
Probeklausur zur Experimentalphysik 3

Prof. Dr. S. Paul, Dr. B. Ketzer

Wintersemester 2011/2012

1. Februar 2011

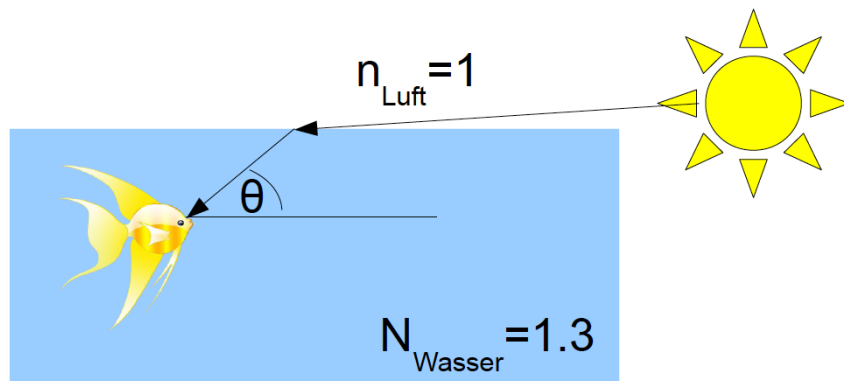
Zugelassene Hilfsmittel:

- 1 beidseitig handbeschriebenes DIN A4 Blatt
- 1 nichtprogrammierbarer Taschenrechner

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

Aufgabe 1 (7 Punkte)

Ein Fisch beobachtet den Sonnenuntergang.



- Bei welchem Winkel θ geht für den Fisch die Sonne unter?
- Der neueste Fisch-Trend sind Sonnenbrillen mit Polarisationsfiltern. Nehmen Sie an, der Fisch trägt ein Modell, dass nur senkrecht zur Grenzfläche polarisiertes Licht transmittiert. Unter welchem Winkel θ ist das Sonnenlicht für den Fisch dann am hellsten?

Hinweis: Überlegen Sie sich zunächst die Reflexion von senkrecht zur Grenzfläche polarisiertem Licht an der Wasseroberfläche.

Aufgabe 2 (8 Punkte)

Aus einem doppelbrechenden Kristall soll ein Plättchen mit Oberflächen parallel zur optischen Achse geschnitten werden, mit dem man senkrecht einfallendes, linear polarisiertes Licht der Vakuumwellenlänge $\lambda = 1000\text{nm}$ in zirkular polarisiertes Licht verwandelt werden kann. Die Brechungsindizes des Kristalls sind:

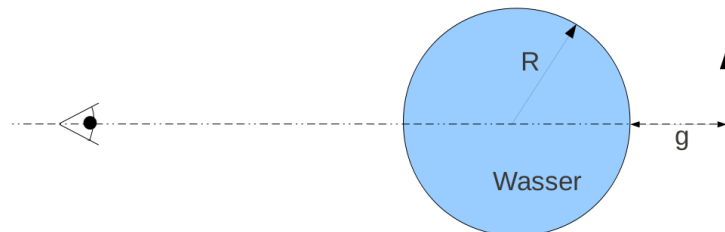
$$n_o(1000\text{nm}) = 1.5000 \quad n_a(1000\text{nm}) = 1.4725 \quad (1)$$

$$n_o(500\text{nm}) = 1.5200 \quad n_a(500\text{nm}) = 1.4900 \quad (2)$$

- Welchen Winkel zwischen optischer Achse des Kristalls und Polarisationsrichtung des einfallenden Lichts muss man hier wählen? Berechnen Sie die Schichtdicken, bei denen der gewünschte Effekt erreicht wird.
- Nun wird Licht der gleichen Polarisationsrichtung, aber mit der Vakuumwellenlänge $\lambda = 500\text{nm}$ eingestrahlt. Bei welchen Plättchendicken wird die Polarisation dieses Lichtes nicht geändert?
- Berechnen Sie die kleinste Schichtdicke, bei der die Anforderungen aus Teil a) und b) gleichzeitig erfüllt werden.

Aufgabe 3 (6 Punkte)

Ein Student blickt mit entspanntem Auge durch ein kugelförmiges Aquarium ($n_{\text{Wasser}} = 1.33$, Radius $R = 20\text{cm}$). In welcher Entfernung g hinter dem Aquarium befindet sich ein scharf gesehener Gegenstand?



Aufgabe 4 (6 Punkte)

Die Spuren einer CD bilden ein Beugungsgitter mit einer Gitterkonstanten d . Wenn der Strahl eines He-Ne-Lasers ($\lambda = 638\text{nm}$) senkrecht auf die CD fällt, beobachtet man unter den Winkeln $\theta = \pm 23.7^\circ$, $\theta = \pm 53.4^\circ$ in Einfallrichtung gebeugte Strahlen. Machen Sie eine Skizze dieses Vorgangs und berechnen Sie den Abstand d der Spuren auf der CD.

Aufgabe 5 (8 Punkte)

Sie sitzen im Hörsaal in der letzten Reihe und versuchen, in 20m Entfernung auf die Leinwand projizierte Buchstaben von 5cm Höhe zu erkennen. Zum Glück haben Sie ein einfaches Fernrohr mit folgenden technischen Daten mitgebracht: Objektivbrennweite $f_1 = 400\text{mm}$, Okularbrennweite $f_2 = 10\text{mm}$.

- a) Zeichnen Sie den Strahlengang des Fernrohrs mit Bild und Zwischenbild.
- b) Wie groß ist die Winkelvergrößerung dieses Instruments?
- c) Wie groß wird der Buchstabe auf einem fiktiven Schirm hinter dem Okular in 25cm Entfernung abgebildet?

Aufgabe 6 (6 Punkte)

In einem Experiment werden die photoelektrischen Eigenschaften eines Materials gemessen. Für die Photoemission wird eine Grenzfrequenz ν_0 im violetten Bereich festgestellt.

- a) Die Frequenz des Lichts wird in den ultravioletten Bereich gewechselt, ohne dabei die Intensität zu ändern. Wie ändert sich dabei die Bremsspannung und der Photostrom wenn man annimmt, dass die Effizienz des Photoeffekts gleich bleibt? Begründen Sie Ihre Antwort.
- b) In einem weiteren Experiment wird die Frequenz des einfallenden Lichts bei konstanter Intensität in den blauen Bereich gewechselt. Wie ändert sich dabei die Bremsspannung und der Photostrom? Begründen Sie Ihre Antwort.
- c) Wie groß ist die maximale kinetische Energie der emittierten Elektronen, wenn die Frequenz des einfallenden Lichts auf $1.43\nu_0$ eingestellt wird? Wieso werden auch Elektronen mit geringerer kinetischer Energie beobachtet?

Aufgabe 7 (7 Punkte)

Das Plancksche Strahlungsgesetz

$$E(\omega, T) = \frac{\hbar\omega^3}{4\pi^2c^2} \frac{1}{\exp\left(\frac{\hbar\omega}{k_B T}\right) - 1} \quad (3)$$

gibt an, wie die spektrale Strahlungsintensität eines schwarzen Körpers von der Strahlungsfrequenz ω abhängt.

a) Bei welcher Strahlungsfrequenz liegt das Maximum?

Hinweis: Zur Vereinfachung können Sie $x = \frac{\hbar\omega}{k_B T}$ schreiben, sowie evtl. $\exp -x$ im Vergleich zu den anderen Termen vernachlässigen.

b) Zeigen Sie, dass die gesamte Strahlungsleistung $\int_0^\infty d\omega E(\omega, T)$ proportional zu T^4 ist. Um welches Gesetz handelt es sich hierbei?

c) Zeigen Sie, dass man für große ω näherungsweise

$$E(\omega, T) = \frac{\hbar\omega^3}{4\pi^2c^2} \exp\left(-\frac{\hbar\omega}{k_B T}\right) \quad (4)$$

erhält. Um welches Gesetz handelt es sich hierbei?

Anhang:

Elektrische Feldkonstante:	$\epsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12} \text{CV}^{-1}\text{m}^{-1}$
Elementarladung:	$e = 1.60 \cdot 10^{-19} \text{C}$
Magnetische Feldkonstante:	$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{VsA}^{-1}\text{m}^{-1}$
Boltzmannkonstante:	$k_B = 1.38 \cdot 10^{-23} \text{JK}^{-1}$
Planck'sche Konstante:	$h = 6.63 \cdot 10^{-34} \text{Js}$
Lichtgeschwindigkeit:	$c = 3 \cdot 10^8 \text{ms}^{-1}$
Neutronenruhemasse:	$m_N = 1.6749 \cdot 10^{-27} \text{kg} = 939.57 \text{MeV}/c^2$
Elektronenruhemasse:	$m_e = 511 \text{keV}/c^2$