

Übungsblatt 1 - Lösungen

1. Warum ist das Elektron das wichtigste Elementarteilchen für die Betrachtung einer chemischen Reaktion? Welche Bedeutung haben andere Elementarteilchen (Protonen, Neutronen, Photonen).

Alle chemischen Reaktionen betreffen Bindungsstrukturen zwischen Atomen. Diese wiederum werden allein durch Elektronen ausgebildet. Daher ist das Elektron absolut bestimmend bei allen chemischen Reaktionen sowie bei den chemischen Eigenschaften der Elemente.

Protonen: Liefern die positive Ausgleichladung und tragen zur Masse bei

Neutronen: Tragen lediglich zur Masse bei

Photonen: Treten bei Energieaustauschvorgängen in Erscheinung. Photonen können dabei sowohl absorbiert werden (Photoreaktionen, z.B. Photosynthese) als auch emittiert werden (Chemolumineszenz, z.B. Leuchtstäbe oder Glühwürmchen).

2. Beschreiben Sie eine typische Beobachtung, die man während eines Versuchs zur Messung der Ladung des Elektrons nach Millikan machen könnte. Was würde man feststellen, wenn ein Tropfen zwei, drei oder mehr Ladungen trägt? Wie kann man vermeiden, dass die Elektronenladung durch dieses Phänomen fälschlicherweise auf den doppelten oder dreifachen Wert von $e = -1,6 \cdot 10^{-19}$ Coulomb geschätzt wird?

Typischerweise regelt man die Spannung zwischen den beiden Platten so ein, dass einzelne Tropfen schweben. Andere Tropfen können dabei sinken (z.B. weil sie ungeladen sind) oder aufsteigen (z.B. weil sie höhere Ladungen tragen).

Tropfen mit mehreren Ladungen tendieren dazu, schneller aufzusteigen. Um sicher zu gehen, dass man nicht die Ladung zweier Elektronen bestimmt, sucht man nach den Tropfen mit der geringsten Ladung. Außerdem kann man Ladungsdifferenzen zwischen den Tropfen auswerten. Am besten erstellt man ein Diagramm mit allen bestimmten Ladungen. Dort findet man dann ganzzahlige Vielfache der Elementarladung.

3. Warum benötigt man zur genauen Bestimmung der Elektronenmasse die Ladung des Elektrons?

Der Elektronenstrahl in einer Kathodenstrahlröhre kann mit einem elektrischen Feld abgelenkt werden. Die Ablenkung besteht in einer Beschleunigung der Elektronen senkrecht zur Strahlrichtung. Diese Beschleunigung a ist nach der Formel $a = F/m$ sowohl von der Masse m der Elektronen als auch von der Kraft F abhängig. Die Kraft F wiederum ist proportional zur Ladung. Somit ist die Ablenkung eine Funktion von Masse und Ladung. Sind beide Größen unbekannt, so kann man aus der Ablenkung keine von beiden bestimmen. Kennt man jedoch eine Größe (die Ladung), so kann die andere (die Masse) eindeutig bestimmt werden.

4. Welche Hinweise auf die Doppelnatur des Elektrons als Welle und Teilchen kennen Sie? Warum ist dieses Phänomen mit der klassischen Physik nicht vereinbar?

Hinweis auf Teilchennatur: das Kollisionsexperiment, das auf voll elastische Stöße zwischen Elektronen schließen lässt

Hinweis auf Wellennatur: das Beugungsexperiment, bei dem sich ein Elektronenstrahl, der durch einen Spalt geschickt wird, verhält wie eine Welle: es entstehen in regelmäßigem Abstand zur zentralen Achse Beugungsmaxima, genau wie bei einer Wasserwelle oder einem Lichtstrahl

In der klassischen Physik kennt man nur Phänomene, die entweder Wellennatur (Licht, Wasserwelle, Schall) oder Teilchennatur (mechanische Körper) aufweisen. Eine Verknüpfung beider Phänomene ist in der klassischen Physik undenkbar.

5. Warum ist es unter der Voraussetzung der Doppelnatur des Elektrons nicht möglich, dass ein Elektron regungslos an einem genau bestimmten Ort verharrt? Mit welcher der beiden Betrachtungsweisen (Welle oder Teilchen) würde diese Forderung kollidieren?

Betrachtet man allein die Teilchennatur, so wäre ein ruhender Zustand des Elektrons im Raum kein Problem. Betrachtet man dagegen auch die Wellennatur, so ist dies nicht möglich, weil jede Welle immer eine ihr eigene Energie besitzt. Es gibt keine Schwingung mit der Energie null, damit kann es bei Annahme der Doppelnatur auch kein Teilchen ohne kinetische Energie geben.

6. Warum kann ein Elektron in einem Molekül nur bestimmte, abgestufte Gesamtenergiezustände einnehmen?

Die grundsätzliche Forderung, die an jedes Elektron gestellt wird, ist die, dass jederzeit sowohl die Wellennatur als auch die Teilchennatur erfüllt sein muss. Diese zwei gegensätzlichen Forderungen werden nur von ganz bestimmten Zuständen erfüllt. Zwischen diesen Zuständen gibt es genau berechenbare Energiesprünge. Eine kontinuierliche Änderung der Energie ist unter Absatz der Doppelnatur nicht möglich.