

Mikrowellen-Inversionsspektrum des NH_3 -Moleküls

1. Zielsetzung des Versuchs

In diesem Versuch soll das Inversionsspektrum des Ammoniaks aufgenommen werden. Dieses Spektrum fällt in den Bereich der Mikrowellenstrahlung (d. h. einen Wellenlängenbereich von mm bis cm). Mittels Hochfrequenzmessungen ist es möglich, bei etwa 22 GHz mit einer Genauigkeit von besser als 10^{-5} benachbarte Frequenzen mit einem Abstand von 200 kHz zu unterscheiden. Dieses hohe Auflösungsvermögen gestattet es, selbst die Hyperfeinstruktur der Absorptionslinien zu beobachten, die Aufspaltung quantitativ zu bestimmen, und damit Aussagen über die Größe der Quadrupolkopplungskonstanten zu gewinnen.

2. Literatur

Der Praktikumsversuch wurde im Rahmen der Staatsexamensarbeit "Bau und Test einer Apparatur zur Messung des NH_3 -Inversionsspektrums" von Rainer Gross (Email: rainer.gross@stadt.duesseldorf.de) ausführlich dokumentiert. Sie steht in Form einer "pdf"-Datei zur Verfügung. Auf das darin enthaltene ausführliche Literaturverzeichnis sei ausdrücklich verwiesen. Als Auswahl daraus finden Sie folgende Lehrbücher in der Bibliothek:

2.1 G. M. Barrow, "Introduction to molecular spectroscopy" (75 UKL 1419).

2.2 R. Chang, "Basic principles of spectroscopy" (73 UKA 1189).

2.3 R. P. Feynman, R. B. Leighton, and M. Sands, "Lectures on Physics, vol. III: Quantum mechanics" (91 UAP 2203).

2.4 D. J. E. Ingram, "Radio and microwave spectroscopy" (73 ULD 1015).

2.5 C. H. Townes and A. L. Schawlow, "Microwave spectroscopy" (75 ULD 1065).

2.6 A. J. Baden Fuller, "Mikrowellen" (73 YFD 1039, 83 YFD 1039).

2.7 R. E. Collin, "Grundlagen der Mikrowellentechnik" (73 YFD 1089, 83 YFD 1089).

2.8 O. Zinke und H. Brunswig, "Lehrbuch der Hochfrequenztechnik", Bände 1 und 2 (91 YDA 1214(6)-1, 91 YDA 1214(5)-2).

Folgende Fachartikel beschäftigen sich mit dem NH_3 -Inversionsspektrum:

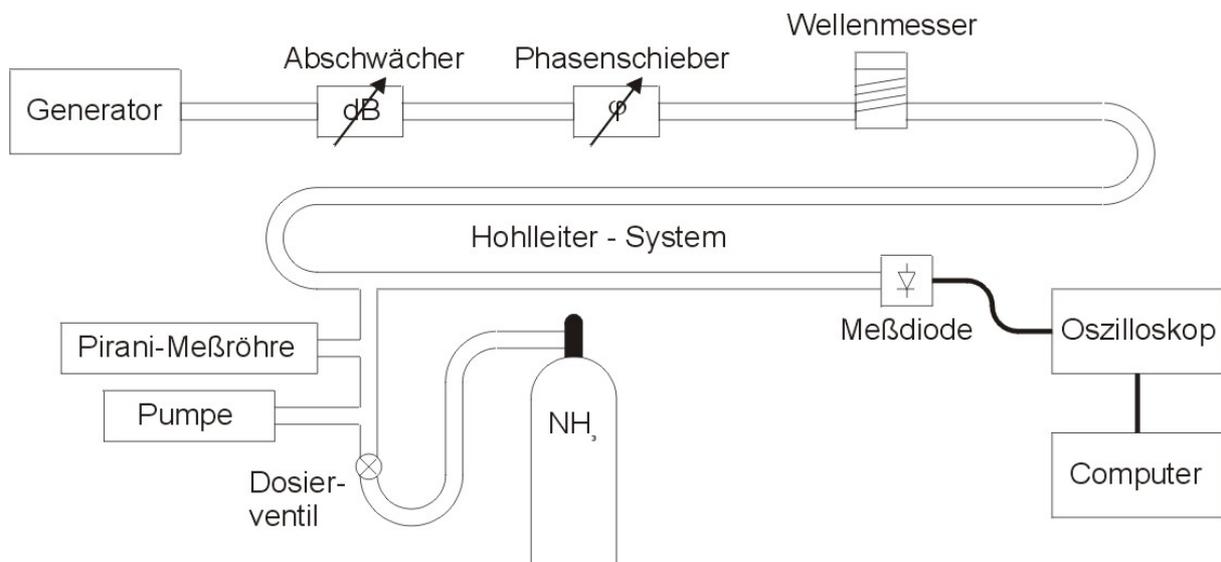
2.9 C. E. Cleeton and N. H. Williams: "Electromagnetic waves of 1.1 cm wavelength and the absorption spectrum of Ammonia", Phys. Rev. **45**, 234 (1934).

2.10 W. E. Good: "The inversion spectrum of Ammonia", Phys. Rev. **70**, 213 (1946).

2.11 W. Gordy and M. Kessler: "Microwave spectra: The hyperfine structure of Ammonia", Phys. Rev. **71**, 640 (1947).

3. Meßprogramm

Die Abbildung gibt den aktuellen Aufbau des Experimentes schematisch wieder. Kernstück bildet der Mikrowellengenerator für den Frequenzbereich zwischen 18 und 26 GHz (K-Band). Mittels Phasenschieber und Abschwächer kann das Untergrundsignal etwas verändert werden, um die gesuchten Absorptionslinien besser identifizieren zu können. Durch einen abstimmbaren kalibrierten Hohlraumresonator ("Wellenmesser") kann ein schmales Frequenzband aus dem Signal herausgefiltert werden, wodurch absolute Frequenzen im Spektrum bestimmt werden können. Zur Leistungsmessung dient eine Spitzendiode, deren quadratische Kennlinie genutzt wird, um über ein Oszilloskop direkt die absorbierte Leistung abzulesen. Der Mikrowellengenerator durchfährt den gewählten Frequenzbereich kontinuierlich von niedrigen zu hohen Frequenzen. Am Oszilloskop wird im y-t-Betrieb die absorbierte Leistung gegen die Verstimm-Zeit, die proportional zur Frequenz ist, aufgetragen. Über eine serielle Schnittstelle ist das Oszilloskop mit einem PC verbunden, der eine weiterführende Darstellung und Analyse der Daten ermöglicht. Das Hohlleitersystem wird mit Hilfe einer Drehschieberpumpe evakuiert. Gleichzeitig wird ein feiner Gasstrom von NH_3 kontinuierlich durch ein Feindosierventil eingeleitet, mit Hilfe dessen ein beliebiger Druck nahezu konstant eingestellt werden kann. Die Druckmessung erfolgt über eine Pirani-Meßröhre mit einem digitalen Meßgerät.



Weitere Angaben zu Vorbereitung und Durchführung des Versuchs finden sich in Kap. 4 und Kap. 5 der Staatsexamensarbeit.

Das Meßprogramm umfaßt im einzelnen:

3.1 Identifizierung der Linien und Messung der Absorption

Im ersten Versuchsteil werden alle 39 theoretisch erwarteten Linien gesucht, wobei allerdings einige im Experiment schwer zu beobachten sind. Frequenz und, wenn möglich, Absorption der Linien sollen bestimmt werden. Während dieses Versuchs sollte der Druck konstant im Bereich von 10 Pa (10^{-1} mbar) gehalten werden. Die Frequenzmessung erfolgt mit Hilfe des Wellenmessers am Oszilloskop: die Mittenfrequenz des Wellenmessers wird mit der Linie in Deckung gebracht und die Frequenz abgelesen. Der Fehler des Wellenmessers beträgt für absolute Frequenzen 0.11 %, woraus eine Frequenzunschärfe von etwa 20 MHz resultiert. Die Ergebnisse sollen graphisch dargestellt und mit der theoretischen Erwartung verglichen werden. Abweichungen sind zu diskutieren.

3.2 Hyperfeinstruktur (HFS) und Bestimmung der Quadrupolkonstanten.

Im zweiten Teil des Experimentes soll die Hyperfeinstruktur der Absorptionslinien ausführlicher untersucht werden. Die Aufspaltung ist bei mindestens vier Linien gut zu beobachten (J,K = 2,2; 3,3; 4,4; 6,6). Dabei sollte der Gasdruck so eingestellt werden, daß einerseits die HFS-Trabanten leicht erkennbar sind und andererseits die Linienbreite der Hauptlinie noch so klein ist, daß sie mit ihren Flanken die Trabanten nicht überlagert. Jeweils mindestens ein Bild der HFS-Trabanten sollte mit dem Speicheroszilloskop aufgenommen und auf dem PC abgespeichert werden. Es ist zumeist zweckmäßig, den Untergrund des Signals durch eine entsprechende Anpassungsfunktion numerisch zu kompensieren. Durch eine Kalibrierung der Frequenzachse mit Hilfe des Wellenmessers kann der Abstand der Trabanten von der Hauptlinie quantitativ bestimmt werden. Aus den Daten der Hyperfeinstruktur soll dann die Quadrupolkonstante bestimmt werden. Diskutieren Sie Ihre Ergebnisse und Beobachtungen.

3.3 Untersuchung der Druckabhängigkeit der Linienbreite.

Im letzten Versuchsteil soll die Druckabhängigkeit der Linienbreite untersucht werden. Dazu wird eine Linie (z.B. J,K = 2,2) ausgewählt und bei verschiedenen Drücken vermessen. Expecten Sie unterschiedliche Ergebnisse für unterschiedliche Linien? Überprüfen Sie gegebenenfalls Ihre Erwartung. Die Aufnahme der Meßkurven erfolgt wiederum über das Oszilloskop, die weitere Auswertung anhand der abgespeicherten Daten. Auch hier ist eine numerische Kompensation des Signal-Untergrunds sinnvoll. Die Ergebnisse sollen graphisch dargestellt und ausführlich diskutiert werden.