Klausur zur Experimentalphysik III (Optik)	PD Dr. G. Seifert
02.02.2006	WS 2005/06

Bitte bearbeiten Sie jede Aufgabe möglichst auf einem separaten Blatt; Schreiben Sie auf **jedes Blatt**, das Sie abgeben, **gut lesbar** Ihren Namen (am besten oben rechts), und geben Sie **mindestens einmal Ihre Matrikelnummer** an!

Erreichbare Gesamtpunktzahl: **50 P.**
Mit **[O]** gekennzeichnete Teilaufgaben können ohne Berechnung beantwortet werden!

Aufgabe 1 (8 P.):

Eine schwarze Kugel von 2 cm Durchmesser soll durch Sonnenlicht, das durch einen auf der Erdoberfläche befindlichen Parabolspiegel nach oben reflektiert und fokussiert wird, gegen die Schwerkraft in Schwebe gehalten werden. Welchen Durchmesser müsste dieser Spiegel haben?

Rechnen Sie mit folgenden Annahmen: Spiegel reflektiert 100%, Kugel ist im Fokus des Spiegels, alle Intensität wird auf Fokaldurchmesser von genau 2 cm gebündelt, Lichtstrahl ist im Fokus aufwärts gerichtetes Parallelbündel, Intensität ist über den Fokalquerschnitt konstant. Kugel wechselwirkt mit Licht wie eine perfekt absorbierende waagerechte Scheibe.

Zahlenwerte: Solarkonstante 1000W/m^2, Erdbeschleunigung 10m/s^2, Dichte des Kugelmaterials 2,5g/cm^3, Lichtgeschwindigkeit $3\cdot10^8$ m/s

Aufgabe 2 (9 P.):

Zwei Laserstrahlen durchlaufen einen Block aus Quarzglas; die beiden Lasersysteme sind (1) ein Nd:YAG-Laser, der kurze Impulse bei einer Zentralwellenlänge von 532 nm emittiert, und (2) ein Titan:Saphir-Laser, der kurze Impulse bei einer Zentralwellenlänge von 800 nm emittiert.

Materialdaten von Quarzglas		
λ	532 nm	800 nm
$n(\lambda)$	1.461	1.453
$\frac{dn(\lambda)}{d\lambda}$	$\frac{-4.4\cdot10^{-5}}{nm}$	$\frac{-1.0\cdot10^{-5}}{nm}$

a) Berechnen Sie die Ausbreitungsgeschwindigkeiten der Laserimpulse bei den gegebenen Wellenlängen! **(3 P.)**

b) Welche Ausbreitungsgeschwindigkeit hätte jeweils streng monochromatisches, kontinuierliches Laserlicht bei den gleichen Wellenlängen wie in a)? **(2 P.)**

c) Auf den Glasblock soll nun eine transparente Schicht aufgedampft werden, die die Reflexion bei der Wellenlänge 532 nm vollständig unterdrückt. Welche Dicke und welchen Brechungsindex muss die Schicht dafür haben? **(2 P.)**

d) **[O]** Wie wirkt sich qualitativ die in c) berechnete Schicht auf die Reflexion bei 800 nm aus? **(2 P.)**

Aufgabe 3 (8 P.):

Eine Linse aus Glas (n=1.5) von 5 cm Durchmesser fokussiert einfallendes Sonnenlicht (Parallelbündel) in 5 cm Entfernung.

a) Welchen Krümmungsradius müsste diese Linse haben, wenn es sich um eine Bikonvexlinse mit 2 gleichen Kugelflächen handelt und die Näherung dünner Linsen angewendet wird? **(2 P.)**

b) Wie groß ist in der gleichen Näherung der „Brennfleck" (Beugungsscheibchen), wenn man eine mittlere Wellenlänge von 550 nm zugrunde legt? **(2 P.)**

c) Welche Brennweite hätte die Linse, eingetaucht in Wasser (n_W = 1.33) bzw. in Kohlenstoffdisulfid (CS_2, n_{CS2} = 1.62)? **(2 P.)**

d) **[O]** Erläutern Sie kurz mindestens zwei Effekte, die in der Realität dazu führen, dass die in b) berechnete Fokalgröße nicht erreicht wird! **(2 P.)**

Aufgabe 4 (10 P.):

Ein paralleles, unpolarisiertes Lichtbündel fällt, zunächst senkrecht, auf eine ebene Luft/Wasser-Grenzfläche ein (n_{Wasser}=1.33, n_{Luft}=1)

a) Welcher Anteil der eingestrahlten Intensität wird jeweils in das andere Medium transmittiert, wenn das Licht aus der Luft bzw. aus dem Wasser kommt? **(2 P.)**

b) Nun wird der Einfallswinkel des Bündels variiert; bei welchem Einfallswinkel (aus der Luft kommend) ist das reflektierte Licht vollständig linear polarisiert? **(2 P.)**

c) Welcher Anteil der Intensität gelangt in die Luft, wenn der Strahl aus dem Wasser unter einem Einfallswinkel von 50° auf die Grenzfläche trifft? **(2 P.)**

d) Die Dispersion von Wasser kann im sichtbaren Spektralbereich näherungsweise durch einen linearen Zusammenhang mit der Steigung $dn/d\lambda = -3.5 \cdot 10^{-5}$ nm^{-1} beschrieben werden; bei λ_D = 589.3 nm hat der Brechungsindex einen Wert von n_D = 1.33299. Unter welchem Winkel müsste demgemäß ein aus dem Wasser kommendes Bündel auf die Grenzfläche treffen, damit nur Licht mit Wellenlängen > 600 nm aus dem Wasser heraus kommt? **(4 P.)**

Aufgabe 5 (8 P.):

Aus kristallinem Quarz sollen planparallele Plättchen hergestellt werden, deren optische Achse parallel zur Oberfläche liegt. Mit diesen Plättchen soll der Polarisationszustand eines linear polarisierten, senkrecht auf die Platten einfallenden Laserstrahls (He/Ne-Laser, λ = 632.8 nm) der Intensität I_0 manipuliert werden. *(Brechungsindizes von Quarz bei λ = 632.8 nm: n_o = 1.5442, n_{ao} = 1.5533)*

a) Zunächst soll der Polarisationszustand des Laserlichtes von linear auf zirkular verändert werden. Bestimmen Sie die dazu nötige (minimale) Plattendicke, und beschreiben Sie, wie die optische Achse der Platte relativ zur Polarisationsebene des Laserstrahls orientiert sein muss! **(2 P.)**

b) Nun soll die lineare Polarisation beibehalten, aber die Polarisationsebene des Lichtes um 60° gedreht werden. Bestimmen Sie die dazu nötige (minimale) Plattendicke, und beschreiben Sie, wie die Platte relativ zur Polarisationsebene des Laserstrahls orientiert sein muss! **(2 P.)**

c) Als nächstes wird ein (idealer) Polarisator so in den Laserstrahl gebracht, dass er zunächst die Strahlung vollständig blockiert. Anschließend wird zuerst das in a), dann im Austausch das in b) berechnete Plättchen eingesetzt und so um den Laserstrahl rotiert, dass es stets senkrecht zum Strahl bleibt. Geben Sie für beide Fälle an, bei welchen Drehwinkeln maximale und minimale Intensität nach dem Polarisator beobachtet wird, und wie groß diese (bezogen auf I_0) jeweils sind! **(2 P.)**

d) Schließlich wird, ähnlich wie in c), jeweils eines der Plättchen und ein Polarisator in den Strahl gebracht, aber jetzt werden die Plättchen in den in a) und b) berechneten Orientierungen fixiert, und dafür der Polarisator rotiert. Charakterisieren Sie wiederum, analog zu c), die Drehwinkelabhängigkeit der nach dem Polarisator beobachteten Intensität für beide Fälle! **(2 P.)**

Aufgabe 6 (7 P.):

a) **[O]** In der Brennebene einer dünnen Sammellinse der Brennweite f befinden sich 3 punktförmige Lichtquellen an verschiedenen lateralen Positionen: (1) auf der optischen Achse des Systems, (2) im Abstand (f/100) bzw. (3) im Abstand (f/2) davon. Beschreiben oder skizzieren Sie die gemäß der Strahlenoptik zu erwartenden Lichtbündel, die diese 3 Lichtquellen auf der anderen Seite der Linse hervorrufen! **(3 P.)**

b) **[O]** Welche Eigenschaften elektromagnetischer Strahlung beschreibt der Poynting-Vektor? **(1 P.)**

c) **[O]** Skizzieren Sie das Beugungsbild eines Beugungsgitters! Wie hängt dieses Bild vom Verhältnis Spaltabstand zu Spaltbreite des Gitters ab? **(2 P.)**

d) **[O]** Welche Parameter bestimmen das spektrale Auflösungsvermögen eines Gitters? **(1 P.)**