Zeitschrift: Helvetica Physica Acta

Band: 34 (1961)

Heft: [6]: Supplementum 6. Proceedings of the International Symposium on polarization phenomena of nucleons

Artikel: Polarisation dynamique de noyaux

Autor: Borghini, M. / Abragam, A.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-513265

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: 12.12.2025

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

Polarisation dynamique de noyaux

Par M. Borghini et A. Abragam, Centre d'études nucléaires de Saclay

Nous avons utilisé la méthode dite de «l'effet solide» pour polariser des spins nucléaires. L'échantillon contient à la fois les spins nucléaires à polariser I et des spins électroniques libres S, généralement en faible concentration. Nous supposons $I = S = 1/2$. On applique à l'échantillon un champ magnétique constant H_0 et un champ de radiofréquence H_1, perpendiculaire à H_0, de fréquence $\Omega = \omega_e \pm \omega_n$, où $\omega_e = \gamma_e H_0$ et $\omega_n = \gamma_n H_0$ sont les fréquences de Larmor électronique et nucléaire. On montre [1][1]) que dans ces conditions la polarisation dynamique nucléaire $\langle I_z \rangle / I$ peut être considérablement accrue, jusqu'à une valeur théorique maximum égale à plus ou moins la polarisation électronique correspondant à l'équilibre thermodynamique $\langle S_z \rangle_0 / S$. (La généralisation aux cas où I ou S sont différents de 1/2 se fait sans difficulté).

Soient T_e et T_n les temps de relaxation électronique et nucléaire, N_e et N_n les concentrations en spins électroniques et nucléaires, $\Delta\omega_e$ la largeur de la raie électronique, W la probabilité d'un renversement simultané électron-noyau induite par le champ de radiofréquence H_1. La polarisation maximum est obtenue si les inégalités suivantes sont satisfaites:

$$\Delta\omega_e \ll \omega_n , \tag{1}$$

$$\frac{1}{T_n} \ll W \ll \frac{N_e}{N_n} \frac{1}{T_e} . \tag{2}$$

La première inégalité (2) exprime que la transition de radiofréquence court-circuite la relaxation nucléaire, et la seconde qu'elle est négligeable par rapport à la relaxation électronique.

Si (1) est satisfaite, mais non (2), la polarisation dynamique nucléaire est donnée par:

$$\frac{\langle I_z \rangle}{I} = \frac{\langle S_z \rangle_0}{S} \frac{W\, T_n}{1 + \left(1 + \frac{N_n}{N_e} \frac{T_e}{T_n}\right) W\, T_n} \tag{3}$$

ou encore, si $\qquad T_e' = \frac{N_n}{N_e} T_e$:

[1]) Les chiffres entre crochets renvoient à la bibliographie, page 145.

$$\frac{\langle I_z \rangle}{I} = \frac{\langle S_z \rangle_0}{S} \frac{W\,T_n}{1 + W\,(T_n + T'_e)} \,.$$

Résultats expérimentaux

Les conditions expérimentales sont les suivantes: $\Omega = 33500$ MHz; $H_0 = 12000$ à 14000 Oe; température: 1,5° K. On a alors: $\langle S_z \rangle_0 / S = 50\%$.

La polarisation des noyaux est mesurée par l'amplitude du signal de résonance magnétique nucléaire; le spectromètre est un pont dont la bobine de self-inductance est disposée, près des parois de la cavité, autour de l'échantillon.

Dans des échantillons de polystyrène contenant un radical paramagnétique dissous (DPPH), nous avons obtenu dans les meilleures conditions un accroissement de la polarisation nucléaire par un facteur 60, c'est-à-dire une polarisation absolue des protons de $\pm$ 5%, suivant que $\Omega = \omega_e \pm \omega_n$.

Dans des échantillons de FLi irradiés par des neutrons thermiques, nous avons obtenu un accroissement de la polarisation nucléaire par un facteur 75, soit une polarisation absolue des noyaux de fluor de $\pm$ 6%.

Dans un monocristal de $La_2Mg_3(NO_3)_{12}$, 24 H_2O contenant 0,1% de cérium [2], nous avons obtenu, dans un champ de 13700 Oe, un accroissement par un facteur 200 de la polarisation des protons, c'est-à-dire une polarisation absolue de $\pm$ 19%.

Indiquons que la densité en protons de cet échantillon est environ les 2/3 de celle de la glace, et que l'échantillon de $0{,}5 \times 1 \times 4$ mm contient $8 \cdot 10^{19}$ protons.

Les figures 1 montrent les signaux de dispersion de la résonance des protons: 1a) sans irradiation à la fréquence Ω; 1b) avec irradiation.

Dans cet échantillon où l'on a $N_n/N_e = 24000$, nous avons mesuré $T_n = 360$ s, $T_e = 8 \cdot 10^{-3}$ s. De la valeur expérimentale: $\langle I_z \rangle / \langle S_z \rangle_0 = 0.38$, on tire par (3): $W T_n \cong 1$.

Nous avons également mesuré le temps de polarisation t qui exprime le taux de croissance de $\langle I_z \rangle$ en présence de la radiofréquence. Théoriquement t est donné par la formule

$$\frac{1}{t} = \frac{1}{T_n} + \frac{W}{1 + W T'_e} \qquad \text{ou} \qquad 1 - \frac{t}{T_n} = \frac{\langle I_z \rangle}{\langle S_z \rangle_0} \,. \tag{4}$$

Avec les valeurs précédentes des paramètres on trouve par (4): t = 220 s. La valeur mesurée est 180 s.

La probabilité de transition croît avec la puissance de radiofréquence d'une façon complexe due à différents phénomènes comme la diffusion de spin, etc., dont l'étude sera précisée dans une autre publication.

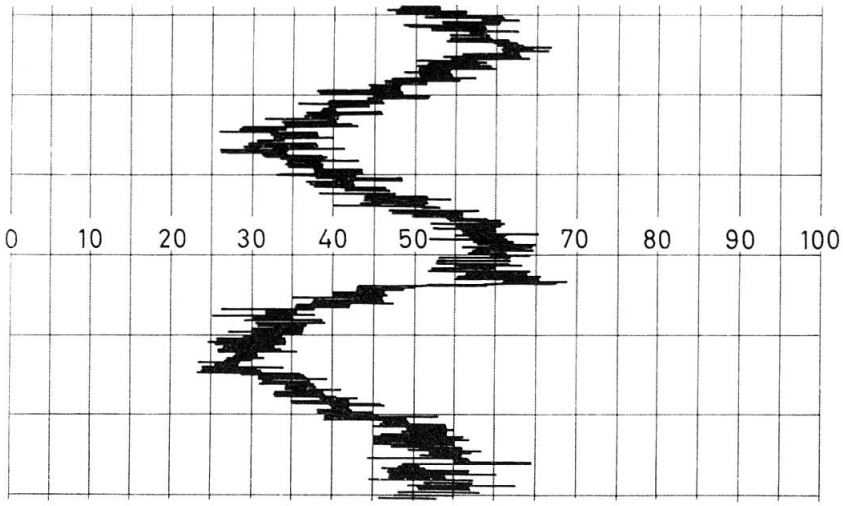

Figure 1a

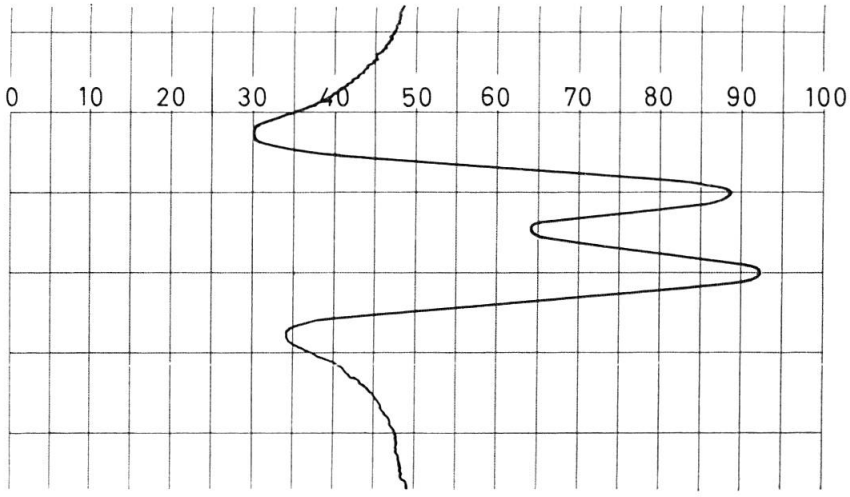

Figure 1b

Des études sont en cours pour permettre à l'échantillon polarisé de servir de cible à un cyclotron, et pour étendre cette méthode à d'autres noyaux, en particulier à des noyaux lourds, en conjonction avec des neutrons lents polarisés.

Ces résultats n'ont pu être obtenus qu'avec la collaboration de toute l'équipe de résonance magnétique de Saclay et plus particulièrement M.M. Ryter, Winter et Combrisson.

RÉFÉRENCES

[1] A. Abragam et W. G. Proctor, *Comptes Rendus*, 246 (1958), p. 2253.
[2] Nous remercions le Professeur C. D. Jeffries qui nous a suggéré l'emploi de cette substance.