

## Памяти Роберта Арнольдовича Суриса



14 мая 2024 г. ушел из жизни Роберт Арнольдович Сурис — замечательный человек и выдающийся ученый, чьи работы во многом определили развитие современной физики полупроводников, полупроводниковых наноструктур и твердотельной электроники.

Роберт Арнольдович Сурис родился 31 декабря 1936 года в Москве в семье известного московского архитектора Арнольда Давидовича Суриса. Окончив с отличием в 1960 г. физико-химический факультет Московского института стали и сплавов по специальности „Физика металлов“, работал по распределению в НИИ „Пульсар“ (Москва), а в 1964 году перешел в НИИ физических проблем им. Ф.В. Лукина (Зеленоград), в котором за 24 года прошел путь от младшего научного сотрудника до заведующего отделением. В конце 1980-х годов Жорес Иванович Алфёров пригласил его в Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе (Ленинград), где Р.А. Сурис проработал с 1988 года до последних дней. В ФТИ он создал и возглавлял до 2018 года сектор теоретических основ микроэлектроники, а в

1993–1999 годах совмещал эту должность с должностью директора Отделения твердотельной электроники.

Первым научным руководителем Р.А. Суриса был Борис Николаевич Финкельштейн — ученик А.Ф. Иоффе и Я.И. Френкеля. В 1964 году Р.А. Сурис защитил кандидатскую диссертацию „О применении метода функций Грина в некоторых задачах физики твердого тела“ под руководством Виктора Леопольдовича Бонч-Бруевича, а в 1974 году — докторскую по теме „Исследования по теории электрических неустойчивостей в полупроводниках и полупроводниковых структурах“, в 1982 году ему было присвоено звание профессора. В 1997 году Р.А. Сурис был избран членом-корреспондентом РАН по Отделению физических наук (ОФН), в 2006 году — академиком РАН. Роберт Арнольдович — Лауреат Государственной премии Российской Федерации 2001 года в области науки и техники, исследовательской премии Фонда Гумбольдта (2002 год), Международной премии Фонда Рэнка (1998 год). Награжден Орденом Дружбы, медалью Ордена „За заслуги перед Отечеством“ II степени и медалью „За трудовое отличие“, лауреат многих других научных премий и наград.

Всю свою жизнь Р.А. Сурис, наряду с активной научной работой, уделял много времени и внимания педагогической деятельности, воспитывая молодых ученых и исследователей. В 1974–1988 годах преподавал в Московском физико-техническом институте на базовой кафедре микроэлектроники факультета физической и квантовой электроники, многие годы читал общефакультетский курс „Физика полупроводников“. В 1989–2012 годах — профессор, заведующий кафедрой физики твердого тела физико-технического факультета Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. С 2012 года — профессор, зав. кафедрой физики конденсированного состояния в Национальном исследовательском Академическом университете, впоследствии получившем имя своего основателя Ж.И. Алфёрова. Среди учеников Роберта Арнольдовича более 20 кандидатов и 7 докторов наук.

Р.А. Сурис принимал деятельное участие в научно-организационной и издательской деятельности. Он был членом редколлегий журналов „Успехи физических наук“, „Журнал технической физики“, „Микроэлектроника“, а с 2008 по 2023 год — главным редактором журнала „Физика и техника полупроводников“. Был деятельным членом Бюро ОФН РАН, членом Советов РАН по проблемам „Физика полупроводников“, „Физика конденсированного состояния“, членом Бюро Совета „Квантовые технологии“, входил в экспертный совет РФФИ, фондов „Династия“ и „Базис“. Сурис был председателем диссертационного совета при ФТИ им. А.Ф. Иоффе по специальностям „Физика полупроводников“ и „Теоретическая физика“, членом Президи-

ума Санкт-Петербургского отделения РАН, активным членом академического Клуба „1 июля“. Он преданно служил науке во всей ее многогранности. Мудрость и опыт Роберта Арнольдовича, его непререкаемый авторитет, благожелательность и принципиальность, приверженность идеалам науки были незаменимы при решении сложных научно-политических проблем. В частности, именно он внес решающий вклад в 2019–2021 годах в организацию борьбы главных редакторов и дирекции ФТИ за авторские права и академические принципы функционирования широко известных в нашей стране и за рубежом физтеховских научных журналов. Роберт Арнольдович — друг и соратник Нобелевского лауреата Жореса Алфёрова — не остался равнодушным и всячески способствовал сохранению целостности и независимости образовательного детища и наследия Алфёрова — Академического университета и Лицея „Физико-техническая школа“ и поддерживал их неразрывную связь с ФТИ. Многие годы он возглавлял приемную комиссию Лицея.

В течение многих лет Р.А. Сурис был председателем научных сессий ОФН РАН, ему удалось вдохнуть новую жизнь в эти собрания. Отличительной чертой проводимых им научных сессий был точный выбор актуальной научной проблемы и докладчиков, живость обсуждений, инициированная, а во многом и спровоцированная, самим председателем. Его авторитет и личное обаяние позволяли приглашать в качестве докладчиков как именитых специалистов, так и ярких молодых ученых, что приближало по духу сессии ОФН РАН к знаменитым в прошлом ФИАНовским семинарам В.Л. Гинзбурга, в которых он в свое время активно участвовал. Одним из лейтмотивов сессий ОФН под руководством Роберта Арнольдовича Суриса был вопрос о том, какие важные задачи в современной физике мы поставим молодому поколению, научным последователям.

Р.А. Сурис был председателем и членом программных комитетов многих российских и международных конференций, в том числе Российской конференции по физике полупроводников, Зимней школы по физике полупроводников, Всероссийской молодежной конференции по физике полупроводников и наноструктур, полупроводниковой опто- и наноэлектронике и многолетнего ежегодного симпозиума „Nanostructures: Physics and Technology“ (одного из первых в мире симпозиумов, посвященных наноструктурам), организуемого ФТИ им. А.Ф. Иоффе и Академическим университетом. Роберт Арнольдович сам был харизматичным докладчиком и блестящим рассказчиком. Он бесчисленное количество раз выступал с приглашенными докладами на отечественных и международных конференциях и школах. Унаследовав от своего отца — архитектора А.Д. Суриса — талант художника, Роберт Арнольдович замечательно иллюстрировал свои доклады и лекции. Его научные и не только научные выступления сопровождалось, благодаря уникальной памяти и широчайшей эрудиции, как историческими экскурсами, так и примерами из параллельных

областей науки. Доклады и лекции Р.А. Суриса всегда надолго запоминались аудитории.

Научная деятельность Р.А. Суриса была необычайно многогранна и плодотворна. Будучи студентом, Роберт Сурис сдавал экзамены теоретического минимума Л.Д. Ландау и его ученикам. Это во многом определило широту его научного кругозора и интересов: от фундаментальных проблем статистической физики и теории фазовых переходов до теоретических основ работы полупроводниковых приборов. Он является автором более 300 научных публикаций, широко цитируемых в международной научной литературе. Фактически нет ни одной области современной физики конденсированных сред, в которую Роберт Арнольдович не внес бы ценный вклад. Р.А. Сурис принимал активное участие в международных исследовательских проектах, в том числе с коллегами из университета Вюрцбурга и технических университетов Мюнхена и Дортмунда, оставляя везде неизгладимый след создаваемой вокруг себя атмосферы творческого поиска и научного азарта.

Основную известность в России и за рубежом Р.А. Сурису принесли его выдающиеся результаты в области теории твердого тела и полупроводников, полупроводниковых наноструктур, нано- и оптоэлектроники, а также теории твердотельных приборов и микроэлектронной технологии. Сурису принадлежат принципиальные идеи, сыгравшие ключевую роль в развитии ряда областей физики полупроводников и твердотельной электроники во второй половине XX века и на рубеже веков. Он — один из пионеров в теории полупроводниковых наногетероструктур и приборов на их основе. Изучение предсказанных им новых явлений часто превращалось в самостоятельное направление исследований. Полученные Р.А. Сурисом результаты являлись стимулом для многих экспериментальных работ и технических разработок, в частности, легли в основу разработки новых типов полупроводниковых лазеров.

В 1971 году им совместно с Р.Ф. Казариновым (в то время сотрудником ФТИ им. А.Ф. Иоффе) была опубликована статья об оптических свойствах особых полупроводниковых периодических гетероструктур — сверхрешеток, где была предсказана возможность получения в таких системах лазерной генерации. Работа стала знаменитой и явилась впоследствии основанием для выдвижения Суриса и Казаринова на Нобелевскую премию по физике. В настоящее время эта область исследований и технологии сформировалась в тематику „квантово-каскадные лазеры“. В 1994 году в лабораториях фирмы Белл (Bell Labs, США) была продемонстрирована успешная реализация такого квантово-каскадного лазера. У этих лазеров, работающих в диапазоне спектра от инфракрасного до терагерцового, множество применений, включающих медицину и экологию, мониторинг технологических процессов, системы безопасности и связи. За изобретение каскадного лазера Роберт Сурис вместе с Федерико Капассо, Джеромом Фейстом и Рудольфом Казариновым был в 1998 году удостоен Международной

премии Фонда Рэнка по оптоэлектронике. В 2000-е годы Роберт Арнольдovich успешно развивал теорию полупроводниковых наноструктур со сверхрешетками из квантовых точек. Среди множества ярких результатов следует отметить и идею использования таких структур для генерации слабозатухающих блоховских осцилляций терагерцового диапазона, основанную на предсказанном им сильным подавлении процессов рассеяния электронов в подобных системах. Это открывает перспективу резкого снижения пороговых токов каскадных лазеров и существенного увеличения их температурной стабильности.

Р.А. Сурис вместе Р.Ф. Казариновым в 1972 году выдвинул идею и разработал теорию гетеролазера с распределенной обратной связью — сейчас это ключевой элемент систем оптоволоконной связи. В 1990-е годы Р.А. Сурис вместе со своим учеником и сотрудником Л.В. Асрянном разработал теорию полупроводниковых инжекционных лазеров нового поколения — лазеров на квантовых точках, получаемых методом самоорганизации в процессе эпитаксиального роста. Эти исследования вошли в цикл работ коллектива сотрудников ФТИ им. А.Ф. Иоффе „Фундаментальные исследования процессов формирования и свойств гетероструктур с квантовыми точками и создание лазеров на их основе“, удостоенных Государственной премии РФ в 2001 году.

Он создал теорию приповерхностных состояний в полупроводниковых гетероструктурах и вместе со своим учеником В.А. Гергелем развил ее для структур металл-оксид-полупроводник (МОП), являющихся основой кремниевой микроэлектроники. Термин „лужи Гергеля–Суриса“ для пространственных флуктуаций концентрации носителей заряда в МОП-структурах вошел в обиход современных физиков.

Р.А. Сурис предсказал неизвестный ранее вид волн в плазме носителей заряда в полупроводниках — волн пространственной перезарядки ловушек и разработал теорию этих волн (совместно с Б.И. Фуксом). Волны перезарядки определяют динамические свойства примесных фотоприемников инфракрасного диапазона и фото-рефрактивных сред. Он стоял во главе команды, получившей значимые результаты в области физики фликкершумов в эпитаксиальных пленках высокотемпературных сверхпроводников, участвовал в разработке болометров на их основе.

Специалистам в области микроэлектронной технологии хорошо известны результаты Р.А. Суриса по дифракционной теории формирования изображения в процессе фотолитографии, которые позволили преодолеть имевшиеся в то время пределы на размер элемента. Весьма популярной стала его книга „Оптические принципы контактной фотолитографии“, написанная совместно с Г.Н. Березиным и А.В. Никитиным в 1982 г. Р.А. Сурис также развивал и другие важные направления физики и технологии конденсированных сред, включая теорию эпитаксиального роста гетероструктур и теорию электронного спектра фуллеренов, был одним из активных участников научной программы в РФ „Фуллерены и

атомные кластеры“. Существенный вклад внес Роберт Арнольдovich и в теорию роста кристаллов. Совместно с И.А. Алейнером он построил теорию морфологической устойчивости вицинальных кристаллических поверхностей, что открыло возможности целенаправленного поиска условий выращивания гетероструктур с идеальными гетерограницами.

Вместе с учениками и коллегами Роберт Арнольдovich разработывал теорию многочастичных электронно-дырочных комплексов в наноструктурах. Его широчайший кругозор, умение видеть общность различных областей физики, глубокое знание научной литературы позволили, основываясь на работах С. Чандрасекара, предложить очень эффективные и физически оправданные вариационные функции для расчета трионов — заряженных экситонов — в квантовых ямах и нитях.

Как и многие другие, идея, высказанная Р.А. Сурисом в 2001 году о ключевой роли корреляции между фотовозбуждаемым трионом и дыркой в „море Ферми“ свободных носителей заряда в легированных квантовых ямах, во многом опередила свое время и была открыта заново учеными, исследовавшими коррелированные атомные системы. В научную мировую литературу входит термин „тетрон Суриса“ для обозначения такого состояния, ставшего особенно значимым в бурно развивающейся в наши дни физике двумерных кристаллов и ван-дер-ваальсовых гетероструктур. Еще один пример концепции, предложенной Сурисом и опередившей свое время, — работа по фазовому переходу в модельной одномерной системе, опубликованная в ЖЭТФ в 1964 году и предвосхитившая теорию перехода клубок-глобула в физике полимеров.

В последние годы Р.А. Сурис вернулся к развитию теории коллективных эффектов в экситонных системах. Еще в 1970-е годы совместно с Казариновым и Гергелем он выдвинул ряд важных предсказаний, касающихся оптических свойств бозе-эйнштейновских конденсатов экситонов в объемных полупроводниках и роли беспорядка в таких системах. В тех работах Сурис элегантно обошел казавшуюся почти непреодолимой проблему внутренней структуры экситонов, предложив использовать амплитуду рассеяния, а не потенциальную энергию, для описания системы композитных бозонов. Эти идеи оказались востребованными и получили дальнейшее развитие сейчас, когда интерес исследователей сместился в сторону двумерных и квазидвумерных систем. В 2000-е годы Р.А. Сурис предложил модель вигнеровской кристаллизации диполярных экситонов в структурах с квантовыми ямами — эффекта, обнаруженного экспериментаторами из института Вейцмана в Израиле (М. Стерн, В. Уманский, И. Бар-Йозеф). До последних дней он активно развивал теорию транспортных эффектов в экситонных системах и изучал влияние беспорядка на элементарные возбуждения в „конденсате“ двумерных экситонов. Его привлекали и фундаментальные проблемы астрофизики и физики частиц. Здесь им предложены оригинальные и важные идеи

детектирования, которые найдут воплощение в гамма-обсерваториях нового поколения.

Работы Роберта Арнольдовича всегда отличались наличием ясной и новой физической идеи, выбором наиболее адекватного и элегантного математического формализма, и результатами, которые можно проверить в эксперименте. Р.А. Сурис сочетал в своей работе самые передовые методы теоретической физики и численные расчеты, программы для многих из которых он писал сам. Роберт Арнольдович обладал уникальной чертой — он умел находить глубокую физику в, казалось бы, прикладных задачах, а его фундаментальные научные работы часто находили применение на практике. Будучи большим поклонником Фарадея, Сурис не словом, а делом демонстрировал пользу от фундаментальной науки.

Активность Р.А. Суриса находила свое выражение не только в работе. В свое время он почти профессионально занимался дайвингом, имел удостоверение спортсмена-подводника, увлекался рыбалкой, особенно в последние годы, любил путешествовать. Был заядлым автомобилистом, объехавшим за рулем своего автомоби-

ля „Жигули“ чуть ли не весь Советский Союз. В своем плотном графике Роберт Арнольдович всегда находил время для своей семьи, бережно заботился о супруге Ирине Михайловне, которая в свою очередь всегда была рядом, его обожали внуки.

Замечательное чувство юмора Роберта Арнольдовича, гармонирующее с глубоким пониманием жизни и ее замысловатых перипетий, известно всем, кто хотя бы раз встречался с этим замечательным человеком. Среди его друзей и учеников ходят многочисленные „анекдоты Суриса“, всегда уместные и с тонкой „изюминкой“.

Роберт Арнольдович часто повторял, что если есть возможность найти истину, то это нужно делать сразу, не откладывая на потом — этому важному принципу сам Р.А. Сурис, как человек и ученый, следовал непоколебимо.

Мы навсегда запоем Роберта Арнольдовича как выдающегося ученого необычайно живого ума и широчайшей эрудиции, мудрого учителя и наставника, заботливого коллегу и надежного друга, человека глубочайшей порядочности, безграничной доброжелательности и исключительного обаяния.

*Друзья, коллеги и ученики*

## **ФТИ**

Н.С. Аверкиев, Е.Б. Александров, И.Н. Арсентьев, В.В. Бельков, А.В. Бобыль, П.Н. Брунков, А.М. Быков, А.Я. Вуль, С.Д. Ганичев (ФТИ+Регенсбург), М.М. Глазов, А.В. Горбатов, М.И. Дьяконов (ФТИ+Монпелье), В.П. Евтихийев, В.В. Емцев, С.А. Гуревич, С.В. Гупалов, Г.Г. Зегря, С.В. Иванов, Е.Л. Ивченко, С.Г. Конников, П.С. Копьев, Ю.Г. Кусраев, А.А. Лебедев, М.О. Нестоклон, Н.А. Пихтин, Н.Н. Розанов, М.А. Семина, Г.С. Соколовский, С.А. Тарасенко, Е.И. Теруков, А.А. Торопов, И.А. Соколов, З.Н. Соколова, Л.М. Сорокин, В.М. Устинов, Т.В. Шубина, Ю.П. Яковлев, Д.Г. Яковлев, Д.Р. Яковлев (ФТИ+Дортмунд)

## **АУ и ФТШ**

В.Б. Воловик, М.Г. Иванов, А.Р. Наумов, К.М. Столбов

## **Другие организации**

И. Алейнер (Нью-Йорк), А.А. Андронов (ИФМ), Л. Асрян (Вирджиния), А.А. Богданов (ИТМО), В.И. Гавриленко (ИФМ), С.В. Гапонов (ИФМ), А.А. Горбачевич (ФИ РАН, МИЭТ), И.А. Дмитриев (Регенсбург), Л. М. Зеленый (ИКИ), З.Ф. Красильник (ИФМ), И.В. Кукушкин (ИФТТ), С.А. Кукушкин (ИПМАШ), В.Д. Кулаковский (ИФТТ), А.В. Латышев (ИФП СО), А.А. Левченко (ИФТТ), А.В. Новиков (ИФМ), М.Е. Портной (Экзетер), В. Рьжий, С.В. Роткин (Пенсильвания), Р.А. Сергеев (Бостон), С.Г. Тиходеев (МГУ), Д.А. Фирсов (Политех), Д.Р. Хохлов (МГУ), Б.С. Шамхалова (ИРЭ), Б.И. Шкловский (Миннесота), М.С. Шур (Трой).