

**Zeitschrift:** Helvetica Physica Acta

**Band:** 41 (1968)

**Heft:** 6-7

**Artikel:**

**Autor:** , ..

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-113912>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **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. [Voir Informations légales.](#)

### **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. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 18.03.2025

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

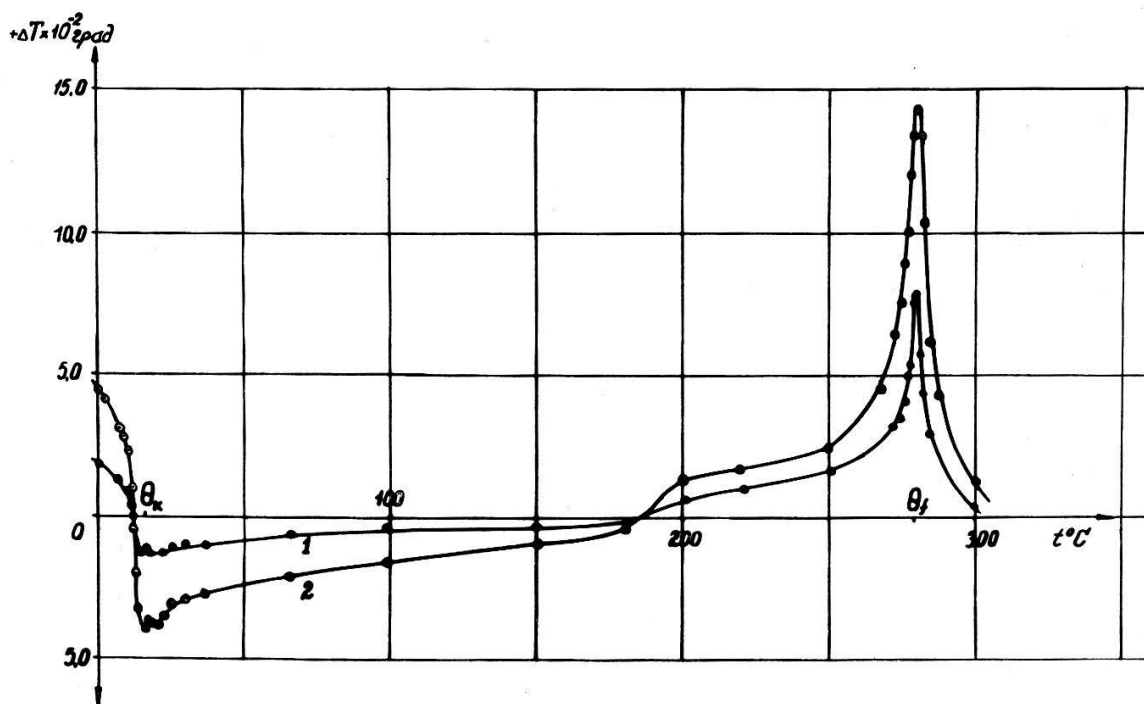
## К интерпретации аномальных знаков магнетокалорического и гальваномагнитного эффектов в ферритах в районе точки компенсации

од К. П. Белов

Московский университет им. М. В. Ломоносова

(14. 5. 68)

В нашей лаборатории было обнаружено, что в феррите-гранате Gd магнитокалорический эффект —  $\Delta T$  в зависимости от температуры изменяется весьма сложным образом. На рис. 1 по данным изререний Е. Б. Талаевой и Л. А. Черниковой приведена зависимость эффекта  $\Delta T$  от температуры для указанного феррита. Видно, что в области температуры Кюри- $\Theta_f$  имеется характерный положительный максимум  $\Delta T$ , обусловленный парапроцессом. Далее видно, что при понижении температуры знак  $\Delta T$  становится отрицательным, вплоть до температуры компенсации- $\Theta_K$ , после прохождения которой знак  $\Delta T$  снова становится положительным.



Фигура 1. Магнитокалорический эффект в феррите-гранате гадолиния  $Gd_3Fe_5O_{12}$ ; 1—6,6 kOe, 2—16 kOe.

Таким образом, в некотором интервале температур выше  $\Theta_K$  при адиабатическом включении поля происходит не нагревание, что обычно имеет место в ферромагнетиках при парапроцессе (Ni, Fe), а охлаждение образца.

Возникновение аномального знака магнетокалорического эффекта в исследуемом феррите-гранате в области  $\Theta_K < T < \Theta_f$ , по нашему мнению, объясняется следующей причиной.

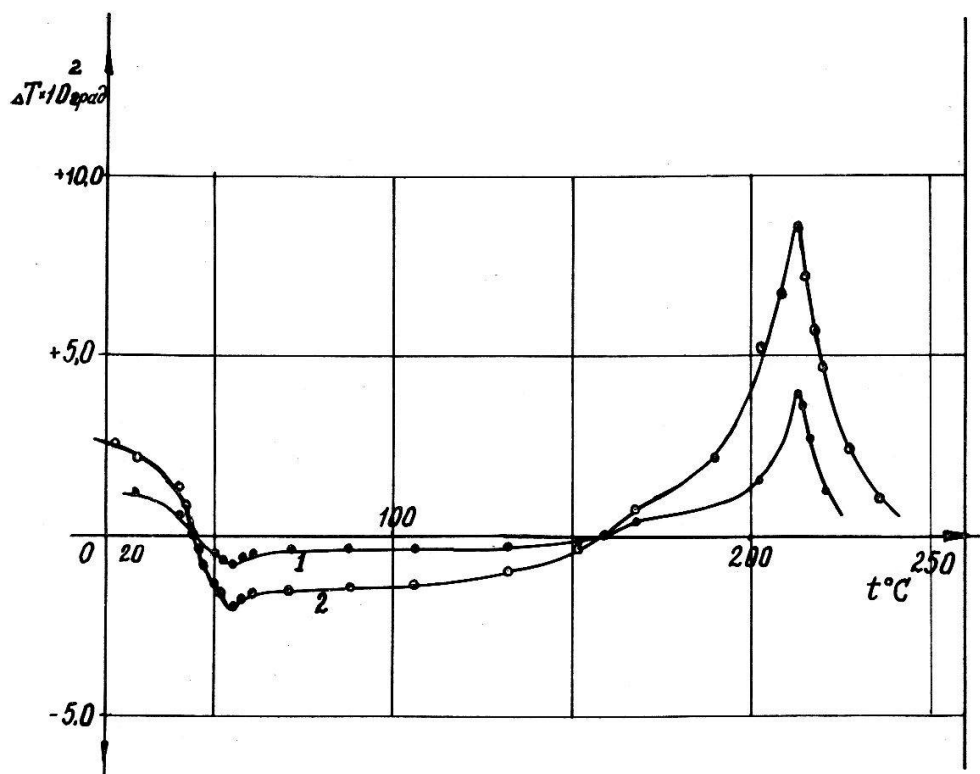
Характерным свойством ферритов, обладающих точками компенсации, является то, что в них интенсивный парапроцесс имеет место во всем интервале температур существования магнитного упорядочения (а не только вблизи точки Кюри). Этот интенсивный парапроцесс возникает за счет ориентации магнитных моментов ионов, находящихся в подрешетке, магнитный порядок в которой создается сравнительно слабым обменным полем. В случае феррита-граната такой подрешеткой является подрешетка  $\bar{c}$ , в которой находятся редкоземельные ионы, в данном случае  $Gd^{3+}$ . На эти ионы действует эффективное обменное поле —  $H_{o\sigma M}$  со стороны железных подрешеток порядка 300 КЭ [1]. Благодаря тому, что магнитные моменты ионов  $Gd^{3+}$  велики, уже при включении внешнего поля порядка 20 КЭ возникает восприимчивость парапроцесса, которая по величине сравнима с восприимчивостью парапроцесса в районе точки Кюри, где она достигает максимальной величины. Соответственно этому магнетокалорический эффект  $\Delta T$  в этом феррите в области низких температур будет сравним по величине с эффектом  $\Delta T$  в районе точки Кюри. При этом при температурах  $T < \Theta_K$ , поскольку здесь внешнее поле направлено параллельно полю  $H_{o\sigma M}$ , эффект  $\Delta T$  должен иметь положительный знак, что и наблюдается на рис. 1. Здесь ситуация такая же как в нормальных ферромагнетиках: парапроцесс при наличии параллельного расположения векторов  $\bar{H}_{o\sigma M}$  и  $\bar{H}$ . В этой области температур магнитный момент гадолиниевой подрешетки больше магнитного момента „результатирующей“  $a-d$  железной подрешетки и вектор результирующей намагниченности направлен вдоль магнитного момента гадолиниевой подрешетки, т. е. вдоль обменного эффективного поля, действующего со стороны железных подрешеток на ионы  $Gd^{3+}$ . Поэтому поворот магнитных моментов ионов  $Gd^{3+}$ , дезориентированных тепловым движением, по внешнему полю (и по полю  $H_{o\sigma M}$ ) совершается с выделением тепла.

В интервале температур  $\Theta_K < T < \Theta_f$  внешнее поле  $\bar{H}$  направлено антипараллельно полю  $\bar{H}_{o\sigma M}$ . В этой области температур из-за уменьшения магнитного момента гадолиниевой подрешетки результирующая намагниченность направлена против магнитного момента подрешетки  $\bar{c}$ . Поэтому здесь будет иметь место парапроцесс антиферромагнитного типа — ориентация магнитных моментов ионов  $Gd^{3+}$  внешним полем в направлении, противоположное полю  $\bar{H}_{o\sigma M}$ . Этому процессу соответствует эффект  $\Delta T$  отрицательного знака [2], что и наблюдается на рис. 1.

Таким образом, в феррите-гранате гадолиния в широком интервале температур, знак и характер магнетокалорического эффекта определяется парапроцессом в гадолиниевой подрешетке: в области  $T < \Theta_K$  парапроцессом ферромагнитного типа, а в области  $T > \Theta_K$  — антиферромагнитного типа. В районе точки Кюри, как показали наши опыты имеет место наложение обоих типов парапроцесса (ферромагнитного за счет ионов  $Fe^{3+}$

и антиферромагнитного за счет  $Gd^{3+}$ ). При этом результирующий магнетокалорический эффект в районе температуры Кюри имеет положительный знак, поскольку здесь результирующая намагниченность железной подрешетки больше, чем гадолиниевой.

На рис. 2 приведены кривые  $\Delta T$  для феррита  $Li_2O \cdot 2,5 Fe_2O_3 \cdot 2,5 Cr_2O_3$  измеренные Талалаевой и Черниковой. Ясно, что в области  $\theta_K < T < \theta_f$  отрицательный знак  $\Delta T$ , также как и в случае феррита-граната  $Gd$ , обусловлен парапроцессом антиферромагнитного типа. Роль гадолиниевой подрешетки здесь играет октаэдрическая подрешетка, в которой помимо ионов  $Fe^{3+}$  находятся ионы  $Cr^{3+}$ . Следует отметить что отрицательный знак магнетокалорического эффекта в районе  $\theta_K < T < \theta_f$  для феррита  $NiCr_2FeO_4$  был обнаружен ранее в работе [3], однако в ней интерпретации этого явления не было дано.

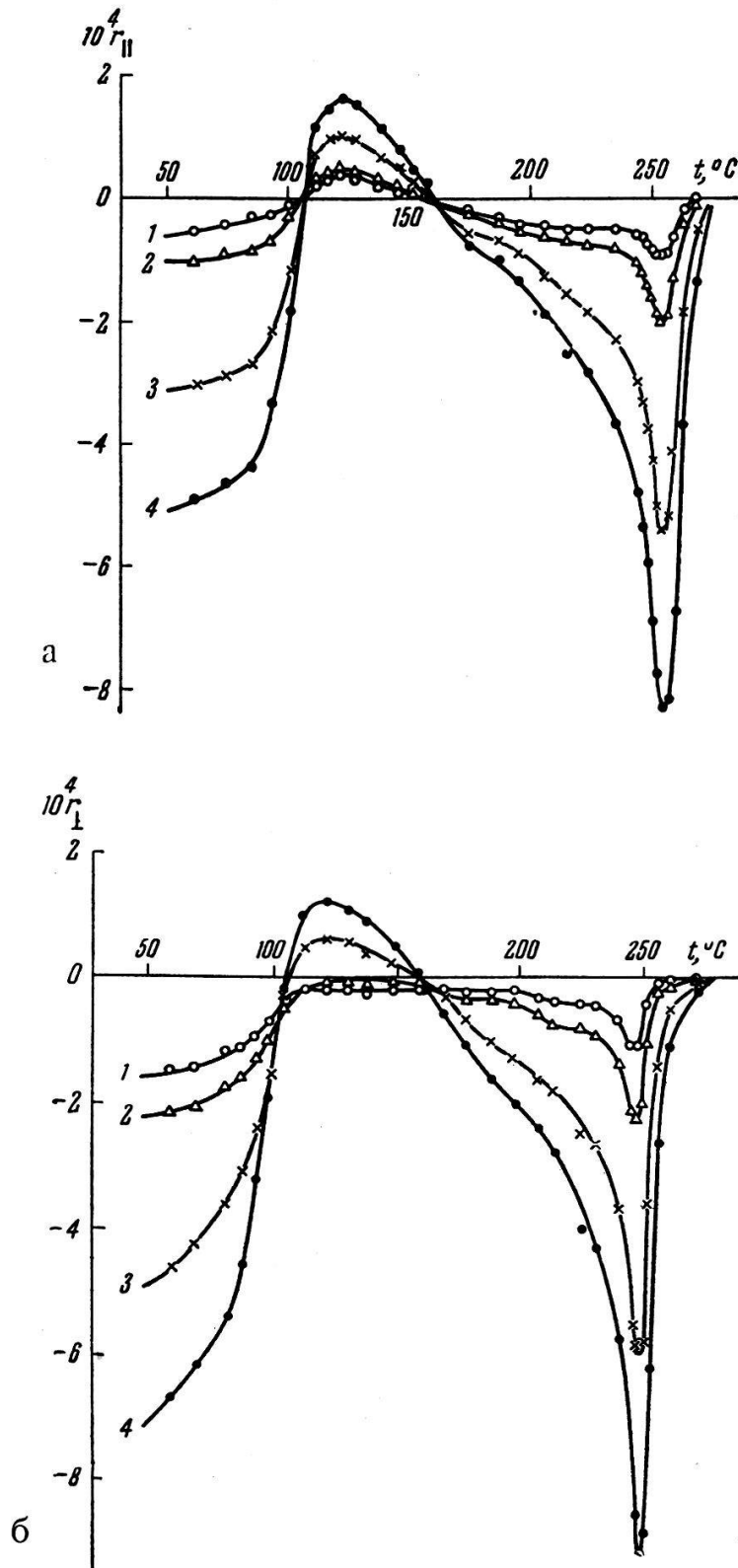


Фигура 2. Магнетокалорический эффект в феррите  $Li_2O \cdot 2,5 Fe_2O_3 \cdot 2,5 Cr_2O_3$  1—6,6 кОе, 2—16 кОе.

Укажем, что отрицательный знак  $\Delta T$  может давать вращение вектора ферримagnetизма-  $I_s$  против сил магнитной анизотропии [4] и градиентов магнитных неоднородностей. Однако эффект  $\Delta T$  за счет вращения  $I_s$  всегда много меньше по величине, чем эффект  $\Delta T$  за счет парапроцесса и он по-видимому дает малый вклад в измеряемый эффект  $\Delta T$ .

В работе [5], для феррита  $Li_2O \cdot 2,7 Fe_2O_3 \cdot 2,3 Cr_2O_3$ , в области  $\theta_K < T < \theta_f$ , было установлено, что в полях выше технического насыщения гальваномагнитные эффекты:  $r_{\parallel} = (\Delta R/R)_{\parallel}$  и  $r_{\perp} = (\Delta R/R)_{\perp}$  имеют однаковые, положительные знаки (рис. 3), тогда как в районе точки Кюри оба эти эффекта имеют отрицательные знаки. Ясно, что аномальные знаки  $r_{\parallel}$  и  $r_{\perp}$

в области  $\Theta_K < T < \Theta_f$  обусловлены, как и в случае магнетокалорического эффекта, парапроцессом антиферромагнитного типа. Если в районе точки Кюри, где имеет место парапроцесс ферромагнитного типа, упорядочение магнитных моментов ионов, вызываемое парапроцессом, приводит к умень-



Фигура 3. Гальваномагнитные эффекты в феррите  $\text{Li}_2\text{O} 2,7 \text{Fe}_2\text{O}_3 2,3 \text{Cr}_2\text{O}_3$ : а- продольный, б- поперечный эффект 1-1,08 кОе, 2-2,26 кОе, 3-6,8 кОе, 4-11 кОе.

шению рассеивания носителей электричества (т. е.  $r_{\parallel}$  и  $r_{\perp}$  имеют отрицательные знаки), то в области  $\Theta_K < T < \Theta_f$  парапроцесс антиферромагнитного типа приводит к увеличению рассеивания указанных носителей, т. е.  $r_{\parallel}$  и  $r_{\perp}$  приобретают положительные знаки.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] К. П. Белов, С. А. Никитин, Phys. Stat. Solidi 12, 1 (1965).
- [2] К. Б. Власов, Изв. АН СССР (сер. физ.) 19, 481 (1955).
- [3] В. И. Николаев, И. А. Дубовцев, Г. Г. Угодников, С. С. Якимов, Изв. АН СССР (сер. физ.) 30, 949 (1966).
- [4] Н. С. Акулов, Л. В. Киренский, Phys. 3, 31 (1940).
- [5] К. П. Белов, А. Н. Горяга, Линь-Чжан-да ЖЭТФ 40, 752 (1961).

## Ferroélectriques et antiferroélectriques non colinéaires

par **E. F. Bertaut**

CEN-G, B.P. 269 et CNRS, B.P. 319, Grenoble

(26. IV. 68)

*Résumé.* La théorie des groupes montre que des modes non colinéaires ferro-antiferro-électriques peuvent être associés sur un même site atomique et que l'expression de l'énergie dipolaire peut contenir des termes invariants linéaires dans la polarisation. On établit un critère de moments non colinéaires en présence de forces purement dipolaires.

*Abstract.* Group theory shows that non colinear ferro-antiferro-electric modes can be associated on the same atomic site and that the dipolar energy may contain invariant terms which are linear in the polarisation. A criterion for the existence of non colinear moments is established when the acting forces are purely dipolar.

### Introduction

Des structures magnétiques non colinéaires sont bien connues et les méthodes d'analyse que nous avons décrites ailleurs [1] peuvent être transposées avec peu de modifications pour les ferro- et antiferro-électriques. La théorie que nous présentons n'a pas ou peu de rapports avec celle de LANDAU [2]. Nous ne cherchons pas de critère pour qu'une transition soit du premier ou second ordre, nous ne cherchons pas non plus à paramétriser de telles transitions en fonction de la pression et (ou) de la température. Notre théorie n'est donc pas thermodynamique, mais purement géométrique. Nous nous plaçons dès le début dans le cadre d'une symétrie donnée, à savoir celle du groupe  $G$  observé aux rayons- $X$  et nous analysons tous les couplages compatibles avec cette symétrie<sup>1</sup>). Pour cela nous construisons une expression de

<sup>1</sup>) LANDAU partant du groupe paraélectrique  $G_0$  cherche les groupes  $G$  ferro- (ou antiferro-) électriques possibles dans une transition du second ordre.