
Klausur zur Experimentalphysik 3

Prof. Dr. S. Paul, Dr. B. Ketzer

Wintersemester 2011/2012

14. Februar 2012

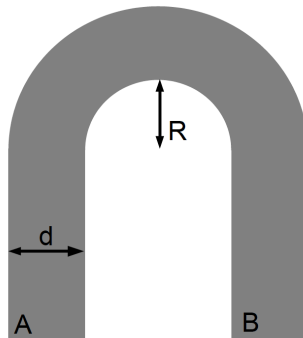
Zugelassene Hilfsmittel:

- 1 beidseitig handbeschriebenes DIN A4 Blatt
- 1 nichtprogrammierbarer Taschenrechner

Bearbeitungszeit 90 Minuten. Es müssen nicht alle Aufgaben vollständig gelöst sein, um die Note 1,0 zu erhalten.

Aufgabe 1 (6 Punkte)

Ein Glasstab mit einem rechteckigen Querschnitt wird in die in der Abbildung gezeigte Form verbogen. Ein paralleler Lichtstrahl fällt senkrecht auf A ein. Bestimmen Sie den Minimalwert des Verhältnisses $\frac{R}{d}$, für den alles Licht, das auf A einfällt, auch durch das Glas bei B wieder austritt. Der Brechungsindex von Glas ist $n = 1.5$. Der Glasstab befindet sich in Luft ($n_{Luft} = 1$).



Aufgabe 2 (5 Punkte)

Gegeben sei ein Laserstrahl mit einem kreisförmigen Querschnitt mit Radius $r = 1\text{mm}$. Sie haben zwei Linsen zur Verfügung, eine Konvexlinse mit $|f| = 100\text{mm}$ und eine Konkavlinse mit $|f| = 10\text{mm}$. Sie sollen die Linsen so auf einer optischen Bank anordnen, dass der Laserstrahl nach Durchlaufen der Linsen wieder aus parallelen Strahlen besteht, jedoch einen größeren Querschnitt von jetzt $r = 10\text{mm}$ hat (Strahlaufweiter).

a) Zeichnen Sie qualitativ den Strahlengang.

[2]

b) Berechnen Sie den Abstand zwischen den Linsen.

[1]

c) Skizzieren Sie einen Aufbau aus zwei Konvexlinsen (mit $f = 10\text{mm}$ und $f = 100\text{mm}$) mit gleicher Wirkung.

[2]

Aufgabe 3 (7 Punkte)

Der Brechungsindex von Luft bei $T = 300\text{K}$ und Druck $p = 1\text{atm}$ beträgt $n = 1.0003$ in der Mitte des sichtbaren Spektrums. Nehmen Sie bei $T = 300\text{K}$ eine isotherme Atmosphäre an. Berechnen Sie den Faktor, um den die Erdatmosphäre dichter sein müsste, damit die Krümmung eines horizontalen Lichtstrahls der Erdkrümmung auf Meereshöhe entspräche. Dies würde bedeuten, dass man bei wolkenlosem Himmel die ganze Nacht lang einen romantischen Sonnenuntergang beobachten könnte. Allerdings wäre das Bild der Sonne stark vertikal gestaucht.

Hinweis: Der Brechungsindex n habe die Eigenschaft, dass $n - 1$ proportional zur Dichte sei. In dieser isothermen Atmosphäre gilt die barometrische Höhenformel:

$$\rho(h) = \rho_0 \exp\left(-\frac{h}{8700\text{m}}\right), \quad (1)$$

wobei $\rho(h)$ die Dichte sei, ρ_0 die Dichte auf Meereshöhe und h die Höhe über der Meereshöhe ist, sodass gilt

$$n(r) - 1 = \rho \exp\left(-\frac{r - R}{8700}\right), \quad (2)$$

wobei ρ der Dichtekoeffizient ist. Der Erdradius ist gegeben durch $R = 6400 \times 10^3\text{m}$. Denken Sie an das Fermatsche Prinzip.

Aufgabe 4 (7 Punkte)

Ein Doppelspalt-Experiment werde in Fraunhoferscher Geometrie zunächst in Luft durchgeführt. Der Doppelspalt mit Spaltabstand $b = 0.12\text{mm}$ werde von einem HeNe-Laser mit Wellenlänge $\lambda = 633\text{nm}$ beleuchtet. Wird eine dünne Kunststoffolie auf der dem Laser zugewandten Seite vor einen der Spalte gebracht, so verschiebt sich das Interferenzmuster um 5.5 Streifen.

Nun führt man dasselbe Experiment unter Wasser ($n_W = 1.33$) durch und es ergibt sich wieder ein Interferenzmuster. Wird nun die Kunststoffolie vor einen der Spalte gebracht, so verschiebt sich dieses Interferenzmuster nur um 3.5 Streifen. Berechnen Sie die Dicke sowie den Brechungsindex der Kunststoffolie.

Aufgabe 5 (5 Punkte)

Das einfachste Lichtmikroskop besteht aus einem Objektiv der Brennweite f_1 und einem Okular der Brennweite f_2 .

- a) Beschreiben Sie die Funktion von Objektiv und Okular im Lichtmikroskop.

[2]

- b) Was begrenzt das Auflösungsvermögen des Mikroskops? Von welchen Parametern hängt der minimale Abstand zweier Objektpunkte ab, die im Mikroskop noch getrennt wahrgenommen werden können?

[3]

Aufgabe 6 (6 Punkte)

Ein monoenergetischer γ -Strahl fällt auf eine sehr dünne metallische Folie, die sich im Vakuum befindet. Senkrecht aus der Folie austretende Elektronen werden durch ein homogenes Magnetfeld \mathbf{B} , das parallel zur Folie orientiert ist, abgelenkt. Bestimmen Sie die Energie, die Frequenz und die Wellenlänge der einfallenden Strahlung unter Annahme folgender Bedingungen: $R = 0.10\text{m}$ sei der Krümmungsradius der herausgeschlagenen Elektronen in einer Ebene senkrecht zum Magnetfeld der Stärke $B = |\mathbf{B}| = 1.5 \cdot 10^{-3}\text{T}$, $\lambda = 1.5\text{nm}$ sei die Wellenlänge, die der Austrittsarbeit des Metalls entspricht.

Hinweis: Nehmen Sie an, dass die Geschwindigkeit der Elektronen sehr viel kleiner als c ist.

Aufgabe 7 (5 Punkte)

Betrachten Sie die Sonne als schwarzen Strahler mit einer Temperatur $T = 5500\text{K}$. Der Abstand Erde-Sonne ist $1.5 \times 10^8\text{km}$. Der Durchmesser der Sonne beträgt $1.4 \times 10^6\text{km}$. Nehmen Sie jetzt an, dass durch die Zunahme des CO_2 -Gehalts elektromagnetische Strahlung mit Wellenlängen $\lambda > \lambda_0 = 10\mu\text{m}$ die Atmosphäre nicht mehr durchdringen können. Wie groß ist die prozentuale Abnahme der Bestrahlungsstärke auf der Erde im Vergleich zu einer völlig transparenten Atmosphäre?

Hinweis: Es sei $hc/\lambda \ll k_B T$ für $\lambda > \lambda_0$. Das Plancksche Strahlungsgesetz für die Energiestromdichte lautet

$$M_\nu(\nu, T) = \frac{2\pi}{c^2} \frac{h\nu^3}{\exp\left(\frac{h\nu}{k_B T}\right) - 1} d\nu \quad (3)$$

Anhang:

Elektrische Feldkonstante:	$\epsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12} \text{CV}^{-1}\text{m}^{-1}$
Elementarladung:	$e = 1.60 \cdot 10^{-19} \text{C}$
Magnetische Feldkonstante:	$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{VsA}^{-1}\text{m}^{-1}$
Boltzmannkonstante:	$k_B = 1.38 \cdot 10^{-23} \text{JK}^{-1}$
Strahlungskonstante:	$\sigma = 5.6697 \cdot 10^{-8} \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}^4}$
Planck'sche Konstante:	$h = 6.63 \cdot 10^{-34} \text{Js}$
Lichtgeschwindigkeit:	$c = 3 \cdot 10^8 \text{ms}^{-1}$
Neutronenruhemasse:	$m_N = 1.6749 \cdot 10^{-27} \text{kg} = 939.57 \text{MeV}/c^2$
Elektronenruhemasse:	$m_e = 511 \text{keV}/c^2$