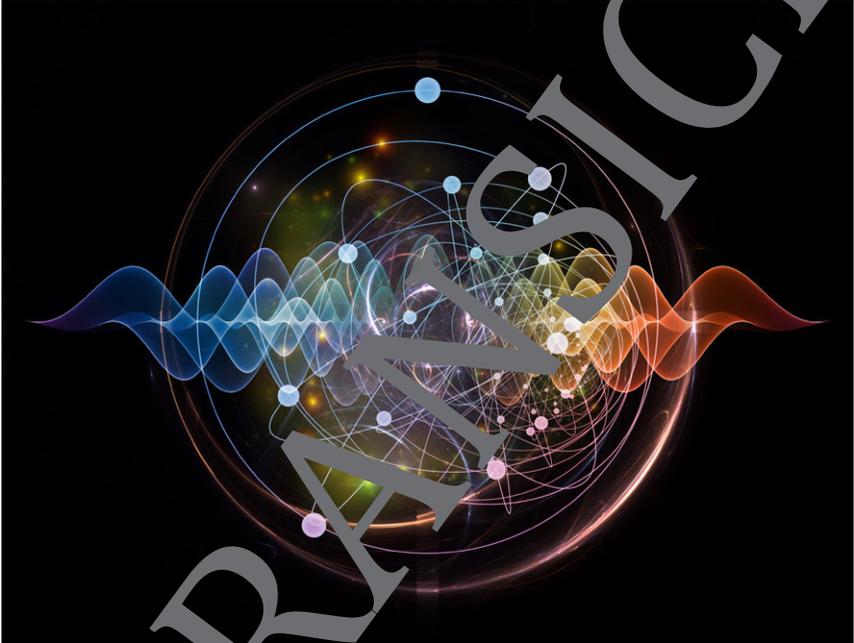


### G.3.9

## Physik der Atomhülle – Quantenmechanisches Atommodell, Schalenaufbau und Röntgenstrahlung

### Quantenphysik und Materie

Dr. Günter Scheu



© RAABE 2024

© agsandrew/istock/Getty Images Plus

Die Quantenmechanik ist der Aufstieg in Verständnis und Entwicklung der Quantenphysik. Das Versagen der klassischen Modelle zur Wechselwirkung von Licht mit Materie führt zur Einführung der Lichtquanten und Materiewellen, d. h. des Welle-Teilchen-Dualismus. Mit diesem Material spannen Sie den Bogen von der Einführung der ungewöhnlichen Regeln der Quantenwelt über die Untersuchung von Spektren hin zum Massendefekt bei der Kernfusion von Wasserstoff zu Helium in unserer Sonne. Dabei bietet das Material abwechslungsreiche Aufgaben, von denen viele zum gegenseitigen Austausch in Partnerarbeit und zur Stärkung der Kommunikationskompetenz Ihrer Klasse geeignet sind.

## Kurze Einführung – eine Zusammenfassung

M 1

*Es ist nicht überraschend, dass sich die Regeln der Quantenwelt von unseren Alltagsregeln unterscheiden.*

*Florian Gnanter*

### Quantelung

Die **Quantenphysik** und die **Quantenelektrodynamik** beschreiben die Existenz und das Verhalten von **Quantenobjekten** wie Lichtquanten, Elektronen, Neutronen, Protonen, Atomen und Molekülen.

Damit ist die Erklärung vieler Effekte möglich, die von der klassischen Physik nicht erklärt werden können oder die den klassischen Vorstellungen widersprechen. Die Bezeichnung Quantenphysik rührt daher, dass viele physikalische **Objekte** und **Größen** in der Atom- und Kernphysik nur portionsweise, also **gequantelt**, vorkommen.

So ist zum Beispiel jede elektrische Ladung ein Vielfaches der Elementarladung, d. h. sie ist gequantelt.

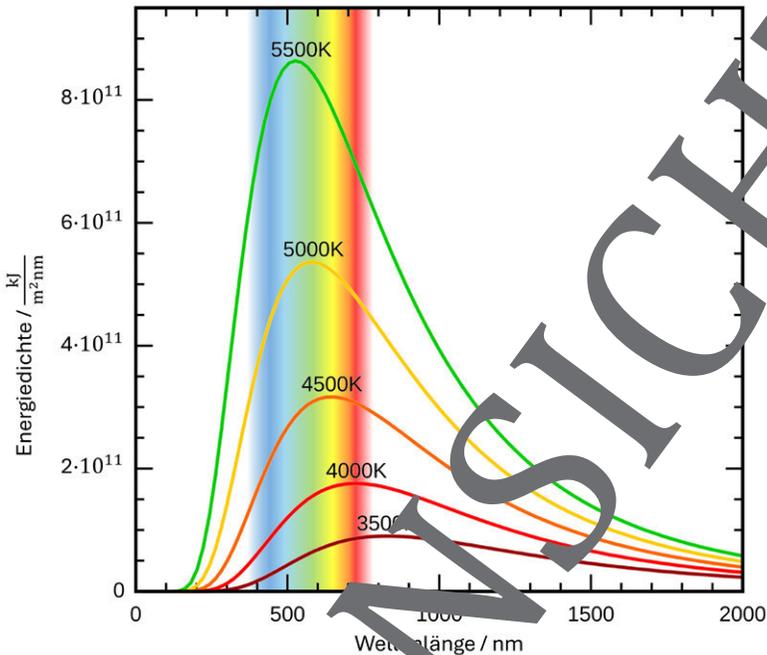
Als Beginn der Quantenphysik gilt der 14. Dezember 1900. An diesem Tag hielt **Max Planck** (1858 – 1947) auf einer Sitzung der Physikalischen Gesellschaft zu Berlin einen Vortrag, in dem er seine **Strahlungsformel** theoretisch begründete.

Danach wird Energie von einem Körper nicht kontinuierlich, sondern in Portionen nach der Formel  $E_{\text{Strahlung}} = h \cdot f$ , d. h. in Quanten abgestrahlt. Dabei ist  **$h$  die Planck'sche Konstante** und  **$f$  die Frequenz**. Die Planck'sche Konstante  $h$  tritt in den Gesetzen der Atom- und Kernphysik auf, es gilt  **$h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$** .

Die Strahlungsenergie nimmt also mit steigender Frequenz der elektromagnetischen Wellen zu. Die Träger der Energieportionen heißen **Lichtquanten** oder **Photonen**. Das Photon ist das Austauschteilchen der elektromagnetischen Wechselwirkung und die kleinste Einheit elektromagnetischer Strahlung. Ein Austauschteilchen ist in der Quantenfeldtheorie ein Teilchen, das eine Wechselwirkung zwischen zwei Systemen vermittelt, indem es von einem System abgegeben und von anderen aufgenommen werden kann.

Die elektromagnetische Strahlung wird durch Lichtquanten quantisiert. Ein historisch wichtiges Experiment dazu war im Jahre 1887 die Beobachtung des lichtelektrischen Effekts durch H. Hertz und W. Hallwachs.

Auf der Quantenmechanik und ihren Begriffen bauen ab 1930 die weiterführende Quantenphysik und Quantenfeldtheorien auf.



© 4C Wikipedia CC BY-SA 3.0  
 Bearbeitet durch Redaktion Physik

© RAABE 2024

Die Abbildung zeigt die Energieverteilung der Strahlung in Abhängigkeit von der Wellenlänge bzw. der Frequenz, die ein schwarzer Körper bei verschiedenen Temperaturen abgibt. Der sichtbare Bereich ist mit den Spektralfarben dargestellt

### Das Doppelspaltexperiment – Verhalten von klassischen Wellen, klassischen Teilchen und Quantenobjekten

1802 führte Young erstmals mit kohärentem Licht das Doppelspaltexperiment durch. Dieses führte zum Durchbruch der Wellentheorie des Lichts gegenüber der damals noch vorherrschenden Korpuskultheorie von I. Newton.

Beim Doppelspaltexperiment treten kohärente Wellen, z. B. Licht- oder Materiewellen, durch zwei schmalen, parallele Spalten, genannt **Doppelspalt**, und treffen auf einen Beobachtungsschirm.

Durch Beugung der Wellen entsteht auf dem Schirm ein **Interferenzmuster**, das aus abwechselnd hellen und dunklen Streifen, genannt Maxima bzw. Minima, besteht, wenn der Abstand der beiden Spalte nicht kleiner als die Wellenlänge ist.

Im Folgenden wird deshalb der Begriff **Lichtquant** für die Energieportion der elektromagnetischen Strahlung benutzt.

### Aufgaben (M 1)

1. **Beantworten** Sie die Fragen und **begründen** Sie Ihre Antwort.
  - a) Ist die Sonne ein schwarzer Strahler?
  - b) Mit welcher Farbe strahlt die Sonne?
2. Die meisten Sterne haben eine ähnliche Farbe wie die Sonne, manche erscheinen bei genauerem Hinsehen jedoch rötlich oder blau. **Erklären** Sie den Unterschied in Bezug auf die Strahlung dieser Sterne.
3. **Geben** Sie **an**, welche Farbe das Maximum der Strahlung bei der jeweiligen Temperatur hat.
  - a) 4000 K
  - b) 5000 K
  - c) 6000 K
  - d) 7000 K
4. **Beantworten** Sie die folgenden Fragen.
  - a) Warum können Photonen nicht durch die Schrödingergleichung beschrieben werden?
  - b) Für welche Experimente wird der Begriff des Photons zur Erklärung benötigt?
  - c) Wird der Begriff des Lichtquants zur Erklärung des Doppelspaltexperiments benötigt?
5. **Erläutern** Sie den Begriff Welle-Teilchen-Dualismus.
6.
  - a) **Erklären** Sie, woraus die Wellenfunktion abgeleitet wird.
  - b) **Erklären** Sie, welchen Zweck die Wellenfunktion hat.

# Mehr Materialien für Ihren Unterricht mit RAAbits Online

Unterricht abwechslungsreicher, aktueller sowie nach Lehrplan gestalten – und dabei Zeit sparen.  
Fertig ausgearbeitet für über 20 verschiedene Fächer, von der Grundschule bis zum Abitur: Mit RAAbits Online stehen redaktionell geprüfte, hochwertige Materialien zur Verfügung, die sofort einsetz- und editierbar sind.

- ✓ Zugriff auf bis zu **400 Unterrichtseinheiten** pro Fach
- ✓ Didaktisch-methodisch und **fachlich geprüfte Unterrichtseinheiten**
- ✓ Materialien als **PDF oder Word** herunterladen und individuell anpassen
- ✓ Interaktive und multimediale Lerneinheiten
- ✓ Fortlaufend **neues Material** zu aktuellen Themen



Testen Sie RAAbits Online  
14 Tage lang kostenlos!

[www.raabits.de](http://www.raabits.de)

