

Klausuraufgaben	Die DeBroglie-Wellenlänge Quantenphysik	© Jörn Schneider 2008
------------------------	--	--------------------------

Die Welt der Teilchen unterscheidet sich erheblich von der Welt der Makroobjekte in der wir leben. Einige Facetten der Quantenwelt (Teilchen) sind so exotisch, dass sie sich unseren Vorstellungen entziehen. Meilensteine der Quantenwelt waren das Bohrsche Atommodell, der Welle-Teilchen-Dualismus (DeBroglie) und das Orbitalmodell.

Das Elektron in der klassischen Physik ist ein Teilchen mit einer definierten Masse und Geschwindigkeit. In der Quantenwelt ist ein Elektron eine Welle mit typischen Welleneigenschaften (z.B. Interferenz). DeBroglie vereinigte die klassische und quantenphysikalische Betrachtungsweise indem er jedem bewegten Objekt eine Wellenlänge zuordnet.

- a) Ein sehr schneller Rennwagen mit der Masse 800 kg und der Geschwindigkeit 300m/s soll als Quantenobjekt betrachtet werden. Berechnen sie die DeBroglie-Wellenlänge des Rennwagens und zeigen sie, dass für ein Makroobjekt kein sinnvolles Ergebnis dabei herauskommt.
- b) Welche Wellenlänge hätte ein Elektron bei der gleichen Geschwindigkeit?
- c) Dieses Elektron soll in einen „Kasten“ eingesperrt werden. Zeichnen sie die Bahn des Elektrons als stehende Welle wenn der Kasten ① unendlich hohe und ② endlich hohe „Wände“ hat.
- d) Bei welchem Versuch tritt die Welleneigenschaft des Elektrons besonders deutlich hervor? Beschreiben sie kurz den Versuchsaufbau und das Ergebnis. Welches Ergebnis würde man nach der klassischen Physik erwarten?

$$\lambda_{DeBroglie} = \frac{h}{p} \quad \text{mit} \quad p = m \cdot v$$

$$h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$$

$$m_{Elektron} = 9,109 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$$

Klausuraufgaben	Die DeBroglie-Wellenlänge Quantenphysik	© Jörn Schneider 2008
------------------------	--	--------------------------

Lösungen:

a)

$$\lambda_{DeBroglie} = \frac{h}{m \cdot v}$$

$$\lambda_{DeBroglie} = \frac{6,626 \cdot 10^{-34} \text{ Js}}{800 \text{ kg} \cdot 300 \text{ m/s}}$$

$$\lambda_{DeBroglie} = 2,76 \cdot 10^{-39} \text{ m}$$

Die Wellenlänge ist 29 Zehnerpotenzen kleiner als der Durchmesser eines Atoms. Eine solch kleine Wellenlänge ist physikalisch unsinnig.

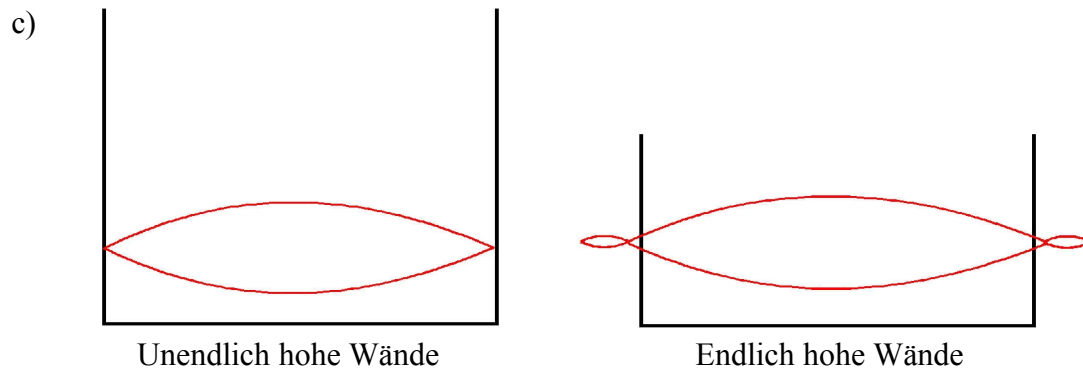
b)

$$\lambda_{DeBroglie} = \frac{h}{m \cdot v}$$

$$\lambda_{DeBroglie} = \frac{6,626 \cdot 10^{-34} \text{ Js}}{9,109 \cdot 10^{-31} \text{ kg} \cdot 300 \text{ m/s}}$$

$$\lambda_{DeBroglie} = 2,42 \cdot 10^{-6} \text{ m}$$

Die Wellenlänge liegt im μm -Bereich und ist physikalisch sinnvoll.



Anders als in der klassischen Physik ist die Wellenfunktion innerhalb der „Wände“ des Kastens nicht Null, sondern hat einen endlichen Wert. Die Grafik stellt eine mögliche Wellenfunktion dar, wichtig ist nur, dass die Welle in den „Kasten“ hineinreicht.

- d) Die Beugung eines Elektronenstrahl an einer dünnen Graphitfolie. Dabei wird ein scharfer Elektronenstrahl auf eine dünne Graphitfolie geschossen. Die gebeugten Elektronen treffen auf einen Leuchtschirm, auf dem ein Beugungsmuster wie bei einem Gitter und einer einfarbigen Lichtquelle (Laser) sichtbar wird. Nach der klassischen Physik würde man ein Streumuster ähnlich dem Rutherford'schen Streuversuch erwarten. Auf keinen Fall ein Beugungsmuster wie bei einer Lichtwelle.