

PERSONALIA

Памяти Юрия Васильевича Копаева

PACS number: 01.60.+q

DOI: 10.3367/UFNr.0183.201305j.0557

24 декабря 2012 г. в автокатастрофе трагически погиб академик, руководитель Отделения физики твёрдого тела Физического института им. П.Н. Лебедева РАН, профессор Юрий Васильевич Копаев.

Не стало замечательного, всеми любимого, физически и духовно красивого человека, который жил и работал ярко и с увлечением, вкладывая в любое дело свой недюжинный талант и частичку души.

Путь в науку этого крупнейшего учёного в области физики конденсированного состояния нельзя назвать типичным. После окончания сельской средней школы и техникума лёгкой промышленности в 1956 г. Ю.В. Копаев поступил в Московский институт лёгкой промышленности. Здесь, во многом под влиянием замечательного педагога, участника первых работ по исследованию цепных реакций С.С. Васильева, у него просыпается интерес к физике. Тяга к самостоятельной научной работе привела к переходу в 1959 г. в Московский энергетический институт. К периоду обучения в МЭИ относятся первые опыты самостоятельных теоретических исследований на кафедре полупроводниковых приборов. По рекомендации заведующего кафедрой К.В. Шалимовой руководить его дипломной работой согласился молодой научный сотрудник ФИАНа — Л.В. Келдыш, что сыграло определяющую роль в научной судьбе Ю.В. Копаева. После окончания в 1964 г. аспирантуры МЭИ и защиты кандидатской диссертации (руководитель — Л.В. Келдыш) последовала работа в Зеленограде в НИИ молекулярной электроники. Уже здесь молодой учёный приобрёл большой авторитет, проявив особый талант активно генерировать плодотворные научные идеи и щедро делиться ими с коллегами. В 1970 г. Ю.В. Копаев перешёл в теоретический отдел ФИАНа, где в 1972 г. защитил докторскую диссертацию. В 1992 г. Ю.В. Копаев стал руководителем лаборатории физики полупроводников Отделения физики твёрдого тела (ОФТТ) ФИАН, а с 1995 г. — директором ОФТТ ФИАН.

В 1964 г. выходит знаменитая работа по теории диэлектрических фазовых переходов (модель Келдыша–Копаева), в которой было показано, что модифицированный формализм Бардина–Купера–Шриффера (БКШ) теории сверхпроводимости может быть эффективно использован для описания фазовых переходов металл–диэлектрик в твёрдых телах. Фазовый переход в модели по аналогии со сверхпроводящим переходом может быть интерпретирован как бозе-конденсация электрон-дырочных пар (экситонов). Впоследствии диэлектрическая фаза в модели Келдыша–Копаева получила название "экситонного диэлектрика", ставшее общеупотребительным. Модель экситонного диэлектрика Келдыша–Копаева приобрела статус стандартной схемы описания межэлектронных корреляций в пределе слабого взаимодействия. В работах Ю.В. Копаева с соавторами было



Юрий Васильевич Копаев
(21.10.1937–24.12.2012)

показано, что модель экситонного диэлектрика описывает большое многообразие экспериментально наблюдаемых состояний: волны зарядовой и спиновой (зонный антиферромагнетизм) плотности, слабый ферромагнетизм коллективизированных электронов, сегнетоэлектрическое состояние в ковалентных кристаллах. Были исследованы и различные экзотические состояния, возникающие в модели: состояния с волной спинового и зарядового тока (орбитальный антиферромагнетизм). Последнее состояние интересно тем, что при определённых условиях представляет собой качественно новый тип упорядоченного состояния, параметром порядка в котором служит плотность тороидного дипольного момента (тороидные моменты — третье независимое, наряду с электрическими и магнитными моментами, семейство электромагнитных мультиполей). В настоящее время гипотеза о спонтанных токах, текущих в кристаллах, переживает подлинный ренессанс в связи с открытием нового класса твёрдых тел — топологических изолято-

ров. Спонтанный ток (электрический или спиновый) в топологическом изоляторе течёт по поверхности материала.

В составе коллектива, представившего работу "Предсказание, обнаружение и исследование бесщелевых полупроводников и экситонных фаз", Ю.В. Копаеву в 1982 г. присуждена Государственная премия СССР.

В 2011 г. за цикл работ "Тороидное упорядочение в кристаллах" Ю.В. Копаеву присуждена золотая медаль им. П.Н. Лебедева Российской академии наук.

Значительный цикл работ Ю.В. Копаева с соавторами посвящён исследованию неравновесных фазовых переходов в полупроводниках. Был, в частности, предложен и подробно исследован электронный механизм лазерного отжига. Разрушение кристаллической структуры связано с возникновением структурной неустойчивости при возбуждении неравновесных носителей заряда (неравновесный фазовый переход) и наблюдается в ряде полупроводников. Эти работы в цикле "Открытие явления импульсной ориентированной кристаллизации твёрдых тел (лазерный отжиг)" отмечены Государственной премией СССР 1988 г. (в коллективе).

В области развития физических основ нанoeлектроники Ю.В. Копаевым с соавторами разработаны новые принципы обработки и преобразования информации, основанные на управляемой перестройке когерентных состояний квантовых гетероструктур, содержащих туннельно-связанные квантовые ямы, и предложены новые типы функционально-интегрированных логических квантовых элементов. Им в соавторстве с В.Ф. Елесиним разработана микроскопическая кинетическая теория квантового каскадного лазера и предложены варианты конструкции, обеспечивающие снижение критических токов и повышение рабочей температуры.

Значительная часть научной деятельности Ю.В. Копаева связана с изучением физики сверхпроводящего состояния. Многие из этих исследований были выполнены во время его работы в Отделе теоретической физики ФИАНа, куда он был приглашён В.Л. Гинзбургом в группу высокотемпературной сверхпроводимости. Задолго до обнаружения высокотемпературной сверхпроводимости купратов, представляющих собой легированные диэлектрики, Ю.В. Копаевым исследована возможность конструктивной интерференции диэлектрических и сверхпроводящих корреляций. Впервые было показано, что частичная диэлектризация электронного спектра может приводить к значительному увеличению температуры сверхпроводящего перехода и изменению свойств сверхпроводящего состояния по сравнению со стандартной моделью БКШ. Большая часть этих исследований была опубликована в широко известной коллективной монографии *Проблема высокотемпературной сверхпроводимости*, изданной в 1977 г. под редакцией В.Л. Гинзбурга и Д.А. Киржница, а затем практически немедленно переведённой на английский язык и изданной в США.

В последние годы Ю.В. Копаевым с соавторами был предложен и разработан новый механизм сверхпроводимости, который учитывает особенности электронной структуры ВТСП купратов, допускающие сверхпроводящее спаривание с большим суммарным импульсом пары при экранированном кулоновском отталкивании. Исследование конкуренции и сосуществования сверхпроводящего и диэлектрических состояний в ВТСП купратах привели к выяснению нетривиальной импульсной зависимости сверхпроводящего параметра порядка, а также к качественному объяснению фазовой диаграммы и ключевых физических свойств купратов.

Много времени профессор Ю.В. Копаев уделял научной подготовке молодых специалистов. В течение 38 лет он преподавал в Национальном исследовательском университете "МИЭТ". Им были прочитаны курсы "Физики твёрдого тела", "Физики полупроводников", "Физическая природа биологических полей", "Неупорядоченные полупроводники", "Кинетические процессы в полупроводниках", "Физические основы нанoeлектроники", "Топологические изоляторы". Живые, всегда содержательные и нетривиальные лекции Ю.В. Копаева стали событием для многих студентов, которым они открыли дверь в науку. Под его руководством защитились 15 кандидатов наук, 5 из которых впоследствии стали докторами наук. По инициативе Ю.В. Копаева, предвосхитившего многие идеи Федеральной программы "Интеграция", в 1994 г. был организован Научно-образовательный центр ФИАН и МИЭТ "Квантовые приборы и нанотехнологии", который объединил научный потенциал ОФТТ ФИАНа в области физики твёрдого тела и полупроводников и опыт учёных МИЭТа в области разработки и проектирования полупроводниковых приборов и интегральных схем. В 2003 г. Ю.В. Копаеву была присуждена премия Президента Российской Федерации в области образования. За научные заслуги Ю.В. Копаев награжден орденом Почёта.

Ю.В. Копаев много времени и сил уделял научно-общественной работе в качестве заместителя главного редактора *Журнала экспериментальной и теоретической физики*, члена редколлегии журналов *Кристаллография* и *Известия высших учебных заведений "Электроника"*, члена Учёного совета Физического института имени П.Н. Лебедева РАН, члена Специализированных Учёных советов ФИАН, ИОФАН и МИЭТ, председателя секции "Теория конденсированного состояния" при Президиуме РАН, председателя экспертного Совета по физике и астрономии РФФИ и члена комиссии по нанотехнологиям при Президиуме. В течение многих лет Ю.В. Копаев организовывал и проводил ежемесячные заседания научных сессий Отделения физических наук РАН по фундаментальным проблемам физики и выполнял обязанности Председателя Международной конференции "Фундаментальные проблемы сверхпроводимости".

Разносторонность дарований, глубокая эрудиция и замечательные душевные качества Ю.В. Копаева привлекали многих. К концу жизни только список соавторов насчитывал 96 человек. До самого последнего дня Ю.В. Копаев работал, творил и увлекался. Всегда в курсе последних научных публикаций, всегда с новой идеей ("вот вчера придумал"), он был примером для молодёжи и опорой для старшего поколения. После его ухода осталось обновлённое Отделение физики твёрдого тела ФИАН, оснащённое современным экспериментальным и технологическим оборудованием, осталась активно развивающаяся деятельность по исследованию топологических изоляторов, ждёт своего экспериментального подтверждения идея поиска зарядовых топологических изоляторов в квазидвумерных слоистых соединениях с волной зарядовой плотности, остались многочисленные ученики и благодарные коллеги. Осталась большая дружная семья, которая так много для него значила. Осталась светлая память.

Ж.И. Алфёров, А.Ф. Андреев, А.Л. Асеев, С.Н. Багаев, В.И. Белявский, А.А. Горбачевич, В.Ф. Елесин, Л.В. Келдыш, О.Н. Крохин, Г.А. Месяц, Н.Н. Сибельдин, Ю.А. Чаплыгин