

A FIRST ORDER TRANSITION IN EUROPIUM METAL

R. L. COHEN, S. HUFNER and K. W. WEST

Bell Telephone Laboratories, Murray Hill

RÉSUMÉ

Nous avons utilisé l'effet Mössbauer pour étudier en détail le comportement de l'interaction hyperfine (h. f.) pour le métal d'Europium près de la température d'ordre magnétique. L'amplitude de l'interaction magnétique hf étant essentiellement proportionnelle à l'aimantation du sous-réseau, nous avons mesuré la variation thermique de l'aimantation du sous-réseau dans un champ extérieur nul (la structure magnétique est en « spirale aplatie »). Les expériences montrent qu'à 88,6 °K, l'aimantation présente une discontinuité; l'aimantation varie entre 0,4 fois sa valeur à la saturation jusqu'à zéro. Les mesures du déplacement isomère entraîne sans équivoque, que les ions d'Europium sont dans l'état de valence $2+(8S_{7/2})$ à toutes températures. Nous attribuons la disparition du champ hf à une transition de phase du premier ordre coïncidant avec la transition d'ordre magnétique, ceci n'avait jamais été observé. Des mesures récentes de chaleur spécifique justifient cette conclusion. A la transition apparaît une faible distorsion cristallographique (à partir de la structure bcc existant au-dessus de la température d'ordre), due à la magnétostriction. Nous avons aussi effectué les mesures de la dilatation thermique pour un échantillon polycristallin massif. Les résultats de ces mesures peuvent être reliés aux expériences déjà publiés sur les mesures de chaleur spécifique et sur les mesures à haute pression. Ceci permet de donner une explication au comportement anormal de la température d'ordre avec la pression. Finalement, la variation thermique de l'aimantation du sous-réseau, juste au-dessous de la transition, est analysée selon les théories de points critiques.

ABSTRACT

We have used the Mössbauer effect to study in detail the behavior of the hyperfine (hf) interaction in clean Eu metal near the magnetic ordering temperature. Since the size of the magnetic hf interaction is essentially proportional to the sublattice magnetization, we have thereby accurately measured the temperature dependence of the sublattice magnetization (the magnetic structure is "flat spiral") at zero applied field. The experiments show that at 88.6 °K, the magnetization falls discontinuously from 0.4 of the saturation value to zero. Isomer shift measurements establish unequivocally that the Eu ions are in the $2+(8S_{7/2})$ valence state at all temperatures. We attribute the disappearance of the hf field to a previously unrecognized first order phase transition coincident with the magnetic ordering. Recent specific heat measurements support this conclusion. The transition appears to involve a small crystallographic distortion (from the bcc structure existing above the ordering temperature) due to magnetostriction. We have also performed thermal expansion measurements on a bulk polycrystalline sample. Results of those measurements can be related to previously published specific heat and high-pressure experiments. This leads to an explanation for the reported anomalous behavior of the ordering temperature with pressure. Finally, the temperature dependence of the sublattice magnetization just below the transition is analyzed in terms of critical point theory.

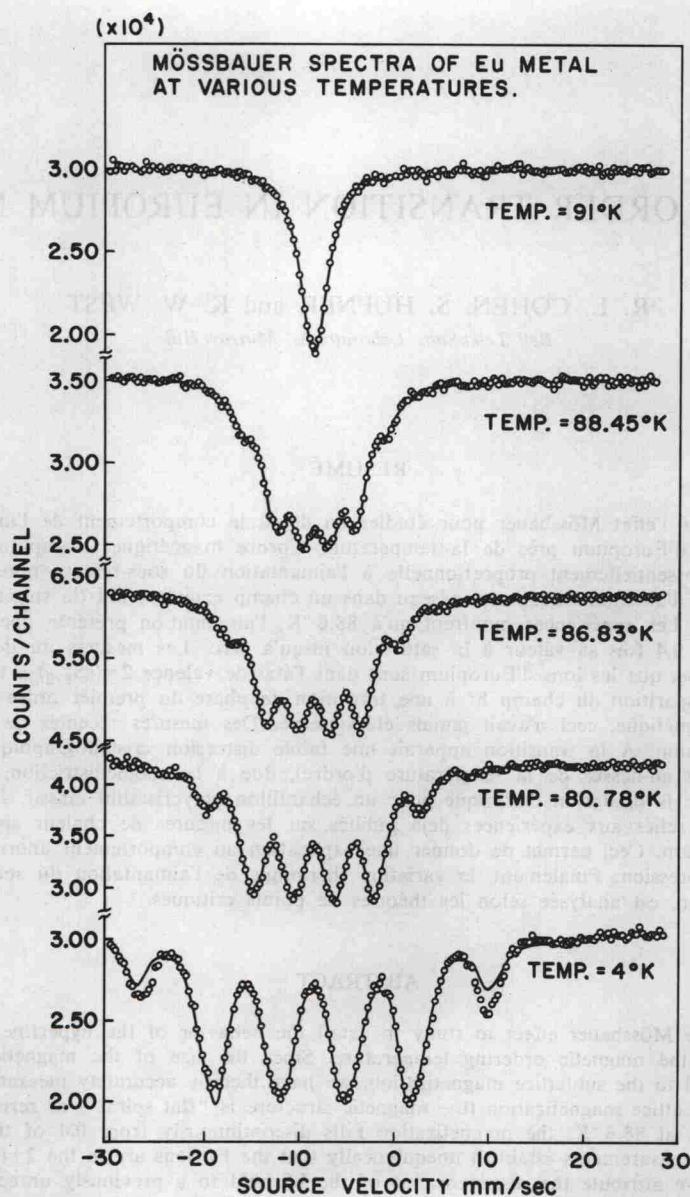


FIG. 1. — Spectra of Eu metal above and below T_c . The hfs below the ordering temperature is directly displayed and is proportional to the observed splitting. Each spectrum consists of 18 lines, not all of which are resolved. The solid line is the best fit to the observed points, using line positions and intensities constrained using the known properties of the Eu hf spectrum. The internal field is determined with a precision of about 0.1-0.2% (1σ error limits). The differences between the data and least-squares curve (visible especially in the 5° data) result primarily from the fact that the absorber is so thick that saturation effects are significant, and the thin-absorber line intensities used for the theoretical curve are not exactly valid.

The magnetic ordering transition occurring in Eu metal at approximately 89 °K has been studied for many years by neutron diffraction [1], specific heat [2], Mössbauer effect [3, 4] and X-ray diffraction techniques [5]. The results have always been interpreted in terms of a normal