

Lösungen zum Übungsblatt 7

Physik für Biologen / Chemiker

Anmerkung

Die Lösung der Verständnisaufgaben sind keine Musterlösungen. Sie sollen nicht auswendig gelernt werden. Die Fragen in der Klausur werden von denen der Übungszettel abweichen.

Lösung der Fragen zum Verständnis:

Aufgabe 1

Dispersion bedeutet die Abhängigkeit des Brechungsindex von der Wellenlänge des Lichts in einem Medium. Im Vakuum verschwindet die Dispersion, hier ist die Lichtgeschwindigkeit für alle Frequenzen gleich.

Aufgabe 2

Trifft ein Lichtstrahl unter einem Winkel auf eine Glasfläche, so bezeichnet man den Einfallswinkel (Winkel zwischen Lot auf der Glasfläche und einfallendem Strahl) bei welchem der reflektierte Strahl vollständig polarisiert ist als Brewster-Winkel.

Der reflektierte Strahl ist vollständig polarisiert.

Reflektierter und gebrochener Strahl stehen senkrecht aufeinander.

Aufgabe 3

Beim Übergang von einem optisch dichteren in ein optisch dünneres Medium wird das Licht vom Lot weggebrochen. Ab einem hinreichend großen Einfallswinkel (Grenzwinkel) verläuft der gebrochene Strahl parallel zu Grenzfläche. Bei noch größeren Einfallswinkeln wird alles einfallende Licht reflektiert.

Totalreflektion tritt auch bei einem kontinuierlichen Übergang von einem optisch dichteren zu einem optisch dünneren Medium auf wie z.B. einer Fata Morgana. Weitere Beispiele sind Totalreflektion an einer Wasseroberfläche. In Glasfaserkabeln nutzt man Totalreflektion zur Übertragung von Lichtsignalen.

Aufgabe 4

Die sphärische Abberation ist ein Linsenfehler der z.B. bei sphärisch geschliffenen oder Kugelförmigen Linsen auftritt. Er wird dadurch verursacht, dass Achснаhe und Achsferne

Lichtstrahlen unterschiedliche Brennpunkte besitzen. Achsferne Lichtstrahlen haben eine kürzere Brennweite als Achснаhe Lichtstrahlen.

Die chromatische Abberation ist ebenfalls ein Linsenfehler. Auf Grund der Dispersion des Glases der Linse haben Lichtstrahlen mit verschiedener Wellenlänge verschiedene Brennpunkte. Der Brennpunkt eines blauen Lichtstrahls liegt näher an der Linse als der eines roten Lichtstrahls. Von einem weißen Gegenstand wird also (in einer bestimmten Brennebene) nur ein scharfes Bild einer der Farben aus dem Spektrum des Lichts vom Gegenstand erzeugt.

Aufgabe 5

Doppelbrechung, Reflektion, Absorbtion, Streuung.

Aufgabe 6

Das Lichtstrahlenkonzept ist eine gute Näherung für die Beschreibung der Ausbreitung von Lichtstrahlen, wenn die Ausdehnung des Lichtstrahls selbst, sowie der Hindernisse im Lichtstrahl (z.B. eine Irisblende) wesentlich größer ist als die Wellenlänge des Lichtes.

Haben Lichtstrahls/Hindernisse/etc. vergleichbare Größenordnung wie die Wellenlänge, so müssen die Welleneigenschaften des Lichts berücksichtigt werden.

Aufgabe 7

Das kohärente Laserlicht wird an beiden Spalten gebeugt. D. h. auf jede Stelle des Schirmes trifft Licht von beiden Spalten. Abhängig vom Spaltabstand und vom Winkel, unter dem das Licht hinter dem Doppelspalt weiter läuft, variiert der Gangunterschied zwischen den beiden Teilstrahlen. Ist der Gangunterschied ein Vielfaches der Wellenlänge, entsteht ein heller Streifen. Bei einem Vielfachen der Wellenlänge plus eine halbe Wellenlänge tritt destruktive Interferenz auf, es entsteht ein dunkler Streifen.

Aufgabe 8

Bei beugungsbegrenzten Abbildungen lassen sich zwei Punkte gerade noch trennen, wenn das Maximum der Beugung des einen in das erste Minimum des anderen fällt. In Fraunhoferbeugung entspricht dies einem Winkel zwischen den zugehörigen Strahlenbüscheln von: $\alpha = 1,22 \cdot \lambda/d$, d.h. dies ist der Winkel, unter dem man zwei Punkte gerade noch als getrennt wahrnimmt.

Lösung der Rechenaufgaben:

Aufgabe 9

Es gilt

$$V = \frac{s_0 \cdot t}{f_1 \cdot f_2}$$

dabei sind: V ... Vergrößerung, t ... Tubuslänge, s_0 ... Nahpunkt, f_1, f_2 ... Brennweiten der Linsen. Die Tubuslänge bei einem Linsenabstand a ist $t = a - f_1 - f_2$.

$$V = \frac{s_0 \cdot (a - f_1 - f_2)}{f_1 \cdot f_2} = \frac{25 \text{ cm} \cdot (20 \text{ cm} - 0,6 \text{ cm} - 2 \text{ cm})}{0,6 \text{ cm} \cdot 2 \text{ cm}} = \underline{\underline{362,5}}$$

Aufgabe 10

Destruktive Interferenz, wenn $d \cdot \sin \alpha = (2 \cdot n + 1) \cdot \lambda/2$. Daraus folgt für $n=2$:

$$\alpha = \arcsin \frac{(2 \cdot n + 1) \cdot \lambda}{2 \cdot d} = \arcsin \frac{5 \cdot 500 \cdot 10^{-9} \text{ m}}{2 \cdot 20 \cdot 10^{-6} \text{ m}} = \underline{\underline{3,6^\circ}}$$

Aufgabe 11

Das Auflösungsvermögen ist begrenzt durch $\alpha = 1,22 \cdot \lambda/d$. Dabei ist d der Durchmesser des Teleskops. Der kleinste Abstand s in der Entfernung A noch aufgelöst werden kann, ist durch $\sin \alpha = s/A$ mit dem Auflösungsvermögen verknüpft. Im folgenden wird $\sin \alpha = \alpha$ genähert und es folgt $s = \lambda \cdot A/d$.

Einsetzen der Werte für Teleskope auf der Erde:

$$s = \frac{1,22 \cdot \lambda \cdot A}{d} = \frac{1,22 \cdot 500 \cdot 10^{-9} \text{ m} \cdot 4,3 \cdot 10^{16} \text{ m}}{13000000 \text{ m}} = 2017 \text{ m}$$

Einsetzen der Werte für Teleskope in der Umlaufbahn der Erde um die Sonne:

$$s = \frac{1,22 \cdot \lambda \cdot A}{d} = \frac{1,22 \cdot 500 \cdot 10^{-9} \text{ m} \cdot 4,3 \cdot 10^{16} \text{ m}}{3 \cdot 10^{11} \text{ m}} = 0,087 \text{ m} = 87 \text{ mm}$$