

Übungsblatt 10

Ausgabe: 07.01.2025

Abgabe: 14.01.2025, vor 10:00 Uhr (Ilias)

Besprechung: 16.01.2025 (Tutorien)

Aufgabe 1

5 Punkte

Eine Zerstreuungslinse mit der Brennweite $f_Z = -15$ cm steht in einem Abstand von 12 cm vor einer Sammellinse mit der Brennweite $f_S = 12$ cm. Im Abstand $g = 10$ cm vor der Zerstreuungslinse befindet sich ein Gegenstand der Höhe $G = 1$ cm. Der Gegenstand wird durch die Zerstreuungslinse in das Zwischenbild B_Z abgebildet. Das Zwischenbild wird durch die Sammellinse in das endgültige Bild B abgebildet.

- a) Fertigen Sie eine Skizze des Strahlengangs unter der Verwendung charakteristischer Strahlen an.

2 Punkte

- b) Berechnen Sie die Bildweiten b_Z des Zwischenbildes und b des endgültigen Bildes. **1 Punkt**
c) Berechnen Sie die Bildhöhen B_Z des Zwischenbildes und B des endgültigen Bildes. **1 Punkt**
d) Ist das endgültige Bild reell oder virtuell? Begründen Sie Ihre Antwort. **½ Punkt**
e) Ist das endgültige Bild in Bezug auf den Gegenstand aufrecht oder invertiert? Begründen Sie Ihre Antwort. **½ Punkt**

Aufgabe 2

3 Punkte

Berechnen Sie mit Hilfe der Matrixoptik die Vergrößerung eines Teleskops (Kepler-Fernrohr) mit der Objektivbrennweite $f_1 = 1000$ mm und der Okularbrennweite $f_2 = 50$ mm.

- a) Skizzieren Sie dafür zunächst den optischen Aufbau und den Strahlenverlauf unter Verwendung charakteristischer Strahlen. **1 Punkt**
b) Multiplizieren Sie dann die passenden Matrizen (in der richtigen Reihenfolge) und lösen Sie das Gleichungssystem. **2 Punkte**

Hinweis: Die Vergrößerung ist gegeben durch das Verhältnis der Winkel zur optischen Achse vom ausfallenden zum einfallenden parallelen Strahlenbündel.

Aufgabe 3**3 Punkte**

- a) Zeigen Sie unter Verwendung des 1. Hauptsatzes der Thermodynamik, dass für die Enthalpie $H = U + PV$ die Beziehungen $V = (\partial H / \partial p)_{S=const}$ und $T = (\partial H / \partial S)_{P=const}$ gelten.

1 Punkt

- b) Formulieren Sie den 1. Hauptsatz unter Verwendung der Entropie für irreversible Prozesse als Ungleichung. Verwenden Sie dann diese Ungleichung und die Definition der freien Enthalpie $G = U + PV - TS$, um zu zeigen, dass bei irreversiblen Prozessen mit konstantem Druck und konstanter Temperatur G stets abnimmt. Im Gleichgewicht wird demnach die freie Enthalpie minimal. **2 Punkte**

Aufgabe 4**4 Punkte**

- a) Beim Joule-Thomson-Prozess geht ein Gas (unter thermischer Isolation von der Umgebung) aus einem Gefäß 1 mit Druck P_1 auf stationäre Weise in ein Gefäß 2 mit dem geringeren Druck P_2 über. Stationär bedeutet hier, dass die beiden Drücke im Verlauf des ganzen Prozesses konstant bleiben. Wie wird dies realisiert? **½ Punkt**
- b) Zeigen Sie, dass der Joule-Thomson-Prozess isenthalp ist, dass also die Enthalpie erhalten bleibt. **1 Punkt**
- c) Zeigen Sie, dass der Joule-Thomson-Prozess irreversibel ist. **1 Punkt**

Die Änderung der Temperatur T bei einer Änderung des Drucks p wird Joule-Thomson-Koeffizient μ_{JT} genannt und berechnet sich als $\mu_{JT} = \frac{\Delta T}{\Delta P} = \frac{1}{c_p} \left(T \left(\frac{\partial V}{\partial T} \right)_P - V \right)$.

- d) Berechnen Sie μ_{JT} für ein ideales Gas. Welche Bedeutung hat das Ergebnis? **½ Punkt**
- e) Für ein reales Gas (Kohäsionsdruck a , Kovolumen b) ergibt sich $\mu_{JT} = \frac{1}{c_p} \left(\frac{2a}{RT} - b \right)$ (für eine Stoffmenge $n = 1$ und nicht zu große Dichten). Welche Bedeutung hat dieses Ergebnis? **1 Punkt**