
Nachklausur in Experimentalphysik 3

Prof. Dr. S. Schönert
Wintersemester 2017/18
26. März 2018

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) Welchen Vorteil bietet ein Parabolspiegel gegenüber einem Kugelspiegel?
- (b) Was ist der Unterschied zwischen spontaner und stimulierter Emission?
- (c) Wie entsteht eine Luftspiegelung (Fata Morgana)?
- (d) Was war das zentrale Ergebnis des Michelson-Morley-Experiments?
- (e) Warum ist die untergehende Sonne rot?
- (f) Was besagt das Kirchhoff'sche Strahlungsgesetz?
- (g) Warum ist ein Bild mit Blende schärfer als ohne?
- (h) Was besagt das Huygensche Prinzip?
- (i) Was besagt das Fermatsche Prinzip?
- (j) Warum werden hochenergetische elektromagnetische Wellen kaum von Materie absorbiert?

Aufgabe 1 (8 Punkte)

- (a) Am Boden eines flachen Gewässers ($n = 1,33$) der Tiefe 2 m liegt ein vermutlich wohlschmeckender Hummer. Ein Fischer mit einer Harpune steht am Ufer (Augenhöhe 1,7 m) und sieht diesen Hummer unter einem Winkel von 40° relativ zur Wasseroberfläche. Wie weit schießt er mit seiner Harpune daneben, wenn er in der Vorlesung nicht aufgepasst hat und deswegen dorthin zielt, wo er den Hummer sieht?
- (b) Am Boden eines bis zu einer Höhe von 10 cm mit Wasser gefüllten Gefäßes befindet sich eine punktförmige Lichtquelle. Auf der Wasseroberfläche schwimmt eine runde undurchsichtige Platte, deren Mittelpunkt sich über der Lichtquelle befindet. Welchen Radius muss diese Platte mindestens haben, damit kein Strahl aus der Wasseroberfläche austreten kann?

Aufgabe 2 (7 Punkte)

Linear polarisiertes Licht fällt auf eine Anordnung von zwei hintereinander aufgestellten Polarisatoren

- (a) Berechnen welche Winkelstellungen die Transmissionsachsen der beiden Polarisatoren bezüglich der Polarisationssebene des einfallenden Lichtes haben müssen, damit nach dem zweiten Polarisator ein um 90° gedrehtes linear polarisiertes Licht maximaler Intensität erhalten wird?
Hinweis: $\sin \phi_1 \cos \phi_1 = \frac{1}{2} \sin(2\phi_1)$ kann nützlich sein.
- (b) Welche Intensität wird maximal durchgelassen?

Aufgabe 3 (5 Punkte)

Auf eine planparallele Glasplatte fällt ein Lichtstrahl unter einem solchen Winkel ein, dass der in die Luft reflektierte Strahl vollständig polarisiert ist. Zeigen Sie, dass auch der ins Glas hinein gebrochene und an der unteren Begrenzungsfläche ins Glas reflektierte Strahl vollständig polarisiert ist.

Aufgabe 4 (8 Punkte)

Der Abstand a zwischen einem Objekt und seinem reellen Bild, das von einer Sammellinse erzeugt wird, sei unveränderlich. Zeigen Sie, dass es

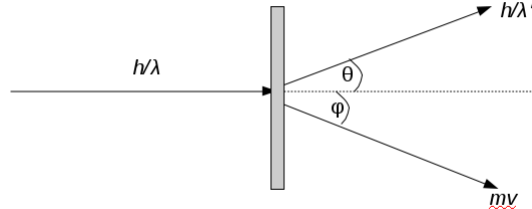
- (a) zwei mögliche Positionen für die Linse gibt (unter welcher Bedingung?)
- (b) und die Größe des Objekts $H = \sqrt{h_1 h_2}$ beträgt, wobei h_1 und h_2 die Höhen der beiden möglichen Bilder sind.

Aufgabe 5 (8 Punkte)

Das Emissionsspektrum des Wasserstoffatoms wird mit einem Beugungsgitter mit der Gitterkonstanten $d = 1,5 \mu\text{m}$ aufgenommen. Eine Linie der Balmer-Serie ($n = 2$) wird in der zweiten Ordnung unter einem Winkel $\theta = 35,37^\circ$ beobachtet.

- (a) Welcher Wellenlänge entspricht das?
- (b) Welche Quantenzahl hat der angeregte Zustand von dem der Übergang ausgeht?
- (c) Welche Gitterkonstante wäre notwendig, um den gleichen Übergang in Pb^{81+} unter dem gleichen Winkel zu beobachten?

Aufgabe 6 (10 Punkte)



- (a) Man berechne die Frequenzänderung (Compton-Verschiebung), die Röntgenstrahlung der Wellenlänge $\lambda = 0,3 \text{ nm}$ bei Streuung an den quasifreien Elektronen in einer Metallfolie für Streuwinkel $\vartheta = 90^\circ$ und $\vartheta = 180^\circ$ erfährt.
- (b) Wie groß sind in beiden Fällen die kinetische Energie E_k und die Geschwindigkeit v des Rückstoßelektrons?
- (c) In welche Richtung ϕ gegenüber der Einstrahlungsrichtung wird das Rückstoßelektron abgelenkt?

Aufgabe 7 (6 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 aus $\Delta p/2$ eine kinetische Energie ausrechnen. Vergleichen Sie die sich ergebenden Werte der kinetischen Energie mit den ersten Ionisierungsenergien von Wasserstoff ($13,6 \text{ eV}$) und Cäsium ($3,9 \text{ eV}$).

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:	$b = 2,9 \cdot 10^{-3} \text{ mK}$