 РОСКОМНАДЗОР

СВИДЕТЕЛЬСТВО ПИ № ФС 77-50836

ISSN (el) 2413-5801

ЗМІНУТ.РУ


# НАУКА, ТЕХНИКА И ОБРАЗОВАНИЕ

SCIENCE, TECHNOLOGY AND EDUCATION

НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ «НАУКА, ТЕХНИКА И ОБРАЗОВАНИЕ» № 2(77) Часть 2 2021

 Google™  
scholar

ФЕВРАЛЬ  
2021  
№ 2 (77)  
Часть 2

НАУЧНАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ  
БИБЛИОТЕКА  
 LIBRARY.RU

Наука, техника  
и образование  
2021. № 2 (77). Часть 2

Москва  
2021



# Содержание

<b>ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ .....</b>	<b>5</b>
<i>Шарипов М.З., Файзиев Ш.Ш., Низомова Ш.К. ОСОБЕННОСТИ МАГНИТООПТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МОНОКРИСТАЛЛА БОРАТА ЖЕЛЕЗА / Sharipov M.Z., Fayziev Sh.Sh., Nizomova Sh.K. FEATURES OF MAGNETO-OPTICAL PROPERTIES OF IRON BORATE SINGLE CRYSTAL .....</i>	<b>5</b>
<i>Мамуров Б.Ж., Сохибов Д.Б. О ТИПАХ НЕПОДВИЖНЫХ ТОЧЕК ОДНОГО КВАДРАТИЧНОГО СТОХАСТИЧЕСКОГО ОПЕРАТОРА / Mamurov B.Zh., Sohibov D.B. ON TYPES OF FIXED POINTS OF A SINGLE SQUARE STOCHASTIC OPERATOR .....</i>	<b>10</b>
<i>Кодиров Ж.Р., Мавлонов У.М., Хакимова С.Ш. АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР ХАРАКТЕРИСТИК ПАРАБОЛИЧЕСКОГО И ПАРАБОЛОЦИЛИНДРИЧЕСКОГО КОНЦЕНТРАТОРОВ / Kodirov Zh.R., Mavlonov U.M., Khakimova S.Sh. ANALYTICAL REVIEW OF CHARACTERISTICS OF PARABOLIC AND PARABOLOCYLINDRICAL HUBS.....</i>	<b>15</b>
<i>Расулов Х.Р., Джуракулова Ф.М. ОБ ОДНОЙ ДИНАМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ С НЕПРЕРЫВНЫМ ВРЕМЕНЕМ / Rasulov H.R., Dzhurakulova F.M. ONE DYNAMIC SYSTEM WITH CONTINUOUS TIME .....</i>	<b>19</b>
<i>Расулов Х.Р., Яшиева Ф.Ю. О НЕКОТОРЫХ ВОЛЬТЕРРОВСКИХ КВАДРАТИЧНЫХ СТОХАСТИЧЕСКИХ ОПЕРАТОРАХ ДВУПОЛОЙ ПОПУЛЯЦИИ С НЕПРЕРЫВНЫМ ВРЕМЕНЕМ / Rasulov H.R., Yashiyeva F.Yu. ABOUT SOME WOLTERRIAN SQUARE STOCHASTIC OPERATORS OF TWO-SEXAND POPULATION WITH CONTINUOUS TIME.....</i>	<b>23</b>
<i>Расулов Х.Р., Камариддинова Ш.Р. ОБ АНАЛИЗЕ НЕКОТОРЫХ НЕВОЛЬТЕРРОВСКИХ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ С НЕПРЕРЫВНЫМ ВРЕМЕНЕМ / Rasulov H.R., Kamariddinova Sh.R. ON ANALYSIS OF SOME NON-VOLTERRIAN DYNAMIC SYSTEMS WITH CONTINUOUS TIME.....</i>	<b>27</b>
<i>Бахронов Б.И., Холмуродов Б.Б. ИЗУЧЕНИЕ СПЕКТРА ОДНОЙ 3X3-ОПЕРАТОРНОЙ МАТРИЦЫ С ДИСКРЕТНЫМ ПАРАМЕТРОМ / Bahronov B.I., Kholmurodov B.B. INVESTIGATION OF THE SPECTRUM OF A 3X3 OPERATOR MATRIX WITH DISCRETE VARIABLE.....</i>	<b>31</b>
<i>Бахронов Б.И., Мансуров Т.З. ВЫЧИСЛЕНИЕ СУЩЕСТВЕННОГО СПЕКТРА ОБОБЩЕННОЙ МОДЕЛИ ФРИДРИХСА В СИСТЕМЕ MAPLE / Bahronov B.I., Mansurov T.Z. CALCULATION OF THE ESSENTIAL SPECTRUM OF THE GENERALIZED FRIEDRICH'S MODEL IN THE MAPLE SYSTEM.....</i>	<b>35</b>
<i>Тошева Н.А., Исmoilова Д.Э. ЯВНЫЙ ВИД РЕЗОЛВЕНТЫ ОБОБЩЕННОЙ МОДЕЛИ ФРИДРИХСА / Tosheva N.A., Ismoilova D.E. AN EXACT FORM OF THE RESOLVENT OF A GENERALIZED FRIEDRICH'S MODEL.....</i>	<b>39</b>
<i>Тошева Н.А., Шарипов И.А. О ВЕТВЯХ СУЩЕСТВЕННОГО СПЕКТРА ОДНОЙ 3X3-ОПЕРАТОРНОЙ МАТРИЦЫ / Tosheva N.A., Sharipov I.A. ON THE BRANCHES OF THE ESSENTIAL SPECTRUM OF A 3X3 OPERATOR MATRIX .....</i>	<b>44</b>
<i>Хайитова Х.Г., Ибодова С.Т. АЛГОРИТМ ИССЛЕДОВАНИЯ СОБСТВЕННЫХ ЗНАЧЕНИЙ МОДЕЛИ ФРИДРИХСА / Khayitova Kh.G., Ibodova S.T. AN ALGORITM OF THE INVESTIGATION OF EIGENVALUES OF THE FRIEDRICH'S MODEL .....</i>	<b>48</b>

# ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

## ОСОБЕННОСТИ МАГНИТООПТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МОНОКРИСТАЛЛА БОРАТА ЖЕЛЕЗА

Шарипов М.З.<sup>1</sup>, Файзиев Ш.Ш.<sup>2</sup>, Низомова Ш.К.<sup>3</sup>

Email: Sharipov1177@scientifictext.ru

<sup>1</sup>Шарипов Мирзо Зокирович – доктор физико-математических наук, проректор,  
Бухарский инженерно-технологический институт;

<sup>2</sup>Файзиев Шахобиддин Шавкатович – кандидат физико-математических наук, доцент;

<sup>3</sup>Низомова Шахноза Кахрамон кизи – магистрант,  
кафедра физики, физико-математический факультет,  
Бухарский государственный университет,  
г. Бухара, Республика Узбекистан

**Аннотация:** в статье изучены магнитооптические свойства монокристалла бората железа, где рассматриваются магнитооптические свойства кристалла бората железа, которые определяются вкладами векторов ферро- и антиферромагнетизма. А также в статье изучены поведение оптической индикатрисы кристалла бората железа в магнитном поле. Анализируя состояние поляризации света на выходе из кристалла, можно установить ориентацию векторов  $m$  и  $l$  в базисной плоскости или определить положение  $C_2$  – осей относительно осей лабораторной системы координат.

**Ключевые слова:** магнитооптика, борат железа, антиферромагнетизм, кристалл, магнитное поле.

## FEATURES OF MAGNETO-OPTICAL PROPERTIES OF IRON BORATE SINGLE CRYSTAL

Sharipov M.Z.<sup>1</sup>, Fayziev Sh.Sh.<sup>2</sup>, Nizomova Sh.K.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Sharipov Mirzo Zokirovich - Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Vice Rector,  
BUKHARA ENGINEERING-TECHNOLOGICAL INSTITUTE;

<sup>2</sup>Fayziev Shakhobiddin Shavkatovich - Candidate of Science of Physics and Mathematics, Associate Professor;

<sup>3</sup>Nizomova Shahnoza Kahramon kizi – Master Student,  
DEPARTMENT OF PHYSICS, FACULTY OF PHYSICS AND MATHEMATICS,  
BUKHARA STATE UNIVERSITY,  
BUKHARA, REPUBLIC OF UZBEKISTAN

**Abstract:** the article studies the optical and magneto-optical properties of a single crystal of iron borate, where the magneto-optical properties of a crystal of iron borate are considered, which are determined by the contributions of vectors of ferro- and antiferromagnetism. The article also studies the behavior of the optical indicatrix of an iron borate crystal in a magnetic field, which is determined by second-rank tensors that describe its symmetry. By analyzing the state of polarization of light at the exit from the crystal, one can establish the orientation of the vectors  $m$  and  $l$  in the basal plane or determine the position of the  $C_2$  - axes relative to the axes of the laboratory coordinate system.

**Keywords:** magneto-optics, iron borate, antiferromagnetism, crystal, magnetic field.

УДК 538.1:548

Борат железа – прозрачный в видимой области спектра оптически анизотропный кристалл зеленого цвета. Ниже температуры Нееля  $FeBO_3$  оптически двухосный кристалл, одна из оптических осей которого совпадает с главной осью симметрии ( $C_3$  – осью) [1,2]. Магнитооптические свойства этого кристалла в области прозрачности определяются, в основном, эффектами Фарадея и магнитного линейного дихроизма [3-7]. При

распространении света вблизи направления оптической оси кристалла величины этих эффектов оказывается одного порядка (при  $T=300$  К составляют  $\sim 10^{-3}$ , увеличиваясь примерно в 1,5 раза при охлаждении до 77 К).

Наиболее полное теоретическое исследование магнитооптических эффектов в ромбоэдрических антиферромагнетиках со слабым ферромагнетизмом выполнено в [6]. Следуя этой работе, запишем тензор диэлектрической проницаемости  $\mathcal{E}_{ij}$  слабоферромагнитного кристалла в виде разложения по компонентам векторов ферро – и антиферромагнетизма  $\mathbf{m}$  и  $\mathbf{l}$  соответственно:

$$\mathcal{E}_{ij}^s = \mathcal{E}_{ij}^0 + v_{ijkn} l_k l_n + \mu_{ijkn} m_k l_n; \quad \mathcal{E}_{ij}^a = \gamma_{ijn} m_n,$$

где  $\mathcal{E}_{ij}^s$  и  $\mathcal{E}_{ij}^a$  – соответственно симметричная и антисимметричная части тензора

$\mathcal{E}_{ij}$ ;  $\mathcal{E}_{ij}^0$  – тензор диэлектрической проницаемости кристалла для температур выше температуры магнитного упорядочения;

$v, \mu, \gamma$  – тензоры, отражающие симметрию кристалла в парамагнитной фазе.

При вращении ферромагнитного момента в базисной плоскости (111) ромбоэдрических слабых ферромагнетиков ферромагнитная и антиферромагнитная составляющие спиновой системы кристалла периодически выходят из плоскости [8], так что появляются продольные составляющие векторов ферро- и антиферромагнетизма -  $m_z$  и  $l_z$ . Из теории основного состояния ромбоэдрических слабых ферромагнетиков известно [9], что

$$m_z = \frac{t \cos 3(\varphi + \varphi_0)}{A + a}, \quad m_{\parallel} = \frac{D}{A}, \quad (1)$$

где  $A, a$  – обменные константы ( $A \gg a$ );

$t$  – константа магнитной анизотропии четвертого порядка;

$D$  – константа Дзялошинского;

$\varphi_0$  – угол между осью  $X$  лабораторной системы координат и осью симметрии второго порядка;

$m_{\parallel}$  – компонента вектора ферромагнетизма, лежащая в базисной плоскости кристалла.

В рассматриваемой геометрии распространения света в кристалле эффект Коттона – Мутона определяется членами  $\eta$  и  $\xi$ , которые, согласно [6], равны:

$$\begin{aligned} \eta &= v_1(l_x^2 - l_y^2) + \mu(m_x l_y + m_y l_x) + 2v_2 l_y l_x; \\ \xi &= v_1 l_x l_y + \mu(m_y l_y + m_y l_x) + v_2 l_y l_x, \end{aligned} \quad (2)$$

где  $v_1, v_2, \mu$  – константы, определяемые оптическими свойствами кристалла.

Для нахождения явного вида зависимости величины магнитного линейного двупреломления (или магнитного линейного дихроизма) от ориентации векторов ферро – и антиферромагнетизма относительно кристаллографических осей ромбоэдрических слабых ферромагнетиков необходимо учесть изменения проекций  $m_i$  и  $l_i$  в зависимости от угла между направлением насыщающего магнитного поля  $H$  (направлением вектора  $\mathbf{M}_s$ ) и  $X$  – осью лабораторной системы координат (см. рис. 1). С учетом соотношений (1) эти зависимости имеют вид:

$$\begin{aligned} m_x &= m_{\parallel} \cos(\varphi + \varphi_0); \\ m_y &= m_{\parallel} \sin(\varphi + \varphi_0); \\ m_z &= m_{\perp} \cos 3(\varphi + \varphi_0); \\ l_x &= -l_{\parallel} \sin(\varphi + \varphi_0); \\ l_y &= l_{\parallel} \cos(\varphi + \varphi_0); \\ l_z &= l_{\perp} \sin 3(\varphi + \varphi_0); \end{aligned} \quad (3)$$

где  $\varphi$  – угол между направлением внешнего магнитного поля и  $X$  – осью лабораторной системы координат;

$\varphi_0$  – угол между  $X$  – осью и  $C_2$  – осью кристалла;

$m_{\perp}, l_{\perp}$  - поперечные, а  $m_{\parallel}, l_{\parallel}$  - продольные относительно направления распространения света составляющие векторов  $\mathbf{m}$  и  $\mathbf{l}$ .

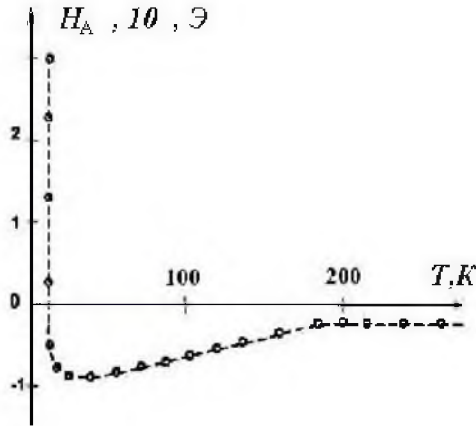


Рис. 1. Температурная зависимость поля внутриплоскостной гексагональной магнитной анизотропии в плоскости (111) монокристалла  $\text{FeBO}_3$

Углы выхода векторов  $\mathbf{m}$  и  $\mathbf{l}$  из базисной плоскости кристалла  $\text{FeBO}_3$ , малы (эти углы составляют  $\sim 10^{-3}$  рад [9-17]), поэтому  $m_{\parallel} \approx |\mathbf{m}|, l_{\parallel} \approx |\mathbf{l}|$ . Поскольку  $l_z \ll l$ , то продольная часть вектора антиферромагнетизма будет служить лишь малым возмущением оптических констант кристалла, поэтому вкладом  $l_z$  в четные магнитооптические эффекты можно пренебречь по сравнению с вкладами от поперечных компонент  $l_x, l_y$ .

Если обратиться к нечетным магнитооптическим эффектам - эффекту Фарадея и магнитному круговому дихроизму, то из зависимости компонент антисимметричной части тензора  $\epsilon_{ij}$  от вектора ферромагнетизма следует, что как вращение плоскости поляризации, так и эллиптичность, возникающие при распространении света вдоль главной оси симметрии ромбоэдрического кристалла, нечетные по отношению к направлению вектора  $\mathbf{m}$ , обуславливаются исключительно его продольной компонентой  $m_z$  [10-28]. Если направление распространения света отклоняется от  $C_3$  - оси на малый угол  $\beta$ , то вектор гирации кристалла, очевидно, можно представить как:

$$g = \gamma_1 m_z + \beta \gamma_2 m_{\parallel}, \quad (4)$$

где  $\gamma_1$  и  $\gamma_2$  - константы, описывающие магнитооптическую анизотропию ромбоэдрического кристалла.

Подставляя соотношения (2) - (4) в соответствующих формулах, получим зависимости поляризационных параметров светового луча, прошедшего ромбоэдрический слабый ферромагнетик, от азимута плоскости поляризации падающего на образец света  $\Psi$  и ориентации намагниченности относительно лабораторной системы координат в виде:

$$\begin{aligned} \text{Re}\vartheta &= [-v_1'' \sin 2(\Psi - \varphi) - \gamma_1' m_z(\varphi) - \beta \gamma_2' m_{\perp} \cos(\varphi + \varphi_0)] \omega z / cn; \\ \text{Im}\vartheta &= [-v_1' \sin 2(\Psi - \varphi) - \gamma_1'' m_z(\varphi) - \beta \gamma_2'' m_{\perp} \cos(\varphi + \varphi_0)] \omega z / cn; \end{aligned} \quad (5)$$

где магнитооптические константы  $v_1''$  и  $\gamma_1', \gamma_2'$  - отвечают за магнитный линейный дихроизм и эффект Фарадея соответственно,

а  $v_1'$  и  $\gamma_1'', \gamma_2''$  - за магнитное линейное двупреломление и магнитный круговой дихроизм (при этом принято  $|\mathbf{l}| = 1$ ).

Следовательно, анализируя состояние поляризации света на выходе из кристалла, на основе (5) можно установить ориентацию векторов  $\mathbf{m}$  и  $\mathbf{l}$  в базисной плоскости или определить положение  $C_2$  - осей относительно осей лабораторной системы координат.

### Список литературы / References

1. *Boidedaev S.R., Dzhuraev D.R., Sokolov B.Yu., Sharipov M.Z.* Magneto-optical method of investigation of the magnetic inhomogeneity of easy-plane antiferromagnets with a weak ferromagnetism // *Optics and Spectroscopy (English translation of Optika i Spektroskopiya)*, 2008. 104(4). С. 604-609.
2. *Sharipov M.Z., Dzhuraev D.R., Sokolov B.Yu., Kurbanov M.* Modulated magnetic structure of an inhomogeneously stressed single crystal  $\text{FeBO}_3$  // *Ukrainian Journal of Physics*, 2010. Т. 55. № 6. С. 706-711.
3. *Sokolov B.Yu., Talabov M.D., Sharipov M.Z.* Domain structure of a thin single – crystal plate of terbium iron garnet near the magnetic compensation point // *Physics of the Solid State*, 2013. Т. 55. Issue 2. С. 314-320.
4. *Sokolov B.Yu., Sharipov M.Z.* The influence of domain structure on the Faraday effect in terbium garnet ferrite in the vicinity of the magnetic – compensation temperature // *Russian Physics Journal*, 2013. Т. 56. Issue 7. С. 845-851.
5. *Sokolov B.Yu., Sharipov M.Z.* Influence of the biaxial mechanical stress on the domain structure of holmium yttrium garnet ferrite // *Russian Physics Journal*, 2014. Т. 57. Issue 8. С. 1001-1007.
6. *Sharipov M.Z., Mirzhonova N.N., Hayitov D.E.* Effect of inhomogeneous radially directed mechanical stresses on the domain structure of a  $\text{FeBO}_3$  single crystal // *Eurasian Physical Technical Journal*, 2019. Т. 16. № 1(31). 35-40 с.
7. *Sharipov M.Z., Hayitov D.E., Rizoqulov M.N., Islomov U.N., Raupova I.B.* Domain structure and magnetic properties of terbium ferrite-garnet in the vicinity of the magnetic compensation point // *Eurasian Physical Technical Journal. Karaganda, Kazakhstan*, 2019. Т. 16. № 2(32). 21-25 с.
8. *Ибрагимов С.С., Кодиров Ж.Р., Хакимова С.Ш.* Исследование усовершенствованной сушилки фруктов и выбор поверхностей, образующих явление естественной конвекции // *Вестник науки и образования* (2020). № 20 (98). С. 6-9.
9. *Кодиров Ж.Р., Хакимова С.Ш., Мирзаев Ш.М.* Анализ характеристик параболического и параболоцилиндрического концентраторов, сравнение данных, полученные на них // *Вестник ТашИИТ*. № 2, 2019. С. 193-197.
10. *Кодиров Ж.Р., Маматрузиев М.* Составление программного обеспечения, алгоритм и расчет математической модели применения свойств солнечного опреснителя к точкам заправки топливом // *Молодой ученый* (2018). С. 50-53.
11. *Saidov Q.S., Bekmurodova M.B.* Complex movement of object // *International Scientific Journal* 85:5 (2020). С. 316-322.
12. *Saidov Q.S., Bekmurodova M.B.* The problem of teaching heat transfer and heat exchange in schools and lyceums // *JournalNX-A Multidisciplinary Peer Reviewed Journal* 6:9 (2020). С. 176-183.
13. *Курбанов К., Очилов Л.И.* Определение механических воздействий гидротехнических сооружений с помощью оптических волоконных датчиков // *Молодой ученый*. 10 (2015). С. 247-251.
14. *Очилов Л.И.* Адсорбция воды на цеолитах типа ZSM-5 // *Молодой ученый* (2016). № 12. С. 358-360.
15. *Файзиев Ш.Ш., Саидов К.С., Аскарлов М.А.* Зависимость магнитно модулированной структуры от ориентации поля в кристалле // *Вестник науки и образования* (2020). № 18 (96). Часть 2. С. 6-9.
16. *Очилов Л.И., Арабов Ж.О., Аушурова У.Д.* Измерение преобразования потенциальной энергии в поступательную и вращательную энергию с помощью колеса максвелла // *Вестник науки и образования* (2020). № 18 (96). Часть 2. С. 18-21.
17. *Очилов Л.И.* Технология приготовления фитиля из капиллярно-полых материалов // *Молодой ученый* (2016). № 12. С. 360-362.

18. *Кобилев Б.Б., Насырова Н.К.* Особенности изучения физики в вузах // Вестник науки и образования (2020). № 18 (96). Часть 2. С. 52-55.
  19. *Нарзуллаев М.Н., Камолов В.Ш.* Использование астрономических знаний в формировании экологической культуры студентов // Вестник науки и образования (2020). № 18 (96). Часть 2. С. 56-59.
  20. *Очилов Л.И.* Исследование некоторых свойств капиллярно-полых материалов // Молодой ученый (2016). № 12. С. 362-364.
  21. *Dzhuraev D.R., Turaev A.A.* Features of key parameters of field transistors // Scientific reports of Bukhara State University (2020). № 2. С. 7-10.
  22. *Файзиев Ш.Ш., Саидов К.С.* Электронная структура основного мультиплета иона диспрозия в ортоалюминате // Academy (2020). С. 4-6.
  23. *Кодиров Ж.Р., Маматрузиев М.* Изучение принципа работы устройства насосного гелио-водоопреснителя // Молодой ученый, 26 (2018). С. 48-49.
  24. *Atoeva M.F., Arabov J.O., Kobilov B.B.* Innovative Pedagogical Technologies For Training The Course of Physics // Journal of Interdisciplinary Innovations and Research (2020). 2(12). С. 82-91.
  25. *Astanov S., Niyazkhonova B.E.* Luminescent properties of vitamins in monomeric and associated - states in a polar solvent // Journal of Applied Spectroscopy. 55:5 (1991) С. 1103-1106.
  26. *Назаров Э.С., Назаров Ш.Э.* Особенности интегрирования информационных технологий в преподавании предмета «физики» // Вестник науки и образования (2020). № 18 (96). Часть 2. С. 9-12.
  27. *Туксанова З.И., Назаров Э.* Effective use of innovative technologies in the education system // Интернаука (2020). 16. С. 30-32.
  28. *Насырова Н., Носирова Н., Туксанова З.И.* Innovative technologies in physics education // European Journal of Research and Reflection in Educational Sciences (2020). № 10. С. 19-22.
-