

Wirkungsquerschnitte für Umladung bei Stößen einfach-positiver Atomionen mit keV-Energie

B. Lehmann

1. Institut für Experimentalphysik der Universität Hamburg

(Z. Naturforsch. 31a, 1308–1310 [1976]; eingegangen am 7. September 1976)

Cross Sections for Charge Changing of Single-positive Atomic Ions with keV Energy

Cross sections have been measured for some charge changing processes occurring when single-positive atomic ions, with 12–60 keV, collide with Kr atoms. The ions are H^+ , C^+ , N^+ , O^+ and S^+ . The apparatus only permitting registration of charged collision products, the observed processes are electron loss and double electron capture by the primary ions.

Für die Messungen wurde eine Apparatur verwendet, die schon kurz beschrieben werden konnte¹. Um ein Bild über die Zuverlässigkeit der gemessenen Wirkungsquerschnitte gewinnen zu können, seien einige Punkte festgehalten:

I. Für einige der beobachteten Reaktionen lagen Vergleichsmessungen in der Literatur vor

a) $H^+ + Kr \rightarrow H^- + R$ (2 Referenzen, s. u.). Die Übereinstimmung oberhalb 18 keV ist als gut zu bezeichnen.

b) $C^+ + Kr \rightarrow C^- + Kr^{++}$ und die entsprechende Umladung von O^+ (s. u.). In beiden Fällen sind die Werte dieser Arbeit um ca. einen Faktor 10 größer als die von Fogel' et alii.

c) Die bereits früher¹ gemessene Dissoziationsreaktion des H_2^+ zu H^+ zeigt gute Übereinstimmung mit Literaturwerten.

II. Eine grobe Fehlerabschätzung ergibt folgende Werte: Druckmessung $\pm 10\%$, Bestimmung des effektiven Streuvolumens $\pm 20\%$, Ansprechwahrscheinlichkeit des Detektors $\pm 10\%$. Zu diesen für alle Messungen gültigen Quellen der Unsicherheit kommt ein statistischer Anteil aus den Meßprotokollen von ca. 10–15%. Als mittlerer Gesamtfehler wird somit $\pm 30\%$ angesehen.

Ergebnisse

H^+

Die Umladung der Protonen unter doppeltem Elektroneneinfang zu H^- ist die einzige Reaktion in dieser Arbeit, die im verwendeten Energiebereich ein eindeutiges Maximum aufweist (s. Abbildung 1). Bei ca. 4 keV zeigt die Abbildung ein zusätzliches Maximum. Legt man die Überlegung der Massey-Hypothese² über die Lage der Maxima zugrunde,

Reprints request to Prof. Dr. H. Neuert, 1. Institut für Experimentalphysik, Jungiusstr. 9, D-2000 Hamburg 36.

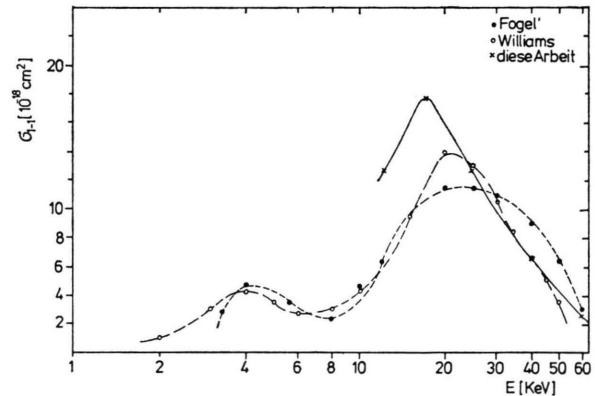
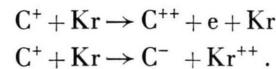


Abb. 1. Umladung von H^+ .

so wird klar, daß die beiden Maxima unterschiedlichen Prozessen zuzuordnen sind: Im niederenergetischen Maximum bleibt das Krypton vermutlich als doppelt-positiv geladenes Ion im Grundzustand zurück, in höheren hingegen wahrscheinlich als dreifach geladenes^{3, 3a}.

C^+

Die Ionen C^+ entstammen der Hochfrequenz-Umladung in CO. Abbildung 2 gibt die Umladungsquerschnitte für die folgenden beobachteten Reaktionen wieder:



Eine Messung von Fogel'⁴ wurde zusätzlich eingetragen. Sie weist Werte auf, die nahezu eine Größenordnung unter denen dieser Arbeit liegen (s. a. O^+).

$N^+, (N^{++})$

N^+ und N^{++} sind die einzigen Ionen, die der Entladung des N_2 in größerer Intensität entzogen werden können.

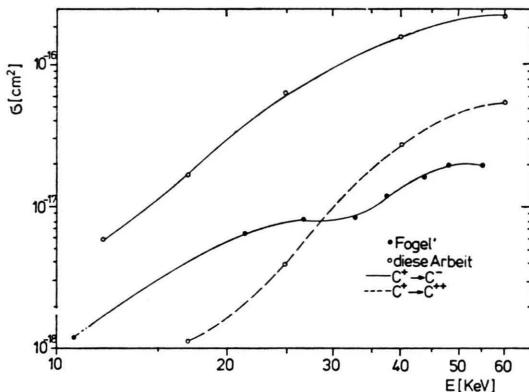


Dieses Werk wurde im Jahr 2013 vom Verlag Zeitschrift für Naturforschung in Zusammenarbeit mit der Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften e.V. digitalisiert und unter folgender Lizenz veröffentlicht: Creative Commons Namensnennung-Keine Bearbeitung 3.0 Deutschland Lizenz.

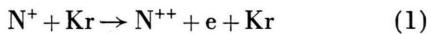
Zum 01.01.2015 ist eine Anpassung der Lizenzbedingungen (Entfall der Creative Commons Lizenzbedingung „Keine Bearbeitung“) beabsichtigt, um eine Nachnutzung auch im Rahmen zukünftiger wissenschaftlicher Nutzungsformen zu ermöglichen.

This work has been digitized and published in 2013 by Verlag Zeitschrift für Naturforschung in cooperation with the Max Planck Society for the Advancement of Science under a Creative Commons Attribution-NoDerivs 3.0 Germany License.

On 01.01.2015 it is planned to change the License Conditions (the removal of the Creative Commons License condition "no derivative works"). This is to allow reuse in the area of future scientific usage.

Abb. 2. Umladung von C^+ .

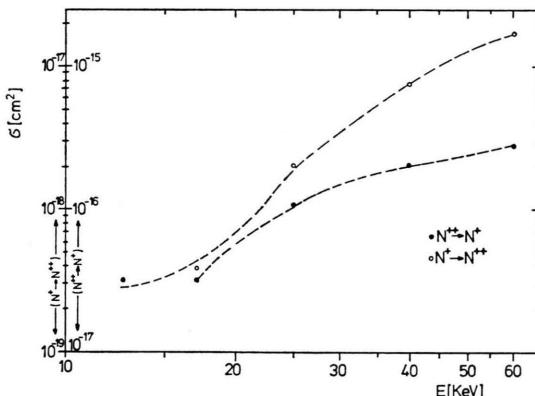
Da ein negatives Ion des atomaren Stickstoffs nicht stabil ist, zeigt N^+ nur die Umladung unter Abstreifung eines Elektrons (s. Abbildung 3).



Auch für das N^{++} , das einzige doppelt geladene Ion dieser Arbeit, lässt sich nur ein Umladungsprozess identifizieren:

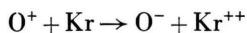


(2) kann natürlich nicht als der zu (1) inverse Prozess für den Stickstoff angesehen werden, da das Target in unterschiedlicher Konfiguration beteiligt ist und die Energieverhältnisse somit wesentlich verschieden sind.

Abb. 3. Umladung von N^+ (und N^{++}).

O^+

Der Strahl positiver Ionen einer O_2 -Entladung besteht zu ca. 60% aus O^+ und 40% O_2^+ . In Abb. 4 sind für die einzige beobachtete Umladung des O^+ , die unter doppeltem Elektroneneinfang zu O^- ,

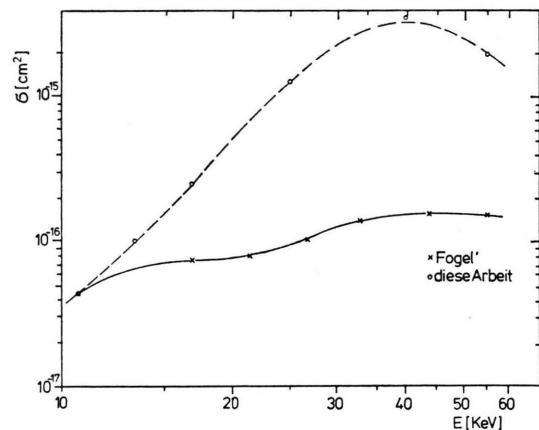
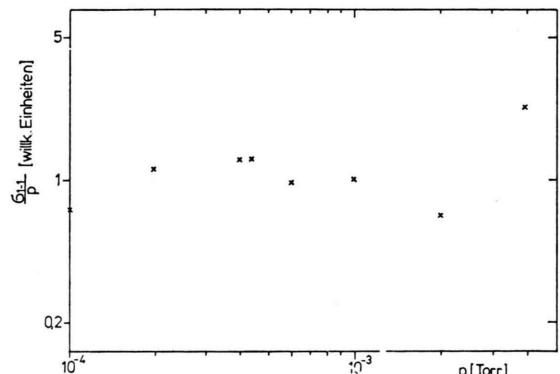


neben den Ergebnissen dieser Arbeit die von Fogel' zu finden⁴ (s. o.).

Der Wirkungsquerschnitt dieser Umladung ist relativ hoch. Deshalb konnte hier die Abhängigkeit des Querschnitts vom Druck des Targetgases aufgenommen werden (s. Abbildung 5). Dazu wurde der Gasdruck in der Streukammer zwischen 10^{-4} und $4 \cdot 10^{-3}$ Torr variiert. Liefert die Aufnahme zweier Elektronen durch O^+ vom Kr in zwei Stufen ab, so müsste sich unter den gegebenen Einzelstoßbedingungen eine quadratische Druckabhängigkeit dokumentieren.

Abbildung 5 legt jedoch die Vermutung einer etwa linearen Abhängigkeit und damit eines einstufigen Elektroneneinfangs nahe.

Für O^+ konnte keine Umladung zu O^{++} nachgewiesen werden, wie dies bei C^+ , N^+ und S^+ möglich war. Dies würde eine obere Grenze des Wirkungsquerschnitts von ca. 10^{-19} cm^2 bedeuten.

Abb. 4. Umladung von O^+ nach O^- .Abb. 5. Abhängigkeit des Wirkungsquerschnitts der Umladung von O^+ nach O^- bei 40 keV.

S⁺

Da S⁺ und O₂⁺ die gleiche Masse besitzen, beide Ionensorten also nicht im Strahl positiver Ionen aus SO₂ getrennt werden konnten, diente H₂S zur Erzeugung von S⁺-Ionen. Dies hatte jedoch eine überaus schnelle Verschmutzung der Quellenteile zur Folge.

Die S⁺-Ionen zeigen, entsprechend Abb. 6, sowohl die Umladung unter Elektronenabgabe



als auch unter doppeltem Elektroneneinfang



Der Verfasser dankt Herrn Prof. Dr. H. Neuert, Geschäftsführender Direktor des 1. Instituts für Experimentalphysik, für Anregungen und Diskusso-

nen der durchgeführten Arbeiten, sowie dem Institutsrat für die Bereitstellung der notwendigen Geräte.

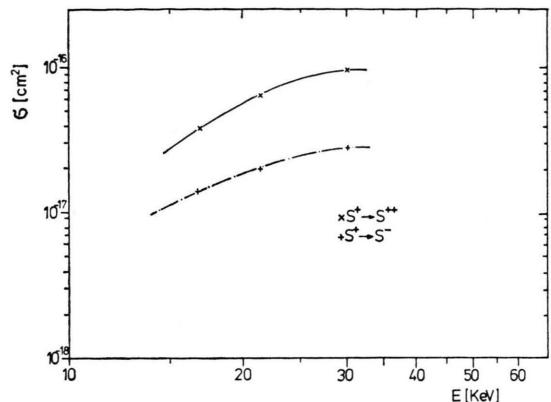


Abb. 6. Umladung von S⁺.

¹ B. Lehmann, Z. Naturforsch., im Druck.

² H. S. W. Massey, Rep. Prog. Phys. **12**, 248 [1949].

³ Ia. M. Fogel', R. V. Mitin, V. F. Kozlov u. N. D. Romashko, J. Exp. Theor. Phys. **8**, 390 [1959].

^{3a} J. F. Williams, Phys. Rev. **150**, 7 [1966].

⁴ Ia. M. Fogel', R. V. Mitin u. A. G. Konval', J. Exp. Theor. Phys. **4**, 359 [1957].