
Klausur in Experimentalphysik 3

Prof. Dr. L. Fabbietti
Wintersemester 2019/20
17. Februar 2020

Zugelassene Hilfsmittel:

- 1 Doppelseitig handbeschriebenes DIN A4 Blatt
- 1 nichtprogrammierbarer Taschenrechner

Die Bearbeitungszeit beträgt 90 Minuten. Es müssen nicht alle Aufgaben vollständig gelöst sein, um die Note 1,0 zu erhalten.

Aufgabe A (10 Punkte)

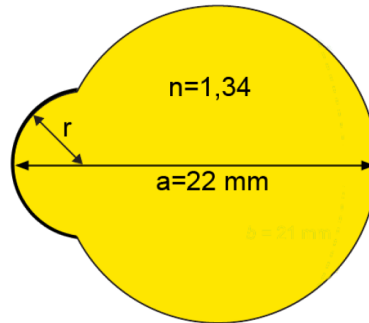
- (a) Ein Kurzsichtiger und ein Weitsichtiger stranden auf einer Insel. Wer von ihnen kann mit seiner Brille am ehesten Feuer entfachen?
- (b) Weißes Licht fällt aus Luft auf ein Prisma. Welcher Farbe entspricht die größte bzw. die kleinste Ablenkung?
- (c) Beschreiben Sie kurz ein Experiment, mit dem sich die optische Aktivität eines Mediums demonstrieren lässt.
- (d) Unter welchen Umständen erzeugt eine Sammellinse ein virtuelles Bild?
- (e) Welche Art der Kohärenz liegt beim Young'schen Doppelspaltversuch vor?
- (f) Wie hängt bei einem Einfachspalt der Abstand der Maxima/Minima mit der Spaltgröße zusammen?
- (g) Welcher Anteil der EM Welle hat einen höheren Einfluß auf Materie? Geben Sie eine kurze Begründung (Formel).
- (h) Was sind die elektromagnetischen Eigenschaften des Vakuums?
- (i) Was besagt die Definition des Dichroismus?
- (j) Was versteht man unter einer Wellenfront?

Aufgabe 1 (6 Punkte)

Eine Glasplatte mit Brechungsindex $n_3 = 1.50$ soll durch das Aufbringen einer Vergütungsschicht entspiegelt werden. Berechnen Sie den Brechungsindex n_2 und die Dicke d der Vergütungsschicht, die für senkrechten Lichteinfall aus der Luft für Licht der Wellenlänge $\lambda = 589 \text{ nm}$ Reflexionsfreiheit ergibt. *Hinweis:* Nehmen Sie alle Transmissionsgrade vereinfacht als 1 an, da diese sehr viel größer als die Reflektionsgrade sind.

Aufgabe 2 (5 Punkte)

Ein einfaches Modell für das menschliche Auge ist das reduzierte Auge. Es besteht aus einer brechenden Kugelfläche mit Radius r , hinter der das einfallende Licht über einen Abstand $a = 22$ mm durch ein Medium mit Brechzahl $n = 1,34$ auf die Netzhaut fokussiert werden soll.



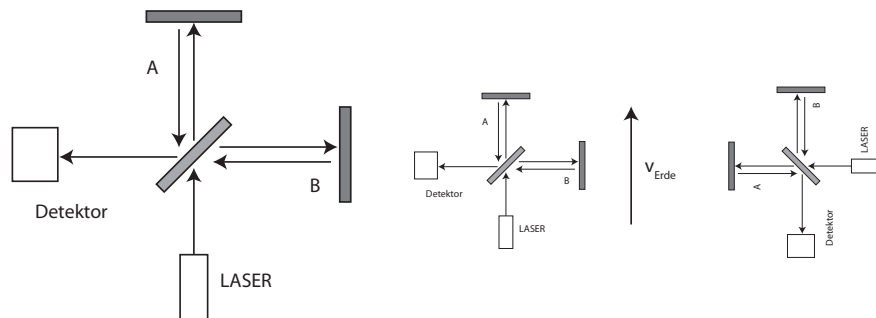
- (a) Berechnen Sie den Kugelradius r für die Einstellung auf unendlich tief und auf 10 cm Entfernung.
- (b) In welchen Entfernungen kann das Auge scharf sehen, wenn bei (beiden) unveränderten Kugelradien der Abstand a auf 23 mm steigt?

Aufgabe 3 (12 Punkte)

Ein sphärischer Rasierspiegel mit dem Krümmungsradius $r = 300$ mm soll so benutzt werden, dass das aufrechte, virtuelle Bild in der Entfernung $S = 250$ mm vor dem Gesicht entsteht.

- (a) In welcher Entfernung a muss sich das Gesicht vor dem Spiegel befinden?
- (b) Wie groß ist der Abbildungsmaßstab?
- (c) Konstruieren Sie den Strahlengang (mit 3 Strahlen) für die gegebene Situation qualitativ und beschriften Sie ihre Zeichnung (groß genug zeichnen).

Aufgabe 4 (10 Punkte)



- In dem abgebildeten Interferometer, das als Positionsmesser in einer Fräsmaschine dient, soll ein Diodenlaser der Wellenlänge $\lambda = 488 \text{ nm}$ verwendet werden. Wieviele Maxima werden beobachtet, wenn Spiegel A um $x = 5 \text{ }\mu\text{m}$ verfahren wird.
- Nun soll mithilfe des Interferometers der Brechungsindex von Luft bestimmt werden. Dazu wird eine 10 cm lange Glasröhre im Strahlengang evakuiert und die Anzahl der auftretenden Maxima während des Abpumpens gezählt. Es treten 120 Maxima auf. Berechnen Sie n_L !
- Vor der Entdeckung der speziellen Relativitätstheorie wollten Michelson und Morley 1904 die Geschwindigkeit der Erde im Vergleich zum Äther messen. Dazu benutzten Sie ein Interferometer mit 11 m Armlänge. Die Erde bewegt sich mit einer Geschwindigkeit $v = 29,8 \frac{\text{km}}{\text{s}}$ um die Sonne. Wieviele Maxima hätten die beiden sehen müssen, wenn sie ihr Messgerät um 90° drehen? Berechnen Sie dazu zunächst den Laufzeitunterschied zwischen beiden Armen.

Aufgabe 5 (10 Punkte)

Sie benutzen einen monochromatischen Laser der Wellenlänge $\lambda = 500 \text{ nm}$, um diverse Parameter verschiedener Messaufbauten zu bestimmen:

- Zunächst bestrahlen Sie die Kathode einer Vakuum-Photozelle aus unbekanntem Material, sodass Photoeffekt auftritt. Sie regeln die anliegende Spannung und erkennen, dass ab einer Gegenspannung von $U_B = 1,28 \text{ V}$ kein Strom mehr fließt. Welche Austrittsarbeit besitzt das Material?
- Als nächstes bestrahlen Sie einen Doppelspalt. Auf dem $l = 2 \text{ m}$ entfernten Schirm erkennen Sie ein Interferenzmuster. Sie bestimmen den Abstand zwischen den zwei innersten Interferenzminima ($m = \pm 1$) zu $x_I = 4 \text{ cm}$ und den Abstand zwischen den zwei Beugungsminima erster Ordnung zu $x_B = 20 \text{ cm}$. Wie groß sind Spaltbreite und Abstand der Spalte?
- Zuletzt bestrahlen Sie einen doppelbrechenden Kristall der Dicke $d = 1 \text{ mm}$ (senkrechter Lichteinfall, optische Achse parallel zur Kristalloberfläche). Vor und hinter den Kristall schalten Sie zwei Polarisationsfilter (45° zur optischen Achse gedreht) in gleicher Ausrichtung. Berechnen Sie den kleinstmöglichen Wert Δn um den sich der ordentliche und der außerordentliche Brechungsindex unterscheiden, wenn Sie hinter dem zweiten Polarisator keine Intensität messen können?

Aufgabe 6 (12 Punkte)

Sie vermessen das Sonnenspektrum auf der Erde. Als Maximum Ihrer Verteilung erhalten Sie $\lambda_{max} = 500 \text{ nm}$ und als Bestrahlungsstärke $B_E = 1350 \text{ W/m}^2$.

- (a) Wie groß ist der Abstand zwischen Erde und Sonne, wenn Sie davon ausgehen, dass die Sonne ein Schwarzkörper ist, der isotrop in alle Richtungen strahlt und einen Radius von $6,95 \cdot 10^5 \text{ km}$ besitzt? (Ersatzlösung: $1,4 \cdot 10^8 \text{ km}$)
- (b) Wie groß ist die Bestrahlungsstärke auf dem Mars, wenn dieser $2,28 \cdot 10^8 \text{ km}$ von der Sonne entfernt ist? (Ersatzlösung: $650 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$)
- (c) Welche Temperatur würden Sie auf dem Mars erwarten, wenn Sie diesen als Schwarzkörper im thermischen Gleichgewicht annehmen und er einen Radius von $3,39 \cdot 10^3 \text{ km}$ besitzt?

Aufgabe 7 (12 Punkte)

Mit Röntgenbeugungsverfahren kann man Gitterkonstanten von Kristallen sehr genau bestimmen und dies als Abschätzung für Atomdurchmesser verwenden. Es ergeben sich typische Werte von etwa $0,1 \text{ nm}$ (Wasserstoff) bis $0,5 \text{ nm}$ (z.B. Cäsium). Stellt man sich das Elektron innerhalb des Atomdurchmessers lokalisiert vor, folgt daraus mit Hilfe der Heisenbergschen Unschärferelation sofort eine Abschätzung für seine Impulsunschärfe. Für ein ruhendes Elektron ist die Impulsverteilung symmetrisch um $p = 0$ und man kann die kinetische Energie ausrechnen, wenn man als Impuls $\Delta p/2$ ansetzt.

- (a) Vergleichen Sie die sich ergebenden Werte der kinetischen Energie mit den ersten Ionisierungsenergien von Wasserstoff ($13,6 \text{ eV}$) und Cäsium ($3,9 \text{ eV}$).
- (b) Wie klein muss man sich also etwa die innere Schale von Blei vorstellen (Ionisierungsenergie der K-Schale = 88 keV)? Vergleichen Sie dies mit dem Kernradius von Blei ($= 7 \cdot 10^{-15} \text{ m}$).
- (c) Bestimmen Sie die Eigenenergieeigenwerte E_n eines Teilchens in einem unendlich hohen Potentialtopf der Form

$$V(x) = \begin{cases} 0, & \text{für } 0 < x < a \\ \infty, & \text{sonst} \end{cases}$$

Konstanten

Elektrische Feldkonstante:	$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ CV}^{-1} \text{ m}^{-1}$
Elementarladung:	$e = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
Planck'sche Konstante:	$h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$
Lichtgeschwindigkeit:	$c = 3 \cdot 10^8 \text{ ms}^{-1}$
Elektronenruhemasse:	$m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$
Stefan-Boltzmann Konstante:	$\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{ K}^4}$
Wiensche Verschiebungskonstante:	$b = 2,9 \cdot 10^{-3} \text{ mK}$