

## ФИЗИКА

УДК 535

### Творческое наследие академика Б. В. Бокутя

А. Н. СВРДЮКОВ

Первые в Беларуси оригинальные научные исследования по оптике вообще и по оптике анизотропных сред – кристаллов, в частности, были начаты учителем Б. В. Бокутя академиком Ф. И. Федоровым 60 лет назад – еще в 40-х годах прошедшего столетия. Разработанные Федоровым инвариантные методы в оптике анизотропных сред в основном определили тематику и характер исследований всех многочисленных учеников Ф. И. Федорова, в том числе и Б. В. Бокутя.

После защиты кандидатской диссертации, посвященной изучению физических свойств поверхностных слоёв жидкости, Б. В. Бокуть в 1957 году резко меняет область своих научных интересов и полностью погружается в новую научную тематику – физику оптических явлений в кристаллах. Этому направлению в физической науке Б. В. Бокуть остался верен до конца своих дней, подведя итоги своей деятельности в учебном пособии по кристаллооптике, а также в монографии, написанной совместно с московскими коллегами. Последнюю, к сожалению, Борис Васильевич не успел подержать в руках: книга увидела свет уже после его смерти.

Первые исследования в новой для Б. В. Бокутя области посвящены изучению так называемой естественной оптической активности кристаллов. Часто под естественной оптической активностью, или гиротропией, понимают естественную способность материальных сред вращать плоскость поляризации проходящего через них оптического излучения. Это явление было открыто французским ученым Араго еще в 1811 году, то есть ровно 195 лет назад. В 1848 году Луи Пастер открыл явление оптической изомерии, показав, что высокомолекулярные соединения, а также кристаллы могут существовать в двух модификациях, отличающихся в отношении оптических свойств способностью вращать плоскость поляризации в противоположных направлениях. Естественная оптическая активность имеет большое научное и практическое значение. Широкое применение нашли оптические методы исследования, основанные на изучении вращающей способности веществ для решения ряда структурных и стереохимических проблем в биохимии и биологии. Само возникновение и развитие стереохимии – учения о пространственном расположении атомов в органических молекулах – обязано именно естественной оптической активности. В фармакологии это явление используется для выделения из рацемической смеси оптических изомеров, которые часто различаются по физиологическому действию. Нет числа физическим приборам и устройствам, в которых используется явление оптической активности в кристаллах.

Попытки построения электродинамики гиротропных сред связаны с именами многих выдающихся физиков прошлого. Среди них: Френель, Борн, Озеен, Гиббс, Ферстерлинг, Лоренц, Ландау, Гинзбург.

30 лет назад учениками Б. В. Бокутя, работающими здесь, в Гомеле, была предсказана магнитоэлектрическая поляризуемость элементарных частиц – адекватный аналог явления естественной оптической активности в физике высоких энергий. Семь лет назад это явление было открыто экспериментально французскими учёными. Интерес к его всестороннему изу-

чению с тех пор непрерывно растет, поскольку данное явление дает новый ключ к исследованию структуры элементарных частиц.

В последние два десятка лет с нарастающим интересом проводятся исследования естественной гиротропии материалов, в том числе и искусственных сред – так называемых омега-структур, применяемых в радиофизике и физике СВЧ-излучения. Свидетельством тому является серия представительных международных конференций, проходящих с интервалом в один – два года в разных странах мира и спонсируемых крупными международными организациями, включая Международный радиофизический союз (URSI) и НАТО. Одна из таких конференций проходила и у нас в Гомеле в нашем университете еще при жизни Б. В. Бокутя.

Возвращаясь к началу исследований Б. В. Бокутя в этой области, следует отметить, что им совместно с Федоровым и под руководством последнего с 1958 года разрабатывались основы ковариантной теории оптической активности. В результате была предложена новая аргументированная классификация гиротропных кристаллов. В совместной статье Б. В. Бокутя и Ф. И. Федорова, опубликованной в журнале «Оптика и спектроскопия» в 1959 году, построены псевдотензоры второго ранга, инвариантные относительно так называемых точечных групп, то есть групп симметрии кристаллических классов. Именно в псевдотензоры второго ранга и группируются электродинамические материальные постоянные, описывающие естественную оптическую активность кристаллов. В этой статье представлена общая структура псевдотензоров второго ранга и показано, что неисчезающий, то есть не запрещенный кристаллографической симметрией инвариантный псевдотензор второго ранга допускают 18 из 32 классов симметрии кристаллов и, следовательно, естественная оптическая активность должна обнаруживаться у кристаллов этих 18 классов симметрии (а не у 15, как считалось ранее). Вполне естественно, что новая классификация естественной гиротропии кристаллов потребовала дополнительных теоретических расчетов для выяснения закономерностей распространения, преломления, отражения и поглощения излучения в таких кристаллах. В результате на основе теоретических расчетов, выполненных Б. В. Бокутем совместно с Ф. И. Федоровым и А. Ф. Константиновой в 1959–1964 годах, были предложены методы экспериментального определения оптических параметров гиротропных сред.

Одновременно такие расчеты выявили недостатки существовавшей теории гиротропии. В частности, в 1968 году Б. В. Бокутем совместно с одним из его учеников было обнаружено противоречие этой теории, приводившее к нарушению закона сохранения момента импульса, а затем и энергии в задачах отражения и преломления световых волн на границе естественной гиротропной среды. Разработанная в 1969–1971 годах система самосогласованных материальных уравнений и граничных условий явилась радикальным разрешением этого противоречия макроскопической электродинамики широкого класса сред, каковыми являются естественные гиротропные кристаллы. Вплоть до сегодняшнего дня дальнейшее развитие электродинамики естественной гиротропии бианизотропных сред продолжается многочисленными учениками и последователями Б. В. Бокутя в рамках именно этой системы материальных уравнений и граничных условий. В своё время, характеризуя научную деятельность школы Ф. И. Федорова, к которой имеют честь принадлежать вместе с Б. В. Бокутем и многочисленные его ученики, Президент Академии наук СССР М. В. Келдыш, имея в виду отчасти и работы Б. В. Бокутя, назвал их «фундаментальным вкладом в прогресс кристаллооптики» [1].

Заметный вклад в развитие оптики магнитоупорядоченных кристаллов и исследования гиротропии, вынуждаемой магнитным полем, составила серия работ, выполненных Б. В. Бокутем в соавторстве с учеником С. С. Гиргелем в 80-е годы.

Большой блок работ Б. В. Бокутя в соавторстве с учениками, в том числе и с В. В. Шепелевичем, посвящен развитию оптики поглощающих естественной гиротропных кристаллов. Их естественное продолжение составили исследования в области фотоакустической спектроскопии гиротропных сред, выполненные Б. В. Бокутем и Г. С. Митюринем.

Одним из важнейших положений лазерной оптики считался принцип суперпозиции электромагнитных полей в материальных средах. Согласно этому принципу, реакция вещества на действие световой волны пропорциональна амплитуде последней. При этом имеется

в виду, что электрическая или магнитная поляризация среды (или обе вместе) линейно зависят от поля волны, пропорциональны ему – отсюда термин: линейная оптика.

Степень пригодности линейного приближения определяется в первую очередь величиной напряженности поля световой волны по сравнению с межатомными или внутриатомными полями в конкретной среде. Если амплитуда колебаний напряженности электрического поля световой волны намного меньше напряженности внутренних полей, то линейное приближение оправдано. Однако уже первые эксперименты с лазерными пучками света показали, что для них принцип суперпозиции в материальных средах дает сбой и представлений линейной оптики недостаточно.

В мощных оптических полях возникают качественно новые, так называемые нелинейные явления, в частности, изменение частоты световых волн в среде (например, удвоение, сложение или вычитание частот). В развитие нелинейной оптики кристаллов – этого важного направления современной оптики большой вклад внесли и белорусские физики, среди которых Б. В. Бокуть был одним из ведущих исследователей.

В работах Б. В. Бокутя, выполненных в соавторстве с А. Г. Хаткевичем в 1967–1968 годах было показано, что нелинейное частотное преобразование электромагнитных волн в кристаллах существенно зависит от поляризации взаимодействующих волн. В частности, была впервые доказана эффективность генерации второй гармоники при взаимодействии обыкновенной и необыкновенной волн излучения неодимового ОКГ в кристаллах ди-гидрофосфата калия  $\text{KN}_2\text{PO}_4$ . Получены необходимые условия фазового согласования при взаимодействии волн разных поляризаций в одноосных и двуосных кристаллах, вычислены коэффициенты нелинейного взаимодействия и проанализирована их зависимость от поляризации и направления распространения электромагнитных волн в кристаллах различных классов.

Б. В. Бокуть и А. Г. Хаткевич применили метод тензорной функции Грина для описания частотного преобразования фокусированных гауссовых пучков света.

В соавторстве со своими учениками Б. В. Бокуть решил задачу о нелинейном преобразовании излучения гиротропными кристаллами, разработал корректную феноменологическую теорию нелинейной оптической активности и электрогирации.

В основном благодаря теоретическим изысканиям Б. В. Бокутя ему вместе с Н. С. Казак и А. Н. Рубиновым удалось впервые экспериментально осуществить плавную перестройку частоты второй гармоники излучения на красителе в широком спектральном диапазоне от 0,28 до 0,4 мкм.

Вообще научный стиль Б. В. Бокутя характеризует желание и умение довести теорию до эксперимента, эксперимент до изобретения, а изобретение до внедрения. Среди соавторов его многочисленных изобретений в области физики лазеров, нелинейной оптики и лазерной технологии ученики: Н. С. Казак, В. Е. Лепарский, А. С. Лугина, А. Т. Малащенко, А. Г. Машченко, В. Н. Мышковец, коллеги и соратники: Б. А. Сотский, А. Г. Хаткевич, Н. А. Гусак, В. Н. Белый, Б. В. Крылов, Н. И. Алешкевич, работники промышленных предприятий: В. С. Кондратенко, Ю. Э. Камач, Е. Н. Козловский, В. Н. Овчинников, В. К. Филиппов.

За комплекс исследований в области нелинейной оптики Б. В. Бокуть был удостоен звания Лауреата Государственной премии СССР.

Б. В. Бокуть несомненно является одним из лучших представителей школы Ф. И. Федорова. Вместе с тем сегодня в Гомеле с гордостью говорят о самостоятельной научной школе академика Б. В. Бокутя в области кристаллооптики, нелинейной оптики и лазерной технологии. Среди многочисленных представителей его школы 8 докторов наук, в том числе один академик и один член-корреспондент Национальной академии наук Беларуси и более тридцати кандидатов наук. Хранителями лучших традиций научной школы Бориса Васильевича сегодня являются видные организаторы науки и высшего образования в нашей республике: Н. С. Казак – Главный Учёный секретарь НАН Беларуси, директор Института физики имени Б. И. Степанова, И. В. Семченко – проректор Гомельского госуниверситета имени Ф. Скорины, Г. С. Митюрин – проректор по научной работе Белорусского торгово-экономического университета, С. В. Шалупаев – декан физического факультета, С. А. Хахомов – заведующий кафедрой оптики и В. Н. Мышковец – заведующий кафедрой радиофизики и электроники

ГГУ, С. С. Гиргель – профессор кафедры оптики, А. Т. Малащенко – директор унитарного предприятия «Лазерные технологии», Н. С. Петров – руководитель отделения переподготовки кадров БПУ, В. В. Шепелевич – профессор кафедры теоретической физики Мозырского педагогического университета, П. А. Хило – заведующий кафедрой физики Гомельского технического университета имени П. О. Сухого.

знаком признания научных заслуг Б. В. Бокутя, признания высокого уровня созданной им школы явилось открытие в ГГУ Совета по защитах кандидатских диссертаций по специальностям оптика и теоретическая физика.

Творческое наследие Бориса Васильевича Бокутя, выдающегося ученого, мужественного патриота своей Родины, живет и приумножается, о чём свидетельствует мировой уровень научных достижений его многочисленных учеников и последователей.

**Abstract.** The author presents a survey of the scientific work of academician B.V. Bokut' and shows his role in the process of forming the Gomel scientific school of crystal optics, nonlinear optics and laser technology.

### Литература

1. М. В. Келдыш, *В авангарде прогресса*, Правда, 7.11.1976.

Гомельский государственный  
университет им. Ф. Скорины

Поступило 30.03.05