

---

# Nachklausur in Experimentalphysik 3

Prof. Dr. L. Fabbietti  
Wintersemester 2018/19  
15. April 2019

---

Zugelassene Hilfsmittel:

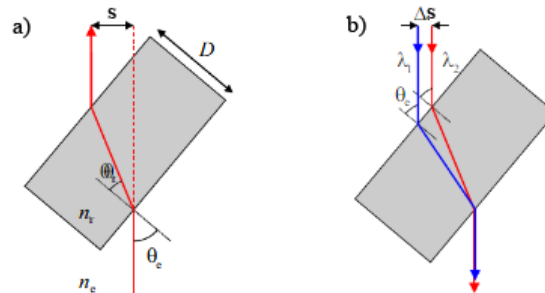
- 1 Doppelseitig handbeschriebenes DIN A4 Blatt
- 1 nichtprogrammierbarer Taschenrechner

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

## Aufgabe A (10 Punkte)

- Ab welchem Abstand eines Objektes vom Auge fokussiert das Auge entspannt?
- Was passiert mit dem Interferenzmuster, wenn man die Spaltanzahl (bei gleicher Spaltbreite) des Gitters erhöht?
- Wie wird der Himmel der Venus aussehen, wenn bekannt ist, dass deren Atmosphäre dichter (mehr Teilchen pro Volumen) ist, als die der Erde?
- Was ist die fundamentale Aussage der Fourieranalysis?
- Was versteht man unter "chromatische Aberration"?
- Aus welchem Gesetz lassen sich das Stefan-Boltzmann-Gesetz und das Wiensche Verschiebungsgesetz herleiten?
- Welche Größen sind für die Compton-Streuung erhalten?
- Erklären Sie den Begriff der Kohärenz.
- Was versteht man unter sphärischer Abberation?
- Warum kann man bei dicken Schichten keine Interferenzfarben bei Reflexion mehr beobachten?

### Aufgabe 1 (9 Punkte)



- (a) Leiten Sie einen Ausdruck für den lateralen Strahlenversatz  $s$  für eine Glasplatte mit Brechungsindex  $n$  und Dicke  $D$  (in Luft:  $n = 1$ ) her. Geben Sie ihn nur in Abhängigkeit von  $\theta_e$ ,  $n$  und  $D$  an (d.h. ersetzen Sie  $\theta_t$  entsprechend).

*Hinweis:*  $\tan(\sin^{-1}(x)) = \frac{x}{\sqrt{1-x^2}}$        $\sin(\alpha - \beta) = \sin \alpha \cos \beta - \sin \beta \cos \alpha$

- (b) Sie wollen diesen Effekt in der entgegengesetzten Richtung nutzen, um zwei parallele Strahlen mit den Wellenlängen  $\lambda_1 = 300 \text{ nm}$  und  $\lambda_2 = 600 \text{ nm}$  zu überlagern (siehe Abbildung b). Berechnen Sie die nötige Plattendicke  $D$  unter der Annahme eines anfänglichen Strahlabstands  $\Delta d = 1 \text{ mm}$ , eines Einfallswinkels von  $\theta_e = 45^\circ$  und einer Flintglas Platte mit den wellenlängenabhängigen Brechungsindex  $n_1 = n(\lambda_1) = 1,878$  und  $n_2 = n(\lambda_2) = 1,720$ .

### Aufgabe 2 (9 Punkte)

- (a) Wasserwellen haben eine Phasengeschwindigkeit, die proportional zur Wurzel der Tiefe des Wassers ist. In tiefem Wasser verhalten sich Wasserwellen allerdings so, dass die Tiefe proportional zur Wellenlänge  $\lambda$  ist. Zeigen Sie, dass die Phasengeschwindigkeit in tiefem Wasser doppelt so groß wie die Gruppengeschwindigkeit ist.
- (b) In der Quantenmechanik wird ein freies Teilchen der Masse  $m$ , das sich in  $x$ -Richtung ausbreitet, durch die Wellenfunktion

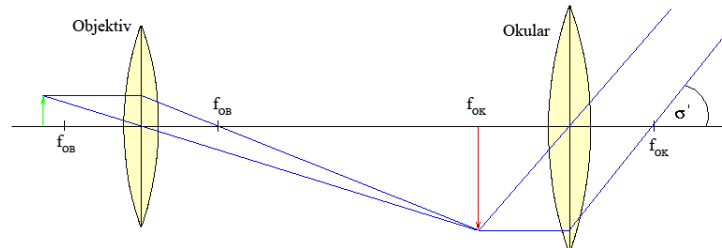
$$\Psi(x, t) = A \cdot e^{i(px - Et)/\hbar}$$

beschrieben. Dabei ist  $p$  der Impuls und  $E = \frac{p^2}{2m}$  die kinetische Energie des Teilchens. Berechnen Sie die Gruppen- und die Phasengeschwindigkeit des Teilchens.

### Aufgabe 3 (8 Punkte)

Ein Mikroskop hat die Gesamtvergrößerung  $V_M = 600$ . Sein Okular hat die Winkelvergrößerung  $V_{Ok} = 15,0$ . Die Linse des Objektivs ist  $22,0$  cm vom Okular entfernt. Berechnen Sie

- die Brennweite des Okulars  $f_{Ok}$
- den Abstand  $g$  des Gegenstands vom Objektiv, wenn das Bild mit normalsichtigem, entspanntem Auge betrachtet werden kann und die Brennweite des Objektivs.



### Aufgabe 4 (8 Punkte)

Auf einen Spalt der Breite  $a$  fällt Licht der Wellenlänge  $\lambda = 750$  nm. Man beobachtet auf einem  $L = 4$  m entfernten Schirm eine Beugungsfigur.

- Welche Breite muss der Spalt haben, damit die beiden Minima 1. Ordnung links und rechts von der hellen Mitte den Abstand  $d = 12$  mm voneinander haben?
- Bestimmen Sie die Anzahl der Minima, die auf dem Schirm insgesamt zu sehen sind.
- Betrachten Sie jetzt nur die eine Seite der Beugungsfigur, rechts von der hellen Mitte. Zeigen Sie für kleine Winkel, dass der Abstand zweier aufeinanderfolgender Minima ( $m$  und  $m + 1$ ) konstant ist.

### Aufgabe 5 (9 Punkte)

Linear polarisiertes Licht der Wellenlänge  $\lambda$  fällt senkrecht auf ein planparalleles Kalkspatplättchen der Dicke  $d$ . Die Polarisationsrichtung bildet dabei einen Winkel von  $45^\circ$  mit der optischen Achse des Plättchens.

Der Brechungsindex für den ordentlichen Strahl ist  $n_o = 1,6584$ , der Brechungsindex für den außerordentlichen Strahl ist  $n_{ao} = 1,4864$ . Hinter der Platte befindet sich ein Polarisationsfilter, dessen Durchlassrichtung mit der optischen Achse einen Winkel  $\Theta$  bildet.

- Wie groß ist die Intensität des Lichtes nach dem Polarisationsfilter, wenn die einfallende Intensität  $I_0$  ist?
- Was ergibt sich für  $\lambda = 500$  nm und  $d = 6,541$   $\mu\text{m}$ ? Wie ist in diesem Fall das die Platte verlassende Licht polarisiert?

### Aufgabe 6 (11 Punkte)

Die mit Barium (Austrittsarbeit  $W_A = 2,52 \text{ eV}$ ) beschichtete Kathode einer Vakuum-Fotozelle wird mit monochromatischem Licht der Wellenlänge  $397 \text{ nm}$  bestrahlt.

- (a) Wenden Sie den Energieerhaltungssatz auf diesen Vorgang an und leiten Sie daraus eine Gleichung zur Berechnung des Plankschen Wirkungsquantums her.
- (b) Die Fotoelektronen verlassen mit der kinetischen Energie  $9,66 \cdot 10^{-20} \text{ J}$  die Kathodenoberfläche. Anschließend werden sie im elektrischen Feld zwischen Kathode und Anode auf die Geschwindigkeit Null abgebremst. Berechnen Sie die Anfangsgeschwindigkeit der Elektronen und die zwischen Kathode und Anode mindestens anzulegende Spannung.
- (c) Die Kathode wird jetzt mit Licht größerer Wellenlänge bestrahlt. Ermitteln Sie die Grenzwellenlänge des eingestrahlteten Lichts, ab der keine Fotoelektronen mehr emittiert werden.
- (d) Stellen Sie die Abhängigkeit der kinetischen Energie emittierter Elektronen von der Frequenz des eingestrahlteten Lichts grafisch dar und interpretieren Sie diesen Zusammenhang.

### Aufgabe 7 (4 Punkte)

Welche Temperatur hat eine schwarze Kugel von  $0,1 \text{ m}$  Radius, die insgesamt  $123 \text{ W}$  thermisch abstrahlt? Wie groß ist der Massenverlust pro Jahr?

### 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:	$h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Js} = 4,14 \cdot 10^{-15} \text{ eVs}$
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:	$b = 2,9 \cdot 10^{-3} \text{ mK}$