

La relaxation des protons dans un cristal antiferromagnétique

Autor(en): **Hardeman, G.-E.-G. / Poulis, N.-J.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Archives des sciences [1948-1980]**

Band (Jahr): **9 (1956)**

Heft 5: **Colloque Ampère**

PDF erstellt am: **14.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-739034>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

La relaxation des protons dans un cristal antiferromagnétique

Par G.-E.-G. HARDEMAN et N.-J. POULIS.

En dessous de 4.33 °K, le monocristal de $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ devient antiferromagnétique et les aimantations des ions de cuivre sont orientées antiparallèlement. Si ce monocristal est placé dans un champ magnétique extérieur, \vec{H}_0 , les protons dans l'eau de cristallisation sont soumis à un champ \vec{H}_l qui est la résultante du champ \vec{H}_0 et du champ \vec{H}_i dû aux ions de cuivre. La fréquence de résonance est donnée par:

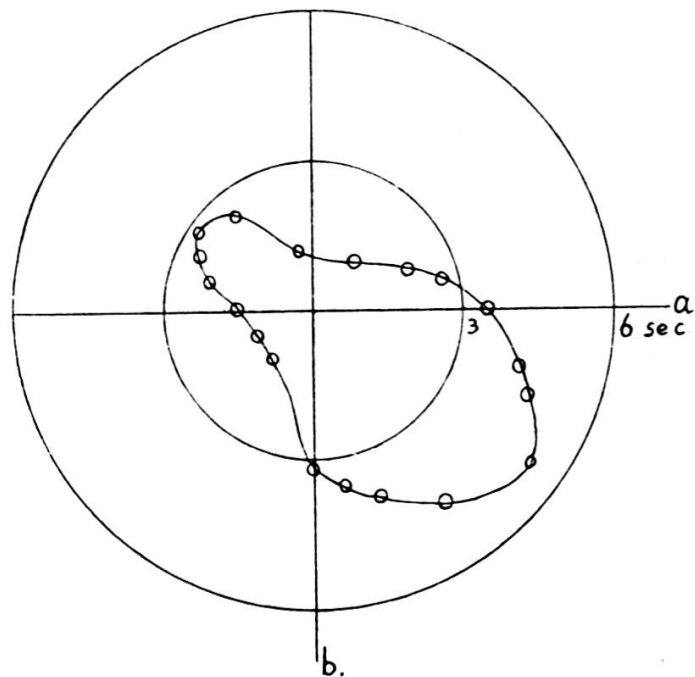
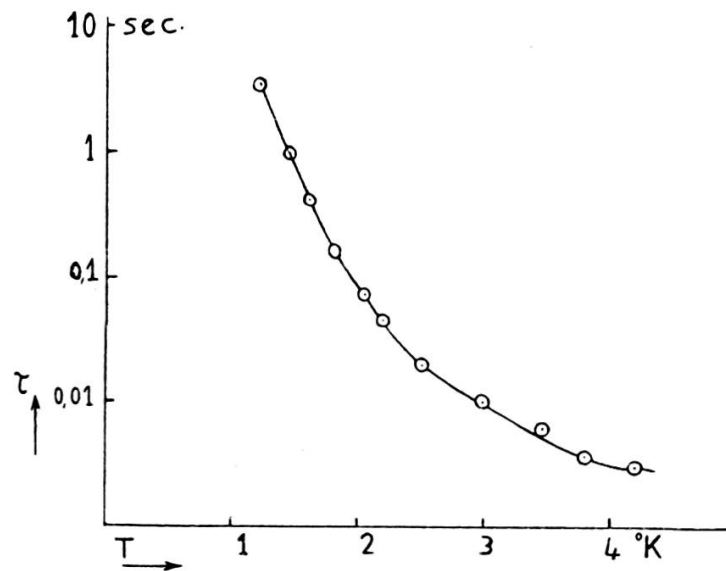
$$\nu = \frac{\gamma}{2\pi} |\vec{H}_l| = \frac{\gamma}{2\pi} |\vec{H}_0 + \vec{H}_i| \quad (1)$$

Les molécules d'eau dans le réseau du cristal sont équivalentes. Dans l'état paramagnétique on peut trouver quatre fréquences de résonance, en effet deux fréquences pour chaque proton à cause de l'interaction magnétique des protons dans les molécules d'eau. Dans l'état antiferromagnétique le cristal est divisé en deux sous-réseaux aux aimantations antiparallèles et huit fréquences de résonance sont observées.

Dans l'état antiferromagnétique, le temps de la relaxation τ des protons a été mesuré pour une des huit lignes de résonance respectivement en fonction de la température pour une direction constante de \vec{H}_0 (fig. 1) [1] et en fonction de la direction de \vec{H}_0 pour une température constante (fig. 2). Une fréquence constante de 6.740 MHz était appliquée et l'intensité de \vec{H}_0 fut réglée afin d'obtenir une valeur constante de H_l .

Les déterminations des temps de la relaxation au-dessous d'une seconde ont été exécutées selon la méthode de saturation de Bloembergen, Purcell et Pound utilisant un pont à haute fréquence. Une bobine contenant le cristal est placée directement dans l'Hélium liquide et fait partie d'un pont. La fréquence de 6.740 MHz est obtenue au moyen d'un oscillateur à cristal. Le signal du pont est amplifié par un amplificateur à un bruit de fond faible.

Les temps de la relaxation au-dessus d'une seconde furent mesurés directement par l'observation de l'augmentation progressive du signal d'absorption après la saturation.



Pour interpréter ces phénomènes, nous avons fait des calculs basés sur une hypothèse concernant les variations dans le temps du moment magnétique des spins de cuivre. La relaxation due au mouvement thermique du réseau est négligeable, et il en est de même pour l'interaction proton-

proton. Quant à la dépendance de la température nous, avons dérivé une relation entre τ et l'aimantation moyenne des ions de cuivre:

$$\tau = \frac{C}{H_{i0}'^2} \left(\frac{I_0^2}{I_0^2 - \langle I \rangle^2} \right)^2 \quad (2)$$

H_{i0}' est le composant de \vec{H}_i perpendiculaire à \vec{H}_t pour $T = 0$. $\langle I \rangle$ est l'aimantation moyenne des ions de cuivre; I_0 la valeur de la saturation de $\langle I \rangle$ (à $T = 0$).

En supposant que C est une constante, la dépendance de τ prescrite par la formule (2) est en accord avec le résultat des expériences pour $T < 2.5$ °K.

Le résultat expérimental sur le $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ainsi que la formule (2) indiquent que l'impossibilité de trouver la résonance nucléaire des ^{19}F dans le cristal antiferromagnétique de MnF_2 aux températures de l'hydrogène et de l'hélium liquides soit causée par une grande valeur de τ , contraire à l'interprétation antérieure que τ soit de l'ordre de 10^{-6} sec. [2].

Parce que le composant de \vec{H}_i perpendiculaire à \vec{H}_t dépend de la direction de \vec{H}_0 on peut s'attendre à une dépendance de τ de cette direction. La dépendance de τ de la direction de \vec{H}_0 a été mesurée pour $T = 1.2$ °K et $T = 1$ °K, \vec{H}_0 tournant dans le plan ab du cristal.

Suivant la formule (2) on peut calculer H_{i0}' en fonction de la direction de \vec{H}_0 . Il se trouve que les aimantations antiparallèles des ions de cuivre sont orientées le long de l'axe a , presque indépendant de \vec{H}_0 . Alors \vec{H}_i peut être considéré comme indépendant de \vec{H}_0 , mais évidemment comme proportionnel à l'aimantation moyenne des ions de cuivre. La direction et l'intensité de \vec{H}_i ont été déduites de la valeur absolue du champ \vec{H}_0 de résonance en fonction de la direction de \vec{H}_0 en tenant la fréquence constante.

La formule (2) est basée sur la supposition que tous les spins cuivriques dans l'entourage immédiat de chaque proton échangent leurs orientations simultanément et plusieurs fois par seconde. D'après ce calcul on obtient une dépendance théorique de τ de la direction de \vec{H}_0 plus prononcée que la dépendance trouvée dans les expériences. Si nous supposons que les spins cuivriques changent leurs directions indépendamment l'un de l'autre, on obtient une dépendance théorique de τ qui est moins prononcée que la dépendance expérimentale.

Dans les deux cas, les angles de \vec{H}_0 pour lesquels la valeur de τ atteint un extrême sont en accord avec l'expérience.

Il semble donc que le couplage entre les orientations des spins voisins a un caractère intermédiaire.

1. HARDEMAN, G. E. G., POULIS, N. J. et LUGT, W. v. d., *Physica*, 22 (1956), 48.
 2. BLOEMBERGEN, N. et POULIS, N. J., *Physica*, 16 (1950), 915.
-