

---

# Probeklausur zur Experimentalphysik III

Prof. Dr. L. Oberauer  
Wintersemester 2009/2010

---

Quirin Meindl  
Timo Lewke

21.12.09

---

quirin.meindl@ph.tum.de  
timo.lewke@ph.tum.de

Raum: PH3043  
Tel.: 089/289-12328

*Zugelassene Hilfsmittel:*

*1 beidseitig handbeschriebenes DIN A4 Blatt  
Ein nicht-programmierbarer Taschenrechner*

*Bearbeitungszeit 90min.*

*In der Semestralklausur müssen nicht alle Aufgaben vollständig gelöst werden, um die Note 1.0 zu erhalten.*

*4 Seiten, 7 Aufgaben, insgesamt 63 Punkte*

Viel Erfolg!

## Aufgabe 1: Elektromagnetische Welle (~ 15 Punkte)

Eine transversale elektromagnetische Welle im Vakuum sei zirkular polarisiert,

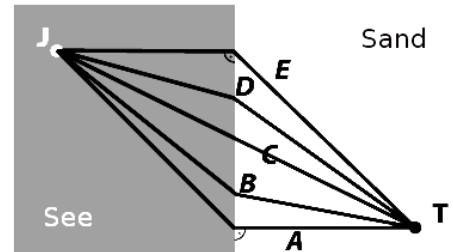
$$\vec{E}(\vec{r}, t) = E_0 [\cos(kz - \omega t) \vec{e}_x + \sin(kz - \omega t) \vec{e}_y],$$

und breite sich in  $z$ -Richtung aus. Berechnen Sie für diese Welle

- (a) die magnetische Induktion  $\vec{B}(\vec{r}, t)$ ,
- (b) den Poynting-Vektor  $\vec{S}(\vec{r}, t)$ ,
- (c) den Strahlungsdruck auf eine um den Winkel  $\theta$  gegen die Ausbreitungsrichtung ( $\vec{k} = k\vec{e}_z$ ) geneigte, total absorbierende Ebene.

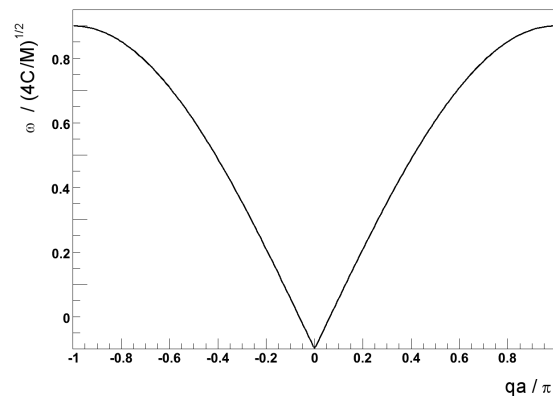
### Aufgabe 2: Snellius-Gesetz ( $\sim 5$ Punkte)

Jane wird in einem ruhigen See am Punkt  $J$  von einem Krokodil angegriffen. Tarzan, der sich an Land mit gezücktem Buschmesser am Punkt  $T$  befindet, möchte ihr zu Hilfe eilen. Tarzan rennt mit  $12m/s$  und schwimmt mit  $3m/s$ . Er wählt den in der Skizze eingezeichneten Weg  $A$ . Er kommt knapp zu spät... Auf welchem der eingezeichneten Wege hätte Tarzan die größte Chance gehabt, rechtzeitig bei Jane zu sein? Begründen Sie Ihre Entscheidung mit dem Snellius'schen Brechungsgesetz.



### Aufgabe 3: Phasen- und Gruppengeschwindigkeit ( $\sim 8$ Punkte)

Auch in Festkörpern spielen Wellenphänomene eine große Rolle. So können zum Beispiel Atome zu Schwingungen angeregt werden, die sich durch den Festkörper ausbreiten. Diese Gitterschwingungen, auch Phononen genannt, werden durch ihre Dispersionsrelationen charakterisiert. In der Graphik ist der akkustische Zweig einer Phononen-Dispersionsrelation



für ein einatomiges Gitter dargestellt, welche durch die folgende Formel beschrieben wird:

$$\omega^2(q) = \frac{4C}{M} \sin^2 \frac{qa}{2}$$

Hierbei gibt  $a$  den Gitterebenenabstand und  $M$  die Masse des schwingenden Atoms an. Der Wellenvektor ist durch  $q$  gegeben und die Rückstellkraft durch den Term  $C$ .

- (a) Berechnen Sie die Gruppen- und Phasengeschwindigkeit  $(v_{gr}(q), v_{ph}(q))$ .
- (b) Skizzieren Sie für die erste Brillouin-Zone (entspricht dem Bereich von  $\frac{qa}{\pi} \in [-1; 1]$ ) die Gruppengeschwindigkeit. Deuten Sie das Verhalten der Welle an den Grenzen der Brillouin-Zone.

#### **Aufgabe 4: Zoom-Objektiv ( $\sim 9$ Punkte)**

Das Modell eines Zoom-Objektivs für eine Kleinbild-Kamera soll aus zwei dünnen Sammellinsen mit veränderbarem Abstand  $d$ , gleichen Dicken, Brennweiten und Brechzahlen  $n = 1.57$  aufgebaut werden und folgende Eigenschaften haben:

Brennweitenvariation zwischen  $90\text{ mm}$  und  $210\text{ mm}$ , Öffnungsverhältnis  $1 : 3.5$  (also Blendenzahl 3.5).

- (a) Alle Oberflächen der sphärischen Sammellinsen haben den Krümmungsradius  $r = 91\text{ mm}$ . Wie groß ist deren Brennweite  $f_1$  bzw.  $f_2$ ?
- (b) Welchen Durchmesser  $D$  muss die Frontlinse (Eintrittspupille) haben?
- (c) In welchem Bereich muss der Linsenabstand  $d$  veränderbar sein?
- (d) Welche kleinste Brennweite des Objektivs ist möglich, wenn beide Linsen denselben Durchmesser  $D$  haben?

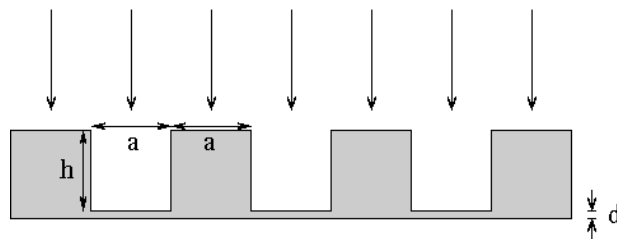
#### **Aufgabe 5: Feldstecher ( $\sim 7$ Punkte)**

Zwei handelsübliche Feldstecher (als Fernrohre anzusehen) haben die Bezeichnungen  $8 \times 30$  und  $7 \times 50$ . Dabei bedeutet die erste Zahl die Vergrößerung  $v$  und die zweite Zahl den Objektivdurchmesser  $d_1$  in  $\text{mm}$ .

- (a) Wie groß ist bei beiden Feldstechern der Durchmesser  $d_2$  des hinter dem Okular austretenden Parallellichtbündels, das von einem unendlich fernen Gegenstand stammt? Bitte eine klare Skizze!
- (b) Welcher der beiden Feldstecher ist in der Dämmerung besser geeignet (begründen Sie Ihre Antwort)?

### Aufgabe 6: Phasengitter ( $\sim 12$ Punkte)

Bei einem Phasengitter wird an Stelle der Amplitude die Phase der transmittierten Welle periodisch moduliert.



Die abgebildete transparente Struktur stellt ein Phasengitter dar, auf das senkrecht von oben eine ebene elektromagnetische Welle einfällt. Wie groß muss die Tiefe  $h$  bei vorgegebenem Brechungsindex  $n$  gewählt werden, damit die Intensität des Hauptmaximums erster Ordnung maximal wird (hierbei kann die Dicke  $d$  komplett vernachlässigt werden)? Welche Intensität hat das Maximum nullter Ordnung in diesem Fall?

### Aufgabe 7: Michelson-Interferometer ( $\sim 7$ Punkte)

Erläutern Sie anhand einer Skizze das Prinzip des Michelson-Interferometers. Benötigt man zwangsläufig Laserlicht (begründen Sie Ihre Antwort!)? Nennen Sie ein Anwendungsbeispiel für diesen Interferometertyp?