

**Institut für Physikalische Chemie
Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
WS2008/2009**

Übungen zur Vorlesung Physikalische Chemie II
Prof. Dr. E. Bartsch
(L = leicht, M = mittel, S = schwer)
9. Übungsblatt

- 9.1 L Die experimentelle Bestimmung der Geschwindigkeit einer Kugel ($m = 50 \text{ g}$) und der Geschwindigkeit eines Elektrons ($m = 9.1 \cdot 10^{-28} \text{ g}$) ergebe denselben Wert, nämlich 300 m/s , mit einer Ungenauigkeit von 0.01% . Welches ist die minimale Ungenauigkeit („Unschärfe“), mit der man den Ort der beiden Objekte bei einer simultanen Messung (zusammen mit der Geschwindigkeit) bestimmen könnte?
- 9.2 L Ein Atom kann zu jedem Zeitpunkt nach seiner Anregung elektromagnetische Strahlung aussenden. Im Experiment findet man eine typische mittlere Lebensdauer eines Atoms von ca. 10^{-8} s ; d.h. in dieser Zeit emittiert ein angeregtes Atom ein Photon und kehrt in den Grundzustand zurück.
- Wie groß ist die minimale Unschärfe $\Delta\nu$ in der Frequenz des Photons?
 - Die meisten Photonen, die von Natriumatomen abgestrahlt werden, korrespondieren zu zwei Spektrallinien mit Wellenlängen um $\lambda = 589 \text{ nm}$. Wie groß ist die relative Linienbreite $\Delta\nu/\nu$ der Spektrallinien?
 - Berechnen Sie die Energieunschärfe ΔE des angeregten Zustands des Atoms.
 - Berechnen Sie aus den vorhergehenden Ergebnissen mit einer Genauigkeit ΔE die Energie E des angeregten Zustands eines Natriumatoms relativ zu seinem Grundzustand.
- 9.3 M Es wird die y -Koordinate eines Elektrons experimentell bestimmt, welches Bestandteil eines Parallelstrahls ist, der sich in x -Richtung bewegt, indem ein enger Spalt der Breite Δy in den Strahl eingebracht wird. Zeigen Sie, dass durch diese Messung eine Unschärfe Δp_y des Impulses des Elektrons in y -Richtung entsteht, für die gemäß dem Heisenbergschen Unschärfeprinzip $\Delta p_y \Delta y \geq \hbar/2$ gilt. Betrachten Sie dazu die Beugung der mit dem Elektron assoziierten Welle, die in Abb.1 dargestellt ist.

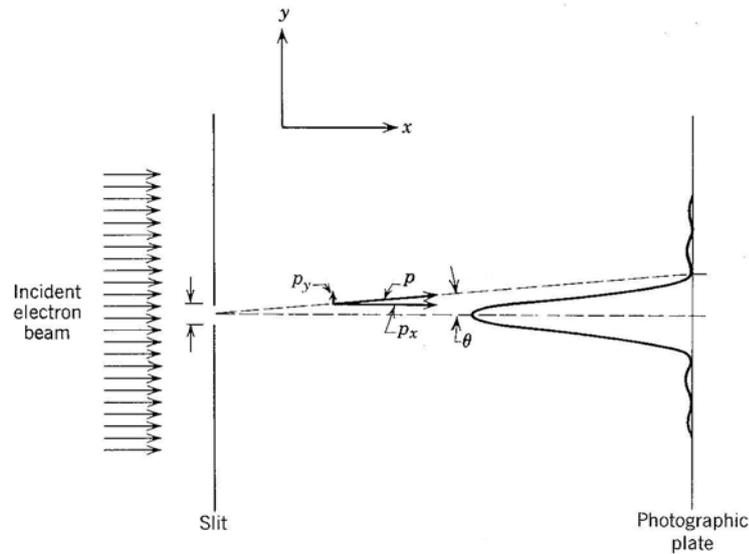


Abb.1. Messung der y-Koordinate eines Elektrons in einem breiten Parallelstrahl durch Einbringen eines Spalts (Blende). Der Intensitätsverlauf der gebeugten Elektronenwelle ist entlang der Linie aufgetragen, welche die photographische Platte symbolisiert (= y-Achse).

9.4 M Betrachten Sie ein mikroskopisches Teilchen, welches sich frei entlang der x-Achse bewegt. Nehmen Sie an, dass zum Zeitpunkt $t = 0$ die Position des Teilchens bestimmt wird und dass die Ungenauigkeit der Messung Δx_0 beträgt. Berechnen Sie die Unschärfe in der zu einem späteren Zeitpunkt t gemessenen Position des Teilchens.