Vorname: _____ Name: _____

Matrikelnummer: _____ Studiengang: _____

Aufgabe 1: Fragen über Fragen (18 Punkte)

a) Nennen sie zwei Wechselwirkungsprozesse von Licht und Materie. (1 Punkt)

b) Welche Voraussetzungen sind für das Auftreten von Totalreflexion notwendig? (1 Punkt)

c) Worauf beschränkt sich der Gültigkeitsbereich der paraxialen Optik und was kann beobachtet werden, wenn dieser verlassen wird? (2 Punkte)

d) Erklären Sie stichpunktartig den Begriff „Zoom“. (2 Punkte)

e) Nennen Sie 3 Parameter, die sich über die Blendenöffnung beeinflussen lassen können. (1,5 Punkte)

f) Welche beiden Komponenten liefern den Großteil der Gesamtbrechkraft im Auge und wie groß ist diese in etwa? Was ist das typische Auflösungsvermögen eines gesunden Auges? (2 Punkte)

g) Auf einem Mikroskop-Objektiv ist die Kennzeichnung „50× / 0.8“ aufgedruckt. Was bedeuten diese Zahlen und welche Gesamtvergrößerung ist hier noch sinnvoll? (2 Punkte)

h) Zwischen Orts- und Winkelraum besteht in der Optik eine Beziehung über die Fourier-Transformation. Welche Winkelverteilung (Skizze o. Funktion) erwarten Sie beim Einfall einer ebenen Welle auf einen Doppelspalt mit dem Spaltabstand d und sehr kleiner Spaltbreite. Wie ändert sich das Winkelspektrum, wenn der Spaltabstand halbiert wird? (2 Punkte)

i) In welchem Wellenlängenbereich liegt der sichtbare Bereich des Spektrums? (1 Punkt)

j) Zwei ideale Laser des selben Typs und Wellenlänge werden unterschiedlich stark fokussiert. Beim ersten Laser ergibt sich ein Strahltaillenradius von $w_0 = 0{,}2\,\mu\text{m}$, beim zweiten ein Strahltaillenradius von $w_0 = 0{,}8\,\mu\text{m}$. Sie messen den Strahlradius nun jeweils im Abstand von 1 m Entfernung zum Fokus. Bei welchem der beiden Laser messen Sie den größeren Strahlradius und warum? (1,5 Punkte)

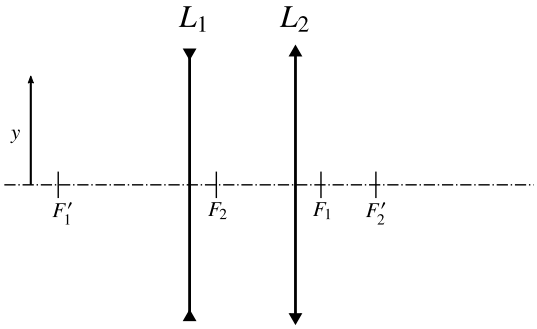
k) Nennen sie 2 Anwendungen von Lasern in der Medizin. (1 Punkt)

l) Was ist der Unterschied zwischen Strahlungsfluss und Lichtstrom? (1 Punkt)

Aufgabe 2: Endoskop-Objektiv (15,5 Punkte)

Bei flexiblen Endoskopen wird die zu beobachtende Umgebung mithilfe eines Objektivs auf die Stirnseite eines Faserbündels abgebildet. Über dieses wird das Bild weitergeleitet und kann mit einem Sensor oder mithilfe eines Okulars betrachtet werden.
Das Objektiv eines solchen Faserendoskops bestehe aus zwei dünnen Linsen mit den Brennweiten $f_1' = -6\,\text{mm}$ und $f_2' = 2\,\text{mm}$. Beide Linsen sind von Luft ($n = 1$) umgeben.

a) Konstruieren Sie das Zwischenbild y'_{ZB} und das Bild y' des Endoskop-Objektivs. (6 Punkte)



b) Die Linsen werden in einem Abstand von $e = 4\,\text{mm}$ montiert. Welche Gesamtbrennweite ergibt sich hierfür? (2 Punkte)

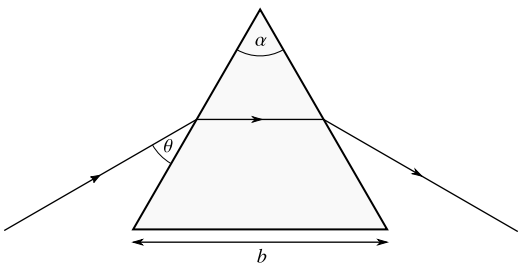
c) Berechnen Sie die Lage der Hauptebenen. (2 Punkte)

d) Das Faserbündel befindet sich rechts von Linse 2. Der Abstand zwischen Linse 2 und der Stirnseite des Faserbündels beträgt 2,6 mm. Berechnen Sie den Arbeitsabstand (den Abstand zwischen Objekt und Linse 1) für eine scharfe Abbildung auf das Faserbündel. (2,5 Punkte)

e) Der Durchmesser des Glasfaserbündels beträgt 0,8 mm. Berechnen Sie den Durchmesser des beobachtbaren Bereichs. (1 Punkt)

f) Ein Randstrahl fällt in einem Winkel von 12° zur optischen Achse auf die Stirnseite eines Faserkerns mit dem Brechnungsindex $n_{\text{Kern}} = 1,48$. Der Brechnungsindex des Mantels beträgt $n_{\text{Mantel}} = 1,46$. Kann dieser Strahl in der Glasfaser geführt werden? (2 Punkte)

Aufgabe 3: Prismen-Spektrometer (10 Punkte)



Für ein Spektrometer soll ein gleichschenkliges Prisma ausgelegt werden, wie in der obigen Skizze dargestellt. Das Prisma besteht aus Quarz-Glas mit einem Brechungsindex von $n_d = 1,4585$ bei $\lambda_d = 587{,}6\,\text{nm}$ und einer Abbe-Zahl $\nu_d = 67,82 = \frac{n_d - 1}{n_F - n_C}$. n_F und n_C sind dabei die Brechzahlen bei $\lambda_F = 486{,}1\,\text{nm}$ bzw. $\lambda_C = 656{,}3\,\text{nm}$.

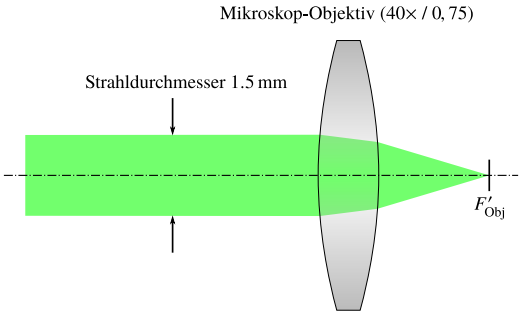
a) Berechnen Sie den Winkel α des Prismas so, dass ein Strahl mit dem Einfallswinkel $\theta = 60°$ der Wellenlänge λ_d symmetrisch verläuft, d.h. der Strahl innerhalb des Prismas parallel zur Basisseite ist. (3 Punkte)

b) Berechnen Sie die Materialdispersion $\frac{dn}{d\lambda}$ des Prismas. Gehen Sie dabei von linearer Dispersion aus. (3 Punkte)

c) Bei der Wellenlänge λ_d soll eine Wellenlängendifferenz von 1 nm aufgelöst werden können. Welche Basislänge b ist hierfür nötig? (2 Punkte)

d) Zum Vergleich wird nun das Prisma durch ein Beugungsgitter ersetzt und senkrecht beleuchtet. Welche Ordnung bei der Wellenlänge λ_d kann noch beobachtet werden, wenn das Gitter 500 Linien pro Millimeter aufweist? (2 Punkte)

Aufgabe 4: Fokussierung mit Mikroskop-Objektiv (9,5 Punkte)



In einem Fluoreszenz-Mikroskop wird ein idealer, kollimierter Argon-Ionenlaser mit einer Wellenlänge von $\lambda = 514\,\text{nm}$, einer optischen Ausgangsleistung von 50 mW und einem Strahldurchmesser von 1,5 mm mit einem Mikroskop-Objektiv auf die Probe fokussiert. Das Mikroskop-Objektiv kann als dünne Linse angenommen werden.
Gehen Sie in den folgenden Rechnungen **NICHT** von Gauss-Strahlen aus!

a) Das Mikroskop-Objektiv trägt die Bezeichnung: $\beta'_{\text{Obj}} = -40$, NA $= 0,75$, wobei der Hersteller eine Tubuslinse mit der Brennweite $f'_{\text{TL}} = 170\,\text{mm}$ spezifiziert. Wie groß ist die Brennweite des Objektivs? (1 Punkt)

b) Das Mikroskop-Objektiv sei beugungsbegrenzt. Berechnen Sie den Durchmesser des Strahls im Fokus. (1 Punkt)

c) Schätzen Sie die Intensität (in $\frac{\text{W}}{\text{cm}^2}$) im Fokus ab. (2 Punkte)

d) Welcher Photonenzahl pro cm^2 und Sekunde entspricht dies? (Planck'sches Wirkungsquantum: $h = 6{,}626 \cdot 10^{-34}\,\text{J s}$, Lichtgeschwindigkeit: $c_0 = 3 \cdot 10^8\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$) (2 Punkte)

e) Die Tubuslinse ($f'_{\text{TL}} = 170\,\text{mm}$) sei ein verkitteter Achromat aus einer Sammellinse ($n_d = 1,519$, $\nu_d = 61,5$) und einer Zerstreuungslinse ($n_d = 1,652$, $\nu_d = 33,6$). Bestimmen Sie die Brennweiten der beiden Linsen. (2 Punkte)

f) Die Probe habe eine Dicke von 1 mm und einen Absorptionskoeffizient $\alpha(514\,\text{nm}) = 10\,\text{cm}^{-1}$. Wieviel Prozent der Intensität wird in der Probe absorbiert? (1,5 Punkte)