

Hierbei ist  $T$  die Neutronentemperatur und  $\Phi_{\text{th}}/\Phi_{\text{ep}}$  das Verhältnis des thermischen zum epithermischen Neutronenfluß, welche definiert sind durch:  $\Phi_{\text{th}} = n \bar{v}$  und  $\Phi_{\text{ep}} = q/\xi \Sigma_s$  (s. Anm. <sup>3</sup>). Die Graphittemperatur betrug stets etwa 290° K. Die Fehler beziehen sich auf die quadratische Streuung der Meßwerte. Dazu kommt noch ein systematischer Fehler von  $\pm 20^\circ$ , der im wesentlichen auf der Ungenauigkeit der benutzten Wirkungsquerschnitte beruht.

Das Verhältnis  $\Phi_{\text{th}}/\Phi_{\text{ep}}$  wurde in die Tabelle aufgenommen, da es den Grad des thermischen Gleichgewichts angibt. Sieht man nämlich den mit In-Sonden gemessenen epithermischen Fluß als Quelle der thermischen Neutronen an, so ist  $\Phi_{\text{th}}/\Phi_{\text{ep}}$  proportional der effektiven (d. h. durch Ausfluß und Absorption bedingten) Lebensdauer der thermischen Neutronen. Andererseits ist die Abweichung der Neutronentemperatur  $T$  von der Graphittemperatur  $T_0$  auf Grund des unvollständigen thermischen Gleichgewichts etwa umgekehrt proportional der effektiven Lebensdauer, so daß man eine Beziehung

$$\frac{\Phi_{\text{th}}}{\Phi_{\text{ep}}} (T - T_0) \approx \text{const}$$

erwarten sollte.

Zu tiefe Temperaturen mißt man, wenn eine Anreicherung an „kalten“, d. h. nicht mehr kohärent gestreuten Neutronen vorliegt. Die Rechnung ergab, daß der Effekt nur in der unmittelbaren Nähe des Randes von Bedeutung ist und dort die nach der Transmissionsmethode gemessenen Temperaturwerte um 30° bis 60° herabdrücken kann.

Ein Absinken der Neutronentemperatur kann weiterhin dadurch hervorgerufen werden, daß der Ausfluß der

Neutronen ihrer Geschwindigkeit proportional ist. Dieser Effekt ist für die Messung mit gepulsten Neutronenquellen von v. DARDEL abgeschätzt worden <sup>4</sup>. Für den stationären Fall muß die Rechnung etwas abgeändert werden. Dabei ergab sich für die in der Tabelle unter 2, 3 a) und 3 b) angegebenen Messungen eine Temperaturerniedrigung von 10°, 16° und 22°. In den anderen Fällen ist der Effekt geringer.

Bringen wir an den Meßwerten die Korrektur für den „Ausfluß-Kühlungseffekt“ an, so lassen sich alle innerhalb ihrer Fehlergrenzen durch die Beziehung

$$\frac{\Phi_{\text{th}}}{\Phi_{\text{ep}}} (T - T_0) = 1400^\circ \text{ K}$$

darstellen. Da noch die systematischen Fehler hinzukommen und auch die Werte von  $\Phi_{\text{th}}/\Phi_{\text{ep}}$  mit einem Fehler von 10 bis 20 Prozent behaftet sind, kann man aus den Messungen nur die Beziehung

$$\frac{\Phi_{\text{th}}}{\Phi_{\text{ep}}} (T - T_0) = (1400 \pm 500)^\circ \text{ K}$$

herleiten.

Im Kern eines Graphitreaktors ist nach einer Angabe von HUGHES <sup>3</sup>  $\Phi_{\text{th}}/\Phi_{\text{ep}} = 16$ . Dies ergäbe  $T - T_0 = (87 \pm 31)^\circ \text{ K}$ , in guter Übereinstimmung mit den Messungen von ANDERSON, FERMI u. a. <sup>5</sup>, die den Wert  $T - T_0 = 93^\circ$  erhalten. BRANCH mißt im Reaktorkern ein  $T - T_0$  von 140° K, doch liegen seine Temperaturwerte um ca. 50° zu hoch, da er die endliche Dicke der In-Sonden bei der Auswertung nicht berücksichtigt.

Herrn Prof. WIRTZ danke ich für die Anregung zu dieser Arbeit und die fortwährende freundliche Unterstützung.

<sup>3</sup> D. J. HUGHES, Pile Neutron Research, Cambridge, Mass. 1953.

<sup>4</sup> G. F. VON DARDEL, Trans. Roy. Inst. Techn. Nr. 75, Stockholm 1954.

<sup>5</sup> H. L. ANDERSON, E. FERMI, A. WATTENBERG, G. L. WEIL u. W. H. ZINN, Phys. Rev. 72, 16 [1947].

## Das Mikrowellenspektrum des 1,1,1-Trichloräthans

Von WERNER ZEIL

Institut für Physikalische Chemie und Elektrochemie der Technischen Hochschule Karlsruhe

(Z. Naturforsch. 11 a, 677–678 [1956]; eingegangen am 22. Juni 1956)

Im Bereich von 23 500 bis 25 200 MHz wurde das Mikrowellenspektrum des 1,1,1-Trichloräthans untersucht. Die Messungen erfolgten mit Hilfe eines STARK-Effekt-Modulations-Spektrographen, der im hiesigen Institut gebaut worden war. Die Modulation wurde mit einer sinusförmigen Spannung durchgeführt. Das Spektrum wurde oszillographisch beobachtet; als Strahlungsquelle diente ein Reflexklystron 2 K 33, als Empfänger eine Sylvania-Diode 1 N 26. Die Frequenzmessung geschah mittels eines selbstgebauten variablen Hohlraumresonators, der mit den bekannten Absorptionslinien des Ammoniaks und des Methanols geeicht war. Die Frequenzgenauigkeit beträgt etwa  $\pm 10$  MHz.

Beobachtet wurde eine Absorptionslinie bei 23 735 MHz. Die Linie erwies sich als ziemlich breit, selbst bei Drucken von 1/1000 mm Hg, wohl infolge der Quadrupol-Hyperfeinstruktur. Eine Auflösung in die einzelnen Hyperfeinstruktur-Komponenten gelang nicht. Die Linie war sehr schwach; der Absorptionskoeffizient dürfte  $1 - 2 \cdot 10^{-7} \text{ cm}^{-1}$  nicht überschreiten. Sie lag nur wenig über der Nachweisgrenze des verwendeten Spektrographen.

Von der genannten Verbindung vermaßen GHOSH, TRAMBARULO und GORDY <sup>1</sup> eine Absorptionsbande bei 37 955,88 MHz. Sie wurde dem Rotationsübergang  $J = 7 - 8$  zugeordnet. Eine Auflösung der Hyperfeinstruktur gelang auch diesen Autoren nicht. Unter Berücksichtigung dieser Messung wurde die von uns beobachtete Absorptionslinie dem Rotationsübergang  $J = 4 - 5$  zugeordnet. Es resultiert daraus eine Rotationskonstante von 2375,5 MHz und ein Trägheits-

<sup>1</sup> S. N. GHOSH, R. F. TRAMBARULO u. W. GORDY, J. Chem. Phys. 20, 605 [1952].



moment des 1,1,1-Trichloräthans senkrecht zur C—C-Verbindungsline von  $353,44 \cdot 10^{-40} \text{ cm}^2 \text{ g}$ . In Anbetracht der Fehlergrenze der Frequenzmessung ist die Übereinstimmung mit dem Wert  $353,58 \cdot 10^{-40} \text{ cm}^2 \text{ g}$  von GHOSH, TRAMBARULO und GORDY gut.

Die Durchführung der Untersuchungen wurde ermög-

licht durch eine Sachbeihilfe der Deutschen Forschungsgemeinschaft und Mittel aus dem Fonds der Chemie, wofür auch an dieser Stelle gedankt sei. Herrn Professor Dr. PAUL GÜNTHER habe ich zu danken für die großzügige und wohlwollende Förderung dieser Arbeit.

### Neue Spalttechnetium-Isotope (Tc-104)\*

VON J. FLEGENHEIMER und W. SEELMANN-EGGEBERT

Laboratorios de Radioquímica de la Comisión Nacional de la Energía Atómica, Buenos Aires

(Z. Naturforsch. **11 a**, 678 [1956]; eingegangen am 18. November 1955)

Beim Beschuss von Ru mit schnellen Neutronen und beim Beschuss von U mit 28 MeV-Deuteronen bildet sich ein Tc-Isotop<sup>1</sup> mit einer Halbwertszeit von  $3,8 \pm 0,2 \text{ min}$ , für dessen Massenzahl seinerzeit 98 oder 104 vorgeschlagen wurde. Es ist inzwischen mit Hilfe eines Dauermagneten festgestellt worden, daß das 3,8 min-Tc Negatronen aussendet. Die Maximalenergie seiner  $\beta$ -Strahlen wurde ohne magnetisches Ablenkkfeld mittels der Absorptionsmethode zu etwa 2 MeV und der  $Q\beta^-$ -Wert mit einem geeichten Glockenzählrohr zu etwa 4 MeV bestimmt. Mit einem einfachen NaJ-Zähler mit Integraldiskriminator wurden  $\gamma$ -Strahlen bis über 1 MeV beobachtet.

Es war nicht möglich, zu zeigen, daß das 3,8 min-Tc die Muttersubstanz des Ru-103 ist. Im  $\gamma$ -Szintillationspektrometer wurde in der Tc-Fraktion des mit schnellen Neutronen bestrahlten Ru eine  $\gamma$ -Linie bei 473 keV festgestellt, deren Aktivität mit etwa 3,8 min abfällt. Diese  $\gamma$ -Linie entspricht dem ersten angeregten Zustand des Ru-102<sup>2</sup>. Auch in der Tc-Fraktion, welche aus mit Deuteronen bestrahltem Ru erhalten wurde, zeigt sich bei 473 keV ein Abfall von etwa 3,8 min Halbwertszeit. Jedoch ist eine Verunreinigung durch Rh-104 (560 keV) nicht mit absoluter Sicherheit auszuschließen, wie auch nicht die Anwesenheit des Tc-92, welches durch einen Ru( $d, \alpha 2n$ )-Prozeß gebildet werden kann.

Bei der Bestrahlung von Ru mit schnellen Neutronen (bis über 20 MeV) und bei der Spaltung von U mit 28 MeV-Deuteronen wird auch ein Tc-Isotop von 18 min Halbwertszeit gebildet. Die Halbwertszeit wurde mit einem  $\gamma$ -Szintillationszähler und einfachem Diskrimina-

tor, der alle  $\gamma$ -Strahlen unter 1 MeV unterdrückt, gemessen. Die Maximalenergie des 18 min-Tc wurde auf Grund der Reichweite seiner Negatronen in Al zu etwa 3 MeV bestimmt. Je Negatron werden im Durchschnitt zusätzlich 2,5 MeV  $\gamma$ -Quanten emittiert, so daß sein  $Q\beta^-$ -Wert etwa 5 MeV betragen dürfte. Die Energie einiger  $\gamma$ -Strahlen liegt um 1,5 MeV.

Da beide Nuklide auch beim Beschuss von Uran mit Deuteronen unter den Spaltprodukten aufgefunden werden und ihre Spaltausbeute nicht klein ist, wird die Massenzahl 98 und 100 für die beiden Tc-Isotope bereits ausgeschlossen. Eine direkte  $\beta$ -Messung der Tc-Fraktion der Spaltprodukte ergibt eine ungefähre Halbwertszeit von 16 min, während die Halbwertszeit des reinen Tc-101  $14,3 \pm 0,1 \text{ min}$ <sup>3</sup> beträgt. Das 18 min-Tc wird weder beim Beschuss von Mo mit 5–28 MeV-Deuteronen [Mo( $d, xn$ )Tc], noch beim Beschuss von Ru mit 28 MeV-Deuteronen [Ru( $d, \alpha xn$ )Tc], noch beim Beschuss von Mo mit 56 MeV  $\alpha$ -Strahlen [Mo( $\alpha, p xn$ )Tc] erzeugt. Es zerfällt nicht in das bekannte Ru-103 von 40 Tagen Halbwertszeit.

Diese Tatsachen schließen alle Massenzahlen mit Ausnahme von 104 für das 18 min-Tc aus. Die Halbwertszeit von 18 min entspricht jedoch nicht dem Grundzustand des Tc-104. Vermutlich handelt es sich beim 18 min-Tc um ein Negatronen emittierendes Isomer. Auch die Halbwertszeit von 10 min für die Muttersubstanz des Ru-105<sup>4</sup> ist für ein „normales“ Tc-105 zu groß.

Tc-Trennungen aus schnell isoliertem Spalt-Mo zeigen, daß die Muttersubstanzen beider Tc-Isotope eine kürzere Halbwertszeit besitzen müssen als 2,5 min.

Für die Durchführung der Bestrahlung mit dem Synchrozyklotron möchten wir den Herren E. GALLONI und S. MAYO und ihren Mitarbeitern herzlich danken.

Die vollständige Arbeit wird in Kürze in den „Publicaciones de la Comisión Nacional de la Energía Atómica Serie Química“ erscheinen.

\* Überarbeitete Fassung eingesandt am 11. Juni 1956.

<sup>1</sup> J. FLEGENHEIMER u. W. SEELMANN-EGGEBERT, Z. Naturforsch. **9 a**, 806 [1954].

<sup>2</sup> G. M. TEMMER u. N. P. HEYDENBURG, Phys. Rev. **99**, 617 A [1955], mündliche Mitteilung.

<sup>3</sup> D. R. WILES, Phys. Rev. **93**, 181 [1954].

<sup>4</sup> J. FLEGENHEIMER, B. B. BARÓ u. A. MEDINA, Z. Naturforsch. **10 a**, 798 [1955].