächen befinde sich ein Dielektrikum mit der ortsabhängigen Dielektrizitätskonstante
$$\epsilon(r) = \frac{1 + r^2}{2r^2} \text{ in Zylinderkoordinaten.}$$
Betrachten Sie das Problem als zylindersymmetrisch.

Aufgabe 47 (10 Punkte)
(Kirchhoffsche Regeln)

a) Benutzen Sie die Kirchhoffschen Regeln, um zu zeigen, dass sich der Gesamtwiderstand einer Reihenschaltung von n elektrischen Widerständen R_i zu $R_{\text{ges}} = \sum_{i=1}^{n} R_i$ ergibt.

b) Zeigen Sie ferner, dass für eine Parallelschaltung der Widerstände die Beziehung $\frac{1}{R_{\text{ges}}} = \sum_{i=1}^{n} \frac{1}{R_i}$ gilt.

c) Gegeben seien zwölf gleich lange (widerstandslose) Drahtstücke, an denen jeweils der gleiche Widerstand R angebracht sei. Aus diesen Kanten wird nun ein Würfel zusammengebaut. Berechnen Sie den Widerstand



i) entlang der Raumdiagonale des Würfels

ii) entlang einer Flächendiagonale

iii) entlang einer Kante