



- Kommentieren Sie Ihre Lösungen! (Erläuterungen, Begründungen, Folgerungen)
- Rechnen Sie in SI-Einheiten (kg, m, s etc.)!
- Überprüfen Sie die physikalischen Einheiten in Ihren Rechenschritten und Lösungen! (Vor allem bei längeren Rechenwegen!)
- Lesen Sie die Aufgaben zunächst alle einmal und beginnen Sie dann mit der für Sie einfachsten Aufgabe!

Erlaubte Hilfsmittel: Taschenrechner, Formelsammlung, Schreibutensilien

Aufgabe 1: De-Broglie-Wellen In einer Elektronenbeugungsröhre entstehen Interferenzmuster, bei der Paarbildung und Zerstrahlung wandeln sich Elektronen und Photonen ineinander um: Louis de Broglie ging folglich davon aus, dass auch Elektronen Quantenobjekte sind und sogar mit sich selbst interferieren können. Diese Annahme trifft auf alle Objekte zu, aber nur bei mikroskopisch kleinen spielen die quantenmechanischen Eigenschaften wirklich eine Rolle.

1.1.

- Welche De-Broglie-Wellenlänge haben mit 500 kV beschleunigte Elektronen.
- Berechnen Sie die Wellenlänge der schnellsten Elektronen, die im LEP-Beschleuniger (Large Electron-Positron-Collider) des Europäischen Kernforschungszentrums CERN eine Energie von 209 GeV besaßen.
- Welche De-Broglie-Wellenlänge haben mit 500 kV beschleunigte Protonen.
- Warum haben gleich schnelle neutrale H-Atome (fast) die gleiche Wellenlänge?
- Was gilt für He-Kerne, die mit 500 kV beschleunigt wurden? (Masse 4fach, Ladung doppelt)?

1.2.

- Welche De-Broglie-Wellenlänge kommt einem Staubkörnchen zu ($m=10^{-12}g$; $v=300m/s$)?
- Was folgern Sie daraus für die Gültigkeit der klassischen Mechanik?

1.3. Auch für ruhende Elektronen läßt sich eine Wellenlänge berechnen, wenn man sich daran erinnert, dass gemäß Einsteins berühmtester „Gleichung“ jede Masse einer Energie entspricht: $E=m \cdot c^2$, wobei m in diesem Fall die Ruhemasse des Elektrons ist¹. Welche Wellenlänge besitzt ein ruhendes Elektron und welchem Bereich des elektromagnetischen Spektrums entspricht Strahlung dieser Wellenlänge?

1.4. Der Schweif eines Kometen, der in Sonnennähe aus verdampfter Materie des Kometen entsteht, die wiederum das Licht der Sonne reflektiert, ist immer von der Sonne weg gerichtet. Erklären Sie diese Beobachtung mit Hilfe quantenmechanischer Vorstellungen.

Aufgabe 2: Bohrsches Atommodell Das 1913 von Niels Bohr entwickelte Atommodell zählt zu den sog. „alten Quantentheorien“. Es gilt zwar inzwischen als überholt, jedoch lassen sich mit seiner Hilfe einige Berechnungen zum Wasserstoffatom und zu wasserstoffähnlichen Ionen (solche mit Z Protonen und einem Elektron) durchführen.

Atomares Wasserstoffgas in einer Glaskapillare wird durch Stöße von Elektronen mit der kinetischen Energie 13,1eV angeregt.

- Erklären Sie zunächst allgemein, was man unter „Anregung eines Atoms“ versteht, und führen Sie dann aus, welche anschauliche Vorstellung man sich im Rahmen des Bohrschen Atommodells für das Wasserstoffatom von diesem Vorgang macht.
- Berechnen Sie für das Wasserstoffatom die Energiewerte für die fünf niedrigsten Anregungszustände bezogen auf das Nullniveau bei $n=1$ in den Einheiten eV und J und tragen Sie sie in eine Tabelle ein. Geben Sie an, welche Anregungszustände durch diese Stöße aus dem Grundzustand erreichbar sind.

Die Anregung des Gases ruft die Emission elektromagnetischer Strahlung hervor. Die Linien des Wasserstoffspektrums gruppieren sich dabei zu so genannten Serien.

- Erklären Sie auf der Grundlage des Atommodells von Bohr die Entstehung der Linien der Balmer-Serie im Wasserstoffspektrum.

¹ Eigentlich ist m die dynamische Masse: $m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$, wg. $v=0$ ist aber in diesem Fall $m=m_0$.

- 2.4. Ermitteln Sie die Anzahl der Linien aus der Balmer-Serie im eingangs beschriebenen Versuch. Berechnen Sie die kürzeste in diesem Versuch auftretende Wellenlänge der Balmer-Serie.
- 2.5. Neben der Balmer-Serie kennt man im Wasserstoffspektrum noch die Lyman-Serie, deren erste drei Wellenlängen $121,6\text{nm}$, $102,5\text{nm}$ und $97,2\text{nm}$ lauten. Erklären Sie das Zustandekommen dieser Spektrallinien im Rahmen des Bohrschen Atommodells und bestätigen Sie die Wellenlängen durch Rechnungen.
- 2.6. Können Sie die ersten drei Wellenlängen der Paschen-Serie berechnen? Man findet sie im infraroten Bereich des Spektrums direkt neben der Balmer-Serie.

- siehe Formelsammlung
- *Viel Spaß und Erfolg!*

