

NOTIZEN

Sekundäre Regenbögen und Interferenzen bei der elastischen Streuung von H^+ an Ar

H. P. WEISE, H. U. MITTMANN, A. DING und A. HENGLIN

Hahn-Meitner-Institut für Kernforschung Berlin,
Sektor Strahlenchemie, Berlin-Wannsee

(Z. Naturforsch. **25 a**, 1154—1155 [1970]; eingegangen am 19. Juni 1970)

Bei der elastischen Streuung von Ionen an Atomen sind primäre Regenbogenmaxima bisher an den Systemen $He^+ - He$ ¹, $Cs^+ - Ar(Kr, N_2)$ ² und $H^+ - Ar$ ³ beobachtet worden. Im letzteren Fall wurden schwache zusätzliche Ondulationen auf der Intensitäts-Streuwinkel-Kurve als sekundäre Regenbögen gedeutet³. Bei der Streuung von neutralen Atomen an Atomen hat man sowohl die sekundären Regenbögen als auch die überlagerten Interferenzen kleiner Periode auflösen können^{4, 5}.

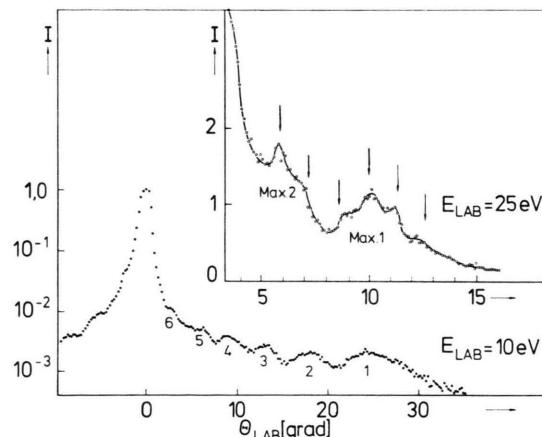


Abb. 1. Intensität der gestreuten H^+ -Ionen in Abhängigkeit vom Streuwinkel bei 10 und 25 eV im Laborsystem (Intensitätsskala logarithmisch bzw. linear. Max 1: primärer Regenbogen; höhere Maxima: sekundäre Regenbögen. Pfeile: überlagerte Interferenzen).

Abb. 1 zeigt die Ergebnisse von Versuchen zur elastischen Streuung von H^+ -Ionen an Argon. Die Intensität ist gegen den Streuwinkel im Laborsystem für zwei Energien der einfallenden Ionen aufgetragen (10 eV: logarithmische Intensitätsskala; 25 eV: lineare Skala). Diese Ergebnisse wurden mit einem H^+ -Strahl von weniger als 1° Divergenz erhalten, der einen Ar-Atomstrahl

¹ D. C. LORENTS u. W. ABERTH, Phys. Rev. **139**, 1017 [1965].
² M. G. MENENDEZ u. S. DATZ, Proc. Intern. Conf. Phys. Electron. At. Collisions, 4th Quebec 1965 [1965].

unter 90° durchsetzte; die Winkelauflösung des Detektors betrug $0,5^\circ$. Man erkennt jeweils neben dem primären Regenbogen (Max. 1) beim Streuwinkel Θ_r die sekundären Regenbögen (Max. 2, 3 usw.). Bei der Kurve mit der linearen Intensitätsskala sind ferner die überlagerten Interferenzen kurzer Periode $\Delta\theta$ (Abstand zwischen zwei Pfeilen) zu erkennen. Diese Interferenzen waren reproduzierbar, Versuche dieser Art wurden bei verschiedenen Energien des einfallenden

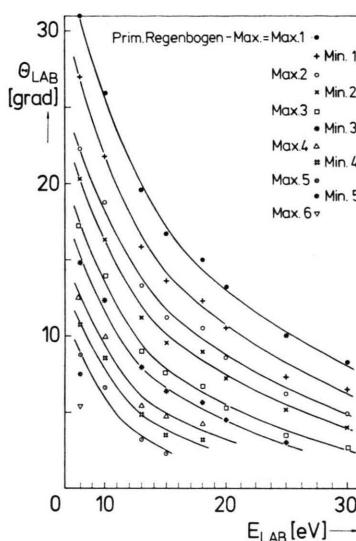


Abb. 2. Abhängigkeit des Winkels im Laborsystem, bei dem die Maxima des primären und des sekundären Regenbogens und die Minima zwischen benachbarten Regenbögen erscheinen, von der Energie der einfallenden H^+ -Ionen (Laborsystem).

H^+ -Ions durchgeführt. Wie Abb. 2 erkennen lässt, nimmt erwartungsgemäß der Winkel, bei dem jeweils das Maximum eines Regenbogens liegt, mit abnehmender Energie zu. Ferner lösten sich mit abnehmender Energie mehr zusätzliche sekundäre Regenbögen aus dem starken Maximum der nicht-gestreuten Ionen in Vorwärtsrichtung ab.

Die Tiefe ε des Potentials zwischen H^+ und Ar wurde aus dem Winkel Θ_r des Maximums des primären Regenbogens errechnet, wobei man Gebrauch von Tabelle für die Funktion $\Theta_r(E_r/\varepsilon)$ machte (E_r = relative kinetische Energie), die unter der Annahme eines Potentials der Form

³ F. A. HERRERO, E. M. NEMETH u. T. L. BAILEY, J. Chem. Phys. **50**, 4591 [1969].
⁴ E. HUNDHAUSEN u. H. PAULY, Z. Phys. **187**, 305 [1965].
⁵ U. BUCK u. H. PAULY, Z. Phys. **208**, 390 [1968].



$$V(r) = \frac{\varepsilon}{2} \left[(1+\gamma) \left(\frac{r_m}{r} \right)^{12} - 4\gamma \left(\frac{r_m}{r} \right)^6 - 3(1-\gamma) \left(\frac{r_m}{r} \right)^4 \right] \quad (1)$$

errechnet waren^{6, 7} (r_m = Ar-H⁺-Abstand beim Potentialminimum; γ = Parameter für den Anteil des r^{-6} -Anziehungspotentials). Die Abhängigkeit von $\Theta_r(E_r)$ nach Abb. 2 spricht dafür, daß $\gamma < 0,5$. Man erhält $\varepsilon = 2,48$ eV in guter Übereinstimmung mit dem von HERRERO et al.³ angegebenen Wert. Er dürfte freilich mit einem systematischen Fehler von etwa 10% behaftet sein, weil die Bestimmung von ε aus der Winkellage des Maximums des klassischen primären Regenbogens einen zu geringen ε -Wert liefert⁴.

Der Winkelabstand $\Delta\theta$ (Schwerpunktsystem) zwischen zwei benachbarten Maxima der überlagerten Interferenzen betrug in Abb. 2 1,14°. Der Gleichgewichtsabstand r_m ergibt sich in guter Näherung zu⁴

$$r_m \approx \lambda/2 \Delta\theta, \quad (2)$$

wobei λ die De Broglie-Wellenlänge des einfallenden Protons ist. Mit $\lambda = 0,58 \cdot 10^{-9}$ cm bei 25 eV Protonenergie errechnete man r_m zu 1,46 Å. Aus Messungen

der überlagerten Interferenzen bei verschiedenen Energien ergab sich als Mittelwert:

$$r_m = 1,49 \text{ Å}.$$

Dieser Abstand ist demnach etwas größer als der Gleichgewichtsabstand von 1,27 Å in der isoelektronischen HCl-Moleköl.

Der Koeffizient des r^{-4} -Gliedes in Gl. (1) ist, falls die Anziehung zwischen dem H⁺-Ion und dem Ar-Atom durch die Ion-induzierte Dipolkraft zustande kommt, gleich

$$e^2 \alpha/2 = \frac{\varepsilon}{2} 3(1-\gamma) r_m^4. \quad (2)$$

Mit $\gamma = 0$ und 0,5 errechnen sich für $\varepsilon = 2,48$ eV und eine Polarisierbarkeit des Ar von $1,645 \cdot 10^{-24}$ cm³ Werte für r_m von 1,34 und 1,59 Å.

Herrn Dipl.-Ing. T. FRIESE danken wir für die wertvolle Unterstützung beim Aufbau der Meßelektronik. Der Deutschen Forschungsgemeinschaft sind wir für finanzielle und personelle Unterstützung zu Dank verbunden.

⁶ E. A. MASON u. J. T. VANDERSLICE, J. Chem. Phys. **31**, 594 [1959].

⁷ G. E. IOUP u. B. S. THOMAS, J. Chem. Phys. **50**, 5009 [1969].

Nuclear Quadrupole Resonance of ¹⁴N in Ethylenimine

TAE-KYU HA

Physikalisch-Chemisches Institut der Universität Zürich
Switzerland

and CHESTER T. O'KONSKI

Department of Chemistry, University of California, Berkeley
Berkeley, California, 94720

(Z. Naturforsch. **25 a**, 1155–1156 [1970]; received May 23 1970)

The nuclear quadrupole resonance (NQR) spectra of ¹⁴N in ethylenimine have been detected at 77 °K. Comparing to the reported microwave experiment on the gaseous state, it is found that the solid state shift in the quadrupole coupling constant is much smaller than that of ammonia.

We would like to report the NQR frequencies and the quadrupole coupling constant of ¹⁴N in polycrystalline ethylenimine, measured at 77 °K. This is a first pure NQR studies for ¹⁴N in any three-membered heterocyclic compound. Ethylenimine used in this work was obtained from Dow Chemical Company. The sample, which is very flammable, is very slowly cooled in

a sealed NQR sample tube to 77 °K. The NQR absorption spectra are detected with a marginal Pound-Knight-Watkins type spectrometer, which is described elsewhere¹. Sine-wave frequency modulation with 500 Hz and a frequency counter were employed along with a tank coil of large diameter (~ 8 cm), through which the saturation effect can be avoided. This is one of the crucial factors in ¹⁴N-spectroscopy for obtaining a better signal to noise ratio with a relatively high oscillation level of the marginal spectrometer. We observed NQR signals at 3.1610 MHz, 3.1600 MHz, 3.1562 MHz, 2.2185 MHz and 2.2070 MHz. The linewidth (distance of the extrema of the derivative) was ~ 1 kHz. We were also able to detect the difference frequencies at 0.942 MHz and 0.938 MHz and they can be assigned as different frequencies of 3.160 → 2.218 MHz and 3.156 → 2.218 MHz. The upper lines (3.161 MHz and 3.160 MHz) were verified further with various phase adjustments of the detection system because of the possibility that these lines might be due to a single broad line. The doublet lines persisted with change of phase of the detection system.

KEMP and FLYGARE² have recently reported the high-resolution microwave spectra of ethylenimine and obtained the diagonal elements of ¹⁴N nuclear quadrupole coupling constants.

¹ C. T. O'KONSKI et al., to be published.

² M. K. KEMP and W. H. FLYGARE, J. Amer. Chem. Soc. **90**, 6267 [1968].