

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПЬЮТЕРНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА
ПРИ ИЗУЧЕНИИ ОПТИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ**

**USING COMPUTER EXPERIMENT IN STUDYING
OPTICAL PHENOMENA**

И. И. Макоед / I. I. Makoeed

Е. А. Никитин / E. A. Nikitin

*Брестский государственный университет
имени А. С. Пушкина (Брест, Беларусь)*

Обоснована возможность и целесообразность использования элементов компьютерного эксперимента при изучении оптических явлений в курсе общей физики. Методами диэлектрической спектроскопии исследованы виды и механизмы диэлектрической поляризации ионных кристаллов со структурой перовскита. Рассмотрены методы обработки результатов диэлектрических и оптических измерений. В рамках модели Друде-Лоренца выполнено моделирование диэлектрических и оптических функций ионных кристаллов суммой не взаимодействующих квазигармонических осцилляторов.

The possibility and practicability of using the elements of a computer experiment in studying optical phenomena in general physics has been explained. The types and mechanisms of dielectric polarization of ionic crystals with a perovskite structure have been investigated using dielectric spectroscopy. Methods for processing the results of dielectric and optical measurements have been considered. Within the framework of the Drude-Lorentz model, the dielectric and optical functions of ionic crystals have been simulated by the sum of noninteracting quasi-harmonic oscillators.

Ключевые слова: моделирование, оптические спектры, квазигармонические осцилляторы.

Keywords: modeling, optical spectra, quasi-harmonic oscillators.

Повышение степени доступности и качества физического образования в условиях перераспределения аудиторных часов между традиционными предметами и новыми дисциплинами, повышение доли управляемой самостоятельной работы студентов в сумме часов по дисциплине, развитие дистанционного обучения физике требуют разработки, обоснования и использования новых педагогических методик, в том числе опирающихся на современные компьютерные технологии. Использование компьютерных моделей различных физических процессов и явлений способствует росту эффективности обучения, позволяет более глубоко понять механизмы физических явлений, в том числе и таких, непосредственное наблюдение которых оказывается невозможным по ряду объективных причин [1]. Целью работы является обоснование преимуществ использования компьютерного эксперимента по отношению к традиционной форме изучения оптических явлений.

Формализованное изложение учебного материала и организации учебной исследовательской деятельности студентов приводят к тому, что понимание физической сущности предмета уступает место усвоению готовых знаний

и приобретению ограниченного числа навыков. Компьютерное моделирование как составная часть и инструмент компьютерного обучения содержит в себе потенциальные возможности повышения эффективности изучения физических основ оптических явлений в курсах общей физики и специальных дисциплин вуза. Раздел «Оптика» программы курса общей физики предполагает изучение студентами основ физики электромагнитных явлений. Вопросы, связанные с практической реализацией диэлектрических и оптических измерений и корректной обработкой их результатов, представлены недостаточно. Отчасти это объясняется отсутствием современного лабораторного оборудования. Вместе с тем интенсивное развитие компьютерной техники, а также как количественное, так и качественное расширение содержательной части ИНТЕРНЕТ- баз данных открывает широкие возможности для изучения и моделирования диэлектрических и оптических функций твердых тел. В данной работе вычислительный компьютерный эксперимент был использован для изучения и моделирования диэлектрических и оптических явлений, происходящих в мультиферроиках, синтезированных на основе феррита висмута (BiFeO_3), допированного катионами редкоземельных элементов [2] и двойных ортоферритов $\text{La}_{0.50}\text{R}_{0.50}\text{FeO}_3$ ($\text{R} = \text{La} - \text{Lu}$) [3].

Спектральные методы исследования широко используются для изучения веществ и процессов, позволяя на основании данных обработки экспериментальных зависимостей величин коэффициентов отражения, поглощения образцов восстанавливать широкий круг диэлектрических и оптических функций, описывающих отклик веществ на воздействие электромагнитного излучения. Исследованы широкодиапазонные диэлектрические и оптические спектры образцов, включающие области от радио- и сверхвысоких частот до инфракрасного (ИК) и ультрафиолетового (УФ) участков спектра электромагнитных волн. С использованием модели Гавриляка – Негами как обобщения моделей Дебая, Коул – Коула и Дэвидсона – Коула, проанализированы низкочастотные виды и механизмы диэлектрической поляризации двойных ортоферритов $\text{La}_{0.50}\text{R}_{0.50}\text{FeO}_3$.

Проанализированы особенности формирования оптических функций ионных кристаллов в областях решеточных и электронных резонансов. Частотные зависимости коэффициента отражения образцов в исследуемой области частот проявляют явный резонансный характер и отражают колебательные свойства кристаллической решетки в ИК- и особенности электронных переходов в УФ-диапазонах соответственно. С использованием программы Reffit [4] выполнено моделирование диэлектрических функций образцов суммой не взаимодействующих квазигармонических осцилляторов в рамках модели Друде-Лорентца. На основании результатов обработки полученных данных по методам дисперсионного анализа и Крамерса – Кронига восстановлены параметры моделей и исследованы их зависимости от состава и структуры образцов.

Введение замещающих ионов R^{3+} ($\text{R} = \text{La} - \text{Lu}$) в $\text{Bi}_{1-x}\text{R}_x\text{FeO}_3$ приводит к значительному увеличению абсолютных значений отражательной способности. Выявлены корреляции величин резонансных частот, сил осцилляторов

и коэффициентов затухания с типом и концентрацией R-катионов. Проведено сопоставление полученных результатов с экспериментальными данными. Рассчитанные спектры отличаются от экспериментальных на величины, меньшие погрешностей эксперимента во всем интервале частот. На основании сопоставления экспериментальных и расчетных данных определены виды и механизмы диэлектрической поляризации в областях решеточных и электронных резонансов.

Полученные результаты могут быть использованы как при изучении оптических явлений, наблюдаемых в ионных кристаллах, так и при экспериментальном исследовании структурных, диэлектрических и оптических свойств, а также при синтезе новых материалов с заданными физическими свойствами. Относительная простота моделей и наглядность результатов моделирования служат основанием для их использования в образовательном процессе в лабораторных практикумах при изучении соответствующих разделов курса физики, при выполнении курсовых, дипломных и магистерских работ, а также при проведении научных исследований.



Список использованных источников

1. Толстик, А. М. Роль компьютерного эксперимента в физическом образовании / А. М. Толстик // Физическое образование в вузах. – 2002. – Т. 8. – № 2. – С. 94–102.
2. Eerenstein, W. Multiferroic and magnetoelectric material / W. Eerenstein, N. Mathur, J. F. Scott // Nature. – 2006. – Vol. 442 (17). – P. 759–765.
3. Influence of rare-earth doping on the structural and dielectric properties of orthoferrite La_{0.50}R_{0.50}FeO₃ ceramics synthesized under high pressure / I.I. Makoev [et al.] // J. Alloys and Compounds. – 2020, V. 842. – P. 155859-1–155859-11.
4. Kuzmenko, A. B. Kramers-Kronig constrained variational analysis of optical spectra. / A. B. Kuzmenko // Review of Scientific Instruments. – 2005. – V. 76(8), p. 083108-1 – 083108-9.

УДК 537.312: 538.245

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПЬЮТЕРНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА ПРИ ИЗУЧЕНИИ КАЛОРИЧЕСКИХ ЭФФЕКТОВ

USING COMPUTER EXPERIMENT IN STUDYING CALORIC EFFECTS

И. И. Макоед / I. I. Makoev

Т. А. Ятчук / T. A. Yatchuk

*Брестский государственный университет
имени А. С. Пушкина (Брест, Беларусь)*

Обоснована возможность и целесообразность использования элементов компьютерного эксперимента при изучении электромагнитных явлений в курсе общей физики. Рассмотрены методы измерения и обработки результатов полевых и температурных зависимостей величин удельных намагниченностей и электрической поляризации мультиферроиков со структурой перовскита. Исследованы возможные виды и механизмы формирования и взаимодействия спинзарядовых упорядоченных структур.