



FGLA



TP 5

FSU Jena

Reaktionen von gespeicherten kalten Ionen mit H Atomen und interstellar relevanten Molekülen

*Dieter Gerlich, Technische Universität Chemnitz
Alfonz Luca, Technische Universität Chemnitz*

Die meisten Aktivitäten des TP 5 der Forschergruppe drehen sich um Wasserstoff, speziell in seiner atomaren Form. Obwohl es sich dabei um das einfachste Atom überhaupt handelt, es besteht nur aus einem Proton und einem Elektron, und obwohl es mehrere Größenordnungen häufiger im Universum vorkommt als jedes andere Element, gab es bisher keine Experimente, mit denen chemische Reaktionen zwischen diesem Radikal und anderen Molekülen unter Bedingungen untersucht werden können, wie sie im All vorkommen.

Die technische Herausforderung war die Entwicklung der AB-22PT-Apparatur (Atomic Beam 22-Pole Trap), einer Ultrahochvakuumanlage, in der verschiedene innovative Module zusammengebaut und gemeinsam getestet werden mussten. Im Zentrum dieser Apparatur steht der von uns entwickelte 22-Pol Speicher, ein sehr empfindliches Instrument, das nicht nur grundlegende Untersuchungen an und mit Ionen erlaubt, sondern auch wichtige angewandte Beiträge liefern kann, z.B. in der chemischen Analytik. In dem nur wenige cm^3 grossen Speicher lässt sich die Temperatur und Gasdichte so weit reduzieren, dass man Bedingungen simulieren kann, wie sie z.B. in dichten protostellaren Scheiben herrschen. Eine weitere Aufgabe war die Konstruktion und Integration eines modularen H-Atomstrahls und dessen Charakterisierung. Dies gelang im Rahmen einer Doktorarbeit, wobei die meisten Anforderungen wie hinreichend grosser Fluss, hoher Dissoziationsgrad, niedriger Untergrund von H_2 Molekülen und variable mittlere Geschwindigkeit erfüllt werden konnten. Die neue Apparatur, ein Prototyp, an dem noch vieles verbessert werden kann, erlaubt es jetzt, im Labor wichtige Prozesse der interstellaren Chemie mit H-Atomen nachzuvollziehen. Auch andere molekulare Strahlen können eingesetzt werden.

Während der verschiedenen Entwicklungsphasen wurde die Anlage immer wieder dazu eingesetzt, astrochemisch relevante Prozesse zu untersuchen. Da es weltweit kein anderes derartiges Experiment gibt, waren eine Reihe von Konsistenzüberprüfungen erforderlich. Zu Test- und Kalibrierungszwecken haben wir bei Raumtemperatur bekannte Reaktionen wie z. B. $\text{CH}_4^+ + \text{H} \rightarrow \text{CH}_3^+ + \text{H}_2$ oder $\text{CO}_2^+ + \text{H} \rightarrow \text{HCO}^+ + \text{O}$ herangezogen. Viele unerwartete Ergebnisse wurden erhalten. Z.B. beobachten wir bei 10 K Wasserstoffabstraktion in $\text{CH}_5^+ + \text{H}$ Stössen, was der etablierten Protonenaffinität von Methan widerspricht. Eine astrochemisch sehr wichtige Klasse von Reaktionen ist die Ersetzung von einem oder mehreren H-Atomen mit D, einem stabilen Isotop des Wasserstoffs. Wir sind erst am Anfang, diese Tieftemperaturchemie zu verstehen, bei der die Veränderung von Nullpunktsenergien und der Einfluss des Kernspins die Reaktivität bestimmt. Jüngst wurden einige mehrfach deuterierte Moleküle im All gefunden. Gibt es bei sehr kleinen Gesamtenergien eine spezielle Bosonen - dominierte Chemie? Wie die Elektronen sind die H-Atome Fermionen, die sich aus dem Weg gehen, während D-Atome Bosonen sind!