

Heisenberg-Gesellschaft e.V.
Workshop „Quantenphysik an der Schule“, Lautrach 12.-14.7.2024

Samstag, 13. Juli 2024, 15:30-16:00

Prof. Dr. Stefan Sotier, München

Quantisierte elektrische Leitfähigkeit – Ein Demonstrationsversuch

In einem normalen Draht ist das Verhältnis von angelegter Spannung U und fließendem elektrischen Strom I , der elektrische Widerstand R bzw. der Leitwert $G=1/R$ vom Material, vom Querschnitt und der Länge des Drahtes abhängig. Im Bereich der Nanometer-Dimensionen treten in Metallen Quanteneffekte auf, die nach der Entdeckung der Raster-Tunnel-Mikroskopie (STM) bei der Berührung von zwei Drähten gefunden wurden. Im Idealfall hängt der elektrische Widerstand nur von den Naturkonstanten e (Ladung) und h (Planck'sches Wirkungsquantum) ab. Dazu zwei halbklassische Beispiele: Elektron im H-Atom und Elektron in einem starken Magnetfeld B .

Unter Anwendung der De-Broglie-Beziehung werden Metalle im Modell der freien Elektronen (FEM) in ein und zwei Dimensionen beschrieben und Fermi-Energie und Zustandsdichte erläutert. Für das 1-dimensionale Modell lässt sich der elektrische Widerstand berechnen; man erhält einen Wert von $R= h/2e^2$, etwa 12,906 k Ω unabhängig von der Art des Metalls. Mit dem von Klaus v. Klitzing entdeckten Quanten-Hall-Effekt (QHE) wurde dieser Wert mit extrem hoher Genauigkeit bestimmt; dazu sind sehr tiefe Temperaturen und hohe Magnetfelder nötig.

In dem Demonstrationsversuch werden zwei gekreuzte dünne Golddrähte durch kleine mechanische Erschütterungen gegeneinander bewegt und gleichzeitig wird der elektrische Widerstand mit einem Speicheroszilloskop aufgenommen. Man beobachtet dabei Stufen, die Leitfähigkeitsquanten von Vielfachen von $G =2e^2/h$ sind. Mehrere Formen des Experimentes werden kurz erläutert.