Zeitschrift: Archives des sciences [1948-1980]
Herausgeber: Société de Physique et d'Histoire Naturelle de Genève
Band: 9 (1956)
Heft: 5: Colloque Ampère

Artikel: La relaxation des protons dans un cristal antiferromagnétique
Autor: Hardeman, G.-E.-G. / Poulis, N.-J.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-739034

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 16.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

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 $CuCl_2.2H_2O$ 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:

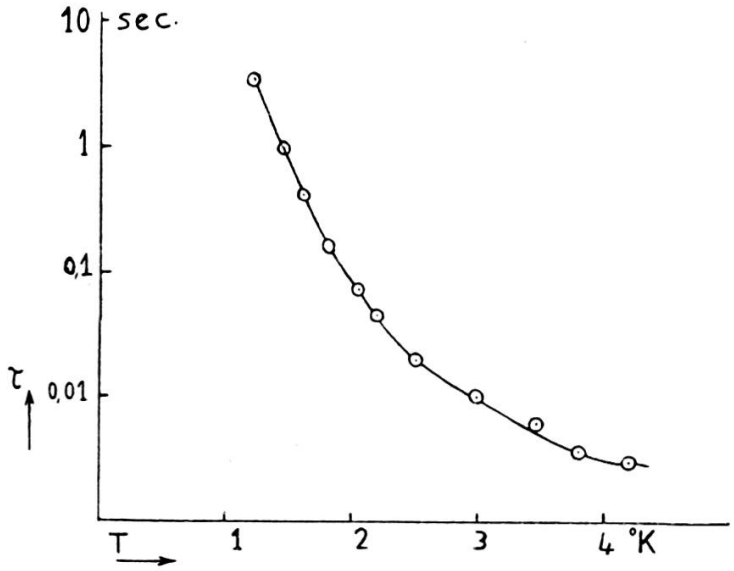
$$\nu = \frac{\gamma}{2\pi} \left| \vec{H}_l \right| = \frac{\gamma}{2\pi} \left| \vec{H}_0 + \vec{H}_i \right| \qquad (1)$$

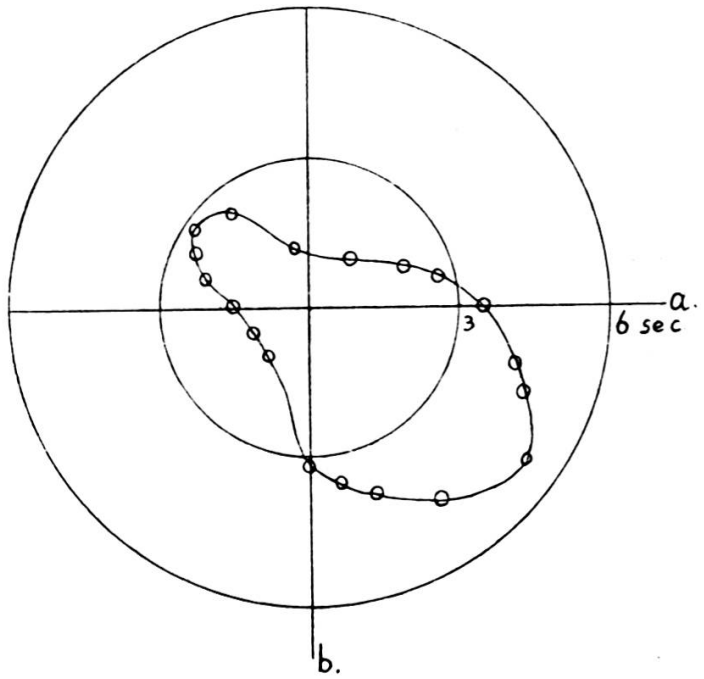
Les molécules d'eau dans le réseau du cristal sont équivalentes. Dans l'état paramagnétique on peut trouver quatre fréquences de résonance, en effet deux fréquences pour chaque proton à cause de l'interaction magnétique des protons dans les molécules d'eau. Dans l'état antiferromagnétique le cristal 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:

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

H'_{i0} est le composant de $\vec{H}_i$ perpendiculaire à $\vec{H}_l$ 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 $CuCl_2.2H_2O$ 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 $\vec{H}_l$ 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.