

Physik IV – Atome und Moleküle; Sommer 2010

Prof. Wim de Boer & Dr. Frank Hartmann, KIT

Aufgabenblatt 3; Übung am 3.Mai (Montag)

1. Photonen

- (a) Wieviel Masse verliert eine 100 W-Glühlampe innerhalb eines Jahres infolge der Lichtausstrahlung?
- (b) Das auf Dunkelheit adaptierte menschliche Auge vermag eine Photonenrate von $N=5$ Photonen pro Sekunde bei grünem Licht (λ) gerade noch als Lichtreiz wahrzunehmen. In welcher Entfernung R könnte man demnach eine Lichtquelle von $P=100\text{W}$ dieser Wellenlänge gerade noch wahrnehmen? Der Pupillendurchmesser des Auges sei zu 8mm angenommen. Die Absorption des Lichtes in der Luft sei vernachlässigbar.
- (c) Berechnen Sie die Temperatur der Sonnenoberfläche unter der Annahme, dass die Sonne ein schwarzer Körper ist und das Maximum ihres Spektrums etwa bei $\lambda = 500 \text{ nm}$ (grün) liegt.

2. Comptoneffekt

- (a) Ein Photon der Energie E_γ wird an einem freien Teilchen der Ruhemasse m_0 gestreut. Compton beobachtete 1921, dass für die Wellenlängenverschiebungen gestreuter Photonen ein einfacher Zusammenhang mit dem Streuwinkel besteht. Berechnen sie daraus die kinetische Energie des Teilchens, das unter dem Winkel ϕ bezüglich der Richtung des einlaufenden Photons gestreut wird! Unter welchem Winkel erhält das Teilchen maximale Energie?
- (b) Welche Energie kann ein Photon der Wellenlänge $\lambda = 400 \text{ nm}$ auf ein freies Elektron übertragen?
- (c) Kann das Photon seine gesamte Energie dem freien Elektron übertragen? Könnte das Photon auch Elektronen aus dem Metall herausschlagen?
- (d) In einem Comptonexperiment erhält ein Elektron die kinetische Energie 0,1 MeV durch den Stoß mit einem Photon der Energie 500 keV. Bestimmen Sie die Wellenlänge und den Winkel des gestreuten Photons, wenn das Elektron sich anfänglich in Ruhe befand.

3. Milikan Versuch

Mit einem Zerstäuber werden Öltröpfchen in einen großen, luftgefüllten Kondensator geblasen, dessen horizontale Platten den Abstand $d = 6 \text{ mm}$ haben. Die durch das Zerstäuben entstandenen Tröpfchen sind i.a. schwach elektrisch geladen. Mit einer an den Kondensator passend angelegten Spannung U kann ein ausgewähltes Tröpfchen zum Schweben gebracht werden. Aufgrund der Brown'schen Bewegung ist dieser Schwebezustand jedoch experimentell schwer einstellbar. Um die Größe der Elementarladung zu bestimmen, wird daher eine dynamische Methode bevorzugt, bei der die konstante Geschwindigkeit des Tröpfchen gemessen wird.

- (a) Welche Kräfte wirken auf das kugelförmig angenommene Tröpfchen?

- (b) Im Experiment wurden unter Normalbedingungen die in der Tabelle aufgeführten Geschwindigkeitswertepaare für 7 verschiedene Tröpfchen gemessen, wobei v_1 bei der Spannung $U_1 = 500 \text{ V}$ und v_2 bei der umgepolten Spannung $U_2 = -U_1$ aufgenommen wurde. Stellen Sie für jede der beiden Geschwindigkeiten die Kräftegleichgewichtsgleichung auf, und berechnen Sie daraus Radius und Ladung des jeweiligen Tröpfchens. Bestimmen Sie hieraus den Mittelwert der Elementarladung e und den Fehler (Standardabweichung) der Messung.

Messung	1	2	3	4	5	6	7
$v_1 \text{ (} 10^{-4} \text{ m s}^{-1} \text{)}$	0,41	0,71	1,13	0,79	0,64	0,44	0,71
$v_2 \text{ (} 10^{-4} \text{ m s}^{-1} \text{)}$	2,49	5,02	2,86	4,05	6,09	3,83	2,65

Es sei:

$$\rho_{\text{Oel}} = 8,75 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}, \quad \rho_{\text{Luft}} = 1,30 \cdot 10^{-3} \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}, \quad \eta_{\text{Luft}} = 1,81 \cdot 10^{-5} \text{ N s m}^{-2}$$

Anmerkung: Die Annahme Stoke'scher Reibung ist nur gerechtfertigt für die Bewegung einer Kugel in einem homogenen Medium. Liegen die Radien der Tröpfchen jedoch in der Größenordnung der mittleren freien Weglänge in Luft bei Normaldruck, so ist diese Voraussetzung nur schlecht erfüllt. Diese Tatsache wird durch die sog. Cunningham-Korrektur der dynamischen Viskosität der Luft berücksichtigt:

$$\eta'_{\text{Luft}} = \frac{\eta_{\text{Luft}}}{1 + 0,83 \frac{\lambda}{r}}$$

mit $\lambda_{\text{Luft}} = 10^{-7} \text{ m}$ dem mittleren Abstand der Luftmoleküle.

Matrix(1/2a/2b-d/3)

*Übungsleiter: Frank Hartmann,
Tel.: +41 (76) 487 4362; Email: Frank.Hartmann@kit.edu*

www-ekp.physik.uni-karlsruhe.de/~hartmann/atom10.html