

19. Juli 1994

DISS. ETH Nr. 10779

**Cascade Processes and Kinetic Energy
Distribution of Pionic Hydrogen Atoms**

A B H A N D L U N G

zur Erlangung des Titels
DOKTORIN DER NATURWISSENSCHAFTEN

der
EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE ZÜRICH

vorgelegt von

Elke Caroline Aschenauer

Dipl.-Phys. der Universität Erlangen

geboren am 4. März 1965
in Nürnberg, Bayern, Bundesrepublik Deutschland

Angenommen auf Antrag von:

Prof. Dr. H. J. Leisi	Referent
Dr. habil. L. M. Simons	Korreferent
Dr. V. E. Markushin	Korreferent

- 1994 -

Zusammenfassung

Zum ersten Mal wurde die Neutronen-Flugzeitverteilung für die Reaktion $\pi^- p \rightarrow \pi^0 n$ in gasförmigen Wasserstoff für Drücke von 17bar und 40bar gemessen. Die kinetische Energie der $\pi^- p$ Atome wurde aus der Doppler Verbreiterung der Neutronen-Flugzeitspektren zum Zeitpunkt der Ladungsaustausch reaktion bestimmt. Man fand $\pi^- p$ Atome mit kinetischen Energien von 75eV. Die Daten wurden dann im Rahmen eines neuen Kaskadenmodells ausgewertet, das die zeitliche Entwicklung der kinetischen Energie während der Kaskade berücksichtigt. Die Modelparameter wurden durch eine Neutronen-Flugzeitmessung in flüssig Wasserstoff und eine Messung der absoluten Lyman-Übergangsstärken in gasförmigen Wasserstoff festgelegt.

Es konnte gezeigt werden, daß der signifikante Anteil hochenergetischer $\pi^- p$ Atome durch Coulomb Abregung während der Kaskade hervorgerufen wird. Die verwendeten Wirkungsquerschnitte für die Coulomb Abregung sind mit den Rechnungen von Bracci und Fiorentini verträglich. Weitere Ergebnisse waren, daß die Stark-Mixing Raten wesentlich größer sind als man aus den gebräuchlichen Rechnungen, die "straight-line approximation" verwenden, erwarten würde. Außerdem ist die bestimmte mittlere kinetische Energie von 1-2eV am Anfang der Kaskade konsistent mit den Ergebnissen von Experimenten mit muonischen Wasserstoff. Man kann somit folgern, daß unser Model die Kaskade im pionischen Wasserstoff über drei Größenordnungen im Druck beschreibt. Der Einfluß von hochenergetischen $\pi^- p$ Atomen auf anderne Experimente mit $\pi^- p$ Atomen, wird am Beispiel des Experimentes zur Bestimmung der starken Wechselwirkungsbreite des 1S-Niveaus im $\pi^- p$ diskutiert.

Abstract

The neutron time-of-flight distributions for the reaction $\pi^-p \rightarrow \pi^0n$ in gaseous targets at pressures of 17bar and 40bar have been measured for the first time. The kinetic energy of the π^-p atoms at the instant of the nuclear reaction has been evaluated from the Doppler broadening of the neutron time-of-flight spectra. Evidence was found for π^-p atoms with kinetic energies of 75eV. The present experimental data were interpreted within a new cascade model that takes the evolution of the kinetic energy distribution during the cascade into account. The parameters of the model were determined from experiments measuring neutron time-of-flight in liquid hydrogen and X-ray yields in gas. Coulomb deexcitation is responsible for the significant fraction of high energy component, whose intensities are compatible with the calculations of Bracci and Fiorentini. Stark mixing is found to be significantly stronger than in the commonly-used straight line approximation; the initial mean kinetic energy of 1-2eV is consistent with the results of muonic hydrogen. The model therefore describes the cascade of pionic hydrogen over a range of pressures of three orders of magnitude. The implications for high resolution X-ray measurements of the 1S-level nuclear width are discussed.