

Quantenphysikalische Inhalte aus der modernen Forschung

Quantenphysik ist ein besonders faszinierender Bereich der Physik. Gleichzeitig ist sie aber schwer zu verstehen. Mit einem sich weiterentwickelnden Angebot aus verschiedenen Experimenten ermöglichen wir Schülerinnen und Schülern der Oberstufe einen Einblick in die moderne Forschung im Bereich der Quantenphysik und begeistern sie dadurch für dieses Feld.

Jeweils vier Schüler*innen können in einer 2,5 stündigen Forschungsphase an einem Experiment arbeiten, wobei jeweils zwei Aufbauten zur Verfügung stehen. Alle fünf Experimente können parallel angeboten werden, so dass Kurse von bis zu 20 Schülerinnen und Schülern teilnehmen können. Das Forschen an dem Experiment wird von einem/r Student*in der Naturwissenschaften betreut. Beobachten und Messen steht im Mittelpunkt der Experimente. Im Anschluss hat jede Vierergruppe die Aufgabe, innerhalb von zwei Wochen ein wissenschaftliches Poster anhand einer Vorlage zu erstellen. In einem zweiten Termin, welcher im Schullabor oder an der Schule stattfindet, präsentieren die Schüler*innen sich gegenseitig ihre Ergebnisse. Hierbei werden auch Aspekte der Berufsorientierung beachtet.

Die Durchführung des Angebotes wird fachdidaktisch beforscht.

Die Experimente umfassen:



Folgende Aspekte werden bei der Durchführung der Experimente berücksichtigt:

- Arbeit mit modernsten Materialien
- Authentische Einblicke in moderne Forschung
- Verständlichkeit der Experimente und Anleitungen
- Individuelle Betreuung
- Angenehme Arbeitsatmosphäre
- Enge Abstimmung mit den Lehrkräften
- Möglichkeit für verschiedenste Forschungsprojekte

Beschreibung der Experimente

Jedes Experiment umfasst 2,5 Zeitstunden

1. Doppelspaltexperiment mit einzelnen Photonen

In diesem Experiment verwenden wir einen Laser und eine stark abgeschwächte Lichtquelle. Im ersten Teil werden die Grundlagen der Beugung am Spalt und am Doppelspalt kurz wiederholt und einige Messungen mit Hilfe des Lasers durchgeführt. Nachdem die Schüler*innen mit dem Aufbau vertraut sind, justieren sie eine stark abgeschwächte Lichtquelle im Bereich von 541 bis 551 nm auf eine Detektoreinheit. Mit dieser Einheit können dann Experimente mit einzelnen Photonen simuliert werden.

2. Quantenradierer

In diesem Experiment werden die Grundlagen der Polarisation wiederholt und die Schüler*innen bauen eigenständig ein Mach-Zehnder-Interferometer auf. Die entstehenden Interferenzmuster werden mit Hilfe von Polarisatoren manipuliert und die Ergebnisse werden klassisch diskutiert. Im nächsten Schritt wird die Analogie zwischen diesem Experiment und dem Gedankenexperiment „Schrödingers Katze“ erläutert. Die Schüler*innen lernen das Mach-Zehnder-Interferometer als einen Zugang zur Quantenphysik kennen.

3. Optische Pinzette

In diesem Experiment lernen die Schüler*innen das Fangen von transparente Teilchen mit Hilfe von Laserstrahlung kennen und erhalten die Möglichkeit, ein mit dem Nobelpreis für Physik 2018 ausgezeichnetes Verfahren selber durchzuführen und zu erforschen. Sie können verschiedene Teilchen fangen und bewegen, sowie die maximale Haltekraft der Pinzette bestimmen. Dieser Versuch wird auch in der Ausbildung von Lehrkräften eingesetzt.

4. Datensicherheit mit Quanten

In diesem Experiment wird die Übertragung von Daten mit Hilfe von Polarisationszuständen von Laserlicht erläutert. Die Schüler*innen übertragen eine Nachricht nach dieser Methode und erweitern das Verfahren, um es abhörsicher zu machen. In diesem Analogieexperiment werden die Grundlagen der Datenübertragung mit quantenphysikalischen Zuständen spielerisch erfahrbar gemacht.

5. Welle-Teilchen-Dualismus in der Spektroskopie

In diesem Experiment erfolgt der Einstieg in die Quantenphysik über den Prozess der spontanen Emission. Die Schüler*innen wiederholen die Grundlagen der Beugung am Gitter und lernen während verschiedener, spektroskopischer Messungen den Welle-Teilchen-Dualismus kennen.

Beschreibung der Experimente:

Experiment	Mögliche Themen zur Vorbereitung	Inhalt	Mögliche Anforderungen an das Poster
Doppelspalt	<p>Huygenssches Prinzip</p> <p>Beschreibung von Licht als elektro-magnetische Welle</p> <p>Beugung von Licht</p> <p>Doppelspalt-Experiment nach Young: $\frac{n \cdot \lambda}{g} = \frac{x_{0n}}{l}$</p> <p>Mit $n \in \mathbb{N}$;</p> <p>λ: Wellenlänge</p> <p>g: Spaltabstand</p> <p>x_{0n}: Abstand zw. den Maxima 0-ter und n-ter Ordnung</p> <p>l: Abstand zw. Doppelspalt und Schirm</p>	<p>Vermessung des Interferenzmusters eines Lasers mit Hilfe einer Photodiode. (Wellenmodell)</p> <p>Detektion von einzelnen Photonen. (Teilchenmodell)</p>	<p>Grafik mit Messpunkten (Spannungswerte vom Einzel- und vom Doppelspalt) sowie Deutung dieser Daten.</p> <p>Grafik der Messdaten aus der Zählung der Photonen. Deutung dieser Daten.</p> <p>Diskussion der Interferenz als Ergebnis von vielen Messungen.</p> <p>Anhand der Messung einer Anzahl von Photonen in einem bestimmten Zeitintervall kann diskutiert werden, dass der Auftreffpunkt von Photonen nicht vorhersagbar ist.</p>

Experiment	Mögliche Themen zur Vorbereitung	Inhalt	Mögliche Anforderungen an das Poster
Quantenradierer	Beschreibung von Licht als elektromagnetische Welle Polarisation von Licht	Energieerhaltung im Mach-Zehnder-Interferometer Vermessung des Einflusses der Polarisatoren auf das Interferenzmuster.	Kurze Erläuterung der Energieerhaltung Erklärung des Verschwindens und Auftauchens des Interferenzmusters im Wellenmodell. Zusammenhänge zwischen dem Versuch und dem Gedankenexperiment zu „Schrödingers Katze“ beschreiben. Diskussion des Zusammenhangs einer Ortsmessung und dem Verschwinden des Interferenzmusters.
Optische Pinzette	Gaußprofil eines Laserstrahls Vektorzerlegung von Kräften	Erforschung der Wechselwirkung von Laserstrahlung mit transparenten Partikeln. Es wird erarbeitet, wie durch einen Laser eine optische Pinzette realisiert werden kann.	Diskussion der Größen Intensität und Leistung. Erklärung der Funktionsweise einer optischen Pinzette.

Experiment	Mögliche Themen zur Vorbereitung	Inhalt	Mögliche Anforderungen an das Poster
Daten-sicherheit mit Quanten	Polarisation Beschreibung von Licht als Welle und als Teilchen	Anhand eines Beispiels werden einige Grundlagen der Quantenkryptographie erarbeitet. Teilung der Gruppe in zwei Teams. Eines der Teams versucht, den Abhörangriff des anderen Teams zu enttarnen.	Darstellung, wie eine sichere Übertragung mit Hilfe von Photonen ermöglicht werden kann. Beschreibung und Erläuterung der grundlegenden Ideen des Versuches und des Aufbaus.
Welle-Teilchen-Dualismus in der Spektroskopie	Beschreibung von Licht als Welle und als Teilchen Siehe Doppelspalt	Es sollen die Grundlagen der Beugung am Gitter erarbeitet werden. Anschließend werden Spektren von verschiedenen Atomen untersucht. Die Entstehung dieser Spektren wird diskutiert.	Darstellung der theoretischen Grundlagen der Beugung am Gitter. Diskussion der aufgenommenen Spektren.

Anmeldung unter: lschools@physnet.uni-hamburg.de

Wir freuen uns auf Ihren Besuch!



Gefördert durch

EXZELLENZCLUSTER
CUI: ADVANCED
IMAGING OF MATTER

