

Klausur zu Experimentalphysik III – WS 2008/09

Zugelassene Hilfsmittel:

*1 beschriebenes oder bedrucktes DIN A4 Blatt
Taschenrechner*

Bearbeitungszeit 90min.

Es müssen nicht alle Aufgaben vollständig gelöst werden, um die Note 1.0 zu erhalten.

4 Seiten, 8 Aufgaben, insgesamt ~76 Punkte

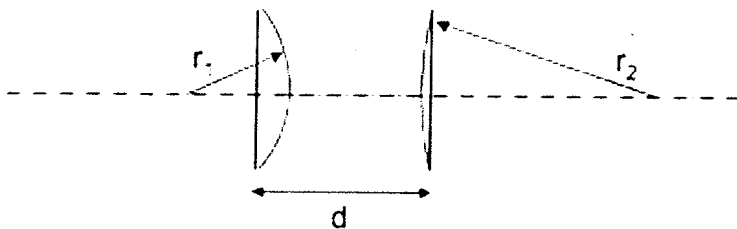
Viel Erfolg!

Aufgabe 1: Geometrische Optik

(~8 Punkte)

Ein Okular bestehe aus zwei dünnen Plankonvexlinsen mit den Krümmungsradien r_1 und r_2 im Abstand $d = 2.604$ cm voneinander (siehe Skizze). Ein solches System hat eine Brennweite f , wobei $1/f = 1/f_1 + 1/f_2 - d/f_1 f_2$.

- Das Okular soll als Lupe die Vergrößerung $v = 10$ besitzen. Wie groß muss dann die Brennweite f gewählt werden?
- Die Brennweite f des Okulars soll bei der Wellenlänge λ_0 unabhängig von kleinen Wellenlängenänderungen sein (Achromat). Bei λ_0 habe das Material beider Linsen den Brechungsindex $n = 1.4$. Berechnen Sie die Krümmungsradien r_1 und r_2 der beiden Linsen.



✓

Berechnen Sie die Brennweite einer dicken bikonvexen Linse aus Kronglas SK1 ($n_{\text{SK1}} = 1.61016$) und den Krümmungsradien $+20\text{ cm}$ und -20 cm . Die Linse sei 4 cm dick und befinde sich in Luft ($n = 1$).

✓

Erläutern Sie anhand einer Skizze das Prinzip des Michelson-Interferometers. Benötigt man zwangsläufig Laserlicht? Nennen Sie ein Anwendungsbeispiel für diesen Interferometertyp?

V

Thermische Neutronen (20°C) aus einem Reaktor werden durch Bragg-Streuung an einem Silizium-Einkristall monochromatisiert.

- Die Neutronen mit der Energie $E_0 = k_B T$ werden dabei um 33.2° von der Einfallsrichtung abgelenkt. Berechnen Sie unter der Annahme, dass es sich um einen Bragg-Peak erster Ordnung handelt, den Netzebenenabstand von Silizium.
- Der gleiche Monochromator soll nun für Photonen benutzt werden. Welche Energie müssen diese haben, wenn die gestreuten Photonen unter dem gleichen Winkel beobachtet werden sollen?
- Wie groß wäre der Ablenkwinkel bezüglich der Einfallsrichtung bei Elektronen mit einer kinetischen Energie von 1 MeV?

Aufgabe 5: Transmissionsgitter (~5 Punkte)

Bei einem Transmissionsgitter (Strichabstand d , Spaltbreite b) wird das dritte Hauptmaximum nicht beobachtet, weil es mit dem ersten Beugungsminimum zusammenfällt.

- ✓ a) Berechnen Sie das Verhältnis d/b
- b) Skizzieren Sie die Intensitätsverteilung

✓ Aufgabe 6: Auflösungsvermögen

(~6 Punkte)

Die Bilder des impressionistischen Malers George Seurat (1859-1891) sind Beispiele für den Pointillismus. Das Gemälde besteht dabei aus vielen kleinen, nahe beieinander liegenden Punkten, die jeweils mit einer reinen Farbe gemalt sind und einen Durchmesser von rund 2 mm haben. Die Vermischung der Farben geschieht im Auge des Betrachters durch Beugungseffekte. Berechnen Sie den minimalen Betrachtungsabstand, bei dem diese Vermischung gerade eintritt. Setzen Sie diejenige Wellenlänge des sichtbaren Lichts an, die dabei den *größten* Mindestabstand erfordert. Dann tritt der gewünschte Effekt im *gesamten* sichtbaren Spektralbereich ein. Setzen Sie den Pupillendurchmesser zu 3 mm an.

○ Aufgabe 7: Polarisation

(~9 Punkte)

Senkrecht auf ein planparalleles Kalkspatplättchen der Dicke d , dessen optische Achse parallel zur Oberfläche ist, fällt polarisiertes Licht der Wellenlänge λ , wobei die Polarisationsrichtung einen Winkel von 45° mit der optischen Achse bildet.

Der Brechungsindex für den ordentlichen Strahl ist $n_o = 1.6584$, der Brechungsindex für den außerordentlichen Strahl ist $n_{ao} = 1.4864$. Hinter der Platte befindet sich ein Polarisationsfilter dessen Durchlassrichtung mit der optischen Achse der Platte den Winkel Θ bildet. Wie groß ist die Intensität des Lichtes nach dem Polarisationsfilter, wenn die einfallende Intensität I_0 ist? Was ergibt sich für $\lambda = 500 \text{ nm}$ und $d = 6.541 \text{ }\mu\text{m}$? Wie ist in diesem Fall das die Kalkspatplatte verlassende Licht polarisiert?

✓ Aufgabe 8: Schwarzer Strahler

(~20 Punkte)

Rote Zwerge haben typischerweise Oberflächentemperaturen zwischen 2500 K und 4000 K. Sie sind die häufigsten Sterne im Universum. Die Massen bewegen sich zwischen einigen Prozent und der Hälfte der Sonnenmasse. Ein typischer Vertreter ist „Gliese 876“ in einer Entfernung von 15.2 Lichtjahren zu unserem Sonnensystem. Er hat eine Masse von 0.32 Sonnenmassen, etwa 36% des Sonnendurchmessers und eine Oberflächentemperatur von 3200 K. Berechnen Sie unter der Annahme, dass der Stern wie ein perfekter Schwarzkörperstrahler strahlt:

- die gesamte emittierte Strahlungsleistung (in Watt)
- die Wellenlänge λ_{\max} und die Frequenz ν_{\max} bei der das Strahlungsspektrum jeweils maximal ist
- wie ist der Zusammenhang zwischen der spektralen Dichte $u_\lambda(\lambda, T)$ und $u_\nu(\nu, T)$?
- Berechnen Sie den Anteil r der Energie, der im sichtbaren Bereich des elektromagnetischen Spektrums (400 nm – 700 nm) emittiert wird
- Warum sieht man keine grünen Sterne, jedoch blaue und rote?

Anhang:

Wien'sche Verschiebungskonstante:	$b = 2.9 \cdot 10^{-3} \text{ Km}$
Stefan-Boltzmannkonstante:	$s = 5.67 \cdot 10^{-8} \text{ Wm}^{-2} \text{ K}^{-4}$
Boltzmannkonstante:	$k_B = 1.38 \cdot 10^{-23} \text{ JK}^{-1}$
Planck'sche Konstante:	$h = 6.63 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$
Lichtgeschwindigkeit:	$c = 3 \cdot 10^8 \text{ ms}^{-1}$
Sonnendurchmesser:	$d_{\text{Sonne}} = 1392000 \text{ km}$
Neutronenruhemasse:	$m_N = 1.6749 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 939.57 \text{ MeV}/c^2$
Elektronenruhemasse:	$m_e = 511 \text{ keV}/c^2$

Integral:

$$\int x^n e^{ax} dx = \frac{e^{ax}}{a^{n+1}} \left[(ax)^n - n(ax)^{n-1} + n(n-1)(ax)^{n-2} - \dots + (-1)^n n! \right]$$

$(n = 1, 2, 3, \dots)$