

Aufzucht von Schrödinger's Kätzchen: Vom Gedankenexperiment zur vollen Quantenkontrolle von einzelnen Atomen.

Termin zur Einteilung 19.05.2020 um 14:00 Uhr - Details siehe ILIAS

Es gibt ein berühmtes Zitat von Erwin Schrödinger aus dem Jahr 1952 [E. Schrödinger, 1952, Brit. J. Phil. Sci. III, 233]: ‘‘...we never experiment with just one electron or atom or (small) molecule. In thought experiments, we sometimes assume that we do; this invariably entails ridiculous consequences...’’ Der Grund seiner Skepsis beruhte nicht auf mangelnder Vorstellungskraft, sondern vielmehr auf der Einsicht in die Konsequenzen, die solche Experimente aufzeigen würden. Heute können wir im Labor auf jahrzehntelange und wegweisende Entwicklungen aufbauen und die Aussage als falsch darstellen. Um die Quantenmechanik experimentell zu untersuchen und nutzbar zu machen, isolieren wir einzelne Atome/Ionen von ihrer Umgebung und kühlen sie in den Grundzustand der Bewegung und können so auch die elektronischen Freiheitsgrade auf der Ebene einzelner Quanten steuern. Dieses Seminar widmet sich der errungenen Meilensteine die zur Entwicklung der heute etablierten Werkzeuge geführt haben. Dabei wollen wir eine grundlegende Intuition für quantendynamische Effekte entwickeln und auch verstehen, wie Überlagerungszustände und Verschränkungen auf deterministische Weise im Labor erzeugt werden können. Zum Schluss skizzieren wir Anwendungen, die z.B. die Quanten-Informationsverarbeitung, Quantensimulation und Quantenmetrologie (genaueste Atomuhren) vorantreiben.

Im folgenden listen wir mögliche Themen, die wir in drei Teile gegliedert haben und geben erste Literaturhinweise dazu.

Einführungsteil: In einem ersten Teil werden wir quantenmechanische Grundprinzipien wiederholen und intensiver kennenlernen. So können wir diese dann im folgenden mit experimentellen Techniken besser in Zusammenhang bringen.

Literaturart: Textbücher zur Quantenphysik.

1. Zwei-Niveau-System und harmonische Oszillatoren (klassische und nicht-klassische Zustände)
2. Inkohärente und Kohärente Operationen/Prozesse - Wie werden diese beschrieben und wann werden die einen, wann die anderen benötigt?

Methodenteil: In diesem Teil geht es darum drei experimentelle Grundpfeiler (‘Trapping’, ‘Cooling’ und ‘Control’) aufzustellen. Diese Methoden werden in Kombination und Erweiterungen dann in modernsten Anwendungen (siehe letzter Teil) zum tragen kommen.

Literaturart: Textbücher und Review-Artikel

1. Fallentechnologie: Penning, Paulfalle, optische Falle: Gemeinsamkeiten und Unterschiede, Vorteile und Nachteile [Ghosh, P. K. Ion Traps. (Oxford: Clarendon Press, 1995)]
2. Kühltechniken: Buffergas, Doppler, Seitenband [Metcalf, H. J. & Straten, P. van der. Laser Cooling and Trapping. (Springer New York, 2002)]
3. Superposition & Verschränkung von elektronischen- und Bewegungs-Freiheitsgraden (gefangenen atomare Ionen)

Anwendungsteil: Im letzten Teil möchten wir aktuelle und zukünftige Anwendungen kennenlernen. Dabei werden Aspekte der vorhergehenden Themenblöcke wiederholt und im Zusammenhang mit den Anwendungsbeispielen in einem neuen Licht erscheinen.

Literaturart: Textbücher, Review-Artikel und Original-Veröffentlichungen

1. Atomuhr: Ramseysequenz bei neutral Atomen vs. Ionen [Riehle, F. Frequency standards: basics and applications. (Weinheim: Wiley-VCH, 2004)]
2. Quantum Metrology: Spectroscopie (Gemeinsamkeiten/Unterschiede zur Atomuhr)
3. Quantum Sensing: Magnetfeldmessung mit verschiedene experimentellen Plattformen (Atome, Ionen, NV-centers,..)
4. Quantencomputer: DeVinzenzo Kriterien mit Schwerpunkt auf Verschränkungsgatter (Erzeugung von "Schrödingers kittens")
5. Quantensimulation Simulation: Quantum walk (potentielle Anwendungen und erste Realisierungen)

Niveau für Bachelor Studenten, Auswahl von ca. 10 Themen, die wir je nach Teilnehmerinteresse verteilen und zeitlich sinnvoll abgestimmt erarbeiten.

Auf unserer ILIAS-Seite (https://ilias.uni-freiburg.de/goto.php?target=crs_1523847&client_id=unifreiburg) haben wir weitere Informationen zum Ablauf zusammengestellt.