



AUFGABEN

- Nachweis der Kernspinresonanz an Glycerin, Polystyrol und Teflon.
- Bestimmung der Resonanzfrequenzen bei festem Magnetfeld.
- Vergleich mit den g -Faktoren von ^1H - und ^{19}F -Kernen.

ZIEL

Nachweis und Vergleich der Kernspinresonanz an Glycerin, Polystyrol und Teflon.

ZUSAMMENFASSUNG

Die Kernspinresonanz (NMR) basiert auf der Energieabsorption durch Stoffe mit einem Kernmagnetismus, die sich in einem externen magnetischen Gleichfeld befinden. Die Energie wird einem hochfrequenten Wechselfeld entnommen, das senkrecht zum Gleichfeld eingestrahlt wird. Entspricht die Frequenz des Wechselfeldes der Resonanzfrequenz, ändert sich resonanzartig die Impedanz der mit dem Stoff gefüllten Sendespule und auf dem Oszilloskop wird ein Ausschlag beobachtbar. Geeignete Stoffe hierfür sind Glycerin, Polystyrol und Teflon, bei denen das magnetische Moment des ^1H - bzw. des ^{19}F -Kerns genutzt wird.

BENÖTIGTE GERÄTE

Anzahl	Geräte	Art.-Nr.
1	ESR/NMR Basissatz (230 V, 50/60 Hz)	1000638 oder
	ESR/NMR Basissatz (115 V, 50/60 Hz)	1000637
1	NMR Ergänzungssatz	1000642
1	Analog-Oszilloskop 2x30 MHz	1002727
2	HF-Kabel	1002746

3

ALLGEMEINE GRUNDLAGEN

Die Kernspinresonanz (NMR) basiert auf der Energieabsorption durch Stoffe mit Kernmagnetismus, die sich in einem externen magnetischen Gleichfeld befinden. Die Energie wird einem hochfrequenten Wechselfeld entnommen, das senkrecht zum Gleichfeld eingestrahlt wird. Entspricht die Frequenz des Wechselfeldes der Resonanzfrequenz, ändert sich resonanzartig die Impedanz der mit dem Stoff gefüllten Sendespule und auf dem Oszilloskop wird ein Ausschlag beobachtbar. Ursache für die Resonanzabsorption ist ein Übergang zwischen den Energiezuständen des magnetischen Moments des Kerns im Magnetfeld. Die Resonanzfrequenz ist abhängig von der Stärke des Gleichfeldes, die Breite des Resonanzsignals von dessen Homogenität.

Das magnetische Moment eines Kerns mit Kernspin I nimmt im Magnetfeld B die diskreten Zustände

$$(1) \quad E_m = -g_i \cdot \mu_k \cdot m \cdot B, \quad m = -I, -I + 1, \dots, I$$

$$\mu_k = 5,051 \cdot 10^{-27} \frac{\text{J}}{\text{T}}: \text{Kernmagneton}$$

g_i : g -Faktor des Atomkerns

ein. Der Abstand zwischen zwei Niveaus beträgt somit

$$(2) \quad \Delta E = g_i \cdot \mu_k \cdot B$$

Wenn die Energiezustände die Resonanzbedingung erfüllen, regt ein senkrecht zum Magnetfeld angelegtes Magnetfeld mit der Frequenz f Übergänge zwischen den benachbarten Energiezuständen an. Resonanz ist genau dann erreicht, wenn die Frequenz f des eingestrahelten Wechselfeldes die Bedingung

$$(3) \quad h \cdot f = \Delta E, \\ h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ Js} : \text{Planck'sche Konstante}$$

erfüllt.

Im Experiment wird die Kernspinresonanz an Glycerin, Polystyrol und Teflon nachgewiesen, zu der bei Glycerin und Polystyrol das Isotop ^1H und bei Teflon das Isotop ^{19}F beiträgt. Das magnetische Gleichfeld wird zum größten Teil durch einen Permanentmagneten erzeugt. Hinzu addiert wird das sägezahnförmig zwischen Null und dem Maximalwert verlaufende Magnetfeld eines Helmholtz-Spulenpaares. Nun wird die Frequenz f gesucht, bei der Resonanzabsorption in einem vorgewählten Magnetfeld stattfindet, das der Einfachheit halber der Mitte des Sägezahns entspricht.

AUSWERTUNG

Die g -Faktoren der beteiligten Kerne betragen laut Literatur: $g_i(^1\text{H}) = 5,5869$ und $g_i(^{19}\text{F}) = 5,255$.

Aus (2) und (3) folgt für die Resonanzfrequenz f in einem Magnetfeld B .

$$f = g_i \cdot \frac{\mu_k}{h} \cdot B$$

Die Resonanzfrequenzen für verschiedene Kerne im gleichen Magnetfeld stehen daher im gleichen Verhältnis wie die g -Faktoren:

$$\frac{f(^{19}\text{F})}{f(^1\text{H})} = \frac{g_i(^{19}\text{F})}{g_i(^1\text{H})} = 94\%$$

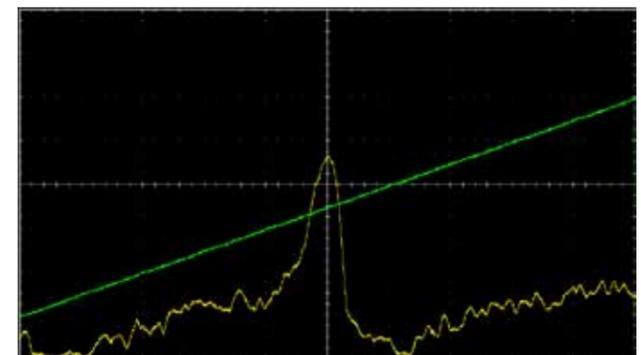


Abb. 1 Kernspinresonanz an Glycerin ($f = 12,854 \text{ MHz}$)

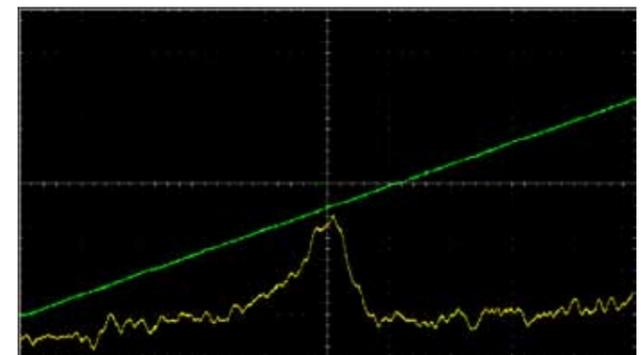


Abb. 2 Kernspinresonanz an Polystyrol ($f = 12,854 \text{ MHz}$)

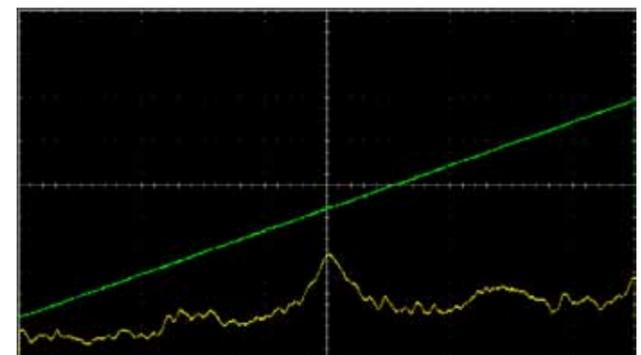


Abb. 3 Kernspinresonanz an Teflon ($f = 12,1 \text{ MHz}$)