

Übungsblatt 3

Ausgabe: 11.11.2025

Abgabe: 18.11.2025, vor 10:00 Uhr (Ilias)

Besprechung: 20.11.2025 (Tutorien)

Aufgabe 1

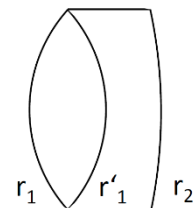
5 Punkte

Erklären Sie jeweils mit einer Skizze und ein bis zwei Sätzen die folgenden Abbildungsfehler:

2,5 Punkte

- i) Chromatische Aberration
- ii) Sphärische Aberration
- iii) Koma
- iv) Astigmatismus schiefer Bündel
- v) Axialer Astigmatismus

- a) Eine Kombination aus einer symmetrischen Bikonvexlinse ($r_1 = -r'_1$) und einer Konvexkonkavlinse soll als Achromat bei der Wellenlänge λ_0 wirken. Die Brennweite dieses Achromaten soll 250 mm betragen. Die Bikonvexlinse besteht aus Kronglas mit einem Brechungsindex von $n_1 = 1,621$ und einer Dispersion $dn_1/d\lambda = -0,06 \mu\text{m}^{-1}$ bei λ_0 . Die Konvexkonkavlinse besteht aus Flintglas mit einem Brechungsindex von $n_2 = 1,618$ und einer Dispersion $dn_2/d\lambda = -0,15 \mu\text{m}^{-1}$ bei λ_0 .



Berechnen Sie die Krümmungsradien r_1 und r_2 der beiden Linsen. Nehmen Sie an, dass beide Linsen dünn sind und einen vernachlässigbaren Abstand zueinander haben. Für die Brechkraft D (= Kehrwert der Brennweite) muss beim Achromaten gelten: $dD/d\lambda = 0$.

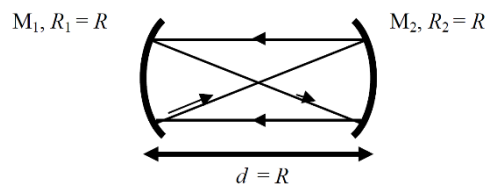
2,5 Punkte

Aufgabe 2

2 Punkte

Die Skizze unten zeigt einen sogenannten konfokalen Resonator, wie er oft in Lasersystemen eingesetzt wird. Er besteht aus zwei identischen, konkaven, sphärischen Spiegeln, zwischen denen das Licht hin und her reflektiert wird. Der Abstand d der Spiegel ist identisch mit dem Krümmungsradius R beider Spiegel.

Zeigen Sie mit Hilfe der Matrix-Methode aus der Vorlesung, dass ein Lichtstrahl, der unter einem beliebigen Winkel vom linken Spiegel aus nach rechts läuft, nach vier Reflexionen wieder seinen Ausgangszustand einnimmt, so dass der gleiche Weg erneut durchlaufen wird und das Licht den Resonator nicht verlässt. Benutzen Sie die Matrizen für Translationen und für Hohlspiegel.



Aufgabe 3

4 Punkte

Durch die Tätigkeit anaerober Bakterien im Bodengrund von Flüssen und Seen wird Nitrat zu gasförmigem Stickstoff reduziert. Eine Stickstoffblase mit einem Anfangsvolumen von $V = 1 \text{ mm}^3$ steigt vom Grund eines Sees zur Oberfläche auf und verzehnfacht dabei ihr Volumen. In Folge des langsamen Aufstiegs hat das Gas in der Blase immer die Temperatur des umgebenden Wassers $\vartheta_0 = 4^\circ\text{C}$.

Angaben: Luftdruck an der Oberfläche: $p_0 = 1013 \text{ hPa}$, Wasserdichte: $\rho_w = 1 \text{ g/cm}^3$.

Betrachten Sie Stickstoff in allen Teilaufgaben als ideales Gas.

- Berechnen Sie die Zahl der in der Blase enthaltenen Stickstoffmoleküle. **1 Punkt**
- Wie groß ist die Energie, die dem Wasser beim Aufsteigen der Blase in Folge der isothermen Expansion entzogen wird? **1 Punkt**
- Berechnen Sie die Tiefe des Sees. **1 Punkt**
- Wie groß ist die Wassertiefe, bei der die Gasdichte in der Blase einen Wert von 1% der Wasserdichte hat? **1 Punkt**

Aufgabe 4

4 Punkte

Sie pumpen einen Fahrradreifen morgens bei einer Lufttemperatur von 15°C in sehr kurzer Zeit mit Luft von 100 kPa auf 300 kPa auf. Ihre Luftpumpe hat einen Kolbendurchmesser von 3,2 cm und einen Kolbenhub von 38 cm. Das Volumen des Reifens ist durch den Mantel auf 2,05 l begrenzt. Nehmen Sie an, dass hier eine reversible adiabatische Zustandsänderung erfolgt und dass Luft nur aus Sauerstoff und Stickstoff mit einem Adiabatenkoeffizienten von $\kappa = 7/5$ besteht.

- a) Überlegen Sie, warum die Annahme einer adiabatischen Zustandsänderung hier sinnvoll ist. **½ Punkt**
- b) Berechnen Sie die Anzahl der nötigen Pumphübe der Luftpumpe. **2 Punkte**
- c) Berechnen Sie die Temperatur der Luft im Reifen unmittelbar nach dem Aufpumpen. **½ Punkt**
- d) Nach einiger Zeit kühlt sich die Luft im Reifen auf die Umgebungstemperatur ab. Berechnen Sie den Luftdruck im Reifen. Am Nachmittag steigt die Umgebungstemperatur auf 25°C an. Wie groß ist nun der Druck im Reifen? **1 Punkt**