

Masterarbeit in theoretischer Quantenoptik

Düsseldorf, 27. 8. 2013

Quantenmechanik des Dreikörperproblems:

Berechnung des Stark-Effekts in Wasserstoffmolekülionen

Nachdem auf dem Gebiet der Quantenoptik kalte, gasförmige Atome routinemäßig untersucht werden, hat sich als neues Forschungsgebiet das der kalten Moleküle entwickelt. In unserer Arbeitsgruppe verfolgen wir seit Langem die Kühlung und Speicherung von Molekülionen und haben unseren Fokus auf ein hochinteressantes System gesetzt: die Wasserstoffmolekülionen. Sie faszinieren durch ihre relative Einfachheit, denn sie besitzen nur ein Elektron, das die beiden einfachen Atomkerne aneinander bindet. Dennoch besitzen sie wesentliche Eigenschaften von Molekülen.

Es ist eine hervorragende theoretische Leistung, dass die Eigenschaften dieser Molekülklasse mit sehr hoher Genauigkeit berechnet werden können. Somit ergibt sich die Möglichkeit, experimentelle Messungen mit theoretischen Vorhersagen zu vergleichen. Daraus folgen Anwendungen wie die hochgenaue spektroskopische Bestimmung des berühmten Massenverhältnisses $m_p/m_e \approx 1836$. In früheren Arbeiten haben wir Messungen durchgeführt, die diese Konstante mit einer relativen Ungenauigkeit von $(2 - 4) \times 10^{-9}$ bestimmten (Koelemeij et al, 2007, Bressel et al, 2012).

Wir planen eine neue Reihe von präzisionspektroskopischen Messungen an HD^+ . Einhergehend mit diesen müssen wir auch unser Verständnis der systematischen Effekte vertiefen, die die Energieniveaus verschieben. Dazu gehört der Stark-Effekt: das Molekülion wechselwirkt mit Lichtfeldern des Spektroskopielasers, aber auch mit der Schwarzkörperstrahlung. Diese Effekte sollen theoretisch genau berechnet werden und bei der Auswahl der zu untersuchenden Übergänge bis hin zur Interpretation der Daten eine wichtige Rolle spielen.

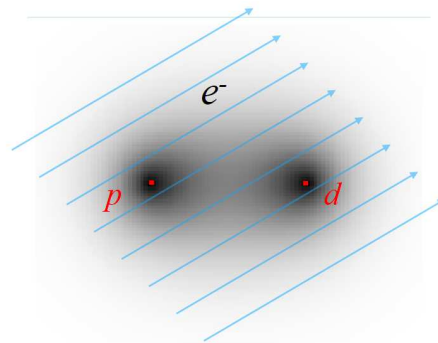


Abbildung: Das HD^+ Molekül besteht aus nur drei Teilchen. Hier ist es in einem externen elektrischen Feld gezeigt. Es stellt ein neuartiges Modellsystem der Quantenoptik dar und lässt sich durch fortgeschrittene quantentheoretischen Methoden sehr genau berechnen.

Wir haben bereits den Stark-Effekt in statischen elektrischen Feldern berechnet (Bakalov und Schiller, 2012). Diese Rechnungen gilt es auszudehnen auf schnell oszillierende Felder. Die Berechnungen werden in Zusammenarbeit mit unseren theoretischen Partnern in Moskau erfolgen.