

# Ferienkurs Experimentalphysik 3

## Probeklausur

18.03.2011

### Hinweise:

- Stefan-Boltzmann-Konstante  $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \frac{W}{m^2 K^4}$
- Boltzmann-Konstante  $k_B = 1,38 \cdot 10^{-23} J/K$
- $\int x^n e^{ax} dx = \frac{e^{ax}}{a^{n+1}} [(ax)^n - n(ax)^{n-1} + n(n-1)(ax)^{n-2} \dots + (-1)^n n!]$
- Ruhemasse eines Elektrons  $m_e = 9,116 \cdot 10^{-31} kg$
- Ruhemasse eines Neutrons  $m_n = 1,67 \cdot 10^{-27} kg$
- Plancksches Wirkungsquantum  $h = 6,626 \cdot 10^{-34} J \cdot s$
- Atomare Masseneinheit  $u = 1,66 \cdot 10^{-27} kg$
- Stefan Boltzmann Konstante :  $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \frac{W}{m^2 K^4}$

## 1 Wellen

- a) Wie lautet die Wellengleichung in 3 Dimensionen, für das E-Feld
- b) Wie lautet das B-Feld einer EM-Welle bei gegebenen E-Feld? In welcher Richtung weist es bezüglich des E-Felds und der Ausbreitungsrichtung der Welle?
- c) Linear-polarisiertes Licht fällt auf ein  $\lambda/4$  Plättchen. Welche Polarisation weist das ausfallende Licht auf?
- d) Links-zirkular polarisiertes Licht fällt auf ein  $\lambda/2$  Plättchen. Welche Polarisation weist das ausfallende Licht auf?

Bonusfrage: Was glauben sie, transportiert eine zirkular-polarisierte Welle für eine zusätzliche Größe, neben Energie, Impuls und Druck?

## 2 Rote Riesen

Rote Riesen haben typischerweise eine Oberflächentemperatur von 3000 K. Berechnen sie unter der Annahme, dass der Stern wie ein schwarzer Strahler strahlt:

- (a) die gesamte emittierte Intensität)
- (b) bestimmen sie die maximale Frequenz sowie Wellenlänge der Intensitätsverteilungen
- (c) leiten sie die Formel zu spektralen Energiedichte in Abhängigkeit der Wellenlänge explizit her und berechnen sie den Anteil der Energie, die im sichtbaren Bereich (400 nm - 700 nm) emittiert wird.
- (d) warum gibt es rote und blaue, aber keine grünen Sterne ?

## 3 Mikroskop

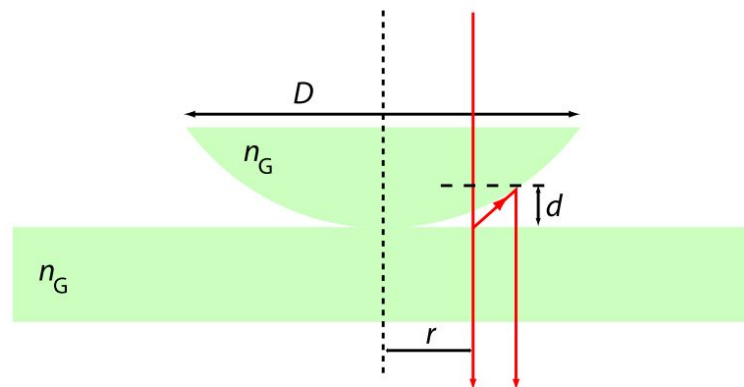
Ein Mikroskop besteht aus einem Objektiv mit einer Brennweite von 5mm, und einem Okular mit 20mm Brennweite. Die Objektivbildweite beträgt 150mm, die des Okulars 260m. Der Durchmesser des Objektivs sei 2mm.

- a) Skizzieren sie den Strahlengang (mit Werten!) des Mikroskops mit Bild und Zwischenbild.
- b) Geben sie die Vergrößerung der beiden Linsen und des gesamten Mikroskops an.
- c) Wie groß sind die kleinsten Strukturen, die von diesen Mikroskop bei  $\lambda = 550nm$  noch aufgelöst werden kann?
- d) Um wie viel darf die Bildweite verändert werden, bevor die entstehene Unschärfe größer wird als das Auflösungsvermögen?

## 4 Newton Ringe

Feucht eingeglaste Dias zeigen bei Projektion farbige Newtonsche Ringe. Sie sollen im Folgenden modelliert werden.

Eine plankonvexe Linse mit Krümmungsradius  $R = 5m$  liegt auf einer ebenen Glasplatte und wird senkrecht von oben mit einem parallelen Lichtbündel einer Na-Dampflampe ( $\lambda = 589.3nm$ ) bestrahlt. Der Zwischenraum ist mit Wasser gefüllt (Brechungsindex  $n=1.33$ ). Das Glas der Linse und der Platte sein Kronglas SK1. Man erhält im durchgehende gelben Licht Newtonsche Ringe.



a) Wie groß ist der optische Gangunterschied zwischen den beiden skizzierten Strahlen? Ist es an der Berührstelle von Linse und Platte hell oder dunkel?

b) Berechnen sie die Formel für die Radien  $r$  der Newtonschen Ringe unter der Annahme, dass  $d \ll R$ . Wie viele Ringe erhält man maximal, wenn der Durchmesser der Linse  $D = 5 \text{ cm}$  beträgt?

## 5 Lloydscher Spiegel

Überlegen sie sich, wie sie mit Hilfe eines Spiegels, einer Lichtquelle und eines Spalts zwei kohärente Lichtquellen erzeugen können, die auf einen Schirm ein Interferenzmuster erzeugen. Fertigen sie dazu eine Skizze an, und erklären sie, wie die Interferenzbedingung ist. Welche Auswirkungen auf den Interferenzmuster hat die Tatsache, dass der Spiegel optisch dichter ist als die umgebende Luft? Wie ist die Intensität an der Stelle, an der die Verlängerung des Spiegels die Leinwand kreuzt? Was geschieht eigentlich mit der Energie der Lichtquellen, wenn sie destruktiv interferieren?

## 6 Fabry-Perot-Interferometer

- (a) Erklären Sie den Aufbau und die Funktionsweise eines Fabry-Perot-Interferometers.  
 (b) Bestimmen Sie den optischen Weg, der beim Fabry-Perot-Interferometer bei nur einer Reflexion durchlaufen wird bei Senkrechten Lichteinfall. Berücksichtigen sie dabei nicht die evtl. auftretenden Phasensprünge bei der Reflexion. Was für eine Phasenverschiebung  $\delta$  entspricht dieser Weg.  
 (c) Geben Sie an, wie sich die reflektierte Welle zusammensetzt, und klammern sie soweit es geht aus. Wie können Sie die Summe lösen? (Sie brauchen die Summe nicht zu lösen, eine Angabe des Lösungsweges reicht vollkommen aus.)  
 (d) Die Lösung für Aufgabenteil (c) sei nun gegeben für die Intensität als:

$$I_r = I_0 \cdot \frac{F \sin^2\left(\frac{\delta}{2}\right)}{1 + F \sin^2\left(\frac{\delta}{2}\right)}$$

Dabei sei  $F$  eine Materialkonstante des Fabry-Perot-Interferometers.

Welche ist, wenn  $F$  konstant ist die variable Größe des Fabry-Perot-Interferometers. Es soll weiterhin senkrechter Lichteinfall betrachtet werden. Bestimmen sie die variable Größe so, dass die transmittierte Intensität maximal wird. Wie groß ist die transmittierte Intensität.

(e) Wenn sie nun wollen, dass nahezu alles Licht Reflektiert wird, wie müssen Sie dann die variable Größe Wählen? Wie groß ist die maximal reflektierte Intensität? Vergleichen Sie dieses Ergebniss mit dem aus Teil (d).