

Vorname:

Name:

Matrikelnummer:

Studiengang:

Aufgabe I: Fragen über Fragen (24,5 Punkte)

- a) Wie sieht die mathematische Darstellung einer allgemeinen ebenen elektromagnetischen Welle in Vektorform aus? Beschreiben Sie kurz die wesentlichen Kenngrößen von Licht. (3,5 Punkte)
- b) Was sind die wesentlichen Wechselwirkungsmechanismen von Licht und Materie (2 Punkte)
- c) Nennen Sie das exakte Gesetz für Brechung von Strahlen an Grenzflächen, welches Grundlage der geometrischen Optik ist. Was ist im Gegensatz das Grundgesetz der sog. paraxialen Optik? Nennen Sie zwei Effekte die nicht mit paraxialer Optik beschreibbar sind. (2 Punkte)
- d) Was ist der Unterschied zwischen Abbildungsmaßstab und Vergrößerung? (2 Punkte)
- e) Nennen und erklären Sie stichpunktartig zwei monochromatische Bildfehler/Aberrationen und einen sogenannten Farbfehler? (3 Punkte)
- f) Was sind die beiden Elemente im Auge, die den Großteil der Gesamtbrechkraft liefern. Nennen Sie grob die Gesamtbrechkraft und die Einzelbeiträge? Was ist das Auflösungsvermögen eines gesunden Auges? (3 Punkte)
- g) Was versteht man unter Refraktionsfehler in der Augenheilkunde? Nennen Sie 2 verschiedene Typen mit dem Fachbegriff. (3 Punkte)
- h) Ein Mikroskop hat eine $NA=0.5$ und wird visuell eingesetzt. Macht hier eine Vergrößerung von 2000X noch Sinn? Begründen Sie Ihre Antwort. (2 Punkte)
- i) Zwischen Orts- und Winkelraum besteht in der Optik eine Fourier-Beziehung. Welche Winkelverteilung (Skizze oder math. Funktion) würden Sie bei Einfall einer ebenen Welle auf einen Spalt erwarten? Was passiert im Winkelraum wenn der Spalt um den Faktor 2 verkleinert wird? (2 Punkte)
- j) Sie kaufen eine 1W Neonröhre und eine 1W grüne LED. Wo würden Sie mehr LUMEN erwarten. Begründen Sie Ihre Antwort. (2 Punkte)

Aufgabe II: Abbildung mit einer dicken Linse (20 Punkte)

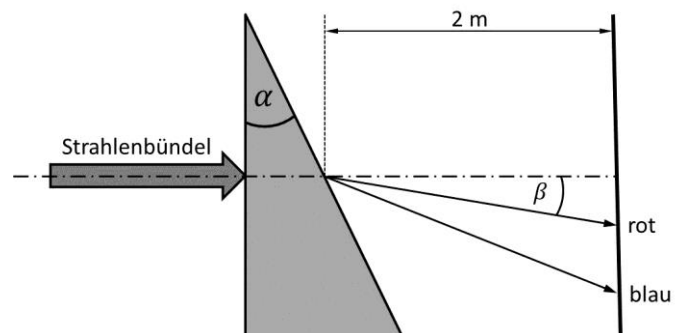
Wir betrachten eine dicke Sammellinse aus Glas mit den Radien $r_1 = 8 \text{ cm}$ und $r_2 = -12 \text{ cm}$. Die Linse habe eine Dicke von $d = 4 \text{ cm}$ und ihr Glas weist einen Brechungsindex von $n_{\text{Linse}} = 1,4$ auf.

- Welche Brechkraft φ in Dioptrien weist diese Linse auf? (4 Punkte)
- Berechnen Sie die Lage der Hauptebenen a_{1H} und $a'_{2H'}$. Fertigen Sie eine Skizze der Linse an und zeichnen Sie dort die Hauptebenen H und H' sowie die Strecken a_{1H} und $a'_{2H'}$ ein. (5 Punkte)
- Sie wollen nun ein Objekt, welches sich in einem Abstand von $s_0 = -20 \text{ cm}$ vor dem linken Scheitel der Linse befindet scharf auf einen Schirm abbilden. In welcher Entfernung s'_0 müssen sie den Schirm vom rechten Scheitel der Linse für eine scharfe Abbildung positionieren? (4 Punkte)
- Sie positionieren nun in einem Abstand $s = -10 \text{ cm}$ von der Hauptebene H der Linse eine Blende mit einem Durchmesser von $D_{\text{Blende}} = 2 \text{ cm}$. In welcher Entfernung s' von der Hauptebene H' entsteht die Austrittspupille und welchen Durchmesser hat sie? Welche Öffnungszahl k weist dieses System auf? (4 Punkte)
- Sie wollen nun mithilfe einer zweiten Linse, welche eine Brechkraft von $\varphi_2 = 5 \text{ dpt}$ aufweist, ein optisches System mit einer Gesamtbrechkraft von $\Phi_{\text{ges}} = -4 \text{ dpt}$ aufbauen. In welcher Entfernung d müssen Sie hierfür die beiden Linsen voneinander entfernt positionieren? Gehen Sie dabei von dünnen Linsen aus. (3 Punkte)

Aufgabe III: Dispersionsprisma (5,5 Punkte)

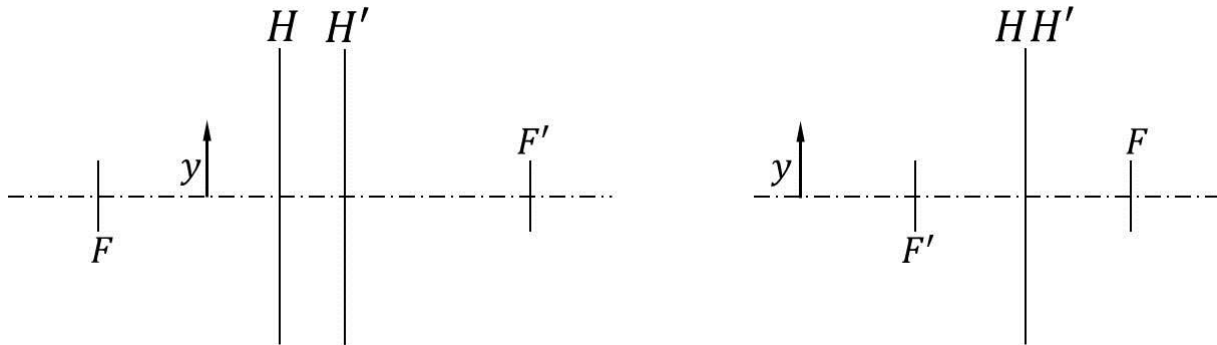
Sie betrachten ein Prisma mit einem Keilwinkel von $\alpha = 25^\circ$. Ein Strahlenbündel welches alle Wellenlängen zwischen $\lambda_1 = 400 \text{ nm}$ und $\lambda_2 = 700 \text{ nm}$ enthält, fällt senkrecht auf dieses Prisma. Gehen Sie dabei davon aus, dass das Prisma von Luft umgeben ist.

- Ab welcher Brechzahl wird das einfallende Strahlenbündel an der Hypotenuse des Prismas totalreflektiert? (1,5 Punkt)
- Aus einem Glaskatalog entnehmen Sie die Werte für die Brechzahl in Abhängigkeit der Wellenlänge. Dabei ist für die Wellenlänge λ_1 die Brechzahl $n_{(1; 400 \text{ nm})} = 1,53$ und für die Wellenlänge λ_2 die Brechzahl $n_{(2; 700 \text{ nm})} = 1,51$. Berechnen Sie den Ablenkwinkel β (siehe Skizze) für die Wellenlängen λ_1 und λ_2 . (4 Punkte)



Aufgabe III: Strahlkonstruktion (6 Punkte)

Konstruieren Sie die Bilder y' der beiden optischen Systeme.


Aufgabe IV: ABCD-Matrix und Mikroskop (9 Punkte)

Gegeben sei ein Mikroskop aus zwei dünnen Linsen: Dem Objektiv und dem Okular. Die Brennweite des Objektivs ist $f'_{obj.} = 40 \text{ mm}$ und die des Okulares $f'_{oku.} = 50 \text{ mm}$. Der Abstand zwischen Objektiv und Okular sei $d = 150 \text{ mm}$.

- Berechnen Sie die ABCD-Matrix dieses Linsensystems. Ein Lichtstrahl fällt unter einer Höhen von $y_1 = 0,5 \text{ cm}$ und einem Winkel von $u_1 = 5^\circ$ (beider Werte zur optischen Achse) auf das Objektiv. Unter welchem Winkel u_2 in Grad und unter welcher Höhen y_2 zur optischen Achse verlässt dieser Strahl das Okular? (6 Punkte)
- Welche Vergrößerung Γ weist dieses Mikroskop auf? (3 Punkte)

Aufgabe V: Beleuchtung und Laser (11 Punkte)

- Sie verwenden einen grünen Laserpointer mit $\lambda_{grün} = 550 \text{ nm}$. Dieser beleuchtet einen gesamten Winkelbereich von $2 \cdot \theta = 5^\circ$ mit einer konstanten Lichtstärke von $I_V = 25 \text{ cd}$ aus. Welche Photonenenergie E emittiert der Laserpointer und wie hoch ist seine Strahlungsleistung in Watt bei einer kegelförmigen Beleuchtung? (5 Punkte)
(Plancksches Wirkungsquantum $h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$,
Lichtgeschwindigkeit $c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ und spektrales Helligkeitsempfinden $V_{(550 \text{ nm})} = 1$)
- Sie verwenden den Laserpointer aus Aufgabenteil b) um damit biologisches Gewebe zu beleuchten. Der Laserstrahl hat nach einer Eindringtiefe von $z = 2 \text{ mm}$ die Hälfte seiner Anfangsintensität I_0 . Wie groß ist der Absorptionskoeffizient α des biologischen Gewebes? (2 Punkte)
- Sie verwenden nun einen CO_2 -Laser. Dieser hat bei einer Entfernung von $z = 2000 \text{ m}$ einen Strahlradius von $w_{(2000 \text{ m})} = 10 \text{ cm}$. Wie groß ist der minimale Strahlradius w_0 des Lasers, wenn seine Rayleighlänge $z_0 = 6 \text{ m}$ beträgt? Welche Wellenlänge λ emittiert der Laser? (4 Punkte)