

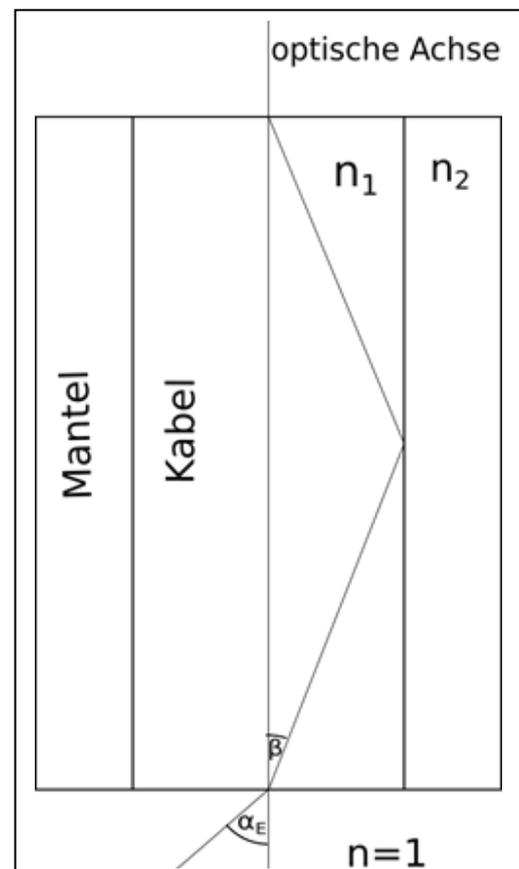
Fragen zu Optik

Verständnisfragen

1. Was bezeichnen die Begriffe Parallelstrahl, Mittelpunktstrahl und Brennpunktstrahl in einem Linsensystem?
2. Unter welchen Bedingungen wirken konvexe Linsen als Sammellinse und konkave Linsen als Streulinsen? Warum?
3. In welchem Medium bewegen sich Lichtwellen fort?
4. Licht hat sowohl einen Wellen- als auch einen Teilchencharakter. Welches Analogon haben die Frequenz und Amplitude der Lichtwelle im Teilchenmodell?
5. Welche Wirkung haben Lochblenden auf die von einem Bild ausgehenden Lichtstrahlen?
6. Warum teilt ein Prisma weißes Licht in Licht unterschiedlicher Farben auf?

Rechenaufgaben

7. Glasfaserkabel haben heute vielfältige Anwendungsgebiete, vor allem in der Informations- und Bildübertragung. Sie bestehen aus einem Kern aus Siliziumdioxid (SiO_2), auch Quarzglas genannt, umhüllt von einem Mantel aus mit Fluor oder Bor dotiertem Quarzglas. Die für Menschen sichtbaren Wellenlängen liegen etwa zwischen 380nm und 780nm. Soll dieses sichtbare Licht im Glasfaserkabel geleitet werden muss es an den Rändern des Kabels totalreflektiert werden. Dies geschieht nur innerhalb eines gewissen Einfallswinkels.
 - a) Bestimmen Sie aus dem Gesetz von Snellius die Gleichung für die benötigte Größe des Einfallswinkels α_E ab dem eine Totalreflektion stattfindet in Abhängigkeit vom Brechungsindex des Kerns und des Mantels.



Anmerkung: Eine Totalreflektion besteht, wenn der Ausfallswinkel β 90° übersteigt.

- b) Reines Quarzglas hat für 380nm einen Brechungsindex von 1,472, für 780nm beträgt er 1,454. Der Brechungsindex des Mantels liegt um jeweils etwa 0,003 geringer. Nehmen Sie an, Licht fällt durch das Medium Luft ($n=1$) auf ein offenes Ende des Glasfaserkabels. Was ist der maximale Einfallswinkel, aus dem das Licht noch durch das Kabel geleitet werden kann?
8. Sie arbeiten mit einem Lichtmikroskop. Dieses besitzt ein Okular mit 10-facher Vergrößerung und vier verschiedene Objektive mit 4-facher, 10-facher, 40-facher und 100-facher Vergrößerung. Das Objektiv mit 100-facher Vergrößerung wird mit einer Öl-Immersion ($n=1,518$) betrieben, alle anderen ohne Immersion. Die Objektive haben entsprechend eine Numerische Apertur von 0,1, 0,25, 0,65 und 1,25. Der Tubus hat eine Länge von $t=160\text{mm}$. Die Vergrößerung des Okulars kann mit derselben Gleichung wie für die Lupe bestimmt werden, die Vergrößerung des Objektivs wird über $V = \frac{t}{f_{obj}}$ bestimmt.
- a) Bestimmen Sie die Gesamtvergrößerung des Mikroskops mit den verschiedenen Objektiven.
- b) Berechnen Sie die Brennweite des Okulars und der Objektive.
- c) Berechnen Sie den Öffnungswinkel der verschiedenen Objektive. Nehmen Sie an, sie würden das Objektiv mit 100-facher Vergrößerung ohne Immersionsöl betreiben. Wie groß wäre die Numerische Apertur dieses Objektivs dann?
- d) Bestimmen Sie die relative Dielektrizitätskonstante des Immersionsöls und die daraus resultierende Lichtgeschwindigkeit in dem Öl.
- e) Sie benutzen Licht der Wellenlänge 546,1nm. Bestimmen Sie die Auflösung der einzelnen Objektive. Bestimmen Sie für das Objektiv mit 100-facher Vergrößerung auch die Auflösung ohne Immersionsöl.
9. Das menschliche Auge ist ein extrem sensibles Organ, das das scharfe und kontrastreiche Sehen in einer großen Bandbreite von Entfernungen ermöglicht. Hauptverantwortlich für die Anpassung der Abbildung an die intendierte Sehweite ist die Linse, welche durch die Ziliarmuskeln in ihrer Form und damit optischen Eigenschaften verändert werden kann. Sie übernimmt etwa 25% der Brechkraft des Auges, die restlichen 75% werden von der Augenhornhaut beigesteuert. In einem bestimmten Zustand hat die Linse eine Brechkraft von 23dpt. Die Brennweite in Luft beträgt dabei 4,35cm, die im Inneren des Augapfels 5,80cm.
- a) Bestimmen Sie den Brechungsindex vom Glaskörper.
- b) Wie groß ist die Bildweite, wenn ein Gegenstand sich in 40cm Abstand vor dem Auge befindet?
- c) Ein Gegenstand der Höhe 5cm befindet sich in einem Abstand von 40cm vor dem Auge. Wie hoch ist die Abbildung im Auginneren?

- d) Der Brechungsindex der Linse beträgt 1,414. Da sie ein Kugelkörper ist hat sie auf beiden Seiten denselben Radius. Bestimmen Sie diesen Radius.
- e) Das Auge hat im entspannten Zustand insgesamt eine Brechkraft von etwa 59dpt. Schätzen Sie die Brechkraft des Glaskörpers ab und bestimmen Sie daraus seine Brennweite.
10. Röntgendiagnostik ist ein weit verbreitetes bildgebendes Verfahren, bei welchem hochfrequente Strahlung durch den Körper geschickt und die Absorption abgebildet wird. Das entstehende Bild bildet die dreidimensionale Struktur des Körpers auf eine zweidimensionale Fläche ab. Ausschlaggebend für die Abbildung, die meist in Graustufen erfolgt, ist der Absorptionskoeffizient. Dieser beträgt für Röntgenstrahlung der Energie 100keV in Knochen $0,1855\text{cm}^2/\text{g}$, für Skelettmuskeln $0,1693\text{cm}^2/\text{g}$ und für Lungengewebe $0,1695\text{cm}^2/\text{g}$. Der Absorptionskoeffizient wird wie hier häufig in Abhängigkeit von der Dichte der Materialien angegeben. Zur Bestimmung des absoluten Absorptionskoeffizienten muss der Wert noch mit der Materialdichte multipliziert werden. Diese beträgt für Knochen $1,92\text{g}/\text{cm}^3$, für Skelettmuskeln $1,05\text{g}/\text{cm}^3$ und für Lungengewebe $1,03\text{g}/\text{cm}^3$. Sie möchten aufgrund von Verdacht auf Rippenbruch eine Thoraxröntgenuntersuchung durchführen. Wie hoch ist die relative Absorption (I/I_0) mit und ohne Rippenbruch? Nehmen Sie an, dass im Fall einer intakten Rippe der Röntgenstrahl zweimal eine Rippe von 2cm Dicke, zweimal eine Muskelschicht von 2cm Dicke und die Lunge mit einer Dicke von 12cm durchlaufen muss. Zur Berechnung der relativen Absorption muss beachtet werden, dass immer die bereits geschwächte Strahlung in die nächste Ebene eindringt. Vernachlässigen Sie die Absorption von Körperflüssigkeiten.
11. Sie senden Licht der Wellenlänge 496nm durch einen Spalt der Breite 0,004mm. Wie groß ist der Abstand der Maxima 1.Ordnung auf einem Schirm, der in 3m Entfernung von dem Spalt aufgestellt wird?
12. Bei Licht der Wellenlänge 512nm messen Sie auf einem Schirm, der in 2,3m Entfernung aufgestellt ist einen Abstand der Minima 1.Ordnung voneinander von 1,58m. Welche Breite hat der Spalt?