

Ein Bezugssquerschnitt für die Streuung neutraler Moleküle

Von PETER TOSCHEK

Physikalisches Institut der Universität Bonn
(Z. Naturforschg. 17 a, 356 [1962]; eingegangen am 5. März 1962)

Ein wichtiges Anwendungsgebiet der Molekularstrahlmethode stellt die Messung von Streuquerschnitten neutraler Moleküle dar. Dabei erfolgt die Streuung des Molekularstrahls entweder in einem Sekundärstrahl oder in einem gasgefüllten Volumen. Die bei derartigen Experimenten auftretenden Meßfehler röhren zum überwiegenden Teil von den Fehlern her, mit denen die Druckmessung des Streugases behaftet ist. Es erscheint daher angebracht, sich mit Relativmessungen von Streuquerschnitten zu begnügen, sofern ein (leicht reproduzierbarer) Bezugssquerschnitt angegeben werden kann, von dem möglichst viele unabhängige Messungen vorliegen, die außerdem eine möglichst geringe statistische Streuung aufweisen (siehe z. B. Anm. 5).

Hierfür bietet sich der Streuquerschnitt von Kalium in Argon an. Er wurde bisher fünfmal gemessen¹⁻⁵; die Abweichung der angegebenen Meßwerte ist allerdings beträchtlich (s. Tab. 1, Spalte 2).

Zur Berechnung des Streuquerschnitts Q aus der gemessenen abgeschwächten und unabgeschwächten Strahlintensität muß noch über die Geschwindigkeitsverteilung im Streugas und gegebenenfalls auch über die Verteilung im Strahl gemittelt werden.

In einem Fall⁴ wurde zur Berechnung von $Q_{\text{K-Ar}}$ nur die Formel von TAIT^{6,7} für die mittlere freie Weglänge benutzt, wobei man die Mittelung über die Geschwindigkeitsverteilung im Strahl vernachlässigte. Die anderen angegebenen Werte für $Q_{\text{K-Ar}}$ wurden erhalten, indem die von ROSIN und RABI² aus der TAITschen Formel gewonnene Korrekturfunktion $I(x)$ mit $x = (T_{\text{Gas}} m_{\text{Str}}) / (T_{\text{Str}} m_{\text{Gas}})$ angewandt wurde:

$$\bar{\lambda} = 2 \pi I(x) / (n Q), \quad Q_{\text{eff}} = 1 / (n \bar{\lambda}) \quad (1)$$

(n = Teilchen/cm³).

Hierbei ist jedoch die Geschwindigkeitsabhängigkeit des Streuquerschnitts nicht berücksichtigt; ferner stellt eine Mittelung über $1/\bar{\lambda}$ eine bessere Beschreibung des physikalischen Sachverhaltes dar als die über $\bar{\lambda}$. Für eine solche Mittelung mit Berücksichtigung der Geschwindigkeitsabhängigkeit von Q sind kürzlich die geeigneten Korrekturfunktionen angegeben worden⁸. Mit Hilfe der dort tabellierten Funktion $Ga_0(6, y)$ wurde eine Neuberechnung der Werte von $Q_{\text{K-Ar}}$ aller

fünf angegebenen Autoren nach

$$Q_{\text{eff}} = \frac{1}{n} \cdot \frac{1}{\bar{\lambda}} = Q \cdot Ga_0(6, y) \quad (2)$$

durchgeführt, wobei in einem Fall¹ von direkten Meßresultaten für $n \bar{\lambda}$ ausgegangen wurde, während in den anderen Fällen die Korrekturen ausgetauscht wurden. Auf diese Weise ergaben sich die Werte von Spalte 3 der Tabelle.

| | Q_{Autor} | $Q_{\text{Korr.}}$ |
|------------|--------------------|--------------------|
| 1 | 402 * | 626 |
| 2 | 580 | 662 |
| 3 | 587 | 673 |
| 4 | 452 | 668 |
| 5 | 734 | 840 |
| M | 551 | 694 |
| σ/M | 10,3% | 5,3% |

Tab. 1.

Die Übereinstimmung der korrigierten Meßwerte ist nunmehr beträchtlich besser, so daß die Annahme nahe liegt, daß die Diskrepanzen in den Ergebnissen für $Q_{\text{K-Ar}}$ zum wesentlichen Teil in den benutzten Mittelfunktionen begründet sind.

Danach dürfte die Wahl von $Q_{\text{K-Ar}}$ als Bezugssquerschnitt nicht ungerechtfertigt sein. Für diesen Zweck wird der Wert

$$Q_{\text{K-Ar}} = 655 \text{ Å}^2 \quad (\text{bei } T_{\text{K}} = 500 \text{ °K})$$

vorgeschlagen. Er stellt das gerundete arithmetische Mittel aus vier der Messungen dar. Eine der Messungen⁵ wurde nicht berücksichtigt, da der Wert außerhalb der dreifachen Fehlergrenze des Mittels liegt. Ein systematischer Fehler in der Druckbestimmung könnte die Ursache sein.

Der mittlere Fehler des Bezugssquerschnittes ist nicht ganz einfach abzuschätzen, da über die Fehler der Einzelmessungen keine vollständigen Angaben existieren. Da aber für die Messungen 1 bis 4 der mittlere Fehler des Mittels weniger als 2% beträgt und, wie die Tabelle zeigt, selbst bei Berücksichtigung des ungünstigen Wertes 5 nur auf ca. 5% ansteigt, dürfte die Vermutung gerechtfertigt sein, daß die Abweichung des Wertes $Q_{\text{K-Ar}} = 655 \text{ Å}^2$ vom wahren Wert höchstens von dieser Größe ist.

Eine sorgfältige Nachmessung von $Q_{\text{K-Ar}}$ von verschiedenen Seiten wäre sehr wünschenswert, um die Genauigkeit des Bezugssquerschnittes zu erhöhen.

¹ W. H. MAIS, Phys. Rev. **45**, 773 [1934].
² S. ROSIN u. I. I. RABI, Phys. Rev. **48**, 373 [1935].

³ P. ROSENBERG, Phys. Rev. **55**, 1267 [1939].
⁴ N. SASAKI u. K. KODERA, Mem. Coll. Sci., Univ. Kyoto, Ser. A, **25**, Nr. 2 [1949].

⁵ E. W. ROTHE u. R. B. BERNSTEIN, J. Chem. Phys. **31**, 1619 [1959].
⁶ P. G. TAIT, Trans. Roy. Soc. Edinb. **33**, 74 [1886].

⁷ J. H. JEANS, Dynamical Theory of Gases, Cambridge 1916, S. 271.

⁸ Später wurde ein Stoßradius von 13 Å angegeben, was einem Querschnitt von 530 Å² entspricht. Siehe ROSIN und RABI², Anmerkung auf S. 378.

⁸ K. BERKLING, R. HELBING, K. KRAMER, H. PAULY, CH. SCHLIER u. P. TOSCHEK, Z. Phys. **166**, 406 [1962].



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.